

32/446 (67) 2e &

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

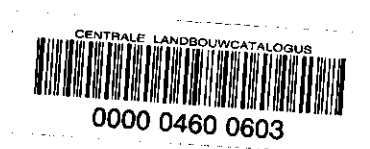
Raamwerkplanning en watervoorziening: verkenning van mogelijkheden in het stroomgebied van de Baakse Beek

**J.M.J. Farjon
M.F.C. Hazendonk
W.J.C. Hoeffnagel
F.G.M. van Pruissen**

Rapport 67

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1991

9 OKT. 1991



REFERAAT

Farjon, J.M.J., N.F.C. Hazendonk, W.J.C. Hoeffnagel & F.G.M. van Pruissen. 1991. Raamwerkplanning en watervoorziening: verkenning van de mogelijkheden in het stroomgebied van de Baakse Beek. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 67. 262 blz.; 49 fig.; 24 tab.; 5 bijl.

In het kader van de ontwikkeling van procedures en methoden voor water- en landschapsplanning voor de Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap is onderzocht op welke wijze watervoorziening mogelijk is indien wordt uitgegaan van de herinrichting van het stroomgebied van de Baakse Beek volgens de principes van de raamwerkplanning.

Voor een deel van het stroomgebied zijn acht inrichtingsvarianten geformuleerd die verschillen naar hoofdgebruiksfuncties, ordeningsprincipes, waterconserveringstechnieken en waterwintech-
nieken. Voor elke variant zijn gevolgen voor de landschappelijke kwaliteit bepaald. Uit de toetsing van deze gevolgen komt naar voren dat de toepassing van waterconservering met reservoirs noodzakelijk is, aangezien stuwbeheer slechts een geringe bijdrage levert aan het vasthouden van gebiedseigen water. Waterwinning voor drinkwatervoorziening gekoppeld aan reservoirs biedt het beste perspectief. Oppervlaktewaterwinning uit spaarbekkens biedt slechts perspectief in gebieden met ondiep voorkomende, zeer slecht doorlatende lagen. De hoeveelheden te winnen water kunnen in dezelfde orde van grootte liggen als bij het huidige beleid. Belangrijkste winstpunten ten opzichte van het huidige beleid zijn de grotere zekerheid van grondwaterkwaliteit en duurzaamheid van grondwaterafhankelijke vegetaties en het bredere draagvlak voor het beheer van het landschap. Aanleg van reservoirs en herbestemming van landbouwgronden is echter noodzakelijk.

Trefwoorden: Landschapsplanning, integraal waterbeheer, cascoplanning, drinkwaterwinning, wateraanvoer, waterconservering.

ISSN 0924 - 3070

Het rapport is tevens verschenen als: Farjon, J.M.J., N.F.C. Hazendonk, W.J.C. Hoeffnagel & F.G.M. van Pruissen. 1990. Raamwerkplanning en watervoorziening: verkenning van de mogelijkheden in het stroomgebied van de Baakse Beek aan de hand van een cyclische, ontwerpende methode. Rapport Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap, Utrecht. Nummer 6e.

c 1991 DLO-STARING CENTRUM Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel: 08370-74200; telefax 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen (IOB), de afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het 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.

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

Project 3298

INHOUD		
VOORWOORD		9
SAMENVATTING		11
1. INLEIDING		17
1.1. Probleemstelling		17
1.2. Doel		19
1.3. Opzet		20
2. WERKWIJZE		21
2.1. Methode		21
2.2. Analyse plannen		23
2.3. Bestemmingen		23
2.4. Waterhuishoudkundige inrichting		24
2.5. Waterbeheer		25
2.6. Toetsing		25
3. ANALYSE PLANNEN		29
3.1. Werkwijze		29
3.2. Resultaten		33
3.2.1. B&L plan		33
3.2.2. SWNBL-studie Baakse Beek		35
3.3. Keuze studiegebied		39
4. BESCHRIJVING STUDIEGEBIED		43
4.1. Landschappen		43
4.2. Fysisch geografische gesteldheid		45
4.2.1. Klimaat		45
4.2.2. Reliëf		45
4.2.3. Geologie en hydrogeologie		45
4.2.4. Bodemgesteldheid en grondwatertrappen		51
4.2.5. Oppervlaktewaterhuishouding		53
4.2.6. Grondwaterhuishouding		53
4.2.7. Waterbeheereenheden		59
4.3. Biotische gesteldheid		61
5. INRICHTINGSVARIANTEN		63
5.1. Werkwijze		63
5.1.1. Bestemming		63
5.1.1.1. Ruimtelijke uitwerking		
5.1.1.2. Richtbeeld waterbeheer		
5.1.2. Waterhuishoudkundige inrichting		64
5.1.2.1. Richtbeelden benutting gebiedseigen water		
5.1.2.2. Win- en conserveringstechnieken		
5.1.2.3. Plaats en vormgeving		
5.1.2.4. Omvang		
5.1.3. Waterbeheer		75
5.2. Beschrijving van de inrichtingsvarianten		82
5.2.1. Variant 1		83
5.2.2. Variant 2		85
5.2.3. Variant 3		89
5.2.4. Variant 4		93
5.2.5. Variant 5		95

5.2.6.	Variant 6	98
5.2.7.	Variant 7	102
5.2.8.	Variant 8	105
6.	GEVOLGEN	107
6.1.	Huidige situatie	107
6.1.1.	Ecologisch functioneren	107
6.1.2.	Economische gebruikswaarde	107
6.1.3.	Esthetische waarde	109
6.2.	Variant 1	110
6.2.1.	Ecologisch functioneren	110
6.2.2.	Economische gebruikswaarde	110
6.2.3.	Esthetische waarde	112
6.3.	Variant 2	113
6.3.1.	Ecologisch functioneren	113
6.3.2.	Economische gebruikswaarde	114
6.3.3.	Esthetische waarde	115
6.4.	Variant 3	115
6.4.1.	Ecologisch functioneren	115
6.4.2.	Economische gebruikswaarde	115
6.4.3.	Esthetische waarde	116
6.5.	Variant 4	117
6.5.1.	Ecologisch functioneren	117
6.5.2.	Economische gebruikswaarde	118
6.5.3.	Esthetische waarde	118
6.6.	Variant 5	118
6.6.1.	Ecologisch functioneren	118
6.6.2.	Economische gebruikswaarde	119
6.6.3.	Esthetische waarde	120
6.7.	Variant 6	120
6.7.1.	Ecologisch functioneren	120
6.7.2.	Economische gebruikswaarde	122
6.7.3.	Esthetische waarde	123
6.8.	Variant 7	124
6.8.1.	Ecologisch functioneren	124
6.8.2.	Economische gebruikswaarde	125
6.8.3.	Esthetische waarde	125
6.9.	Variant 8	125
6.9.1.	Ecologisch functioneren	125
6.9.2.	Economische gebruikswaarde	126
6.9.3.	Esthetische waarde	127
6.10.	Kanttekeningen	127
6.10.1.	Ecologisch functioneren	127
6.10.2.	Economische gebruikswaarde	129
6.10.3.	Esthetische waarde	131
7.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	133
7.1.	Aangepaste watervoorziening in het studiegebied	133
7.1.1.	B&L plan	133
7.1.2.	SWNBL-plan	137
7.2.	Aangepaste watervoorziening in het stroomgebied van de Baakse Beek	140
7.2.1.	Uitgangspunten	140
7.2.2.	B&L-plan	141
7.2.3.	SWNBL-plan	143
7.2.4.	Vergelijking met huidig beleid	145

LITERATUUR	149
Bijlage 1. WATERSTANDEN, WATERSTROMEN EN STROMINGSPATRONEN door: F.G.M. van Pruissen & J.M.J. Farjon	155
Bijlage 2. WATERKWALITEIT door: J.M.J. Farjon	221
Bijlage 3. STANDPLAATS, VEGETATIEONTWIKKELING EN OOGSTDEPRESSIE door: J.M.J. Farjon & N.F.C. Hazendonk	231
Bijlage 4. LANDSCHAPSBEELD door: N.F.C. Hazendonk	237
Bijlage 5. LIJST VAN VERSCHENEN SWNBL RAPPORTEN	253
Lijst van figuren	257
Lijst van tabellen	261

VOORWOORD

In opdracht van de Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap (SWNBL) heeft het DLO - Staring Centrum onderzoek uitgevoerd om procedures en methoden te ontwikkelen voor water- en landschapsplanning. De SWNBL is op 7 oktober 1982 ingesteld door de Minister van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk in overeenstemming met zijn ambtgenoten van Verkeer & Waterstaat en Landbouw & Visserij. De SWNBL heeft de opdracht een studie te verrichten naar de betekenis van het water, de waterhuishouding en het waterbeheer voor natuur, bos en landschap. Daarnaast zullen er aanbevelingen worden opgesteld voor inrichtings- en beheersmaatregelen op het gebied van natuur, bos en landschap in relatie tot de waterhuishouding. Het onderzoek is opgesplitst in twee fasen. De eerste fase is in 1988 afgerond. De tweede fase loopt tot 1990.

Het rapport, dat tevens is verschenen als SWNBL rapport, 6e doet verslag van de tweede onderzoeksfase van het onderdeel Landschap. Gedurende deze fase is in het stroomgebied van de Baakse Beek nagegaan op welke wijze watervoorziening mogelijk is indien in dit gebied een herinrichting volgens de principes van de raamwerk- of cascoplanning zou worden uitgevoerd. Het achterliggende doel van dit onderzoek is echter de verdere operationalisering van de in fase 1 ontwikkelde procedure en methoden voor water en landschapsplanning. In deze eerste fase heeft de nadruk gelegen op probleemverkenning en planvorming op bestemmingsniveau. In fase 2 heeft de nadruk gelegen op de uitwerking van de overige fasen in de planningsprocedure: planvorming op inrichtings- en beheersniveau en plantoetsing.

In dit rapport staan de onderzoeksresultaten centraal die betrekking hebben op de gebiedsstudie. Het is bedoeld voor diegenen die vooral geïnteresseerd zijn in de problematiek van de toekomstige watervoorziening en landschapsontwikkeling in de Nederlandse zandgebieden. Het sluit aan bij SWNBL rapport 6d (De Poel et al., 1990) waarin de probleemverkenning en planvorming op bestemmingsniveau voor het stroomgebied van de Baakse Beek is beschreven.

Nadere informatie over de procedures en instrumenten ten behoeve van water- en landschapsplanning beschrijft Van Beusekom e.a. (1990).

Het onderzoek is in eerste instantie uitgevoerd door de Afdeling Landschapsbouw van het voormalige Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" te Wageningen. Per 1 januari 1989 is deze afdeling opgegaan in de Hoofdafdeling Landschapsontwikkeling van het DLO - Staring Centrum te Wageningen.

De projectgroep bestond uit:

J.M.J. Farjon	- fysisch geograaf, projectcoördinator
N.F.C. Hazendonk	- landschapsarchitect
W.J.C. Hoeffnagel	- landschapsarchitect
F.G.M. van Pruissen	- hydroloog

Het onderzoek is begeleid door een commissie met de volgende samenstelling:

J.G. de Molenaar	- SWNBL, voorzitter
M.C. van de Berg	- DLO - Staringcentrum
F. Foekema	- Landinrichtingsdienst
J.M.L. Jansen	- DLO - Staringcentrum
Th.J. van de Nes	- Provincie Gelderland, Dienst Water en Milieu
J.G. Vermeer	- SWNBL-secretariaat
P. Vrijlandt	- Directie Bos- en Landschapsbouw, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
W.P.C. Zeeman	- SWNBL-secretariaat

Daarnaast hebben de volgende personen een wezenlijke bijdrage geleverd aan de realisering van dit rapport: P.J.T. van Bakel (kwantitatieve waterhuishouding), J.H.A.M. Steenvoorden (waterkwaliteit), N. Gremmen en R.H. Kemmers (ecohydrologie), H. Verwey (automatische kartografie) en H.A. Gijsbersen (tekstfiguren). H.P. Wolfert wordt bedankt voor zijn bijdrage aan de discussie over de effecten van beekkanalisatie op de gepiektheid van de beekafvoer.

Tot slot willen wij K.R. de Poel bedanken. Zonder zijn inspirerende en noeste arbeid in de voorgaande projecten van het SWNBL onderdeel Landschap was dit rapport ondenkbaar geweest.

SAMENVATTING

Recentelijk zijn twee toekomstverkenkende landschapsstudies voor het stroomgebied van de Baakse Beek, Oost-Gelderland gepubliceerd:

- De proefstudie Achterhoek voor de toekomstverkenningen van de Nederlandse zandgebieden door de Directie Bos- en Landschapsbouw van het Ministerie van Landbouw en Visserij (Kerkstra & Vrijlandt, 1988). Korthedshalve het B&L plan.
- De gebiedsstudie Baakse Beek voor de ontwikkeling van een methode voor SWNBL-Landschap in fase 1 (De Poel et al., 1990): het SWNBL plan.

Beide studies gaan uit van de noodzaak tot een ingrijpende herinrichting van het landschap in de Nederlandse zandgebieden volgens de principes van de raamwerk- of cascoplanning (zie onder meer Visie Landschap, 1991). Hierbij gaat men er vanuit dat behoud, herstel en ontwikkeling van een kwalitatief hoogwaardig landschap alleen mogelijk is indien duidelijke ruimtelijke voorwaarden (raamwerk) worden gesteld, waarbinnen de verschillende gebruiksfuncties zich voor de langere termijn met de nodige flexibiliteit in onderlinge samenhang kunnen ontwikkelen. Binnen dit raamwerk van ruimtelijke voorwaarden dient een goede afstemming tussen mogelijk conflicterende gebruiksfuncties te bestaan. Cruciaal hierbij is de vraag in hoeverre economische sterke gebruiksfuncties de zwakkere kunnen dragen. Bij de uitwerking van het raamwerk heeft het water en de watervoorziening een belangrijke rol gespeeld. Zo worden in beide plannen de gebruiksfuncties mede op grond van hun positie binnen de waterhuishouding hereshikt. Daarnaast is gezocht naar ruimtelijke verweving van natuur en watervoorziening. Een duurzame instandhouding van deze beide functies is mogelijk indien het schone water uit natuurgebieden op een economisch rendabele en een ecologisch verantwoorde manier gewonnen kan worden.

De uitwerking van de watervoorzieningstechnieken en het waterbeheer in beide plannen is echter globaal of ontbreekt. Ook is nog niet duidelijk welke ecologische en economische consequenties de voorgestelde inrichting- en beheersmaatregelen hebben.

Het doel van het onderzoek was:

1. Het verkennen van de verschillende waterwinnings- en waterconserveringstechnieken die de verweving van natuur en watervoorziening binnen de door beide plannen aangegeven raamwerk mogelijk maken.
2. Het verkennen van de criteria voor plaatskeuze en vormgeving van deze technieken binnen het stroomgebied van de Baakse Beek.
3. Het toetsen van de gevolgen van de voorgestelde waterhuishoudkundige inrichting en vormen van waterbeheer voor het landschap, aan de in de plannen geformuleerde doelstellingen.
4. Het doen van aanbevelingen voor eventuele aanpassingen van het B&L plan en SWNBL plan.

Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van een cyclische,

ontwerpde methode (zie figuur 2). Met een ontwerpde methode wordt bedoeld dat steeds gezocht is naar meerdere op kaart weergegeven oplossingen voor de onderzoeksvragen in een concreet gebied, kortweg plannen. Met cyclisch wordt bedoeld dat de verschillende fasen van het planningsproces meerdere malen zijn doorlopen.

De methode genereert een aantal planalternatieven. Een plan is een concreet ruimtelijke voorstel voor bestemming, inrichting en/of beheer van een gebied. Voor elk planalternatief zijn de gevolgen aangegeven, zodat sterke en zwakke punten zichtbaar worden. Door vergelijking kan men vast stellen welke oplossing het meest gewenst is.

Deze aanpak is gekozen omdat in beide toekomstverkennde studies sprake is van meerdere ingrepen die tegelijkertijd worden uitgevoerd. Zo worden nieuwe natuurgebieden aangelegd, landbouwgronden afgestoten of geëxtensiveerd, spaarbekkens en nieuwe waterlopen aangelegd en drinkwaterwinningen verplaatst. Al deze maatregelen beïnvloeden op complexe wijze de waterhuishouding en het landschap.

Het onderzoek heeft acht planalternatieven op inrichtingsniveau, die inrichtingsvarianten zijn genoemd, gegenereerd voor het meest bovenstroomse gedeelte van het stroomgebied van de Baakse Beek (figuur 6). Dit gebied rond Lichtenvoorde is opgebouwd uit vier landschappen: het plateau, de essen, de dalen en het dekzandgebied (figuren 7 en 8). Op het hooggelegen plateau (35 meter boven NAP) beginnen alle waterlopen. Deze zijn vrijwel allemaal gegraven om het vlakke heidegebied met ondiep voorkomende keileem en tertiaire kleien te ontwateren. Verder stroomafwaarts liggen de dalen geflankeerd door de essen. De dalen zijn tot 10 meter diep ingesneden. De waterlopen hebben hier een vrij natuurlijk karakter. Zij worden gedurende het gehele jaar gevoed door grondwater dat in de goed doorlatende ondergrond van de essen infiltreert. De waterlopen komen vervolgens in het vrij vlakke dekzandgebied, dat 15 meter lager ligt dan het plateau en de essen. In het verleden kwamen in dit gebied met een 10 tot 30 meter dik watervoerend pakket nauwelijks waterlopen voor. Voor de ontginning zijn veel waterlopen gegraven. Kwelgebieden, die gevoed werden door grondwater afkomstig uit de essen en dekzandruggen, zijn hierdoor zo goed als verdwenen.

De acht inrichtingsvarianten verschillen niet alleen naar toegepaste watervoorzieningstechnieken en waterbeheer, maar gezien de achterliggende plannen en de grote hydro(geo)logische verschillen tussen de landschappen ook naar plaats, vormgeving en omvang van de bestemmingen en technieken.

Vijf varianten kennen dezelfde bestemmingen als het B&L plan, terwijl er twee aansluiten op het SWNBL plan. De achtste variant, de natuurvariant die als referentie dient, kent uitsluitend de bestemming natuur.

In de varianten zijn drie combinaties van waterconserverings- en waterwintechneken opgenomen:

A: Grondwateronttrekking ten behoeve van drinkwatervoorziening in clusters van infiltratiebekkens die gevoed worden met opper-

vlaktewater afkomstig van gebieden met de bestemming natuur en aangepaste landbouw. In deze gebieden wordt gedurende herfst, winter en voorjaar water vast gehouden door hoge stuwpeilen. In de zomer wordt de afvoer naar de bekkens vergroot door het strijken van de stuwen (zie figuur 20).

B: Oppervlaktewateronttrekking vanuit spaarbekkens gedurende juni en juli ten behoeve van de landbouwwatervoorziening. De bekkens worden gevoed door oppervlaktewater afkomstig van gebieden met de bestemming natuur en/of aangepaste landbouw. In deze gebieden wordt gedurende herfst, winter en voorjaar water vast gehouden door hoge stuwpeilen. In de zomer wordt de afvoer naar de bekkens vergroot door het strijken van de stuwen. Het bekken wordt in de zomer leeg gelaten, zodat het water naar stroomafwaarts gelegen landbouwgebieden kan worden gevoerd (zie figuur 21).

C: Vernatting van natuurgebieden gedurende het gehele jaar door verlanding en demping van waterlopen.

De stuwen zijn geplaatst in vlakke gebieden met permanent of periodiek ondiepe grondwaterstanden (grondwatertrappen II t/m V), waar waterlopen voorkomen. De infiltratiebekkens zijn zo klein mogelijk gemaakt en gegroepeerd in clusters. De vormgeving sluit aan bij lokale landschapspatronen. De voorkeur gaat uit naar plekken met een dik, goed doorlatend watervoerend pakket, waar sprake is van infiltrerend grondwater en diepe grondwaterstanden (grondwatertrappen V t/m VII). Bovendien liggen de bekkens zover mogelijk benedenstrooms binnen een gebied met de bestemming natuur en/of aangepaste landbouw. Dit laatste geldt ook voor de spaarbekkens. Er is echter gestreefd naar grote cirkelvormige bekkens op plaatsen met kwel en ondiepe grondwaterstanden (gt II t/m IV), een slecht doorlatende ondergrond en een zeer geringe dikte van het watervoerend pakket. In figuur 23 is aangegeven waar de bekkens in de verschillende varianten zijn gesitueerd.

De omvang van de toe te passen techniek is iteratief bepaald. In eerste instantie zijn alle technieken toegepast op alle plekken die aan de (geo)hydrologische criteria voldoen. Vervolgens is met behulp van een globale waterbalans methode berekend in hoeverre de omvang van de beoogde techniek overeenstemt met het beoogde effect. Aan de hand van deze kennis zijn oppervlakten en maximale peilfluctuaties aangepast. Hierbij zijn ook niet-geohydrologische criteria gebruikt.

Het waterbeheer is per beheereenheid gedefinieerd in de vorm van een bepaald stuwregime. Binnen het studiegebied zijn op geohydrologische, bodemkundige en waterhuishoudkundige criteria 9 beheereenheden onderscheiden. De keuze voor het te voeren stuwregime is gebaseerd op een waterbeheertabel. In deze tabel is voor verschillende stuwregimes een aanduiding voor de te verwachte vegetatieontwikkeling en oogstdepressie gegeven. Deze aanduiding is als maatstaf voor de gebruiksfuncties natuur en landbouw gehanteerd. In gebieden met de bestemming natuur is het stuwpeil in winter en voorjaar zodanig verhoogd dat een vanuit oogpunt van natuurbeheer meest interessante vegetaties kunnen ontwikkelen. In gebieden met aangepaste landbouw is gekozen voor een zodanige verhoging dat maximaal een oogstdepressie van 25%

optreedt.

In paragraaf 5.2. vindt men uitvoerige beschrijvingen van de bestemming, inrichting en het waterbeheer in de verschillende varianten. Tabel 12 vat de belangrijkste kenmerken van de alternatieven samen. In hoofdstuk 6 zijn de ecologische, economische en esthetische gevolgen van deze inrichtingsvarianten opgesomd. Tabel 1 geeft een overzicht van de gehanteerde criteria.

Hoofdstuk 7 geeft de belangrijkste conclusies.

De inrichtingsvariant 3 maakt duidelijk dat de in het B&L plan voorgestelde watervoorzieningstechniek (infiltratie in de dalen gecombineerd met grondwateronttrekking in het dekzandgebied) weinig perspectief biedt. De reden hiervoor is het dunne watervoerend pakket in de dalen van het plateau. Hierdoor zijn zowel infiltratie- als onttrekkingsmogelijkheden zeer beperkt. Dit geldt ook als men de pompstations dichterbij de bekkens legt dan in het B&L plan is aangegeven.

Door de bestemmingstoedeling volgens het positioneringsprincipe te baseren op het patroon grondwatertrappen en bodemtypen komen binnen de vanggebieden van reservoirs kleinere of grotere landbouwenclaves voor die voor een sterke nitraatbelasting kunnen zorgen. Het verdient daarom aanbeveling om het positioneringsprincipe mede te baseren op waterscheidingen.

Binnen het stroomgebied van de Baakse Beek is winningstechniek A (oppervlaktewaterinfiltratie met grondwateronttrekking) uitsluitend veelbelovend indien de bekkens gesitueerd worden op meer dan 20 meter dikke, goed doorlatende watervoerende pakketten. Winningstechniek B (oppervlaktewaterwinning vanuit spaarbekkens) is alleen aantrekkelijk indien binnen enkele meters een dikke, zeer slecht doorlatend afzetting voorkomt, die de lek vanuit de bekkens beperkt. Hiervan is uitsluitend sprake op het plateau, waar keileem en tertiaire klei op geringe diepte voorkomt. Het manipuleren met stuwten levert een zeer marginale bijdrage aan de verkleining van de bergingscapaciteit van de bekkens. Voor het natter maken van een gebied ten behoeve van natuurontwikkeling is deze waterconserveringstechniek wel veelbelovend, zij het dat in gebieden met de bestemming natuur de voorkeur gegeven dient te worden aan het laten verlanden van waterlopen. De kosten die met stuwbeheer gemoeid zijn en de minder optimale omstandigheden voor natuurontwikkeling maken stuwbeheer minder aantrekkelijk dan verlanding. In gebieden met de bestemming natuur en aangepaste landbouw verdient stuwbeheer de voorkeur aangezien verlanding zal leiden tot te grote oogstdepressies door wateroverlast.

Tot slot worden op basis van de onderzoeksresultaten voor zowel het B&L plan als het SWNBL plan een voorstel voor aangepaste waterwinning binnen het gehele stroomgebied van de Baakse Beek gedaan. De belangrijkste uitgangspunten zijn:

1. Een winbare hoeveelheid drinkwater van 6 miljoen m³/ jaar.
2. Het nitraatgehalte van het grondwater op 1 meter beneden maaiveld binnen het vanggebied van de drinkwaterwinningen is kleiner dan 5,6 mg N-NO₃/l.
3. Uitsluitend toepassing van aangepaste winningstechnieken: onttrekking gecombineerd met de aanvoer van schoon gebiedseigen

oppervlaktewater afkomstig uit gebieden met de bestemming natuur en/of aangepaste landbouw. Onttrekkingen zoveel mogelijk laten aansluiten bij bestaande infrastructuur.

4. Waterconservering ten behoeve van drinkwatervoorziening uitsluitend met behulp van spaar- of infiltratiebekkens. Spaarbekkens worden uitsluitend toegepast in gebieden met zeer ondiep voorkomende zeer slecht doorlatende lagen. Waterconservering ten behoeve van natuurontwikkeling bij voorkeur met behulp van verlanding.

In figuur 49 is het plan voor drinkwatervoorziening voor het stroomgebied van de Baakse Beek gebaseerd op het B&L plan weergegeven. Op het Oost Nederlands Plateau wordt water gewonnen door oppervlaktewateronttrekking vanuit spaarbekkens. De spaarbekkens liggen in de koppen van de dalen en worden gevoed door oppervlaktewater afkomstig uit een natuurgebied met verschillende bosvegetaties. Veel waterlopen binnen het gebied zijn verland. In de bekkens staat maximaal 1½ meter water. Er kunnen riet, biezengrassen en populieren opslaan.

In het bovenstroomse deel van de oude Baakse Beek is grondwaterwinning via het bestaande pompstation Dennenakker voorzien. Rond het pompstation wordt een groot aantal infiltratiebekkens aangelegd, die gevoed worden door water uit de Baakse Beek. Het bovenstroomse gedeelte van het stroomgebied krijgt de bestemming natuurbos. Door vernatting zullen verschillende natte en vochtige bosverbonden tot ontwikkeling kunnen komen.

In figuur 50 is het plan voor drinkwatervoorziening gebaseerd op het SWNBL plan aangegeven. Hierbij is uitgegaan van een verplaatsing van het huidige pompstation Koolmansdijk. Rond het verplaatste pompstation worden infiltratiebekkens aangelegd, die gevoed worden door de Nieuwe Beek, de Lievevelder Beek en de Vragender Beek. Het gehele stroomgebied krijgt de bestemming aangepaste landbouw. Het gebied wordt natter door een aangepast stuwregime en de mestgiften worden beperkt. Vijf procent van de grond krijgt de bestemming natuur. Op een derde van de landbouwgronden geldt een mestbeperking van 200 kg N/jaar. Deze percelen liggen rond het pompstation en in gebieden met veel ecologisch kansrijke gradiënten. Op de overige landbouwgronden is bemesting tot maximaal 400 kg N/jaar toegestaan.

In de infiltratiebekkens staat gedurende korte tijd maximaal 50 cm. water. Er zullen verschillende boomsoorten opslaan.

Tabel 24 vergelijkt de kosten en baten van de beide plannen met het huidige beleid. Het huidige beleid leidt tot verdroging van vegetaties binnen het vanggebied en tot onzekerheid omtrent de drinkwaterkwaliteit. Beide plannen bieden een duurzame drinkwaterkwaliteit en bevorderen bovendien de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke vegetaties. Indien men er vanuit gaat dat in de nabije toekomst in de gehele 25 jaarszone sprake zal zijn van een aangepast grondgebruik, dan is de omvang van het gebied waarbinnen sprake is van functiewijziging min of meer even groot. Een belangrijke kostenpost vormt de aanleg van reservoirs.

1. INLEIDING

1.1. Probleemstelling

Recentelijk zijn twee toekomstverkennde landschapsstudies voor het stroomgebied van de Baakse Beek (zie figuur 1) gepubliceerd:

- De proefstudie Achterhoek voor de toekomstverkenningen van de Nederlandse zandgebieden door de Directie Bos- en Landschapsbouw van het Ministerie van Landbouw en Visserij (Kerkstra & Vrijlandt, 1988). Korthedshalve het B&L plan.
- De gebiedsstudie Baakse Beek voor de ontwikkeling van een methode voor SWNBL-Landschap in fase 1 (De Poel et al., 1990): het SWNBL plan.

In beide studies gaan de auteurs uit van de noodzaak tot een ingrijpende herinrichting van het landschap in de Nederlandse zandgebieden volgens de principes van de raamwerkplanning. Volgens hen zijn de huidige conflicten tussen de gebruiksfuncties landbouw, natuur en watervoorziening dé oorzaak van het kwaliteitsverlies van het landschap in dit soort gebieden. Onder kwaliteit verstaan ze een harmonieus samengaan van duurzaam ecologisch functioneren, economische gebruikswaarde en esthetische waarde van het landschap:

- Het landschap moet ecologisch goed functioneren, dus natuurfuncties vervullen en milieukundig duurzaam "gezond" zijn.
- Het landschap moet economisch bruikbaar zijn en dus als productiemiddel voor de landbouw en andere economische grondgebruiksvormen een goede, duurzame basis leveren.
- Het landschap moet een esthetische waarde hebben en dus een sterke, al dan niet cultuurhistorisch bepaalde identiteit paren aan een hoge belevingswaarde voor bezoekers en bewoners.

Behoud, herstel en ontwikkeling van deze landschappelijke kwaliteit is in hun ogen alleen mogelijk indien men duidelijke ruimtelijke voorwaarden (raamwerk) stelt, waarbinnen de verschillende gebruiksfuncties zich voor de langere termijn met de nodige flexibiliteit in onderlinge samenhang kunnen ontwikkelen. Binnen dit raamwerk van ruimtelijke voorwaarden dient een goede afstemming tussen mogelijk conflicterende gebruiksfuncties te bestaan. Het gaat daarbij om enerzijds stabiliteit vragende functies zoals natuur, recreatie en waterwinning en anderzijds flexibiliteit vragende functies zoals landbouw. Immers, de eerste groep van functies dient voor termijnen langer dan de gebruikelijke planingsperiode een vaste bestemming te krijgen, terwijl de tweede binnen zijn bestemming voldoende aanpassingsmogelijkheden geboden moet worden om op nieuwe, onvoorziene ontwikkelingen in te kunnen spelen. Tevens is een goede, perspectief biedende verdeling van verantwoordelijkheden ten aanzien van het beheer van het landschap noodzakelijk. Cruciaal hierbij is de vraag in hoeverre economische sterke gebruiksfuncties de zwakkere kunnen dragen. Voorwaarde voor deze meekoppeling is echter dat deze drager in ecologisch opzicht niet strijdig is met de andere functie.

Bij de uitwerking van het raamwerk is de rol van het water en de watervoorziening van groot belang geacht. Daarom gaan de plannen

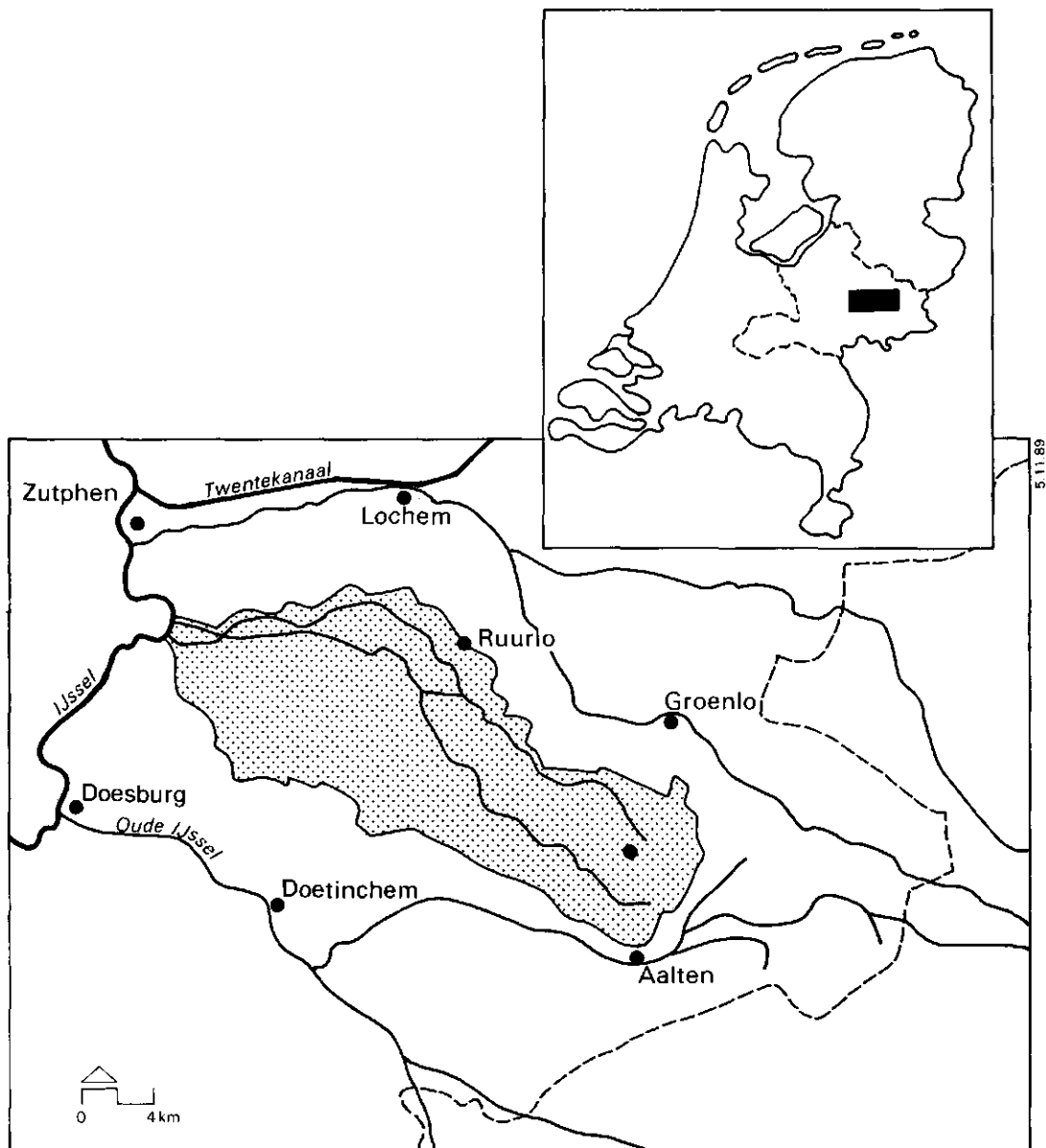


Fig. 1 Het stroomgebied van de Baakse Beek

in op de volgende drie vragen:

- Welke mogelijkheden zijn er om watervoorziening te verweven met stabiliteit vereisende gebruiksfuncties? Oftewel: kan de watervoorziening als economische drager mee koppelen met de functie natuur?
- Ruimtelijke verweving van natuur en watervoorziening vinden de auteurs aantrekkelijk. Enerzijds stellen zowel natuur als drinkwatervoorziening de hoogste eisen aan de waterkwaliteit. Anderzijds is watervoorziening een economisch sterke functie. De natuurgebieden bieden watervoorziening een garantie voor schoon water. Hierdoor lijkt het mogelijk om zowel de bestemming watervoorziening als de bestemming natuur voor langere tijden veilig te stellen.

- Welke ruimtelijke rangschikking of ordening van stabiliteit vereisende en flexibiliteit vragende gebruiksfuncties ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de waterhuishouding biedt perspectief voor een duurzame ruimtelijke scheiding van beide groepen gebruiksfuncties?
Beide plannen herschikken de gebruiksfuncties mede op grond van de positie ten opzichte van de ordening binnen de waterhuishouding. De stroming van grond- en oppervlaktewater levert immers een belangrijke bijdrage aan de wederzijdse beïnvloeding van gebieden. De plannen hanteren hierbij echter de verschillende principes. In hoofdstuk 3 wordt daar nader op in gegaan.
- Welke waterhuishoudkundige inrichting en welke vormen van waterbeheer (waaronder waterconservering) sluiten het beste aan bij de voorgestelde bestemmingen?
Beide plannen geven slechts een globaal beeld van de gewenste waterhuishoudkundige inrichting en waterbeheer. Nadere uitwerking achten de auteurs dan ook noodzakelijk, met name op het gebied van drinkwaterwinning.

Dit onderzoek is gestart om na te gaan in hoeverre en op welke wijze watervoorziening te combineren is met de gebruiksfunctie natuur binnen het raamwerk dat beide plannen aangegeven. Het is de vraag welke waterhuishoudkundige inrichting en welke vormen van waterbeheer zich hier het beste voor lenen. Er is daarbij voornamelijk gekeken naar maatregelen die direct ingrijpen op de waterbeweging, zoals waterconservering met behulp van stuwen en reservoirs, infiltratie van grondwater en onttrekking van grondwater. Dit soort maatregelen hebben ook invloed op de productieomstandigheden voor de landbouw en de standplaats van de vegetatie. Het blijft dan ook de vraag in hoeverre bijvoorbeeld drinkwaterwinning en natte vegetaties op een niet strijdig manier te combineren zijn.

De plaatskeuze zal bij deze vraag een belangrijke rol spelen. Enerzijds zijn bepaalde maatregelen op sommige plekken niet uitvoerbaar, zoals grondwateronttrekking in zeer dunne watervoerende pakketten. Anderzijds is de natuur in het ene gebied gevoeliger voor een bepaalde maatregel dan in een ander. Het is daarom van belang de perspectieven van een bepaalde maatregelen te beschouwen in samenhang met zijn locatie.

De uiteindelijke beoordeling van de mogelijkheden van watervoorziening is in de eerste plaats afhankelijk van de hoeveelheid te winnen water. Er spelen echter ook andere zaken mee. Het achterliggende doel van de toekomstverkennde landschapsstudies is immers steeds het behoud, herstel en ontwikkeling van de landschappelijke kwaliteit. Daarom dient de beoordeling ook in te gaan op andere economische, ecologische en esthetische gevolgen van de wijze van watervoorziening.

In hoofdstuk 3 zijn de beide plannen nader geanalyseerd. Dit leidt tot een aangescherpte probleemstelling.

1.2. Doel

Het doel van het onderzoek was:

1. Het verkennen van de verschillende waterwin- en waterconserveringstechnieken die de verweving van natuur en watervoorziening binnen de door het B&L plan en het SWNBL plan aangegeven raamwerk mogelijk maken.
2. Het verkennen van de criteria voor plaatskeuze en vormgeving van deze technieken binnen het stroomgebied van de Baakse Beek.
3. Het toetsen van de gevolgen van de voorgestelde waterhuishoudkundige inrichting en vormen van waterbeheer voor het landschap, aan de in de plannen geformuleerde doelstellingen.
4. Het doen van aanbevelingen voor eventuele aanpassingen van het B&L plan en SWNBL plan.

1.3. Opzet

De opzet van het rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 gaat in op hoofdlijnen van de werkwijze. Voor gedetailleerde informatie over de methoden van plantoetsing wordt verwezen naar bijlagen 1 t/m 4. In hoofdstuk 3 zijn de doelstellingen, uitgangspunten en ideeën van de beide toekomstverkennde studies nader beschouwd. Tevens gaan we in op de keuze van het studiegebied.

Hoofdstuk 4 beschrijft het huidige landschap van het studiegebied. Hoofdstuk 5 geeft aan hoe de plannen zijn uitgewerkt. In het volgende hoofdstuk komen de te verwachten gevolgen van deze uitwerkingen voor de landschappelijke kwaliteit aan de orde. In hoofdstuk 7 tot slot volgen conclusies en aanbevelingen.

2. WERKWIJZE

2.1. Methode

Er is gekozen voor een cyclische, ontwerpende methode. Met een ontwerpende methode wordt bedoeld dat steeds gezocht is naar meerdere op kaart weergegeven oplossingen voor de onderzoeksvragen in een concreet gebied, kortweg plannen. Met cyclisch wordt bedoeld dat de verschillende fasen van het planningsproces meerdere malen zijn doorlopen. De plannen zijn dus steeds bijgesteld naar aanleiding van nieuw verworven kennis van de gevolgen voor het landschap.

Een plan is een concreet ruimtelijke voorstel voor bestemming, inrichting en/of beheer van een gebied. Om de plannen die tijdens het onderzoek zijn ontworpen te kunnen onderscheiden van het B&L- en SWNBL plan, worden de uitgewerkte plannen inrichtingsvarianten genoemd. Voor elke inrichtingsvariant zijn de gevolgen aangegeven, zodat sterke en zwakke punten van de gekozen oplossing zichtbaar zijn. Door vergelijking kan men vast stellen welke oplossing het meest gewenst is danwel welke verbeteringen mogelijk zijn. Deze aanpak is vooral veelbelovend indien men wil onderzoeken hoe een groot aantal maatregelen te gelijker tijd uitwerken in een bepaald gebied. In de beide toekomstverkennde studies is sprake van veel maatregelen die grote veranderingen in het landschap teweeg kunnen brengen. Er wordt kortom aan vele knopjes tegelijk gedraaid. Zo worden nieuwe natuurgebieden aangelegd, landbouwgronden afgestoten of geëxtensiverd, spaarbekkens en nieuwe waterlopen aangelegd en drinkwaterwinnings verplaatst. Al deze maatregelen beïnvloeden op complexe wijze de waterhuishouding en het landschap.

Een nadeel van deze methode is dat de invloed van de afzonderlijke maatregelen niet meteen duidelijk is. Daarom wordt in delen 2 t/m 5 hierop nader ingegaan.

De methode volgt de in van Beusekom e.a. (1990) gepresenteerde procedure voor water- en landschapsplanning. Figuur 2 geeft een overzicht van de verschillende fasen en onderdelen van deze procedure. Deze omvat het gehele planningsproces waarin men uitgaande van een probleemverkenning (fase A) plannen formuleert (fase B), die men tot slot toetst aan de oorspronkelijke uitgangspunten (fase C).

Dit onderzoek is niet gestart op het beginpunt van de procedure, aangezien van reeds bestaande plannen is uitgegaan. De plantoelichtingen bevatten een uitgebreide probleemverkenning. De plankaarten zijn over het algemeen tot op bestemmingsniveau uitgewerkt. Deze bestemmingen vormen het uitgangspunt van deze studie, waarin acht inrichtingsvarianten zijn geformuleerd. De gevolgen van deze varianten zijn vervolgens getoetst zijn aan de in de plannen geformuleerde uitgangspunten. De inrichtingsvarianten verschillen naar bestemming, inrichting en beheer. Vijf varianten kennen dezelfde bestemmingen als het B&L plan. Twee varianten stemmen wat bestemmingen overeen met het SWNBL plan. De

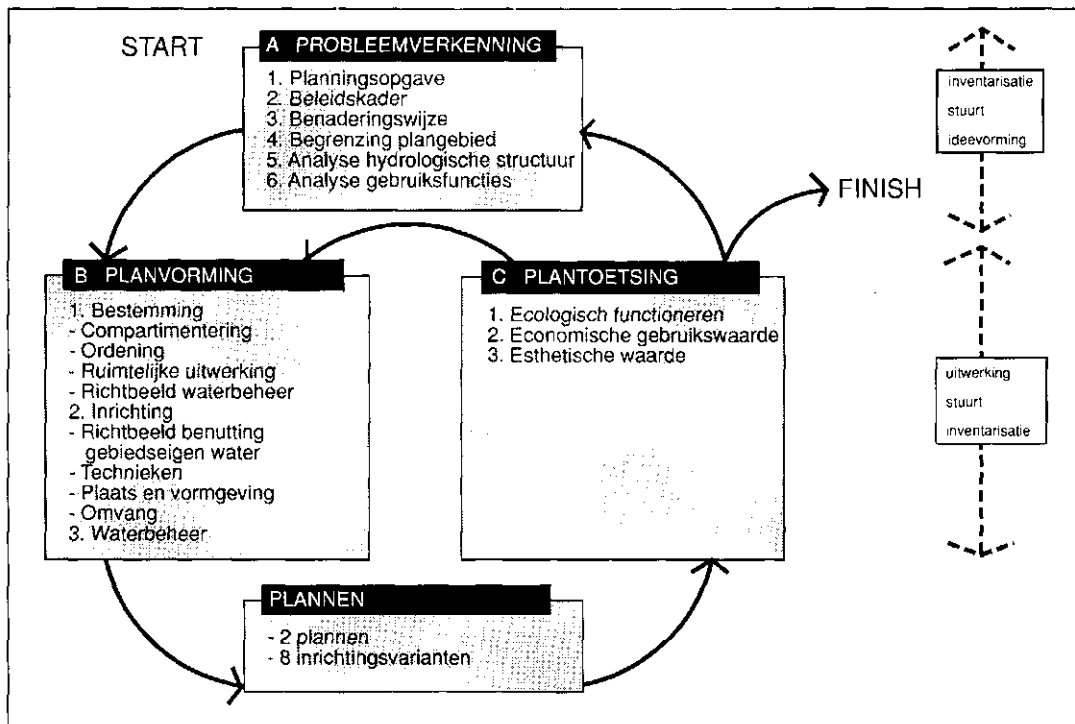


Fig. 2 Werkwijze

achtste variant, de natuurvariant, is als referentie toegevoegd. Hierin is het gehele gebied voor natuur bestemd.

Men dient te beseffen de inrichtingsvarianten in de eerste plaats bedoeld zijn als middel om de in het gebied spelende planningsproblemen te onderzoeken en niet als voorstel om de huidige planningsproblemen in het stroomgebied van de Baakse Beek op te lossen. De grote veranderingen in het landschap die de inrichtingsvarianten en plannen behelzen, zijn niet denkbaar of uitvoerbaar op korte termijn, maar wel relevant voor toekomstverkenkend onderzoek en methode-ontwikkeling. Bovendien is in dit onderzoek niet aan de orde geweest in hoeverre de plannen in economisch of planologisch opzicht realiseerbaar zijn.

Inventarisatie van de huidige landschap is niet als een op zich zelf staande fase beschouwd, maar als een onderdeel van elke fase. Voor het goede begrip is, volgt in hoofdstuk 4 een korte beschrijving aan de hand van gegevens die voor de verschillende onderdelen zijn verzameld.

Voor een nadere toelichting op de procedure en de daarin gehanteerde begrippen wordt verwezen naar van Beusekom e.a. (1990). In de volgende paragrafen komen de verschillende onderdelen aan de orde.

2.2. Analyse plannen

Het opstellen en toetsen van inrichtingsvarianten is alleen mogelijk na een analyse van de uitgangspunten en de wijze van bestemmingstoekenning in de plannen.

De analyse van de uitgangspunten richt zich op de vraag welke richtbeelden voor het waterbeheer en de benutting van gebiedseigen water in de plannen zijn geformuleerd. Het richtbeeld waterbeheer geeft aan welke waterpeilen en waterkwaliteit men voor de verschillende gebruiksfuncties nastreeft. Het richtbeeld benutting van gebiedseigen water geeft aan in hoeverre men de netto-neerslag van bepaalde gebieden (het gebiedseigen water) wil gebruiken voor de verschillende gebruiksfuncties. Het gaat daarbij om de vraag in hoeverre men water wil winnen, lozen, conserveren of aanvoeren. De beide richtbeelden spelen een belangrijke rol bij de uitwerking en de toetsing.

Bij de analyse van bestemmingstoekenning zijn twee zaken aan de orde:

- welke compartimenterings- en ordeningsprincipes zijn gehanteerd,
- hoe en in hoeverre zijn de gebruiksfuncties aan de hand van deze principes ruimtelijk uitgewerkt tot op kaart aangegeven bestemmingen.

Onder compartimenteringsprincipe wordt verstaan het stelsel van ideeën waarop men verweving van functies binnen een ruimtelijke eenheid al dan niet mogelijk acht. Onder ordeningsprincipe het stelsel van ideeën waarop men de ruimtelijke rangschikking van te scheiden gebruiksfuncties ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de structuur van het landschap baseert.

Bij de ruimtelijke uitwerking gaat het enerzijds om de vraag in hoeverre hydrologisch overwegingen bij compartimentering en ordening een rol hebben gespeeld. Zo kunnen bijvoorbeeld ook overwegingen vanuit biogeografische, landbouwkundige of planologische optiek een rol spelen. Anderzijds is de vraag op welke gebiedskenmerken de uitwerking is gebaseerd. Zijn vooral patroonkenmerken van de grondwatertrappen en bodemtypen of proceskenmerken (bijvoorbeeld grondwaterstromingsstelsels) beschouwd? De analyse van de ruimtelijke uitwerking heeft nauwelijks een rol gespeeld bij de uitwerking van de inrichtingsvarianten. Het is wel een middel om eventueel noodzakelijke aanpassingen van de bestemmingen op een heldere manier uit te kunnen voeren.

2.3. Bestemmingen

De bestemmingen zijn overgenomen uit de bestaande plannen. Per bestemming is een **richtbeeld voor het waterbeheer** geformuleerd in termen van na te streven waterpeilen en waterkwaliteit. Per bestemming is aangegeven in hoeverre men een verandering van gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) gewenst dan wel toelaatbaar is vanuit de beoogde gebruiksfunctie. De gewenste waterkwaliteit is aangeduid met een ecohydrologische typering van van Wirdum (1980). Deze

typologie geeft een globale aanduiding van de macro-ionen samenstelling van het water.

2.4. Waterhuishoudkundige inrichting

Eerst is een richtbeeld voor de benutting van gebiedseigen water geformuleerd. Vervolgens is verkend in hoeverre dit richtbeeld is te realiseren. Tot slot is dit uitgewerkt tot een bepaalde waterhuishoudkundige inrichting, waarin de omvang, de plaats en de vormgeving van de verschillende waterwin- en waterconserverings-technieken zijn aangegeven.

In het **richtbeeld voor de benutting van gebiedseigen water** is aangegeven voor welke gebruiksfuncties en in welke mate men de netto-neerslag van een bepaald gebied, wil gebruiken. Het gaat daarbij om dat deel van de netto-neerslag dat als oppervlaktewater het gebied verlaat. In deze studie zijn zowel watervoorziening ten behoeve van de landbouw en drinkwater beschouwd. In drie varianten is gestreefd naar waterconservering gedurende herfst, winter en voorjaar in gebieden met de bestemming natuur ten behoeve van wateraanvoer naar landbouwgebieden gedurende de zomer. In vier varianten is de winning van drinkwater beschouwd. De waterbehoefte is afgeleid van het Grondwaterplan Gelderland (1986) en de uitgangspunten van de beide plannen.

Voor de duidelijkheid: dit richtbeeld geeft niet aan in hoeverre de neerslag dient te worden gebruikt ten behoeve van peilhandhaving in de landbouw- en natuurgebieden zelf. Dit is namelijk reeds vastgelegd in het richtbeeld waterbeheer. Dit richtbeeld voor het waterbeheer geldt juist als randvoorwaarde die de grootte van de netto-neerslag mede bepaalt.

Tijdens de **verkenning** van de mogelijkheden voor benutting van het gebiedseigen water is eerst aangegeven met behulp van welke technieken het water geconserveerd en gewonnen zal worden. In deze studie is waterconservering met behulp van stuwen, verandering van het waterlopenstelsel (dichtgroeien, verdiepen, verbreden) en reservoirs onderzocht. Beschouwde waterwinningstechnieken zijn oppervlaktewater- en grondwateronttrekking. Per variant zijn verschillende technieken gekozen.

Door keuze van verschillende bestemmingen, richtbeelden en technieken zijn acht voorlopige inrichtingsvarianten gedefinieerd. Voor elke voorlopige inrichtingsvariant is vervolgens met behulp van een waterbalansmethode berekend hoeveel water maximaal voor het beoogde gebruik te benutten is. Bij deze berekening is uitgegaan van het maximale oppervlak waarop een bepaalde techniek vanuit landschappelijke overwegingen is toe te passen. Nadat deze berekende maximaal winbare hoeveelheid water vergeleken is met de hoeveelheden in het richtbeeld voor de benutting gebiedseigen water, zijn de voorlopige inrichtingsvarianten uitgewerkt tot definitieve inrichtingsvarianten. Indien er sprake was van een zeer geringe hoeveelheid winbaar water is de voorlopige variant afgefallen of een nieuwe variant geformuleerd. In gevallen waarin meer water gewonnen kon worden dan noodzakelijk, is de omvang van een bepaalde techniek naar rato verkleind.

Bij de uitwerking van de definitieve inrichtingsvarianten is de plaats en de vormgeving van de verschillende technieken aangegeven. Deze zijn gebaseerd op functionele en esthetische criteria.

2.5. Waterbeheer

Bij de toekenning van bestemmingen is een richtbeeld voor het waterbeheer geformuleerd. Hierin is aangegeven welke verandering van GHG en GLG per bestemming gewenst danwel toelaatbaar is. In hoeverre deze wensen ook te realiseren zijn, is echter nog de vraag. De mogelijkheden verschillen van gebied tot gebied. Een rol spelen de regionale hydrologische positie, de aard van het waterlopenstelsel, de textuur van de bodem en de aard van de vegetatie.

Daarom is per gebied nagegaan welke waterpeilen te realiseren zijn met behulp van de verschillende vormen van waterbeheer. Twee vormen van waterbeheer zijn beschouwd: de manipulatie van beweegbare stuwen en het laten verlanden van waterlopen. Een dergelijk gebied is een beheereenheid genoemd. De resultaten zijn samengevat in een peilbeheertabel, waarin de verschillende peilen zijn opgesomd die met behulp van bepaalde vormen van beheer te bereiken zijn.

Vervolgens is aangegeven wat deze verschillende peilen betekenen voor de vegetatieontwikkeling en voor de landbouw. Een peilbeheertabel aangevuld met aanduidingen van de betekenis voor gebruiksfuncties is een waterbeheertabel genoemd. Aan de hand van deze tabel is per beheereenheid een vorm van waterbeheer gekozen in afhankelijkheid van de bestemming.

2.6. Toetsing

De toetsing heeft plaatsgevonden aan de hand van criteria voor economische gebruikswaarde, ecologisch functioneren en esthetische waarde (zie 1.1.).

De criteria voor **ecologisch functioneren** hebben betrekking op de vraag in hoeverre kwantitatieve en kwalitatieve hydrologische omstandigheden voldoen aan algemene ecologische en milieukundige normen of aan stand- en groeiplaatseisen van een bepaalde gebruiksfunctie. In deze studie zijn van belang geacht:

- het waterpeil in grond- en oppervlaktewater,
- het nitraatgehalte van het grondwater,
- de globale macro-ionen samenstelling van het water.

Het waterpeil is bepaald op verschillende voor gebruiksfuncties relevante tijdstippen in het jaar, namelijk in de winter (GHG), het voorjaar (GVG) en de zomer (GLG). De waterpeilen zijn per beheereenheid berekend met het model SWW.

Het nitraatgehalte van het grondwater is op een meter diepte beneden maaiveld bepaald. Deze informatie is vooral van belang voor de gebruiksfunctie natuur. Van voorspelling van het nitraatgehalte op grotere diepten ten behoeve van drinkwaterwinning is

afgezien. Weliswaar is er in de ondergrond sprake van verdere denitrificatie door sulfiden en organische stof, maar dit leidt tot verhoging van sulfaatgehalten en de hardheid (van Bennekom, 1989). Denitrificatie biedt daarom geen duurzame oplossing voor te hoge nitraatbelasting van het grondwater. Bovendien is er nog onvoldoende inzicht in de samenstelling van de ondergrond om het nitraatgehalte van het diepe grondwater goed te voorspellen. Daarom is bij de beoordeling van dit aspect uitgegaan van de noodzaak van een nitraatgehalte op 1 meter diep die voldoet aan de EG richtwaarde voor drinkwater. Het nitraatgehalte is beschreven

Tabel 1 De criteria voor plantoetsing

aspect:	kenmerk:
ECOLOGISCH FUNCTIONEREN	
- waterpeilen	- gemiddeld hoogste (grond)waterstand (GHG) - gemiddelde voorjaars (grond)waterstand (GVG) - gemiddeld laagste (grond)waterstand (GLG)
- nitraatgehalte	- nitraatgehalte van het ondiepe grondwater op 1 m beneden maaiveld - gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in het gehele vanggebied van een reservoir
- globale macro-ionen samenstelling van het water	- verandering in het stromingspatroon van het grondwater
ECONOMISCHE GEBRUIKSWAARDE	
- gebruikswaarde natuur	- te verwachte vegetatietype(n)
- gebruikswaarde landbouw	- % oogstdepressie
- gebruikswaarde drinkwatervoorziening	- hoeveelheid afvoer vanuit reservoir gedurende het jaar - gemiddeld nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in het gehele vanggebied van het reservoir - % van netto neerslag op vanggebied
- gebruikswaarde landbouwwatervoorziening	- hoeveelheid oppervlaktewaterafvoer in de maanden juni, juli en augustus - % van netto neerslag op vanggebied
ESTHETISCHE WAARDE	
- identiteit	- veranderingen in landschapstypen
- oriëntatie	- veranderingen in landschapsstructuur

per beheereenheid en per vanggebied van de verschillende waterwinningen.

Goede en eenvoudige methoden om de globale macro-ionen samenstelling van het water te voorspellen zijn niet beschikbaar. Dit aspect is daarom kwalitatief beoordeeld aan de hand van het stromingspatroon van het grondwater. Hierbij is uitgegaan van de veronderstelling dat de macro-ionen samenstelling voornamelijk afhankelijk is van de verblijftijd in de ondergrond.

Criteria voor **economisch gebruikswaarde** geven aan in hoeverre een bepaald landbouwkundig productieniveau of een bepaalde natuurbehoudswaarde is gerealiseerd. In deze studie zijn uitsluitend de gebruiksfuncties natuur, landbouw en watervoorziening beschouwd. De gebruikswaarde voor natuur is bepaald aan de hand van de verwachte vegetatietype(n). Dit is voorspeld door na te gaan wat veranderingen in waterpeilen (zie boven) betekenen voor de vegetatieontwikkeling. Dit kenmerk is per beheereenheid beschreven.

De gebruikswaarde voor de landbouw is gerelateerd aan de te verwachte oogstdepressie ten gevolge van droogte en wateroverlast. Per beheereenheid is nagegaan wat de te verwachte waterpeilen aan oogstdepressie zullen betekenen.

De gebruikswaarde voor de watervoorziening is bepaald aan de hand van de hoeveelheid en het nitraatgehalte van het te winnen water. Voor de landbouwwatervoorziening gaat het om de vraag hoeveel water als oppervlaktewater naar een ander gebied te leiden is gedurende de maanden juni, juli en augustus. Voor de drinkwatervoorziening om de totale hoeveelheid water per jaar uitgaande van een gelijkmatige onttrekking en het nitraatgehalte binnen het vanggebied van de winning. Om een indruk te krijgen van de efficiëntie van de verschillende technieken is ook aangegeven welk percentage van de netto-neerslag op het vanggebied is benut voor watervoorziening.

Criteria voor **esthetische waarde** tot slot richten zich op de vraag in hoeverre een bepaalde belevingswaarde is gerealiseerd. Voor dit onderzoek zijn vooral de identiteit en de oriëntatie van belang geacht. De identiteit is bepaald met behulp van een landschapstyperingsmethode. De oriëntatie is vastgesteld aan de hand van de mental mapping methode (Lynch, 1960).

In tabel 1 zijn de gehanteerde criteria samengevat. Nadere informatie over de keuze van de criteria en de gehanteerde voorspellingsmethode vindt men in bijlage 1 (waterpeilen, stromingspatroon grondwater, hoeveelheid winbaar water), 2 (nitraatgehalte, globale macro-ionen samenstelling), 3 (gebruikswaarde natuur en landbouw) en 4 (esthetische waarde).

3. ANALYSE PLANNEN

3.1. Werkwijze

In 2.2. is aangegeven dat per plan de volgende aspecten beschouwd dienen te worden:

- het richtbeeld voor het waterbeheer,
- het richtbeeld voor de benutting van gebiedseigen water,
- de gehanteerde compartimenterings- en ordeningsprincipes,
- de ruimtelijke uitwerking van gebruiksfuncties tot bestemmingen.

Onder een compartimenteringsprincipe is verstaan het stelsel van ideeën waarop men verweving van functies binnen een ruimtelijke eenheid al dan niet mogelijk acht. Het gaat dus om de vraag in hoeverre de ecologische en economische eisen van deze functies aan de waterhuishouding al dan niet conflicterend zijn. Conflicterende eisen vraagt om scheiding of om aanpassing van de ene (aangepaste) functie aan de andere (hoofd-)gebruiksfunctie. Niet conflicterende eisen maakt verweving mogelijk. Een ruimtelijke eenheid waarbinnen één gebruiksfunctie of meerdere te verweven gebruiksfuncties voorkomen, is een compartiment genoemd.

Uit de legenda van de bestemmingenkaart en de bij behorende planbeschrijving is af te leiden welke compartimentering men voor staat.

Een ordeningsprincipe is een stelsel van ideeën waarop men de ruimtelijke rangschikking van te scheiden compartimenten ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de ordening binnen de waterhuishouding baseert. Het gaat hierbij om de vraag in hoeverre een bepaalde ruimtelijke rangschikking van verschillende compartimenten de negatieve onderlinge beïnvloeding beperkt dan wel een positieve uitwerking heeft. Men kan drie ordeningsprincipes onderscheiden (zie ook figuur 3).

1. Het **zoneringsprincipe** beoogt scheiding uitgaande van de bestaande ruimtelijk verdeling van compartimenten zonder aanpassing van de rangschikking binnen een stromingsstelsel. Men maakt gebruik van specifieke waterhuishoudkundige inrichting en/of van aangepast waterbeheer in het gebied direct aansluitend op een compartiment met de meest stabiliteit vereisende functies. Door uitwendige zonering bepaalt men de omvang van het gebied waarbinnen in het conflicterende compartiment functies moeten worden aangepast. Het gebied met aangepaste functies heeft een bufferende werking. Voorbeelden: hydrologische bufferzones om natuurgebieden, helofytenfilters en waterzuiveringsinstallaties in de oppervlaktewaterinlaat van natuurgebieden, grondwaterbeschermingszones in waterwin-gebieden.
2. Het **positioneringsprincipe** beoogt scheiding uitgaande van een herschikking van compartimenten binnen een deelstroomgebied. Deze herschikking is zodanig dat men door ordening ten opzichte van waterbeweging binnen een deelstroomgebied negatieve wederzijdse invloeden tussen compartimenten beperkt of zelfs positieve invloeden benut. Hierbij maakt men gebruik van het

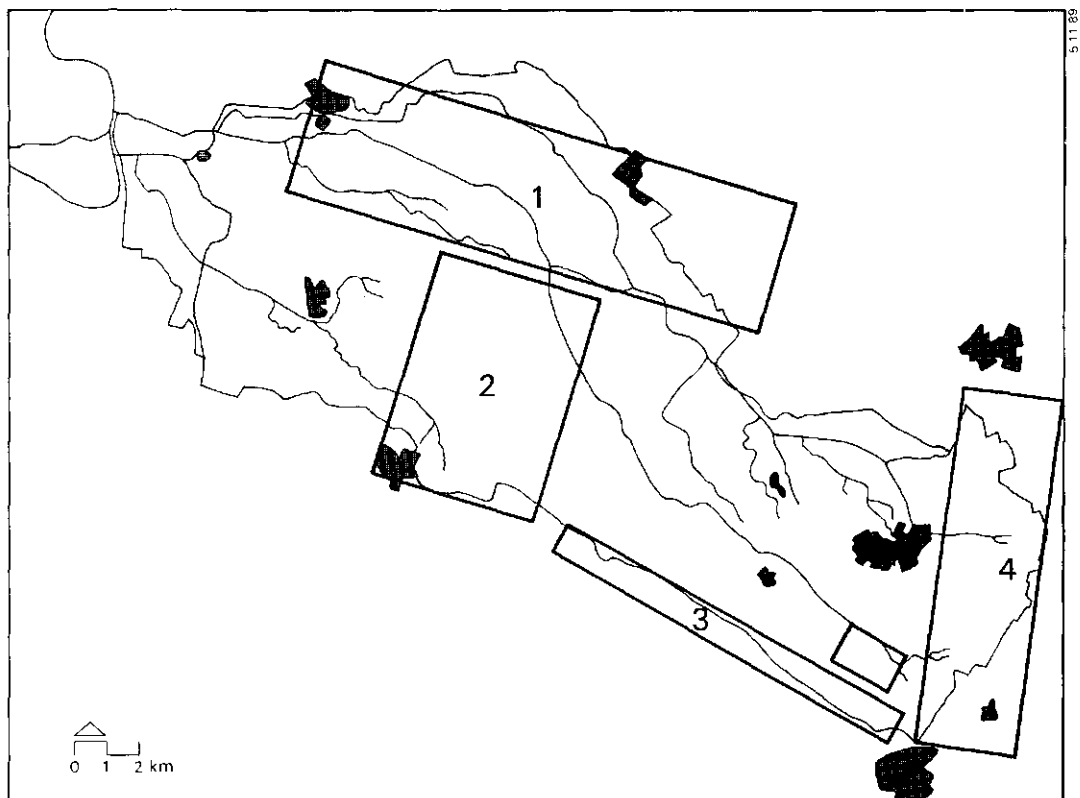
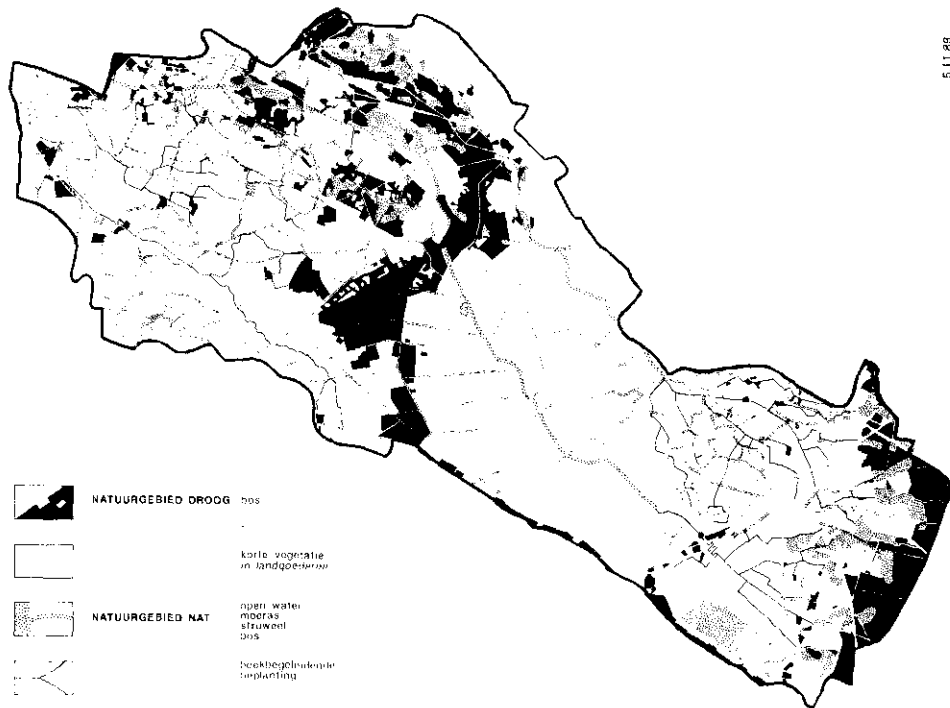


Fig. 4 De bestemming van stabiliteit vereisende functies in het B&L plan (Kerkstra & Vrijlandt, 1988).

3.2. Resultaten

3.2.1. B&L plan

Het belangrijkste planconcept in het B&L plan, het zogenaamde casco-concept, is een helder en eenduidig **compartimenteringsprincipe**. Het casco-concept behelst een ruimtelijke scheiding van een compartiment met intensieve, flexibiliteit vereisende gebruiksfuncties ten opzichte van een compartiment met meer extensieve, stabiliteit vereisende functies. In het laatste compartiment wil men duurzame voorwaarden scheppen voor natuurbeheer, bosbouw, watervoorziening en recreatief medegebruik. In het andere compartiment staat men vooral optimale productieomstandigheden ten behoeve van de landbouw voor. Hierbij gaat het om een zekere scheiding van verantwoordelijkheden tussen overheid en particulieren voorgestaan: de overheid is verantwoordelijk voor het beheer in compartimenten met duurzame voorwaarden voor extensieve stabiliteit vragende functies, zodat op lange termijn een basiskwaliteit wordt gegarandeerd. Landbouwers kunnen in het flexibiliteit biedende compartiment op vrijwillige basis landschapselementen met natuurwaarden in stand houden of aanleggen. Drinkwatervoorziening beschouwt men als een "laag-dynamische" of stabiliteit vereisende functie. Over de vraag in hoeverre natuur en drinkwaterwinning ook werkelijk te verweven zijn, is echter heen gestapt. Bij de ruimtelijke uitwerking wordt hierop terug gekomen.

In het B&L plan spelen meerdere **ordeningsprincipes** een rol. Zo noemt men biogeografische (grote aaneengesloten natuurgebieden, verbindingszones langs beken) en functionele (aansluiten bij bestaande natuurwaarden, uit gebruik nemen van marginale landbouwgronden) argumenten. Daarnaast hanteert men een hydrologische ordeningsprincipe, namelijk het positionering-principe. Gekozen is voor de bestemming natuur in gebieden waar infiltratie van grondwater plaatsvindt (plateaus en dekzandruggen) en langs bovenlopen van beken. Drinkwaterwinning situeert men benedenstrooms op de flanken van natuurgebieden. Deze winningen ziet men gevoed door grondwaterstroming vanuit de natuurgebieden. Nog verder stroomafwaarts liggen bij voorkeur de landbouwgebieden. In deze positie verwacht men dat de landbouw geen beperkingen van andere gebruiksfuncties opgelegd krijgt.

Ruimtelijke uitwerking: Figuur 4 geeft de bestemmingskaart van het B&L plan. Er zijn vier gebieden onderscheiden waarbinnen een groot oppervlakteaandeel de bestemming droge en natte bos- en natuurgebieden heeft gekregen. Per gebied verschillen de overwegingen voor deze bestemmingskeuze.

1. Het gebied langs de Baakse Beek tussen Vorden en Ruurlo. In dit deelgebied handhaaft men vooral bestaande grote aaneengesloten bos- en natuurgebieden. Nieuwe bestemmingen liggen slechts ten dele bovenstrooms of in inziggebieden. Meestal is sprake van het maken van grotere ruimtelijke eenheden.

2. De hooggelegen stuifzandrug van Het Zand, Het Klooster en de Baakse Kamp. In dit gebied gaat het eveneens om vergroting van reeds bestaande bos- en natuurgebieden. Tevens speelt de toepassing van het positionering-principe: de bestemming natuur ligt in de bovenstroomse gedeelte van de deelstroomgebieden van Lindense en Oosterwijkse Laak, waar vrijwel uitsluitend inzijsgebieden met diepe grondwaterstanden voorkomen.
3. De dekzandrug Zelhem-Halle-Aalten (Romienendiek). In dit gebied wil men de huidige bestemming landbouw wijzigen in de bestemming natuur, omdat er sprake zou zijn van een slecht perspectief voor de landbouw (droogtegevoelige gronden). Bovendien biedt het positionering-principe een gunstige uitgangssituatie: een inzijsgebied met diepe grondwaterstanden.
4. Het Oost-Nederlands plateau. Evenals in het gebied 3 beoogt men een bestemmingsverandering van landbouw naar natuur. In dit deelgebied is eveneens sprake van een slecht landbouwkundig perspectief. Hier gaat het echter om wateroverlast. De positie stemt overeen met die in het positionering-principe is voorzien: het bovenstroomse gedeelte van het deelstroomgebied van Baakse Beek en Veengoot waarin sprake is van inzijsend grondwater dat stagneert op ondiep voorkomende keileem en Tertiaire klei.

Drinkwaterwinning voorziet men alleen in gebied 4. Men denkt vanuit de bos- en natuurgebieden afstromend grondwater te winnen. Rond de putten voorziet men geen andere beperkingen van het landbouwkundig gebruik dan die door de algemene milieuwetgeving worden gesteld. Tevens gaat men er vanuit dat de grondwateronttrekking niet tot verdroging in de omgeving leidt.

Het **richtbeeld voor waterbeheer** kan men als volgt samenvatten:

- In natuurgebieden streeft men naar natte natuurontwikkeling gebonden aan schoon water. De natte component versterkt men door het opzetten van het waterpeil. Door het afdammen van beken en het laten meanderen van beken ontstaan allerlei overgangen van open water naar droge gronden.
- In landbouwgebieden streeft men naar een optimale ontwatering voor landbouwkundig gebruik. In de zomer wil men verdroging tegen gaan. Peilhandhaving probeert men te bereiken door stuwbeheer en wateraanvoer vanuit grote reservoirs langs de Berkel en Oude Rijn. Het water in de landbouwgebieden dient van een milieuhygiënisch goede kwaliteit zijn. Hiertoe voorziet men de aanleg van helofytenfilters.

Het **richtbeeld voor de benutting van gebiedseigen water** voorziet uitsluitend benutting voor drinkwatervoorziening. Men denkt in grondwaterwinningen aansluitend op 7000 hectare natuurgebied op plateau's met ondiep voorkomende slecht doorlatende lagen 14 miljoen m³ schoon grondwater per jaar voor drinkwaterwinning kunnen oppompen. Dit betekent dat 80 % van de netto-neerslag benut zou worden. Voor landbouwwatervoorziening ziet men geen mogelijkheden.

Afsluitend kan gesteld worden dat de auteurs van het B&L plan

duidelijk omschreven en uitgewerkte compartimenterings- en ordeningsprincipes voor de gebruiksfuncties natuur en landbouw hanteren. Dat geldt in mindere mate voor de functie watervoorziening. Voor de bestemmingen natuur, landbouw en watervoorziening geven ze aanduidingen voor beoogde waterpeil en waterkwaliteit. Tevens is ingegaan op hoeveel gebiedseigen water men denkt te kunnen benutten voor drinkwaterwinning. Voor landbouwwatervoorziening vanuit het studiegebied ziet men geen perspectief. De technische uitwerking van de drinkwatervoorziening roept een aantal vragen op:

1. De keuze voor grondwaterwinning kan leiden tot sterke peilverlaging rondom pompstations. Situering van deze pompstations op de overgang van natuur- naar landbouwgebied kan dan betekenen dat in natuurgebieden verdroging optreedt en dat de kwaliteit van het drinkwater bedreigt wordt door het gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen in de landbouw. Dit lijkt strijdig met de gepresenteerde visie.
2. De verwachtingen over de benutting van het gebiedseigen water zijn hoog gespannen. De toepassing van grondwateronttrekking in gebieden die gevoed worden door zeer dunne watervoerende pakketten lijken dit niet te rechtvaardigen.

3.2.2. SWNBL-studie Baakse Beek

Het SWNBL plan hanteert het zogenaamde raamwerk-concept. Dit behelst een combinatie van een compartimenterings- en ordeningsprincipe.

Compartimenteringsprincipe: Evenals in het casco-concept wordt een ruimtelijke scheiding van groepen gebruiksfuncties voorgestaan. De keuze in hoeverre gebruiksfuncties in één compartiment verweven kunnen worden dan wel in meerdere compartimenten gescheiden dienen te worden, hangt echter niet af van het feit of de functies stabiliteit vereisen, maar van de mate waarin de eisen die de verschillende gebruiksfuncties stellen aan waterkwaliteit en -kwantiteit stellen, verenigbaar zijn. Een belangrijk verschil met het casco-concept is de minder strikte scheiding van verantwoordelijkheden van overheid en particulieren voor de functie natuur. Aangepaste landbouw speelt een belangrijke rol. Het SWNBL plan onderscheidt twee compartimenten, namelijk een met als hoofdfunctie landbouw en een met bosbouw, natuur, aangepaste landbouw, waterconservering en "zo mogelijk drinkwaterwinning". Dit laatste geeft aan dat ook in dit plan sprake is van een vrij beperkte ideevorming met betrekking tot de mogelijkheden van verweving van drinkwaterwinning met natuur.

Orderingsprincipe: Het SWNBL plan ordent de compartimenten aan de hand van het deelstroomgebied-principe. De toekenning van bestemmingen vindt steeds plaats per deelstroomgebied. Men wil op deze manier zowel infiltratie- als kwelgebieden en de daartussen liggende gradiënten vrij waren van beïnvloeding door grond- en oppervlaktewater van buiten het deelstroomgebied. De toedeling van een bestemming aan een deelstroomgebied stelt men onder meer afhankelijk van de volgende kenmerken: een bovenstroomse ligging

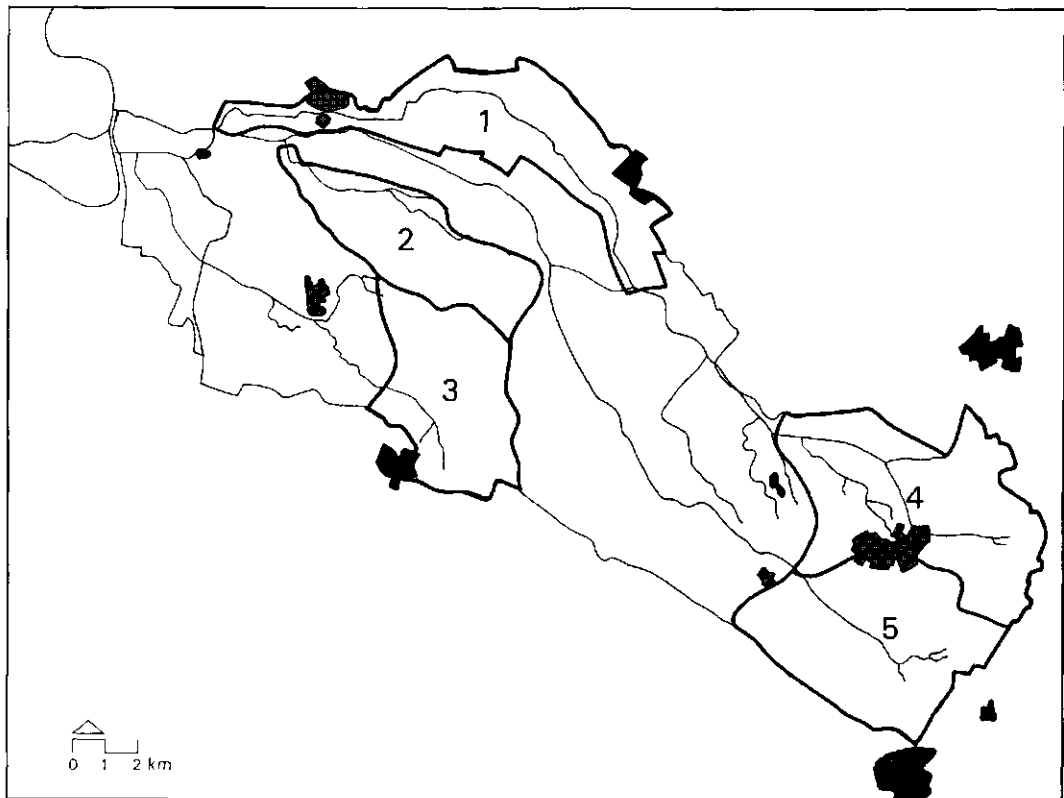
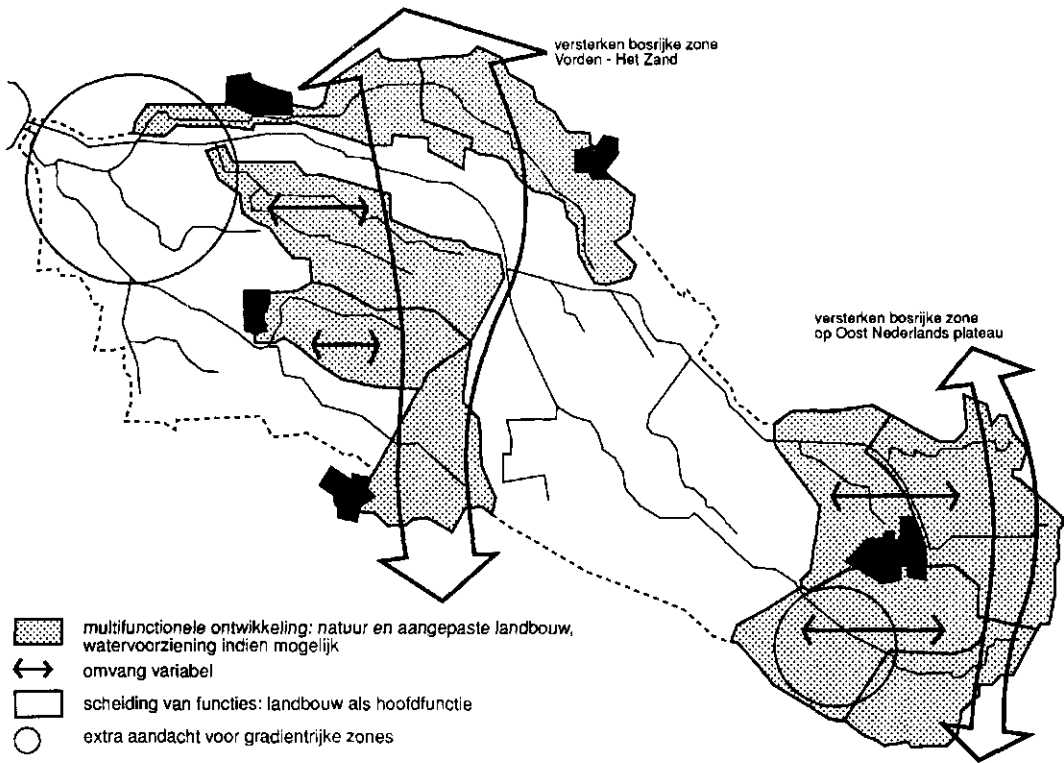


Fig. 5 De deelstroomgebieden met de bestemming multi-functioneel grondgebruik in het SWNBL plan (de Poel et.al; 1990)

van het deelstroomgebied ten opzichte van andere deelstroomgebieden binnen het oppervlaktewaterstelsel, een goede waterkwaliteit, het voorkomen van beken met een vrij natuurlijk karakter, het voorkomen van veel gradiëntrijke zones en een duidelijke samenhang tussen inzig- en kwelgebieden. Andere overwegingen hebben ook een rol gespeeld, zoals het voorkomen van grote aardwetenschappelijke en/of cultuurhistorische waarden en een belangrijk oppervlakteaandeel met de aanduiding natuur in nationale en provinciale plannen.

Ruimtelijke uitwerking: Figuur 5 toont de bestemmingenkaart van het SWNBL plan. Hierin zijn vijf deelstroomgebieden met de aanduiding multifunctioneel gebruik aan gegeven. De overwegingen verschillen per deelstroomgebied:

- In deelstroomgebied 1 (benedenloop Baakse Beek) acht men het feit dat het deelstroomgebied uitsluitend qua oppervlaktewater te isoleren is van andere deelstroomgebieden, een voldoende garantie voor het voorgestelde multifunctionele gebruik. Aangezien in het deelstroomgebied relatief weinig infiltratiegebieden en vrij veel, in ecohydrologisch opzicht kansrijke, kwelgebieden voorkomen kan men zich afvragen of deze overweging voldoende is onderbouwd. Ook het feit dat de waterlopen in dit deelstroomgebied relatief weinig vergraven zijn heeft bij de keuze een rol gespeeld. Waarschijnlijk hebben andere, niet-waterhuishoudkundige overwegingen, zoals de bestaande natuur- en cultuurhistorische waarden en het reeds aanwezige multifunctionele gebruik, veel meer de keuze bepaald dan eerder genoemde overwegingen.
- In deelstroomgebied 2 (bovenloop van Lindesche Laak) is de constatering dat het deelstroomgebied niet door oppervlakte- en grondwaterstroming van of naar andere deelstroomgebieden beïnvloed wordt, belangrijk geweest. Deze constatering lijkt aannemelijk gezien de bovenstroomse ligging ten opzichte van het waterlopenstelsel en het relatief grote aandeel infiltratiegebied in het deelstroomgebied. Een niet-waterhuishoudkundige overweging voor de bestemming is het huidige gebruik.
- In deelstroomgebied 3 (bovenloop van Oosterwijkse Laak) lijken min of meer dezelfde overwegingen als in deelstroomgebied 2 te hebben gegolden. Het deelstroomgebied heeft een nog sterker bovenstrooms karakter. Het huidige gebruik is minder multifunctioneel dan in deelstroomgebied 2.
- In deelstroomgebieden 4 (bovenloop Baakse Beek/Nieuwe Beek/Vragender Beek/Lievelder Beek) en 5 (bovenloop Veengoot/Zilverbeek) lijken alle in de visie verwoorde waterhuishoudkundige overwegingen om tot bestemming van multifunctioneel gebruik over te gaan het meest optimaal voldaan. Beide deelstroomgebieden liggen absoluut bovenstrooms in het waterlopenstelsel, grondwaterstroming van buiten de deelstroomgebieden is niet aannemelijk, er komen zowel kwel- en inziggebieden en daartussen liggende gradiënten voor en de beken die in het Oost-Nederlands Plateau zijn ingesneden, hebben een nog vrij

Tabel 2 Bedrijfsmodellen voor aangepaste landbouw en bemestingsniveau's in de SWNBL-studie (De Poel et al., 1990)

Bemestingsniveau,s:	Oppervlakte aandeel van de verschillende bemestingsniveau's per bedrijfsmodel:	
	Model IIa	Model IV
400 kg N/jaar (300 kg kunstmest, 100 kg dierlijke mest, 20 % beweiding)	60%	45%
200 kg N/jaar (100 kg kunstmest, 100 kg dierlijke mest, 15% beweiding)	35%	15%
100 kg N/jaar (geen kunstmest, 100 kg dierlijke mest, 15% beweiding)	0%	35%
0 kg N/jaar (geen bemesting en beweiding)	5%	5%

natuurlijk karakter.

De gebruiksfunctie watervoorziening is aangegeven in alle deelstroomgebieden met multifunctioneel gebruik. Het gaat daarbij om zowel watervoorziening ten behoeve van aangepaste landbouw als om drinkwatervoorziening. Voor drinkwaterwinning maakt men een voorbehoud. Onttrekking mag niet strijdig zijn met de gebruiksfunctie natuur. De wijze waarop men het water denkt te winnen is echter niet aangegeven.

Het **richtbeeld voor waterbeheer** van de verschillende bestemmingen is duidelijk aangegeven. In de multifunctionele deelstroomgebieden dienen alle grondwatertrappen met een stap verhoogd te worden om een goede uitgangssituatie voor de functie natuur te bewerkstelligen. In de deelstroomgebieden met hoofdfunctie landbouw acht men geen wijzigingen nodig. De beoogde waterkwaliteit definieert men indirect door landbouwbedrijven een mestbeperking op te leggen. Men onderscheidt bemestingsniveau's van 0, 100, 200 en 400 kg N/jaar. In deelstroomgebieden met hoofdfunctie landbouw geldt een beperking tot 400 kg N/jaar. In de multifunctionele deelstroomgebieden stelt men twee bedrijfsmodellen voor. De kenmerken van deze bedrijfsmodellen zijn samengevat in tabel 2.

Het **richtbeeld voor de benutting van gebiedseigen water** wordt in het plan verwoord door de doelstelling "zorgvuldiger omgaan met gebiedseigen water". De mogelijkheden om in het gehele stroomgebied de waterbehoefte van natuur, drinkwatervoorziening en landbouw te voldoen met gebiedseigen water men niet aanwezig. De benutting van gebiedseigen water is daarom gericht op de gebruiksfuncties in deelstroomgebieden met multifunctioneel gebruik. In deelstroomgebieden met de hoofdgebruiksfunctie landbouw dient daarom de aanvoer van gebiedsvreemd water mogelijk te zijn. De

conservering van gebiedseigen water wil men in multifunctionele deelstroomgebieden realiseren. Men denkt aan berging in waterlopen en in de ondergrond (stuwen) en de aanleg van moeraszones en spaarbekkens langs beken en in voormalige afvoerloze depressies. Spaarbekkens en stuwen moeten zorgen voor een verhoogde infiltratie naar het grondwater. Evenals voor de waterwinningstechnieken geldt dat de wijze van waterconservering nauwelijks is uitgewerkt.

Samenvattend kan men stellen dat ook het SWNBL plan duidelijke compartimenterings- en ordeningsprincipes toepast voor de gebruiksfuncties natuur en landbouw. De watervoorziening is veel globaler uitgewerkt dan in het B&L plan. De ruimtelijke uitwerking van gebruiksfuncties naar bestemmingen is helder uitgevoerd. De richtbeelden voor waterbeheer en benutting van het gebiedseigen water zijn summier aangegeven. Het plan roept de volgende onderzoeksvragen op:

1. Hoe kan men in de deelstroomgebieden met de bestemming multifunctioneel gebruik op een zodanige wijze drinkwater winnen dat geen verdroging van de vegetatie optreedt?
2. Bieden de hoeveelheden water die op deze wijze te winnen zijn voldoende bijdrage aan de drinkwatervoorziening?
3. Kunnen de voorgestelde waterconserveringstechnieken (stuwen, spaarbekkens) in de deelstroomgebieden met de bestemming multifunctioneel gebruik gebruikt worden om het gebiedseigen te benutten voor watervoorziening ten behoeve van aangepaste landbouw?
4. Op welke wijze kunnen de beoogde grondwaterpeilen worden ingesteld?
5. Zijn de voorgestelde beperkingen van de bemesting in deelstroomgebieden met aangepaste landbouw voldoende om een goede kwaliteit van het drinkwater te garanderen?

3.3. Keuze studiegebied

Deze studie is uitgevoerd in een studiegebied dat slechts een deel van het stroomgebied van de Baakse Beek omvat. Hiervoor zijn twee redenen. In de eerste plaats is het van belang om de achterliggende ideeën van beide plannen zo helder mogelijk in de inrichtingsvarianten mee te nemen. Hierdoor is het mogelijk om de eventuele invloed van de keuze voor de verschillende principes te onderzoeken. Op de tweede plaats is door inperking van de omvang van het studiegebied meer diepgang mogelijk.

Gekozen is voor een gebied van ongeveer 56 km² rond Lichtenvoorde (zie figuur 6). Het is het meest oostelijke, bovenstroomse gedeelte van het stroomgebied van de Baakse Beek. Het studiegebied valt samen met gebied 4 van het B&L plan en deelstroomgebieden 4 en 5 van het SWNBL plan. In het B&L plan wordt het meest oostelijke deelgebied 4 bestemd voor stabiliteit vereisende functies, terwijl het overige wordt aangewezen voor een zich vrij ontwikkelende landbouw. De deelstroomgebieden 4 en 5 van het SWNBL plan zijn in zijn geheel aangewezen voor multifunctioneel gebruik.

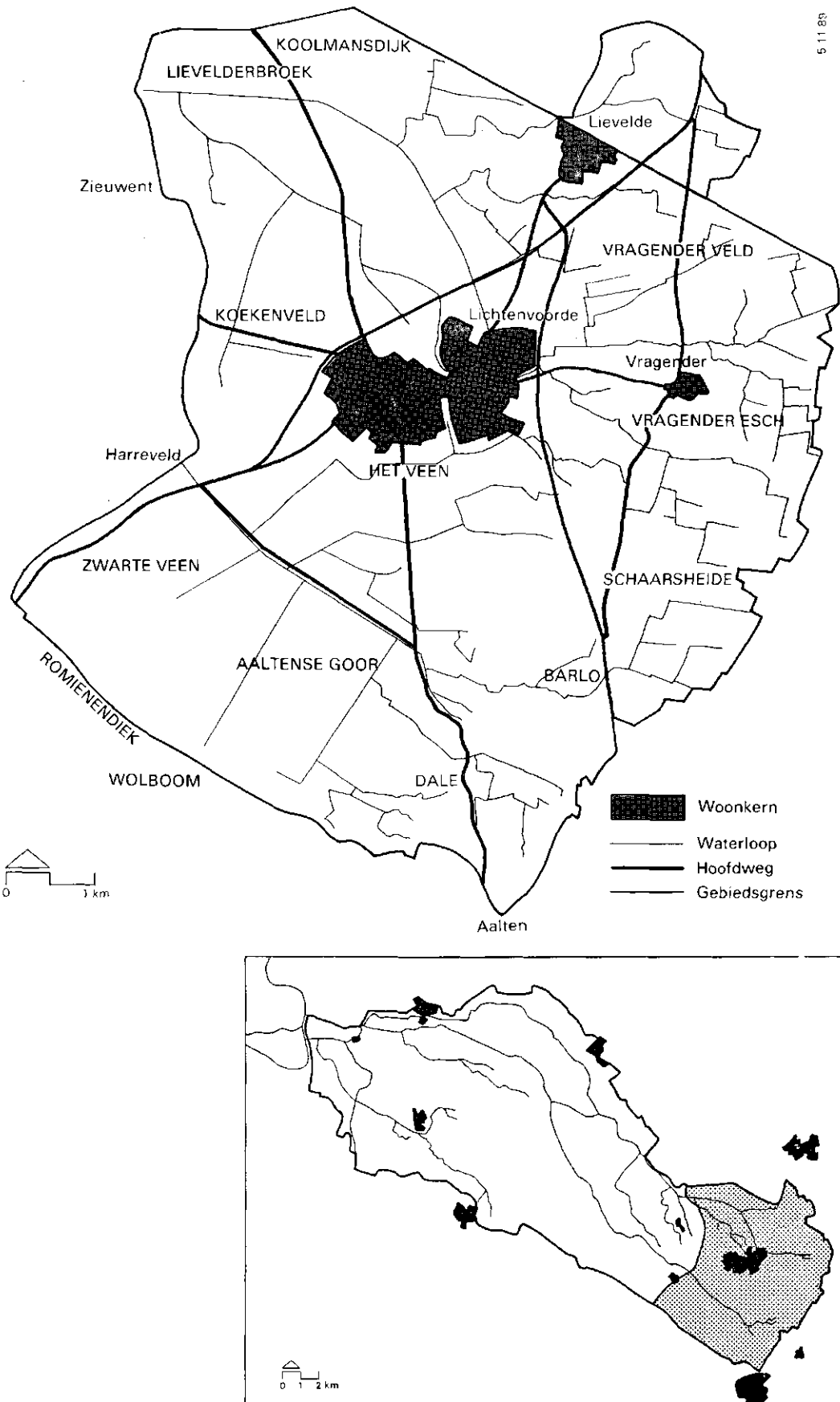


Fig. 6 Het studiegebied Lichtenvoorde

Argumenten voor de keuze van dit gebied zijn:

- In dit gebied hebben in zowel B&L- als SWNBL-plan de hydrologische ordeningsprincipes een belangrijke rol in de bestemmingstoekenning gespeeld.
- In dit gebied voorzien beide plannen de grootste veranderingen in bestemmingen.
- Alleen in dit gedeelte van het stroomgebied geeft het B&L plan drinkwaterwinning aan.

Het studiegebied omvat een deel van het relatief hooggelegen Oost-Nederlands plateau en het aangrenzende lager gelegen dekzandgebied. Lichtenvoorde, dat midden in het studiegebied ligt, is de grootste woonkern. Kleinere kernen zijn Lievalde en Vragender. De begrenzing valt samen met oppervlaktewaterscheidingen. Aan de noord-, oost- en zuidzijde komt deze min of meer overeen met die van het Waterschap IJsselland-Baakse Beek. De westelijke begrenzing is bepaald door het gebied dat afwatert via afvoermestpunten in de Baakse Beek en de Veengoot, die in het begin van de jaren zestig gebruikt zijn door het ICW (zie Bon, 1968).

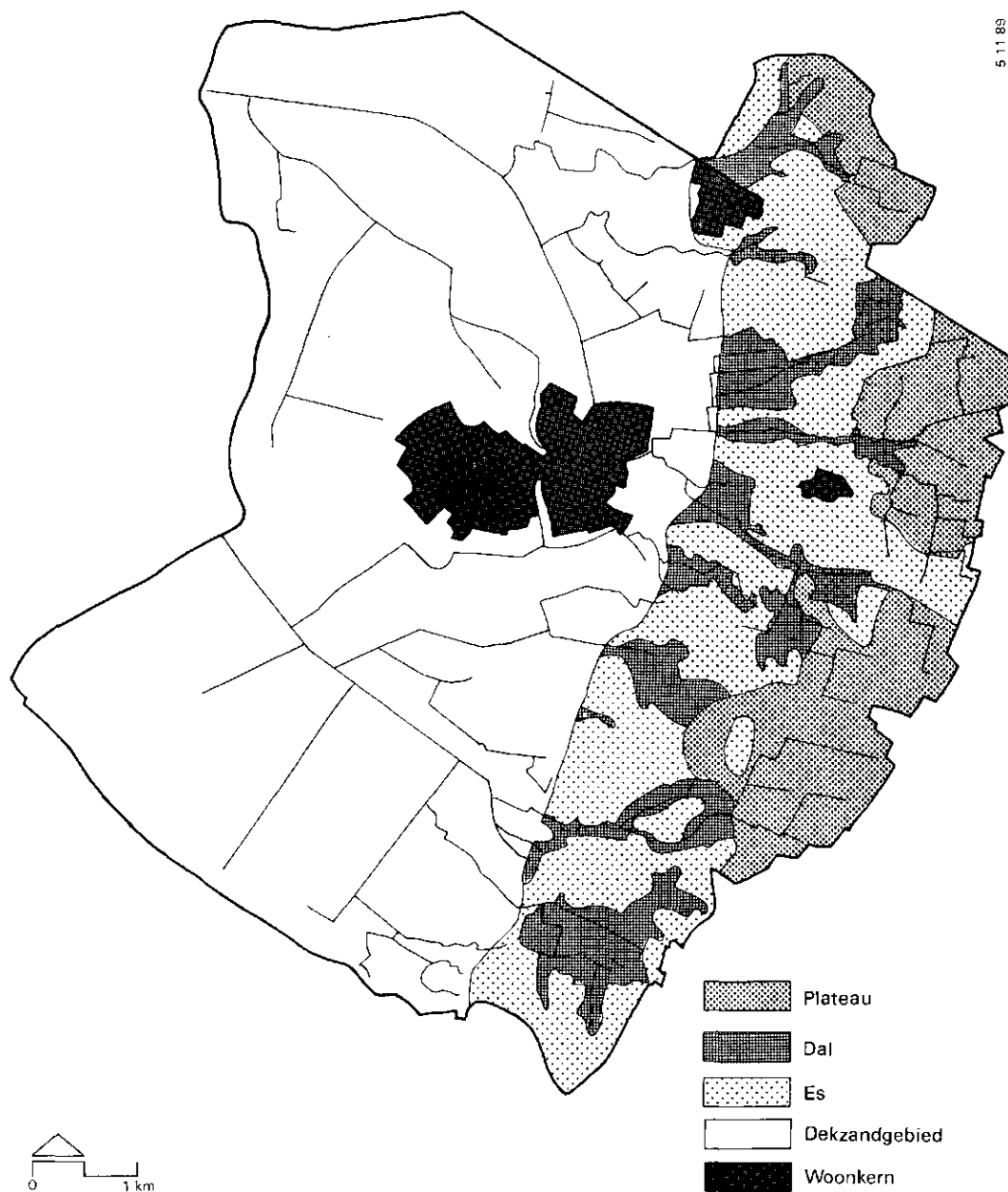


Fig. 7 Landschappen

4. **BESCHRIJVING STUDIEGEBIED**

4.1. **Landschappen**

De Poel et al. (1990) onderscheiden in dit deel van het stroomgebied van de Baakse Beek vier landschappen (figuur 7).

- het Oost-Nederlandse plateau in strikte zin; kortweg het plateau,
- de essen op het Oost-Nederlands plateau; kortweg de essen,
- de beekdalen in het Oost-Nederlands plateau; kortweg de dalen,
- het dekzandgebied.

Figuur 8 geeft schematische oost-west en noord-zuid doorsneden van het gebied.

Het **plateau** is het meest oostelijke deel van het studiegebied. Dit landschap wordt gekenmerkt door een rechthoekig, wijd slotenpatroon, een periodiek ondiep slootpeil en rechte waterlopen. Dit gebied was in het verleden grotendeels in gebruik als heide waar de schapen werden geweid en plaggen gestoken. Toponymen als "veld" en "heide" duiden daar op. De heidegronden zijn nu ontgonnen (Schaarsheide) of bebost. Bossen liggen vooral op voor de landbouw ongunstige keileembodems (Kerkstra en Vrijlandt, 1988). Landbouwkundig zijn de ontginningen vooral in gebruik als grasland ten behoeve van de melkveehouderij. Hier en daar is verspreide bebouwing aanwezig, maar in het algemeen is er weinig bebouwing op het plateau.

De **essen** liggen op de westelijke rand van het Oost-Nederlandse plateau. Het landschap wordt gekenmerkt door het ontbreken van waterlopen en sloten.

Het zijn gronden die vanouds als bouwland in gebruik zijn. Ook nu nog overweegt de akkerbouw. De essen zelf zijn open, maar de randen zijn vaak verdicht door de aanwezigheid van boerderijen en bosjes op de grens met de beekdalen. Bij enkele grotere escomplexen is sprake van een meer geconcentreerde nederzetting op of naast de es: Vragender en Lieveelde.

Tussen de essen in liggen de **beekdalen**. Het landschap wordt gekenmerkt door kleine perceelsbeken met een sterk verval, vaste stuwen, zandvangen, veel sloten in een onregelmatig blokvormig patroon en een permanent ondiep slootpeil.

De beekdalen zijn relatief smal en kleinschalig. Ze zijn in gebruik als grasland. Ze zijn dicht bebouwd met boerderijen, vooral op de overgang naar de essen. Er zijn kleine bosjes.

Het **dekzandgebied** is een vlak en lager gelegen gebied tussen hogere gronden in. Het landschap is complex. Op een lager schaalniveau kunnen landschappen van essen, oude kampongginningen, ontwaterde natte heideontginningen en broekontginningen onderscheiden worden (De Poel et al., 1990). Toponymen als "goor" en "veen" duiden op een natte omgeving met stagnerend water. Tot voor de ruilverkavelingen bestond het Aaltense Goor uit een complex van zeer kleine percelen, omgeven

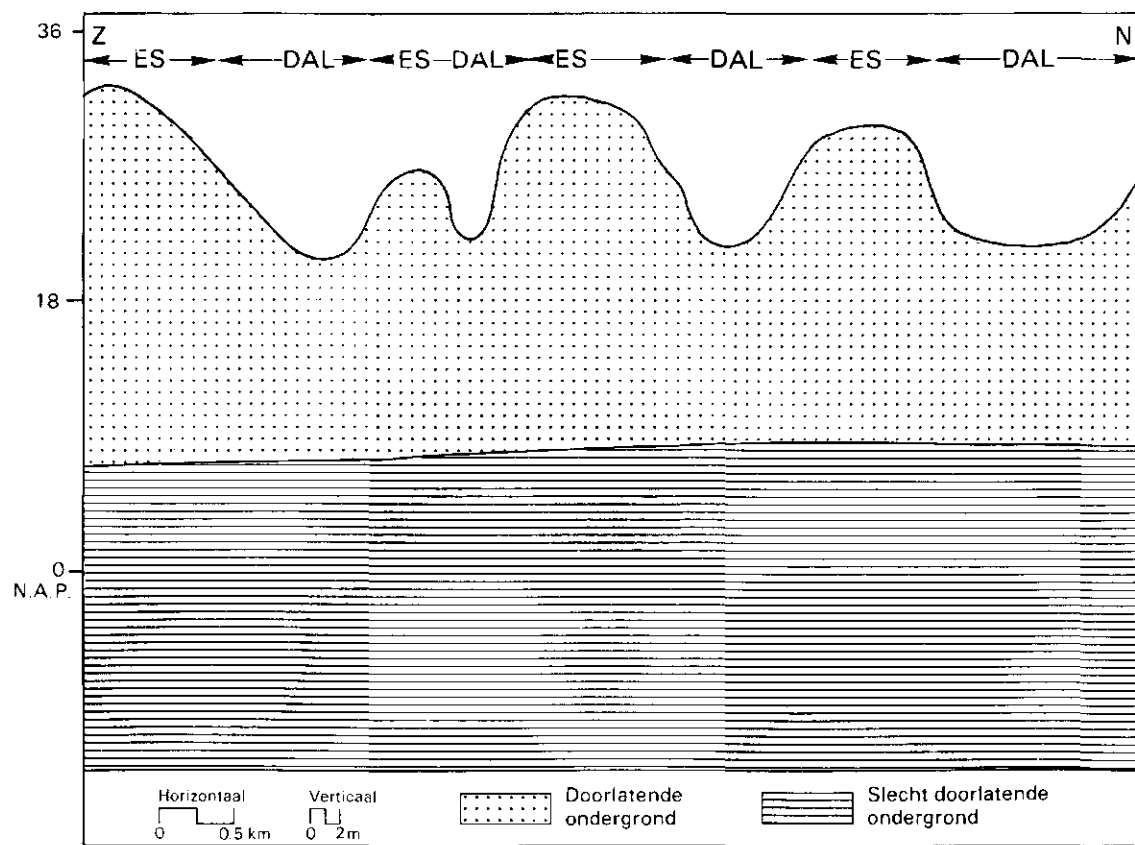
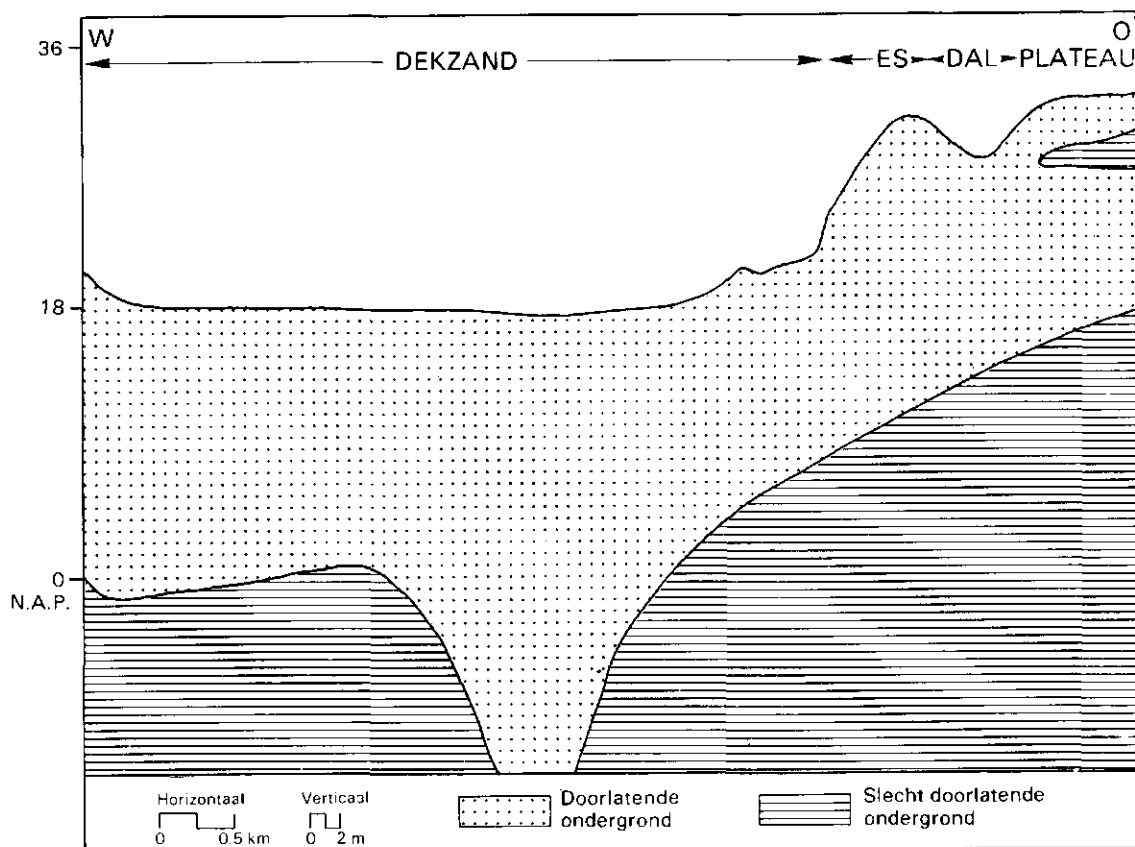


Fig. 8 Schematische oost-west en noord-zuid doorsneden van het studiegebied

door sloten met elzen op de slootranden. Een groot deel van dit historische landschap vormt nu het reservaat het Aaltense Goor. Daarbuiten is een modern landschap met verspreide bebouwing ontstaan.

4.2. Fysisch geografische gesteldheid

4.2.1. Klimaat

Het studiegebied behoort volgens Piket e.a. (1987) tot een klimaatgebied dat gekenmerkt wordt door gemiddeld 17 tot 22 zomerse dagen en door gemiddeld 11 ijsdagen. De gemiddelde neerslag voor regenstation Lichtenvoorde bedraagt 782 mm per jaar. De potentiële verdamping voor het weerstation Winterswijk bedraagt 651 mm. In figuur 9 zijn de gemiddelde verdelingen van neerslag, potentiële verdamping en de netto-neerslag over het jaar aangegeven.

4.2.2. Reliëf

Figuur 10 toont het reliëf van het studiegebied. Het gebied helt van west naar oost. Het laagste punt, aan de westgrens in het Lievevelderbroek, ligt op 17 meter 90 boven NAP. Het hoogste punt ligt aan de oostgrens (Schaarsheide) op 38 meter 80 boven NAP. De helling is echter niet constant: het bijna vlakke dekzandgebied (hoogte 17 m 90 tot 20 m 90) wordt door een relatief steile helling, de terrasrand, gescheiden van de vrij vlakke essen (hoogte 30 tot 35 meter), de dalen en het plateau (hoogte ongeveer 35 meter). De ingesneden beekdalen hellen van plateau naar dekzandvlakte. De dalwanden zijn steil. Vooral in het dekzandgebied komen iets hogere dekzandruggen voor. Deze zijn in het verleden veelal opgehoogd door potstalbemesting. De meest prominente dekzandruggen zijn de Romienendiek langs de zuidgrens en de rug Harreveld-Lichtenvoorde. Veel kleinere dekzandruggen liggen aan de voet van de terrasrand en tussen Lichtenvoorde en Zieuwent.

4.2.3. Geologie en hydrogeologie

In geologisch opzicht bestaat het studiegebied uit twee delen, het Oost-Nederlands plateau en het Kwartaire bekken. Deze liggen respectievelijk ten oosten en ten westen van een terrasrand, die in het Midden-Pleistoceen de oostelijke begrenzing van het Rijndal vormde. De terrasrand volgt de lijn Groenlo-Lichtenvoorde-Aalten. Het plateau en het bekken worden afzonderlijk beschreven. Deze beschrijving is gebaseerd op Van den Bosch (1981), Smoor (1972), Rees Vellinga & de Ridder (1973) en boorstaten van de Rijks Geologische Dienst te Lochem en het Geologisch Instituut van de Rijksuniversiteit van Leiden (M. van den Bosch).

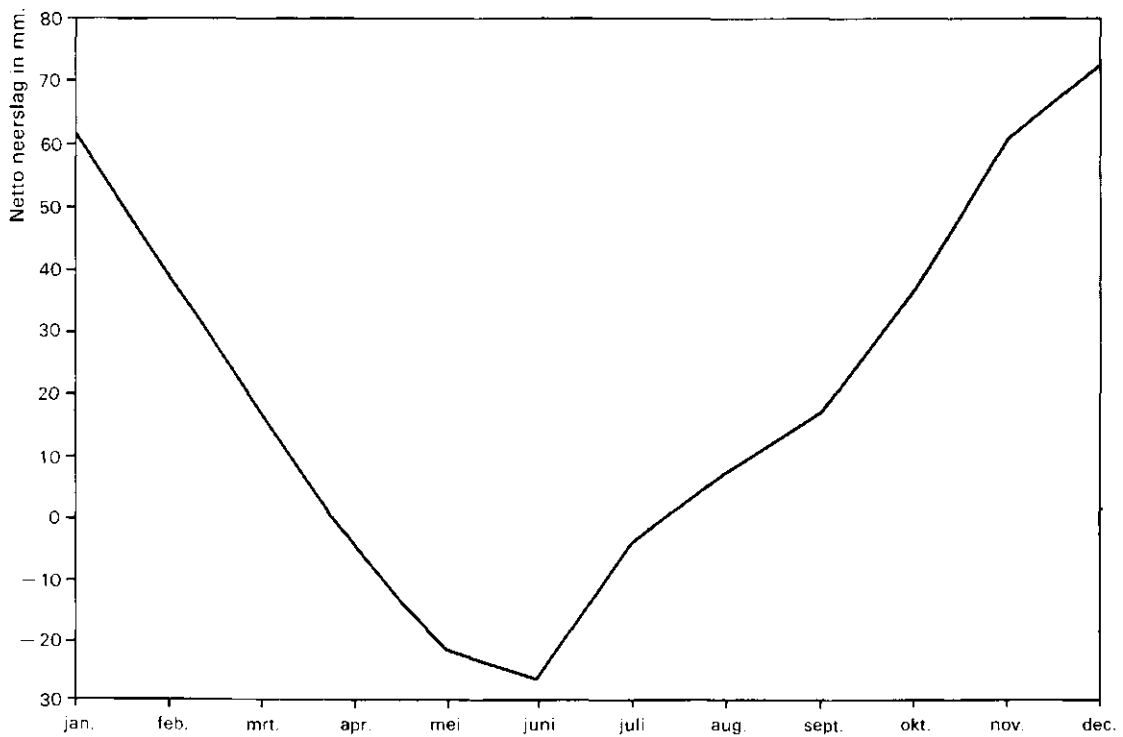
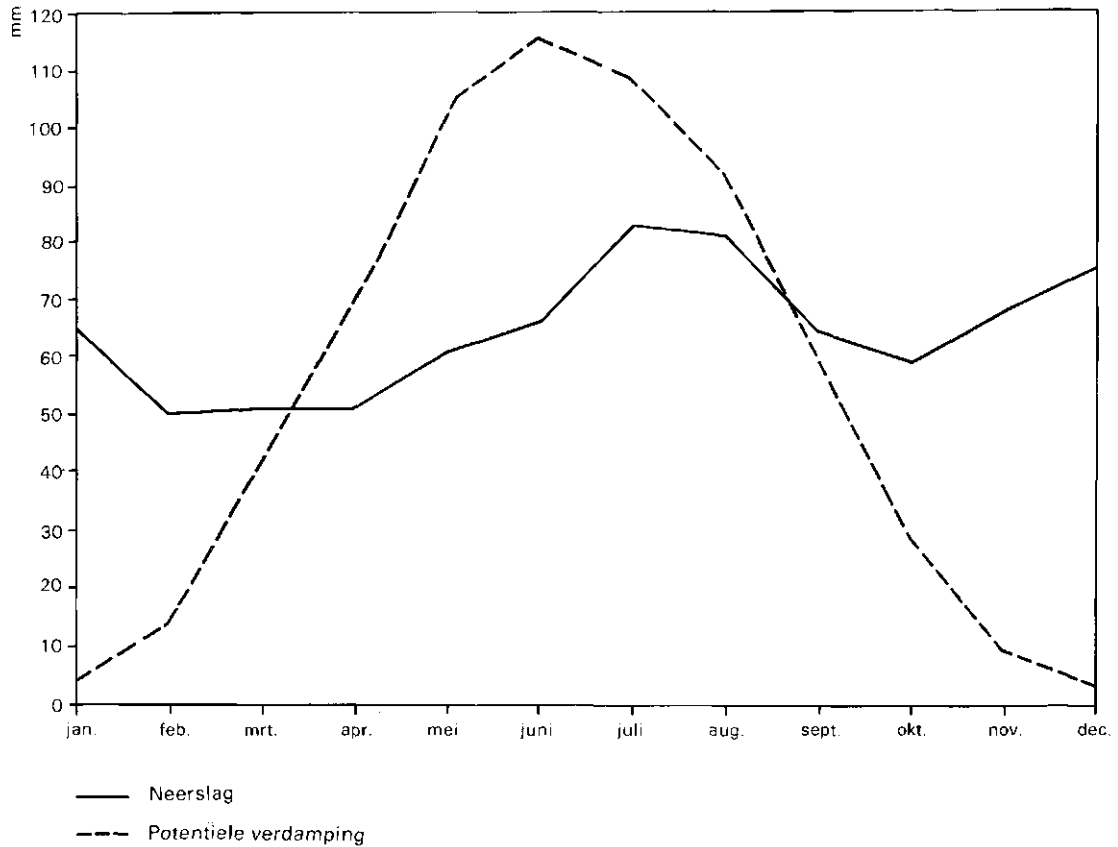


Fig. 9 De verdeling van de neerslag, potentiële verdamping en netto-neerslag over het jaar (KNMI)

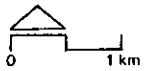
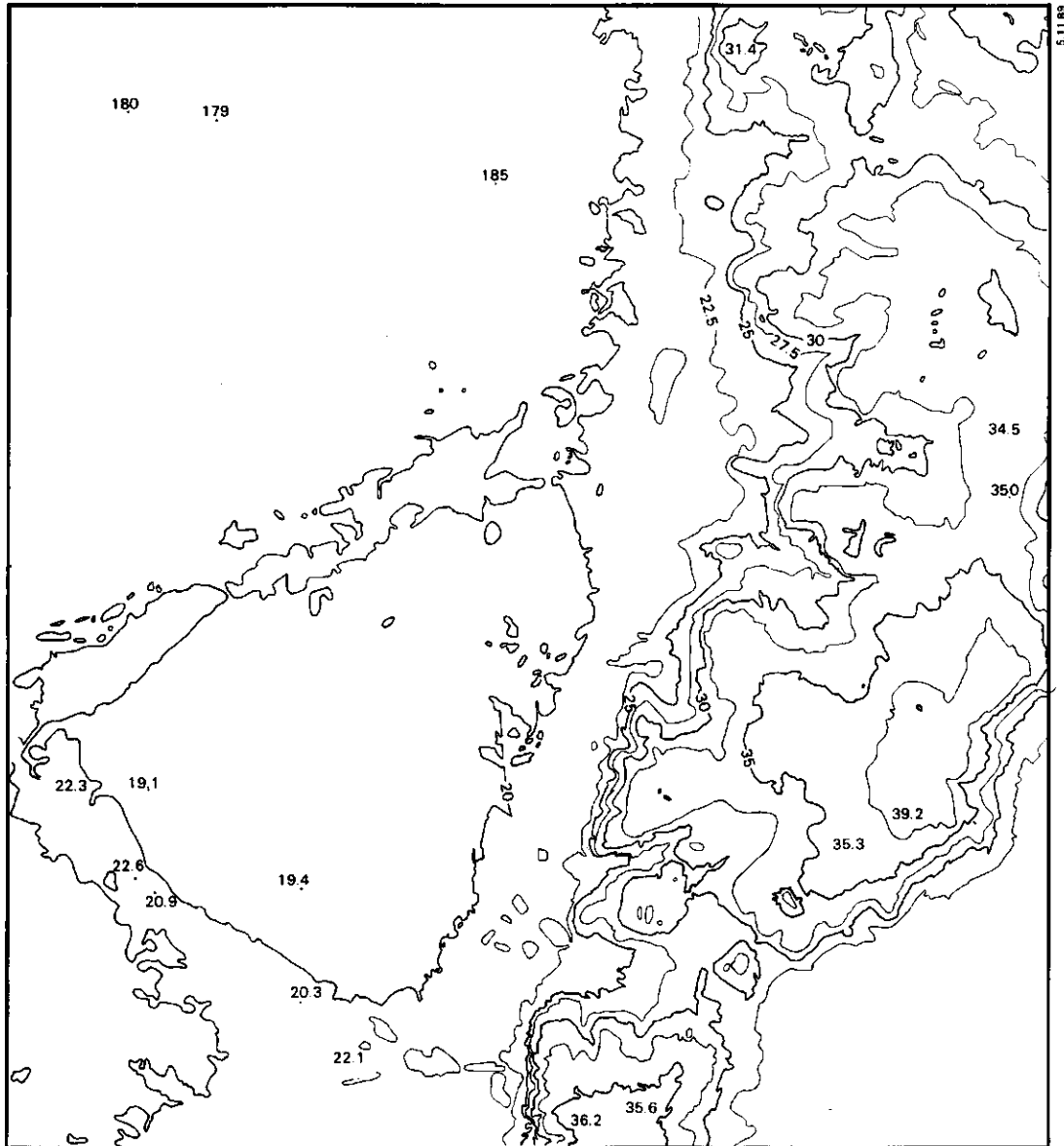


Fig. 10 Reliëf (equidistantie hoogtelijnen: 2 1/2 meter; bron: Topografische kaart 1:10.000)

Het **Oost-Nederlands plateau** (plateau, dalen en essen).

In dit gedeelte van het studiegebied liggen de Tertiaire formaties dicht onder het oppervlak. Ze bestaan uit fijnzandige en kleiige afzettingen, die behoren tot de Formaties van Eibergen, Delden en Lieveelde.

De kwartaire afzettingen variëren in dikte van 15 meter (essen) tot enkele meters (plateau en dalen). Oude erosiegeulen en de tektoniek hebben de dikte bepaald.

De Formatie van Lieveelde bestaat uit fijne kwartszanden met enkele dunne kleilaagjes en sporen fijn grind, die als watervoerend kunnen worden beschouwd. De Formatie van Delden wordt gekenmerkt door kleiige zanden met veel glauconiet of goethiet. Bovenaan kunnen kleilaagjes voorkomen, onderaan verkittingen. De formatie wordt als zwak watervoerend beschouwd. De Formatie van Eibergen wordt gevormd door (sterk) zandige klei. Deze formatie kan als slecht doorlatend worden beschouwd. De kwartaire deklaag bestaat uit grove en/of fijnzandige grondmorene (keileem, Formatie van Drenthe), grofzandige fluviatiele afzettingen uit de Formaties van Sterksel en Enschede en leemhoudend fijnzandig dekzand (Formatie van Twenthe).

Het **Kwartaire bekken** (dekzandgebied).

De Tertiaire formaties liggen in dit deel onder een 10 tot 30 m dikke laag kwartaire afzettingen. De belangrijkste kwartaire formaties zijn die van Twenthe, Kreftenheye en Drente. De Formatie van Twenthe bestaat uit een 2 tot 10 meter dik pakket fijnzandige, sterk tot zwak lemige dekzanden. De Formatie van Kreftenheye omvat een 10 tot 20 meter dik pakket grindhoudend, grofzandige fluviatiele afzettingen. De Formatie van Drenthe bestaat uit fijne en grove zanden, klei en plaatselijk veen. Het pakket kwartaire afzettingen is het meest dik in oude stroomgeulen van de Rijn. Deze lopen van zuid naar noord. Het meest prominent zijn de geul Aaltense Goor-Lieveelde en de geul waar het pompstation Koolmansdijk uit onttrekt.

Figuur 11 geeft de chronostratigrafie van de in het gebied voorkomende geologische formaties. De doorsneden in figuur 12 laten zien waar de formaties voorkomen.

De **tektoniek** van is vrij complex. De Tertiaire afzettingen zijn opgebroken in een aantal kleine en grote schollen, die veelal een westelijke helling vertonen. Het breukenpatroon en de ligging van de schollen hebben aanleiding gegeven tot de huidige vorm van het plateau. De dalen zijn soms gerelateerd aan de breuken.

In **hydrogeologisch** opzicht kunnen de afzettingen van Eibergen beschouwd worden als de basis van het hydrologisch systeem. De Tertiaire Formaties van Delden en Lieveelde zijn zwak waterdoorlatend en zijn daarom bij het watervoerend pakket gerekend. De Kwartaire formaties zijn goed doorlatend. Er is sprake van één aaneensluitend freatisch pakket. Slechts zeer plaatselijk komt een slecht doorlatende kleilaag voor.

Figuur 13 geeft de doorlatendheid van het totale watervoerende pakket.

Chronostratigrafie			Afzettingen in verband met landijs	Afzettingen van lokale herkomst	Afzettingen van grote rivieren	Afzettingen in zee en bij de kust
KWARTAIR	HOLOCEEN			F. v. Kootwijk		
	Boven	Weichselien		F. v. Twente		
		Eemien	F. v. Drente		F. v. Krefterheye	
	Midden	Saalien				
		Holsteinien				
		Elsterien				
		Cromerien complex				
	Onder	Menapien				F. v. Sterksel
		Waalien				
		Eburonien				
		Tiglien				
		Praetiglien				
	TERTIAIR	PLIOCEEN	Boven (Reuverien)			
Onder (Brunssumien)						F. v. Lievelde
MIOCEEN		Boven				F. v. Delden
		Midden				F. v. Eibergen
		Onder				

106A

Fig. 11 Chronostratigrafie

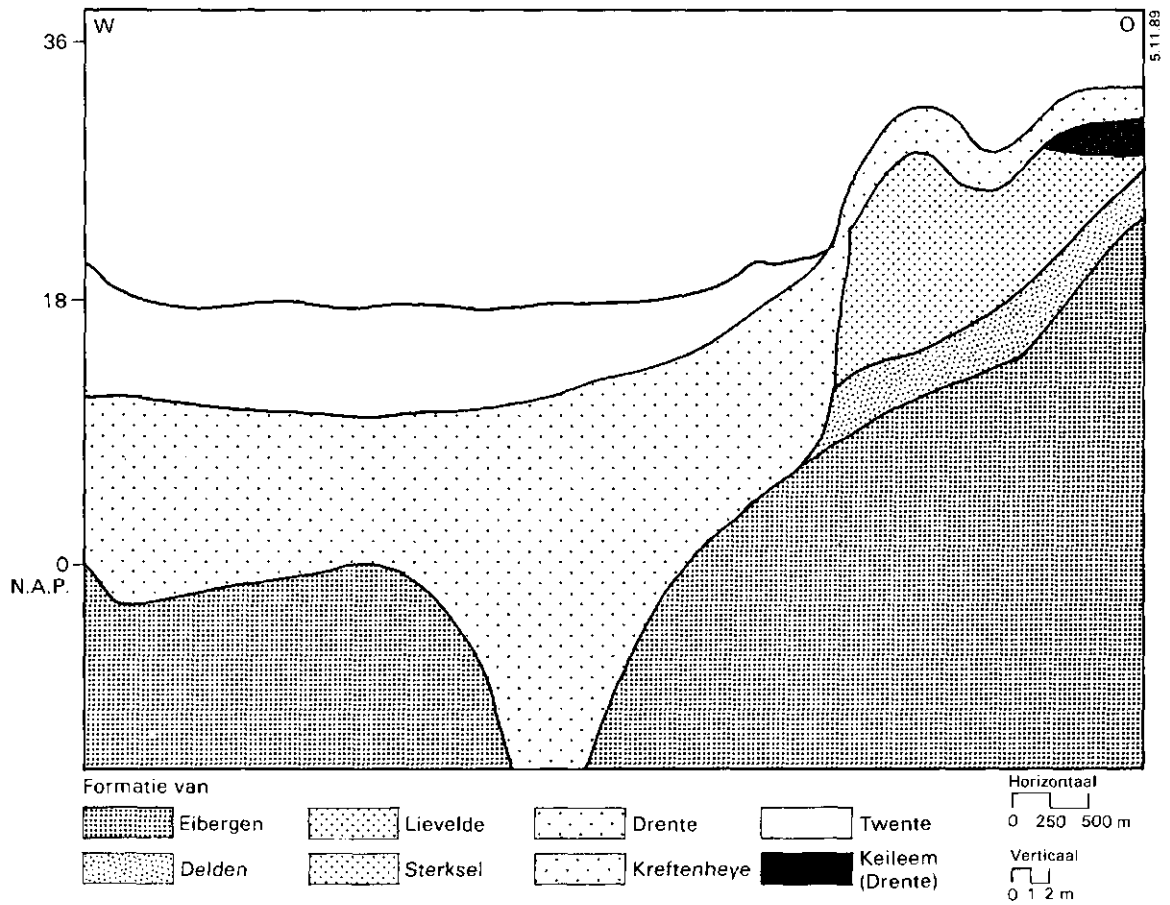


Fig. 12 Geologische doorsneden door het studiegebied (naar Van den Bosch, 1981 en Rees Vellinga & De Ridder, 1973)

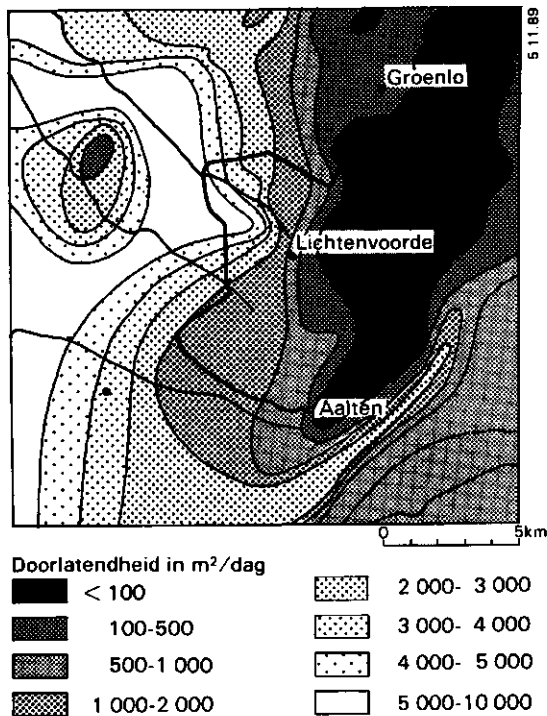


Fig. 13 Doorlatendheid van het watervoerend pakket in het studiegebied (Smoor, 1972)

4.2.4. Bodemgesteldheid en grondwatertrappen

Bodemgesteldheid en grondwatertrappen zijn op schaal 1:50.000 gekarteerd door Harbers, Rosing & Heijink (1983). Hieruit is het volgende patroon af te leiden:

- Op de hogere delen met een doorlatende ondergrond, zoals op de essen en dekzandruggen, komen enkele-, veldpodzol- en holtpodzolgronden met grondwatertrappen V, VI en VII voor. De holtpodzolen vindt men uitsluitend op het plateau. De essen bestaan geheel uit enkelegronden. Soms komen moerige podzolgronden voor. Het zijn waarschijnlijk restanten van veengronden, die ontgonnen zijn.
- Lager, in de dalen en tussen de dekzandruggen treffen we voornamelijk beekerdgronden en soms gooreerdgronden aan met grondwatertrap III. Sommige plekken zijn nog natter (grondwatertrap II). Hier kunnen broekerdgronden voorkomen.
- Op het plateau komt op veel plaatsen keileem en Tertiaire klei dicht aan de oppervlakte. Hier kunnen vooral veldpodzolgronden aangetroffen worden. Grondwatertrap V duidt er op dat er sprake is van een schijngrondwaterspiegel.

Door recente menselijke ingrepen treden er verschillen op binnen dit patroon. Door ruilverkaveling en grondwateronttrekking is vrijwel overal een drogere situatie ontstaan (Farjon, Harms & Loopstra, 1983). Door diepploegen zijn beekerdgronden veranderd in vlakvaaggronden.

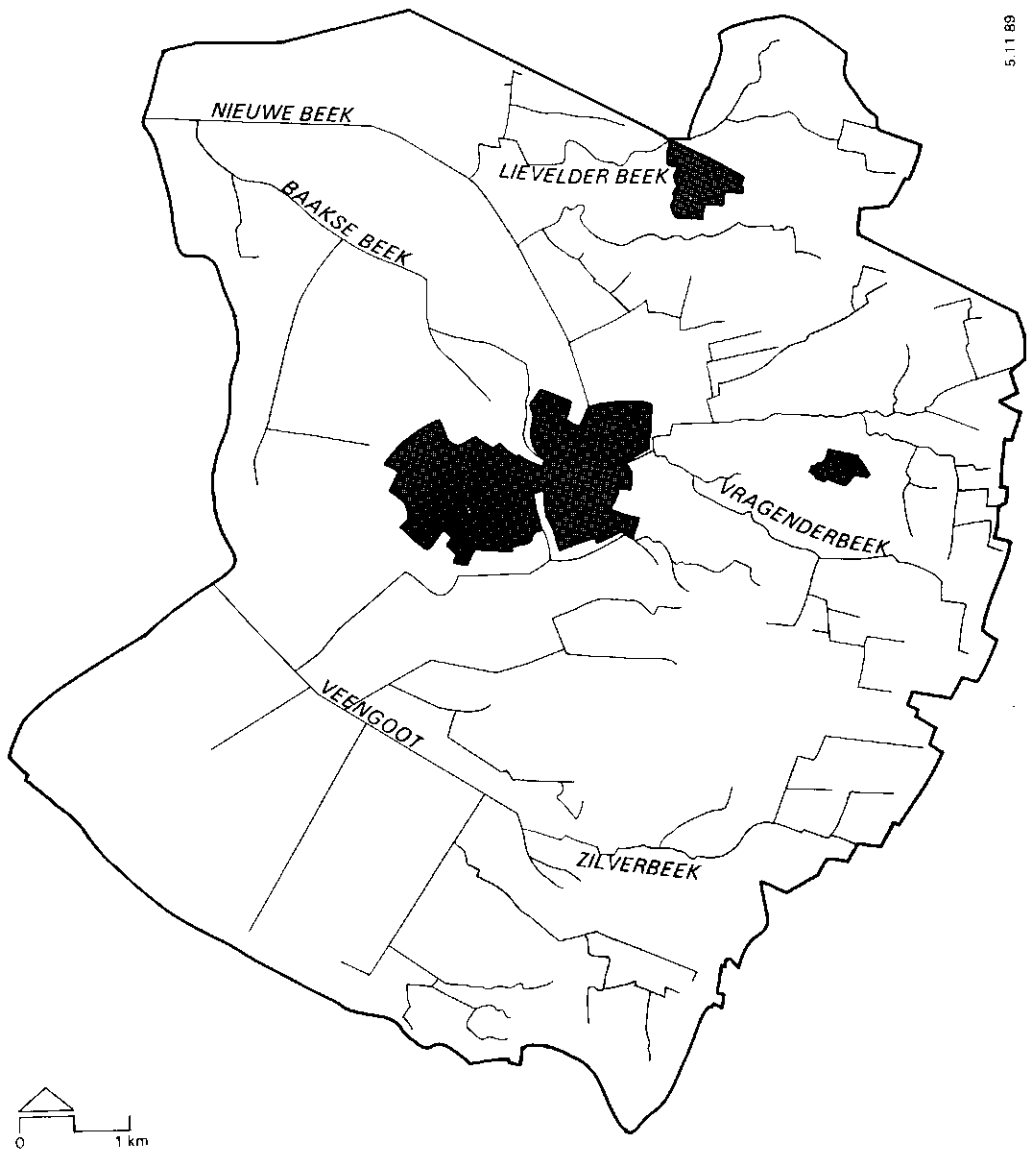


Fig. 14 Waterlopenstelsel (bron: Waterschap IJsselland-Baakse Beek)

4.2.5. Oppervlaktewaterhuishouding

In figuur 14 is het waterlopenstelsel aangegeven. Op het **plateau** bestaat een vrij dicht gegraven afwateringsstelsel. Als gevolg van het dunne watervoerend pakket zal een groot deel van de neerslag in korte tijd naar de sloten afgevoerd worden. In de zomer vallen de meeste waterlopen droog. Met stuwen tracht men dit zoveel mogelijk te voorkomen.

De beken in de **dalen** kennen een groot verhang en dus hoge stroomsnelheden. Met veel vaste stuwen, soms gecombineerd met een zandvang, wordt de stroomsnelheid beperkt om ongewenste erosie en sedimentatie tegen te gaan. Door het vrijwel ontbreken van een watervoerende pakket op het plateau en in de dalen en door het grote verhang wordt de afvoer van deze beken gekenmerkt door een snelle reactie op regen in de vorm van grote piekafvoeren (Fonck, 1968: 2000-3000 l/s). Bewoners vertellen dat de beken hier zelfs in de meest droge jaren niet droog vallen. Dit is het gevolg van sterke kwel uit de essen.

Op de **essen** wordt nauwelijks oppervlaktewater aangetroffen. Hier vindt vrijwel uitsluitend ondergrondse afvoer van water plaats in de richting van de dalen en het dekzandgebied.

Het afwateringsstelsel in het **dekzandgebied** heeft een kleiner verhang dan in de dalen. Het bestaat uit gegraven sloten en vergraven beken. Op kaarten uit de vorige eeuw is te zien dat slechts de Baakse Beek als duidelijk doorlopende waterloop bestond (zie ook figuur 18). Dekzandruggen belemmerden de afvoer van water zodanig dat afvoerloze laagten voorkwamen (bijvoorbeeld Het Aaltense Goor). Tijdens de ontginning zijn veel nieuwe waterlopen gegraven. De belangrijkste zijn de Veengoot en de bovenloop van de Baakse Beek; de Nieuwe Beek. In de voormalige afvoerloze laagten is het ontwateringsstelsel het dichtst. Enkele regelbare stuwen in de Baakse Beek en de Veengoot worden gebruikt om het water in de winter snel af te voeren en in de zomer vast te houden. Het bijstellen van de stuwen wordt enkele malen tot soms wel een tiental malen per jaar uitgevoerd, waarbij de ervaring van de waterbeheerder bepalend is. In de zomer vallen veel waterlopen in dit gebied droog.

4.2.6. Grondwaterhuishouding

Het grondwater in het studiegebied kan als freatisch worden beschouwd. De isohypsen van het freatische grondwater zijn weergegeven in figuur 15. De zuid- en noordgrens van het gebied liggen ongeveer loodrecht op de isohypsen, waardoor geen grondwaterstroming over deze grens plaatsvindt. De oostgrens, die de oppervlaktewaterscheiding volgt, valt min of meer samen met de grondwaterscheiding. Uit de gradiënt van de grondwaterpotentiaal en de kD waarde van het watervoerend pakket is af te leiden dat 28 mm/dag oftewel ongeveer 10 % van de netto neerslag als grondwater het gebied uit stroomt in de richting van de IJssel. Het overgrote deel van de infiltrerende neerslag komt dus binnen het gebied in het waterlopenstelsel terecht.

Figuur 16 geeft een reconstructie van de grondwaterstroming

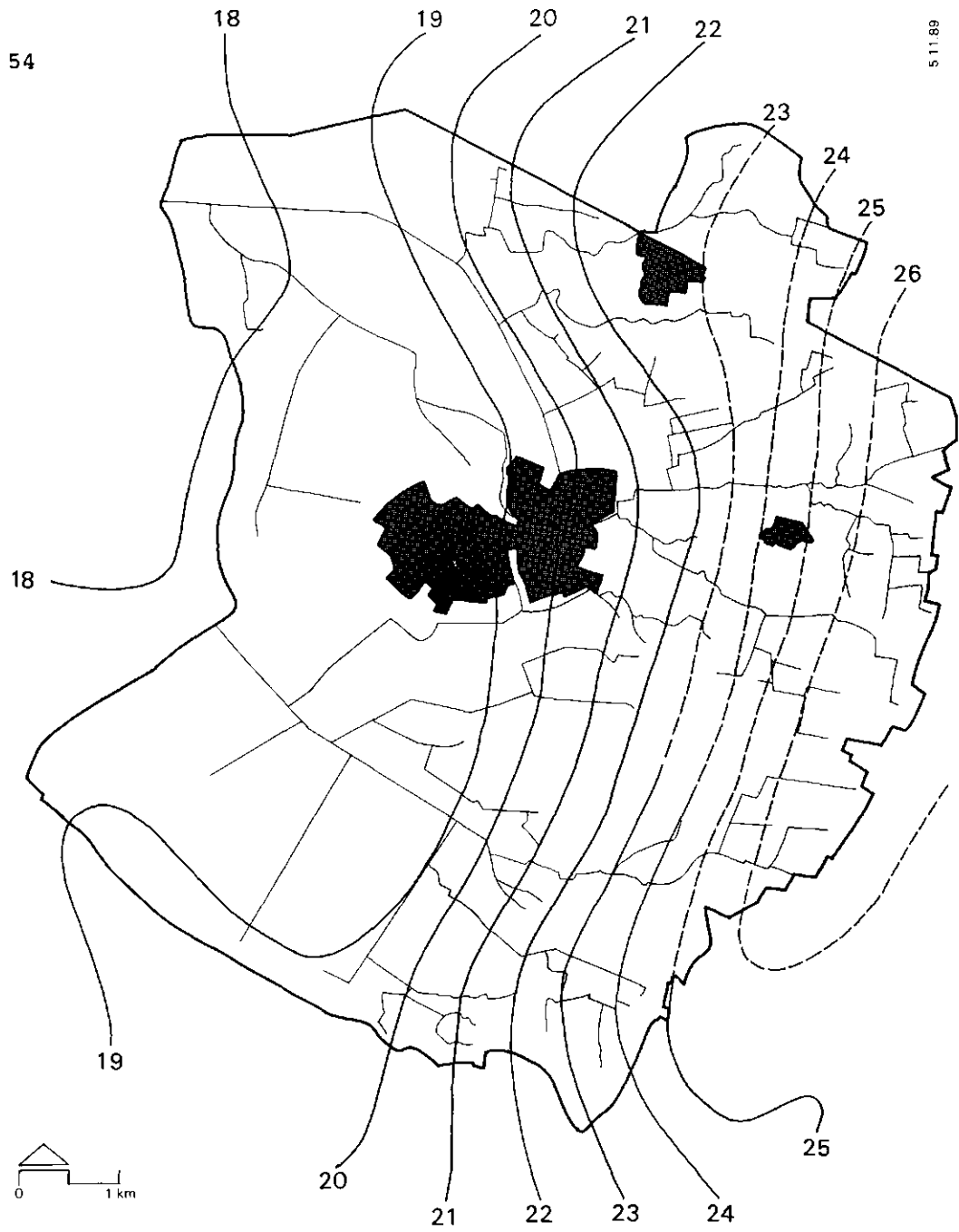


Fig. 15 Isohypsen van het freatische grondwater (Smoor, 1972)

binnen het studiegebied gedurende natte perioden in 1850. In die tijd was het waterlopenstelsel veel minder dicht dan nu. In bijlage 1 is aangegeven hoe deze toestand is gereconstrueerd. Hieruit komt het volgende beeld naar voren:

- Het plateau, waar binnen enkele meters keileem of slecht doorlatend Tertiaire klei (Formatie van Eibergen) voorkomt, draagt niet bij aan de regionale grondwaterstroming. De gehele netto-neerslag komt snel in het oppervlaktewater terecht.
- De belangrijkste infiltratiegebieden zijn:
 - * de essen op het plateau, waaronder een 15 meter dik, matig doorlatend watervoerend pakket voorkomt;
 - * de hogere gronden langs de terrasrand;
 - * de grotere aaneengesloten dekzandruggen, zoals die van de Romienendiek en de rug Harreveld- Lichtenvoorde.
- De kwelgebieden die door deze infiltratiegebieden gevoed worden, liggen op vrij korte afstand omdat er sprake is van geringe hoogteverschillen en/of lage KD waarden van het watervoerend pakket. Het gaat om:
 - * de in het plateau ingesneden dalen;
 - * de zone direkt grenzend aan de terrasrand;
 - * gebieden direkt grenzend aan grotere aaneengesloten dekzandruggen.

De ouderdom van het kwelwater zal relatief groot zijn op plaatsen waar het watervoerend pakket dikker of slechter doorlatend is. Metingen in het Aaltense Goor (Folkertsma & Wubs, 1986) en het reservaat Koolmansdijk (Both & van Wirdum, 1981) én het voorkomen van moeraskalk ten zuidwesten van Livelde (Scholten & Beekman, 1983) zijn aanwijzingen dat plaatselijk carbonaatrijk lithoclien water opkwelt.

- In het overige gedeelte van het dekzandgebied is over het algemeen sprake van geringe diepe grondwaterbeweging. Dit komt mede door het geringe verhang. De verblijftijden van het water kunnen groot zijn. Vooral als het watervoerend pakket dikker is, zoals in de twee oude Rijngeulen, is dit het geval. Op plekken waar relatief hooggelegen kampen op dekzandruggen liggen en sprake is van een hoogteverschil van meer dan een halve meter, kan sprake zijn van een kwelgebied. Als deze kampjes op plaatsen met een dik watervoerend pakket liggen, dan kan wellicht sprake zijn van water van grotere ouderdom met een min of meer lithoclien karakter. Waarschijnlijk is Koolmansdijk een voorbeeld van deze situatie.

In figuur 17 is aangegeven waar aanwijzingen bestaan voor kwel. In veel gevallen is waarschijnlijk sprake van een historische situatie.

Gedurende droge perioden is er nauwelijks meer sprake van grondwaterstroming naar kwelgebieden en waterlopen binnen het studiegebied. Veel beken en sloten vallen zomers droog. Wel is er nog sprake van grondwaterstroming het studiegebied uit (Ernst, de Ridder & de Vries, 1970; zie ook figuur 18).

In hoeverre de kwelgebieden en de gereconstrueerde grondwaterstroming binnen het gebied op het ogenblik nog bestaan is niet goed aan te geven. Door de verdichting, verbreding en verdieping van het waterlopenstelsel in de Achterhoek is de omvang van de kwelgebieden waarschijnlijk sterk afgenomen. Het meest grondwater

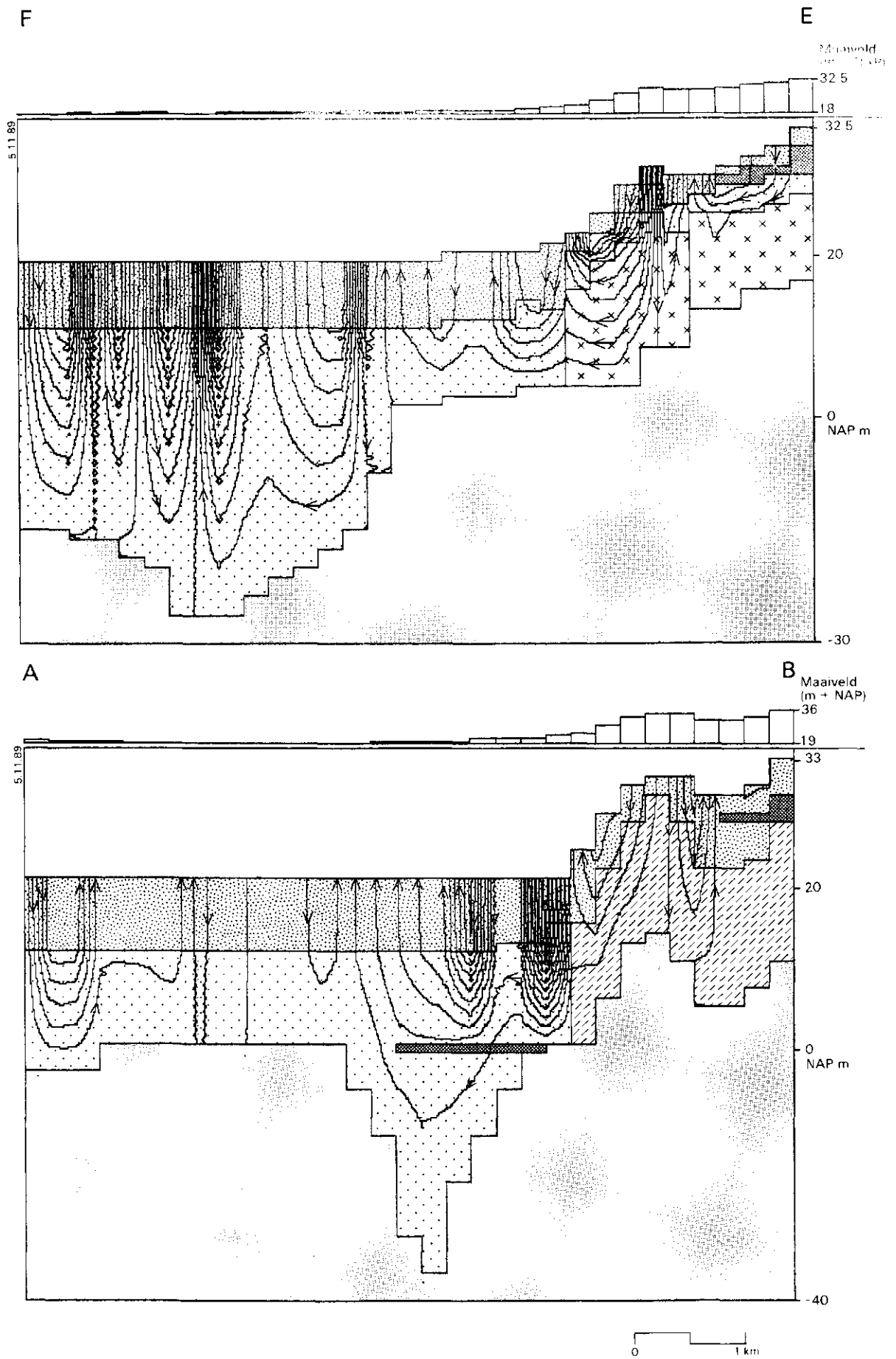


Fig. 16 Reconstructie van de grondwaterstroming in twee oost-west doorsneden in 1850 tijdens natte perioden. Voor de ligging van de doorsneden, zie fig. 17.

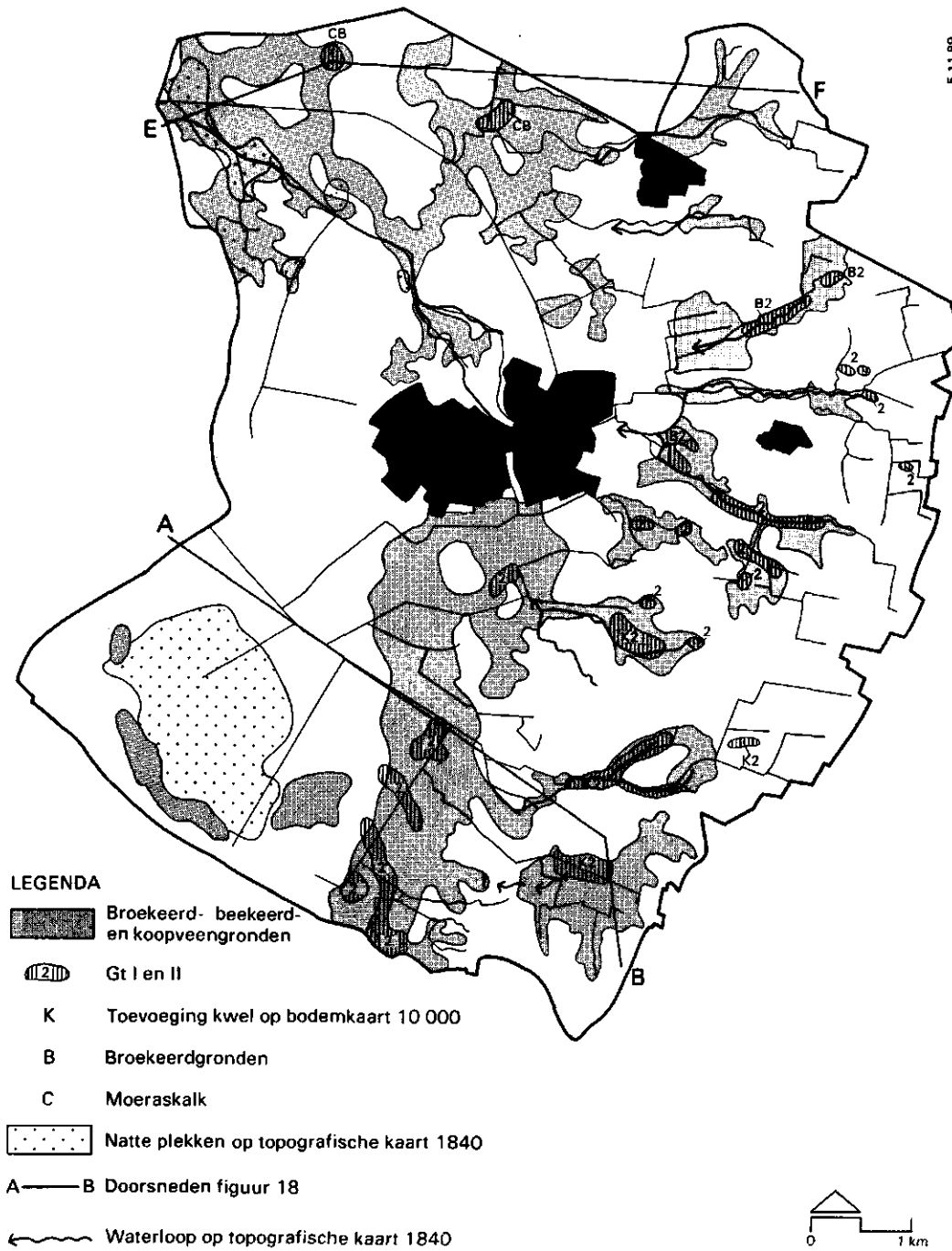


Fig. 17 Gebiedskenmerken, die op kwel duiden

stroomt over korte afstand direct naar de waterlopen. Wellicht is er nog sprake van kwel in de dalen, het meest oostelijke deel van het Aaltense Goor en Koolmansdijk. De kwel in de dalen is afkomstig van de essen. De herkomst van kwel in de andere gebieden is minder duidelijk.

Daarnaast kunnen de perioden met grondwaterstroming naar waterlopen en kwelgebieden binnen het studiegebied korter geworden zijn.

Ten noordwesten van Lichtenvoorde ligt pompstation Koolmansdijk. Hier werd de afgelopen jaren 1,5 a 2 miljoen m³ water per jaar onttrokken.

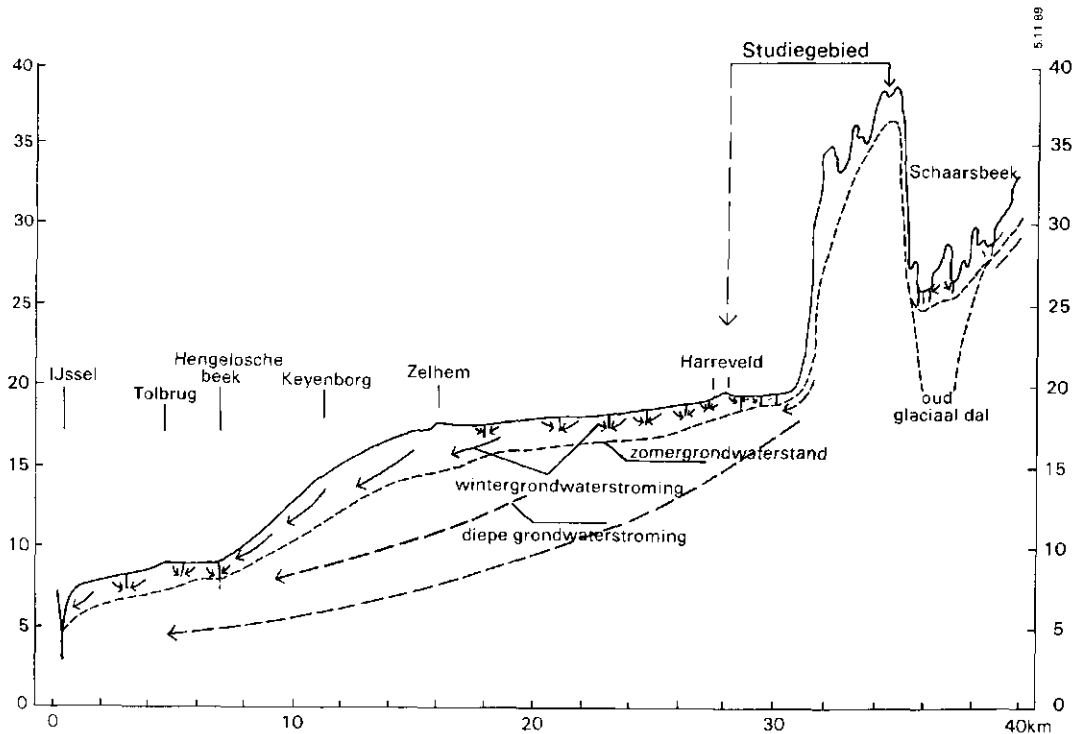
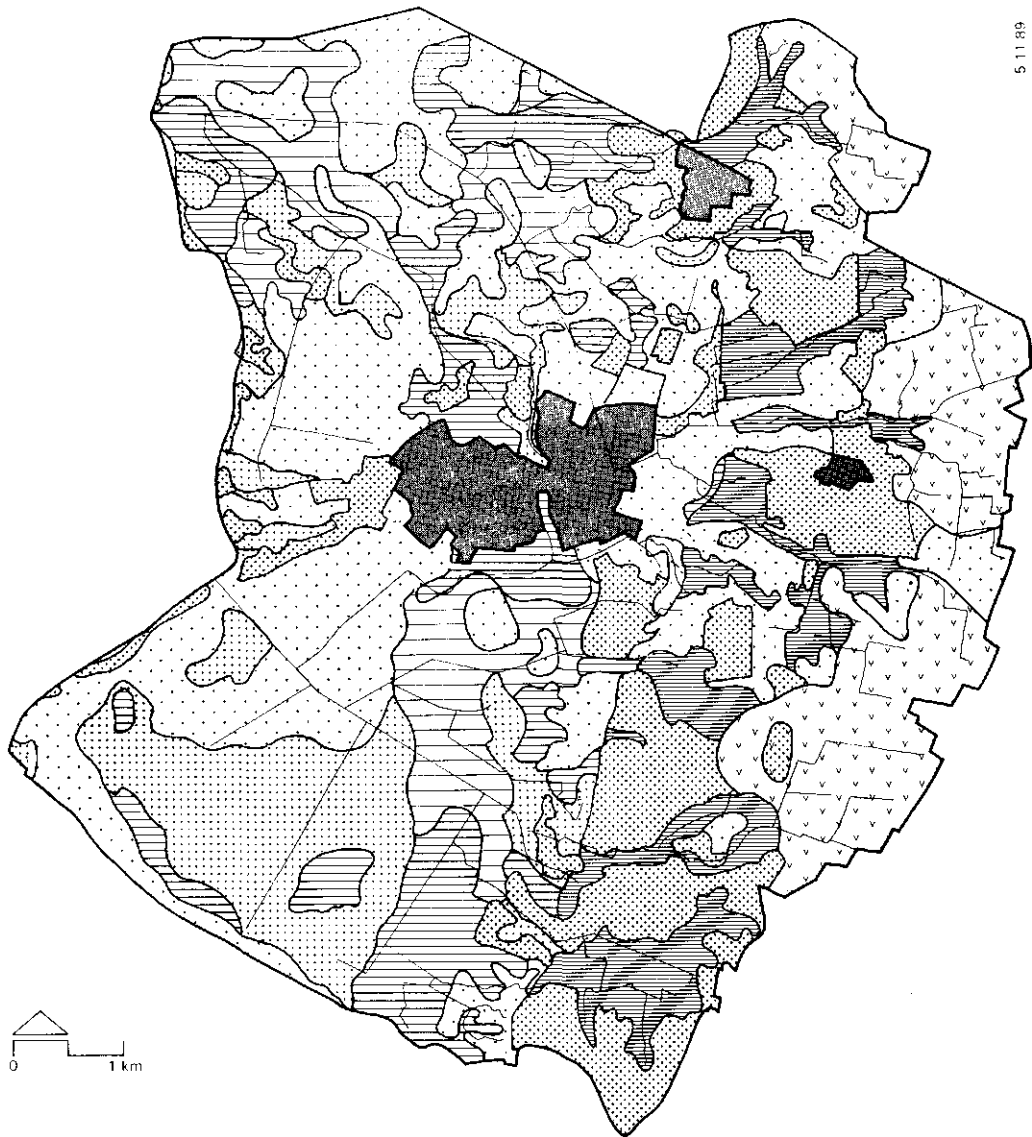


Fig. 18 Grondwaterstroming in de Achterhoek volgens Bon (1973)

4.2.7. Waterbeheereenheden

De onderscheiden landschappen zijn in fysisch geografisch opzicht vrij heterogeen. Om de omstandigheden voor vegetatieontwikkeling en landbouwproductie en de mogelijkheden om deze met waterbeheer te beïnvloeden te kunnen beschrijven is er behoefte aan een onderverdeling in meer homogene ruimtelijke eenheden. De waterbeheereenheden zijn ruimtelijke eenheden die homogeen zijn voor wat betreft bodemfysische omstandigheden, grondwatertrap, kenmerken van het waterlopenstelsel en wijze van beïnvloeding door regionale grondwaterstroming. Er zijn negen beheereenheden onderscheiden (figuur 19):

- Beheereenheid 1: Bodem: Veldpodzolgronden met oude klei
beginnend tussen 50 en 100 cm
(Hn21x)
Grondwatertrap: V*
Waterlopenstelsel: redelijk dicht
Grondwaterstroming: geringe, periodieke
infiltratie
- Beheereenheid 2 & 8: Bodem: Veldpodzolgronden (Hn21)
Grondwatertrap: VI
Waterlopenstelsel: weinig
Grondwaterstroming: geringe infiltratie
- Beheereenheid 3 & 9: Bodem: Enkeerdgronden (zEZ21)
Grondwatertrap: VII (*)
Waterlopenstelsel: geen
Grondwaterstroming: sterke infiltratie
- Beheereenheid 4: Bodem: Beekeerdgronden (pZg23)
Grondwatertrap: III*
Waterlopenstelsel: zeer dicht
Grondwaterstroming: zeer sterke kwel
- Beheereenheid 5: Bodem: Veldpodzolgronden (Hn21)
Grondwatertrap: III*
Waterlopenstelsel: redelijk dicht
Grondwaterstroming: stagnatie
- Beheereenheid 6: Bodem: Beekeerdgronden (pZg23)
Grondwatertrap: III*
Waterlopenstelsel: dicht
Grondwaterstroming: duidelijke kwel
- Beheereenheid 7: Bodem: Beekeerdgronden (pZg23)
Grondwatertrap: IV
Waterlopenstelsel: redelijk dicht
Grondwaterstroming: geringe kwel



LEGENDA

Symbol	Landschap	Bodem	Grondwatertrap	Grondwaterstroming
	1 plateau	Hn21x	V*	geringe infiltratie
	2 essen, dekzandgebied	Hn21	VI	infiltratie
	3 essen, dekzandgebied	zEZ21g	VII ^(*)	infiltratie
	4 dalen	pZg23	III*	kwel
	5 dekzandgebied	Hn21	III*	stagnatie geringe infiltratie
	6 dekzandgebied	pZg23	III*	geringe kwel
	7 dekzandgebied	pZg23	IV	geringe kwel

Fig. 19 Waterbeheereenheden

4.3. Biotische gesteldheid

Plantengeografisch gezien behoort het studiegebied tot het Subcentreurop district. Karakteristiek voor dit district zijn een groot aantal bosplanten die hun hoofdverspreidingsgebied in Midden-Europa hebben, o.a. die van de meest rijk ontwikkelde Nederlandse bosgemeenschap, het Eiken-Haagbeukenbos.

Het grootste gedeelte van het studiegebied bestaat uit intensief beweide, zwaar bemeste en soortenarme graslanden. Ook in en langs de sloten en beken treft men tegenwoordig over het algemeen slechts voedselrijke omstandigheden en daarbij behorende vegetaties aan. Alleen in brede berm en langs onverharde zandwegen komen nog meer soortenrijke vegetaties voor.

Zowel op het plateau, in de dalen, langs de essen en in het dekzandgebied komen kleine bosjes voor. De meesten daarvan behoren tot het Eiken-Berkenbosverbond met plaatselijk, bij vochtigere situaties, soorten uit het Elzen-Vogelkersverbond. Op plaatsen van voormalige natte heiden kunnen Elzenbroekbosjes voorkomen (bijv. westelijk van Lievelede). Als gevolg van ontwatering en grondwaterwinning hebben deze bosjes vaak te kampen met verdroging.

In het studiegebied komen een aantal natuurreservaten voor. Een aantal hiervan zijn ingesteld tijdens de verschillende ruilverkavelingen (Aalten, Zieuwent-Harreveld). De belangrijkste zijn het Aaltense Goor, Koolmansdijk en de Wolboom.

Het Aaltense Goor omvat een graslandgebied van ongeveer 180 hectare. Veel elzenwallen flankeren het dichte stelsel van greppels en sloten. Populieren en Amerikaanse eiken markeren de zanddijken. De graslanden in het reservaat zijn in de loop van de tijd ontwaterd en verrijkt. Nog enkele vochtige schraallanden resteren. Het huidige beheer is gericht op verschraling door middel van extensieve beweiding. In het reservaat worden nog kwelindicerende plantensoorten gevonden, zoals Holpijp, Waterviohier, Duizendknoopfonteinkruid, Stijve Zegge, Gewone Zegge, Snavelzegge, Waternavel, Hazezegge, Zeegroene Muur en Duizendknoopfonteinkruid. Er komen salamanders, (boom)kikkers en padden voor. Verder leven er grotere zoogdieren zoals reeën, de Mol, de Rosse Woelmuis en de Woelrat (Aukes & Van Zadelhoff, 1981).

Koolmansdijk bestaat uit een verlandende rietput met daar omheen sluiergemeenschappen, wilgenstruweel, Elzenbroek- en Eiken-Berkenbos, een schraalland en een dichtgegroeide heide. Hierin komen tal van zeldzame en minder algemene plantensoorten voor, zoals Klokjesgentiaan, Welriekende Nachtorchis, Parnassia, Spaanse Ruiters en Addertong.

Door grondwaterstandsverlaging gaat dit reservaat echter in kwaliteit achteruit. Wolverlei, Drienerfzegge en Vleeskleurige Orchis zijn reeds verdwenen. Andere soorten zoals Parnassia gaan achteruit (Both & van Wirdum, 1981, Wiertz, 1987, Farjon & Wiertz, 1989).

5. INRICHTINGSVARIANTEN

5.1. Werkwijze

5.1.1. Bestemming

5.1.1.1. Ruimtelijke uitwerking

De bestemmingen zijn overgenomen van de plankaarten van de B&L en SWNBL studie. In varianten 1, 2, 3, 4 en 5, die zijn afgeleid van het B&L plan, krijgen plateau, dalen en de grote ruggen in het dekzandgebied de bestemming natuur. Het streefbeeld is een spontaan ontwikkeld natuurbos met bosbegrazing. Het gaat in totaal om ongeveer 1700 hectare. Het overige gebied krijgt de bestemming landbouw.

In varianten 6 en 7, die zijn afgeleid van het SWNBL plan, is het gehele gebied bestemd voor aangepaste landbouw verweven met natuur. Vijf procent van het oppervlak kent geen landbouwkundig beheer. Het gaat om bosjes, houtwallen, heggen en bomenrijen. Een belangrijk deel van de graslanden kent een laag bemestingsniveau. In variant 6, een variant met drinkwaterwinning, is gekozen voor de toepassing van bedrijfsmodel IV dat strengere mestbeperking kent dan bedrijfsmodel IIa. Dit laatste model is toegepast in variant 7.

In variant 8 is het gehele studiegebied bestemd voor natuur. Het gaat daarbij om zowel spontaan gevormde bossen, heiden en schrale graslanden.

5.1.1.2. Richtbeeld waterbeheer

In beide plannen staat men voor zowel de bestemming natuur als voor de bestemming aangepaste landbouw vernatting ten opzichte van de huidige situatie voor. De mate waarin is minder duidelijk aangegeven. Alleen in het SWNBL plan is aangegeven dat de grondwatertrappen een stap verhoogd moeten worden.

Voor de inrichtingsvarianten is dit op de volgende manier uitgewerkt:

1. In gebieden met grondwatertrappen II t/m V een verhoging van de GHG met 20 of 40 cm. De GLG wordt niet gewijzigd. Op deze manier is sprake van zowel vernatting gedurende het groeiseizoen als van vergroting van de bergingsverandering in de bodem en waterlopen. Dit laatste om de benutting van het gebiedseigen water te vergroten.
2. In sommige gebieden met grondwatertrappen VI t/m VII een verlaging van de GLG met 20 of 40 cm. In deze gebieden is het technisch niet mogelijk om de GHG te verhogen. Bovendien komen hier hangwaterprofielen voor. Verlaging van de GLG heeft daarom waarschijnlijk nauwelijks een verdrogende invloed op de vegetatie. Wel wordt door de verlaging van de GLG de mogelijkheden voor berging vergroot.
3. De mate van verhoging of verlaging is afhankelijk gesteld van

de gebruiksfunctie en waterconserveringstechniek. In de varianten afgeleid van het SWNBL plan is slechts een geringe verhoging van de GHG toegepast om geen te grote beperkingen aan het landbouwkundig gebruik op te leggen. In varianten afgeleid van het B&L plan waarin infiltratiebekkens zijn aangelegd is een grotere verhoging toegepast.

De waterkwaliteit in gebieden met natuur en aangepaste landbouw moet aan de volgende eisen voldoen:

1. Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater dient lager te zijn dan de EG richtwaarde voor drinkwater: 5,6 mg N-NO₃/l.
2. In de belangrijkste kwelgebieden van figuur 17 moet het water een lithoclien karakter hebben. In de overige gebieden is een meer atmotroof karakter gewenst. Thalassocliene kenmerken zijn ongewenst.

In gebieden met de bestemming landbouw zijn geen veranderingen in waterpeilen voorgesteld. De waterkwaliteit moet voldoen aan de basiskwaliteit. Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater en het oppervlaktewater moet dus kleiner dan 11,2 mg N-NO₃/l zijn.

5.1.2. Waterhuishoudkundige inrichting

5.1.2.1. Richtbeelden benutting gebiedseigen water

In varianten afgeleid van het B&L plan wordt gestreefd naar benutting van het gebiedseigen water afkomstig uit gebieden met de bestemming natuur. Het gaat om in totaal 1700 hectare. Bij een volledige benutting van de netto-neerslag op deze gebieden zou ongeveer 4,8 miljoen m³ water per jaar te benutten zijn. In de landbouwgebieden wordt het gebiedseigen water geloosd. De totale hoeveelheid gebiedseigen water van de beide SWNBL varianten zal worden benut voor watervoorziening. Het gaat om een gebied van 5610 hectare, zodat bij maximale benutting 15,7 miljoen m³ water per jaar beschikbaar zou kunnen zijn.

In varianten 1, 3, 5 en 6 is gekozen voor benutting van het gebiedseigen water van gebieden met de bestemming natuur en aangepaste landbouw voor drinkwatervoorziening, in varianten 2, 4 en 7 voor landbouwwatervoorziening. In variant 8 stroomt het gebiedseigen water vrij af.

Voor zowel drinkwaterwinning als landbouwwatervoorziening is een schatting gemaakt van de waterbehoefte. Deze zijn afgeleid uit de beide plannen en het Grondwaterplan Gelderland (1986).

Drinkwaterwinning: Het Grondwaterplan geeft aan dat gedurende 1984 in Oost-Gelderland in totaal 30,9 miljoen m³ water per jaar gewonnen werd. In 1995 wordt een tekort van ruim vijf miljoen m³ per jaar voorzien. In het stroomgebied van de Baakse Beek komen vijf pompstations voor: Lichtenvoorde (Koolmansdijk), Ruurlo, Vorden (Dennenakker), Het Klooster en Hengelo. Deze onttrekken samen ongeveer 5 miljoen m³ per jaar. In 1995 zou dit toe kunnen nemen tot ongeveer 6 miljoen m³ jaar. Deze hoeveelheid is in ieder

geval niet te bereiken met de maximale benutting van gebiedseigen water in de B&L varianten. Bij maximale benutting zou het wel mogelijk zijn om een aantal bestaande pompstations te sluiten. Bij maximale benutting van het gebiedseigen water in de SWNBL varianten is het mogelijk om alle bestaande winningen in het stroomgebied te sluiten.

Landbouw: De waterbehoefte van de landbouw gedurende de zomer is niet eenvoudig vast te stellen. Bij berekening van de hoeveelheid water die nodig is om via beregening of oppervlaktewaterinfiltratie de droogtedepressie van landbouwgewassen te verminderen speelt de inschatting van de rentabiliteit een cruciale rol. Dit komt ondermeer tot uitdrukking in de verschillen tussen de tweede en derde Nota Waterhuishouding. In de tweede Nota werd nog een sterke toename van beregening voorzien. In de derde Nota gaat men uit van een stabilisatie van de waterbehoefte op een niveau dat lager ligt dan in de tweede Nota werd voorzien (Werkgroep Actualisering SWLT, 1988).

Ook voor de Achterhoek valt op dit ogenblik geen toename in de waterbehoefte van de landbouw te verwachten. In het Grondwaterplan gaat de Provincie Gelderland uit van een behoefte van 7 (nat jaar) tot 50 miljoen m³ per jaar (droog jaar) voor Oost-Gelderland. Als deze raming vertaald wordt naar het deel van het stroomgebied van de Baakse Beek dat eenvoudig vanuit het studiegebied van water kan worden voorzien, zou uitgegaan moeten worden van een waterbehoefte van ongeveer maximaal acht miljoen m³ per jaar. Vooral in de maanden juni, juli en augustus zal de grootste behoefte optreden. Bij de uitwerking van de inrichtingsvarianten is er vanuit gegaan dat op het ogenblik geen duidelijke behoefte bestaat aan wateraanvoer gedurende de zomer voor landbouwgronden. Voor de verdere toekomst is een verkenning van de mogelijkheden echter wel van belang. Hierbij is uitgegaan van de waterbehoefte die het Grondwaterplan aangeeft. In de B&L varianten zou bij maximale benutting van het gebiedseigen water slechts maximaal de helft van de behoefte kunnen worden voorzien. In de SWNBL varianten is volledige dekking van de behoefte mogelijk indien het gebiedseigen water volledig is te benutten.

5.1.2.2. Win- en conserveringstechnieken

De toepassing van win- en conserveringstechnieken is nodig om het gebiedseigen water zo optimaal mogelijk te benutten. Toch stellen de bestemmingen duidelijke beperkingen aan de toe te passen technieken. Bij de uitwerking van de inrichtingsvarianten zijn de volgende technieken gehanteerd:

Waterwintechnieken:

- grondwateronttrekking gecombineerd met infiltratie,
- oppervlaktewateronttrekking uit reservoirs.

Waterconserveringstechnieken:

- het laten dichtgroeien en/of dempen van waterlopen,
- stuwbeheer,
- het verdiepen en vergroten van waterlopen,
- reservoirs.

Waterwinning op de traditionele manier, zoals grondwateronttrek-

king of oppervlaktewateronttrekking uit een waterloop, is onver- enigbaar geacht met de wens om watervoorziening mee te koppelen met de bestemmingen natuur en aangepaste landbouw. Deze winnings- technieken hebben namelijk een sterke peildaling tot gevolg rond het onttrekkingspunt. Dit kan leiden tot ongewenste invloeden op de levensgemeenschappen, die afhankelijk zijn van water. Er is daarom gekozen voor aangepaste waterwinningstechnieken. Bij deze technieken wordt daarom gestreefd naar compensatie van de peildaling rond het onttrekkingspunt door de aanvoer van schoon oppervlaktewater afkomstig van gebieden met de bestemmingen natuur en aangepaste landbouw. Door aan te sluiten bij de oppervlakte- waterafvoer is het bovendien mogelijk om de netto-neerslag van een groot gebied te benutten. Immers 90 % van de netto-neerslag verlaat deze gebieden als oppervlaktewater. Indien uitsluitend onttrekking van grondwater plaatsvindt, zullen zeer veel onttrek- kingen nodig zijn om het gebiedseigen water volledig te benutten. Hoe het oppervlaktewater gebruikt is om de peildaling rond onttrekkingen te compenseren, is aangegeven bij de conserverings- technieken.

In deze studie zijn twee doelen voor waterconservering te onder- scheiden:

1. Peilhandhaving ten behoeve van de bestemmingen natuur en (aangepaste) landbouw.
2. Compensatie van peildaling rond de onttrekkingspunten tbv. drinkwatervoorziening en landbouwwatervoorziening voor gebieden buiten het studiegebied.

In het eerste geval richt men zich op benutting van het gebieds- eigen water ten behoeve van een zeer groot oppervlak binnen het studiegebied gedurende het gehele jaar. In het tweede geval op benutting in de directe omgeving van onttrekkingspunten, waar een grote peildaling kan optreden. Het gaat daarbij vooral om benutting gedurende de zomer als er sprake is van de grootste invloed van de onttrekkingen.

Voor peilhandhaving ten behoeve van natuur is gekozen voor **verlanding en demping van waterlopen** gekozen. Deze techniek leidt tot een afname van de ondergrondse afvoer naar waterlopen, zodat in het gehele jaar sprake zal zijn van verhoogde grondwater- standen. Deze techniek heeft de voorkeur boven stuwbeheer omdat de aanleg van stuwen en het beheer achterwege kan blijven.

Voor compensatie van peildaling rond onttrekkingspunten is verlanding en demping van waterlopen niet opportuun geacht. Bij deze techniek neemt naar verwachting de oppervlaktewaterafvoer gedurende de zomer af. De compensatie van peildaling in de zomer is daarom minder goed mogelijk. Daarom is gekozen voor een zodanig **stuwbeheer** dat gedurende herfst, winter en voorjaar sprake is van een verhoging van de grondwaterstanden en in de zomermaan- den van een toename van de oppervlaktewaterafvoer. Verhoging van de GHG en GVG is van belang om de beoogde vernatting ten behoeve van de functie natuur te bereiken. Een vergrote afvoer is bedoeld om een zo groot mogelijke compensatie van peildaling rond onttrekkingspunten te bereiken.

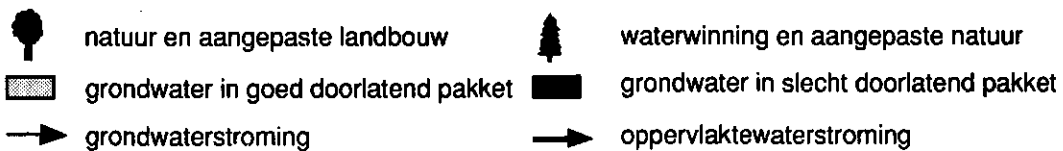
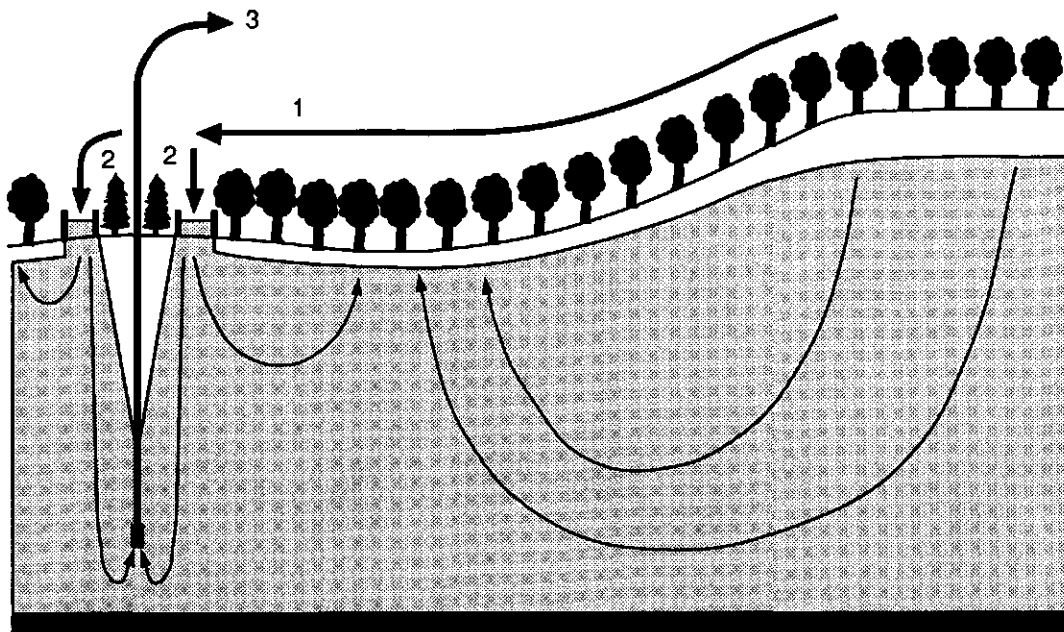


Fig. 20 Combinatie van technieken A:

1. waterconservering mbv. stuwbeheer in gebieden met bestemming natuur of aangepaste landbouw,
2. waterconservering van uit deze gebieden stromend oppervlaktewater in infiltratiebekkens,
3. grondwateronttrekking tbv. drinkwatervoorziening gevoed door een cluster van infiltratiebekkens

Bovendien is het in principe mogelijk om bij deze vorm van stuwbeheer door **verdieping en vergroting van waterlopen** de afvoer gedurende de zomer nog verder te vergroten. De verlaging van de GLG, die hiervan het gevolg is zorgt immers voor een grotere grondwaterstroming naar de waterlopen. Deze techniek is alleen in een voorlopige inrichtingsvariant onderzocht in gebieden met diepe grondwaterstanden. In de definitieve varianten is hier van af gezien wegens het enorme grondverzet dat voor de uitvoering noodzakelijk is.

Waterconservering uitsluitend door middel van stuwbeheer is echter onvoldoende om de peildaling rond onttrekkingspunten gedurende de zomer te compenseren. Dit komt omdat de hoeveelheden oppervlaktewater die tot afstroming komen zeer groot zijn in verhouding tot de berging- en infiltratiecapaciteit van de bodem rond onttrekkingspunten. Aangelegde **reservoirs** bieden hiervoor veel betere mogelijkheden. Er zijn twee typen reservoirs beschouwd, het infiltratiebekken en het spaarbekken.

Tabel 3 De verschillende combinaties van winnings- en conserveringstechnieken, per variant.

Inrichtingsvariant:	1	2	3	4	5	6	7	8
Waterwinning:								
. grondwater	*	-	*	-	*	*	-	-
. oppervlaktewater	-	*	-	*	-	-	*	-
Waterconservering:								
. verlanding waterlopen	-	-	-	-	-	-	-	*
. stuwbeheer	*	*	*	*	*	*	*	-
. infiltratiebekken	*	-	*	-	*	*	-	-
. spaarbekken	-	*	-	*	-	-	*	-
Combinatie:	A	B	A	B	A	A	B	C

Een **infiltratiebekken** is een reservoir dat zodanig is geconstrueerd dat al het water dat ingelaten wordt en niet verdampt zo snel mogelijk wegstroomt naar de ondergrond (lek). Het bekken wordt gevuld met oppervlaktewater dat door natuurlijk verval of door een gemaal uit gebieden met de bestemming natuur of aangepaste landbouw wordt aangevoerd.

Er is gekozen voor een maximale waterdiepte van 50 cm. De verwachting is dat bij deze waterpeilen de ontwikkeling van riet- en biezemoerassen, wilgenstruwelen en populierenbossen nog mogelijk is. De recreatieve mogelijkheden zijn als gevolg van de geringe waterdiepte beperkt.

Dit type reservoir biedt goede perspectieven voor compensatie van peildaling rond grondwateronttrekkingen. De stroming van het infiltrerende water door de ondergrond kan een gunstige invloed op de kwaliteit hebben.

Een **spaarbekken** is een reservoir dat zodanig is aangelegd dat zo min mogelijk lekkage optreedt. Men streeft er naar om zoveel mogelijk van het ingelaten water als oppervlaktewater te winnen. Het water wordt op dezelfde wijze aangevoerd als bij het infiltratiebekken. Voor deze bekkens is gekozen voor een maximale waterdiepte van twee meter. De geringe lekkage maakt een groter bergingsvermogen noodzakelijk dan in een infiltratiebekken. De natuurontwikkelingsmogelijkheden zijn door de grote waterdiepte waarschijnlijk beperkt: soortenarme, ijle riet- en biezemoerassen. Het open water en de slikranden kunnen belangrijk zijn voor vogels. Recreatieve mogelijkheden van de bekkens zijn afhankelijk van fluctuaties en oeverafwerking.

In tabel 3 is aangegeven welke technieken in de verschillende varianten zijn toegepast.

Hieruit komt naar voren dat slechts een beperkt aantal combinaties van technieken zijn gekozen:

A: Grondwateronttrekking ten behoeve van drinkwatervoorziening in clusters van infiltratiebekkens die gevoed worden met oppervlaktewater afkomstig van gebieden met de bestemming natuur en

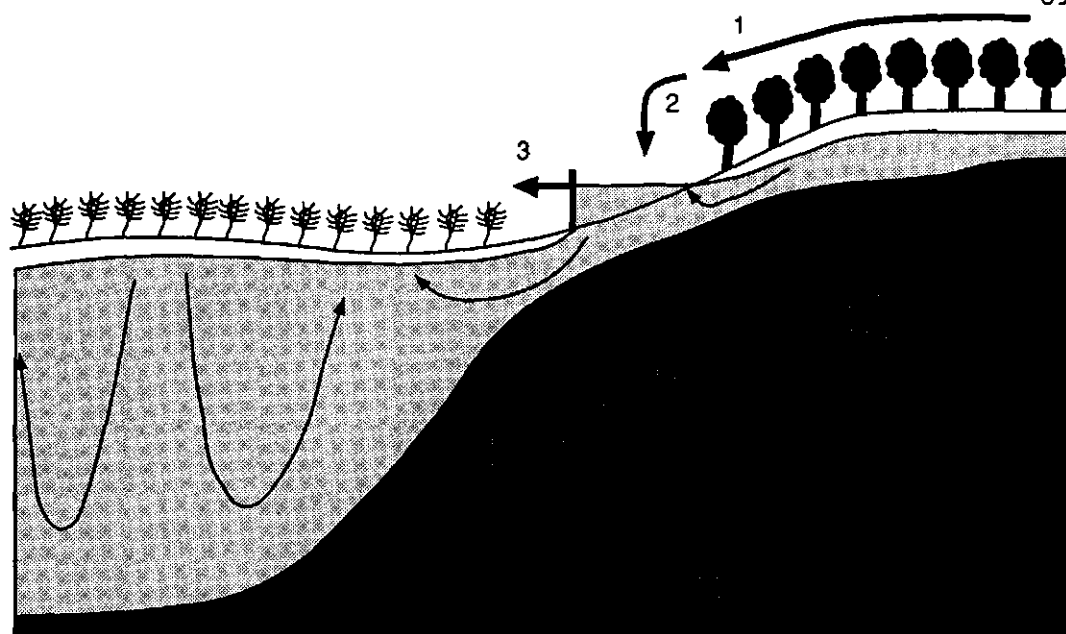


Fig. 21 Combinatie van technieken B:

1. waterconservering mbv. stuwbeheer in gebieden met bestemming natuur of aangepaste landbouw,
2. waterconservering van uit deze gebieden stromend oppervlaktewater in spaarbekkens,
3. oppervlaktewateronttrekking tbv. landbouwwatervoorziening uit spaarbekkens

aangepaste landbouw. In deze gebieden wordt gedurende herfst, winter en voorjaar water vast gehouden door hoge stuwpeilen. In de zomer wordt de afvoer naar de bekkens vergroot door het strijken van de stuwen. In figuur 20 zijn de belangrijkste kenmerken van deze combinatie van technieken samengevat.

B: Oppervlaktewateronttrekking vanuit spaarbekkens gedurende juni en juli ten behoeve van de landbouwwatervoorziening. De bekkens worden gevoed door oppervlaktewater afkomstig van gebieden met de bestemming natuur en/of aangepaste landbouw. In deze gebieden wordt gedurende herfst, winter en voorjaar water vast gehouden door hoge stuwpeilen. In de zomer wordt de afvoer naar de bekkens vergroot door het strijken van de stuwen. Het bekken wordt in de zomer leeg gelaten, zodat het water naar stroomafwaarts gelegen landbouwgebieden kan worden gevoerd. Figuur 21 laat de belangrijkste kenmerken van deze combinatie van technieken zien

C: Vernatting van natuurgebieden gedurende het gehele jaar door verlanding en demping van waterlopen.



Fig. 22 Contextuele vormgeving van infiltratiebekkens, die aansluit op lokale landschapspatronen

Er is geen combinatie van oppervlaktewateronttrekking uit spaarbekkens tbv. drinkwatervoorziening onderzocht om het aantal combinaties niet te groot te maken.

De combinatie A is toegepast in varianten 1, 3, 5 en 6; B in varianten 2, 4 en 7; C in variant 8.

5.1.2.3. Plaats en vormgeving

De verschillende technieken zijn niet overal toepasbaar. Er zal kort ingaan worden op de mogelijkheden en criteria voor plaatsbepaling. Ook kan de vormgeving van de technieken verschillen. Zo kan men kiezen voor een contextuele of autonome benadering. Bij contextuele vormgeving sluit men aan bij bestaande landschapspatronen van hetzelfde of een lager schaalniveau, zoals lokale wegen, sloten en percelering. Bij autonome vormgeving sluit men niet aan op deze bestaande landschapspatronen van het lokale niveau, maar elementen en patronen met een regionale betekenis, zoals autowegen, beken, woonkernen en geomorfologische hoofdvormen. Beide benaderingen zijn gevolgd, zij het verschillend per techniek.

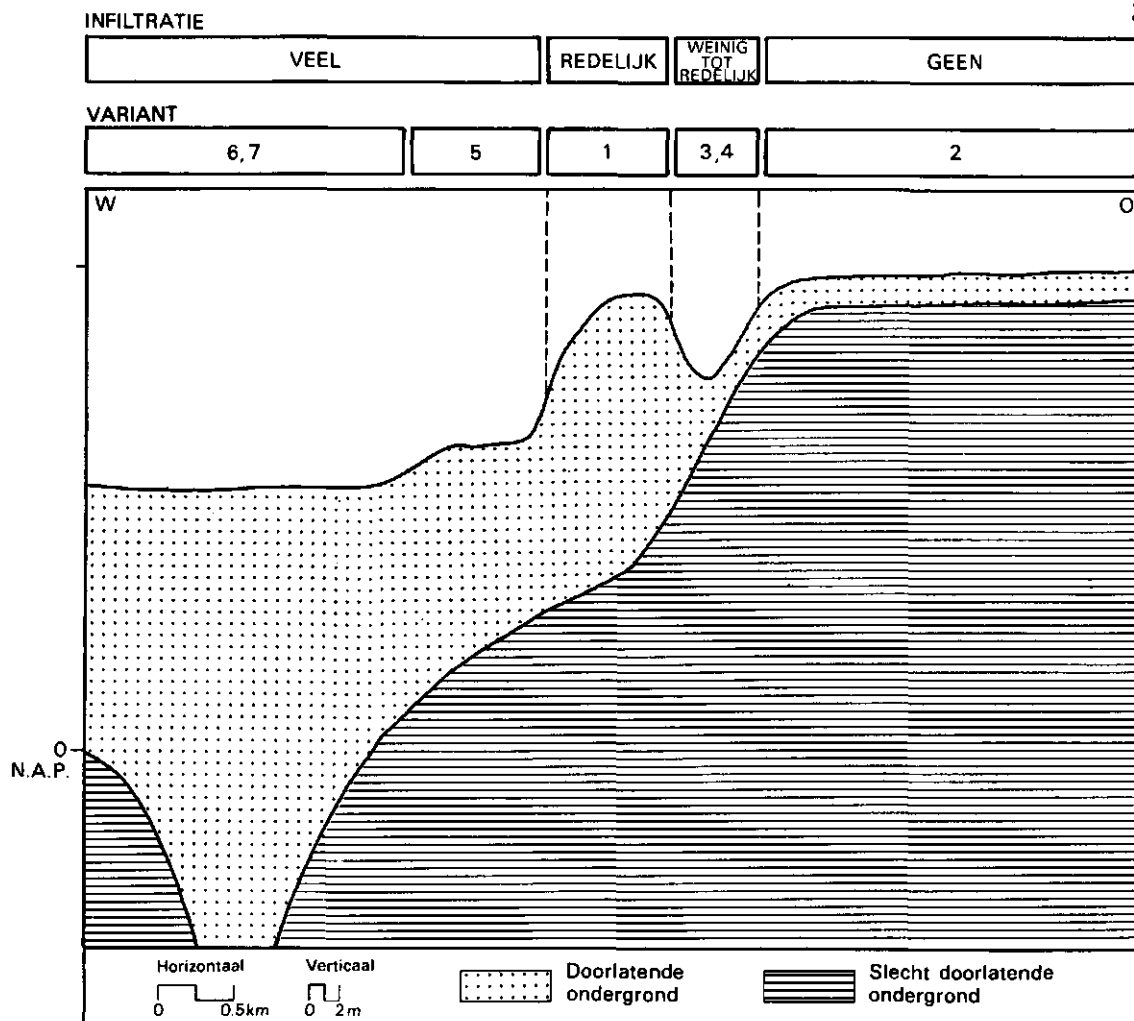


Fig. 23 Mogelijkheden voor plaatskeuze van reservoirs per landschap

De aanleg van **stuwen** is bedoeld om in een zo groot mogelijk gebied de grondwaterstand en het waterpeil in sloten te beïnvloeden. Dit is vooral goed mogelijk in vlakke gebieden met waterlopen en ondiepe grondwaterstanden. In gebieden zonder waterlopen met diepe grondwaterstanden heeft stuwbeheer misschien enige invloed indien waterlopen gegraven zouden worden, die dieper liggen dan de zomergrondwaterstand. In hellende gebieden zouden bovendien zeer veel stuwen geplaatst moeten worden, om over grote gebieden het grondwater te beïnvloeden.

In de varianten zijn stuwen geplaatst in gebieden die aan alle volgende eisen voldoen:

- permanent of periodiek ondiepe grondwaterstanden (grondwatertrappen II t/m V),
- voorkomen van waterlopen,
- vlak reliëf.

Deze gebieden zijn delen van het plateau, de dalen en grote delen van het dekzandgebied.

Een **infiltratiebekken** dient vooral goede mogelijkheden te bieden voor verticale infiltratie. Dit is het geval in een infiltratiegebieden met diepe grondwaterstanden en een zo groot mogelijk doorlatendheid. Verder is de lekkage groter indien sprake is van een lange ringdijk. Er zijn dus veel kleine bekkens met een onregelmatig gevormde dijk aangelegd. Mede daarom is gekozen voor een contextuele vormgeving ten opzichte van bestaande landschapspatronen van lokaal niveau.

Aangezien het infiltrerende grondwater opgepompt zal worden ten behoeve van drinkwatervoorziening zijn de bekkens bij voorkeur op plaatsen met een dik watervoerend pakket gesitueerd. De verblijftijd van het grondwater is dan zo groot mogelijk. Om de bekkens zoveel mogelijk afstromend water te kunnen laten benutten is steeds gezocht naar een situering zo stroomafwaarts mogelijk van de gebieden met bestemming natuur en/of aangepaste landbouw. Samenvattend komen gebieden in aanmerking met:

- een goed doorlatende ondergrond,
- een dik watervoerend pakket,
- infiltrerende grondwater en diepe grondwaterstanden (hoge ligging en grondwatertrappen V t/m VII)
- een ligging zover mogelijk benedenstrooms binnen gebieden met de bestemming natuur en/of aangepaste landbouw.

De vormgeving sluit aan patronen van verspreide bebouwing, lokale wegen, sloten en microreliëf (zie figuur 22). De bekkens zijn zo klein mogelijk gemaakt en gegroepeerd in clusters.

In figuur 23 zijn de dikte en doorlatendheid van het watervoerend pakket in het studiegebied schematisch aangeduid. Deze nemen toe vanaf het plateau via dalen en essen naar het dekzandgebied. Binnen het dekzandgebied komen oude Rijngeulen voor, waar het watervoerend pakket aanzienlijk dikker is. Op het plateau en in de bovenlopen van de dalen zijn geen infiltratiebekkens gesitueerd. In het dekzandgebied is vooral gekozen voor aansluiting bij de Rijngeulen.

Een **spaarbekken** dient zo min mogelijk lekkage naar de ondergrond en onder de ringdijk te kennen. Voor de situering betekent dit de keuze voor laaggelegen kwelgebieden met ondiepe grondwaterstanden. Het watervoerend pakket dient zo dun en zo slecht doorlatend mogelijk te zijn. Bovendien is dijkkwel zoveel mogelijk te beperken door een zo kort mogelijk lengte van de ringdijk. Dit is het geval bij een vorm die zoveel mogelijk de cirkel benaderd. Mede hierom is gekozen voor een autonome vormgeving ten opzicht van de lokale landschapspatronen. Ook het feit dat de spaarbekkens een regionaal verzorgende functie hebben heeft bij de keuze voor dit vormgevingsprincipe een rol gespeeld. Ze zijn zodanig gesitueerd dat ze in de rangorde van landschapselementen een bovenlokale, regionale positie innemen: aansluitend bij woon--kernen, beken, doorgaande wegen en geomorfologische hoofdvormen (grote dekzandruggen, terrasrand en dalen). Ook door hun grootte is dit snel duidelijk. Steeds zijn ze gesitueerd langs beken zover mogelijk benedenstrooms binnen gebieden met bestemmingen natuur en/of aangepaste landbouw. Dit laatste om een zo groot mogelijk deel van het afstromende schone water uit deze gebieden te kunnen benutten.

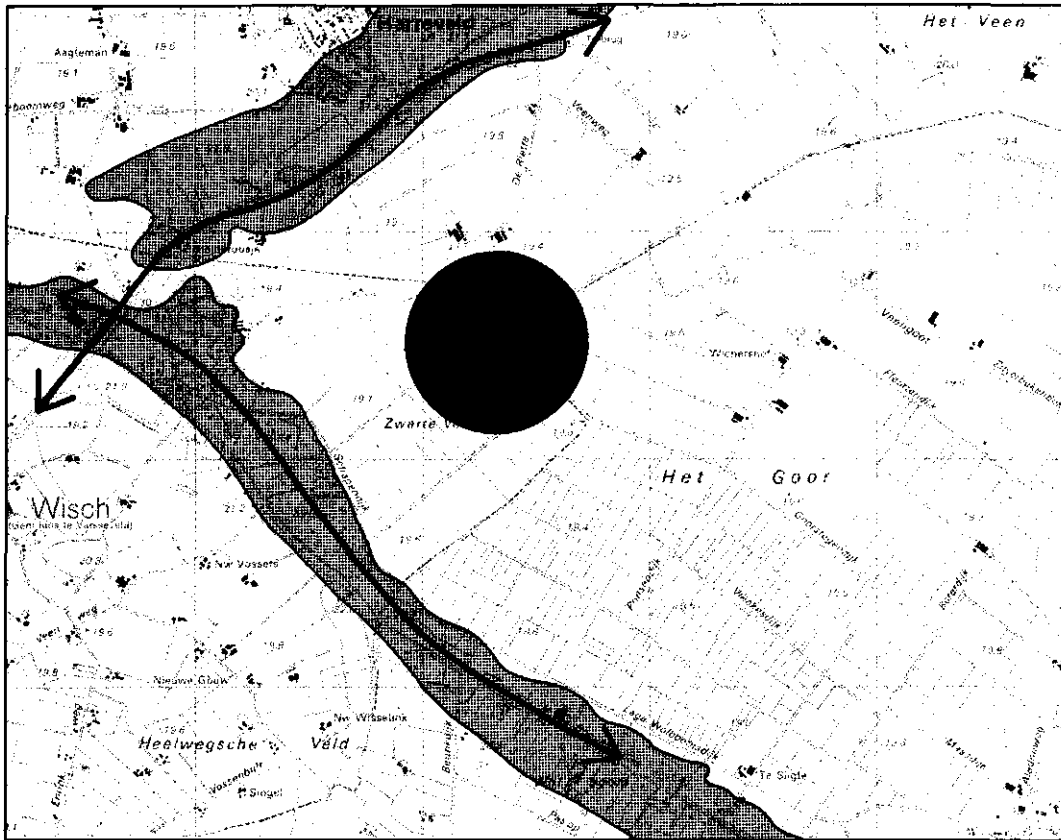


Fig. 24 Autonome vormgeving van spaarbekkens ten opzichte van lokale landschapspatronen

Tot slot kunnen beter geen bekkens aangelegd worden in gebieden met veel ecologische gradiënten omdat lekkage in laaggelegen gebieden grote veranderingen in het patroon van de grondwaterstroming kan leiden. Dit criterium is vooral van belang voor varianten die zijn afgeleid van het SWNBL plan. Dit plan wil immers zoveel mogelijk gradiënten benutten ten behoeve van natuurontwikkeling.

Samenvattend komen gebieden in aanmerking met:

- kwel en ondiepe grondwaterstanden (laagtes met grondwatertrappen II t/m IV)
- een slecht doorlatende ondergrond,
- een zeer geringe dikte van het watervoerend pakket,
- een ligging langs een beek zoveel mogelijk benedenstrooms in gebieden met bestemming natuur en/of aangepaste landbouw,
- zo min mogelijk ecologische gradiënten,
- een ligging die aansluit bij doorgaande wegen, beken, woonkernen en geomorfologische hoofdvormen.

Bij vormgeving is gestreefd naar zo groot mogelijke cirkelvormige bekkens (figuur 24).

Figuur 23 geeft aan dat ondiep voorkomende, slecht doorlatende lagen vooral aangetroffen worden op het plateau en in de bovenstroomse gedeelten van de dalen. In het dekzandgebied komen

Tabel 4 Peilbeheerreeks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 1

WATERBEHEEREENHEID 1				Bodem: Hn21x Grondwatertrap: V* Weerstand secundair drainagesetel: 1250 dagen Weerstand tertiair drainagesetel: 1000 dagen Infiltratie: 0,3 mm/dag							
PEILBEHEER		GRONDWATERSTAND				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
Winter:	Zomer:	GVG	GHG	GLG	GT	SWNBL	CML	van der Werf	water-overlast	droogte	totaal
(cm beneden maaiveld)		(cm beneden maaiveld)				(type, legenda onder tabel)			%		
0	0	7	1	112	III						
0	135	8	3	124	VI		22				
0	135	11	5	156	VI			9	27	6	33
75	75	35	11	120	V				16	5	21
75	135	33	19	160	V		42				
75	135	35	11	128	V						
		50	25	170	V	0			7	7	14
120	120	59	36	133	V*	8					
		60	35	175	V*	11		15			
huidige situatie		25-40 >120 V*									

SWNBL-stalenset 8: staal 8-0 = Eiken-Haagbeukenbos in uitgangssituatie; staal 8-11 = idem bij vergroote drainage, dosis 1

CML-ecoseries: 22 = nat, voedselarm, zwakzuur; 42 = vochtig, voedselarm, zwakzuur

van der Werf-bostypen: 9 = Elzen-Eikenbos; 15 = Eiken-Haagbeukenbos

Tabel 5 Peilbeheerreeks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 2 en 8

WATERBEHEEREENHEID 2 & 8				Bodem: Hn21 Grondwatertrap: VI Weerstand secundair drainagesetel: 800 dagen Weerstand tertiair drainagesetel: 10000 dagen Infiltratie: 0,6 mm/dag							
PEILBEHEER		GRONDWATERSTAND				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
Winter:	Zomer:	GVG	GHG	GLG	GT	SWNBL	CML	van der Werf	water-overlast	droogte	totaal
(cm beneden maaiveld)		(cm beneden maaiveld)				(type, legenda onder tabel)			%		
50	50	33	16	136	V				14	8	22
50	135	36	19	137	V			9	7	8	15
75	75	44	25	139	V*		41/42		4	9	13
75	135	45	32	167	V*			6 8	0	15	15
105	105	63	43	145	VI				0	12	12
huidige situatie		75-115	50-80	150-220	VI	61/62		5 7	0	20	20

CML-ecoseries: 41 = vochtig, voedselarm, zuur; 42 = vochtig, voedselarm, zwakzuur; 61 = droog, voedselarm, zuur; 62 = droog, voedselarm, zwakzuur

van der Werf-bostypen: 5 = droog Zomereiken-Beukenbos; 6 = vochtig Zomereiken-Beukenbos; 7 = droog Wintereiken-Beukenbos; 8 = vochtig Wintereiken-Beukenbos; 9 = Elzen-Eikenbos

eigenlijk geen goede omstandigheden voor spaarbekkens voor. Hier is steeds gekozen voor het minst dikke watervoerend pakket. In de SWNBL varianten is het gedeelte van het dekzandgebied aan de voet van het terras ontzien omdat daar veel gradiënten voorkomen.

5.1.2.4. Omvang

De situering en vormgeving is mede afhankelijk van de omvang van de toe te passen techniek. Daarom zijn eerst voorlopige inrichtingsvarianten opgesteld. Hierin zijn de technieken toegepast op alle plekken, die aan de (geo)hydrologische criteria voldoen. Hierbij is de vorm van de techniek nog niet aangegeven. Vervolgens is met behulp van een globale waterbalans methode berekend in hoeverre:

- de omvang van de toegepaste technieken overeenstemt met het beoogde effect,
- de te winnen hoeveelheid water voldoet aan het richtbeeld voor benutting van gebiedseigen water.

Een uitgebreide beschrijving van de globale waterbalansmethode en de resultaten vindt men in bijlage 1. De berekeningen waren aanleiding om een voorlopige variant te laten vervallen en een nieuwe toe te voegen.

In de definitieve inrichtingsvarianten zijn de oppervlakten of de peilfluctuatie verkleind indien de berekening aangaf dat de capaciteit van de reservoirs niet volledig werd benut. Bij de verkleining van het oppervlak zijn niet alleen (geo)hydrologische, maar alle in de vorige paragraaf opgesomde criteria gebruikt. Bovendien zijn de hydrologische criteria veel strenger gehanteerd. Ook de vorm van de toe te passen techniek is nu aangegeven.

5.1.3. Waterbeheer

In het richtbeeld waterbeheer is aangegeven welke waterstanden men wil na streven. Welk stuwbeheer noodzakelijk is om deze waterstanden te realiseren is hierbij nog niet aan de orde geweest. De mogelijkheden verschillen van gebied tot gebied. Per beheereenheid is daarom nagegaan welke waterstanden te verwachten zijn bij de verschillende vormen van stuwbeheer. Bovendien is nagegaan wat deze waterstanden betekenen voor landbouw en natuur. Per vorm van stuwbeheer zijn de te verwachte oogstdepressie en vegetatietype vastgesteld. Hierdoor kan een veel meer uitgesproken keuze gedaan worden met betrekking tot het te voeren waterbeheer.

De overwegingen zijn per beheereenheid samengevat in een waterbeheertabel. In tabellen 4 t/m 11 zijn de waterbeheertabellen van de verschillende beheereenheden opgenomen. Nadere informatie over de waterbeheertabellen vindt men in bijlage 3.

Uit tabel 4 is voor het plateau af te leiden dat:

- Het creëren van echte natte uitgangssituaties voor natuurontwikkeling (Gt I of Gt II) niet mogelijk is.

Tabel 6 Peilbeheerreeds, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 3 en 9

WATERBEHEEREENHEID 3 & 9		Bodem: zEz21 Grondwatertrap: VI/VII* Weerstand secundair drainagestelsel: 10000 dagen Weerstand tertiair drainagestelsel: 10000 dagen Infiltratie: 1,0 mm/dag				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
PEILBEHEER		GRONDWATERSTAND				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
Winter:	Zomer:	GVG	GHG	GLG	GT	SWNBL	CML	van der Werf	water-overlast	droogte	totaal
(cm beneden maaiveld)		(cm beneden maaiveld)				(type, legenda onder tabel)			[%]		
huidige situatie		>125	100/130	>200	VII				0	13	13
geen stuwen		167	147	231	VII*		67	7	0	17	17
huidige situatie		>180	150/200	>250	VII*				0	20	20

CML-ecoseries: 67 = droog, matig voedselrijk

van der Werf-bostypen: 7 = droog Wintereiken-Beukenbos

Tabel 7 Peilbeheerreeds, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 4

WATERBEHEEREENHEID 4		Bodem: pZg23 Grondwatertrap: III* Weerstand secundair drainagestelsel: 500 dagen Weerstand tertiair drainagestelsel: 200 dagen Kwel: 2,1 mm/dag				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
PEILBEHEER		GRONDWATERSTAND				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
Winter:	Zomer:	GVG	GHG	GLG	GT	SWNBL	CML	van der Werf	water-overlast	droogte	totaal
(cm beneden maaiveld)		(cm beneden maaiveld)				(type, legenda onder tabel)			[%]		
		15/20	0/+10	80	II		0	27			
75	75	25	8	67	II				23	1	24
		25/30	0/10	85	III		11		21	1	22
90	150	31	10	82	III				15	1	16
90	150	30	11	90	III	7		21	15	1	16
		30/35	10/20	90	III		12		13	1	14
90	90	40	22	81	III				9	1	10
105	105	49	34	87	III*				5	2	7
		45/50	30/40	100	III*		13		4	3	7
huidige situatie		45/60	25/40	100/120	III*				4	4	8

SWNBL-stalensel 7: staal 7-0 = blauwgrasland in uitgangssituatie; staal 7-11 = idem bij vergrooite drainage, dosis 1; staal 7-12 = idem dosis 2; staal 7-13 = idem dosis 3

CML-ecoseries: 27 = nat, matig, voedselrijk; 42 = vochtig, matig voedselrijk

van der Werf-bostypen: 8 = vochtig Wintereiken-Beukenbos; 9 = Elzen-Eikenbos; 21 = Vogelkers-Essenbos; 25 = Elzenegge-broekbos

- De ontwikkeling van (hoog)veen op enigszins afzienbare termijn op grond van in te stellen grondwaterstanden niet erg aannemelijk is, aangezien hierbij een grondwatertrap I met een GVG van 0 cm vereist is.
- Natuurbosontwikkeling gaat in de richting van het Eiken-Haagbeukenbos. Dit lijkt een reële mogelijkheid bij een stuwpeil variërend van 0 tot 75 cm beneden maaiveld. Dit geldt echter alleen indien keileem of Tertiaire klei binnen 1 m 20 voorkomt.
- De ontwikkeling van natte graslanden vereist een stuwpeil vlak onder het maaiveld. Bij lagere stuwpeilen zijn vochtige graslanden te verwachten.
- In gebieden met aangepaste landbouw zijn stuwpeilen vlak onder het maaiveld niet gewenst omdat dit leidt tot een GVG van minder dan 10 cm beneden maaiveld. De oogstdepressies, die bij deze grondwaterstanden te verwachten zijn (circa 40%) worden strijdig geacht met de toewijzing van de functie aangepaste landbouw.

Op grond hiervan is besloten om in de varianten van de B&L-studie te streven naar peilverhogingen, die tot stand gebracht worden door stuwpeilen van 0 tot 75 cm beneden maaiveld. In de varianten met spaarbekkens is gekozen voor grondwaterstanden, die behoren bij een stuwpeil van 75 cm beneden maaiveld. Bij deze keuze komen de natste situaties rond de reservoirs voor. In de varianten met infiltratiebekkens is gekozen voor grondwaterstanden, die overeenkomen met een stuwpeil van 0 cm beneden maaiveld. De gradiënt van nat naar droog is nu omgekeerd: de natste situatie ligt het verst van de bekkens. Er zijn geen aanwijzingen dat de verschillende peilen tot grote verschillen in bosontwikkeling zullen leiden.

In de SWNBL-varianten is gekozen voor een peilbeheer dat overeenkomt met een stuwpeil van 75 cm beneden maaiveld. Bij dit stuwpeil is een ontwikkeling van vochtige graslanden mogelijk. Bij bosontwikkeling zal sprake zijn van optimalere standplaatsen voor Eiken-Haagbeukenbos dan in de huidige situatie.

In de natuurvariant wordt uitgegaan van een uiteindelijk stuwpeil vlak onder maaiveld, waarbij naast Eiken-Haagbeukenbos ook sprake kan zijn van Elzen-Eikenbos.

Uit tabellen 5 en 6 is voor de **essen** af te leiden dat:

- Verhoging van de grondwaterstanden door stuwbeheer slechts mogelijk is in gebieden met Gt VI waar sloten voorkomen. Gt V is mogelijk bij een stuwpeil van 50 cm beneden maaiveld. In gebieden met Gt VII is geen beïnvloeding door stuwbeheer mogelijk.
- Natuurbosontwikkeling bij grondwaterstanden, die optreden bij een stuwpeil van 50 cm beneden maaiveld, slechts gradueel lijkt te verschillen van die welke onder de huidige omstandigheden te verwachten is. De ontwikkeling van het droge Wintereiken-Beukenbos zal waarschijnlijk niet meer mogelijk zijn, terwijl de mogelijkheden voor het Elzen-Eikenbos beter zullen worden.
- Bij verhoging van de stuwpeilen naar 50 cm beneden maaiveld het karakter van de graslanden van droog naar vochtig zal verschuiven.

Tabel 8 Peilbeheerreëks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 5

PEILBEHEER		GRONDWATERSTAND				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
Winter:	Zomer:	GVG	GHG	GLG	GT	SWNBL	CML	van der Werf	water-overlast	droogte	totaal
(cm beneden maaiveld)		(cm beneden maaiveld)				(type, legenda onder tabel)			%		
0	0	0	0	51	II			4, 27 & 25			
50	50	4	0	77	III		21, 22				
75	75	19	1	85	III						
75	150	20	1	85	III			9	>22	2	>24
		25/30	0/10	80/90	III	0			17	2	19
		35/40	0/10	90/100	III	11					
		45/50	5/15	100/110	III	12	41, 42		13	4	17
135	135	56	27	109	III*	3		6 8	3	5	8
huidige situatie		50/60	25/30	110/120	III*						
		60/65	30/40	120/130	V*	13			0	7	7

SWNBL-stalenset 3: staal 3-0 = natte heide in uitgangssituatie; staal 3-11 = idem bij vergroote drainage, dosis 1; staal 3-12 = idem dosis 2; staal 3-13 = idem dosis 3

CML-ecoseries: 22 = nat, voedselarm, zwakzuur; 42 = vochtig, voedselarm, zwakzuur

van der Werf-bostypen: 4 = Berkenbroekbos; 6 = vochtig Zomereiken-Berkenbos; 8 = vochtig Wintereiken-Berkenbos; 9 = Elzen-Eikenbos; 25 = Elzenzeggel-broekbos; 27 = Berken-Elzenbroekbos

Tabel 9 Peilbeheerreëks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 6

PEILBEHEER		GRONDWATERSTAND				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
Winter:	Zomer:	GVG	GHG	GLG	GT	SWNBL	CML	van der Werf	water-overlast	droogte	totaal
(cm beneden maaiveld)		(cm beneden maaiveld)				(type, legenda onder tabel)			%		
25	25	0	0	41	I						
50	50	3	0	63	II			25			
		15/20	0/+10	80	II	0					
75	75	12	1	90	III						
75	150	17	3	102	III	7			26	2	28
		25/30	10	70/80	III	11		21	21	1	22
		30/45	10/20	90	III	12			12	2	14
135	135	49	28	120	III*			47	3	17	20
		45-50	30	100/120	III*	13			3	17	20
huidige situatie		45/60	25/40	100/120	III*				1	17	18

SWNBL-stalenset 7: staal 7-0 = blauwgrasland in uitgangssituatie; staal 7-11 = idem bij vergroote drainage, dosis 1; staal 7-12 = idem dosis 2; staal 7-13 = idem dosis 3

CML-ecoseries: 27 = nat, matig voedselrijk; 47 = vochtig, matig voedselrijk

van der Werf-bostypen: 8 = vochtig Wintereiken-Berkenbos; 9 = Elzen-Eikenbos; 21 = Vogelkers-Essenbos; 25 = Elzenzeggel-broekbos

- De opbrengstdepressie voor graslandgebruik bij het opzetten van het grondwater door een stuwpeil van 50 cm vrijwel gelijk zal zijn: de droogtedepressie neemt in gelijke mate af als de depressie door wateroverlast toeneemt.

In de B&L varianten is een verhoogd stuwpeil zoveel mogelijk vermeden omdat de landbouwkundige baten zeer gering zullen zijn. Op delen die bebost worden, zijn geen grote veranderingen in de vegetatieontwikkeling door peilverhoging te verwachten.

In de SWNBL-varianten wordt gekozen voor grondwaterstanden, die overeenkomen met een stuwpeil van 50 cm beneden maaiveld.

In de natuurvariant is voor de ontwikkeling van Elzen-Eikenbos, vochtig Zomereiken-Berkenbos en vochtig Wintereiken-Beukenbos gekozen.

Voor de dalen is uit tabel 7 af te leiden dat:

- Goede mogelijkheden lijken te bestaan om met relatief diepe stuwpeilen reeds Gt I te creëren. De verklaring hiervoor is het optreden van sterke kwel uit essen en (in minder mate) het plateau. Bij een stuwpeil van 75 cm beneden maaiveld zal Gt II ontstaan.
- De natuurontwikkelingsmogelijkheden in de dalen vrij gevarieerd zijn. De ontwikkeling van Elzenbronbos en drassige hooilanden van het Dotterverbond is mogelijk bij de ondiepste stuwpeilen. Bij een stuwpeil van 75 cm beneden maaiveld valt te denken aan het Vogelkers-Essenbos, het Elzen-Eikenbos en blauwgraslanden. Bij diepere stuwpeilen is geen sprake meer van optimale ontwikkelingsmogelijkheden voor blauwgraslanden. Er zal sprake zijn van vochtige, matig voedselrijke graslanden (ondermeer kamgrasweide en struisgrasrijke variant van het blauwgrasland).
- De landbouwkundige mogelijkheden op Gt I en II bijzonder ongunstig zijn, aangezien door wateroverlast oogstdepressies van 30% en meer te verwachten zijn. Ook voor aangepaste landbouw worden deze depressies strijdig geacht. Op Gt III zijn oogstdepressies van circa 20% te verwachten.

In de B&L-varianten met natuurontwikkeling is gekozen voor een peilbeheer dat leidt tot Gt II. In deze gevallen is ontwikkeling van blauwgraslanden en Vogelkers-Essenbossen mogelijk. Er wordt ook nog een bijdrage aan de waterconservering geleverd.

In de SWNBL varianten is gekozen voor een peilbeheer dat leidt tot Gt III.

In de natuurvariant wordt gekozen voor het meest ondiepe stuwpeil, waardoor de ontwikkeling van Elzenbronbos en drassig hooiland mogelijk wordt.

Voor het **dekzandgebied** geldt:

- In gebieden met bekeerdersgronden is plaatselijk grondwatertrap I in te stellen door het stuwpeil op maaiveldhoogte te brengen (tabellen 9 en 10). In de gebieden met natte veldpodzolen komt de natste situatie overeen met Gt II (tabel 8). Op de droge veldpodzolgronden is een grondwatertrap V te realiseren (tabel 2). Gebieden met Gt VII zijn niet door stuwbeheer te beïnvloeden (tabel 5).

Tabel 10 Peilbeheerreëks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 7

PEILBEHEER		GRONDWATERSTAND				STANDPLAATS			OOGSTDEPRESSIE		
Winter:	Zomer:	GVG	GHG	GLG	GT	SWNBL	CML	van der Werf	water-overlast	droogte	totaal
(cm beneden maaiveld)		(cm beneden maaiveld)				(type, legenda onder tabel)			(%)		
50	50	16	2	75	II		27	25	>26	1	>27
50	150	21	3	99	III				>26	1	>27
		25	10	80/100	III	0			15	2	17
		35	20	85/105	III	11		9	9	2	11
		40	30	90/110	III*	12	47		5	3	8
		55	50	100/120	IV	13			0	3	3
125	125	63	45	117	IV	4		6 8	0	3	3
huidige situatie		65/85	50/70	100/120	IV						

SWNBL-stalenset 5: staal 6-0 = heischraal grasland in uitgangssituatie; staal 6-11 = idem bij vergroote drainage, dosis 1; staal 6-12 = idem dosis 2; staal 6-13 = idem dosis 3

CML-ecoseries: 27 = nat, matig voedselrijk; 47 = vochtig, matig voedselrijk

van der Werf-bostypen: 6 = vochtig Zomereiken-Berkenbos; 8 = vochtig Wintereiken-Beukenbos; 9 = Elzen-Elkenbos; 25 = Elzenzeggebroekebos

Tabel 11 Standplaatstabel voor bekkens

WATERBEHEEREENHEID 10		Overstromingsvlakten en wateren					
PEILFLUCTUATIE							
		0	25	50	75	100	200 (cm)
OVERSTROMINGSDEUR	360	FONTEINKRUIDEN VERBOND					ZONDER VEGETATIE
		MINIMALE WATERDIEPTE 30 CM.					
	150	ZEGGEN	RIET VERBOND				TANDZAAD VERBOND
		RIET	MAXIMALE WATERDIEPTE 100 CM.				
	20/30	ZACHTHOUTBOS	WILGEN				
	ELS	POPULIEREN					
		MAXIMALE WATERDIEPTE 100 CM.					
(dagen) 0		HARDHOUTBOS					
		MAXIMALE WATERDIEPTE 100 CM.					

- Op de beekerdgronden is qua grondwaterstanden de ontwikkeling van blauwgraslanden mogelijk (Gt II, stuwpeil 50 cm beneden maaiveld). Ook de ontwikkeling van elzenbroekbos lijkt hier op basis van grondwaterstanden mogelijk.
Een open vraag blijft echter of de waterkwaliteit, die voor de ontwikkeling van dit soort vegetaties noodzakelijk is, bij dit stuwbeheer gerealiseerd kan worden. In de modelberekening wordt er steeds vanuit gegaan dat het opzetten van slootwaterpeilen niet leidt tot afname van de kwel. Deze veronderstelling is waarschijnlijk alleen realistisch indien in het gehele gebied dat de kwelstroom voedt de stuwpeilen eveneens worden opgezet. In de SWNBL varianten is dit echter het geval.
- Op natte veldpodzolen en in gebieden met Gt IV zijn grondwaterstanden te realiseren, die overeenkomen met de standplaats-eisen van natte heiden en vochtige (heischrale) graslanden. De voor het natuurbehoud optimale standplaats kan het beste worden bereikt bij stuwpeilen tussen 75 en 100 cm beneden maaiveld.
- In gebieden met droge veldpodzolgronden zijn de mogelijkheden van peilverhogingen zodanig dat geen ontwikkeling naar geheel andere vegetatietypen te verwachten valt. Voor korte vegetaties geldt dat geen ontwikkeling te verwachten valt in de richting van een natte heide, die voor het natuurbehoud interessant gevonden wordt. Wel zullen drogere soorten afnemen ten gunste van vochtigere soorten.
- De oogstdepressies bij Gt II en natter bedragen 30 % en meer. Bij Gt III zijn oogstdepressies van maximaal 22% te verwachten als een GVG van 25 cm of dieper wordt aangehouden. In andere gevallen bedragen de depressies 30 tot 40%.

Voor de SWNBL varianten wordt uitgegaan van maximaal Gt III als meest natte situatie, omdat de te verwachten oogstdepressies strijdig worden geacht met een functie aangepaste landbouw. Op natte veldpodzolgronden kan dan sprake zijn van vochtige, voedselarme (heischrale) graslanden. Op beekerdgronden kunnen blauwgraslanden ontwikkelen.

Voor de natuurvariant zal worden gestreefd naar iets diepere stuwpeilen op de natte veldpodzolgronden en iets hogere peilen op de beekerdgronden. Er zal zich dan optimaal natte heide en blauwgrasland kunnen ontwikkelen.

Uit tabel 11 is af te leiden dat:

- Bij waterdiepte van 50 cm. en minder de vegetatieontwikkeling in hoge mate bepaald zal worden de lengte en het tijdstip van de inundatie. Zo zouden schietwilgen vrijwel het gehele jaar onder water kunnen staan. Hardhoutboomsoorten, zoals de iep en de eik kunnen minder lang onder water staan.
- In water dieper dan 1 m 50 zich vrijwel uitsluitend waterplanten kunnen vestigen.

Voor de infiltratiebekkens lijkt de maximale diepte van het water een goede keus indien men veel opslag van houtige gewassen wenst. De waterdiepte in spaarbekkens van 2 meter maakt nauwelijks vegetatieontwikkeling mogelijk.

5.2. Beschrijving van de inrichtingsvarianten

Er zijn acht varianten opgesteld, die verschillen in zowel bestemming, inrichting als beheer. In tabel 12 zijn de kenmerken van de verschillende inrichtingsvarianten samengevat.

Tabel 12 Kenmerken van de inrichtingsvarianten

Inrichtingsvariant:	1	2	3	4	5	6	7	8
Bestemming (in ha):								
. volgens B&L plan	+	+	+	+	+	-	-	-
. volgens SWNBL plan	-	-	-	-	-	+	+	-
. spontaan bos	1700	1700	1700	1700	1700	0	0	1200
. natuurbeheer	0	0	0	0	0	280	280	4410
. aangepaste land- bouw	0	0	0	0	0	5330	5330	0
. landbouw	3910	3910	3910	3910	3910	0	0	0
Techniek en omvang:								
. drinkwatervoorz.	+	-	+	-	+	+	-	-
. landbouwvoorz.	-	+	-	+	-	-	+	-
. spaarbekkens (in ha)	-	190	-	100	-	-	120-	-
. infiltratiebekken met pompstation (in ha.)	50	-	150	-	150	260	-	-
. combinatie van technieken:	A	B	A	B	A	A	B	C
Vormgeving bekkens:								
. contextueel	+	-	+	-	+	+	-	-
. autonoom	-	+	-	+	-	-	+	-
Plaats bekkens:								
. plateau	-	+	-	+	-	-	-	-
. essen	+	-	-	-	-	-	-	-
. dalen	-	-	+	+	-	-	-	-
. dekzandgebied	-	-	-	-	+	+	+	-
Waterbeheer:								
. verlanding waterlopen	-	-	-	-	-	-	-	+
. stuw gedurende herfst, winter en voorjaar (cm. beneden maaiveld)	0	75	0	75	0	50 75	50 75	-
. maximale water- reservoir (m)	0,5	2	0,5	2	0,5	0,5	2	-

5.2.1. Variant 1 (figuur 25)

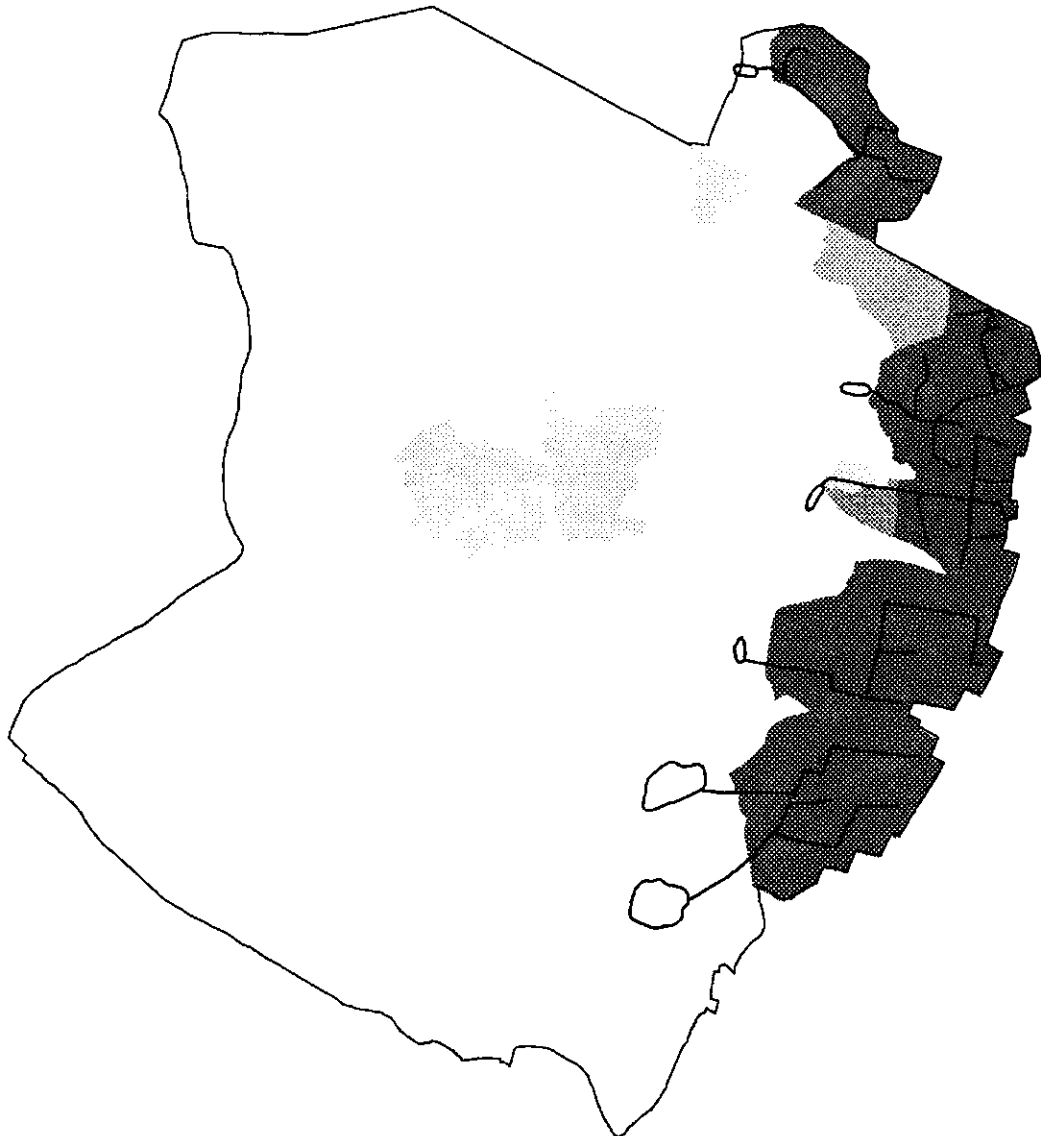
Bestemmingen: De bestemmingen in deze variant zijn overgenomen uit het B&L plan. In totaal is 1700 hectare natuurgebied (spontane bosvorming met extensieve begrazing) voorzien op het plateau en sommige essen in het dekzandgebied (infiltratiegebieden) in de dalen (kwel) en in het Aaltense Goor. Ook in het studiegebied blijkt het B&L plan niet uitsluitend het positioneringsprincipe te hebben gehanteerd. Op de essen en in het dekzandgebied vindt intensieve, grootschalige landbouw plaats.

Inrichting: Deze variant gaat uit van benutting van het gebieds-eigen water afkomstig uit natuurgebieden op het plateau, een deel van de essen en de koppen van de dalen ten behoeve van drinkwatervoorziening. Het oppervlaktewater op de vlakke gebiedsdelen met waterlopen wordt zoveel mogelijk gedurende herfst, winter en voorjaar vastgehouden door beweegbare stuwen. Het overige deel stroomt af als oppervlaktewater. Het gaat om in totaal 850 hectare bosgebied met beweegbare stuwen. In mei en juni worden de stuwen gestreken, zodat het water kan worden afgevoerd via een gedeeltematig nieuw aan te leggen waterlopenstelsel. Op dit waterlopenstelsel watert ondergronds nog een gebied van ongeveer 20 hectare af, waar geen stuwen voor komen. In totaal is het vanggebied dus 870 hectare groot. Het afwateringsstelsel, dat min of meer de hoogtelijnen volgt, voert het water naar de gedeelte van de essen tussen de dalen, waar een matig dik watervoerend pakket voorkomt. Het afwateringsstelsel eindigt in een 5 meter brede en halve meter diepe infiltratiesloot. De totale lengte van de infiltratiesloten bedraagt 16,8 km. Vanuit deze sloten zal het oppervlaktewater infiltreren. Het belangrijkste deel van dit water stroomt naar de dalen. In deze dalen wordt het water gewonnen door middel van pompstations. Deze vorm van waterwinning is enigszins vergelijkbaar met de huidige drinkwaterwinning in de duinen.

Waterbeheer: In het grootste deel van het vanggebied van de infiltratiesloten wordt het grondwaterpeil opgezet door de stuwen in herfst, winter en voorjaar tot ongeveer op maaiveldhoogte op te trekken. Hiermee worden voor natuurontwikkeling optimale omstandigheden beoogd. In mei en juni worden de stuwen gestreken om extra oppervlaktewaterafvoer naar de infiltratiesloot te bewerkstelligen.

In het overige gebieden met de bestemming natuur wordt voorzover mogelijk vaste stuwen aangebracht. Dit om gedurende het gehele jaar zo ondiep mogelijke grondwaterstanden te creëren ten behoeve van natuurontwikkeling. Het gaat in totaal om een oppervlakte van 70 hectare. In het resterende gebied met de bestemming natuur kunnen de grondwaterstanden niet door stuwbeheer beïnvloed worden omdat waterlopen ontbreken of een te groot verhang kennen.

In het gebied met de bestemming landbouw blijft het huidige peilbeheer gehandhaafd.



VARIANT 1

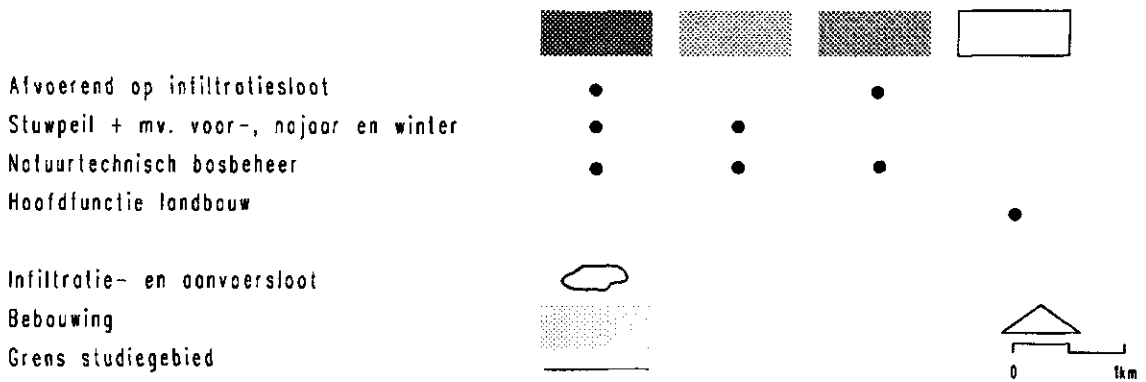


Fig. 25 Variant 1

5.2.2. Variant 2 (figuur 26)

Bestemmingen: idem variant 1.

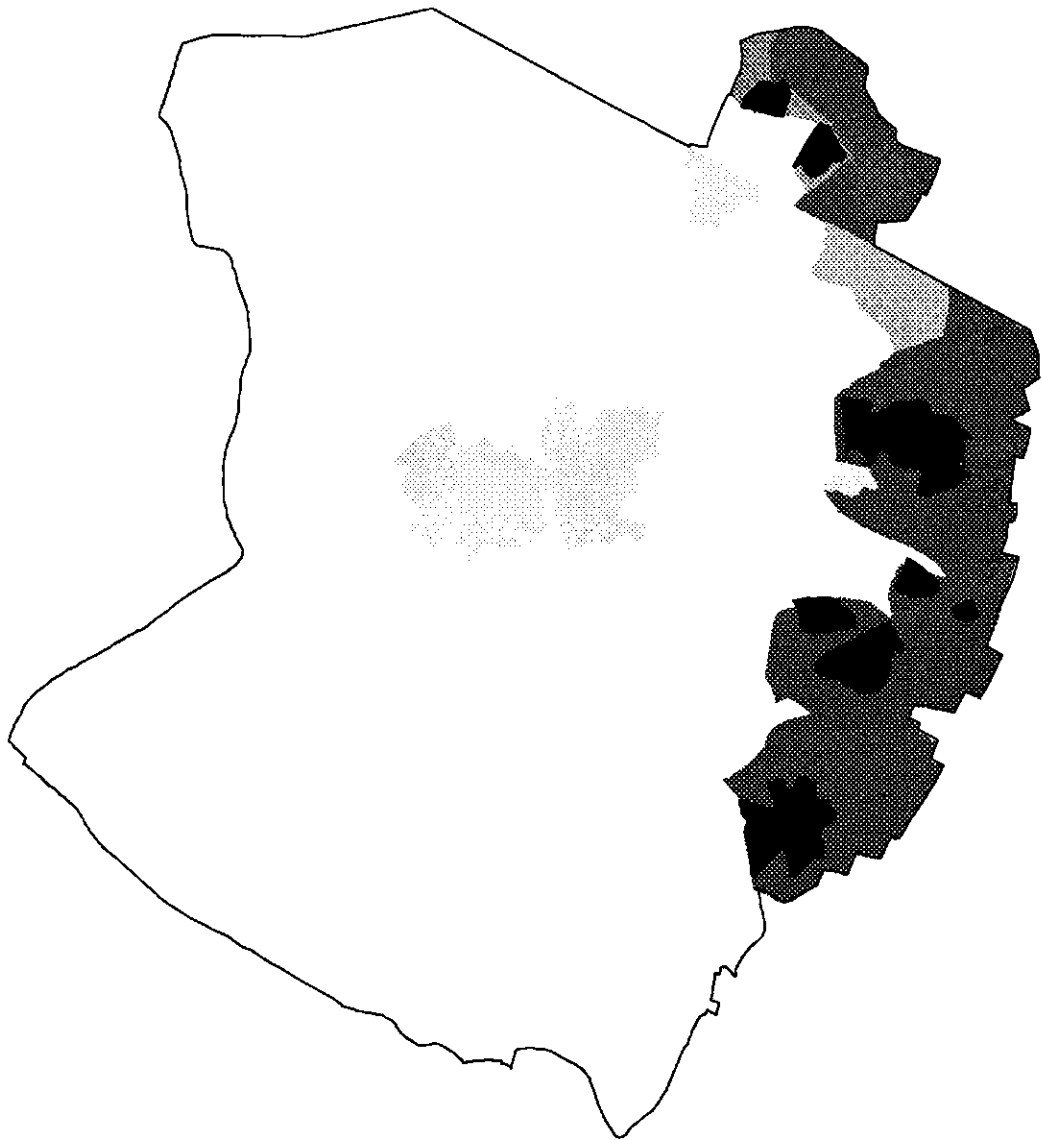
Inrichting: Deze variant gaat uit van benutting van het gebieds-eigen water afkomstig uit natuurgebieden op het plateau, een deel van de essen en de koppen van de dalen ten behoeve van landbouw-watervoorziening. Het oppervlaktewater op de vlakke gebiedsdelen met waterlopen wordt zoveel mogelijk vastgehouden door beweegbare stuwen. Het overige deel stroomt af als oppervlaktewater. Het gaat om in totaal 885 hectare bosgebied met beweegbare stuwen. In mei en juni worden de stuwen gestreken, zodat het water via natuurlijk verval kan worden afgevoerd naar spaarbekkens. Deze spaarbekkens liggen in de koppen van dalen, waar zeer slecht doorlatende afzettingen ondiep voorkomen. Door afdamming van de dalen ontstaan acht reservoirs met een maximale waterdiepte van 2 meter (zie figuur 27). De vorm is bepaald door de dalvorm. De totale oppervlakte van de reservoirs bedraagt 190 hectare. Het totale vanggebied van de spaarbekkens is 900 hectare groot, omdat ook nog een gebied zonder stuwen ondergronds afwatert op de waterlopen. Figuur 28 geeft een impressie van een spaarbekken en omgeving vanuit de lucht.

Vanuit de spaarbekkens wordt in de maanden juni en juli oppervlaktewater uitgelaten naar de Baakse Beek en de Veengoot. Dit water kan gebruikt worden voor beregening en infiltratie in landbouwgebieden met vochttekorten.

Waterbeheer: In het grootste deel van het vanggebied wordt het grondwaterpeil opgezet door de stuwen in herfst, winter en voorjaar tot ongeveer 75 cm. beneden maaiveld op te trekken. Hiermee worden voor natuurontwikkeling optimale omstandigheden beoogd. In mei en juni worden de stuwen gestreken om extra oppervlaktewaterafvoer naar de spaarbekkens te bewerkstelligen.

In het overige gebieden met de bestemming natuur wordt voorzover mogelijk vaste stuwen aangebracht. Dit om gedurende het gehele jaar zo ondiep mogelijke grondwaterstanden te creëren ten behoeve van natuurontwikkeling. Het gaat in totaal om een oppervlakte van 120 hectare. In het resterende gebied met de bestemming natuur kunnen de grondwaterstanden niet door stuwbeheer beïnvloed worden omdat waterlopen ontbreken of een te groot verhang kennen.

In het gebied met de bestemming landbouw blijft het huidige peilbeheer gehandhaafd.



VARIANT 2

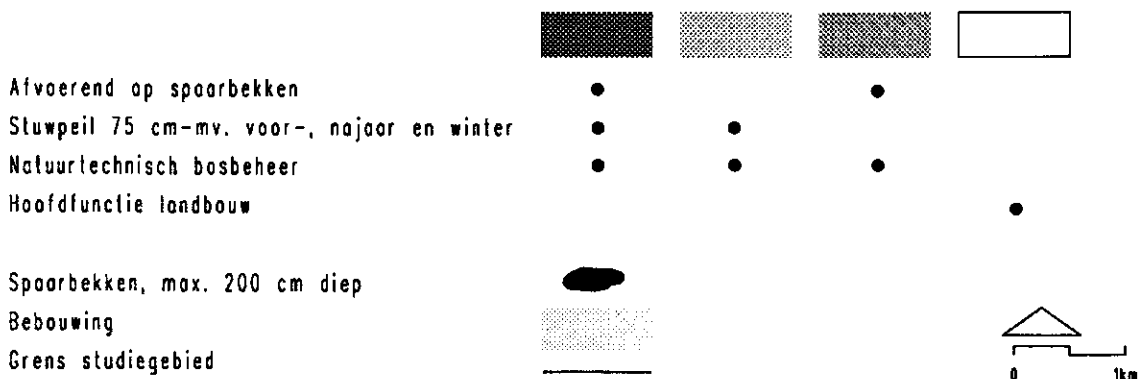


Fig. 26 Variant 2

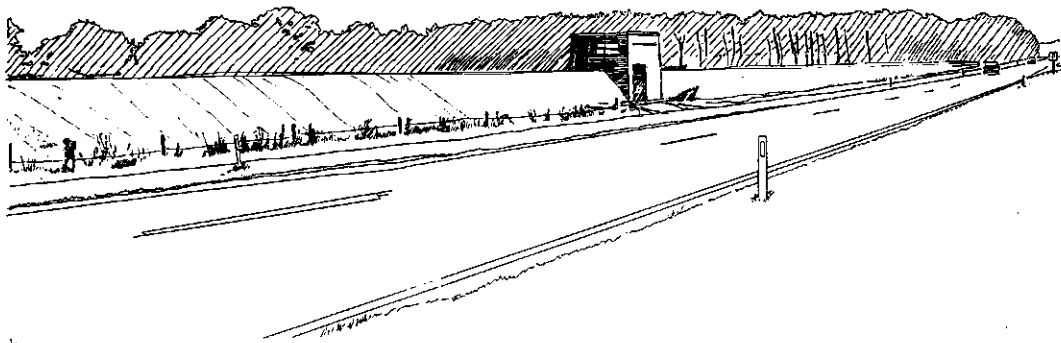
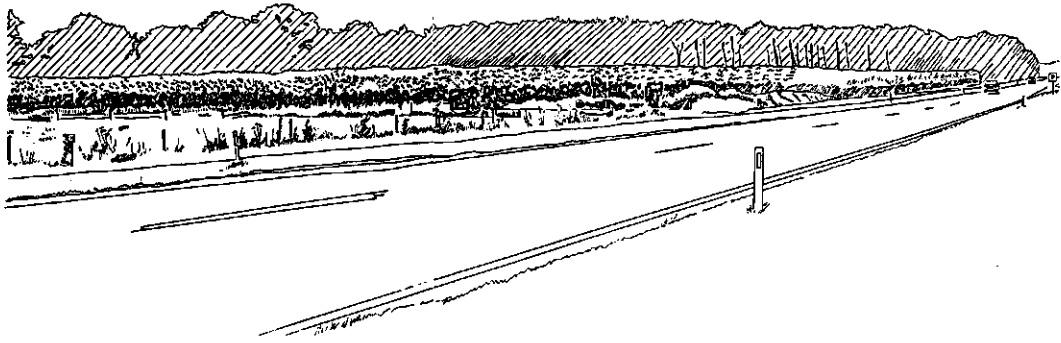


Fig. 27 Een impressie van een spaarbekken in een dalkop vanaf de grond. Boven voor uitvoering, onder na uitvoering.

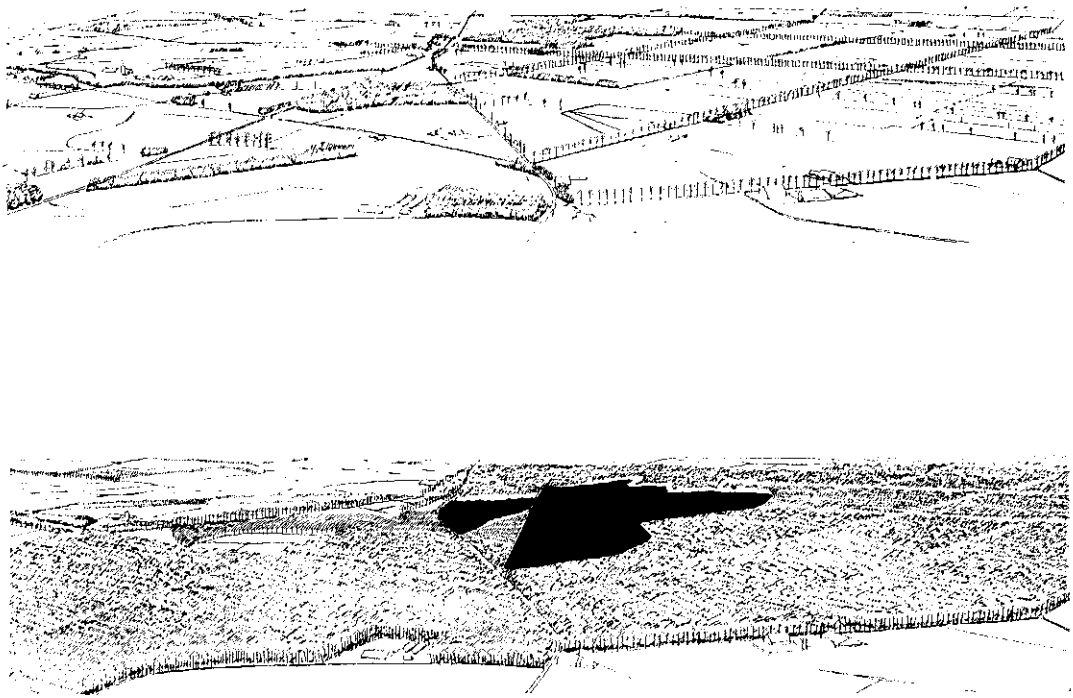


Fig. 28 Een impressie van variant 2 vanuit de lucht: spontane bosontwikkeling op het plateau met een spaarbekken in het bovenste gedeelte van een dal. Boven voor uitvoering, onder na uitvoering.

5.2.3. Variant 3 (figuur 29)

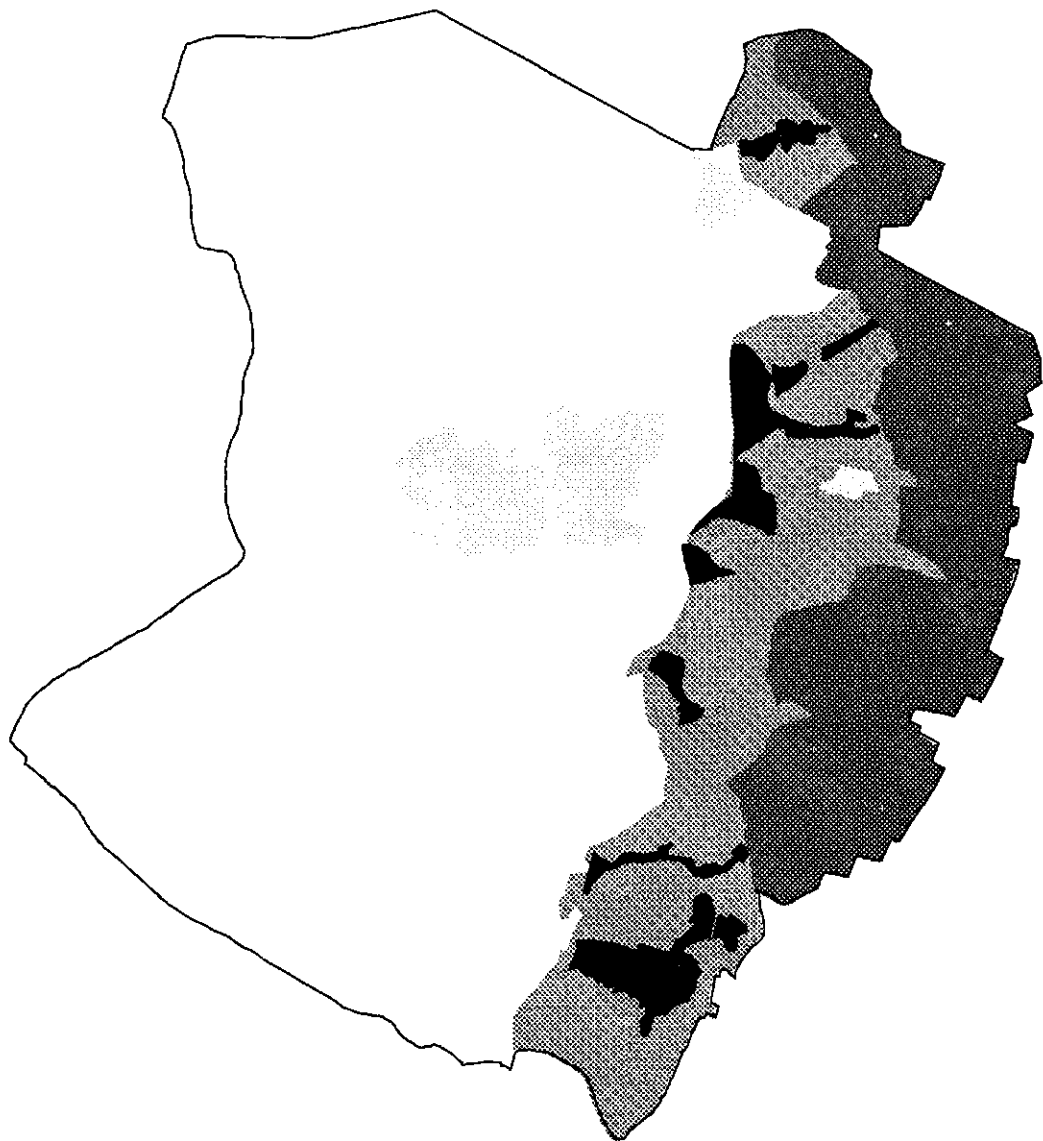
Bestemmingen: idem variant 1.

Inrichting: Deze variant gaat uit van benutting van het gebieds-eigen water afkomstig uit natuurgebieden op het plateau, een deel van de essen en de koppen van de dalen ten behoeve van drink-watervoorziening. Het oppervlaktewater in de vlakke gebiedsdelen met waterlopen wordt zoveel mogelijk vastgehouden door beweegbare stuwen. Het overige deel stroomt af als oppervlaktewater. Het gaat om in totaal 970 hectare bosgebied met beweegbare stuwen. In mei en juni worden de stuwen gestreken, zodat het water via natuurlijk verval kan worden afgevoerd naar infiltratiebekkens. Deze bekkens liggen beneden in de dalen, waar een tien tot vijftien meter dik watervoerend pakket voorkomt. Door afdamming van de dalen ontstaan zeer veel reservoirs met een maximale waterdiepte van 50 centimeter (zie figuur 30). De vorm van de reservoirs is bepaald door de dalvorm. De totale oppervlakte van de reservoirs bedraagt 150 hectare. Het totale vanggebied van de spaarbekkens is 1980 hectare groot, omdat ook nog een gebied zonder stuwen ondergronds afwatert op de waterlopen. Een belangrijk deel van dit gebied kent de bestemming landbouw. Figuur 31 geeft een impressie van infiltratiebekkens en omgeving vanuit de lucht.

Vanuit de bekkens zal het water infiltreren naar de ondergrond. In de directe omgeving van de bekkens wordt het grondwater opgepompt.

Waterbeheer: In het grootste deel van het vanggebied wordt het grondwaterpeil opgezet door de stuwen in herfst, winter en voorjaar tot op maaiveldhoogte op te trekken. Hiermee worden voor natuurontwikkeling optimale omstandigheden beoogd. In mei en juni worden de stuwen gestreken om extra oppervlaktewaterafvoer naar de infiltratiebekkens te bewerkstelligen.

In het gebied met de bestemming landbouw blijft het huidige peilbeheer gehandhaafd.



VARIANT 3

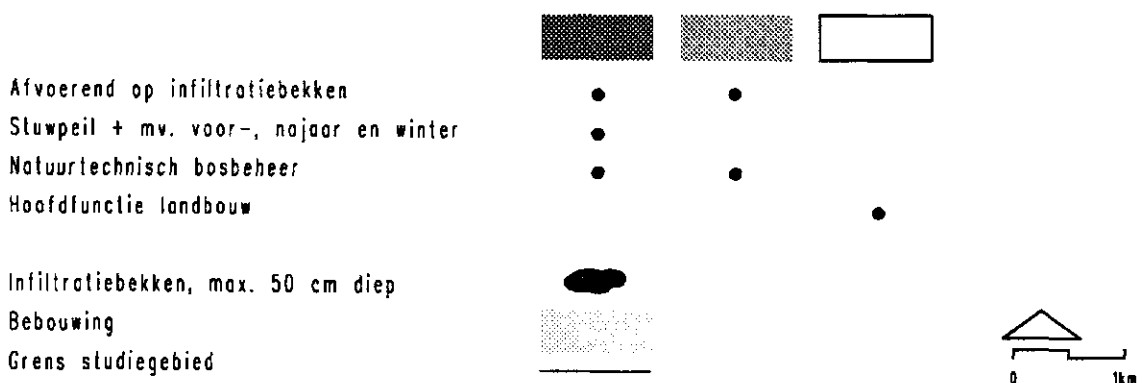


Fig. 29 Variant 3



Fig. 30 Een impressie van een infiltratiebekken in een dal
vanaf de essen. Boven voor uitvoering, onder na
uitvoering.

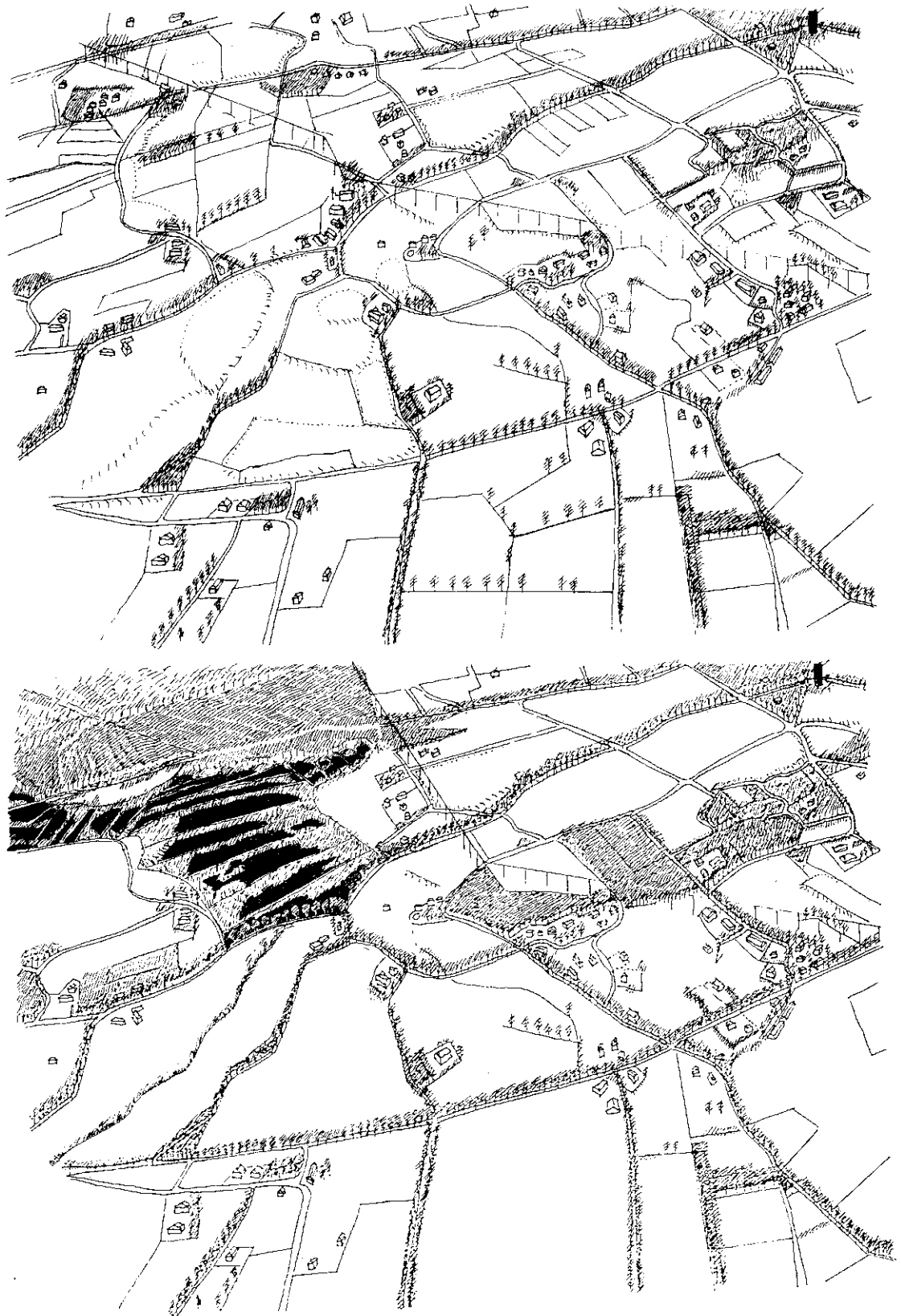


Fig. 31 Een impressie van infiltratiebekkens en omgeving in variant 3 vanuit de lucht. Boven voor uitvoering, onder na uitvoering.

5.2.4. Variant 4 (figuur 32)

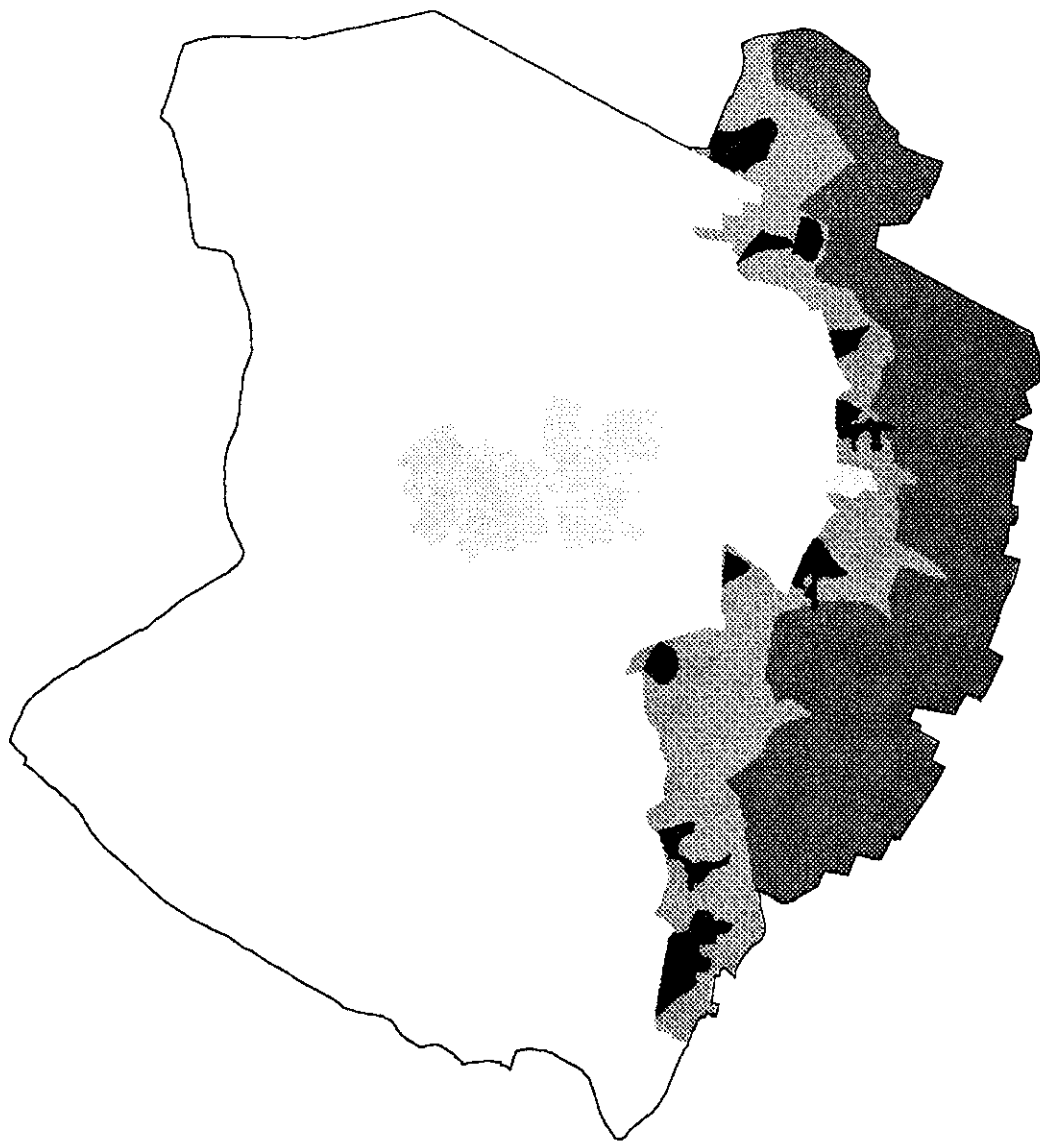
Bestemmingen: idem variant 1.

Inrichting: Evenals variant 2 gaat deze variant uit van benutting van het gebiedseigen water afkomstig uit natuurgebieden op het plateau, een deel van de essen en de koppen van de dalen ten behoeve van landbouwwatervoorziening. Het oppervlaktewater in de vlakke gebiedsdelen met waterlopen wordt zoveel mogelijk vastgehouden door beweegbare stuwen. Het overige deel stroomt af als oppervlaktewater. Het gaat om in totaal 892 hectare bosgebied met beweegbare stuwen. In mei en juni worden de stuwen gestreken, zodat het water via natuurlijk verval kan worden afgevoerd naar spaarbekkens. Deze spaarbekkens liggen in lager in de dalen dan in variant 2, maar wel zodanig dat zeer slecht doorlatende afzettingen nog op geringe diepte voorkomen. Deze ligging stemt het meest overeen met de in het B&L plan aangeduide plaats. Door afdamming van de dalen ontstaan acht reservoirs met een maximale waterdiepte van 2 meter (zie figuur 27). De totale oppervlakte van de reservoirs bedraagt 100 hectare. Het totale vanggebied van de spaarbekkens is 1568 hectare groot, omdat ook nog een groot gebied zonder stuwen ondergronds afwatert op de waterlopen. Een belangrijk deel van dit ondergronds afvoerende gebied kent de bestemming landbouw.

Vanuit de spaarbekkens wordt in de maanden juni en juli oppervlaktewater uitgelaten naar de Baakse Beek en de Veengoot. Dit water kan gebruikt worden voor beregening en infiltratie in landbouwgebieden met vochttekorten.

Waterbeheer: In het grootste deel van het vanggebied wordt het grondwaterpeil opgezet door de stuwen in herfst, winter en voorjaar tot ongeveer 75 cm. beneden maaiveld op te trekken. Hiermee worden voor natuurontwikkeling optimale omstandigheden beoogd. In mei en juni worden de stuwen gestreken om extra oppervlaktewaterafvoer naar de spaarbekkens te bewerkstelligen.

In het gebied met de bestemming landbouw blijft het huidige peilbeheer gehandhaafd.



VARIANT 4

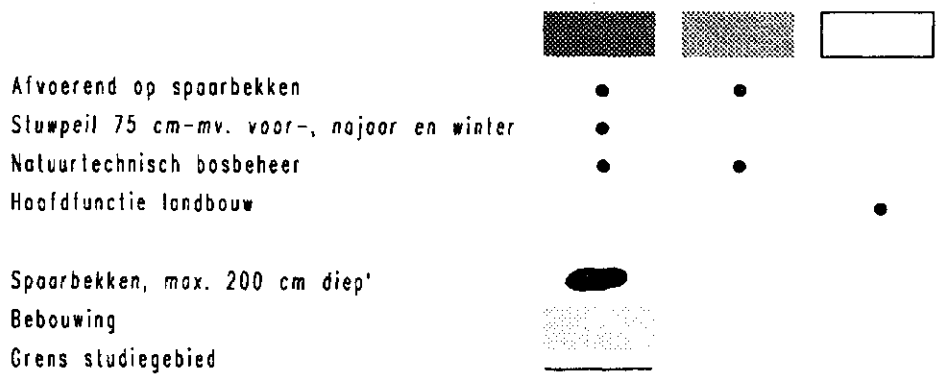


Fig. 32 Variant 4

5.2.5. Variant 5 (figuur 33)

Bestemmingen: idem variant 1.

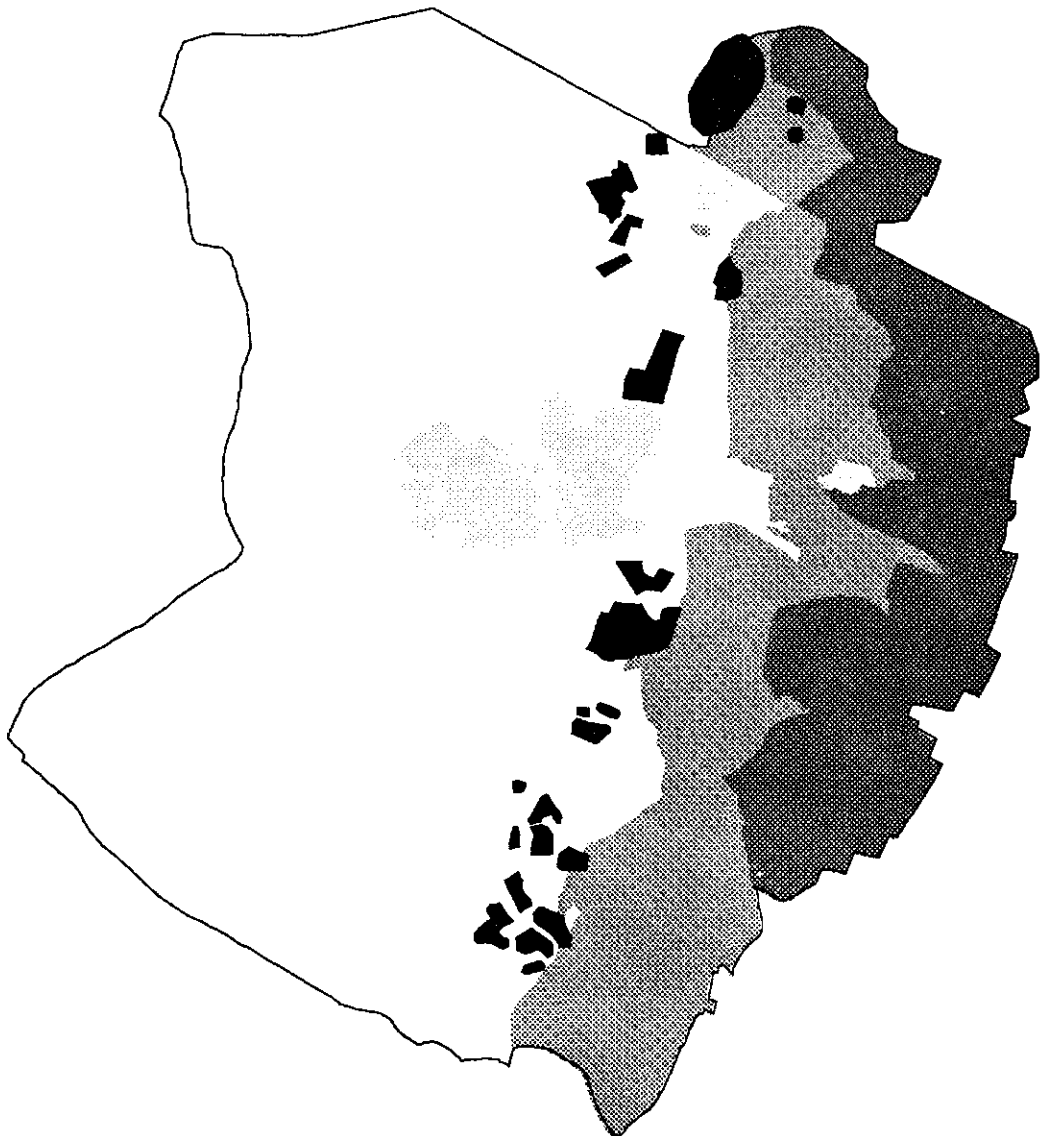
Inrichting: Deze variant gaat evenals varianten 1 en 3 uit van benutting van het gebiedseigen water afkomstig uit natuurgebieden op het plateau, een deel van de essen en de koppen van de dalen ten behoeve van drinkwatervoorziening. Het oppervlaktewater in de vlakke gebiedsdelen met waterlopen wordt zoveel mogelijk vastgehouden door beweegbare stuwen. Het overige deel stroomt af als oppervlaktewater. Het gaat om in totaal 930 hectare bosgebied met beweegbare stuwen. In mei en juni worden de stuwen gestreken, zodat het water via natuurlijk verval kan worden afgevoerd naar infiltratiebekkens. Deze bekkens liggen in het dekzandgebied aan de voet van de terrasrand, waar een meer dan 15 meter dik watervoerend pakket voorkomt (een oude Rijngeul). Het gaat steeds om kleine dekzandruggen met grondwatertrappen VI of VII, die meer dan een halve meter boven de omgeving uitsteken. waar zeer slecht doorlatende afzettingen ondiep voorkomen. Door de aanleg van 1 meter hoge dijken ontstaan 24 reservoirs met een maximale waterdiepte van 50 centimeter. De dijken volgende de oorspronkelijke percelering. De totale oppervlakte van de reservoirs bedraagt 150 hectare. Het totale vanggebied van de spaarbekkens is 2010 hectare groot, omdat ook nog een gebied zonder stuwen ondergronds afwatert op de waterlopen. Dit gebied is voornamelijk voor landbouw bestemd. Figuur 34 geeft een impressie van een aantal bekkens en omgeving vanuit de lucht. Omdat de bekkens relatief hoog liggen binnen het dekzandgebied zullen voorzieningen getroffen moeten worden om het aangevoerde oppervlaktewater op te voeren. Men kan hierbij denken aan de aanleg van opgelegde beken of aan gemalen.

Vanuit de bekkens zal het water infiltreren. Door middel van pompstations tussen clusters van bekkens wordt het water gewonnen. De ligging van de pompstations komen in deze variant overeen met de aanduiding in het B&L plan.

Waterbeheer: In het grootste deel van het vanggebied wordt het grondwaterpeil opgezet door de stuwen in herfst, winter en voorjaar tot op maaiveldhoogte op te trekken. Hiermee worden voor natuurontwikkeling optimale omstandigheden beoogd. In mei en juni worden de stuwen gestreken om extra oppervlaktewaterafvoer naar de bekkens te bewerkstelligen.

In de overige gebieden met de bestemming natuur dat afwatert op de bekkens kan het grondwater niet of nauwelijks met behulp van stuwen worden opgezet, omdat waterlopen ontbreken of het verval te groot is.

In het gebied met de bestemming landbouw blijft het huidige peilbeheer gehandhaafd.



VARIANT 5

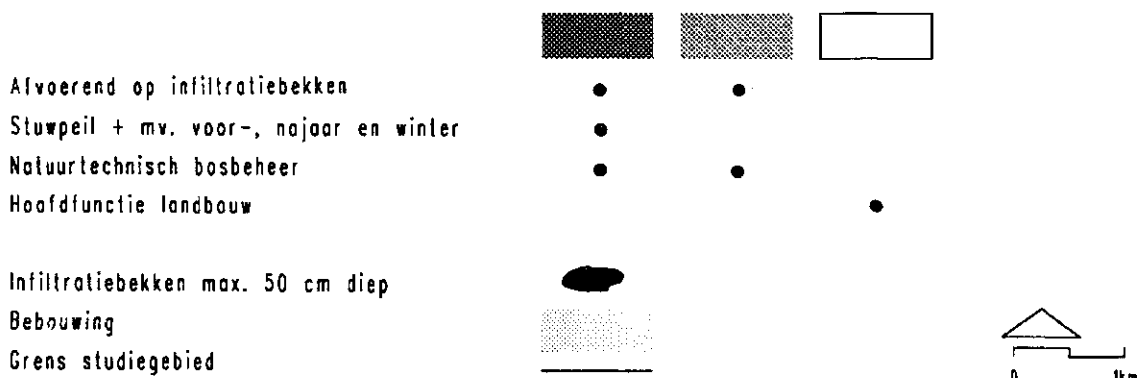


Fig. 33 Variant 5

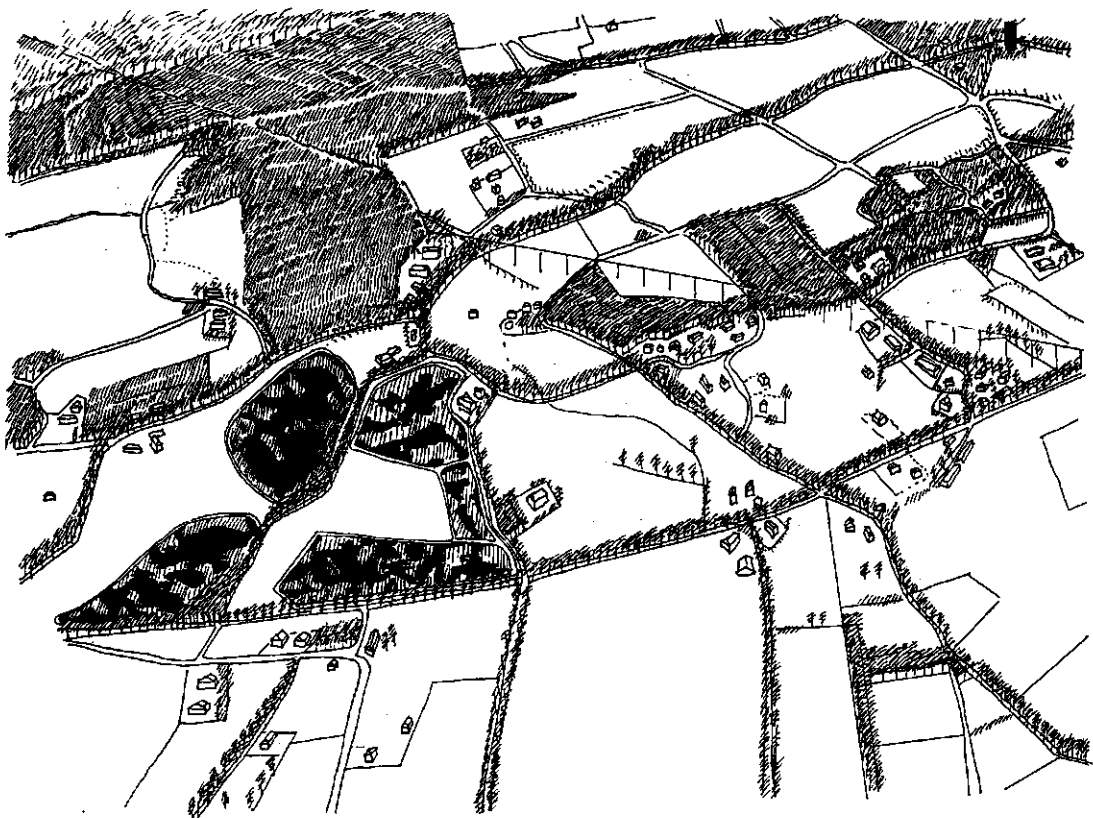
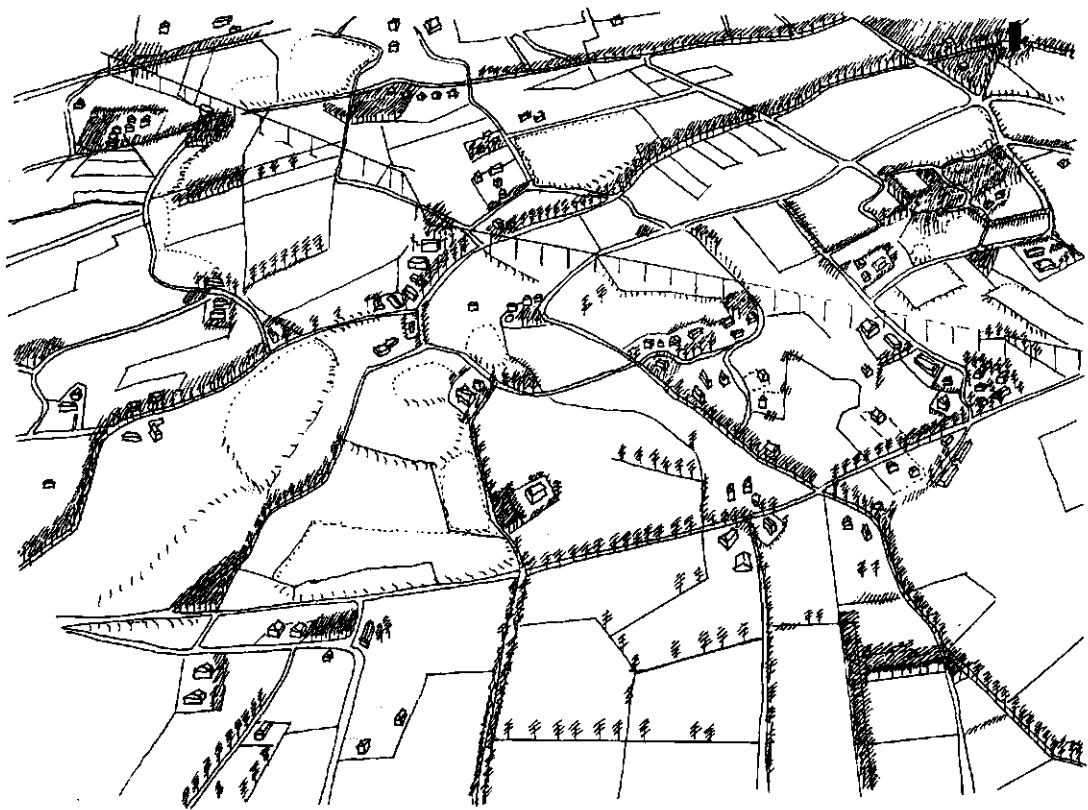
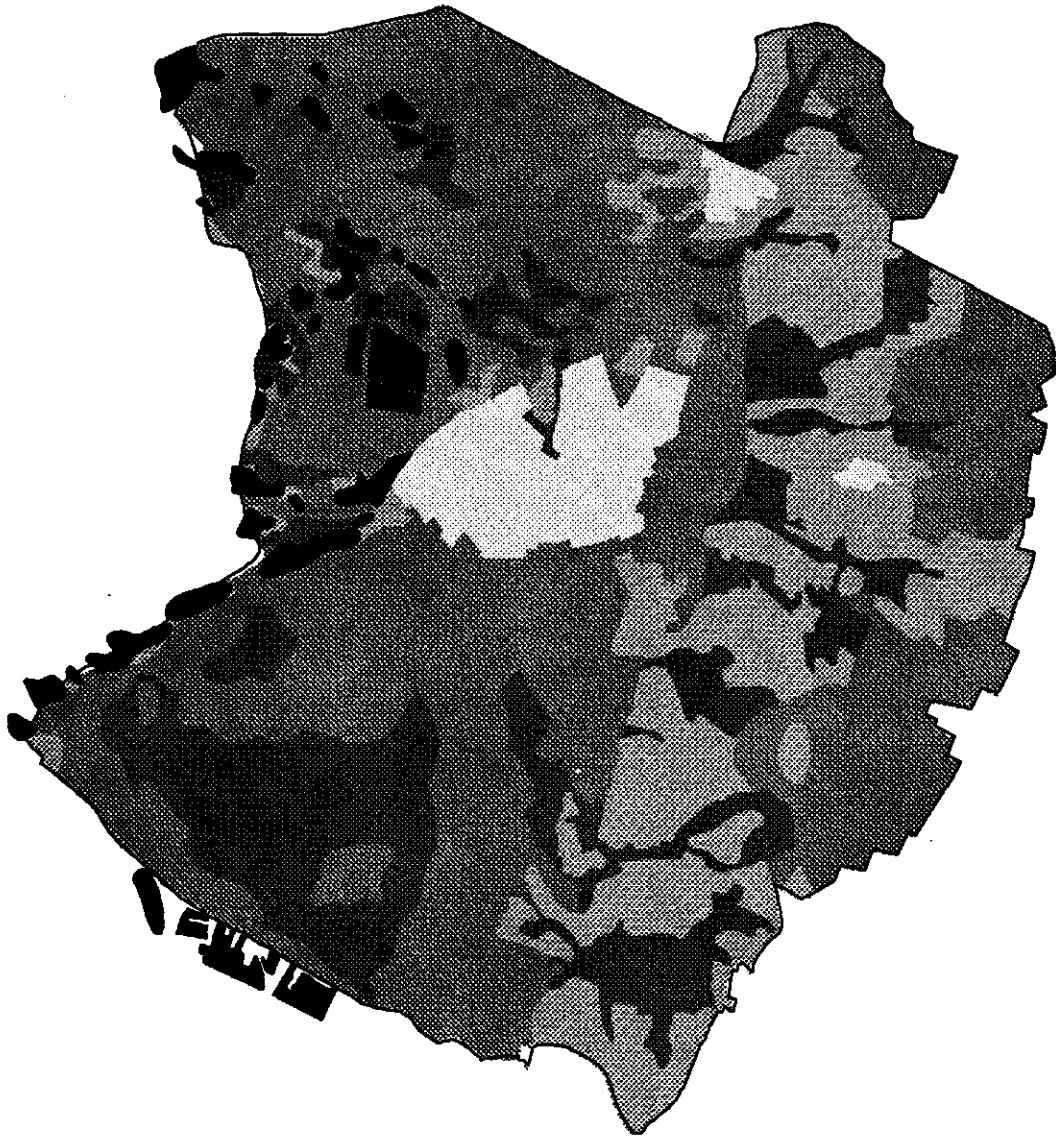


Fig. 34 Impressie van een cluster infiltratiebekkens aan de voet van het Oost Nederlands Plateau vanuit de lucht. Boven voor uitvoering, onder na uitvoering.

5.2.6. Variant 6 (figuur 35)

Bestemmingen: De bestemmingen in deze variant zijn overgenomen uit het SWNBL plan. Het gehele studiegebied is bestemd voor natuur gecombineerd met aangepaste landbouw. Er is gekozen voor het bedrijfsmodel IV, dat de grootste beperking aan de bemesting oplegt. De keuze voor dit bemestingsniveau komt voort uit de overweging dat het gebiedseigen water in deze variant zal worden benut voor drinkwatervoorziening. Op 280 hectare zal bemesting en beweiding achterwege blijven. Het gaat hierbij om reeds bestaande en nieuw te vormen houtwallen, heggen, singels en bosjes. Een kleine tweeduizend hectare krijgt een bemestingsniveau van 100 kg stikstof per jaar met extensieve beweiding. Dit beheerspakket wordt bij voorkeur toegepast in deelstroomgebieden rond de bestaande natuurgebieden Koolmansdijk en Aaltense Goor en in de directe omgeving van de pompstations. Daarnaast kan dit beheerspakket toegepast worden in gebieden met kansrijke ecologische gradiënten, zoals de dalen met sterke kwel en de voet van het Oost Nederlands Plateau. Het beheerspakket van 200 kg N/jaar wordt toegepast op 840 hectare. Dit pakket geldt voor de gebieden met zeer diepe grondwaterstanden op de essen en grote dekzandruggen in het dekzandgebied, omdat hier sprake zal zijn van een geringe denitrificatie in de bodem. Op de overige 2500 hectare bedraagt de maximale mestgift 400 kg N/jaar.

Inrichting: Deze variant gaat uit van benutting van het gebiedseigen water afkomstig uit het gehele studiegebied ten behoeve van drinkwatervoorziening. Het oppervlaktewater in de vlakke gebiedsdelen met waterlopen wordt zoveel mogelijk vastgehouden met behulp van beweegbare stuwen. Het overige deel stroomt af als oppervlaktewater naar aan te leggen reservoirs. Het gaat om in totaal 4460 hectare met beweegbare stuwen. In mei en juni worden de stuwen gestreken, zodat het water kan worden afgevoerd via het bestaande waterlopenstelsel. Op dit waterlopenstelsel water ondergronds nog een gebied zonder waterlopen van 1150 hectare af. In totaal is het vanggebied dus 5610 hectare groot. Het afwateringsstelsel (Nieuwe Beek, Baakse Beek en Veengoot) voert het water naar een aantal clusters met infiltratiebekkens aan de zuid- en westzijde van het studiegebied. Deze clusters liggen in infiltratiegebieden met een dik watervoerend pakket in de ondergrond om te bevorderen dat het water zo snel mogelijk infiltreert. De positie is bovendien zodanig gekozen dat er nauwelijks kansrijke ecologische gradiënten voorkomen. De belangrijkste clusters liggen rond Koolmansdijk, in het Koekenveld ten westen van Lichtenvoorde, op de dekzandrug Lichtenvoorde-Harreveld en op de Romienendiek. Het watervoerend pakket is hier meestal dikker dan 15 meter, omdat op deze plaatsen oude Rijngeulen in de ondergrond voorkomen. De infiltratiebekkens zijn omgeven door één meter hoge ringdijken, zodat een maximale waterdiepte van een halve meter kan optreden. Figuur 36 laat zien hoe een infiltratiebekken er vanaf de grond uitziet. Er is gekozen voor zo veel mogelijk bekkens. De dijken volgen de parcelering, locale wegen en/of verspreide bebouwing. Dit is bedoeld om een zo contextueel mogelijke vormgeving te bereiken en om de lekkage naar de ondergrond zoveel mogelijk te bevorderen. Figuur 37 geeft een impressie vanuit de lucht van een cluster bekkens rond Koolmansdijk. In totaal zijn 39 bekkens met een gezamenlijke



VARIANT 6

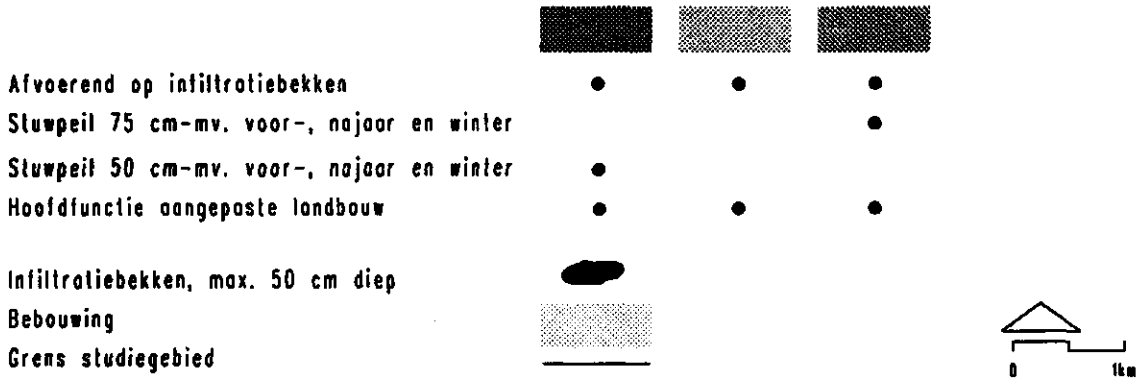


Fig. 35 Variant 6

opervlakte van 260 hectare aangelegd. Het aangevoerde water moet vanuit de beken naar de bekkens geleid worden. Hiervoor zullen aanvoersloten en gemalen moeten worden aangelegd.

Vanuit de bekkens infiltreert het water. Door middel van pompstations, die binnen de clusters zijn gesitueerd wordt dit water gewonnen voor drinkwatervoorziening.

Waterbeheer: Voor zover mogelijk wordt in het vanggebied van de bekkens het grondwaterpeil opgezet door de stuwen in herfst, winter en voorjaar tot 50 of 75 cm beneden maaiveld op te trekken. In gebieden met kwel worden de stuwen minder hoog opgetrokken om de vorming van een regenwaterlens te voorkomen. Op de essen en de grotere dekzandruggen in het dekzandgebied is stuwbeheer niet mogelijk omdat waterlopen ontbreken en er sprake is van duidelijke infiltratiegebieden. Het stuwpeil is zodanig gekozen dat de oogstdepressie in de landbouw ten gevolge van wateroverlast en droogte niet meer dan 30% bedraagt. De omstandigheden voor natuurontwikkeling zijn min of meer vergelijkbaar met de situatie voor de uitvoering van de ruilverkavelingen in dit gebied. Het is mogelijk om in deelstroomgebieden met zeer lage mestgiften en veedichtheid een nattere situatie te creëren. In mei en juni worden de stuwen gestreken om extra oppervlaktewaterafvoer naar de bekkens te bewerkstelligen.

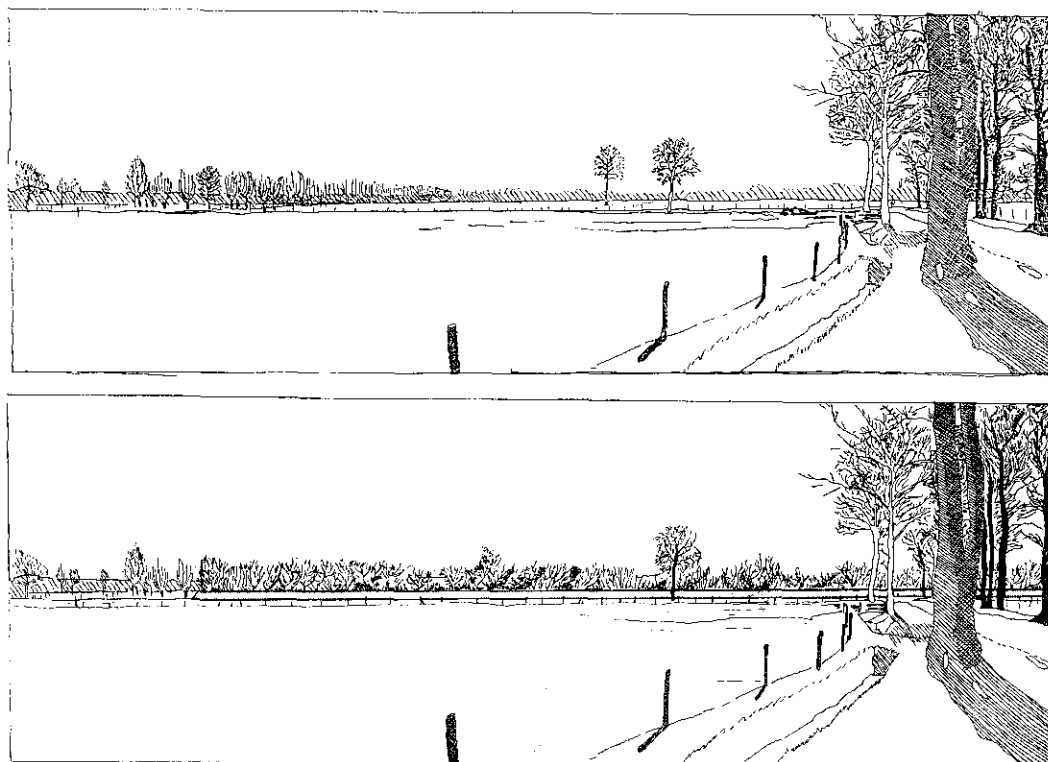


Fig. 36 Een infiltratiebekken in het Koekenveld bij Lichten-
voorde gezien vanaf de grond. Boven voor uitvoering,
onder na uitvoering.

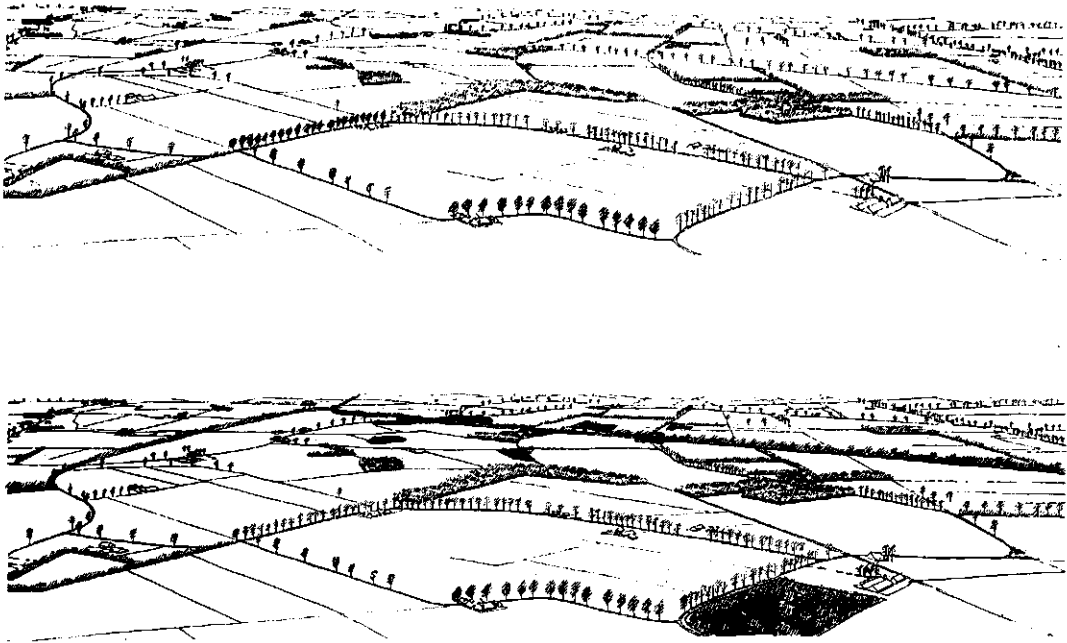


Fig. 37 Een impressie van een cluster infiltratiebekkens rond Koolmansdijk vanuit de lucht. Boven voor uitvoering, onder na uitvoering.

5.2.7. Variant 7 (figuur 38)

Bestemmingen: De bestemmingen in deze variant zijn overgenomen uit het SWNBL plan. Het gehele studiegebied is bestemd voor natuur gecombineerd met aangepaste landbouw. Er is gekozen voor het bedrijfsmodel IIa, dat een minder sterke beperking op de bemesting legt dan het bedrijfsmodel IV dat in variant 6 is toegepast. Dit betekent dat op 280 hectare bemesting en beweiding achterwege zal blijven. Het gaat hierbij om reeds bestaande en nieuw te vormen houtwallen, heggen, singels en bosjes. Een kleine tweeduizend hectare krijgt een bemestingsniveau van 200 kg stikstof per jaar met extensieve beweiding. Dit beheerspakket wordt bij voorkeur toegepast in deelstroomgebieden rond de bestaande natuurgebieden Koolmansdijk en Aaltense Goor. Daarnaast kan dit beheerspakket toegepast worden in gebieden met kansrijke ecologische gradiënten, zoals de dalen met sterke kwel en de voet van het Oost Nederlands Plateau. Op de overige 3360 hectare bedraagt de maximale mestgift 400 kg N/jaar.

Inrichting: Deze variant gaat uit van benutting van het gebieds-eigen water afkomstig uit het gehele studiegebied ten behoeve van landbouwwatervoorziening. Het oppervlaktewater in de vlakke gebiedsdelen met waterlopen wordt zoveel mogelijk vastgehouden door beweegbare stuwen. Het overige deel stroomt af als oppervlaktewater. Het gaat om in totaal 4460 hectare met beweegbare stuwen. In mei en juni worden de stuwen gestreken, zodat het water kan worden afgevoerd via het bestaande waterlopenstelsel. Op dit waterlopenstelsel watert ondergronds nog een gebied zonder waterlopen van 1150 hectare af. In totaal is het vanggebied dus 5610 hectare groot. Het afwateringsstelsel (Nieuwe Beek, Baakse Beek en Veengoot) voert het water naar twee aan te leggen spaarbekkens. De spaarbekkens liggen op het punt waar de beide belangrijkste beken het vanggebied verlaten en doorgaande wegen kruisen. De bekkens zijn gesitueerd in kwelgebieden om de optredende lekkage zoveel mogelijk te beperken. Er is sprake van een vrij dik (circa 15 meter) watervoerend pakket. De spaarbekkens zijn omgeven door een twee en halve meter hoge ringdijk, zodat een maximale waterdiepte van twee meter kan optreden. Er is gekozen voor een beperkt aantal bekkens met een cirkel- of ellipsvorm om de bovenregionale functie van de bekkens tot uitdrukking te brengen en om de lekkage naar de ondergrond zoveel mogelijk te beperken. De spaarbekkens zijn beiden 50 hectare groot. Figuren 39 en 40 geven impressies vanuit de lucht van de beide spaarbekkens. Het aangevoerde water moet vanuit de beken naar de bekkens gemalen worden.

Vanuit de spaarbekkens wordt in de maanden juni en juli oppervlaktewater uitgelaten naar de Baakse Beek en de Veengoot. Dit water kan gebruikt worden voor beregening en infiltratie in landbouwgebieden met vochttekorten.

Waterbeheer: Zie variant 6.



VARIANT 7



Fig. 38 Variant 7

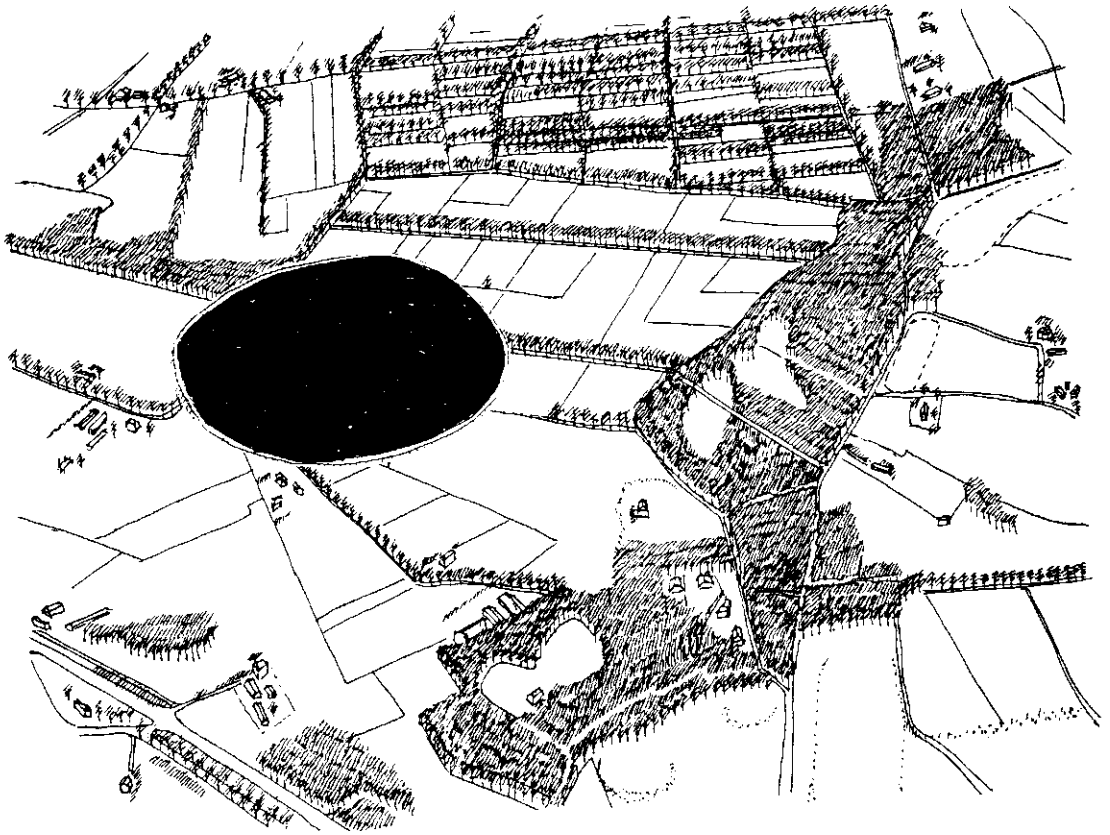


Fig. 39 Een impressie van het spaarbekken Zwarte Veen vanuit de lucht, op de achtergrond het Aaltense Goor.

5.2.8. Variant 8 (figuur 40)

Bestemmingen: Het gehele studiegebied krijgt in deze variant de bestemming natuur. Dit om over een referentie te kunnen beschikken die aangeeft welke vormen van natuurontwikkeling maximaal mogelijk is in dit gebied en aan welke inrichting en beheer hierbij gedacht moet worden.

Inrichting: In deze variant is niet gestreefd naar de benutting van het gebiedseigen water voor drink- of landbouwwatervoorziening. Er zijn dus voor dit doel geen inrichtingsmaatregelen uitgevoerd. Om de ontwikkeling van voedselarme ecosystemen op voormalige landbouwgronden te bevorderen kan overwogen worden om de bovenste laag van de bodem af te graven. Hierdoor zal de stikstof- en fosfaatvoorraad in de bodem verkleind worden.

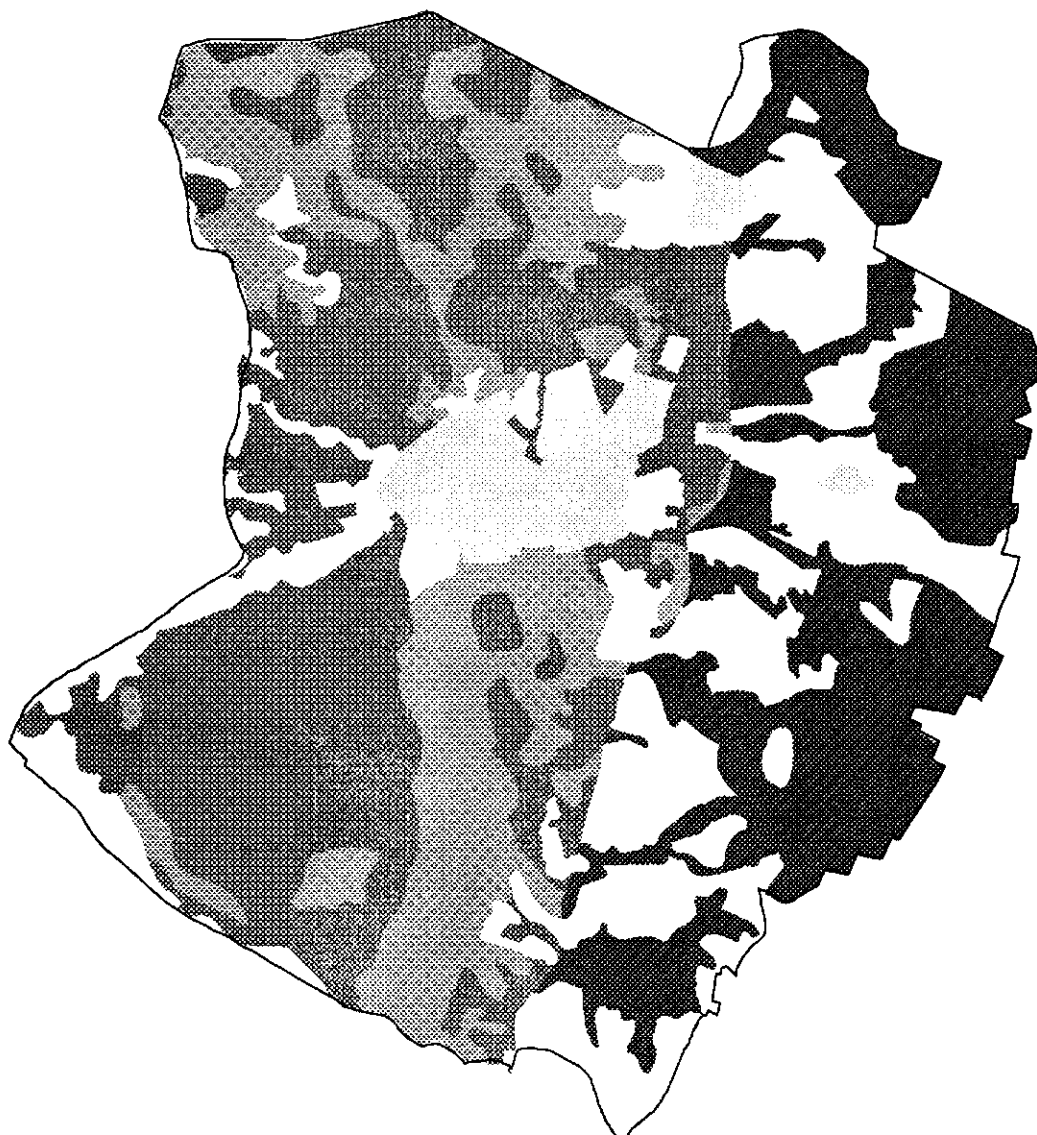
Beheer: Het beheer wordt volledig afgestemd op een zo optimaal mogelijke natuurontwikkeling. Het schonen en onderhoud van sloten wordt gestopt, zodat op plaatsen waar sprake is van te grote waterlopen verlanding kan optreden. Hierdoor zal het gebied naar verwachting langzaam natter worden zonder dat in gebieden met kwel een regenwaterlens gevormd wordt.

Het natuurbeheer verschilt van plek tot plek in afhankelijkheid van de potenties. Op het plateau en de essen worden de beste perspectieven verwacht bij spontane bosontwikkeling met bosbegrazing. De potenties zijn vooral gekoppeld aan overgangen in de vegetatiestructuur en het licht. Men denkt op deze plaatsen aan de ontwikkeling van het Zomereiken-Berkenbos (vochtig, voedselarm), het Wintereiken-Beukenbos (vochtig, matig voedselrijk), het Eiken-Haagbeukenbos (vochtig tot nat, voedselrijk) en het Elzen-Eikenbos (nat, matig voedselrijk).

Ook in de dalen vindt spontane bosontwikkeling met bosbegrazing plaats. Op de meest natte plaatsen met sterke kwel kan de ontwikkeling van Elzenbronbos. Ook ontwikkelingen naar het Vogelkers-Essenbos zijn te verwachten.

In het dekzandgebied ligt de nadruk op heide- en hooilandbeheer om de gradiënten in voedselrijkdom en vocht te kunnen benutten. Op de meest natte plekken is sprake van hooilandbeheer. Men moet hierbij denken aan de ontwikkeling van blauwgraslanden (plaatsen met kwel) en heischrale (borstel)graslanden. Op de iets hoger gelegen plekken met infiltrerende of stagnerend grondwater vindt beweiding met schapen en afplaggen plaats om heide te ontwikkelen. Op de meest hoge gronden (grote dekzandruggen) is sprake van spontane bosontwikkeling die vergelijkbaar is met de situatie op de essen.

Het natuurbeheer dient gedurende zeer lange tijd gecontinueerd te worden om het beoogde doel te bereiken. In de overgangsfase kan de teelt van mais overwogen worden om de stikstof- en fosfaatvoorraad in de bodem te verkleinen. De maaifrequentie en veedichtheid dient afgestemd te zijn op de biomassa-productie.



VARIANT 8

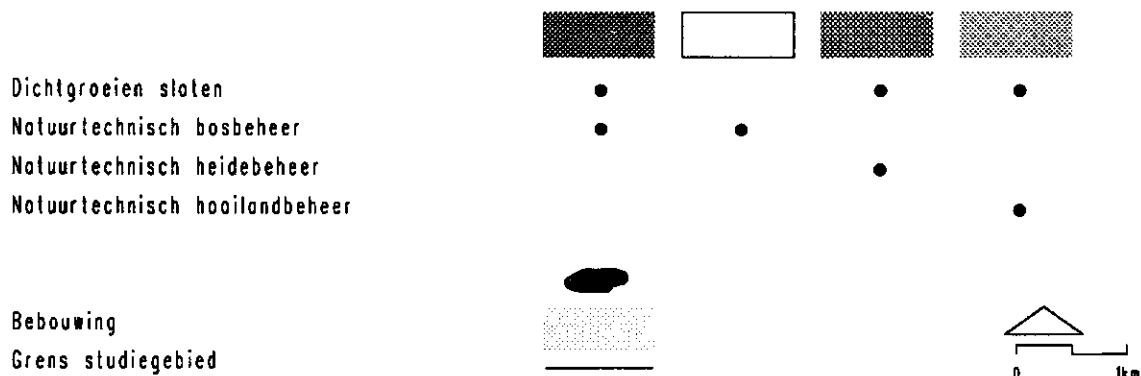


Fig. 40 Variant 8

6. GEVOLGEN

De gevolgen van de voorgestelde bestemming, inrichting en beheer voor het ecologisch functioneren, de economische gebruikswaarde en de esthetische waarde van het landschap zijn per variant beschreven. In het laatste hoofdstuk zullen de verschillende varianten onderling vergeleken worden. Tevens zal worden ingegaan op de aanpassingen van de oorspronkelijke plannen.

In de bijlagen 1 t/m 4 vindt men een uitvoeriger beschrijving van de gevolgen en de gehanteerde methode. Voor het goede begrip van de beperkingen die de gehanteerde methode en het inventarisatiemateriaal stellen aan de conclusies, eindigt dit hoofdstuk met een beschouwing van de beperkingen.

6.1. Huidige situatie

6.1.1. Ecologisch functioneren (tabel 13)

Waterpeilen: In tabel 13 zijn de berekende grondwaterstanden per beheereenheid aangegeven. Deze stemmen goed overeen met de door Harbers, Rosing & Heijink (1983) beschreven waarden (zie bijlage 1).

Nitraatgehalte: In de laatste kolom van tabel 13 zijn de berekende nitraatgehalte van het grondwater op twee meter beneden maaiveld aangegeven uitgaande van het huidige landbouwkundig gebruik (gemiddeld 600 kg N/jaar). In alle gevallen is sprake van overschrijding de EG richtwaarde voor drinkwater. In beheereenheden met diepe grondwaterstanden wordt ook de IMP norm voor de basiskwaliteit overschreden.

Macro-ionen samenstelling water: Het stromingspatroon van het grondwater is zodanig dat slechts op een aantal plaatsen in principe grondwater met een duidelijk lithoclien karakter te verwachten is. Het gaat om de in het plateau ingesneden dalen, de zone aan de voet van de terrasrand en gebieden direct grenzend aan grotere aaneengesloten dekzandruggen (zie paragraaf 4.2.6). Op de overige plaatsen is over het algemeen in principe sprake van een atmocliene situatie. Door het landbouwkundig gebruik zal in werkelijkheid sprake zijn van een thalassocliene invloed.

6.1.2. Economische gebruikswaarde (tabel 14)

Natuur: De gebieden met de bestemming natuur zijn met uitzondering van het Aaltense Goor weinig omvangrijk. Het gaat vooral om gedegradeerde vegetatietypen op sub-optimale standplaatsen. In gebieden met matig diepe en diepe grondwaterstanden behoren de opgaande begroeiingen tot de eiken-beukenbossen, de eiken-berkenbossen en het Eiken-Haagbeukenbos (plateau). Korte vegetaties zijn de heiden en vochtige tot droge graslanden. In gebieden

Tabel 13 Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in de huidige situatie.

Beheer- eenheid:	Bestemming:	Waterpeil:			Nitraatgehalte grondwater op 1 m. beneden maaiveld (mg N-NO ₃ /l)
		GHG	GVG	GLG	
		(cm. beneden maaiveld)			
1	landbouw	36	59	133	6,2
2	landbouw	43	63	145	11,5
3	landbouw	147	167	231	28,2
4	landbouw	34	49	87	6,2
5	landbouw	27	56	108	6,2
6	landbouw	28	49	120	6,2
7	landbouw	45	63	117	6,2
8	landbouw	43	63	145	11,5
9	landbouw	147	167	231	20,6

met ondiepe grondwaterstanden gaat het om degradatiestadia van het Elzen-Eikenbos, het Vogelkers-Essenbos, natte heiden, blauw-graslanden en natte graslanden.

Landbouw: In het gehele gebied zijn gedurende de afgelopen twintig jaar ruilverkavelingen uitgevoerd. Hierbij is de afwatering en de waterconservering ten behoeve van de landbouw verbeterd. Toch is er in dit gebied sprake van oogstdepressie. Wateroverlast op het plateau en op de beekeerdgronden betekent een oogstdepressie van 3 tot 5%. Op alle gronden treden droogtedepressies op. Deze zijn vooral aanzienlijk op de essen en de hoge dekzandruggen: 12 tot 17%. Ook het plateau en de veldpodzolgronden in het dekzandgebied kennen nog aanzienlijke droogtedepressies. De oogstdepressie ten gevolge van wateroverlast en droogte tesamen is het grootst op de essen en het kleinst op de natte gronden.

Drinkwatervoorziening: Koolmansdijk is de enige drinkwaterwinning binnen het studiegebied. Er wordt jaarlijks 1,9 miljoen m³ water gewonnen. Uitgaande van een netto-neerslag van 250 mm is het vanggebied van deze winning ongeveer 600 ha groot. De oppervlakte van de 25 jaars zone is ongeveer 300 hectare. Het berekende gemiddelde nitraatgehalte op 1 meter beneden maaiveld voor de 25 jaarszone uitgaande van een stikstofbelasting van 600 kg N/jaar is 9,4 mg N-NO₃/l. Deze waarde overschrijdt de EG richtwaarde voor drinkwater. Het nitraatgehalte van het opgepompte grondwater bedraagt 0,7 mg N-NO₃/l. De afgelopen tien jaar is dit niet toegenomen.

Landbouwwatervoorziening: Gedurende de zomer voeren de Baakse Beek en de Veengoot nauwelijks water af. Ze vallen zelfs regelmatig droog. Beregening vanuit het oppervlaktewater is daarom verboden.

Tabel 14 Voorspelde vegetatieontwikkeling (bij bestemming natuur) en oogstdepressie (bij bestemming landbouw) in de huidige situatie

Beheer- eenheid:	Verwachte vegetatietypen:	Oogstdepressie:		
		nat	droog	totaal (in %)
1	Eiken-Haagbeukenbos vochtig Wintereiken-Beukenbos vochtige graslanden	3	6	9
2	vochtig/droog Zomereiken-Berkenbos, vochtig/droog Wintereiken-Beukenbos, droge graslanden	0	12	12
3	droog Wintereiken-Beukenbos, droog Zomereiken-Berkenbos, droge graslanden	0	17	17
4	Vogelkers-Essenbos, Elzen-Eikenbos natte tot vochtige graslanden	5	2	7
5	vochtig Zomereiken-Berkenbos, vochtig Wintereiken-Beukenbos, Elzen-Eikenbos, vochtige graslanden, natte heiden	5	4	9
6	Elzen-Eikenbos, Vogelkers-Essen- vochtige graslanden	6	3	9
7	vochtig Wintereiken-Beukenbos, vochtig Zomereiken-Berkenbos, Elzen-Eikenbos, vochtige graslanden	2	2	4
8	vochtig/droog Zomereiken-Berkenbos, vochtig/droog Wintereiken-Beukenbos, droge graslanden, heiden	0	12	12
9	droog Wintereiken-Beukenbos, droog Zomereiken-Berkenbos, droge graslanden	0	17	17

6.1.3. Esthetische waarde

De structuur van het landschapsbeeld wordt bepaald door routes, randen, knooppunten en oriëntatiepunten. Voor de orientatie in de huidige situatie zijn vooral van belang de doorgaande wegen (Varsseveld-Groenlo, Aalten-Groenlo, Aalten-Lichtenvoorde, Lichtenvoorde-Zieuwent, Lichtenvoorde-Vragender), de spoorweg, de terrasrand, de dekzandrug Romienendiek, de verschillende kerktorens, de watertoren van Aalten en de hoogspanningslijn. De identiteit is vooral afleesbaar van de cultuurhistorische continuïteit en de functionele samenhang van de verschillende landschapstypen. De belangrijkste te herkennen landschapstypen zijn het plateau, de dalen, de essen, de kampenontginning, de heide & broekontginning, bos & natuur en het Aaltense Goor. Alle

landschapstypen kennen nog een zekere cultuurhistorische continuïteit, alhoewel veel oorspronkelijke landschapspatronen verdwijnen. De functionele samenhang tussen de landschapstypen is nog maar weinig gedifferentieerd. Vrijwel alle landschapstypen kennen een zelfde bodemgebruik. Alleen in natuur & bos en in het Aaltense Goor is sprake van een contrasterend gebruik.

6.2. Variant 1

6.2.1. Ecologisch functioneren (tabel 15)

Waterpeilen: Door het stuwbeheer op het plateau, delen van de essen en in de dalen zijn de waterpeilen gedurende het gehele jaar verhoogd. De ondiepe grondwaterstanden stijgen met 20 a 30 cm. De verhoging van de GLG is beduidend minder groot. Rond de pompstations in de dalen treedt aanzienlijke verdroging op.

Nitraatgehalte: In de gebieden met de bestemming natuur is een zeer aanzienlijke afname van het nitraatgehalte van het grondwater te verwachten. Uiteindelijk zullen waarden ontstaan die 10% van de huidige zijn. Deze voldoen ruimschoots aan drinkwater en basiskwaliteitsnorm. In het landbouwgebied is door milieuwetgeving de stikstofbelasting terug gebracht tot 400 kg N/jaar. Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater is hierdoor gehalveerd.

Macro-ionen samenstelling water: In het gebied blijkt nauwelijks sprake van verandering van de richting in de grondwaterstroming. Door de grondwateronttrekking in de dalen is de kwel echter grotendeels verdwenen. Op deze plekken zal het lithocliene karakter van het water verschuiven naar atmocliene.

6.2.2. Economische gebruikswaarde (tabel 16)

Natuur: In deze variant zal door het voorgestelde beheer spontane bosontwikkeling optreden. Op plateau waar gronden met ondiepe keileem voorkomen zal zich voornamelijk het Elzen-Eikenbos en het Eiken-Haagbeukenbos ontwikkelen. Door de vernatting ten opzichte van de huidige situatie is te verwachten dat het Eiken-Haagbeukenbos zich beter zal kunnen ontwikkelen dan in de huidige situatie. Op de essen zal gedeeltelijk vernatting optreden waardoor sprake zal zijn van meer vochtige eikenbossen. Op de drogere gronden ontstaan droge eikenbossen. In de dalen kan zich plaatselijk het Elzen-Eikenbos en het Vogelkers-Essenbos ontwikkelen. Door de verdroging rond de grondwateronttrekkingen zal er echter vooral sprake zijn van een gestoorde bosontwikkeling. In de infiltratiesloten op de essen zullen riet- en wilgenstruwelen tot ontwikkeling kunnen komen.

Landbouw: De oogstdepressie in het landbouwgebied is gelijk aan die in de huidige situatie. Deze varieert van 4 tot 17%.

Tabel 15 Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater per beheereenheid in varianten 1, 3 en 5

Beheer- eenheid:	Bestemming:	Waterpeil:			Nitraatgehalte grondwater op 1 m. beneden maaiveld (mg N-NO ₃ /l)
		GHG	GVG	GLG	
		(cm. beneden maaiveld)			
1	natuurbos	5	11	156	0,3
2	natuurbos	19	36	137	0,5
	landbouw	43	63	145	6,8
3	natuurbos	147	167	231	0,5
	landbouw	147	167	231	16,7
4	natuurbos	8	25	87	0,3
5	landbouw	27	56	108	3,7
6	landbouw	28	49	120	3,7
7	landbouw	45	63	117	3,7
8	landbouw	43	63	145	6,8
9	natuurbos	147	167	231	2,4

Tabel 16 Voorspelde vegetatieontwikkeling (bij bestemming natuur) en oogstdepressie (bij bestemming landbouw) in varianten 1, 3 en 5

Beheer- eenheid:	Verwachte vegetatietypen:	Oogstdepressie: nat droog totaal (in %)		
1	Eiken-Haagbeukenbos, Elzen-Eikenbos	-		
2	vochtig Zomereiken-Berkenbos, vochtig Wintereiken-Beukenbos, Elzen-Eikenbos	0	12	12
3	droog Wintereiken-Beukenbos, droog Zomereiken-Berkenbos	0	17	17
4	Elzen-Eikenbos, Vogelkers-Essenbos	-		
5	-	5	4	9
6	-	5	2	7
7	-	2	2	4
8	-	0	12	12
9	droog Wintereiken-Beukenbos, droog Zomereiken-Berkenbos	-		

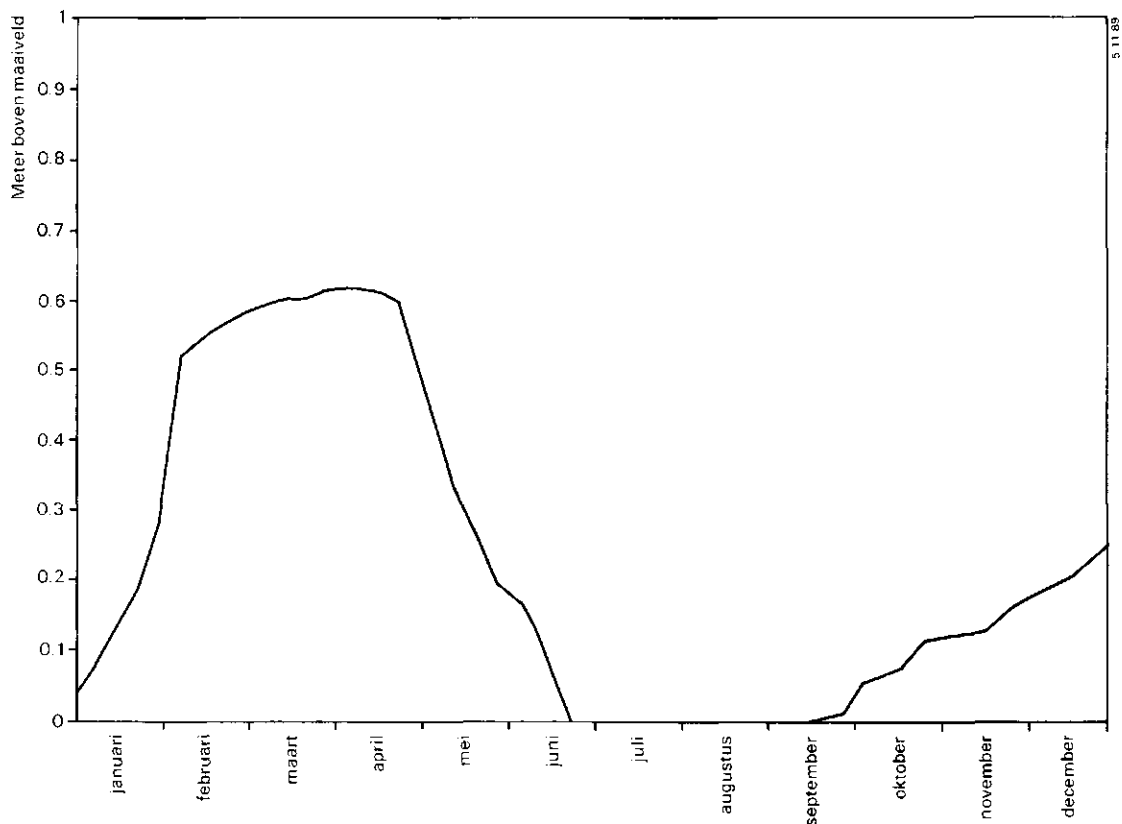


Fig. 41 Het berekende waterpeil in de reservoirs van variant 2

Drinkwatervoorziening: De totale hoeveelheid winbaar water voor de drinkwatervoorziening bedraagt over het gehele jaar 0,3 miljoen m³. Dit komt overeen met 15 % van de netto-neerslag op het vanggebied. Het overige water kan niet naar de infiltratiesloot gevoerd worden omdat de bergingscapaciteit te klein is. Het gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in het vanggebied is 1,0 mg N-NO₃/l. Dit voldoet ruimschoots aan de EG richtlijn voor drinkwater. Door denitrificatie in de ondergrond en de waterlopen is te verwachten dat het infiltrerende water een lagere nitraatbelasting kent.

De infiltratiesloten liggen echter in een inziggebied met een hoge nitraatbelasting door het grondgebruik (landbouw: 16,7 mg N-NO₃/l). Het nitraatgehalte van het geïnfiltreerde water kan hier dus sterk oplopen. De verblijftijd van het geïnfiltreerde water, dat in de dalen wordt opgepompt, is waarschijnlijk zo kort dat slechts weinig denitrificatie optreedt. Het nitraatgehalte van het opgepompte water kan daarom aanzienlijk hoger zijn dan die van het gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe water in het vanggebied.

6.2.3. Esthetische waarde

De nieuwe bestemmingen zorgen door de compartimentering van grote bossen versus grote landbouwgebieden voor een duidelijk contrast in het landschapsbeeld. De inrichting- en beheermaatregelen dragen hier in geringe mate aan bij. Door het ordeningsprincipe is de **orientatie** versterkt: de bosrand versterkt de werking van het plateau als een belangrijke structurerend element.

De **identiteit** verandert door de omzetting van landbouwgronden in bos. Deze nieuwe identiteit is sterk door de contrastwerking van

de nieuwe bestemmingen (functionele samenhang) en de aansluiting op bestaande landschapstypen (historische continuïteit).

6.3. Variant 2

6.3.1. Ecologisch functioneren (tabel 17)

Waterpeilen: De waterpeilen na het instellen van het stuwbeheer zijn vergelijkbaar met die in variant 1, zij het dat op het plateau diepere waterstanden zullen optreden dan in variant 1. Het water in de bekkens fluctueert ongeveer 60 centimeter (zie figuur 41). Vanaf half juni tot half september staat het bekken droog. De fluctuatie van twee meter waarop het bekken is gedimensioneerd, blijkt dus niet op te treden. Waarschijnlijk is het vanggebied te klein. De omvang van de bekkens kan tot 30 % worden teruggebracht.

Nitraatgehalte: Evenals in variant 1 is sprake van zeer lage nitraatgehalte van het ondiepe grondwater. De nitraatbelasting van de bekkens is gunstig. Het gemiddelde nitraatgehalte in het vanggebied bedraagt 1,8 mg N-NO₃/l. Dit wordt verklaard door de ondiepe grondwaterstanden en de bestemming natuurbos. De toepassing van mestbeperking vanuit milieuhygiënische overwegingen leidt tot een halvering van het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in landbouwgebieden.

Macro-ionen samenstelling water: De kwelstroom naar het lagere deel van de dalen wordt in deze variant groter, maar het patroon van de grondwaterstroming buiten het plateau wordt nauwelijks beïnvloed.

Tabel 17 Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater per beheereenheid in varianten 2 en 4

Beheer- eenheid:	Bestemming:	Waterpeil:			Nitraatgehalte grondwater op 1 m. beneden maaiveld (mg N-NO ₃ /l)
		GHG	GVG	GLG	
		(cm. beneden maaiveld)			
1	natuurbos	19	33	160	0,5
2	natuurbos	32	45	167	0,5
	landbouw	43	63	145	6,8
3	natuurbos	147	167	231	0,5
	landbouw	147	167	231	16,7
4	natuurbos	8	25	87	0,3
5	landbouw	27	56	108	3,7
6	landbouw	28	49	120	3,7
7	landbouw	45	63	117	3,7
8	landbouw	43	63	145	6,8
9	natuurbos	147	167	231	2,4

Tabel 18 Voorspelde vegetatieontwikkeling (bij bestemming natuur) en oogstdepressie (bij bestemming landbouw) in varianten 2 en 4

Beheer- eenheid:	Verwachtte vegetatietypen:	Oogstdepressie: nat droog totaal (in %)		
1	Eiken-Haagbeukenbos	-		
2	vochtig Zomereiken-Berkenbos, vochtig Wintereiken-Beukenbos	0	12	12
3	droog Wintereiken-Beukenbos, droog Zomereiken-Berkenbos	0	17	17
4	Vogelkers-Essenbos	-		
5	-	5	4	9
6	-	5	2	7
7	-	2	2	4
8	-	0	12	12
9	droog Wintereiken-Beukenbos, droog Zomereiken-Berkenbos	-		

Het lithocliene karakter van het grondwater in de dalen zal waarschijnlijk versterkt worden.

6.3.2. Economische gebruikswaarde (tabel 18)

Natuur: De natuurontwikkelingsmogelijkheden op het plateau en de essen zijn ongeveer gelijk aan die van variant 1. Omdat op het plateau minder natte omstandigheden ontstaan dan in variant 1 zal de ontwikkeling van Elzen-Eikenbos minder waarschijnlijk zijn. In de dalen treedt geen verdroging op ten gevolge van grondwateronttrekking. Hier is de ontwikkeling van Elzen-Eikenbos en Vogelkers-Essenbos te verwachten. Door de versterking van de kwel naar de dalen worden de mogelijkheden voor Elzenbronbos vergroot. Veel zal echter afhangen van de macro-ionen samenstelling van het kwelwater uit het bekken.

In de bekkens is de ontwikkeling van een riet- en biezenmoeras mogelijk. De fluctuaties zullen echter verhinderen dat het gehele bekken dicht groeit.

Landbouw: zie variant 1

Landbouwwatervoorziening: Gedurende de maanden mei en juni kan 1,5 miljoen m³ water worden uitgelaten naat benedenstrooms gelegen landbouwgebieden. Dit betekent dat 58 % van de netto-neerslag wordt benut. Het overige deel lekt weg. De capaciteit van het reservoirs is altijd voldoende groot om het aangevoerde water te bergen.

6.3.3. Esthetische waarde

In grote lijnen zijn de veranderingen in het landschapsbeeld gelijk aan variant 1, omdat de bestemmingsverandering een veel grotere invloed heeft dan de inrichtingsmaatregelen. De aanleg van de bekkens in het bosgebied versterkt echter de contrastwerking van de bestemmingen. Er ontstaan door de bekkens een nieuw landschapstype en nieuwe oriëntatiepunten.

De **orientatie** wordt versterkt door de situering van de bekkens langs bestaande routes.

Het nieuwe landschapstype kent door de ligging in de dalen een historische continuïteit van de **identiteit**.

6.4. Variant 3

6.4.1. Ecologisch functioneren (tabel 15)

Waterpeilen: Voor grondwaterstanden zie variant 1. Lagere grondwaterstanden dan in tabel 15 zijn te verwachten rond de grondwateronttrekkingen benedenstrooms van de bekkens. De bekkens voeren gedurende het gehele jaar water (figuur 42). Het peil fluctueert slechts 20 cm. In de zomermaanden staat het water 40 cm. boven maaiveld, in de rest van het jaar staat het water op de maximale hoogte van 60 cm. boven maaiveld.

Nitraatgehalte: Zie variant 1.

Macro-ionen samenstelling water: De aanleg van de bekkens veroorzaakt slechts een plaatselijke verandering in het patroon van de grondwaterstroming. De kwel naar de dalen wordt afgeremd, omdat deze grotendeels onder water komen te staan. De zone met lithocliene kwel in de dalen schuift op naar de oevers van de reservoirs en wordt bovendien kleiner.

6.4.2. Economische gebruikswaarde (tabel 16)

Natuur: De ontwikkeling van terrestrische vegetaties op het plateau en de essen is identiek aan variant 1. De dalen komen voor het grootste deel onder water te staan. Langs de oevers zal sterke kwel optreden. De vorming van het Vogelkers-Essenbos en wellicht Elzenbronbos behoort hier misschien tot de mogelijkheden. De minder goede kwaliteit van het kwelwater dat immers afkomstig is vanuit landbouwgebieden speelt hierbij een rol.

In de bekkens zelf kan door de geringe fluctuatie een oever met een geleidelijke overgang van rietmoeras naar wilgenstruwelen ontstaan. Ook veenvorming is op zeer lange termijn mogelijk. Het hele jaar door is er sprake van open water waarin fonteinkruiden kunnen groeien.

Landbouw: Zie variant 1. Rond de pompstations stroomafwaarts van de dalen treedt sterke verdroging op.

Drinkwatervoorziening: De hoeveelheid uit de reservoirs winbaar drinkwater bedraagt 2 miljoen m³ per jaar. Dit is de hoeveelheid water die vanuit de reservoirs weglekt. In deze variant kan slechts 29% van de netto-neerslag op het vanggebied benut worden. Het overige deel van de netto-neerslag kan niet in de reservoirs gelaten worden omdat de capaciteit te klein is. De waterkwaliteit in de reservoirs van is deze variant beduidend minder dan in variant 1 en 2, namelijk 4,8 mg N-NO₃/l tegen minder dan 1,8. De droge gronden op de essen, waar sprake is van een veel geringere denitrificatie in het bovenste deel van de bodem, vormen een veel aanzienlijker deel van het vanggebied dan in varianten 1 en 2. Toch ligt de gemiddelde nitraatbelasting nog onder de EG richtlijn voor drinkwater. Door denitrificatie in de ondergrond, de waterlopen en reservoirs is een verdere denitrificatie te verwachten.

6.4.3. Esthetische waarde

Het landschapsbeeld is in grote lijnen gelijk aan varianten 1 t/m 4. Door de situering van de bekkens in de dalen verandert de **identiteit** door de vorming van een nieuw landschapstype met een duidelijke cultuurhistorische continuïteit. De bekkens fungeren minder als **orientatiepunt** dan in varianten 2 en 4 omdat ze niet gekoppeld zijn aan belangrijke routes. Ook de geringere hoogte van de dijken en de begroeiing speelt hierin een rol.

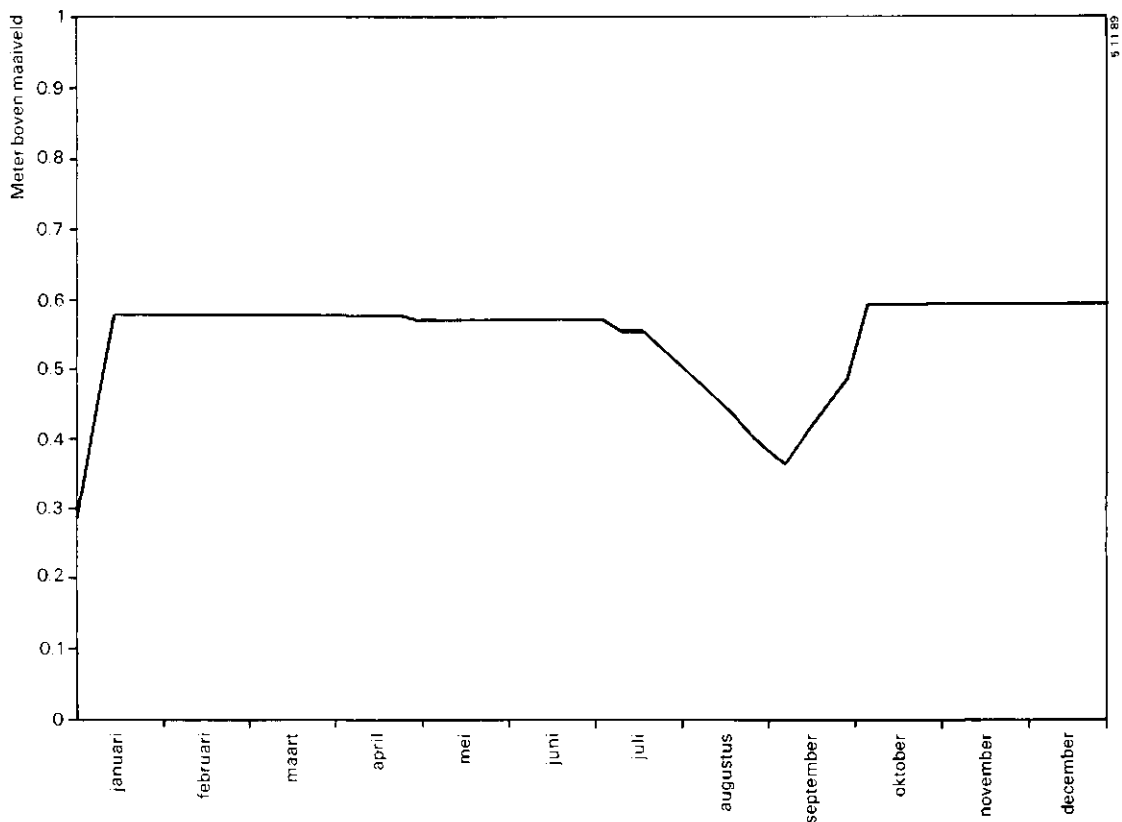


Fig. 42 Het berekende waterpeil van de reservoirs in variant 3

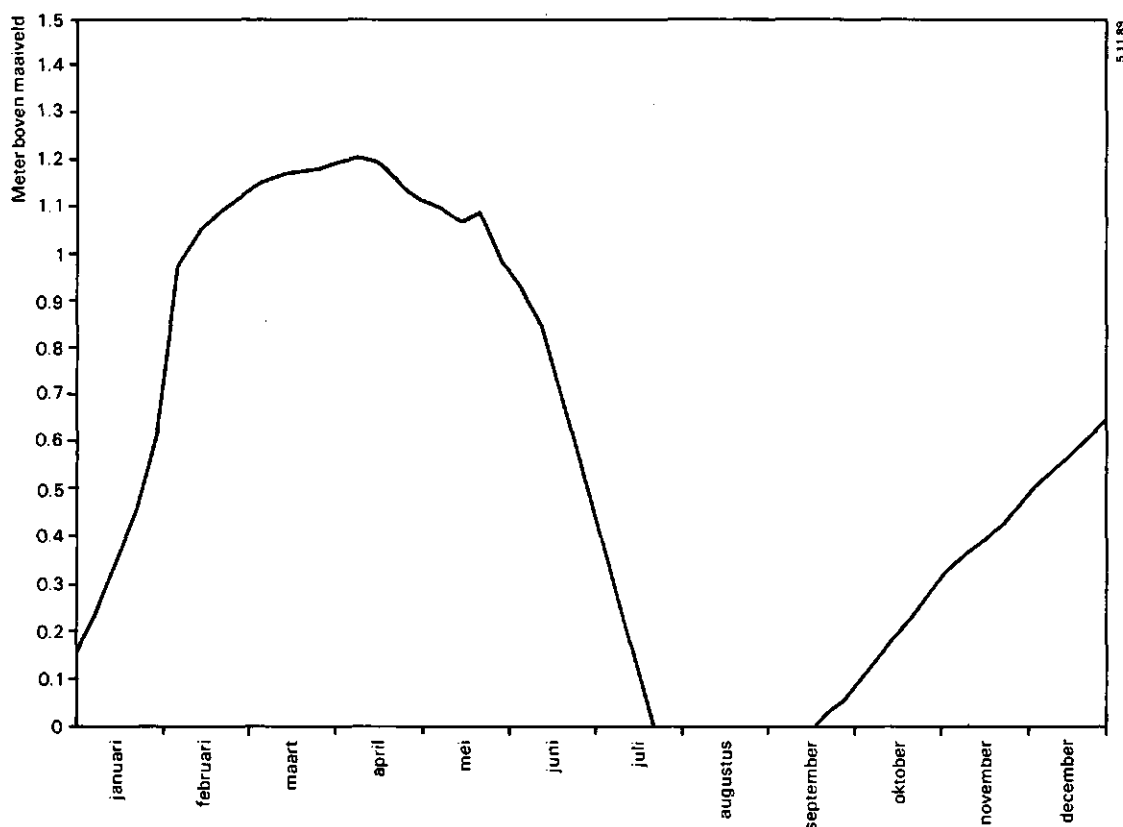


Fig. 43 Het berekende waterpeil in de spaarbekkens van variant 4

6.5. Variant 4

6.5.1. Ecologisch functioneren (tabel 17)

Waterpeilen: Voor grondwaterstanden, zie variant 2. Het peil in de spaarbekkens stijgt in de winter tot maximaal 1 meter.10 (figuur 43). In juni en juli, als het water wordt uitgelaten daalt het peil snel. Gedurende de periode half juli tot half september staan de bekkens droog.

Nitraatgehalte: Zie variant 2 voor grondwaterkwaliteit. De te verwachte waterkwaliteit in de reservoirs is vergelijkbaar met variant 3. Het gemiddelde nitraatgehalte van het ondiep grondwater is 4,4 mg N-NO₃/l. Dit voldoet ruim aan de door het IMP gehanteerde basiskwaliteit.

Macro-ionen samenstelling water: In het gedeelte van de dalen waar de spaarbekkens liggen zal de kwel afnemen. De kwel zal langzame oeveren uittreden. Deze zone volgt de beweging van het waterpeil. In de benedenstroomse gedeelten zal de kwel toenemen omdat het lekwater uit de bekkens hiernaar toe stroomt. Het kwelwater krijgt daardoor waarschijnlijk een minder uitgesproken lithoclien karakter. Het gebied waar het stromingspatroon van het grondwater beïnvloed wordt is echter vrij klein.

6.5.2. Economische gebruikswaarde (tabel 18)

Natuur: Voor terrestrische vegetaties op het plateau en de essen zijn de verwachtingen gelijk aan variant 2. Een deel van de dalen komt onder water te staan. Langs de oevers treedt tijdelijk sterke kwel op. De kwelzone verschuift echter met de beweging van het waterpeil. De bosontwikkeling zal hier gaan in de richting van het Vogelkers-Essenbos. In de bekkens, waarin een sterke fluctuatie en tot eind mei grote waterdiepte optreden, zijn de mogelijkheden voor vegetatieontwikkeling waarschijnlijk zeer beperkt. Alleen langs de oevers kan zich een ijle begroeiing ontwikkelen. Benedenstrooms van de bekkens is de ontwikkeling van een Elzen-Vogelkers- en het Elzenbronbos te verwachten. De mogelijkheden van het laatste bostype worden in hoge mate bepaald door de waterkwaliteit van het grondwater. De invloed van de landbouw op de essen en de verblijftijd van het uit de reservoirs weg lekkende water zijn hierbij van belang.

Landbouw: Zie variant 2.

Landbouwwatervoorziening: In juni en juli kan 1,4 miljoen m³ water uit de reservoirs naar benedenstroomse landbouwgebieden afgevoerd worden. Dit komt overeen met 38 % van de netto-neerslag. Deze relatief geringe benutting is het gevolg van de grote lek, die op deze plaats in de dalen optreedt. Zes en veertig procent van de netto-neerslag gaat hierdoor verloren voor oppervlaktewaterwinning.

6.5.3. Esthetische waarde

Het landschapsbeeld van deze variant vertoont veel gelijkenis met varianten 1, 3, 4 en vooral 2.

6.6. Variant 5

6.6.1. Ecologisch functioneren (tabel 15)

Waterpeilen: De grondwaterstanden zijn in grote lijnen identiek aan variant 1. Aan de voet van de terrasrand binnen de clusters van infiltratiebekkens komen zeer diepe grondwaterstanden voor. In de infiltratiebekkens staat steeds gedurende korte tijd water (figuur 44). Het ingelaten water infiltreert snel. Het peil fluctueert sterk. De water diepte is echter gering, namelijk maximaal 50 centimeter. Van oktober tot eind maart voeren de bekkens vrijwel steeds water.

Nitraatgehalte: Zie variant 1.

Macro-ionen samenstelling water: Er is sprake van grote veranderingen in het patroon van de grondwaterstroming van het dekzandgebied. Door versterking van de infiltratie vanuit de dekzandruggetjes aan de voet van de terrasrand verschuiven kwelgebieden. Zo

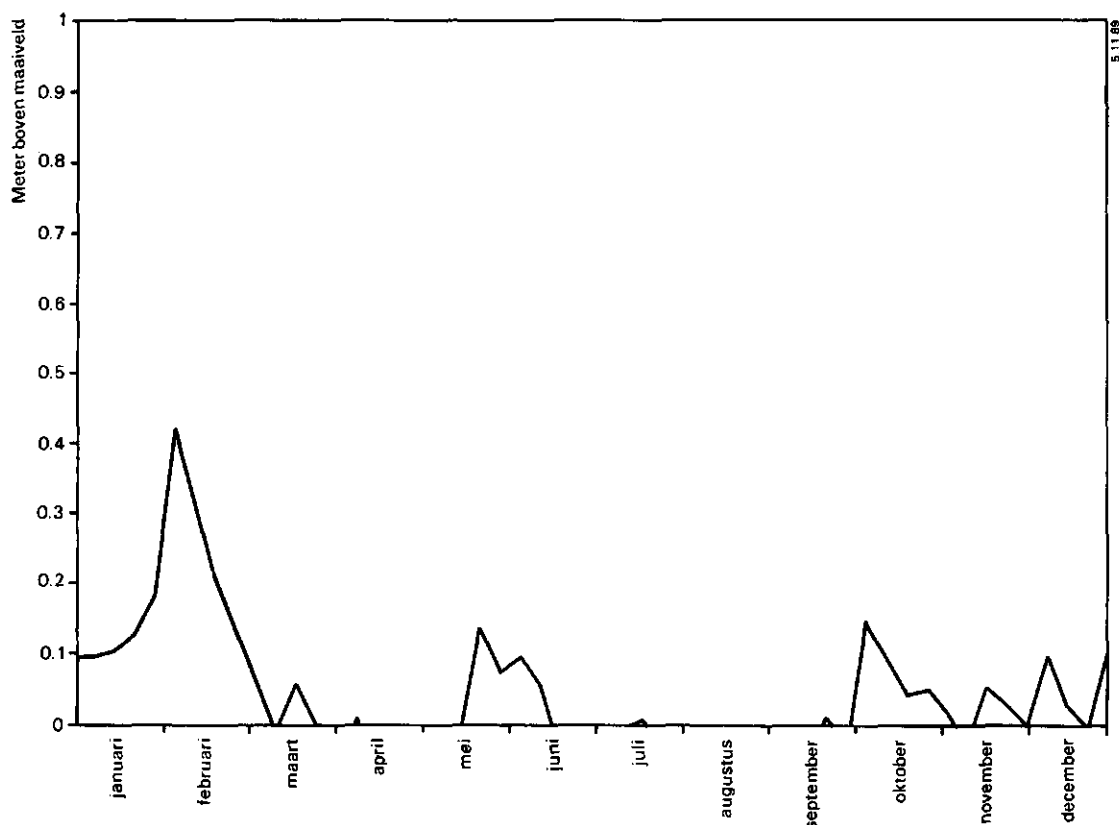


Fig. 44 Het berekende waterpeil in de infiltratiereservoirs van variant 5

kan in Het Aaltense Goor de invloed van de grondwaterstroom uit de omringende dekzandruggen wellicht afnemen.

6.6.2. Economische gebruikswaarde (tabel 16)

Natuur: De vegetatieontwikkeling op het plateau en de essen is identiek aan variant 1. In de dalen is de ontwikkeling van het Elzen-Eikenbos (flanken), het Vogelkers-Essenbos (langs de beek) en het Elzenbronbos (op plekken met sterke kwel) te verwachten. In de infiltratiebekkens is de ontwikkeling van riet- en biezenmoerassen zeer goed mogelijk. Zelfs de opslag van soorten van het zachthout-ooibos behoort gezien de geringe waterdiepte en de relatief korte inundatieduur tot de mogelijkheden.

Landbouw: De oogstdepressie in landbouwgebieden is gelijk aan die in de andere varianten die van het B&L plan zijn afgeleid. Wel kan de kwel vanuit de bekkens en de peilverlaging rond pompstations plaatselijk de landbouwkundige waarde van het gebied tussen de bekkens verminderen. Bovendien is de ruimte tussen de bekkens zo klein dat niet meer sprake kan zijn van flexibel landbouwgebied zoals dit in de B&L-studie wordt voorgesteld.

Drinkwatervoorziening: De totale te winnen hoeveelheid water voor de drinkwatervoorziening is 7,7 miljoen m³. Dit betekent dat de

gehele netto-neerslag op het vanggebied benut wordt. Door de snelle infiltratie hoeft bijna nooit oppervlaktewater langs de bekkens gevoerd te worden.

De waterkwaliteit in de reservoirs zal naar verwachting vergelijkbaar zijn met variant 3. Het gemiddelde nitraatgehalte van het grondwater binnen het vanggebied is 4,8 mg N-NO₃/l. Dit ligt binnen de EG richtlijn voor drinkwater (5,6 mg N-NO₃/l). Door denitrificatie in de ondergrond, de waterlopen en reservoirs zijn waarschijnlijk lagere waarden voor het infiltrerende water te verwachten. Wel kan het feit dat de infiltratiebekkens en pompstations in een gebied met bestemming landbouw liggen problemen op leveren. Een klein deel van het opgepompte water wordt immers beïnvloed door bemesting.

6.6.3. Esthetische waarde

De belangrijkste veranderingen in het landschapsbeeld worden evenals in varianten 1 t/m 5 teweeg gebracht door de bestemmingswijziging. In deze variant wordt de hierdoor veroorzaakte contrastwerking enigszins te niet gedaan door de situering van de bekkens buiten de bosgebieden. Door de situering van veel infiltratiebekkens aan de voet van de terrasrand ontstaat daar een nieuw landschapstype.

Belangrijkste verandering in de **orientatie** zijn de nieuwe oriëntatiemogelijkheden aan de hand van de aangelegde bekkens. Ook de randwerking van de terrasrand wordt mogelijk versterkt. Door de contextuele vormgeving blijft de **identiteit** in cultuurhistorisch opzicht gehandhaafd. Wel is sprake van een minder duidelijke functionele samenhang, omdat het water dat de bekkens voedt over een relatief grote afstand naar de bekkens wordt gevoerd.

6.7. Variant 6

6.7.1. Ecologisch functioneren (tabel 19)

Waterpeilen: Door het stuwbeheer worden de grondwaterstanden verhoogd. De ondiepe grondwaterstanden stijgen met 15 a 25 cm., de diepste grondwaterstanden met 5 tot 20 cm. Het sterkst stijgt de voorjaarsgrondwaterstand namelijk 10 tot 35 cm. Binnen de cluster met infiltratiebekkens kan zeer grote peildaling optreden door de grondwateronttrekking. Het waterpeil in de infiltratiebekkens fluctueert sterk (figuur 45). Er staat steeds slechts zeer korte tijd water in de bekkens omdat het ingelaten water snel infiltrert.

Nitraatgehalte: Het ondiepe grondwater kent met uitzondering van de essen en de grote dekzandruggen een nitraatgehalte tussen de 1 en 2 mg N-NO₃/l. Deze waarden liggen ruim onder de EG richtlijn voor drinkwater. Onder de essen kunnen de waarden oplopen tot 11,3 mg/l.

Tabel 19 Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in varianten 6 en 7.

Beheer- eenheid:	Bestemming:	Waterpeil:			Nitraatgehalte grondwater op 1 m. beneden maaiveld	
		GHG	GVG	GLG	(mg N-NO ₃ /l) var 6 var 7	
		(cm. beneden maaiveld)				
1	aangepaste landbouw en natuur	22	35	128	1,7	1,9
2	aangepaste landbouw en natuur	43	63	145	1,7	1,9
3	aangepaste landbouw en natuur	147	167	231	11,3	12,7
4	aangepaste landbouw en natuur	22	40	81	1,1	1,3
5	aangepaste landbouw en natuur	1	20	85	1,1	1,3
6	aangepaste landbouw en natuur	3	17	102	1,1	1,3
7	aangepaste landbouw en natuur	3	17	102	1,1	1,3
8	aangepaste landbouw en natuur	43	63	145	1,7	1,9
9	aangepaste landbouw en natuur	147	167	231	8,2	9,3

Tabel 20 Voorspelde vegetatieontwikkeling (bij bestemming natuur) en oogstdepressie (bij bestemming landbouw) in varianten 6 en 7

Beheer- eenheid:	Verwachte vegetatietypen:	Oogstdepressie: nat droog totaal (in %)		
1	vochtige, zwak zure tot matig voedselrijke graslanden	18	5	23
2	vochtige, zwak zure graslanden	0	12	12
3	droge, zwak zure graslanden	0	17	17
4	natte/vochtige matig voedselrijke graslanden (w.o. blauwgraslanden)	11	0	11
5	vochtige, zwak zure graslanden (w.o. heischrale graslanden)	25	3	28
6	natte, matig voedselrijke gras- landen	28	2	30
7	vochtig zwak zure tot matig voedselrijke graslanden (w.o. heischrale graslanden)	28	2	30
8	vochtige zwak zure graslanden	0	12	12
9	droge zwak zure graslanden	0	17	17

Waterpeil reservoir variant 6 1984

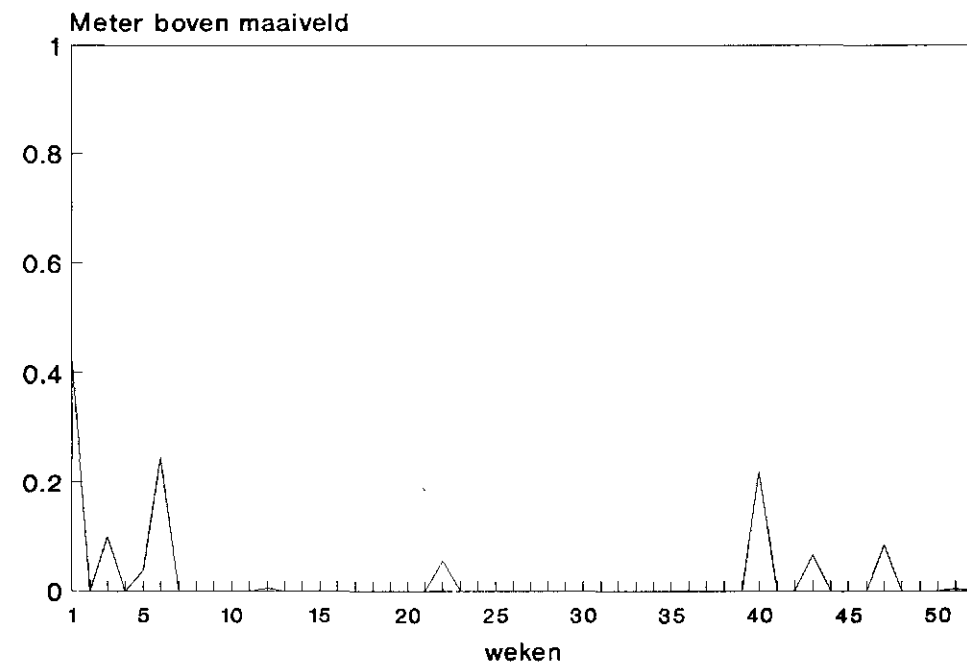


Fig. 45 Het berekende waterpeil in de infiltratiebekkens van variant 6

Macro-ionen samenstelling water: De grondwaterstroming vanuit de dekzandruggen naar lager gelegen plekken zoals het Aaltense Goor zal toenemen. Dit heeft een geringe invloed op de grondwaterstroming vanaf het Oost-Nederlands plateau naar de zone langs de terrasrand. Deze zal een iets kleiner invloedsgebied krijgen. De grens tussen het invloedsgebied van kwel uit het plateau met kwel uit dekzandruggen zal volgens de berekeningen ongeveer honderd meter opschuiven. Omdat dit grondwater uit het plateau de langste weg heeft afgelegd, zal hier sprake zijn van grondwater met het meest uitgesproken lithocliene karakter.

6.7.2. Economische gebruikswaarde (tabel 20)

Natuur: Door veranderingen in de bemestingsdruk, de veedichtheid en de ontwatering zullen de vochtige, zeer voedselrijke graslanden zich differentiëren. Met name natte, zwak zure en matig voedselrijke graslanden zullen meer en meer verschijnen. Voorbeelden hiervan zijn heischrale graslanden en mogelijk zelfs blauwgraslanden. Dit laatste geldt dan uitsluitend voor de dalen en wel na een zeer lange tijd. Ook in de lijnvormige beplantingen en bosjes zullen aan natte en voedselarme standplaatsen gebonden soorten en

gemeenschappen zich kunnen ontwikkelen. Binnen de clusters is van een tegengestelde ontwikkeling sprake. Hier zullen soorten van zeer droge standplaatsen tot ontwikkeling komen. In de infiltratiebekkens valt dankzij de lange droge periode de opslag van wilgen en populieren en wellicht zelfs van eik en es te verwachten.

Landbouw: De opbrengsten zullen door mestbeperking en wateroverlast afnemen. Berekeningen aan dit bedrijfsmodel door de Jong (1989) wijzen op een arbeidsopbrengst van 60% ten opzichte van het niveau bij autonome ontwikkeling op het huidige bemestingsniveau. Op de natte gronden speelt de toename van de oogstdepressie door wateroverlast een belangrijke rol. De berekende oogstdepressies neemt van 7 tot 9 % toe naar 20 tot 30%.

Drinkwatervoorziening: De totale hoeveelheid winbaar drinkwater bedraagt 20 miljoen m³ water. Dit komt overeen met de volledige netto-neerslag op het vanggebied.

Het gemiddelde stikstofgehalte van het ondiepe grondwater in de vanggebied van de reservoirs bedraagt 3,1 mg N-NO₃/l. Dit is beter dan in huidige situatie. Deze waarde ligt ruim onder het EG richtwaarde voor drinkwater. Door denitrificatie in de ondergrond, waterlopen en reservoirs is waarschijnlijk sprake van een lager nitraatgehalte in het infiltrerende water. Omdat 15% van het opgepompte water afkomstig is van buiten de cluster met bekkens kan de landbouw het nitraatgehalte van het opgepompte water beïnvloeden.

6.7.3. Esthetische waarde

In variant 6 en 7 hebben veranderingen in de bestemmingen een veel minder belangrijke invloed op het landschapsbeeld, omdat wordt uitgegaan van verweving van functies en een ordening per deelstroomgebied. De grootste veranderingen zijn het gevolg van inrichting- en beheermaatregelen.

Dit betekent dat de structuur van het landschap enigszins wijzigt. De bekkens zullen als **orientatiepunt** en wellicht ook als randen gaan werken. In hoeverre nieuwe lijnvormige beplantingen en kleine bosjes als randen gaan werken is niet duidelijk.

De **identiteit** wordt slechts in geringe mate beïnvloed. Door het beheer kunnen verschillen tussen de bestaande landschapstypen versterkt worden. Er is echter steeds sprake van cultuurhistorische continuïteit. De clusters infiltratiebekkens met opgaande begroeiing vormen een nieuw landschapstype met een duidelijk contrast met de omgeving.

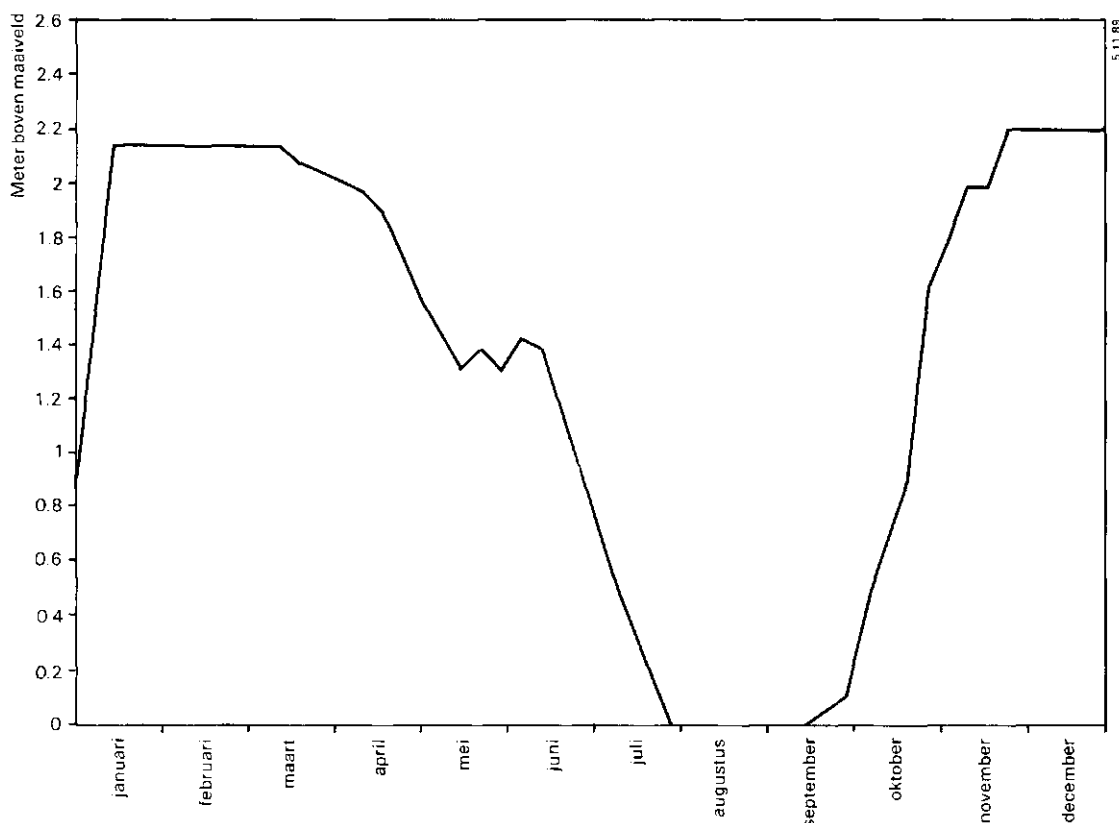


Fig. 46 Het berekende waterpeil in de spaarbekkens van variant 7

6.8. Variant 7

6.8.1. Ecologisch functioneren (tabel 19)

Waterpeilen: De grondwaterstanden zijn identiek aan variant 6. Het water in de spaarbekkens staat gedurende een zeer lange aaneengesloten periode twee meter hoog (figuur 46). In maart daalt het peil eerst onder invloed van infiltratie. In juni en juli zakt het water nog sneller door de uitlaat ten behoeve van de landbouw-watervoorziening. In augustus en een deel van september vallen de bekkens droog.

Nitraatgehalte: Het gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater bedraagt 3,5 mg N-NO₃/l. In de grootste delen ligt het nitraatgehalte tussen de 1 en 2 mg/l. Deze waarden zijn iets hoger dan in variant 6. De zwaardere mestbeperking in variant 6 levert dus niet zoveel winst in nitraatbelasting.

Macro-ionen samenstelling water: Evenals in variant 6 zal de invloed van grondwater dat afkomstig is uit het Oost-Nederlands Plateau afnemen. Daarnaast ontstaat langs de randen van de spaarbekkens kwel, terwijl in de huidige situatie veelal sprake is van grondwater met een atmoclien karakter.

6.8.2. Economische gebruikswaarde (tabel 20)

Natuur: De ontwikkeling van de graslanden is min of meer vergelijkbaar met die in variant 6. Het oppervlak met hogere mestgiften is echter wel groter. De mogelijkheden voor vegetatieontwikkeling in spaarbekkens zijn zeer beperkt vanwege de grote waterdiepte en het korte droog vallen in de zomer.

Landbouw: Berekeningen van de Jong (1989) aan het voorgestelde bedrijfsmodel laten zien dat er sprake is van een arbeidsopbrengst van 90% in vergelijking met autonome ontwikkeling op het huidige bemestingsniveau. Hierin speelt wateroverlast een belangrijke rol (zie variant 6).

Landbouwwatervoorziening: In juni en juli kan in totaal slechts een half miljoen m³ water worden uitgelaten naar de Baakse Beek en Veengoot. Slecht 2,5% van de netto-neerslag op het gebied wordt dus benut. Zowel de grote lek uit de reservoirs (ruim 70 %) als de te kleine capaciteit van de bekkens (15%) zijn verantwoordelijk voor deze lage efficiëntie.

6.8.3. Esthetische waarde

Het landschapsbeeld van deze variant vertoont veel gelijkenis met variant 6. De bekkens zijn echter minder duidelijk waarneembaar, omdat begroeiing ontbreekt en de ligging minder verspreid is. Ze zullen daarom vooral werken als oriëntatiepunten en minder als randen.

6.9. Variant 8

6.9.1. Ecologisch functioneren (tabel 21)

Waterpeilen: De grondwaterstanden worden door verlanding van de waterlopen sterk verhoogd ten opzichte van de huidige situatie. De GHG stijgt met 25 tot 35 cm., de GVG met 30 tot 50 cm. en de GLG met 20 tot 30 cm.

Nitraatgehalte: Door het ontbreken van bemesting en de verhoogde denitrificatie als gevolg van de vernatting, daalt het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater zeer sterk. Het gemiddelde nitraatgehalte in het studiegebied is 0,5 mg N-NO₃/l. Alleen de drogere gronden onder bos kent nog hoge waarden (3,3 mg/l). Onder bos is het nitraatgehalte ongeveer 10 keer zo groot als onder schrale graslanden en heide.

Macro-ionen samenstelling water: Er zijn geen verschuivingen in het patroon van de grondwaterstroming te verwachten.

Tabel 21 Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in variant 8

Beheer- eenheid:	Bestemming:	Waterpeil:			Nitraatgehalte grondwater op 1 m. beneden maaiveld (mg N-NO ₃ /l)
		GHG	GVG	GLG	
		(cm. beneden maaiveld)			
1	natuurbos	1	7	112	0,3
2	natuurbos	16	33	136	0,5
3	natuurbos	147	167	231	3,3
4	natuurbos	8	15	80	0,3
5	natuur	1	13	85	0,02
6	natuur	1	12	90	0,02
7	natuur	10	25	90	0,02
8	natuur	16	33	136	0,03
9	natuurbos	147	167	231	3,3

6.9.2. Economische gebruikswaarde

Natuur: In tabel 22 is aangegeven welke vegetatietypen zich op de lange duur kunnen ontwikkelen. De bosontwikkeling zal in de richting van Eiken-Haagbeukenbos (plateau), Elzen-Eikenbos, Vogelkers-Essenbos en verschillende typen eiken- en beukenbos gaan. In de dalen kan ook het Elzenbronbos ontstaan. Korte vegetaties die zich mogelijk kunnen ontwikkelen in het dekzandgebied zijn blauwgraslanden, borstelgraslanden en natte heiden. De optimale grondwaterstanden voor de ontwikkeling van dit soort vegetatietypen, zoals beschreven in de SWNBL-Natuur staalkaarten, zijn door verlanding te bereiken.

Landbouw: Het hooiland- en heidebeheer in het dekzandgebied hebben slechts een marginale landbouwkundige betekenis.

Watervoorziening: De oppervlaktewaterafvoer uit het gebied neemt volgens de berekeningen met 16% toe. Uit figuur 47 is af te leiden dat deze toename van de afvoer vooral in neerslagrijke perioden optreedt. Dit wordt verklaard door de geringere berging in de bodem in deze situatie. Gedurende de zomer is de afvoer zelfs kleiner dan in de huidige toestand. Voor benedenstrooms gelegen landbouwgebieden hebben deze veranderingen twee consequenties. Gedurende de winter is behoefte aan een grotere afvoercapaciteit van de waterlopen, terwijl gedurende de zomer meer behoefte aan wateraanvoer voor peilhandhaving en beregening zal bestaan.

6.9.3. Esthetische waarde

Door de bestemmingswijziging zullen een aantal sterk contrasterende landschapstypen ontstaan, namelijk droge bossen, broekbossen, heiden en schraallanden. De **identiteit** zal worden gewijzigd, maar vertoont een zekere cultuurhistorische continuïteit omdat de ligging in grote lijnen overeenkomt met de huidige landschapstypen.

De structuur van het landschapsbeeld zal zich sterk wijzigen. De belangrijkste **oriënterende werking** gaat uit van de bosranden en beeklopen. De bosranden op de essen versterken de terrasrand.

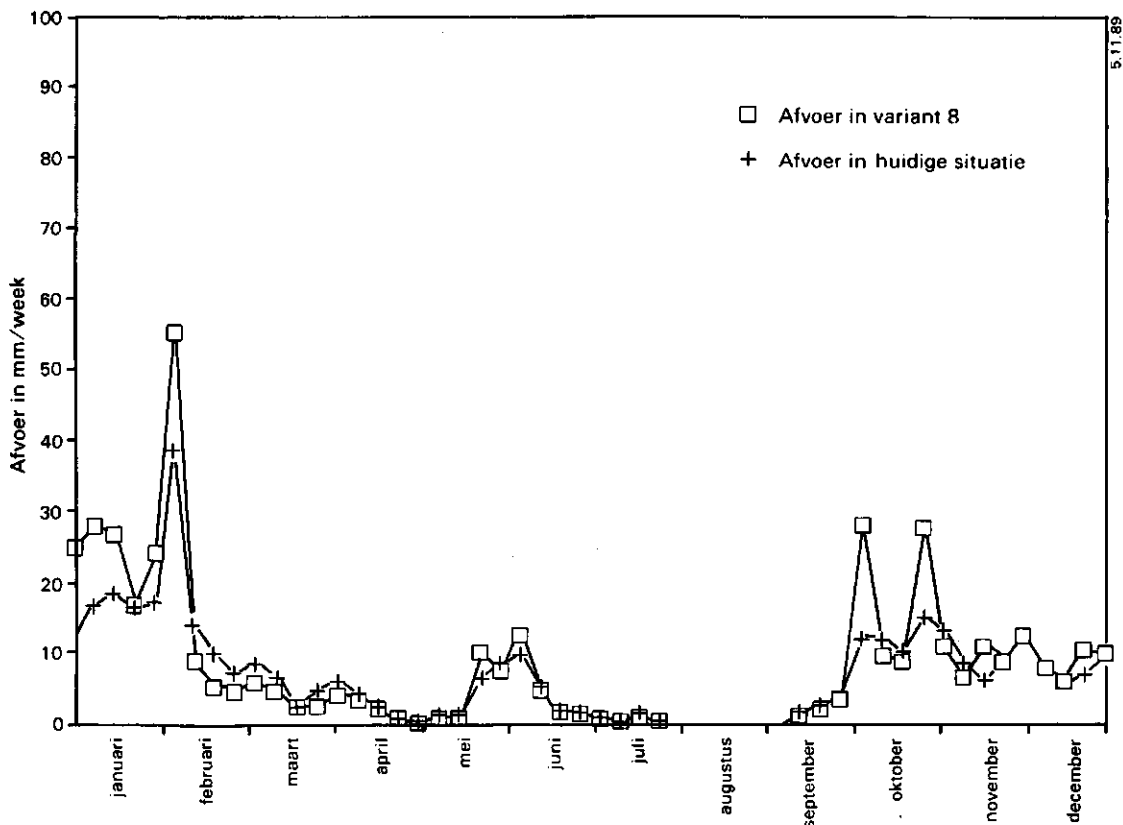


Fig. 47 De oppervlaktewaterafvoer vanuit het studiegebied in variant 8 vergeleken met de afvoer in de huidige situatie

6.10. Kanttekeningen

6.10.1. Ecologisch functioneren

Waterpeilen: De grondwaterstanden zijn per beheereenheid berekend met behulp van het model SWW (Beekman, van Bakel & Nijhof, 1988). Het model is gecalibreerd aan de hand van metingen van de grondwaterstand in het studiegebied en oppervlaktewaterafvoer in zeer goed vergelijkbare aangrenzende stroomgebieden.

De belangrijkste beperking van het model is de stationaire benadering van de regionale grondwaterstroming. De gevolgen van verhoging van het waterpeil in de ene beheereenheid op het waterpeil in de andere beheereenheid zijn dus niet meegenomen. Zo berekent SWW geen verhoging in grondwaterstanden op de essen, omdat binnen deze beheereenheid geen waterlopen voorkomen. Verhoging van het waterpeil in de dalen heeft echter een geringe invloed op de grootte van de grondwaterstroming vanuit de essen naar de dalen. De grondwaterstanden in de essen kunnen hierdoor ook iets verhoogd worden. In het onderzoek is er echter vanuit gegaan dat dit soort invloeden zo gering zijn dat ze verwaarloosbaar zijn.

Voor de bepaling van de waterpeilen in bekkens zie paragraaf watervoorziening.

Nitraatgehalte: Nitraat is als een enige indicator voor de waterkwaliteit beschouwd. In de eerste plaats omdat de nitraatgehalte in het grondwater van de zandgebieden duidelijk problemen oplevert in de drinkwatervoorziening. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat denitrificatie in het grondwater soms leidt tot een zodanige verhoging van het sulfaatgehalte en de hardheid dat problemen in de drinkwaterbereiding uit grondwater kunnen ontstaan.

Het nitraatgehalte is uitsluitend berekend op een meter beneden maaiveld en niet in het diepe grondwater en het oppervlaktewater. Bij de berekening spelen de factoren die de denitrificatie bepalen een belangrijke rol. Nu is over de denitrificatie in de onverzadigde zone vrij veel empirisch materiaal bekend, zodat berekening redelijk goed mogelijk is. Voor de ondergrond en waterlopen is dit in veel mindere mate het geval.

Om toch over een indicatie voor de stikstofbelasting van de reservoirs te kunnen beschikken is de volgende aanpak gekozen. Met behulp van een aantal denitrificatie-coëfficiënten voor de wortelzone (Steenvoorden, 1988, Van Dort & Kemmers, 1988) is per beheereenheid en bemestingsniveau het nitraatgehalte op een meter beneden maaiveld berekend. De orde van grootte van de berekende nitraatgehalte verschilde sterk. Daarom zijn de berekende nitraatgehalte vergeleken met metingen uit het Landelijk meetnet van het RIVM en Noord-Brabant. Op grond hiervan is gekozen voor de coëfficiënten van Steenvoorden die tot een aanzienlijk lager nitraatgehalte leiden.

Vervolgens is het gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in het hele vanggebied is berekend. De hierbij veronderstelde volledige menging treedt in werkelijkheid niet op. Omdat in de ondergrond en de waterlopen nog verdere denitrificatie optreedt, zal de werkelijke stikstofbelasting in de reservoirs waarschijnlijk kleiner zijn.

Macro-ionen samenstelling water: Betrouwbare methoden om de verandering van de macro-ionensamenstelling van het grondwater te berekenen zijn niet beschikbaar. Daarom is uitgegaan van de veronderstelling dat in dit gebied twee belangrijke kenmerken van de grondwaterstroming de ecologische relevante verschillen in

macro-ionen samenstelling bepalen, namelijk de aard van de regionale grondwaterstroming (kwel of infiltratie) en de ouderdom van het kwelwater. Infiltratie leidt tot atmoclien water, kwel tot lithoclien water. Het lithocliene karakter is het meest duidelijk indien het water oud is. De veronderstelling is dus dat er kalk in de ondergrond voorkomt en dat er binnen het gebied geen grote verschillen in opname van kalk door het grondwater bestaan.

6.10.2. Economische gebruikswaarde

Natuur: De kennis van vegetatieontwikkeling op verlaten landbouwgronden in het zandgebied is vrij beperkt. De meeste kennis is beschikbaar over de huidige toestand en de te verwachte degradatie onder invloed van ingrepen uitgaande van optimaal ontwikkelde vegetatie en standplaats. Bovendien geldt dat de kennis betrekking heeft op enerzijds zeer breed gedefinieerd standplaatsen en vegetatietypen (bijvoorbeeld de CML-ecotopentypologie zie Runhaar, Stevers & Udo de Haes, 1985 en Klijn, 1988; en de bostypologie van Van der Werff, in voorbereiding) of anderzijds zeer nauw omschreven vegetatietypen en standplaatsen (bijvoorbeeld staalkaarten SWNBL-Natuur, zie Hochstenbach & Gremmen, 1990). Deze laatste groep heeft vrijwel uitsluitend betrekking op korte, natte vegetaties.

Kennis van vegetatieontwikkeling in bekkens is zeer beperkt. De voorspelling van vegetatieontwikkeling uitgaande van gedegradeerde vegetaties of landbouwgronden op een ruimtelijk aggregatieniveau voor regionale studies, is met dit materiaal eigenlijk niet goed mogelijk.

Om een indicatie van de te verwachte vegetatieontwikkeling per beheereenheid te kunnen geven is uitgegaan van de volgende veronderstellingen:

- De hierboven opgesomde beschrijvingen van degradatie van de vegetatie zijn omkeerbaar. Deze veronderstelling is te rechtvaardigen indien men er vanuit gaat dat de vegetaties pas na honderden jaren zullen ontstaan. Op dit soort termijnen spelen echter ook heel andere onzekerheden mee.
- Deze beschrijvingen zijn toepasbaar op verlaten landbouwgronden. Deze veronderstelling is uitsluitend te rechtvaardigen indien de met voedingsstoffen verzadigde bovengrond wordt afgegraven.
- De SWNBL-Natuur staalkaarten zijn representatief is voor de gehele beheereenheid, die in werkelijkheid een veel grotere variatie in abiotische kenmerken vertoont dan de staalkaart zelf.

Landbouw: De oogstdepressie per beheereenheid is voorspeld met behulp van tabellen van de Werkgroep HELP-tabel (1987). Deze methode is goed bruikbaar voor het aggregatieniveau van dit onderzoek. Men dient zich goed te beseffen dat de aanduiding van de oogstdepressie is aangegeven voor een standaardbedrijf. Invloed van andere inrichtingsmaatregelen, zoals verkaveling en van de individuele ondernemerskwaliteit kunnen tot grote verschillen per bedrijf leiden.

Watervoorziening: De waterstromen naar en vanuit de reservoirs zijn berekend met een waterbalans op weekbasis over 1984. Een langere rekenperiode stootte op praktische bezwaren. Dit betekent dat de berekeningen geen indruk geven van de winningsmogelijkheden in droge jaren of jaren met droge zomers, die cruciaal zijn in de watervoorziening.

De invoertermen van de waterbalans zijn afgeleid uit de SWW berekeningen, die met behulp van metingen van afvoeren en grondwaterstanden gecalibreerd zijn (zie boven). De belangrijkste uitvoerterm van de reservoirs is de lek. De bepaling van de lekstroom is eigenlijk alleen goed mogelijk met behulp van een niet-stationair semi-driedimensionaal grondwatermodel, waarin ook het verband tussen oppervlaktewater en grondwater goed is opgenomen. Dit zijn de meest complexe grondwatermodellen, die zeer veel afregeltijd vergen. Het gebruik van dit soort modellen is niet verenigbaar geacht met het verkennende karakter van deze studie.

Daarom is in de waterbalans uitgegaan van een lekstroom die vergelijkbaar is met de stroming vanuit een meer naar aangrenzende bemalen polders. De grootte van de stroming is per week berekend. De grootte is afhankelijk van het peilverschil tussen de water in het reservoir en het grondwaterpeil buiten het reservoir, de doorlatendheid van de ondergrond en de straal van het reservoir. Bij de berekening zijn twee veronderstellingen gehanteerd:

- De waterpeilen in het reservoir en de omgeving worden niet beïnvloed door grondwateronttrekking in de omgeving van het reservoir.
- De grondwaterstand rond het reservoir stijgt niet door grondwaterstroming vanuit het reservoir naar de omgeving.

De eerste veronderstelling is juist in varianten met spaarbekkens. Wel zal er in deze varianten sprake zijn van verhoging van de grondwaterstand rond het reservoir, die tot een vermindering van de lek aanleiding geeft. De lekstroom vanuit de spaarbekkens is dus waarschijnlijk kleiner dan met de waterbalans is berekend.

De situatie rond infiltratiebekkens met grondwateronttrekking is veel gecompliceerder. Grondwateronttrekking leidt tot verlaging van de grondwaterpotentialiaal rond en onder het reservoir. Dit betekent een vergroting van de lek en een verlaging van de grondwaterstand rond de bekkens. De lekstroom vanuit infiltratiebekkens is daarom groter dan de in de waterbalans berekende lek. Indien de berekende lek even groot is als de hoeveelheid water die het bekken wordt ingelaten zal de lek gelijk zijn aan de ingelaten hoeveelheid. In variant 3 is de lekstroom daarom wellicht groter dan in de waterbalansberekening aangegeven.

Over de grootte van de lekstroom is nog een belangrijke kanttekening te maken. Er is nauwelijks kennis over de doorlatendheid van de reservoirbodem en de dikte van de sliblaag met de grootste weerstand. Ook is niet bekend in hoeverre de doorlatendheid in de loop der tijd afneemt en welke invloed regelmatig ploegen of begroeiing hierop heeft. De berekening van de lekstroom blijkt tevens zeer gevoelig te zijn voor de gekozen waarde van de

doorlatendheid.

Om de relatie tussen de onttrekking en de bekkens verder te verkennen is een stationaire semi-driedimensionale grondwatermodel Micro-Fem (Hemker & van Elburg, 1989) gemaakt van een cluster met infiltratiebekkens en een grondwateronttrekking. De onttrekking is gelijkgesteld aan de hoeveelheid water ingelaten water, het waterpeil aan het gemiddelde waterpeil uit de waterbalansberekening. In werkelijkheid varieert het waterpeil echter sterk van dag tot dag.

Dit betekent dat de berekende bijdrage van weglekkend water aan het onttrokken water en de grondwaterstanden waarschijnlijk ook sterk variëren. Zomers zullen de waterpeilen veel sterker kunnen dalen en het onttrokken water kan vooral uit de omgeving afkomstig zijn.

Deze beperkingen van de gehanteerde methoden betekenen dat:

- De aangegeven hoeveelheden winbaar water slechts een eerste aanduiding van de te benutten hoeveelheid water in relatief natte zomers geven. Droge jaren en droge zomers kunnen veel kleinere hoeveelheden opleveren.
- De winbare hoeveelheden in varianten 2, 3 en 4 groter kunnen zijn.
- De werkelijke benutting van geïnfiltreerd grondwater door grondwateronttrekking minder gunstig kan zijn dan uit de Micro-Fem modellering blijkt.

6.10.3. Esthetische waarde

De esthetische waarde van het landschap is alleen beschouwd vanuit een analyse van de orientatie en de identiteit door deskundigen. De belevingswaarde voor gebruikers en bewoners kan echter op andere kenmerken gebaseerd zijn (Coeterier, 1987). Belevingsonderzoek kan hierin inzicht geven. Belevingsonderzoek met behulp van een enquête valt echter buiten het doel van dit onderzoek.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Voor beide plannen wordt aangegeven welke manier van watervoorziening het meest perspectief biedt en in hoeverre de gevolgen overeenstemmen met de in de plannen verwoordde verwachtingen. Achtereenvolgens worden de mogelijkheden van het studiegebied en het gehele stroomgebied van de Baakse Beek besproken. Bij de beschouwing van het stroomgebied is een zodanige uitwerking van de oorspronkelijke plannen gegeven, dat:

- Waardevolle aspecten van het plan en de inrichtingsvarianten zo goed mogelijk worden gebruikt.
- Zo goed mogelijk wordt aangesloten bij bestaande waterwinningen.
- De winbare hoeveelheid water zo goed mogelijk overeenkomt met de in de nabije toekomst voorziene waterbehoefte in het stroomgebied.

7.1. Aangepaste watervoorziening in het studiegebied

7.1.1. B&L plan

Het plan wil door waterconservering op het plateau en door aanleg van stuwmeertjes in de dalen de voeding van het grondwater vergroten. Dit water denkt men vervolgens ten behoeve van de drinkwatervoorziening op te pompen in het dekzandgebied langs de terrasrand. Men verwacht op deze wijze 80% van de netto-neerslag op de natuurgebieden te benutten (Kerkstra & Vrijlandt, 1988, p: 78).

Variante 3 stemt zowel qua aard, plaatskeuze en omvang van de toegepaste technieken het meeste overeen met het B&L plan. Alleen de grondwateronttrekkingspunten zijn dicht bij de reservoirs geplaatst om een het uit de reservoirs infiltrerende water te kunnen benutten. In deze variant blijkt slechts 30% van de netto-neerslag te worden benut. De belangrijkste reden voor deze geringe benutting is de kleine lek vanuit de reservoirs naar het grondwater. Hierdoor zakt het peil zo weinig dat 60% van de netto-neerslag langs het bekken geleid moet worden. Vergroting van de bergingscapaciteit is mogelijk door uit te gaan van diepere bekkens. Het knelpunt blijft echter de geringe lek. Dit betekent allereerst dat het peil in onvoldoende mate daalt en dus de bergingscapaciteit klein blijft. Daarnaast is de voeding naar stroomafwaarts gelegen pompstations klein. Dit laatste wordt nog versterkt door de ongunstige ligging van de pompstations ten opzichte van de bekkens. Door de dalvorm kunnen geen clusters rond een pompstation gevormd worden. Bovendien liggen de bekkens alleen aan de kant van het pompstation waar het meest dunne watervoerend pakket voorkomt. Een dergelijk pompstation zal dus voornamelijk water oppompen dat niet in een bekken is geïnfiltreerd. Deze variant is dus niet aantrekkelijk.

Varianten 1 en 4 bieden weinig perspectief. De zeer geringe

efficiëntie van variant 1 is waarschijnlijk wel te vergroten door de aanleg van infiltratiebekkens van voldoende omvang ipv. infiltratiesloten, maar de mogelijkheden om het infiltrerende grondwater op te pompen zijn waarschijnlijk beperkt. Variant 4 houdt qua plaatskeuze het midden tussen variant 2 en 3. Daarom is deze variant ook minder aantrekkelijk dan deze beiden.

Varianten 2 en 5 zijn gezien hun efficiëntie het meest veelbelovend. Aanpassing van de bestemmingen zoals voorgesteld in het B&L-plan en van de toegepaste technieken zijn echter aan te bevelen.

1. Oppervlaktewaterwinning vanuit spaarbekken in de koppen van de dalen ten behoeve van drinkwatervoorziening.

In tabel 22 zijn de kenmerken van deze aangepaste versie van variant 2 samengevat.

Bestemming: Aanpassing van de bestemmingen van het B&L plan in het vanggebied lijkt niet noodzakelijk. Het overgrote deel is bestemd voor natuurbos. Voor ongeveer twintig hectare van het vanggebied geeft het plan de bestemming landbouw op gronden met zeer diepe grondwaterstanden aan. Dit kan een zekere bedreiging voor de waterkwaliteit van het te winnen water betekenen, aangezien het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater hier varieert van 6 tot 16 mg N-NO₃/l.

Inrichting: De spaarbekken liggen in de dalkoppen waar de zeer slecht doorlatende Tertiaire kleien zeer ondiep voorkomen. Door oppervlaktewateronttrekking vanuit de spaarbekken ten behoeve van drinkwater- als landbouwwatervoorziening is maximaal 1,8 miljoen m³ water per jaar oftewel ruim 70% van de netto-neerslag te benutten. Deze hoeveelheid water is nauwelijks voldoende om de in het B&L-plan gesignaleerde waterbehoefte in de landbouw te voorzien. Daarom verdient drinkwatervoorziening de voorkeur. De maximale benodigde bergingscapaciteit van de reservoirs is 800.000 m³. Indien uitgegaan wordt van een maximale waterdiepte van 50 cm. dient 17% van het vanggebied uit reservoirs te bestaan. De bekken worden gevuld met oppervlaktewater dat afstroomt uit de gebieden met spontane bosvorming.

Het **waterbeheer** in natuurgebieden kan zich het beste richten op geleidelijke verlanding van waterlopen in plaats van een variabele stuwbeheer zoals opgenomen in de varianten. De belangrijkste reden is de geringe bijdrage die variabel stuwbeheer levert aan het benutten van de netto-neerslag voor watervoorziening. De kosten die met deze vorm van beheer gemoeid zijn en de minder optimale omstandigheden voor natuurontwikkeling maken deze beheersvorm onaantrekkelijk.

De **natuurontwikkeling** die te verwachten valt, stemt in belangrijke mate overeen met de verwachtingen van Kerkstra & Vrijlandt (1988; p: 81-83): "Afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse kunnen op de plateaus de volgende milieutypes tot ontwikkeling worden gebracht: bos, veen en open water."... Op de hogere delen van het plateau kunnen op de vochtige, relatief voedselarme

Tabel 22 Kenmerken van twee alternatieven voor aangepaste drinkwatervoorziening in het studiegebied uitgaande van het B&L-plan

Alternatief:	1	2
Bestemming:		
. spontaan bos	1700 ha.	2900 ha.
. vanggebied	900 ha.	2200 ha.
. landbouw	3910 ha.	2710 ha.
Inrichting:		
.Doel	Drinkwatervoorziening	Drinkwatervoorziening
.Techniek:	Oppervlaktewateronttrekking 160 ha. spaarbekkens	Grondwateronttrekking 125 ha. infiltratiebekkens
.Plaatskeuze:	dalkoppen op zeer slecht doorlatende ondergrond	dekzandruggen/esjes aan voet van de terrasrand
.Vormgeving	contextueel tov. geomorfologische hoofdvorm autonoom tov. lokale patronen	contextueel tov. lokale patronen (percelen, verspreide bebouwing)
Waterbeheer:	verlanding waterlopen	verlanding waterlopen
Natuurontwikkeling:	Eiken-Haagbeukenbos (plateau), Eiken-Elzenbos, Zomereiken-Berkenbos, Wintereiken-Beukenbos, Vogelkers-Essenbos (langs beken)	
	veenvorming in dalen onwaarschijnlijk	kleine kans op plaatselijke veenontwikkeling in dalen na zeer lange tijd
	periodiek open water met riet, wilg en populier (bekkens)	incidenteel open water met opslag van wilg, populier, eik en es (bekkens)
		sterke verdroging binnen clusters met infiltratiebekkens en pompstations (oppervlak ca. 200 ha)
Drinkwatervoorziening:	max.1,8 miljoen m ³ /jaar < 1 mg N-NO ₃ /l	max. 7,5 miljoen m ³ /jaar < 1 mg N-NO ₃ /l

gronden met ondiep keileem in het profiel vochtige Eiken-Berkenbossen tot ontwikkeling komen."..." In de beekdalen op het plateau kunnen zich soortenrijke bosgemeenschappen van voedselrijke gronden ontwikkelen: Elzenbroekbos op vochtige beekgrond..., Elzen-Vogelkersbossen op voedselrijke minerale bodems die enkele malen per jaar worden overstroomd..., Eiken-Haagbeukenbossen op de wat hoger gelegen voedselrijke plaatsen die niet zo sterk onder invloed van het grondwater staan..., Beuken-Eikenbossen op plaatsen die buiten het bereik van het beekwater liggen."...."

Door verhoging van de grondwaterspiegel kunnen plaatselijk vooral in lagere delen en op keileembodems voorwaarden gemaakt worden voor de ontwikkeling van veen op de plateau's."

De resultaten van deze studie geven een iets afwijkende voorspelling:

- De kans op veenvorming in laagtes wordt klein geacht. Veenvorming op keileembodems is onwaarschijnlijk. Veenvorming is alleen mogelijk indien er sprake is van een zeer kleine fluctuatie van de grondwaterstand. Volgens Levensgemeenschappen (1979) en Streefkerk & Casparie (1987) gaat het om omstandigheden die vergelijkbaar zijn met de natste delen van grondwatertrap I. Deze omstandigheden zijn uitsluitend te verwachten op plekken in de dalen waar sterke kwel vanuit de essen optreedt. Deze plekken liggen echter allen stroomafwaarts van de reservoirs. Dit betekent dat de voeding van deze kwelplekken suboptimaal is. Het kwelwater is namelijk vooral afkomstig van landbouwgronden. Op het plateau is door verlanding van alle waterlopen een maximale vernatting tot grondwatertrap III te verwachten. Dit is volstrekt ontoereikend voor veenvorming.
- Het open water valt periodiek droog. In de bekkens zal ondiep water ontstaan dat gedurende zomer en najaar droog valt. Dit betekent dat bij de maximale waterdiepte van 50 cm de opslag van wilgen, populieren en riet te verwachten is.
- Op keileembodems zal Eiken-Haagbeukenbos in plaats van Eiken-Berkenbos tot ontwikkeling komen.

De maximale hoeveelheid **winbaar water** komt overeen met die van winning Koolmansdijk. In droge jaren kan dit aanzienlijk minder zijn. De **waterkwaliteit** van het gewonnen water is waarschijnlijk uitstekend: het gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in het vanggebied is kleiner dan 1 mg N-NO₃/l.

2. Grondwateronttrekking gekoppeld aan infiltratiebekkens in het dekzandgebied ten behoeve van drinkwatervoorziening.

In de bijgestelde versie van variant 5 is maximaal 7,7 miljoen m³ water per jaar te winnen. Dit is de gehele netto-neerslag op het vanggebied.

De **bestemmingen** in het B&L-plan dienen aanzienlijk gewijzigd te worden. Het gehele vanggebied van ongeveer 2000 hectare en het gebied binnen de clusters (ca. 200 ha) dient de bestemming natuurbos te krijgen. De bestemming landbouw op de droge gronden van de essen in het vanggebied en binnen de clusters met infiltratiebekkens betekenen namelijk een grote bedreiging van de kwaliteit van het drinkwater. Het gaat om ruim 1200 hectare dat in het B&L plan de bestemming landbouw heeft gekregen. Op droge gronden onder landbouw met een mestbeperking tot 400 kg N/jaar kan het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater oplopen tot 16 mg N-NO₃/l.

Inrichting: De maximaal benodigde bergingscapaciteit is 650.000 m³. De bekkens worden in clusters aangelegd op kleine dekzandruggen en essen aan de voet van de terrasrand. Indien wordt uitgegaan van een maximale waterdiepte van 50 cm. in de bekkens dient 6% van het vanggebied uit bekkens te bestaan. De bekkens worden het hele jaar gevuld met oppervlaktewater afkomstig uit natuurlijke bossen. Het grondwater wordt in een achttal pompstations binnen de clusters opgepompt.

Het **waterbeheer** dient te streven naar geleidelijke verlanding van waterlopen.

De **natuurontwikkeling** op het plateau, de essen en in de dalen is vrijwel identiek aan die in alternatief 1. In dit alternatief kan echter op zeer lange termijn sprake zijn van veenontwikkeling in de dalen. In de dalen is sprake van een sterke kwel van schoon water vanuit de essen, omdat deze gronden uit landbouwkundig gebruik zijn genomen.

Binnen de clusters van infiltratiebekkens is door sterke peilverlaging als gevolg van grondwateronttrekking sprake van verdroging. In totaal zal circa 200 ha. verdroging kennen. Hier zal sprake zijn van gedegradeerde eikenbossen.

In de infiltratiebekkens zou gezien de vrij korte overstromingsduur en de geringe maximale waterdiepte op de lange termijn zelfs sprake kunnen zijn van de opslag van es en eik (mondelinge mededeling R. Jongman).

De totale hoeveelheid **winbaar drinkwater** is maximaal iets groter dan de totale hoeveelheid water die volgens het Grondwaterplan Gelderland in 1995 binnen het stroomgebied van de Baakse Beek gewonnen zal worden. De **waterkwaliteit** is evenals in alternatief 2 uitstekend: het gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater is < 1 mg N-NO₃/l.

7.1.2. SWNBL-plan

Het plan wil het gebiedseigen water in deelstroomgebieden met de bestemming natuur & aangepaste landbouw conserveren voor drinkwater- en landbouwwatervoorziening. De aanduiding van technieken en plaatskeuze is summier. Spaarbekkens moeten bij voorkeur aangelegd worden op plekken met kwel en/of zeer slecht doorlatende ondergrond.

Gezien de bijzonder lage efficiëntie van de spaarbekkens in variant 7 (minder dan 3% van de netto-neerslag) en de geringe hoeveelheid water die B&L-varianten voor landbouwwatervoorziening bieden, dient geconcludeerd te worden dat watervoorziening ten behoeve van de landbouw geen perspectief biedt. Het gaat om te kleine hoeveelheden en een te laag economisch rendement.

De geringe benutting van de netto-neerslag in variant 7 wordt vooral verklaard door de zeer sterke lek. Indien de lek vergeleken wordt met die in variant 6 dan blijkt de vormgeving en plaatskeuze wel enige positieve, maar altijd nog marginale invloed te hebben

Tabel 23 Kenmerken van aangepaste drinkwatervoorziening in het studiegebied uitgaande van het SWNBL plan

Bestemming:

. vanggebied	5610 ha.
. aangepaste landbouw	
400 kg N/jaar	3360 ha.
200 kg N/jaar	1970 ha.
. bosjes, lijnvormige beplantingen, schraallanden	280 ha.

Inrichting:

.Doel	Drinkwatervoorziening
.Techniek:	Grondwateronttrekking 260 ha. infiltratiebekkens
.Plaatskeuze:	dekzandruggen/esjes in het meest westelijke deel van het studiegebied op plaatsen waar watervoerende pakket dikker dan 15 m. is
.Vormgeving:	contextueel tov. lokale landschapspatronen (percelen, verspreide bebouwing, secundaire wegen).

Waterbeheer:

variabel stuwbeheer: herfst, winter en voorjaar omhoog; zomer naar beneden

Natuurontwikkeling:

.Opgaande begroeiing:	Eiken-Haagbeukenbos (plateau), Eiken-Elzenbos, Zomereiken-Berkenbos, Wintereiken-Beukenbos, Vogelkers-Essenbos (langs beken)
.Korte vegetaties:	natte, vochtige en droge; matig zure, matig voedselarme en voedselrijke graslanden
.Water:	Incidenteel open water in bekkens met opslag van wilg, populier, eik en es

Drinkwater-voorziening:

max. 20 miljoen m³/jaar
< 2 mg N-NO₃/l

op de grootte van de lek.

Voor aangepaste watervoorziening biedt alleen de opzet van variant 6 een perspectief. In tabel 23 zijn de kenmerken van een enigszins gewijzigde versie van variant 6 samengevat.

Het vanggebied van 56 km² krijgt de **bestemming** natuur met aangepaste landbouw. De aangepaste landbouwbedrijven kennen ondiepere grondwaterstanden en een lagere bemesting dan in de huidige situatie (zie ook waterbeheer).

De toegepaste technieken bij de **inrichting** vertonen veel gelijk-nis met variant 5. In variant 6 gaat het om de winning van bijna 20 miljoen m³ water per jaar oftewel 100% van de netto-neerslag. Het water wordt als grondwater onttrokken middels een pompstation dat binnen een cluster met infiltratiebekkens is gelegen. De infiltratiebekkens zijn klein en liggen op dekzandruggen en essen.

De totale benodigde bergingscapaciteit bedraagt 1,1 miljoen m³. Uitgaande van een maximale waterdiepte van 50 cm. dient 4% van het vanggebied uit bekkens te bestaan. De bekkens worden het gehele jaar door gevuld met oppervlaktewater afkomstig van de gebieden met de bestemming natuur en aangepaste landbouw.

Waterbeheer: De grondwaterstanden vertonen een grote overeenkomst die van voor de uitvoering van de ruilverkaveling. De aanleg van vaste stuwen zou tot te natte omstandigheden in het voorjaar voor de landbouwbedrijven leiden. Daarom is gekozen voor het in variant 6 opgenomen variabele stuwbeheer. Het bemestingsniveau ligt op 200 kg N/jaar (35% van de gronden) en 400 kg N/jaar. Een zwaardere mestbeperking, die in variant 6 is toegepast, levert relatief weinig extra verbetering van de grondwaterkwaliteit. Het lage bemestingsniveau wordt bij voorkeur toegepast binnen de clusters van infiltratiebekkens (ca. 450 ha van de bijna 2000 ha), rond bestaande natuurgebieden en in gradiëntrijke gebieden. De oogstdepressies ten gevolge van wateroverlast en droogte bedragen maximaal 30%. Over het gehele studiegebied genomen bedraagt de gemiddelde oogstdepressie ten gevolge van wateroverlast 5%. De Jong (1989) heeft voor een vergelijkbaar bedrijfsmodel berekend dat de arbeidsopbrengst 90% bedraagt van die bij autonome bedrijfsontwikkeling op het huidige bemestingsniveau. In deze berekening is zowel de toegenomen wateroverlast als de mestbeperking meegenomen.

Natuurontwikkeling: Het SWNBL plan stelt: "Ecologische schade moet beperkt worden, eventueel kan een reservoir door vorming van moeraszones zelfs een positieve bijdrage leveren aan de natuurontwikkeling."... "Hiervoor is vooral het behoud en versterking van actuele gradiëntsituaties van groot belang."... "Actuele natuurwaarden moeten beschermd worden."

Door de vernatting en de lagere bemestingsniveau's zullen de mogelijkheden voor ontwikkeling van natte, schrale hooi- en weilanden beter worden. Ook de ontwikkelingsmogelijkheden voor gradiënten verbeteren. Een uitzondering vormen de clusters van infiltratiebekkens en hun directe omgeving. Binnen de clusters kan een aanzienlijke verdroging optreden (circa 450 ha). Ook kleine verschuivingen van gradiënten kan niet vermeden worden. De belangrijkste gradiënten in de dalen en aan de voet van de terrasrand worden ontzien.

De **hoeveelheid water** die maximaal gewonnen kan worden komt ongeveer overeen met tweederde van alle huidige onttrekkingen in heel Oost-Gelderland.

Waterkwaliteit: Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater ligt vrijwel overal beneden 2 mg N-NO₃/l. Alleen in gebieden met grondwatertrap VII kunnen hogere waarden optreden. Het valt te overwegen om ook deze gebieden bij voorkeur het lage bemestingsniveau toe te kennen.

7.2. Aangepaste watervoorziening in het stroomgebied van de Baakse Beek

Hoe verhouden de beide plannen zich nu qua mogelijkheden voor drinkwatervoorziening ten opzichte van elkaar en het huidige beleid? Om deze vraag te beantwoorden zijn de resultaten van de inrichtingsvarianten voor het studiegebied vertaald naar het gehele stroomgebied van de Baakse Beek. Voor een groter gebied spelen lokale omstandigheden een minder bepalende rol. Bovendien zijn bij de uitwerking op stroomgebied niveau twee nieuwe elementen toegevoegd. In de eerste plaats is getracht een zodanig gebied de bestemming aangepaste waterwinning te geven dat de winbare hoeveelheid drinkwater overeenkomt met de drinkwaterbehoefte tot 1995, zoals voorzien in het Grondwaterplan Gelderland (1986). Tevens is getracht om beter aan te sluiten bij de huidige infrastructuur voor drinkwaterwinning. De verplaatsen van pompstations is uiterst kostbaar en vraagt veel tijd.

7.2.1. Uitgangspunten

BESTEMMING:

Compartmentering:

B&L plan: landbouw versus natuur met aangepaste waterwinning.

SWNBL plan: landbouw versus natuur gecombineerd met aangepaste landbouw en waterwinning.

Ordening:

B&L plan: volgens positioneringsprincipe gebaseerd op waterscheidingen om ongunstige beïnvloeding van waterkwaliteit door landbouwgronden binnen het vanggebied te vermijden; bovendien zoveel mogelijk aansluiten bij in het plan aangeduide bestemming natuur (zie figuur 4).

SWNBL plan: volgens deelstroomgebied-principe; bovendien aansluiten op de in het plan aangeduide bestemmingen natuur en aangepaste landbouw (zie figuur 5).

INRICHTING:

Richtbeeld benutting netto-neerslag:

Een winbare hoeveelheid drinkwater van 6 miljoen m³ per jaar. Er zijn nu vijf pompstations namelijk Lichtenvoorde (Koolmansdijk), Ruurlo, Vorden (Dennenakker), het Klooster en Hengelo (Olde Kaste) waar gedurende 1984 in totaal 5 miljoen m³/jaar is opgepompt. Het Grondwaterplan gaat uit van een toename van de waterbehoefte in Oost-Gelderland tot 1995 met 20%. Voor de winningen in het stroomgebied betekent dit een toename met 1 miljoen m³/jaar. De waterkwaliteit van het winbare water moet op lange termijn aan de EG richtlijn voor drinkwater blijven voldoen. Dit betekent dat het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater binnen het vanggebied kleiner dan 5,6 mg N-NO₃/l moet zijn.

Technieken:

De toepassing van aangepaste winningstechnieken. Dit wil zeggen onttrekking gecombineerd met de aanvoer van schoon gebiedseigen oppervlaktewater afkomstig uit gebieden met de bestemming natuur en eventueel aangepaste landbouw. De winningstechnieken dienen zo goed mogelijk aan te sluiten bij de bestaande infrastructuur. Dit wil ondermeer zeggen dat bestaande pompstations zoveel mogelijk worden benut.

Ook de toegepaste waterconserveringstechnieken zijn aangepast aan de aard van het gebied en de bestemmingen. Dit wil zeggen verlanding (of vaste stuwen) bij bestemming natuur, en een variabele stuwbeheer bij aangepaste landbouw. Stuwbeheer wordt uitsluitend toegepast in vlakke gebieden met grondwatertrap V en natter, waar bovendien sloten voorkomen. Spaarbekkens worden alleen toegepast in gebieden met ondiep voorkomende zeer slecht doorlatende lagen. In alle andere gevallen wordt uitgegaan van infiltratiebekkens.

WATERBEHEER:**Waterkwantiteit:**

In de uitwerking wordt gestreefd naar nattere omstandigheden dan in de huidige toestand. De na te streven peilen zijn afhankelijk van de bestemming. Voor de functie natuur dient gestreefd te worden naar geleidelijke verlanding. Voor natuur en aangepaste landbouw is een variabel stuwbeheer noodzakelijk waarmee te ondiepe grondwaterstanden in het voorjaar kunnen worden tegengegaan.

Waterkwaliteit:

Er wordt gestreefd naar een nitraatgehalte van het ondiepe grondwater (op 1 m. beneden maaiveld) dat lager ligt dan de EG richtwaarde voor drinkwater (5,6 mg N-NO₃/l). De macro-ionen samenstelling van het water dient zo veel mogelijk een atmoclien of lithoclien karakter hebben. Met name plaatsen waar in de huidige situatie nog lithoclien ondiep grondwater voorkomt dienen behouden of ontwikkeld te worden.

7.2.2. B&L-plan

In figuur 48 is een plan voor drinkwatervoorziening voor het stroomgebied van de Baakse Beek weergegeven indien wordt uitgegaan van het B&L-plan.

De toepassing van spaarbekkens beperkt zich tot het Oost-Nederlands Plateau aangezien op geen enkele andere plek binnen het stroomgebied zeer slecht doorlatende lagen ondiep voorkomen. Dit betekent dat de netto-neerslag van een vanggebied van ongeveer 900 hectare dat geheel de bestemming natuurbos kent, benut kan worden. Door verlanding van de waterlopen is het gebied natter geworden. Te verwachte bostypen zijn diverse eiken-, beuken-, haagbeuken- en elzenbossen. Het afstromende oppervlaktewater stroomt naar bekkens die in de koppen van de dalen zijn aangelegd. De totale omvang van de bekkens is 190 hectare. Het water is maximaal 50 cm.

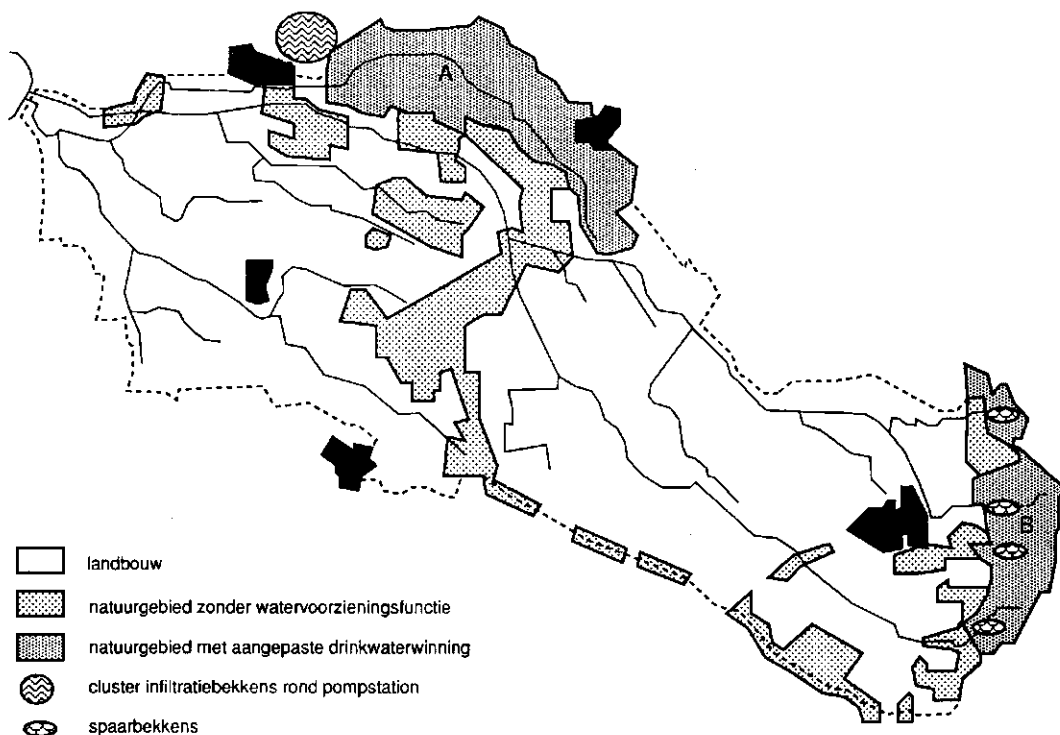


Fig. 48 Een plan voor aangepaste drinkwatervoorziening in het stroomgebied van de Baakse Beek uitgaande van het B&L plan

diep. In de bekkens slaan riet, biezten, populieren en wilgen op. Uit de bekkens wordt gedurende het gehele jaar maximaal 35.000 m³ water per week opgepompt en verder bewerkt tot drinkwater. In totaal wordt zo maximaal 2 miljoen m³ water per jaar gewonnen. Het nitraatgehalte van dit water ligt beneden 1 mg N-NO₃/l. Spaarbekkens zijn nergens binnen het stroomgebied zodanig te situeren dat aangesloten kan worden op bestaande infrastructuur ten behoeve van drinkwaterwinning.

Infiltratiebekkens zijn slechts na vrij grote aanpassing van de bestemmingen toepasbaar langs de Baakse Beek tussen Ruurlo en Vorden (zie figuur 4). De bestemmingen zullen herschikt dienen te worden volgens waterscheidingen. Het gehele stroomgebied van de oude Baakse Beek bovenstrooms van Wientjesvoort (oppervlakte ca. 1600 ha.) krijgt de bestemming natuurbos. Ook hier wordt afgezien van slootonderhoud waardoor de sloten verlanden en het bos natter wordt. Hier zijn vooral natte varianten van eiken- en elzenbossen te verwachten. Het afstromende oppervlaktewater wordt naar infiltratiebekkens geleid. Rond het bestaande pompstation Dennenakker zijn een groot aantal bekkens met een totale oppervlakte van ca. 100 ha. aangelegd. Het water is maximaal 50 cm. diep. De bekkens staan echter het grootste deel van het jaar droog. Naast wilgen en populieren kunnen waarschijnlijk ook andere boomsoorten opslaan. Ook het gebied binnen de bekkens krijgt de bestemming natuurbos (totale oppervlakte ca. 200 ha.). Door de onttrekking komen hier echter zeer diepe grondwaterstanden voor.

Te verwachten vegetatietype is het gestoorde, droge eikenbos. In totaal wordt maximaal 6 miljoen m³ water per jaar opgepompt. Het nitraatgehalte ligt beneden 1 mg N-NO₃/l.

In deelgebieden 2 en 3 van figuur 4 komen nauwelijks waterlopen voor die als voeding voor reservoïrs kunnen worden gebruikt. Aan de natuur aangepaste watervoorziening is daarom onmogelijk. In deze gebieden kan eigenlijk alleen van de huidige grondwateronttrekkingstechniek worden uitgegaan. De verdroging die deze vorm van drinkwatervoorziening veroorzaakt wordt strijdig geacht met de uitgangspunten van het plan.

7.2.3. SWNBL-plan

In figuur 49 is een plan voor aangepaste drinkwatervoorziening voor het stroomgebied van de Baakse Beek uitgaande van het SWNBL plan weergegeven.

De mogelijkheden binnen het SWNBL plan zijn ruimer dan in het B&L plan omdat steeds hele stroomgebieden de bestemming natuur met aangepaste landbouw hebben. De selectie van de deelstroomgebieden is daarom vooral gebaseerd op de aard van de gradiënten en het voorkomen van bestaande pompstations. In deelstroomgebieden 2 en 5 (zie figuur 5) komen geen bestaande pompstations voor. Pompstation het Klooster in gebied 2 ligt te veel bovenstrooms om door oppervlaktewater gevoed te kunnen worden. In aanmerking komen dus uitsluitend deelstroomgebied 1 met pompstation Dennenakker en deelstroomgebied 4 met pompstation Koolmansdijk.

Beide gebieden hebben hun voor- en nadelen. De toepassing van infiltratiebekkens rond het pompstation Dennenakker is reeds aangegeven in de uitwerking van het B&L plan. Voor deze mogelijkheid pleit het voorkomen van weinig grondwaterafhankelijke vegetaties met een geringe natuurbehoudswaarde binnen de cluster van infiltratiebekkens. Een nadeel is de sterke afname van de van de oppervlaktewaterafvoer in de benedenloop van de oude Baakse Beek. Hierdoor kunnen bestaande en actuele natuurontwikkelingsmogelijkheden op ondermeer het landgoed Hackfort bedreigd worden (Subwerkgroep, 1988).

De toepassing van infiltratiebekkens rond het pompstation Koolmansdijk kent het nadeel van een kleinere afvoer naar het benedenstroomse gebied veel minder, omdat de beek verder door deelstroomgebieden met de bestemming landbouw loopt. Daar staat tegenover dat het huidige verdroging rond het pompstation Koolmansdijk niet worden opgelost door de aanleg van infiltratiebekkens (zie ondermeer Dierx, 1989). Het vanuit natuurbehoudsoogpunt waardevolle reservaat Koolmansdijk zou namelijk binnen de cluster liggen.

Er is een lichte voorkeur voor bestemming van het stroomgebied van de Nieuwe Beek (gebied 4) voor natuur, aangepaste landbouw en aangepaste drinkwatervoorziening. Hierbij dient pompstation Koolmansdijk naar het westen te worden verplaatst. Dit is op het ogenblik in studie (zie ondermeer Oltshoorn, 1988).

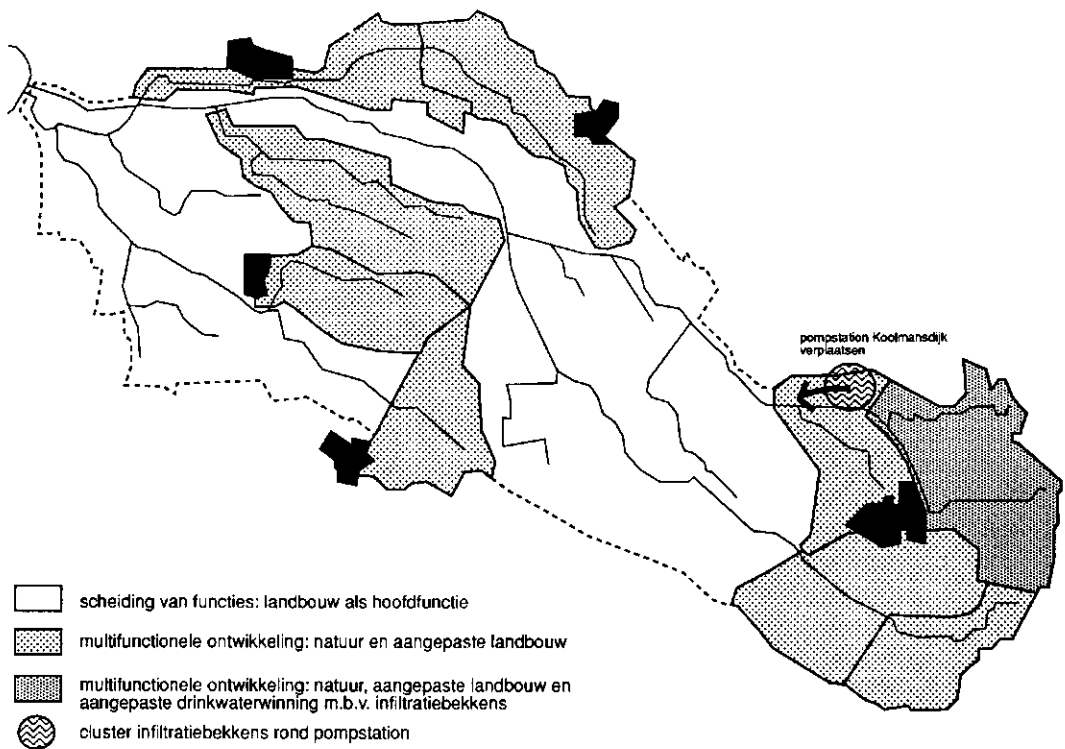


Fig. 49 Een plan voor aangepaste drinkwatervoorziening in het stroomgebied van de Baakse Beek uitgaande van het SWNBL plan

Het vanggebied is 1800 ha. groot. In dit gebied komen aangepaste landbouwbedrijven voor. Vijf procent van het oppervlak van het bedrijf bestaat uit bosjes, heggen, houtwallen en bomenrijen. Dit betekent dat op veel perceelscheidingen weer begroeiing verschijnt. Grotere bossen worden aangelegd op gronden met zeer diepe grondwaterstand, zoals de Lievalder en Vragender Es. Op een derde van de landbouwgronden geldt een mestbeperking van 200 kg N/jaar. Het gaat om percelen binnen de clusters en gebieden met veel actuele en potentiële gradiënten. Deze gradiënten liggen vooral rond Koolmansdijk, ten westen van Lievalde en in de in het plateau ingesneden dalen (Vragenderbeek en bovenloop Lievalderbeek). Op de overige landbouwgronden geldt een mestbeperking tot 400 kg N/jaar. Het vanggebied is in herfst, winter en voorjaar aanzienlijk natter geworden omdat de stuwen tot begin juni zijn opgetrokken. Deze worden in de zomer neergelaten. Berekeningen laten zien dat de afname van de arbeidsopbrengst ongeveer 10% bedraagt.

Het oppervlaktewater wordt naar een cluster van infiltratiebekkens geleid. Deze liggen ten noordoosten van Zieuwent op esjes en dekzandruggen. In totaal beslaan de bekkens ongeveer 100 ha. De maximale waterdiepte is 50 cm. De bekkens staan vrijwel altijd droog, zodat verschillende boomsoorten kunnen opslaan. Binnen de cluster ligt een gebied van ongeveer 200 ha waarbinnen sterke

verdroging kan optreden.

In totaal kan maximaal 6 miljoen m³ water worden opgepompt. Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater is vrijwel overal kleiner dan 2 mg N-NO₃/l.

7.2.4. Vergelijking met huidig beleid

In tabel 24 worden de beide hierboven beschreven plannen vergeleken met de huidige drinkwatervoorziening binnen het stroomgebied van de Baakse Beek. De kengetallen voor de beide plannen zijn extrapolaties van de berekeningen aan de inrichtingsvarianten. De kengetallen voor het huidige beleid zijn ontleend aan het Grondwaterplan Gelderland (1986) en gegevens van het Waterleidingsbedrijf Oost-Gelderland.

Als baten zijn op te vatten de hoeveelheid winbaar drinkwater, een duurzame grondwaterkwaliteit en het natter worden van het gebied van waaruit het water wordt aangevoerd (vanggebied). Als kosten verdroging binnen het vanggebied, het beëindigen van het huidige landbouwkundige gebruik in het vanggebied en de aanleg van reservoirs.

Tabel 24 Vergelijking van twee plannen voor aangepaste drinkwaterwinning en de huidige drinkwatervoorziening in het stroomgebied van de Baakse Beek

	B&L plan		tot	SWNBL plan:	Huidig beleid:	
	B	A			84	94
Baten:						
hoeveelheid max. winbaar water (in miljoen m ³ /j)	1,8	5,8	7,6	5,9	5	6
nitraatgehalte grondwater op 1 meter gemiddeld over vanggebied (in mg N-NO ₃ /l)	<1	<1	<1	<2	9	?
vernatting binnen vanggebied (in km ²)	9	16	25	19	0	0
Kosten:						
verdroging binnen vanggebied (in km ²)	0	2	2	2	18	22
aanpassing gebruiksfuncties (in km ²)	9	18	27	21	16	19
aanleg bekkens (in km ²)	1,9	1	2,9	1	0	0
berekend nitraatgehalte			oppervlakte 25 jaarszones			

Beide plannen leveren evenveel of meer drinkwater dan de huidige watervoorziening. Het SWNBL plan is vergelijkbaar, het B&L plan zit er ruim boven. In dit laatste plan zou volstaan kunnen worden met de winning Dennenakker. De plannen hebben als grote voordelen ten opzichte van het huidige beleid dat er sprake is van een duurzame grondwaterkwaliteit én een vernatting binnen het gehele vanggebied. Het huidige beleid heeft vooral verdroging binnen het vanggebied tot gevolg. Dit kan grote verschillen in natuurontwikkeling teweeg brengen. In de beide plannen kan sprake zijn van vooral aan water gebonden levensgemeenschappen, terwijl het huidige beleid vooral de ontwikkeling van verdroogde vegetaties bevordert.

Een belangrijke kostenpost vormt de aanleg van reservoirs. Een combinatie met ontgronding zou mogelijk voor financiering kunnen zorgen.

Indien er vanuit gegaan wordt dat het huidige beleid zal leiden tot aangepast grondgebruik binnen de gehele 25 jaarszone van een pompstation, dan is de omvang van het gebied waarbinnen functies gewijzigd worden van min of meer dezelfde grootte. Deze ontwikkeling is op het ogenblik reeds gaande. Waterleidingbedrijven proberen steeds meer grond rond hun pompstation in bezit te krijgen. Ook de mestwetgeving en het bodembeschermingsbeleid zullen tot wijzigingen in het grondgebruik leiden. En het is nog maar de vraag of deze ontwikkelingen zich zullen beperken tot de 25 jaarszones.

Het zal duidelijk zijn dat de keuze voor aangepaste drinkwatervoorziening of voortzetting van de huidige ontwikkelingen in de drinkwatervoorziening vooral de keuze voor een verschillend landschap betekent. Gechargeerd komt het hier op neer:

- De huidige ontwikkelingen zouden in zijn meest extreme vorm kunnen leiden tot een "concentrisch" landschap. In een al dan niet kleinschalig landbouwgebied komen grote aaneengesloten houtplantages voor die de grenzen van het intrekgebied van bestaande pompstations markeren. De gedegradeerde gronden lieten immers zoals zo vaak (vergelijk heide- en stuifzandbossingen) geen ander economisch rendabel grondgebruik toe. Het beheer van deze bossen is de zorg van de waterleidingbedrijven. De taak van de natuurbescherming wordt uitgebreid met ecosystemen die op z'n best een aantrekkelijke structuur maar weinig interessante inhoud bieden.
- Aangepaste watervoorziening uitgaande van het B&L plan levert een landschap vol contrasten. Grootschalige, moderne landbouwgebieden worden afgewisseld met grootschalige, grotendeels nieuw aangelegde natuurgebieden. De natuurgebieden liggen bij voorkeur in gebieden waar een duurzame ontwikkeling gegarandeerd is. Op sommige uitgekende plaatsen in de natuurgebieden wordt water gewonnen. Het beheer van deze gebieden is in handen van waterleidingbedrijven en natuurbeheerorganisaties. In dit landschap zijn half-natuurlijke vegetaties zo goed als verdwenen, maar kunnen in de nieuwe natte tot droge natuurgebieden op den lange duur misschien weer interessante bosplanten verschijnen.

- Aangepaste drinkwatervoorziening uitgaande van het SWNBL plan zorgt voor een duurzame instandhouding van de nog bestaande kleinschalige landschappen. Op sommige plekken kunnen deze zelfs weer hersteld worden. De natuur is verweven met de landbouw en drinkwatervoorziening. Drinkwaterwinning wordt zodanig uitgevoerd dat de invloed van verdroging tot het minimum wordt beperkt. Er is vooral aangesloten bij actuele botanische en faunistische waarden. Maar ook ecologische potenties worden ontwikkeld door vernatting en beperking van de mestgiften. De intensiteit van de landbouw varieert binnen een bedrijf. De intensiteit is lager rond pompstations en in gebieden met ecologisch kansrijke situaties en actuele natuurwaarden. Het beheer van dit landschap is de zorg van boeren, natuurbeheerders en waterleidingbedrijven.

LITERATUUR

Ad Hoc werkgroep verdamping. 1984. Herziening van de berekening van de gewasverdamping in het hydrologische model GELGAM. Rijks-waterstaat, Den Haag.

Adriaanse, P.I. & R.H. Kemmers. 1988. Bufferzones tegen nitraatin-spoeling in beekdalen: Een methode om de ligging en breedte vast te stellen. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen. Rapporten, Nieuwe Serie nr. 27.

Amster, A.R. van, A.C. Garritsen & H.L.M. Rolf. 1989. Verdroging van natuur en landschap in Nederland. Technisch deelrapport B: hydrologie. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.

Aukes, P. & E. van Zadelhoff. 1981. Rapport over de botanische betekenis van het Aaltense Goor met beheersadviezen en enkele zoölogische aantekeningen. Staatsbosbeheer, Utrecht.

Beekman, W., P.J.T. van Bakel & G. Nijhof. 1988. Ontwikkeling en toepassing van het simulatiemodel SWW als begeleidingssysteem voor het kwantitatieve oppervlaktewaterbeheer: Simulatie Waterhuishouding Waterschappen.. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen. Nota 1912.

Beugelink, G.P., L.J.M. Boumans & W. van Duijvenbouden. 1989. De kwaliteit van het grondwater in Nederland. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, Bilthoven. Rapport nr. 728820001.

Beusekom, C.F., J.M.J. Farjon, F. Foekema, B. Lammers, J.G. de Molenaar & W.P.C. Zeeman. 1990. Handboek voor grondwaterbeheer van natuur, bos en landschap. SDU, Den Haag.

Bittman. 1964. Grundlagen und Methoden des biologischen Wasserbaus. In: Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen. Bundesanstalt fuer Gewasserkunde, Koblenz.

Bleuten, W. & M. Cerutti. 1984. De huidige en toekomstige nitraat- en sulfaatbelasting van grond- en drinkwater van de Nederlandse pleistocene zandgebieden. H2O 17 (10): 208-218.

Bon, J. 1968. De minimumafvoer van de Baakse Beek. Waterschapsbelangen 53-8.

Bon, J. 1968. Gebruik van afvoerverhoudingen bij het bepalen van de maatgevende afvoer in grotere stroomgebieden. Waterschapsbelangen 53-3: 1-8.

Bon, J.. 1973. Het Achterhoek onderzoek: samenvatting van literatuur betreffende het hydrologische onderzoek in de Achterhoek. Nota Instituut Cultuurtechniek & Waterhuishouding, Wageningen. Nr. 754.

Bosch, M. van den. 1981. Beknopte toelichting bij de geologische schetskaart van Winterswijk. Bijlage bij: Winterswijk, landschap

en vegetatie. Deel 1: Ontstaan en opbouw van het landschap. Wetenschappelijke Mededelingen K.N.N.V. nr. 147. p: 111-119.

Both, J.C. & G. van Wirdum. 1981. Waterhuishouding, bodem en vegetatie van enkele Gelderse natuurgebieden: basisrapport ten behoeve van Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland. Provincie Gelderland, Arnhem. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. Rapport 81/18.

Bradshaw, A.D. & Gill, C.J.. 198.. The landscaping of reservoir margins. In: Clouston, B. (ed.) Landscape design with plants. London.

Brechtel, H.M. & G. Scheele. 1982. Erwirtschaftung von Grundwasser durch land- und forstwirtschaftliche Massnahmen. Hessische Forstliche Versuchsanstalt.

Bruyn, J. 1984. Drinkwaterkwaliteit en bemesting: nitraatproblemen in Oost-Gelderland. H2O (17)22: 502-505.

Cals, M.J.R. & C.M.L. Jansen. 1988. Ecologisch kansrijke gradiënten: een landschapsecologische studie van het ruilverkavelingsgebied Lielvelde. Katholieke Universiteit Nijmegen. Nijmeegse Milieukundige Studies nr. 2.

Campbell, K.L., S. Kumar & H.P. Johnson. 1972. Stream straightening effects on flood-runoff characteristics. Transactions A.S.A.E. 15: p. 94-98.

Coeterier, J.F. 1987. De waarneming en waardering van landschappen: resultaten van omgevingspsychologisch onderzoek. Dissertatie Landbouwniversiteit, Wageningen.

Denneman, W.D.. 1989. Stikstofdepositie en normstelling voor bos en heide. Landschap 6(3): 197-219.

Dort, T.C.M. van & R.H. Kemmers. 1988. Bufferzones tegen nitraatinspoeling in beekdalen: vuistregels voor het bepalen van de omvang. Instituut voor Cultuurtechniek & Waterhuishouding, Wageningen. Rapporten Nieuwe Serie 35.

Dierx, H.A.L. 1988. Beïnvloeding van het verloop van de grondwaterstand te Koolmansdijk door de grondwaterwinning Lichtenvoorde en de uitgevoerde cultuurtechnische werken. N.V. Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland, Doetinchem. Rapport nr. 88-2.

Dijkema, E.F.T.M. & N.F.C. Hazendonk. 1988. Water sparen, natuur vergaren?: een studie naar de ruimtelijk en ecologische kwaliteiten van een spaarbekken ten behoeve van de landbouw. Scriptie Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroepen Landschapsarchitectuur & Cultuurtechniek, Wageningen.

Duijvenbooden, W. van. 1988. De chemische samenstelling van het grondwater. PHLO, Wageningen. Syllabus cursus "Waterkwaliteit landelijk gebied; aspecten van kwaliteitsbeheer".

- Elburg, H. van, G.B. Engelen & C.J. Hemker. 1989. Flownet version 5.1.: users manual. Amsterdam.
- Emerson, J.W.. 1971. Channelization: a case study. *Science* 173: p. 325-326.
- Ernst, L.F., N.A. de Ridder & J.J. de Vries. 1970. A geohydrologic study of East Gelderland. *Miscellaneous Reprints 115*, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Farjon, J.M.J., W.B. Harms & I.L. Loopstra. 1983. Gevolgen van ruilverkaveling voor het landschap 4: Landschapsecologische gevolgen van ruilverkaveling in de Achterhoek. Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" Wageningen. nr. 332.
- Farjon, A. & J. Wiertz. 1989. Milieu- en vegetatieveranderingen in het schraalland Koolmansdijk 1952-1988. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. Rapport 89/18.
- Folkertsma, K. & H. Wubs. 1986. Hydrologisch vooronderzoek Het Aaltense Goor. Scriptie HBCS, Velp.
- Fonck, H.. 1968. Slootdichtheid en wintergrondwaterstand in de Gelderse Achterhoek. *Waterschapsbelangen* 53 (4).
- Fonck, H.. 1972. Een onderzoek naar de grootte van weerstanden in de slootbodem bij infiltratie vanuit de slootbodem bij infiltratie vanuit een sloot. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Nota 710. Wageningen.
- Fonck, H.. 1973. Een onderzoek naar de grootte van infiltratie vanuit watervoerende leidingen in het waterschap Salland. Instituut voor Cultuurtechniek en waterhuishouding, Nota 731, Wageningen.
- Gonggrijp, G.P.. 1976. Terrasrand van de Rijn Aalten-Neede. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Groenendijk, P.. 1990. Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties: grondwaterstand en vochtleverantie. Rapport Staring Centrum, Wageningen. Nr. 64.3.
- Harbers, P; H. Rosing & W. Heijink. 1983. Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000: Toelichting bij de kaartbladen 41 West Aalten en 41 Oost Aalten. Stiboka, Wageningen.
- Hemker, C.J. & H. van Elburg. 1988, *Micro-Fem Version 2.0: users manual*. Amsterdam.
- Hiege, W.. 1985. Wasserhaushalt von Forsten un Waelder und der Einfluss des wassers auf Wachstum und Gesundheit von Forsten und Waelder: eine Literaturstudie. Studiecommissie Waterbheer Natuur, Bos en Landschap, Utrecht. Rapport nr. 7a.
- Hochstenbach, S.M.H. & N.J.M. Gremmen. 1989. Effecten van ingrepen

in de waterhuishouding op vegetatie en standplaats: Resultaten van een deskundigenraadpleging. Interim rapportage Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Jager, A.W. de. 1965. Hoge afvoeren van enige Nederlandse stroomgebieden. Verslagen van landbouwkundige onderzoeken 658. Pudoc, Wageningen.

Jong, T.A. de. 1989. Melkveebedrijven met beheersbepalingen in zandgebieden: Gebiedsstudie Hackfort. Onderzoeksverslag Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag. Nr. 49.

Kant, G.R., B.P. Akkers & H.J. Brinkhof. 1984. Rentabiliteit van beregening op melkveebedrijven en waterbehoefte van Gelderse landbouwgronden. Basisrapport 2: Vochttekorten van grasland op zand- en rivierkleigronden. Provincie Gelderland, Dienst Waterbeheer, Arnhem.

Kant, G.R. & L.C.P.M. Stuyt. 1980. Mogelijkheden tot waterconservering in hellende zandgebieden in Oost-Nederland. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Nota 1202, Wageningen.

Kerkstra, K. & P. Vrijlandt. 1988. Het landschap van de zandgebieden: Probleemverkenning en oplossingsrichting. Studiereeks Bouwen aan een levend landschap nr. 8. Directie Bos- en Landschapsbouw.

Kemmers, R.H.. 1990. Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties: de stalen methode. Rapport Staring Centrum, Wageningen. Nr. 64.1.

Klijn, F.. 1988. Ecoseries: aanzet tot een standplaatstypologie. Centrum voor Milieukunde Leiden. CML Mededelingen 45.

Kloosterhuis, J., P. Harbers, F. Wopereis & P. Jokovi. 1968. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Aalten. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Rapport nr. 688.

Knaapen, J.P. & J.G.M. Rademakers. 1990. Rivierdynamiek en vegetatieontwikkeling. Staring Centrum, Wageningen. Rapport 82.

Koridon et. al. 1979. De Oostvaardersplassen: ontwikkeling en onderzoek van een nieuw natuurgebied in Flevoland. Flevobericht nr. 169., Rijksdienst IJsselmeer Polders, Lelystad.

Lynch, K. 1971. Site planning. MIT Press, Cambridge.

Massop, H.T.L. & M. Wijnsma. 1988. Kanaalbodemweerstand voor en na ontgraving in verband met uitbreiding van afmeergelegenheid bij Eefde. Instituut voor Cultuurtechniek & Waterhuishouding, Wageningen. Nota nr. 1843.

Nonhebel, S.. 1987. Waterverbruik van Nederlandse bossen: een modellenstudie. Studiecommissie Waterbeheer natuur, bos en landschap, Utrecht. Rapport nr. 7g.

Noordhuis, M., P.J.T. van Bakel & A.F. Holst. 1990. Onderzoek naar de verandering van de freatische grondwaterstanden op enkele kaartbladen in de provincie Noord-Brabant als gevolg van veranderingen in de landbouwwaterhuishouding. Rapport Staring Centrum, Wageningen. Nr. 72.

Oltshoorn, T.N.. 1980. Pompstation Lichtenvoorde en natuurterrein Koolmansdijk: compensatie van grondwaterstandsverlaging met behulp van infiltratieputten. KIWA Rijswijk.

Peters, R. & J.H. de Boer (eindredactie). 1984. Landschapsplanning in de stadsrand: een onderzoek naar de ontwikkelingsmogelijkheden van de ruimtelijke kwaliteiten van het stadsrandgebied tussen Haarlem en Amsterdam. Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen. Nr. 380.

Pleijter, G., D.J. Groot Obbink, J.A. van den Hurk en A.A. de Veer. 1973. Ruilverkaveling Winterswijk-West: bodem, bodemgeschiktheid en landschap. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Rapport nr. 901.

Poel, K.R. 1990. Syntheserapport Hackfort; COAL-gebiedsstudie op het landgoed Hackfort bij Vorden: een onderzoek naar vormen van aangepaste landbouw in een zandgebied. Conceptrapport Staringcentrum, Wageningen.

Poel, K.R. de; J.M.J. Farjon, N.F.C. Hazendonk, J. de Jongh & O. Vaessen. 1990. Water en landschap in een dekzandgebied: het stroomgebied van de Baakse Beek en de Veengoot. Studiecommissie waterbeheer natuur, bos en landschap, Utrecht Rapport nr. 6d.

Rees Vellinga, E. van & N.A. de Ridder. 1973. Notes on the Tertiary and Pleistocene geology of East Gelderland. Eiszeitalter u. Gegenwart 23/24: 26-45.

Runhaar, J., R.A.M. Stevers & H.A. Udo de Haes. 1985. Uitwerking CML-ecotopensysteem voor de Randstad. Centrum voor Milieukunde Leiden. CML Mededelingen 20.

Scholten, A. & A.G. Beekman. 1983. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Lievelede. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Rapport 1594.

Smoor, P.B.. 1972. Grondwaterkaart van Nederland: 34 West (Groenlo) en 41 West (Aalten). Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft.

Streefkerk, J.G. & W.A. Casparie. 1987. De hydrologie van hoogveensystemen: uitgangspunten voor beheer. Staatsbosbeheer, Utrecht. Rapport 1987-19.

Steenvoorden, J.H.A.M. 1988. Vermindering stikstofverliezen naar grond- en oppervlaktewater. Instituut voor Cultuurtechniek & Waterhuishouding, Wageningen. Nota 1849.

Subgroep Gebiedsstudies van het COAL-Projectteam. 1989. Synthese-

rapport Hackfort; COAL-gebiedsstudie op het landgoed Hackfort bij Vorden: een onderzoek naar vormen van aangepaste landbouw in een zandgebied. Staringcentrum.

Visser, H.J.S.M., N.H.S.M. de Wit & W. Bleuten. 1985. Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater: Bedreigingen van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en gevolgen voor de natuur en waterwinningen op Nederlandse zandgronden. Rapport vakgroep Fysische geografie, Rijksuniversiteit Utrecht.

Vries, J.J. de. 1974. Groundwaterflow systems and streamnets in the Netherlands. dissertatie Vrije Universiteit, Amsterdam.

Warmerdam, P.M.M.. 1981. De invloed van de wind op regenwaarnemingen: een vergelijkend regenmeteronderzoek. H2O 54 (1): 16-20.

Werkgroep Actualisering SWLT. 1988. Actualisering waterbehoefte land- en tuinbouw: interim-rapport. Utrecht.

Wiertz, J. 1987. Hydrologie en vegetatie in Lievelede en omgeving in verband met twee alternatieven voor ruilverkaveling. Intern rapport 87/21, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Wigbels, V.L. 1978. Een oriënterend onderzoek naar de invloed van langdurige overstromingen op de vitaliteit van de wilgen in de oostvaardersplassen. Rapport Rijksdienst IJsselmeer Polder, Lelystad. 1978-22

Wirdum, G. van. 1980. Een eenvoudige beschrijving van de veranderingen van de waterkwaliteit tijdens de hydrologische cyclus ten behoeve van natuurbescherming. CHO-TNO Rapporten en nota's 5, Den Haag.

Wosten, J.H.M., M.H. Bannink & J. Beuving. 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Rapport ICW nr. 18/Rapport Stiboka nr. 1932, Wageningen.

Zeeuw, J.W. de. 1966. Analyse van het afvoerverloop van gebieden met hoofdzakelijk grondwaterafvoer. dissertatie Landbouwhogeschool Wageningen.

Grondwaterplan 1987-1995: Herzien ontwerp. 1986. Provincie Gelderland, Arnhem.

De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie: rapport van de Werkgroep HELP-tabel. 1987. Mededelingen Landinrichtingsdienst 176, Utrecht.

Levensgemeenschappen. 1979. Wageningen.

Verklarende hydrologische woordenlijst. 1986. Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, Delft. Rapporten en nota's No. 16.

Bijlage 1: Waterstanden, waterstromen en stromingspatronen

door:

F.G.M. van Pruissen

J.M.J. Farjon

INHOUD

1.	INLEIDING	157
2.	INGREPEN	159
2.1.	Voorlopige inrichtingsvarianten	159
2.2.	Definitieve inrichtingsvarianten	161
3.	WERKWIJZE	163
3.1.	Algemeen	163
3.2.	Waterbalans tbv. planvormingsfase	166
3.2.1.	Ruimtelijke eenheden: landschappen	166
3.2.2.	Rekenperiode en tijdstappen	166
3.2.3.	Regionale waterhuishouding	166
3.2.3.1.	Waterstromen tussen studiegebied en omgeving	
3.2.3.2.	Waterstromen tussen ruimtelijke eenheden	
3.2.4.	Lokale waterhuishouding	171
3.2.5.	Uitvoering berekening aan varianten	172
3.3.	Waterbalans tbv. plantoetsing	174
3.3.1.	Ruimtelijke eenheden: waterbeheereenheden	174
3.3.2.	Rekenperiode en tijdstappen	174
3.3.3.	Regionale waterhuishouding	174
3.3.4.	Modellering van lokale waterhuishouding	177
3.3.5.	Calibratie	177
3.3.6.	Uitvoering berekening aan varianten	179
3.4.	Methode tbv. plantoetsing omgeving pompstation	181
3.4.1.	Micro-Fem modellering van stijghoogten en fluxen	181
3.4.1.1.	Modelopbouw	
3.4.1.2.	Calibratie	
3.4.1.3.	Uitvoering berekening aan variant 6	
3.4.2.	FLOWNET modellering van stroomlijnen	186
3.4.2.1.	Modelopbouw uitgangssituatie	
3.4.2.2.	Calibratie	
3.4.2.3.	Uitvoering van de berekening aan varianten	
4.	RESULTATEN	189
4.1.	Inleiding	189
4.2.	Uitgangssituatie	189
4.3.	Effecten varianten	193
4.3.1.	Inleiding	193
4.3.2.	Waterbeheer	193
4.3.3.	Grondgebruik	197
4.3.4.	Reservoirs	197
4.3.5.	Pompstations	203
5.	DISCUSSIE	209
5.1.	Effecten waterbeheer	209
5.2.	Effecten grondgebruik	211
5.3.	Effecten reservoirs	211
5.4.	Effecten pompstations	212
6.	CONCLUSIES	213
6.1.	Gehanteerde methoden	213
6.2.	Technieken	213

1. INLEIDING

Deze bijlage beschrijft de methoden waarmee gevolgen van de inrichtingsvarianten voor waterbalanstermen, grondwaterstanden en het stromingspatroon van het grondwater zijn vastgesteld. Kortheidshalve wordt van kwantitatieve hydrologische gevolgen gesproken.

De bijlage geeft tevens een overzicht van de resultaten. De resultaten per inrichtingsvariant worden slechts kort opgesomd. Een uitvoerige beschrijving vindt men in het hoofdrapport. Uitgebreider wordt stil gestaan bij de effecten van de afzonderlijke ingrepen.

In de planningsprocedure (zie hoofdrapport, figuur 2) zijn op twee momenten kwantitatieve hydrologische gevolgen vastgesteld. De doelen zijn daarbij verschillend geweest. Dit verschil in doelstelling heeft geleid tot verschillende methoden:

1. Het doel van de berekeningen in de **planvormingsfase (onderdeel inrichting)** was het vaststellen van een zodanige omvang van de reservoirs die overeenstemt met enerzijds de te verwachte oppervlaktewaterafvoer en anderzijds het richtbeeld watergebruik. De methode is daarom toegespitst op de waterhuishouding van de reservoirs in de voorlopige inrichtingsvarianten. De onderzoeksvragen luiden:
 - a. Welke grootte hebben de verschillende waterbalanstermen van het reservoir uitgaande van de op grond van landschappelijke criteria bepaalde plaatskeuze, omvang en maximale waterdiepte? In hoeverre stemmen deze overeen met het richtbeeld watergebruik?
 - b. Welke waterstanden zijn in de reservoirs te verwachten? In hoeverre komen deze overeen met de in het richtbeeld waterbeheer geformuleerde minimum en maximum waterdiepte?

In deze fase is het effect van het waterbeheer op de berging in bodem en waterlopen niet bestudeerd. Bergingsveranderingen in bodem en waterlopen zijn geschat aan de hand van de gewenste grondwaterstanden. Deze zijn direkt afgeleid van het richtbeeld waterbeheer. Hierbij is er van uitgegaan dat deze waterstanden met een bepaalde vorm van waterbeheer te realiseren zijn.

De resultaten van de berekeningen zijn gebruikt om:

- Voorlopige inrichtingsvarianten, waarin slechts een geringe hoeveelheid water te gebruiken is, af te laten vallen.
 - De omvang of waterdiepte van de reservoirs te verkleinen.
- In de **plantoetsingsfase** was het doel de kwantitatieve hydrologische gevolgen van zowel bestemming (wijziging grondgebruik), inrichting (reservoirs) als beheer (stuwen, verlanding) vast te stellen. De berekeningen hebben daarom betrekking op de waterhuishouding van reservoirs én andere waterbeheereenheden. De onderzoeksvragen waren:
- a. Welke oppervlaktewaterafvoer en grondwaterstand is in de verschillende waterbeheereenheden te verwachten bij

het voorgestelde waterbeheer (stuwbeheer en onderhoud van waterlopen)?

- b. Welke waterstanden zijn te verwachten in de reservoirs?
- c. Hoe ziet de waterbalans van het reservoir eruit?
- d. Welke veranderingen in het stromingspatroon van het grondwater treden op als gevolg van gewijzigde waterstanden in waterbeheereenheden en reservoirs?

De berekende waterstanden zijn gebruikt om de te verwachte waterkwaliteit (bijlage 2), de te verwachte standplaats- en vegetatieontwikkeling (bijlage 3) en de te verwachte oogst-depressie in de landbouw (bijlage 3) te voorspellen. De waterbalans van de reservoirs zijn gebruikt om de orde van grootte van de watergebruiksmogelijkheden te bepalen. Voor de voorspelling van de waterkwaliteit is bovendien inzicht in het nieuwe stromingspatroon van het grondwater gewenst.

In de planvormingsfase is bovendien een globalere methode gehanteerd dan in de plantoetsingsfase. Dit om snelle bijstelling van de inrichtingsvarianten mogelijk te maken. Zo is er tijdens de planvormingsfase gerekend met slechts 5 ruimtelijke eenheden (landschappen) en tijdstappen van 10 dagen (decaden), terwijl in de plantoetsingsfase is gerekend met 10 ruimtelijke eenheden (waterbeheereenheden) en tijdstappen van 7 dagen (weken). In de planvormingsfase zijn uitsluitend waterbalanstermen beschouwd, terwijl tijdens de toetsing ook waterstanden en stromingspatronen zijn bestudeerd.

Bij de bespreking van de resultaten wordt steeds gebruik gemaakt van de berekeningen in de plantoetsingsfase. In de discussie zal gezien worden in hoeverre de globale waterbalansberekening in de planvormingsfase aan zijn doel heeft voldaan.

2. INGREPEN

2.1. Voorlopige inrichtingsvarianten

In de planvormingsfase zijn acht voorlopige inrichtingsvarianten beschouwd: I t/m III, V t/m VII en IX. In deze inrichtingsvarianten komen een aantal ingrepen voor die direct de hoedanigheid van de waterhuishouding beïnvloeden, namelijk:

1. Verhoging van de GHG. Hiermee is beoogd de jaarlijkse bergingsverandering in bodem en waterlopen groter te maken door meer water gedurende herfst, winter en voorjaar vast te houden. Hierdoor wordt de oppervlaktewaterafvoer gedurende de zomer groter. Het achterliggende idee is dat op deze wijze:
 - de reservoirs zo klein mogelijk kunnen zijn,
 - ondiepe grondwaterstanden ten behoeve van de vegetatieontwikkeling gedurende het groeiseizoen zijn gegarandeerd.

Deze ingreep betekent dat gedurende de herfst, winter en voorjaar de waterstanden in de oppervlakte- en grondwater verhoogd worden, de verdamping verandert en de afvoer via de waterlopen afneemt.

Er is vanuit gegaan dat de voorgestelde verhoging van de GHG met stuwbeheer is te realiseren.

2. Verlaging van de GLG. Ook door deze ingreep wordt de jaarlijkse bergingsverandering vergroot, omdat in de zomermaanden sprake zal zijn van meer afvoer. Er is vanuit gegaan dat dit te realiseren is door verdichting, vergroting en verdieping van het waterlopenstelsel. De GHG is verondersteld gelijk te blijven door het optrekken van stuwen gedurende herfst, winter en voorjaar.

3. Verandering van het grondgebruik.

In alle inrichtingsvarianten is sprake van een zodanige verandering in het grondgebruik dat effecten op de verdamping te verwachten zijn. Dit geldt met name voor de omzetting van grasland, dat in landbouwkundig gebruik is, in natuurlijk loofbos. In dit geval zal de interceptie hoger zijn dan bij het huidig grondgebruik. De evapotranspiratie kan hierdoor toenemen en de oppervlaktewaterafvoer afnemen. Dit kan daarnaast leiden tot veranderingen in de grondwaterstand.

4. Aanleg van spaarbekkens.

In inrichtingsvarianten II en VII zijn spaarbekkens aangelegd. Deze bekkens zijn op een zodanige plek aangelegd dat naar verwachting sprake zal zijn van een geringe lekkage. De bekkens worden gedurende het gehele jaar gevuld met afstromend oppervlaktewater. Op momenten dat het bekken maximaal gevuld is, wordt geen water ingelaten maar via het oppervlaktewaterstelsel afgevoerd. Gedurende de zomer laat men het bekken geleidelijk leeg lopen. Het water wordt via het waterlopenstelsel naar landbouwgebieden gevoerd.

De belangrijkste veranderingen die deze ingreep zal veroorzaken zijn de afname van de oppervlaktewaterafvoer stroomafwaarts van het reservoir en de eventuele lek vanuit het reservoir naar aangrenzende ruimtelijke eenheden.

5. Aanleg van infiltratiebekkens.

In inrichtingsvarianten I, III, V, VI en IX zijn infiltratie

Tabel 1 Ingrepen in de kwantitatieve waterhuishouding per voorlopige inrichtingsvarianten

Inrichtingsvariant:	I	II	III	V	VI	VII	IX
Ingreep:							
.verhoging GHG met .. cm.	20 40	20	20	20	20	20 40	-
.verlaging GLG met .. cm.	-	-	-	-	-	-	20
.gras omzetten in loofbos	+	+	+	+	+	-	+
.aanleg spaarbekken (opp. in ha)	-	150	-	-	-	120	-
.aanleg infiltratie bekken (opp. in ha)	75	-	150	300	260	-	75

Tabel 2 Ingrepen in de kwantitatieve waterhuishouding per definitieve inrichtingsvarianten

Inrichtingsvariant:	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingreep:								
.stuw gedurende herfst, winter en voorjaar op cm. beneden maaiveld	0	75	0	75	0	50 75	50 75	-
.verlanding waterlopen	-	-	-	-	-	-	-	+
.gras omzetten in loofbos	+	+	+	+	+	-	-	+
.aanleg spaarbekken (opp. in ha)	-	190	-	100	-	-	120	-
.infiltratiebekken met pompstation (opp. in ha.)	50	-	150	-	150	260	-	-

bekkens aangelegd. Deze bekkens zijn op een zodanige plek aangelegd dat sprake zal zijn van een sterke infiltratie van het ingelaten oppervlaktewater. De bekkens worden gedurende het gehele jaar gevuld indien er sprake is van voldoende capaciteit. Men laat geen oppervlaktewater uit deze bekkens stromen. Al het water verlaat het bekkens via verdamping of lekkage. Hierbij is verondersteld dat al het weg lekkende water onttrokken wordt door een pompstation.

Deze ingreep zal leiden tot grote veranderingen in de oppervlaktewaterafvoer stroomafwaarts van de aan te leggen infiltratiebekkens en in veranderingen in het stromingspatroon en waterstanden van het grondwater rond de bekkens. Dit kan leiden tot een gewijzigde verdamping.

Tabel 1 geeft een overzicht van de ingrepen die per voorlopige inrichtingsvariant zijn voorzien.

2.2. Definitieve inrichtingsvarianten

Er is uiteindelijk een voorlopige inrichtingsvariant afgevallen (IX) en twee nieuwe varianten toegevoegd (4 en 8). In paragraaf 4.3. van het hoofdrapport zijn de acht definitieve inrichtingsvarianten (1 t/m 8) beschreven. In deze inrichtingsvarianten komen zowel ingrepen voor die in de voorlopige inrichtingsvarianten zijn opgenomen als ingrepen die een nadere uitwerking zijn van de ingrepen die een vergroting van de jaarlijkse bergingsverandering beogen:

1. Verandering van het stuwbeheer.

In inrichtingsvarianten 1 t/m 7 is sprake van hoge stuwpeilen (0 tot 75 cm beneden maaiveld) gedurende de herfst, winter en voorjaar en van lage stuwpeilen gedurende de zomer (stuwpeil = bodem waterlopenstelsel). Hiermee beoogt men het vasthouden van zoveel mogelijk water in bodem en waterlopen gedurende herfst, winter en voorjaar, dat vervolgens gedurende de zomer via de waterlopen naar de reservoirs wordt gevoerd. Gedurende de zomer zal de afvoer naar verwachting toenemen.

2. Verlanding van het waterlopenstelsel.

In inrichtingsvariant 8 is sprake van het laten verlanden van de waterlopen. De verwachting is dat hierdoor over het algemeen de diepte, breedte en dichtheid van het waterlopenstelsel zal afnemen. Dit zal gedurende het gehele jaar leiden tot afname van de oppervlaktewaterafvoer, tot ondiepere grondwaterstanden en een verandering in de verdamping.

3. Verandering van het grondgebruik.

Ingreep identiek aan voorlopige inrichtingsvarianten.

4. Aanleg van spaarbekkens.

In inrichtingsvarianten 2, 4 en 7 worden spaarbekkens aangelegd. De ingreep is identiek aan de ingreep in de voorlopige inrichtingsvarianten.

5. Aanleg van infiltratiebekkens gecombineerd met grondwaterpompstations.

In inrichtingsvarianten 1, 3, 5 en 6 worden infiltratiebekkens aangelegd in clusters rond een pompstation. Deze bekkens zijn

op een zodanige plek aangelegd dat sprake zal zijn van een sterke infiltratie van het ingelaten oppervlaktewater. De bekkens worden gedurende het gehele jaar gevuld indien er sprake is van voldoende capaciteit. Men laat geen oppervlaktewater uit deze bekkens stromen. Al het water verlaat het bekkens via verdamping of lekkage. De pompstations beogen zoveel mogelijk van het weg lekkende water op te pompen ten behoeve van drinkwatervoorziening.

Deze ingreep zal leiden tot grote veranderingen in de oppervlaktewaterafvoer stroomafwaarts van de aan te leggen infiltratie bekkens en in veranderingen in het stromingspatroon en waterstanden van het grondwater rond de bekkens en pompstations. Dit kan leiden tot veranderingen in de verdamping.

Tabel 2 geeft een overzicht van de ingrepen in de kwantitatieve waterhuishouding, die per definitieve inrichtingsvariant zijn voorgesteld.

3. WERKWIJZE

3.1. Algemeen

In het vorige hoofdstuk is aangegeven dat de verschillende ingrepen vaak meerdere kenmerken van de waterhuishouding op complexe wijze beïnvloeden. Nu is het voorspellen van gevolgen van een enkele ingreep voor een kenmerk dat direct beïnvloed wordt, relatief eenvoudig. Indien er echter sprake is van meerdere elkaar al dan niet tegenwerkende ingrepen te gelijker tijd, die bovendien via meerdere schakels over grotere afstand een effect hebben op meerdere kenmerken, dan zijn de gevolgen veel minder eenvoudig te bepalen. Zo is bijvoorbeeld moeilijk aan te geven wat de verhoging van een stuwpeil in combinatie met een wijziging van vegetatie betekent voor de verdamping. De inrichtingsvarianten zijn zulke complexe ingrepen. Dit betekent dat men bij voorspellingen al gauw dient te werken met zeer complexe rekenmodellen. Er is behoefte aan een vrij grote mate van ruimtelijke detaillering in drie dimensies, niet-stationaire berekening over vrij kleine tijdstappen en een beschouwing van zowel verzadigde zone, onverzadigde zone en waterlopen. Het opbouwen van een dergelijk model is echter tijdrovend. Daarnaast vragen calibratie en interpretatie van de resultaten veel zorg. Dit is onverenigbaar geacht met de cyclische ontwerpende planningsprocedure. Er is daarom gekozen voor een zekere vereenvoudiging. Deze vereenvoudigingen zijn:

1. Er is een onderscheid gemaakt tussen de lokale en regionale waterhuishouding.

Onder de regionale waterhuishouding wordt verstaan de samenhang tussen verschillende ruimtelijke eenheden door grond- en oppervlaktewaterstroming. De beschrijving richt zich op de bepaling van de verschillende waterstromen in afhankelijkheid van ligging en omvang van de ruimtelijk eenheden.

Onder de lokale waterhuishouding is verstaan de hydrologische samenhangen binnen een bepaalde ruimtelijke eenheid. Hierbij richt de beschrijving zich op de invloed van de vegetatie, de bodemfysische kenmerken, de aard van het waterlopenstelsel en de positie binnen de regionale waterhuishouding op grondwaterstanden en oppervlaktewaterafvoer vanuit de betreffende eenheid.

De ingrepen in het waterlopenstelsel, de grondwaterstanden en het grondgebruik beïnvloeden direct de lokale waterhuishouding en de berging in bodem en oppervlaktewater. De aanleg van pompstations en bekkens zijn opgevat als directe veranderingen in de regionale waterhuishouding.

2. Het verband tussen de regionale grondwaterstroming en de lokale waterhuishouding is relatief simpel benaderd.

Ingrepen in de lokale en regionale waterhuishouding beïnvloeden elkaar op complexe wijze. Zo zullen veranderingen in de lokale waterhuishouding de wegzijging naar de ondergrond beïnvloeden

(of de kwel vanuit de ondergrond). Dit kan de regionale waterhuishouding over grote afstand beïnvloeden, waardoor elders grondwaterstanden veranderen. Dit geldt met name voor de invloed van reservoirs met sterk wisselende waterpeilen, die een sterke lekkage vertonen, en pompstations op hun directe omgeving. Dit soort gevolgen zijn uitsluitend met behulp van niet-stationaire grondwatermodellen vast te stellen. Hiervan is uitsluitend op pragmatische redenen afgezien. Er is meestal gekozen voor een vereenvoudigde benadering:

- In de waterbalansen van het gehele studiegebied is de grondwaterstroming vanuit de reservoirs opgevat als een niet-stationaire, analytische functie van het waterpeil in het reservoir en de grondwaterstand in de omgeving. De invloed van een pompstation is hierbij niet beschouwd.
- Bij de berekening van de regionale grondwaterstromingspatronen is uitgegaan van een stationaire benadering waarin het waterpeil in het reservoir constant wordt verondersteld en geen onttrekking plaatsvindt.
- De mogelijkheden om het uit bekkens weglekkende water door middel van een pompstation te winnen zijn bestudeerd aan de hand van een stationair semi-driedimensionaal grondwatermodel van een cluster infiltratiebekkens rond een pompstation.

3. De lokale waterhuishouding is steeds niet-stationair benaderd.

Aangezien de jaarlijkse bergingsverandering in waterlopen en bodem relatief klein is ten opzichte van andere termen van de waterbalans is het noodzakelijk de lokale waterhuishouding steeds niet-stationair te benaderen.

4. De regionale oppervlaktewaterhuishouding is steeds niet-stationair benaderd, de regionale grondwaterhuishouding vrijwel steeds stationair.

De oppervlaktewaterstromen in de regionale waterhuishouding zijn in verhouding veel groter dan de grondwaterstromen (respectievelijk 370 en 25 mm/jaar). Bovendien zijn deze stromen relatief groot in verhouding tot de aan te leggen reservoirs. Alleen in de directe omgeving van pompstations en reservoirs treden gedurende het jaar grote veranderingen in de regionale grondwaterstroming op. Daarom zijn deze beide stromen in de in de waterbalansen niet-stationair beschouwd.

5. De lokale waterhuishouding en de lekkage vanuit bekkens is gedurende de planvormingsfase op een simpelere manier benaderd dan in de plantoetsingsfase.

In de planvormingsfase is de bergingsverandering in de bodem en waterlopen globaal geschat aan de hand van de gewenste grondwaterstanden. Hierbij is aangenomen dat de beoogde grondwaterstanden met waterbeheer zijn te realiseren. De lekstroom vanuit de bekkens is stationair beschouwd: het waterpeil is constant geacht gedurende het gehele jaar. Gedurende de plantoetsingsfase is de lokale waterhuishouding beschreven met behulp van een niet-stationair onverzadigde zone model, waarmee is nagegaan in hoeverre bepaalde bergingsveran-

deringen gedurende het jaar met behulp van ingrepen in het stuwbeheer en het waterlopenstelsel te realiseren zijn. De lekkage is eveneens niet-stationair benaderd.

6. In de plantoetsingsfase zijn meer ruimtelijk eenheden en kleinere tijdstappen beschouwd dan in de planvormingsfase.

Voor de planvorming is gekozen voor de berekening van de waterbalans van vier landschappen en een reservoir per tijdstap van tien dagen (decaden). Voor plantoetsing is een nadere onderverdeling in 10 waterbeheereenheden gemaakt en is gerekend in tijdstappen van een week.

De volgende paragrafen gaan in op vier onderdelen van de werkwijze:

1. De waterbalans tbv. planvorming.
Deze methode is gekarakteriseerd door:
 - Een stationaire benadering van de regionale grondwaterhuishouding (inclusief lekstroom vanuit reservoirs).
 - Een niet-stationaire benadering op decade basis van de oppervlaktewaterstroming.
 - Een onderverdeling van het studiegebied in vier landschappen en een reservoir.
 - De lokale waterhuishouding is opgevat als een black-box, waarin de bergingsverandering per decade geschat is aan de hand van de grondwatertrappen.
 - Het effect van grondwateronttrekking op de lekstroom vanuit reservoirs is niet beschouwd.
2. De waterbalans tbv. plantoetsing.
Deze verfijning van de waterbalans tbv. planvorming heeft de volgende karakteristieken:
 - Een stationaire benadering van regionale grondwaterstromen met uitzondering van lekkage uit reservoirs, die niet-stationair per week is beschouwd.
 - Een niet-stationaire benadering per week van de regionale oppervlaktewaterhuishouding.
 - Een onderverdeling van het gebied in tien waterbeheereenheden.
 - De lokale waterhuishouding is niet-stationair per week benaderd met behulp het onverzadigde zone model SWW (Beekman, van Bakel & Nijhof, 1988).
 - Het effect van grondwateronttrekking op de lekstroom vanuit reservoirs is niet beschouwd.
3. De berekening van het stromingspatroon van het grondwater.
Deze berekeningen zijn uitgevoerd met FLOWNET, een tweedimensionaal, stationair grondwatermodel die fluxen berekend in afhankelijkheid stijghoogten en doorlatendheid van de ondergrond (Elburg, Engelen & Hemker, 1989). Het effect van grondwateronttrekkingen op het stromingspatroon is met behulp van dit model niet te simuleren.
4. De grondwaterstroming en stijghoogten rond de pompstations en infiltratiebekkens zijn benaderd met het stationaire, semi-drie-dimensionale grondwatermodel Micro-Fem (Hemker & van Elburg, 1989).

3.2. Waterbalans tbv. planvormingsfase

3.2.1. Ruimtelijke eenheden: landschappen

Het studiegebied is opgedeeld in vier ruimtelijk eenheden:

- het plateau en de dalen
- de essen
- het dekzandgebied
- de bekkens of reservoirs.

Deze eenheden zijn zodanig gekozen dat de regionale waterstromen goed zijn vast te stellen. De begrenzing komt overeen met de in het hoofdrapport aangegeven landschappen (paragraaf 2.3.1., figuur 4). Voor een beschrijving van de kenmerken van de verschillende landschappen verwijzen we naar paragraaf 2.3. van het hoofdrapport.

3.2.2. Rekenperiode en tijdstappen

De berekeningen zijn uitgevoerd voor het jaar 1984. Voor dit jaar zijn afvoermetingen van de Baakse Beek en Hupselse Beek beschikbaar. Bovendien is in dit jaar een duidelijk verschil in afvoer tussen winter- en zomerperiode zichtbaar. Hierdoor zijn de problemen die men ondervindt om water in de winter te bergen voor gebruik in de zomer goed te verkennen. Tot slot geldt dat dit jaar valt na de meeste ingrepen in de oppervlaktewaterhuishouding in het kader van de verschillende elkaar opeenvolgende ruilverkavelingen.

De totale neerslag in 1984 bedroeg 846 mm. Het gaat om een vrij nat jaar (gemiddelde jaarlijkse neerslag: 782 mm). De maanden januari, februari, juni, september, oktober en november zijn natter dan normaal (zie figuur 1).

De niet-stationaire berekeningen zijn uitgevoerd per decade.

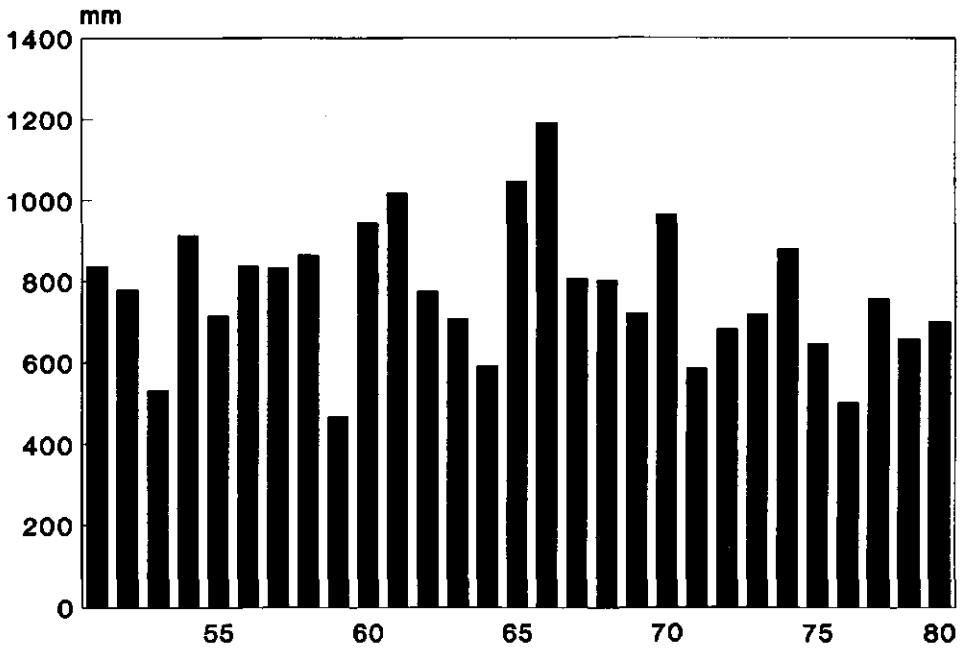
3.2.3. Regionale waterhuishouding

In figuur 2 zijn de waterstromen tussen de landschappen en de omgeving van het studiegebied geschematiseerd. De waterstromen zijn ingevoerd in een rekentabel, die per decade van gegevens is voorzien en doorgerekend.

3.2.3.1. Waterstromen tussen studiegebied en omgeving

De waterstromen tussen het studiegebied en de omgeving zijn:

- Q_o = afvoer van oppervlaktewater via de Baakse Beek en de Veengoot
- Q_g = grondwaterafvoer onder de westelijke grens van het studiegebied
- P = neerslag
- E = verdamping



gemiddelde: 775 mm.

Fig. 1 Neerslag in 1984 per decade voor regenstation Lichten-

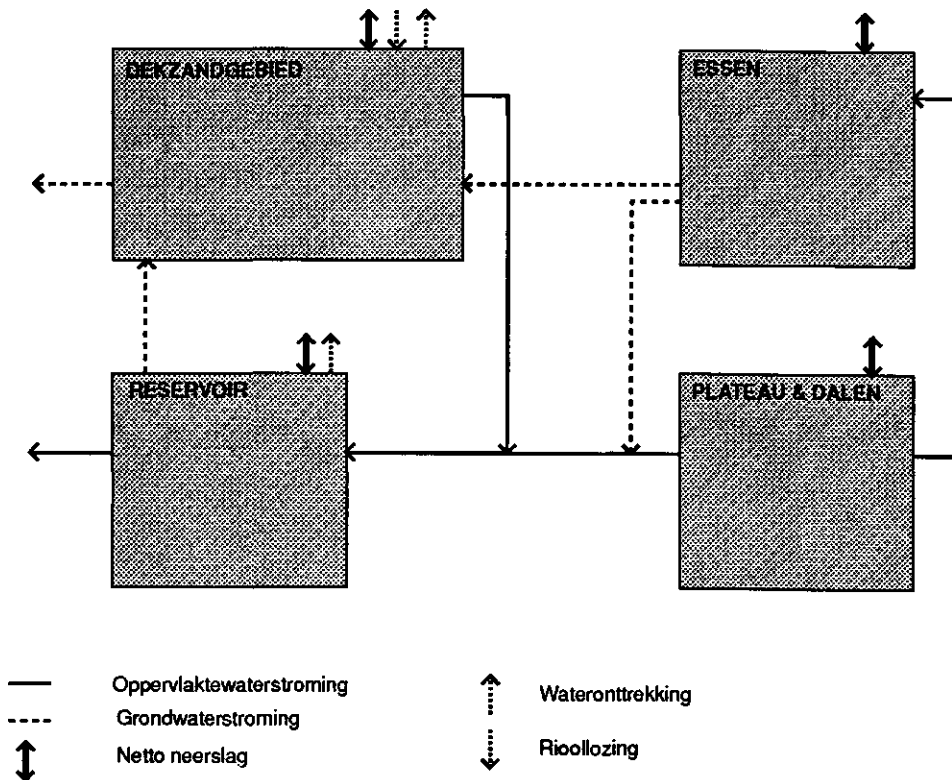


Fig. 2 Waterstromen tussen landschappen en de omgeving van het studiegebied, die in de waterbalans ten behoeve van planvormingsfase zijn opgenomen

De noord-, oost- en zuidgrens van het studiegebied vallen samen met de oppervlaktewaterscheiding (zie hoofdrapport, figuur 13). De oostgrens valt bovendien samen met de grondwaterscheiding. Aan de noord- en zuidzijde loopt de grens van het studiegebied min of meer loodrecht op de isohypsen van het grondwater (zie hoofdrapport, figuur 14). Over deze grenzen is in de huidige situatie nauwelijks sprake van grondwaterstroming van of naar de omgeving. Voor de inrichtingsvarianten is er van uitgegaan dat deze situatie niet gewijzigd wordt.

Q_0 is gelijk gesteld aan de totale oppervlaktewaterafvoer uit het dekzandgebied, het plateau en de dalen.

Q_g is gelijk gesteld aan de grondwaterafvoer uit het dekzandgebied.

P is gelijk gesteld aan de gegevens van regenstation Lichtenvoorde, dat midden in het studiegebied is gelegen.

De verdamping is gelijk gesteld aan:

$$E = 0,8 * E_0 \text{ Den Bilt} \quad (1)$$

De verdampingsreductiefactor is op 0,8 gesteld aangezien het overgrote deel van het studiegebied uit graslanden bestaat.

3.2.3.2. Waterstromen tussen ruimtelijke eenheden

De enige waterstroom vanuit de eenheid "plateau en dalen" naar andere landschappen binnen het studiegebied is de afvoer van oppervlaktewater naar een reservoir of naar de essen (Q_{op}). Hierbij is aangenomen dat al het infiltrerende grondwater weer binnen het landschap in het waterlopenstelsel terecht komt. De veronderstelling lijkt gerechtvaardigd door de geringe dikte van het watervoerend pakket en de grote hoogte verschillen (15 meter) binnen de eenheid.

Q_{op} is in de huidige situatie gelijk gesteld aan:

$$Q_{op} = a * Q \text{ Hupselse Beek 1984} \quad (2)$$

waarin $a = \frac{P \text{ "plateau \& dalen" 1984}}{P \text{ Hupselse Beek 1984}}$

Het stroomgebied van de Hupselse Beek, waarvan langdurige afvoermetingen beschikbaar zijn, ligt ongeveer tien kilometer ten noorden van het studiegebied. Het is in hydrologisch opzicht zeer goed vergelijkbaar met het plateau en de dalen. Figuur 3 geeft Q_{op} .

In voorlopige varianten I en VIII en in definitieve variant 1 is sprake van een oppervlaktewaterstroom naar de essen. In 3.2.6. is aangegeven hoe deze is vastgesteld.

Vanuit de **essen** wordt uitsluitend grondwater aangevoerd naar de waterlopen in de dalen (Q_{ge}) aangezien binnen dit landschap geen

Huidige situatie 1984

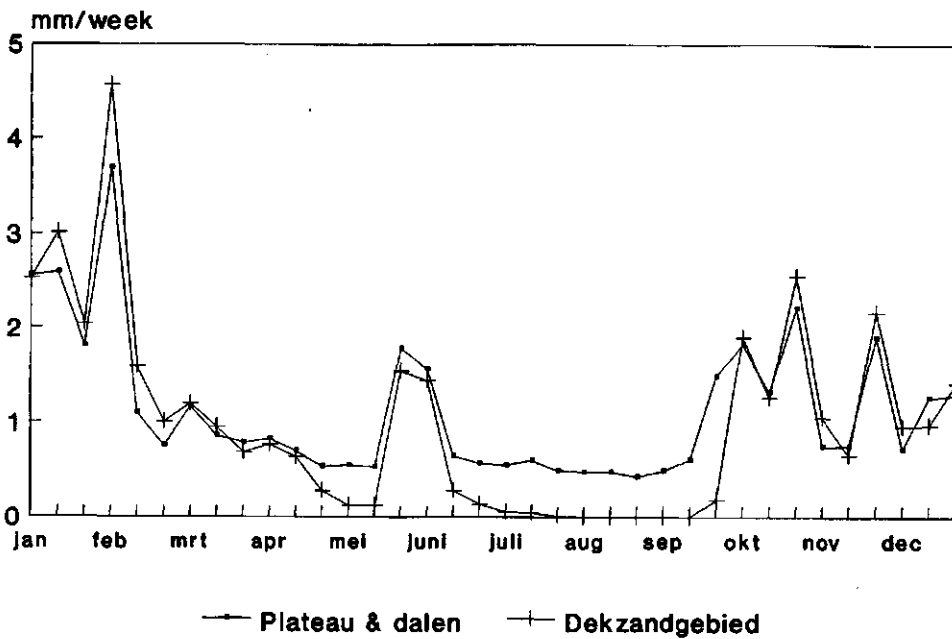


Fig. 3 De oppervlaktewaterafvoer vanuit de ruimtelijke eenheden "plateau & dalen" en "dekzandgebied" in de huidige situatie

Huidige situatie 1984

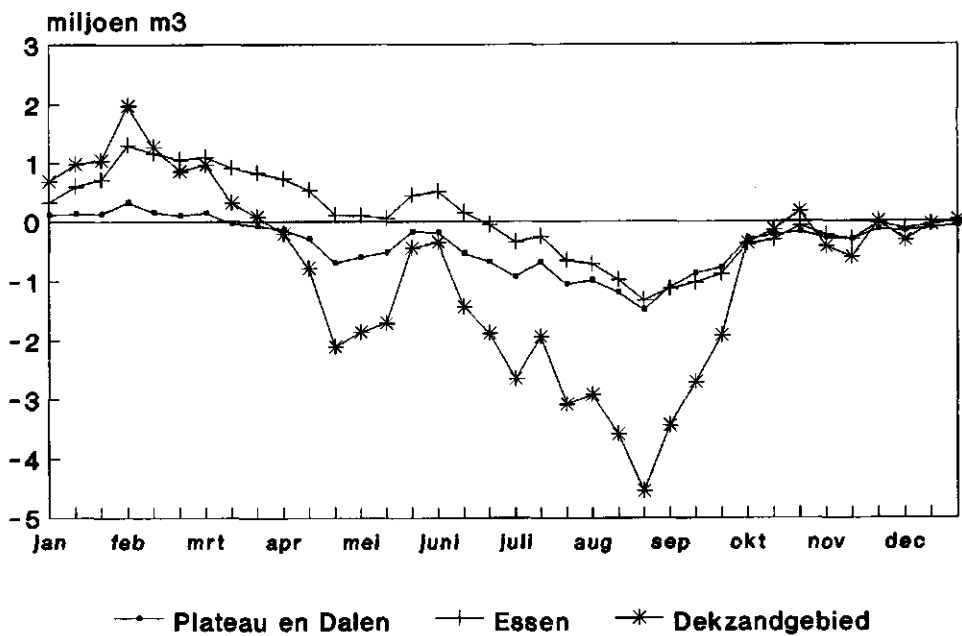


Fig. 4 De verandering van de berging in de verschillende ruimtelijke eenheden gedurende 1984 zoals berekend voor de huidige situatie.

waterlopen voorkomen. Het water stroomt voor een deel naar de dalen (en de eventueel daarin liggende reservoirs) en voor een deel naar het dekzandgebied.

De grootte van de grondwaterstroming is gelijk gesteld aan:

$$Q_{ge} = b * -D * K * \Delta L / \Delta x \text{ (m}^3/\text{d)} \quad (3)$$

waarin: b = randlengte essen in meter

D = dikte watervoerend pakket

K = doorlaatfactor

$\Delta L / \Delta x$ = gradiënt van de stijghoogte

De waarde van deze grootheden zijn ontleend aan Smoor (1972). Op grond van de doorstroomde randlengte is vastgesteld dat 75 % van het grondwater dat in de essen infiltreert naar de dalen stroomt.

Het **dekzandgebied** wordt gevoed door 25% van Q_{ge} . Verder is er sprake van:

Q_{gd} = grondwaterafvoer,

Q_{od} = oppervlaktewaterafvoer al dan niet naar de reservoirs

O_d = grondwateronttrekking tbv. drinkwatervoorziening.

Q_{gd} is op vergelijkbare wijze als bij de essen vastgesteld aan de hand de gradiënt van de stijghoogte, de KD waarde en de lengte van de westgrens (formule 3).

Q_{od} in de huidige situatie is op dezelfde wijze (formule 2) vastgesteld als Q_{op} zij het dat hier is uitgegaan van gemeten afvoeren van de Baakse Beek bij Vorden (zie figuur 3).

De grondwateronttrekking van pompstation Lichtenvoorde bedroeg in 1984 1,6 miljoen m³.

Voor de bepaling van de omvang van de oppervlaktewaterafvoer uit het dekzandgebied naar het reservoir zie 3.2.6.

Het **reservoir** omvat alle binnen een variant aan te leggen reservoirs. Het reservoir wordt steeds op verschillende manieren gevoed en geleegd. Deze waterstromen verschillen naar ligging en aard van het betreffende reservoir. De reservoirs kunnen liggen in de dalen of in het dekzandgebied. De inkomende waterstroom bestaat in het eerste geval uit oppervlaktewater afkomstig van plateau & dalen en eventueel grondwater afkomstig van de essen. Bij ligging in het dekzandgebied wordt het reservoir bovendien gevoed door oppervlaktewater afkomstig uit het dekzandgebied. De wijze waarop de inkomende waterstromen zijn bepaald komt in paragraaf 3.2.6. aan de orde.

De uitgaande waterstroom van de reservoirs bestaat uit lekkage (Q_{gr}), die in alle gevallen naar het dekzandgebied stroomt. Bij de spaarbekkens is bovendien sprake van oppervlaktewaterafvoer (Q_{or}) naar buiten het studiegebied. De lekkage naar het grondwater is gedurende het gehele jaar constant verondersteld. Hierbij is uitgegaan van de berekeningswijze met formule 3. Hierin is b gelijk aan de omtrek van de reservoirs en dL/dx respectievelijk 1 en 0,25 voor infiltratie- en spaarbekkens.

Evenals in andere landschappen is er sprake van neerslag en verdamping. De verdamping is gelijk gesteld aan de Penmanverdamping.

3.2.4. Lokale waterhuishouding

De invloeden van ingrepen in het waterbeheer op de lokale waterhuishouding zijn in de planvormingsfase niet berekend. Er is volstaan met een schatting van de wijzigingen in de jaarlijkse bergingsverandering binnen een landschap, aangezien deze slechts een vrij marginale effect op de regionale oppervlaktewaterstromen hebben. Onder de jaarlijkse bergingsverandering (Vj) wordt verstaan de hoeveelheid water in de ondergrond en waterlopen in de decade met de hoogste waterstand vermindert met de hoeveelheid in de decade met de laagste waterstand. De jaarlijkse bergingsverandering voor 1984 is op de volgende wijze bepaald:

1. In de uitgangssituatie is voor elke decade de berging per landschap bepaald als restterm van de waterbalans. Zowel neerslag, verdamping, onttrekkingen als grond- en oppervlaktewaterafvoer zijn immers bekend. De resultaten zijn weergegeven in figuur 4. Hieruit is Vj af te leiden.
2. Tevens is voor de huidige situatie een gemiddelde jaarlijkse bergingsverandering (Vj) bepaald aan de hand van de grondwatertrappenverdeling per landschap. Hierbij is er vanuit gegaan dat verschillende lagen in de onverzadigde zone op verschillende wijze uitdrogen. Twee lagen zijn onderscheiden, namelijk de laag tussen maaiveld en de GHG en de laag tussen GHG en GLG. In de bovenste laag bevindt zich het merendeel van de wortels, waardoor deze laag sterker kan uitdrogen dan de onderste laag. In de bovenste laag zal aan het einde van de winter de vochtspanning (pF) 2 zijn tegen 0 in de onderste laag. Aan het einde van de zomer drogen de lagen uit tot resp. pF 3,5 en 2,5. Verder gaan we er vanuit dat het vochtgehalte binnen de laag niet met de diepte varieert. Samenvattend:

$$V = -GHG * \Theta(\text{maaiveld-GHG}) - (GLG-GHG) * \Theta(\text{GHG-GLG}) \quad (4)$$

GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand

GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand

$\Theta(\text{maaiveld-GHG})$ = hoeveelheid vocht tussen pF 2 en 3,5 in de laag tussen maaiveld en GHG

$\Theta(\text{GHG-GLG})$ = hoeveelheid vocht tussen pF 0 en pF 2,5 in de laag tussen GHG en GLG

Het vochtgehalte van de beide lagen bij de verschillende vochtspanningen zijn bepaald aan de hand van de Staringreeks (Wösten, Bannink & Beuving, 1987). Op basis van de gemiddelde profielopbouw in het studiegebied, is gekozen voor een zwak lemige, fijnzandige bovengrond B2 (bovenste laag) en ondergrond O2 (onderste laag). Het verschil in vochtgehalte tussen winter en zomer bedraagt in de bovenste laag 21% en in de onderste laag 28%.

Tabel 3 geeft de V voor de verschillende grondwatertrappen in het studiegebied. Door de V van de verschillende grondwatertrap te sommeren naar rato van het oppervlak van de betreffende grondwatertrap binnen het landschap is voor de huidige situatie Vj bepaald .

4. Per landschap is een bergingscorrectiefactor (d) bepaald:

$$d = \frac{V_j}{V_j} \quad (5)$$

In tabel 4 is de correctiefactor per landschap aangegeven. Er is een duidelijk verschil tussen beide bergingsveranderingen. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen:

- Het jaar 1984 was ten opzichte van het langjarig gemiddelde een vrij nat jaar. De grondwaterstanden zijn in de zomer wellicht niet zover gezakt als in een gemiddelde situatie.
- De aannames betreffende de uitdroging van de onverzadigde zone zijn vrij grof.
- De uit de beschrijving van de bodemkaart herleidde GHG en GLG waarden voor de in het studiegebied voorkomende grondwatertrappen, gelden voor bodemprofielen die representatief zijn voor het gehele kaartblad. De bodems in het studiegebied kunnen hier evenwel van af wijken.

5. Voor de inrichtingsvarianten is V_j bepaald door de V_j van de nieuwe grondwatertrappen verdeling te vermenigvuldigen met de voor de correctiefactor d . De op deze manier bepaalde V_j is gebruikt in de waterbalansberekeningen van de varianten.

3.2.5. Uitvoering berekening aan varianten

De in paragraaf 2.1. beschreven ingrepen zijn voor de berekeningen van waterstromen in de varianten vertaald naar wijzigingen in de waterbalans termen. De volgende wijzigingen zijn aangebracht:

- Vergroting van de berging in bodem en waterlopen door verhoging GHG of verlaging van GLG zijn vertaald naar een nieuwe grondwatertrappen verdeling. Deze is gebruikt om V_j te bepalen. In tabel 5 is aangegeven welke grondwatertrappen ontstaan bij verhoging van de GHG of verlaging van de GLG.
- Wijziging van de verdamping bij verandering in het grondgebruik. Tabel 6 geeft aan op welke wijze de reductiefactoren voor gewasverdamping zijn bijgesteld.
- Bijstelling van de oppervlaktewaterafvoer naar de reservoirs zodanig dat de bepaalde V_j wordt bereikt. De afvoer wordt in de winter ten opzichte van de huidige situatie steeds verlaagd en in de zomer verhoogd.
- In varianten met drinkwaterwinning is een constante onttrekking vanuit de reservoirs gedurende het jaar toegevoegd, zodanig dat het waterpeil altijd tussen de aangegeven maximum- en minimumpeil blijft.
In varianten met spaarbekkens is zoveel mogelijk afvoer vanuit reservoirs gedurende de maanden juni en juli gecreëerd. Ook hier binnen het vastgestelde maximum en minimum.
- De herverdeling van af te voeren hoeveelheden water over de decaden moet zodanig gebeuren dat aan het einde van het jaar evenveel water in het gebied aanwezig is dan aan het begin.

Tabel 3 De gemiddelde jaarlijkse bergingsverandering (Vj) per grondwatertrap binnen het studiegebied,

Grondwatertrap:	GHG: (cm)	GLG: (cm)	Vj: (mm)
II	5	65	180
IIIi	0	100	280
III	10	100	270
III*	30	100	260
IV	60	100	240
Vi	0	150	420
V	10	150	410
V*	30	150	400
VI	60	150	380
VII	100	189	430

Tabel 4 De bergingscorrectiefactor d voor de verschillende ruimtelijke eenheden.

Landschap:	Vj: (in m3)	Vj: (in m3)	d:
plateau & dalen	4.006.000	1.812.718	2,2
essen	3.901.000	2.628.130	1,5
dekszandgebied	11.377.400	6.524.383	1,8

Tabel 5 Veranderingen van grondwatertrappen bij verandering van de GHG of GLG.

uitgangs- situatie	GHG + 20 cm.	GHG + 40 cm.	GHG + 40 cm GLG - 20 cm.
III*	III	IIIi	nvt
IV	III*	nvt	nvt
V*	V	Vi	nvt
VI	V*	V	V
VII	VI	nvt	VII*

Tabel 6 Wijzigingen in verdamping als gevolg van veranderingen in grondgebruik.

verandering in gebruik:	verandering in verdamping:
gras naar bos	0,8 * Epot --> 0,9 * Epot
gras naar reservoir	0,8 * Epot --> 1,0 * Epot

3.3. Waterbalans tbv. plantoetsing

3.3.1. Ruimtelijke eenheden: waterbeheereenheden

De vier in de planvormingsfase onderscheiden landschappen zijn ten behoeve van de plantoetsing verder onderverdeeld. In totaal zijn 10 waterbeheereenheden onderscheiden (zie hoofdrapport, paragraaf 4.2.7 en figuur 19).

3.3.2. Rekenperiode en tijdstappen

Evenals in de planvormingsfase is 1984 doorgerekend. De resultaten van beide methoden kunnen dus vergeleken worden.

Er zijn echter weken gehanteerd omdat het gebruikte rekenmodel slechts met deze tijdstappen kan rekenen.

3.3.3. Regionale waterhuishouding

In figuur 5 zijn de waterstromen tussen de waterbeheereenheden en de omgeving van het studiegebied geschematiseerd. Deze zijn omgezet in een rekentabel, die per week van gegevens is voorzien en doorgerekend.

De waterstromen tussen het studiegebied en zijn omgeving zijn gelijk gesteld aan die in de waterbalans tbv. planvorming. Er is echter een verschil. De lekkage uit het reservoir voedt nu niet het dekzandgebied maar verlaat het gebied. Deze keuze is uitsluitend op pragmatische overwegingen gebaseerd.

De grootte van deze lek is bepaald aan de hand van een niet-stationaire analytische lekfunctie van meerdere reservoirs. In deze analytische functie is de grootte van de lekstroom afhankelijk van de doorlatendheid van de reservoirbodem en het watervoerend pakket onder het reservoir, de dikte van dit pakket, de omvang van het reservoir en van het hoogteverschil tussen het waterpeil in het reservoir en de grondwaterstand in de omgeving. Hierbij is uitgegaan is van meerdere cirkelvormige reservoirs. In deze situatie kan de lekstroom analytisch benaderd worden met een functie die de radiale grondwaterstroming vanuit een ronde polder naar de omgeving beschrijft:

$$Q_r = \frac{2\pi * K_D * \Delta h}{\frac{K_o * (r/c_1)}{r/c_1 * (K_1 * r/c_1)} + \frac{I_o * (r/c_2)}{r/c_2 * (I_1 * r/c_2)}} \quad (6)$$

waarin:

Δh	verschil in waterstand tussen reservoir en omgeving
KD	doorlaatvermogen watervoerend pakket (in m ² /d)
r	straal reservoir (in m)
c1	weerstand onder reservoir (in dagen)
c2	weerstand buiten reservoir (in dagen)
Ko, K1, Io, I1	Besselfuncties

De KD-waarde is bepaald aan de hand van gegevens van Smoor (1972). De c waarden zijn opgebouwd uit verschillende elementen, namelijk de c waarde van de sliblaag in het reservoir, die van de bovengrond en die van de ondergrond. Deze laatste is nog onderverdeeld in het bovenste en het overige gedeelte van het watervoerende pakket.

De c waarde van de sliblaag is bepaald aan de hand van een onderzoek naar de infiltratiecapaciteit van waterlopen van Fonck (1972). Uitgaande van een dikte van 10 cm. bedraagt deze 1,4 dag. De c waarden van bovengronden zijn afgeleid uit de Staringreeks (Wösten, Bannink & Beuving, 1987). Deze bedragen 5,62 en 3,13 dag per meter laagdikte voor respectievelijk sterk en zwak lemige bovengronden. De dikte van de bovengrond is geschat aan de hand van profielbeschrijvingen van Harbers, Rosing en Heijink (1980). Op vergelijkbare wijze is de c waarde van het watervoerend pakket tot 1 meter 50 beneden maaiveld bepaald. Hiervoor is de K-waarde van een zwak lemige ondergrond gebruikt (0,64 m/dag). De K-waarde voor het overige deel van het watervoerend pakket is vastgesteld op 1 m/dag. De dikte van het watervoerend pakket is bepaald aan de hand van gegevens van Smoor (1972).

Verder is aangenomen dat:

- binnen een variant steeds sprake is van even grote, ronde reservoirs,
- lekkage vanuit de reservoirs in het dekzandgebied langs de gehele omtrek optreedt,
- lekkage vanuit de reservoirs in de dalen slechts langs een kwart van de omtrek optreedt.

Tabel 7 vat samen welke variabelen bij het bepalen van de lekfunctie in de verschillende varianten zijn gebruikt.

Tabel 7 Grootte van de lek vanuit de reservoirs in de verschillende varianten en de variabelen, die deze bepalen.

Variant:	Reservoir- kenmerken:		Weerstand ondergrond:		Lek:
	aantal opperv.		c1	c2	
	(ha)	(dagen)	(dagen)	(m2/dag)	
1	-	-	-	-	-
2	7	190	11,2	8,4	3227
3	10	150	16,2	13,4	5265
4	10	100	11,2	8,4	4610
5	24	150	20,0	17,7	65914
6	33	260	35,0	32,0	485000
7	2	120	35,0	32,0	26454
8	-	-	-	-	-

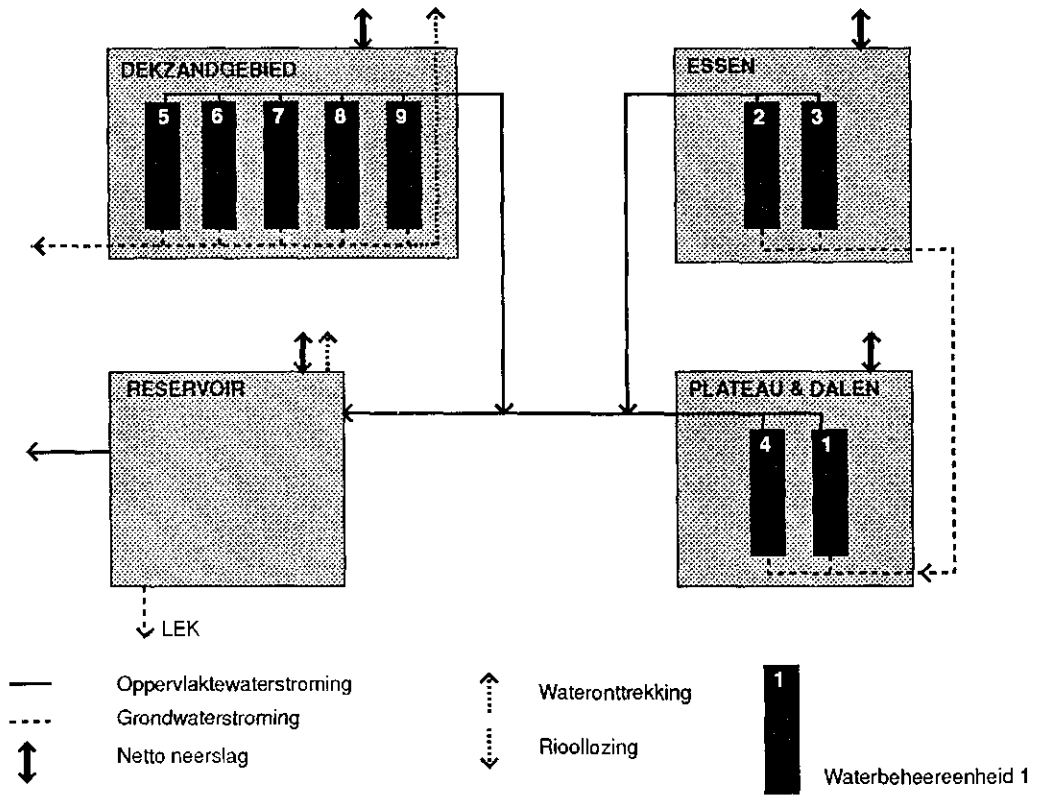


Fig. 5 Ruimtelijke eenheden en interacties in het waterbalans ten behoeve van de plantoetsing

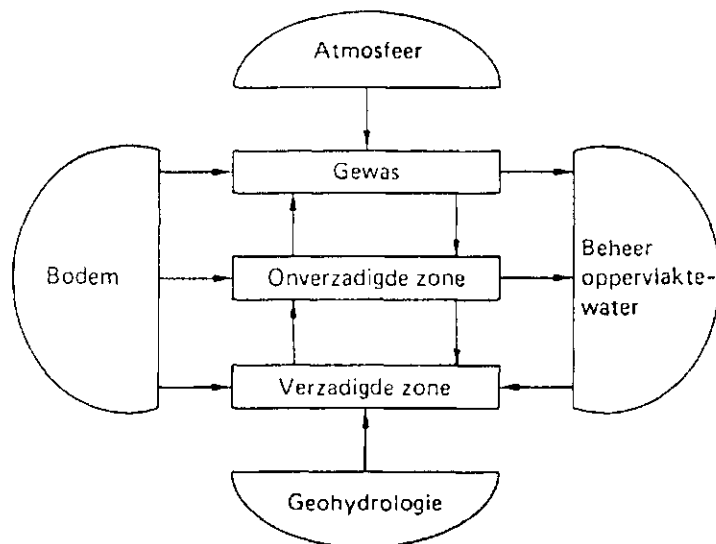


Fig. 6 De compartimenten en invoer gegevens van het rekenmodel SWW (uit: Beekman, van Bakel & Nijhof, 1988)

Neerslag en verdamping zijn in deze waterbalans opgevat als een onderdeel van de lokale waterhuishouding. De regionale grondwaterstroming is identiek aan die in de waterbalans tbv. planvorming. Er is dus sprake van stationaire grondwaterstroming van de essen naar plateau & dalen en het dekzandgebied en van het dekzandgebied onder de westgrens van het studiegebied.

Binnen de landschappen is ook sprake van stationaire grondwaterstroming. De grootte is mede afhankelijk van de modellering van de lokale waterhuishouding. Tijdens de calibratie van het model is er naar gestreefd om de grondwaterbalans tussen waterbeheereenheden sluitend te houden. In figuur 5 zijn de relevante grondwaterstromen weergegeven.

De regionale oppervlaktewaterstromen zijn een directe afgeleide van de berekeningen aan de lokale waterhuishouding.

3.3.4. Modellering van lokale waterhuishouding

De berekeningen aan de lokale waterhuishouding richten zich op de relatie tussen neerslag, verdamping en regionale grondwaterstroming enerzijds en de oppervlaktewaterafvoer anderzijds in afhankelijkheid van het grondgebruik (gewas of vegetatie), bodemfysische kenmerken, kenmerken van het waterlopenstelsel en het stuwbeheer. Deze zijn uitgevoerd met het rekenmodel SWW (Beekman, van Bakel & Nijhof, 1988). In figuur 6 is aangegeven welke compartimenten binnen het rekenmodel zijn onderscheiden en welke soort gegevens nodig zijn om het model te laten rekenen. De vier compartimenten zijn het gewas, de onverzadigde zone, de verzadigde zone en de waterlopen. De onverzadigde zone bevindt zich op een kruispunt van waterstromen. In verticale richting is deze verbonden met gewas en ondergrond en in horizontale richting met de waterlopen. Het programma berekent de richting en de intensiteit van de waterstromen. Tot slot berekent SWW de grondwaterstand en het slootpeil.

3.3.5. Calibratie

Alvorens de inrichtingsvarianten door te rekenen is het model toegepast op de huidige situatie. Hiertoe is de periode 1978 t/m 1986 doorgerekend. Voor de SWW-berekeningen van de lokale waterhuishouding is uitgegaan van de huidige kenmerken van waterlopen en stuwpeilen en van het grondgebruik grasland. Deze simulatie van de huidige situatie is in twee ronden gecalibreerd. De calibratie heeft zich gericht op de overeenstemming tussen de berekende en gemeten grondwatertrappen (per beheereenheid) én oppervlaktewaterafvoer (per landschap). Bovendien dienen de grondwaterstromen in balans te zijn.

Figuur 7 geeft een overzicht van de bij de calibratie gevolgde weg. In de eerste calibratieronde is per beheereenheid een GHG en GLG berekend, die vergeleken is met de door Harbers, Rosing & Heijink (1980) gegeven waarden. Indien sprake was van onvoldoende overeenstemming zijn de kenmerken van het waterlopenstelsel

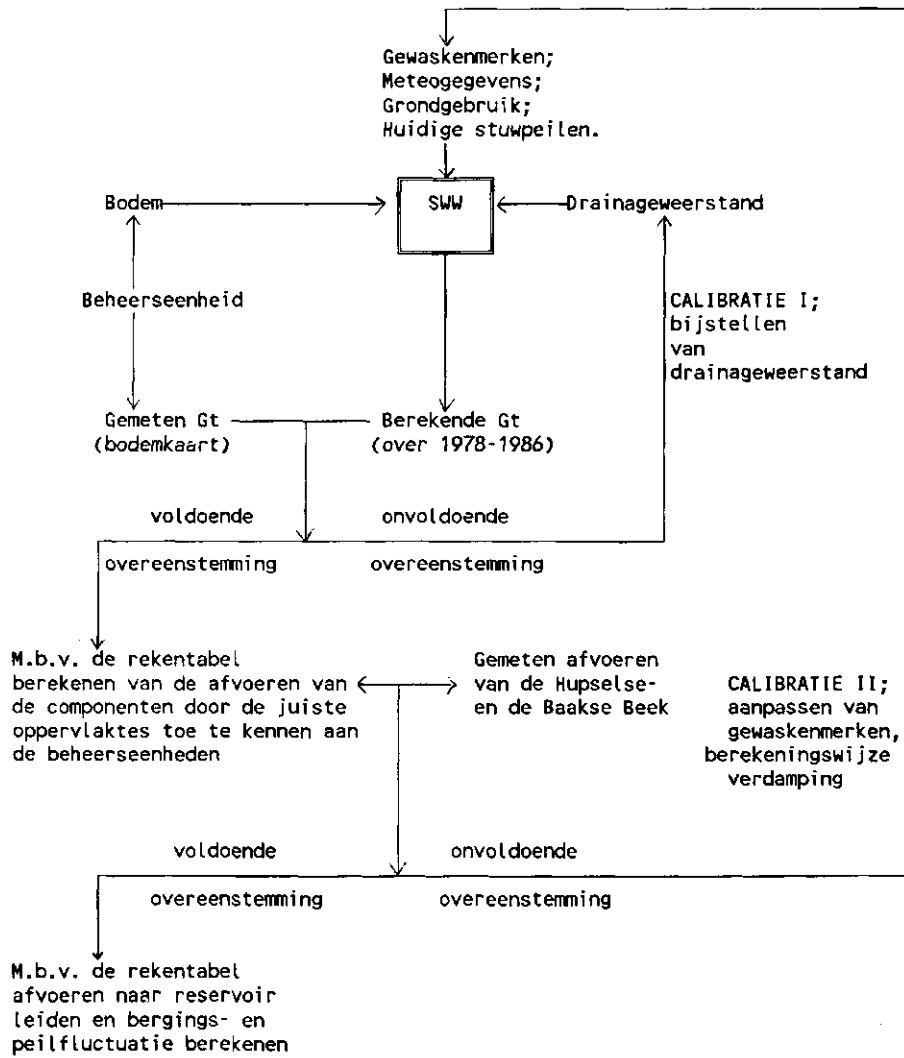


Fig. 7 Werkwijze bij calibratie van het waterbalans ten behoeve van plantoetsing

(drainage weerstand) en eventueel de omvang van de regionale grondwaterstroming aangepast.

Nadat alle grondwatertrappen voldoende benaderd waren door de SWW berekeningen, zijn de oppervlaktewaterafvoer uit de verschillende beheereenheden gedurende het jaar 1984 getotaliseerd met behulp van de rekentabel van de regionale waterhuishouding. Deze zijn in de tweede calibratieronde vergeleken met de gemeten afvoeren van de Hupselse Beek (afvoer uit plateau & dalen) en van de Baakse Beek (afvoer uit gehele studiegebied). Bij onvoldoende overeenkomst zijn ondermeer de gewassenmerken (interceptie en leaf area index (LAI)) en de berekeningswijze van de gewasverdamping (Monteith/Rijtema versus Makkink) aangepast, waarna weer werd gestart in de eerste calibratieronde.

Deze werkwijze is enkele malen herhaald tot er voldoende overeenstemming was tussen de berekende en gemeten grondwatertrappen en tussen de berekende en gemeten afvoeren.

In deze calibratieprocedure spelen bovendien de gegevens, die men voor de verschillende kenmerken heeft ingevoerd een rol. Bij aanpassing dienen deze zo goed mogelijk in overeenstemming te blijven met de gemeten waarden in het studiegebied of met gegevens uit overeenkomstige gebieden. Hierbij speelt steeds de nauwkeurigheid en representativiteit van deze gegevens een belangrijke rol. In tabel 8 is samengevat welke gegevens zijn gebruikt om de huidige situatie door te rekenen en welk gewicht deze hebben gehad tijdens de calibratieprocedure. Enkele van de kenmerken, die een belangrijke rol speelden tijdens de calibratieprocedure, worden beschreven in aanhangsel 1.

3.3.6. Uitvoering berekening aan varianten

De in paragraaf 2.2. beschreven ingrepen zijn vertaald naar wijzigingen in het waterbalansmodel van de huidige situatie:

- De nieuw in te stellen stuwpeilen zijn direct ingevoerd in het model van de lokale waterhuishouding.
- Verlanding van waterlopen leidt tot verontdieping van het waterlopenstelsel. De mate van verontdieping is iteratief gekozen. Er zijn per beheereenheid voor verschillende slootdiepte grondwaterstanden berekend. Er is uiteindelijk een slootdiepte gekozen die naar het oordeel van de projectgroep en een aantal geraadpleegde deskundigen van het SWNBL onderdeel Natuur een grondwaterstand doen ontstaan, die overeenkomt met de historische situatie in het studiegebied (zie ook hoofdrapport, paragraaf 5.1.3).
- De veranderingen van grasland naar loofbos zijn als aanpassing van de interceptie, bodembedekkingsgraad en gewasreductiefactor in de verdampingsformule van Makkink in het model van de lokale waterhuishouding ingevoerd (zie ook aanhangsel 1).
- De aan te leggen bekkens zijn evenals in de waterbalans tbv. planvorming beschouwd als een aparte ruimtelijke eenheid. Voor elke variant is vastgesteld welk deel van een waterbeheereenheid wel en welk deel niet afvoert naar het reservoir.

Tabel 8 Gegevens die gebruikt zijn in de simulatie van de huidige situatie en hun gewicht in de calibratieprocedure.

Kenmerk:	Bron:	Gewicht:
grondwatertrap	Harbers, Rosink &	+/-
GHG en GLG	Heijink (1980)	+/-
grondwaterstand	landbouwbuizen DGV\TNO	++
afvoer Baakse Beek bij Vorden	meting Provincie Gelderland	+/-
afvoer Hupselse Beek bij spoor- lijn	meting Provincie Gelderland	++
gewasverdamping voor gras	Adhocgroep ver- damping GELGAM (1984)	+/-
interceptie voor gras	idem	--
gewasverdamping en interceptie voor loofbos	Nonhebel (1988)	+/-
LAI voor loofbos	idem	+
bladontwikkeling voor loofbos	idem	+
bewortelingsdiepte voor gras en loof- bos	idem	+
grondwaterstroming tussen landschap- pen	formule (3)	-
neerslag	KNMI regenstation Lichtenvoorde	+
straling, wind	KNMI weerstation Den Bilt	+
bodemfysische kenmerken	Wösten, Bannink & Beuving (1987)	+/-
kenmerken water- lopenstelsel	leggers Waterschap Baakse Beek & IJssel- land	-

++ = zwaarwegend bij calibratie

+

+/-

-

-- = nauwelijks meegenomen bij calibratie

3.4. Methode tbv. plantoetsing omgeving pompstation

3.4.1. Micro-Fem modellering van stijghoogten en fluxen

3.4.1.1. Modelopbouw

Met behulp van het programma Micro-Fem (Hemker & van Elburg, 1988) is een semi-drie-dimensionaal grondwatermodel gemaakt van een klein gedeelte van het studiegebied. Het doel van deze modellering was inzicht te verwerven in de interacties tussen infiltratiebekkens en grondwaterpompstations. Het gaat daarbij om de volgende vragen:

1. Welke verlagingen treden op bij verschillende ligging en grootte van reservoirs en pompstations?
2. Welke gedeelte van het vanuit de bekkens geïnfiltreerd water wordt opgepompt?
3. Hoe lang is de looptijd van het geïnfiltreerde water?

Het gaat om een deel van het studiegebied ten westen van Lichtenvoorde. In dit gebied is in variant 6 een van de grootste clusters met infiltratiebekkens voorzien: een tiental reservoirs rondom een groot pompstation. Figuur 8 geeft de ligging van de reservoirs, het pompstation en de begrenzing van het gemodelleerde gebied. Het gaat om een gebied van drie bij drie km. Hier is een netwerk overheen gelegd dat bestaat uit 625 knooppunten en 1152 driehoekige elementen.

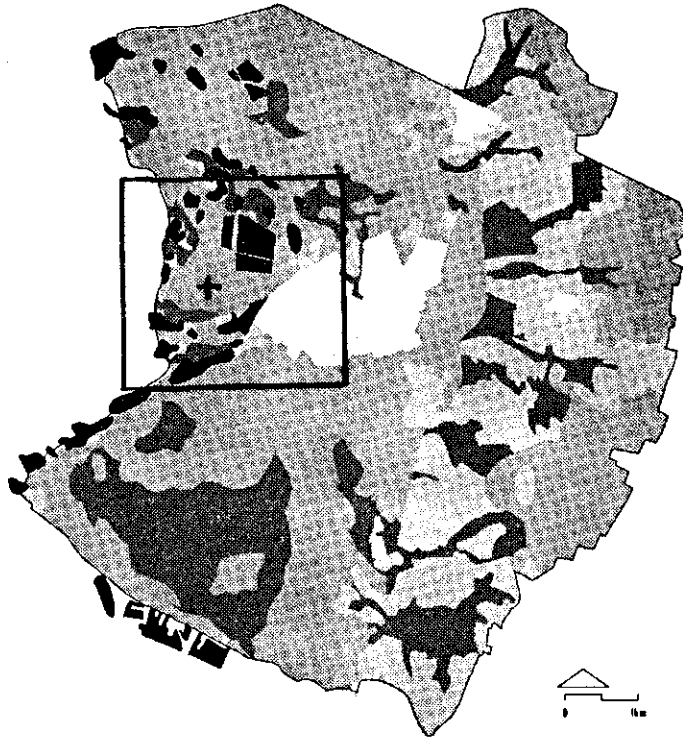
Met het programma Micro-Fem wordt een verzadigde, stationaire grondwaterstroming gemodelleerd, waarbij wordt uitgegaan van een vast freatisch niveau. Het ingevoerde freatisch niveau betreft een gemiddelde jaarlijkse situatie, die gevonden is door van de maaiveldhoogte de gemiddelde dikte van de onverzadigde zone af te trekken. Deze dikte is afgeleid uit de grondwatertrappen (Harbers, Rosing & Heijink, 1980). Figuur 9 geeft de ingevoerde freatisch niveau voor de huidige situatie. De hydrogeologische opbouw, die in hoofdrapport, paragraaf 4.2.3. is beschreven, is in drie lagen geschematiseerd, namelijk:

- een relatief slecht doorlatende laag, het dekzand, met een dikte van 5-10 m,
- een watervoerend pakket met een dikte van 15 - 25 m en
- een zeer slecht doorlatende ondergrond van Tertiaire afzettingen.

Het programma gaat ervan uit dat in de slecht doorlatende laag uitsluitend verticale en in het watervoerend pakket horizontale stroming plaatsvindt. In het modelgebied is de horizontale doorlatendheid van het dekzand een factor 10 tot 100 kleiner dan die van het watervoerend pakket. Deze aanname lijkt daarom verdedigbaar. De verticale doorlatendheid is op 30 dagen gesteld. De grootte van de doorlatendheid van het watervoerend pakket is ontleend aan Smoor (1972) (figuur 10).

3.4.1.2. Calibratie

Figuur 11 toont het door Micro-Fem berekende isohypsenpatroon voor de huidige situatie. Dit beeld komt goed overeen met de voor het



VARIANT 6

Fig. 8 De ligging van reservoirs, pompstations en modelgebied die met Micro-Fem zijn gemodelleerd.

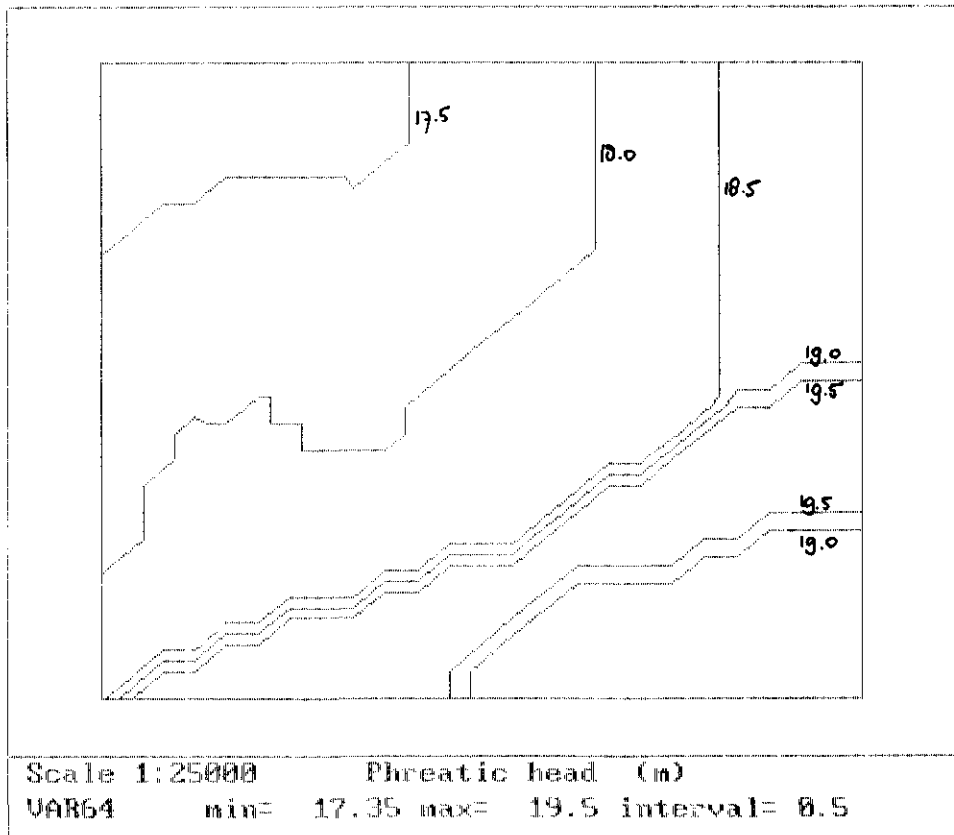


Fig. 9 Het in het Micro-Fem model ingevoerde freatische niveau.

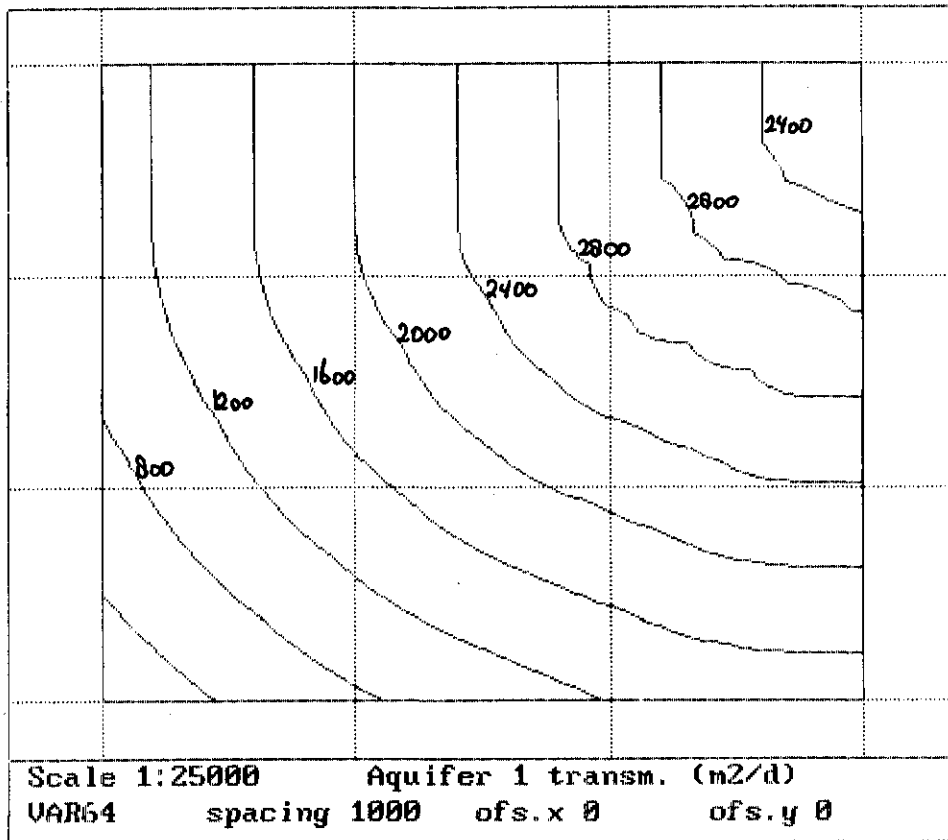


Fig. 10 De doorlatendheid van het watervoerend pakket in het met behulp van Micro-Fem gemodelleerd gebied.

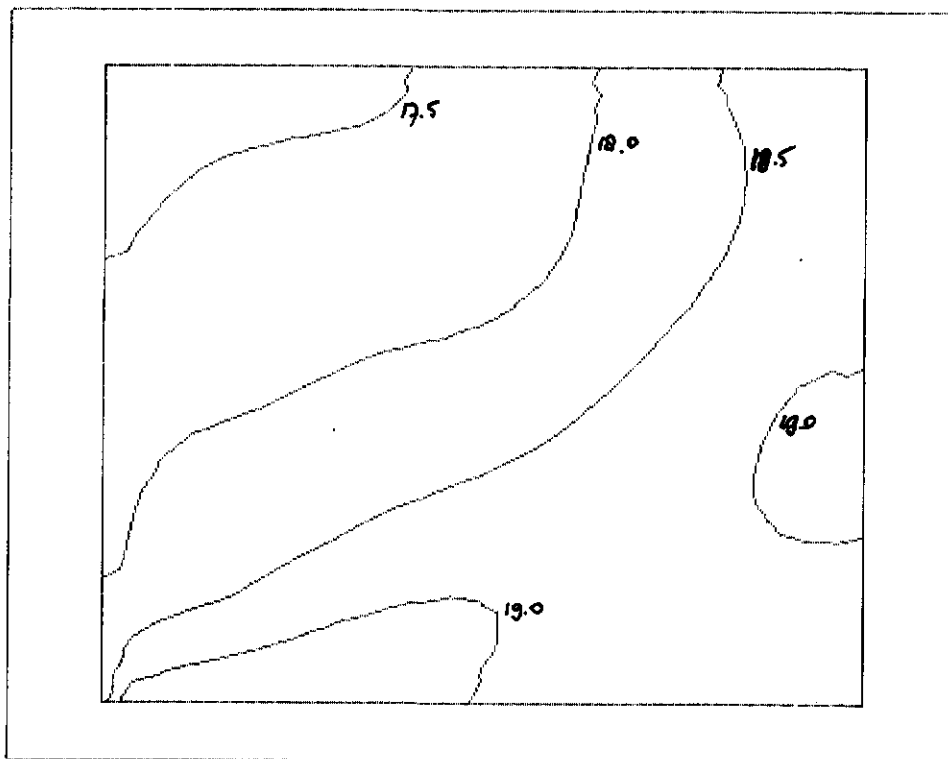


Fig. 11 De door Micro-Fem berekende isohypsen zonder infiltratiebekkens en pompstation.

doel zeer grove aanduiding op de isohypsenkaart 1 : 50.000 van Smoor (1972). Er ontbreken echter betere inventarisatiegegevens omde modellering te calibreren.

3.4.1.3. Uitvoering berekening aan variant 6

Het gecalibreerde model is in twee stappen aangepast. In de eerste aanpassing zijn uitsluitend de aangegeven reservoirs aangebracht en is een nieuw isohypsenpatroon berekend. Figuur 12 geeft de ligging van de reservoirs en het bij behorende nieuwe freatische niveau. Het niveau in de reservoirs is gelijk gesteld aan het gemiddelde peil over 1984, dat met behulp van de waterbalansen is berekend. De c waarde van de reservoirbodem is gelijk gesteld aan de c1 in de analytische lekfunctie (formule 6).

De volgende aanpassing is de definiëring van het pompstation. De hoeveelheid water die onttrokken wordt, is gelijk gesteld aan de totale hoeveelheid oppervlaktewater die in 1984 naar de reservoirs wordt gevoerd vermindert met de verdamping uit het reservoir: 9 miljoen m³/jaar.

Bij de berekening van de stijghoogte gaat Micro-Fem er vanuit dat het freatisch niveau gehandhaafd blijft. In werkelijkheid zal het freatisch niveau echter flink dalen. Hierdoor zal de verlaging die het programma berekend kleiner zijn dan in werkelijkheid optreedt. Om dit probleem te omzeilen wordt tijdens de berekeningen de c waarde van het dekzand opgehoogd met de drainageweerstand van de watergangen, die tijdens de onttrekking nog water voeren. De stijghoogten in het watervoerend pakket die op deze manier zijn berekend, stemmen waarschijnlijk beter overeen met de werkelijkheid.

De werkelijke verlaging van het freatisch niveau (Hf) is bepaald met behulp van de vergelijking:

$$H_f = \frac{c_w * L_w}{c_w - c_d}$$

waarin:

- c_w = drainageweerstand waterlopenstelsel
- L_w = verlaging van stijghoogte in watervoerend pakket
- c_d = weerstand van het bovenste relatief slecht doorlatende pakket (dekzand)

De drainageweerstand van het waterlopenstelsel is gelijk gesteld aan die uit de SWW berekeningen (2000 dagen).

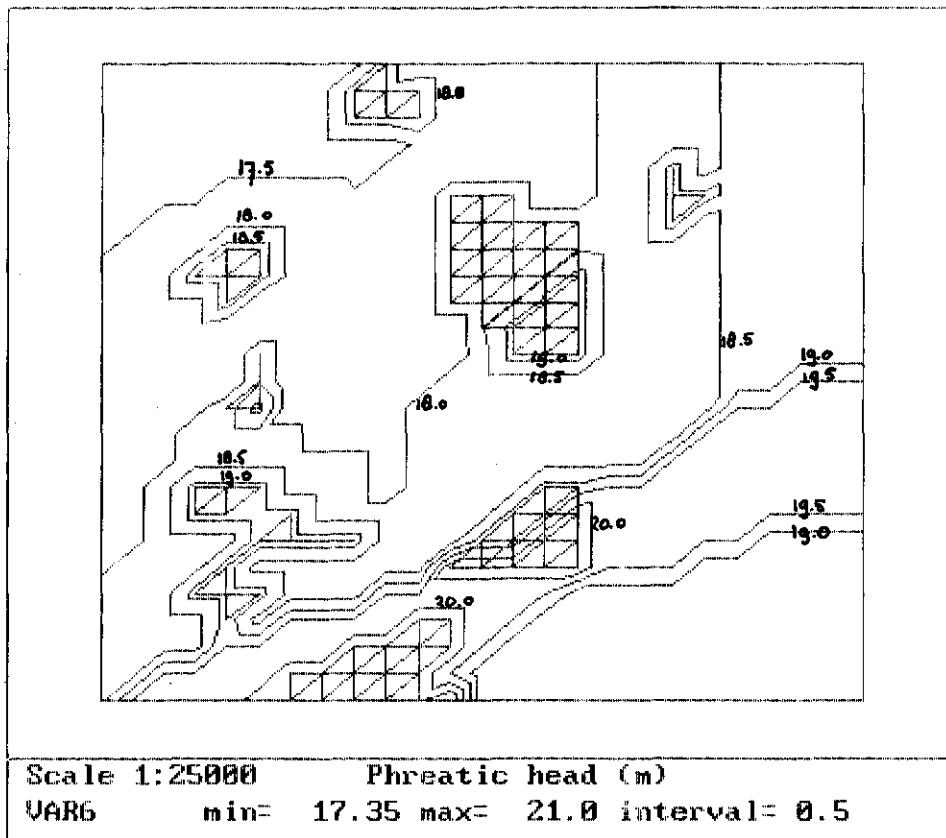


Fig. 12 Het in Micro-Fem ingevoerde freatisch niveau met de reservoirs.

Tabel 9 De doorlatendheid van de verschillende lagen die in de FLOWNET modelleringen zijn gehanteerd.

Afzetting:	Doorlatendheid (in m/dag)	
	horizontaal	verticaal
Twenthe (dekzand)	5	1
Drenthe & Kreftenheye (fluviatiele zanden en grinden)	80	1
Drenthe (keileem)	0,01	0,002
Lievalde & Delden		
. noordelijk deel	10	5
. zuidelijk deel	6	1
Eibergen	10-6	10-6

3.4.2. FLOWNET modellering van stroomlijnen

3.4.2.1. Modelopbouw uitgangssituatie

In tegenstelling tot de overige hydrologische berekeningen is de modelopzet voor de FLOWNET-berekeningen niet gecalibreerd aan de hand van de huidige situatie, maar van een gereconstrueerde historische situatie. Hierin is sprake van een winter- of vroege voorjaarstoestand met zeer ondiepe grondwaterstanden in gebieden met grondwatertrappen I t/m V en van een zeer slecht ontwikkeld drainagesysteem. De belangrijkste overwegingen voor deze keuze zijn:

- De resultaten worden voornamelijk gebruikt om de invloed van veranderingen in stromingspatroon op de globale macro-ionensamenstelling van het grondwater aan de onderzijde van standplaatsen van natuurlijke vegetaties te kunnen inschatten. De beoordeling van de effecten is in deze historische situatie de referentie.
- FLOWNET vereist een gedetailleerd netwerk van stijghoogtemetingen. Deze is niet beschikbaar voor de huidige situatie. In de historische situatie kan met enige voorzichtigheid de stijghoogte van het freatische grondwater in het studiegebied gelijk gesteld worden aan de hoogteligging van het maaiveld.
- FLOWNET biedt slechts beperkte mogelijkheden om de invloed van het drainagesysteem op het stromingspatroon mee te nemen. In de historische situatie is in het studiegebied sprake geweest van een zeer slecht ontwikkeld drainagesysteem (de Vries, 1974; hoofdrapport, figuur 18).

Voor de modellering van de historische situatie zijn twee oost-west doorsneden door het studiegebied gekozen, die loodrecht op de isohypsen en hoogtelijnen lopen. Figuur 18 van het hoofdrapport geeft aan waar de doorsneden zijn gesitueerd. Het model is opgebouwd uit circa 1800 elementen met een zijden van 200 meter in horizontale en 1 meter in verticale richting. De hoogteligging van het maaiveld is afgeleid van hoogtepuntenkaarten schaal 1:10.000. De hydrogeologische opbouw is geschematiseerd in zes lagen uitgaande van gegevens die in het hoofdrapport, paragraaf 4.2.3. zijn beschreven. In tabel 9 is aangegeven welke doorlatendheden zijn gehanteerd voor de verschillende lagen. Tot slot is er vanuit gegaan dat zowel aan de oost- als westzijde geen stroming over de randen van het model plaatsvindt. Aan de oostzijde is sprake van een hoofdwaterscheiding. Een FLOWNET model van een doorsneden van de Duitse grens tot aan de IJssel (Engelen, Gieske & Los, 1989, figuur 26) laat zien dat er nauwelijks sprake is van grondwaterstroming over de westzijde.

3.4.2.2. Calibratie

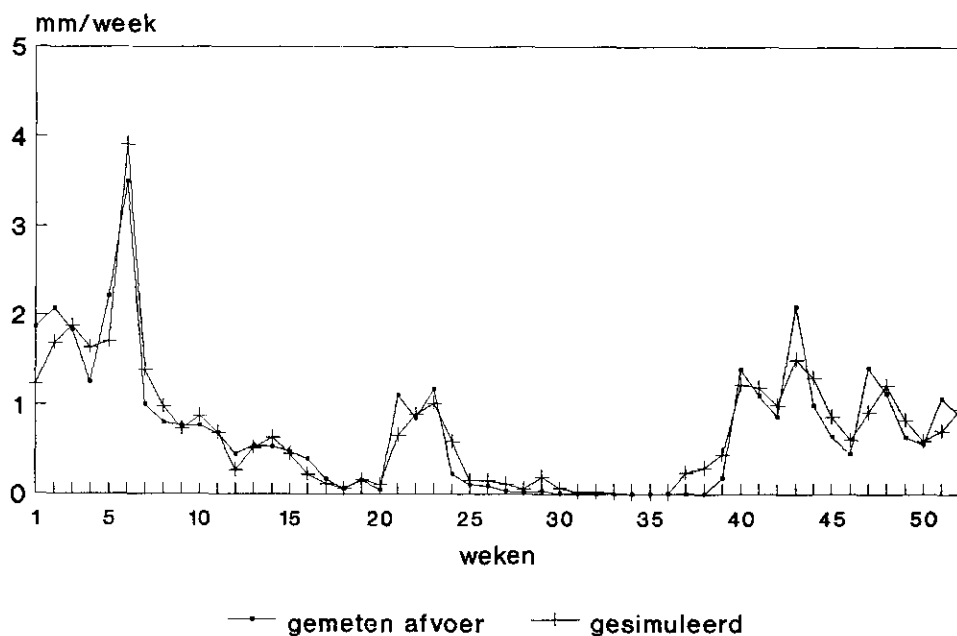
Het model van de historische situatie is op twee verschillende manieren gecalibreerd, namelijk aan de hand van de grootte van de fluxen aan de bovenzijde (maaiveld) van het model en aan de hand van het historische kwel/infiltratie patroon.

De grootte van de fluxen aan de bovenzijde dienen te liggen

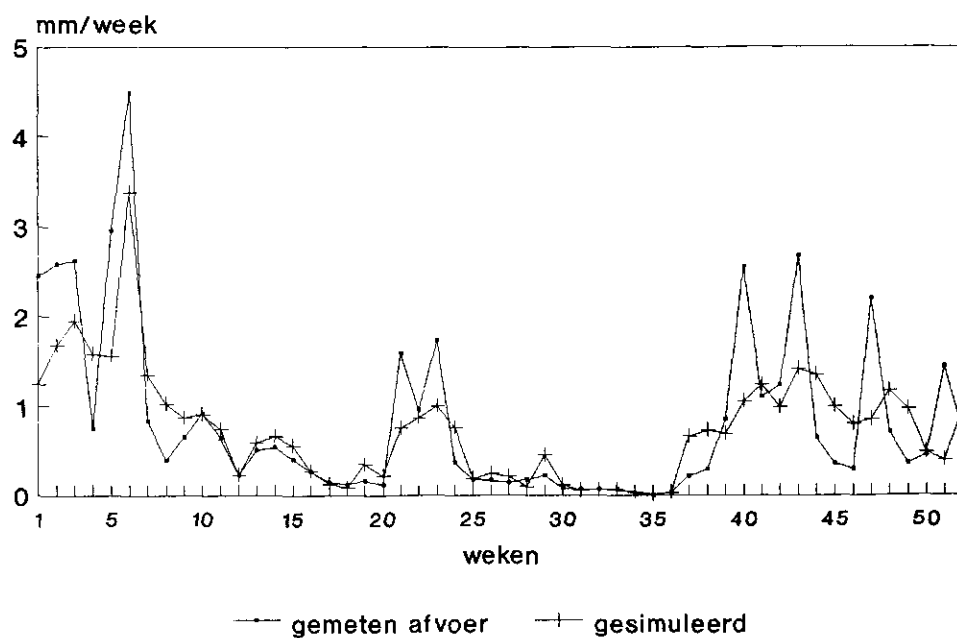
tussen 1,4 mm/d infiltratie en 2,5 mm/d kwel. Het historische kwel/infiltratie patroon is, in samenspraak met een aantal deskundigen van het SWNBL onderdeel Natuur, afgeleid van oude topografische kaarten (waterlopen, vennen, moerassen), bodemkaarten (broekeerd- beekeerd- en koopveengronden, grondwatertrappen I en II, aanduidingen van kwel en moeraskalk). Deze aanduidingen zijn samengevat in figuur 18 van hoofdrapport. Het patroon is vergeleken met de resultaten van de FLOWNET-berekeningen.

3.4.2.3. Uitvoering van de berekening aan varianten

De berekeningen aan de varianten zijn uitgevoerd door in de uitgangssituatie een reservoir aan te brengen. FLOWNET biedt slechts zeer beperkte mogelijkheden om een grondwateronttrekking te simuleren. Daarom is hier vanaf gezien. De plaats van het reservoir binnen de doorsnede is zodanig gekozen dat deze zoveel mogelijk overeenstemt met de landschappelijke positie binnen een variant. Voor de betreffende elementen is de stijghoogte en de doorlatendheid aangepast. Hiervoor is de volgende procedure gevolgd. In eerste instantie is de stijghoogte gelijk gesteld aan het gemiddelde waterpeil in de reservoirs gedurende 1984, zoals berekend met behulp van de waterbalansen. Vervolgens zijn de waterfluxen aan de onderzijde van de reservoirs vergeleken met de fluxen, die berekend zijn met behulp van de analytische lekfunctie. Indien nodig is de doorlatendheid van de cel aangepast.



jaarafvoer: gesim: 370 mm. gem: 366 mm.



jaarafvoer: gesim: 393 mm. gem: 438 mm.

Fig. 13 De oppervlaktewaterafvoer van het studiegebied en het plateau in de huidige situatie (waterbalans tbv. plantoetsing; 1984)
a. gehele studiegebied b. terras

4. RESULTATEN

4.1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de berekeningen samengevat. Allereerst wordt de uitgangssituatie beschreven aan de hand van waterbalans-, SWW- en FLOWNET-berekeningen. Vervolgens wordt ingegaan op de invloeden van de afzonderlijke ingrepen die in de varianten zijn opgenomen op kwantitatieve hydrologische kenmerken:

- Het effect van waterbeheer op oppervlaktewaterafvoer en grondwaterstanden.
- Het effect van het grondgebruik op oppervlaktewaterafvoer en grondwaterstanden.
- Het effect van reservoirs op oppervlaktewaterafvoer, het stromingspatroon en de winbare hoeveelheid water.
- Het effect van een pompstation op stijghoogten en waterfluxen in een cluster infiltratiebekkens.

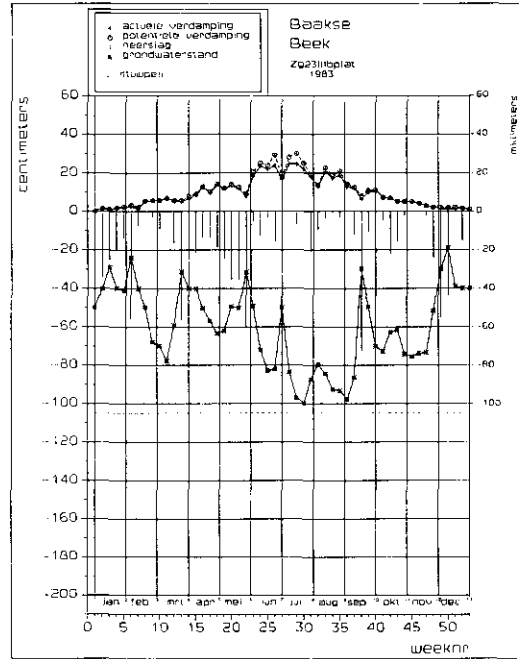
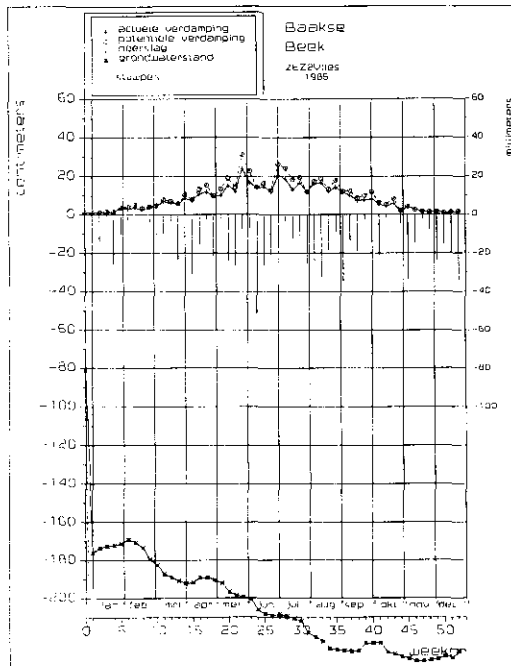
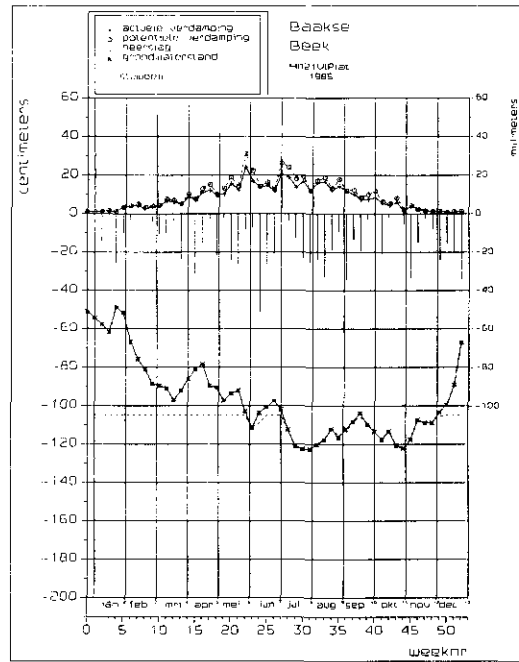
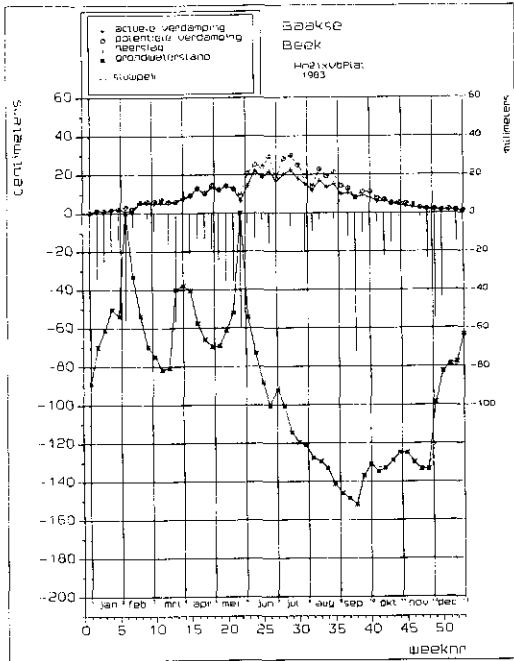
Tenzij anders vermeld is er gebruik gemaakt van de waterbalansberekeningen tbv. plantoetsing. In de discussie zal worden ingaan op de vergelijking tussen de waterbalansen uit de verschillende fasen in het onderzoek.

4.2. Uitgangssituatie

Tabel 10 geeft een overzicht van de in- en uitgaande waterstromen van het gehele studiegebied en de verschillende landschappen in de huidige situatie (1984). Deze zijn ontleend aan de waterbalans tbv. planvorming. De netto-neerslag bedraagt 450 mm. Hiervan verlaat 84 % het gebied als oppervlaktewater (Baakse Beek en Veengoot), terwijl slechts 12 % als grondwater wegvloeit. De overige 4 % wordt opgepompt voor de drinkwatervoorziening. Binnen het studiegebied komen grote verschillen in deze verhouding tussen grondwater- en oppervlaktewaterafvoer voor. In de esser

Tabel 10 Waterbalans 1984 voor huidige situatie (waterbalans tbv. planvorming)

Balansterm: (in mm)	Plateau & dalen:	Essen:	Dekzand:	Studiegebied:
In:				
neerslag (P)	846	846	846	846
grondwater (Qg)	-	-	22	-
Uit:				
verdamping (E)	395	395	395	395
grondwater (Qg)	-	451	94	63 (12%)
drinkwater (Qd)	-	-	25	17 (4%)
oppervlakte- water (Qo)	457	-	361	381 (84%)



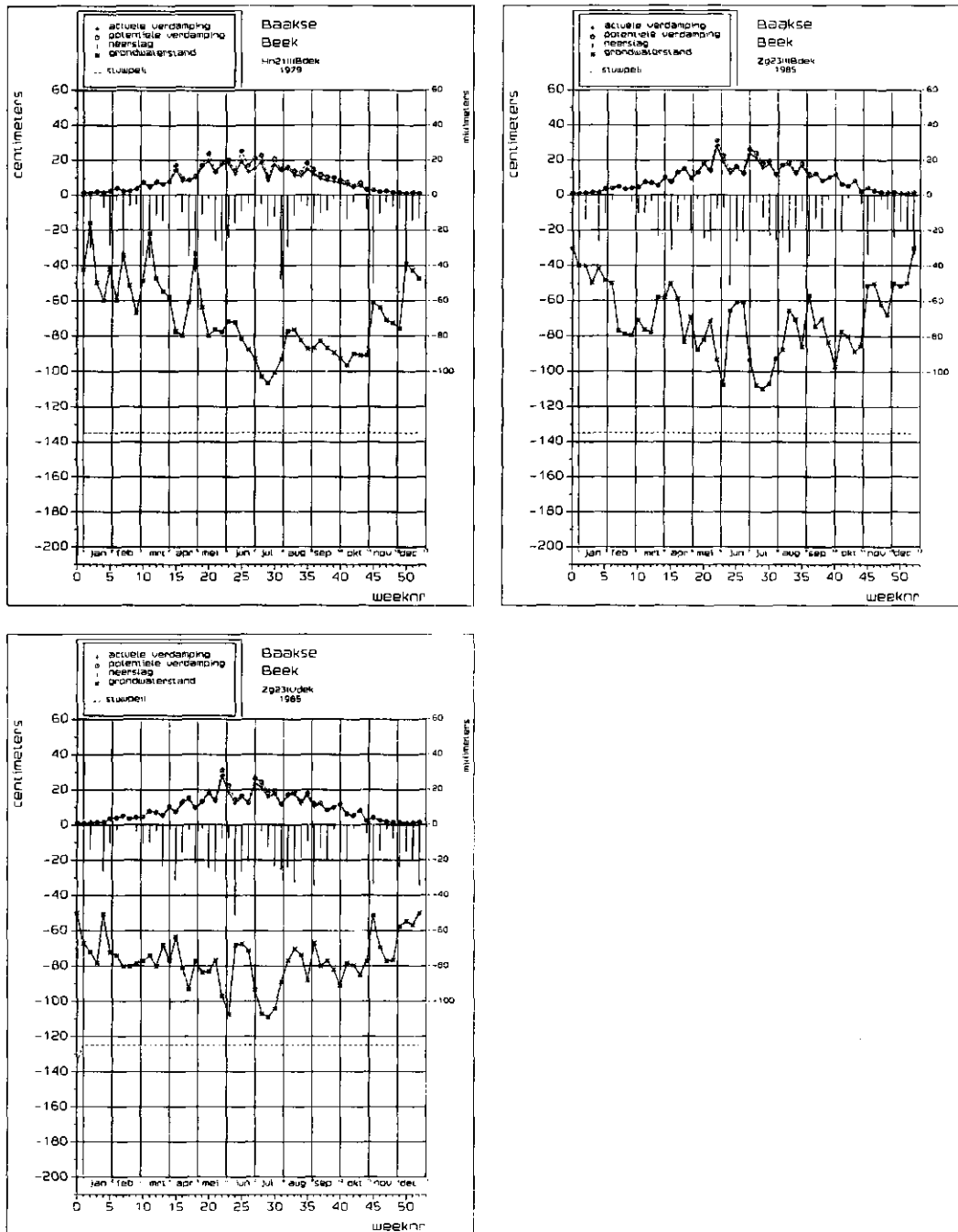


Fig. 14 Het met behulp van SWW gesimuleerde verloop van de grondwaterstand in de verschillende beheereenheden gedurende de periode 1978 t/m 1988.

Tabel 11 GHG, GVG en GLG per beheereenheid voor de uitgangssituatie en verschillende varianten.

Variant:	1			2			3			4			5			6			7		
	GHG	GVG	GLG	GHG	GVG	GLG	GHG	GVG	GLG	GHG	GVG	GLG	GHG	GVG	GLG	GHG	GVG	GLG	GHG	GVG	GLG
0	36	59	133	43	63	145	147	167	231	34	49	87	27	56	108	28	49	120	45	63	117
1	3	8	124	32*	45	167	**		22	40	81	27	56	108	28	49	120	45	63	117	
2	19	33	160	32*	45	167	**		22	40	81	27	56	108	28	49	120	45	63	117	
3	3	8	124	32*	45	167	**		22	40	81	27	56	108	28	49	120	45	63	117	
4	19	33	160	32*	45	167	**		22	40	81	27	56	108	28	49	120	45	63	117	
5	3	8	124	32*	45	167	**		22	40	81	27	56	108	28	49	120	45	63	117	
6	11	35	120	19*	36	137	**		22	40	81	1	19	85	0	3	63	3	21	99	
7	11	35	120	19*	36	137	**		22	40	81	1	19	85	0	3	63	3	21	99	
8	1	7	112	16*	33	136	**		8***	25	67	0	4	77	0	0	41	2	16	75	

* voor zover deze beheereenheid sloten kent
 ** geen mogelijkheid om grondwaterpeil te beïnvloeden door stuwbeheer en verlanding
 *** nattere situatie te bereiken bij sterkere verlanding, die niet is door gerekend)

treedt in het geheel geen oppervlaktewaterafvoer op, het plateau & dalen kent verhoudingsgewijs veel oppervlaktewaterafvoer vanwege de grote kwelstroom vanuit die essen.

Figuur 13 geeft het verloop van de oppervlaktewaterafvoer van het gehele studiegebied en van het plateau & dalen in 1984. Tevens zijn de gemeten afvoeren van vergelijkbare stroomgebieden aangegeven (Baakse Beek en Hupselse Beek). De voor het gehele studiegebied berekende afvoer bedraagt 369 mm/jaar tegen een gemeten afvoer van 365 mm/j. De totale gemeten afvoer in de Hupselse Beek bedraagt 430 mm/j. De berekende afvoer voor plateau en dalen is 391 mm/j. De berekende afvoer vertoont een minder gepiekt verloop dan de gemeten afvoer. Dit geldt zowel voor de hoge als lage afvoeren.

In figuur 14 is het met behulp van SWW gesimuleerde verloop van de grondwaterstand voor het laatste jaar van de reeks 1978 t/m 1986 per beheereenheid weergegeven. Tabel 11 geeft de over de gehele periode bepaalde GHG, GVG en GLG. Alle gesimuleerde waarden stemmen goed overeen met de door Harbers, Rosing & Heijink (1983) vastgestelde waarden.

Figuur 18 in het hoofdrapport toont het stromingspatroon in twee oost-west doorsneden door het studiegebied in een historische toestand. De belangrijkste verschijnselen die hieruit af te leiden zijn:

- De belangrijkste infiltratiegebieden zijn de essen, de dekzandgordel aan de voet van de terrasrand en de hogere dekzandruggen in het dekzandgebied. Vanuit het plateau vindt nauwelijks infiltratie plaats.
- De belangrijkste kwelgebieden zijn de dalen, het gedeelte van het dekzandgebied aan de voet van de terrasrand en delen van het dekzandgebied direct aansluitend op de hogere dekzandruggen.

Tabel 12 De oppervlaktewaterafvoer (in mm/jaar) vanuit het gehele studiegebied en de mogelijke waterwinning per inrichtingsvariant in 1984

Variant:	Oppervlaktewaterafvoer		Waterwinning:
	zonder reservoir:	met reservoirs:	
0	370	nvt.	17*
1	315	274	41
2	308	262	27
3	346	310	36
4	354	289	24
5	398	260	138
6	359	0	359
7	359	98	9
8	430	nvt	0

- De grondwaterstroming vanuit essen, plateau en dalen naar het dekzandgebied is zeer beperkt. De kwelgebieden in het dekzandgebied langs de terrasrand lijken vooral gevoed te worden door water dat in dekzandruggen en esjes aan de voet van de terrasrand infiltreert.

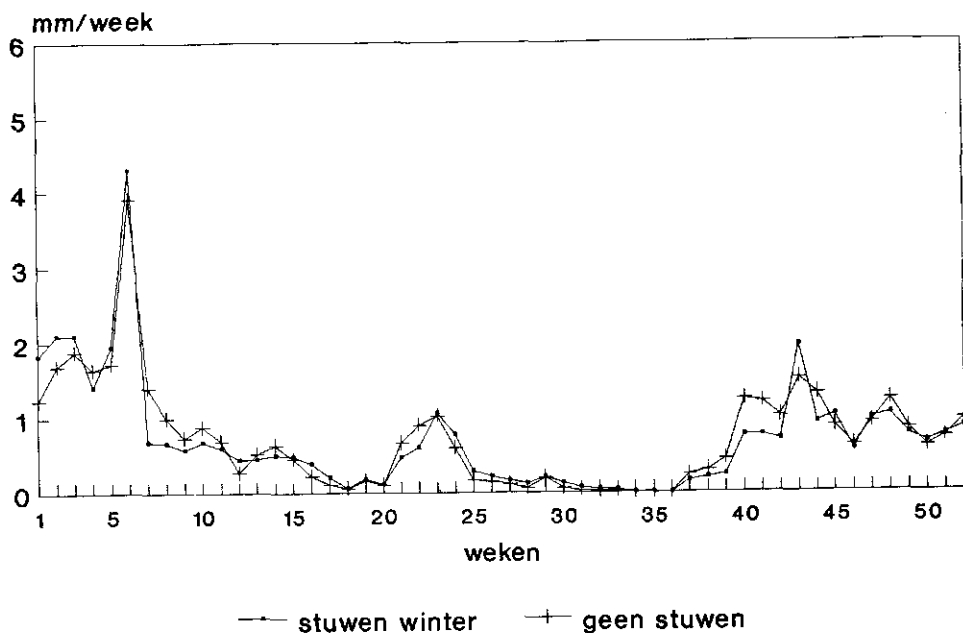
4.3. Effecten varianten

4.3.1. Inleiding

Tabel 12 geeft de jaarlijkse beekafvoer van het gehele studiegebied in de verschillende varianten met en zonder reservoirs. De invloed van de verschillende ingrepen is niet uit deze cijfers af te leiden. De varianten verschillen immers zowel in het waterbeheer, het grondgebruik en de kenmerken van de reservoirs. Zo kan de geringere afvoer in varianten 1 en 2 verklaard worden door zowel de specifieke reactie van het plateau op stuwbeheer, als door de hogere verdamping van loofbos. Een paar varianten zijn wel goed onderling vergelijkbaar. Deze zullen gebruikt worden om een indicatie te geven van de invloeden van de afzonderlijke ingrepen.

4.3.2. Waterbeheer

In varianten 6, 7 en 8 is in het gehele studiegebied het waterbeheer aangepast, terwijl de wijzigingen in het grondgebruik zodanig zijn dat de vegetatiestructuur nauwelijks verandert. Hierdoor is het mogelijk om de effecten van het waterbeheer op de afvoer en de grondwaterstanden te beschouwen. In variant 6 en 7 is sprake van een verhoogd stuwpeil gedurende herfst, winter en voorjaar. In variant 8 treedt verlanding van de waterlopen op, zodat er gedurende het gehele jaar sprake is van verhoogde stuwpeilen.



Jaarafvoer: stuwen: 359 geen: 370 mm.

Fig. 15 De effecten van het waterbeheer op oppervlaktewaterafvoer.

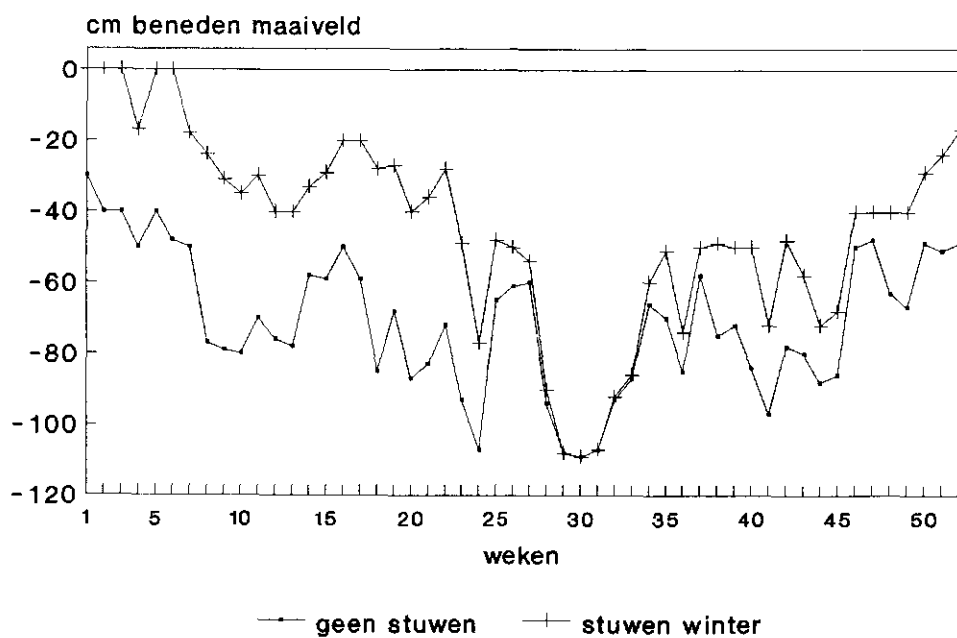


Fig. 16 De effecten van waterbeheer op de grondwaterstand op beheereenheid 4

Het **verhoogde stuwpeil** in herfst, winter en voorjaar leidt tot (zie figuur 15):

- Een geringe afname van de jaarafvoer van 370 tot 359 mm.
- Een toename van de afvoer gedurende de winter en de zomer met respectievelijk 16 en 7 mm.
- Een afname van de afvoer in voorjaar en herfst met 32 mm.

Deze veranderingen zijn goed te begrijpen door ook de veranderingen in de grondwaterstanden in een vrij nat deel van het dekzandgebied te beschouwen (zie figuur 16):

- In de wintermaanden december, januari en februari stijgt de grondwaterstand met 40 cm. tot vlak onder het maaiveld. In deze periode is de berging in de bodem en de verdamping gering. Bij veel neerslag leidt dit tot grotere afvoerpieken.
- Van februari tot en met 1 juni is de grondwaterstand met 30 cm. gestegen. Het water staat nu tussen de 20 en 40 cm. beneden maaiveld. Door de interceptie en verdamping is de berging in de bodem meestal voldoende. De verhoging van de stuwen komt vooral ten goed aan het op peil houden van de bodemvoorraad.
- In de zomermaanden is de grondwaterstand gelijk aan die in de huidige situatie. Alleen in de eerste weken nadat de stuwen zijn verlaagd is er sprake van een vergrote afvoer, waardoor de grondwaterstand snel daalt.
- In het najaar leidt het stuwbeheer tot ongeveer 20 cm. hogere grondwaterstanden. Het grondwater staat echter meestal dieper dan 40 cm. Deze toename van de bodemvoorraad zorgt voor geringere afvoeren. De berging is echter meestal voldoende om een grote hoeveelheid neerslag op te nemen. Ook de nog vrij grote verdamping speelt hier nog doorheen.

Het beoogde doel van deze vorm van waterbeheer was tweeledig:

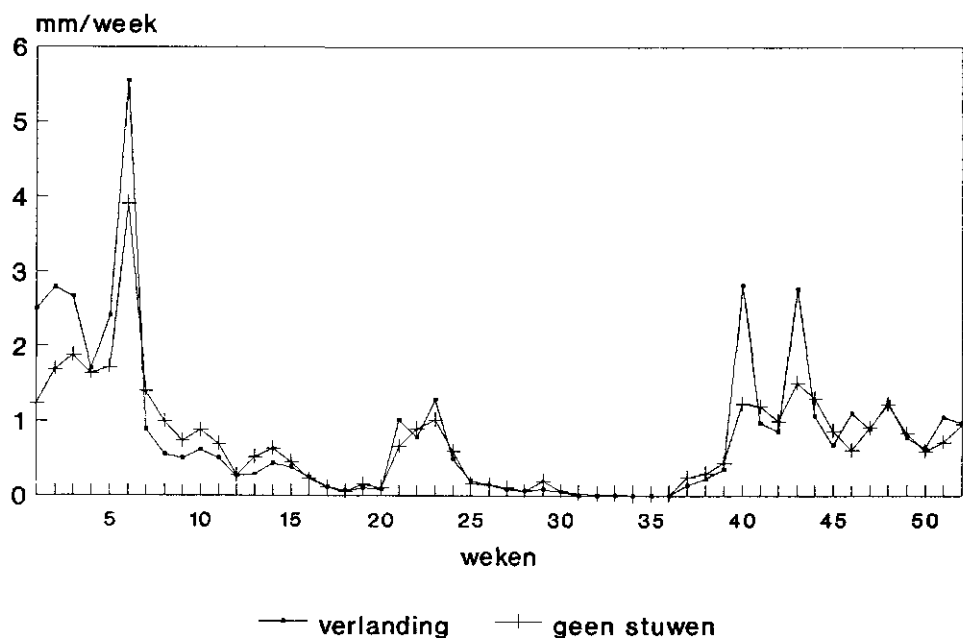
- beperking van de omvang van de berging in reservoirs,
- vernatting van het vanggebied.

De effecten van het stuwbeheer op de afvoer gedurende de zomer is in relatieve zin weliswaar vrij groot (30%), maar in absolute zin marginaal: een toename van de afvoer gedurende de zomermaanden van 23 naar 30 mm. Hieruit kan geconcludeerd worden dat stuwbeheer ter compensatie van de benodigde berging in reservoirs nauwelijks zoden aan de dijk zet. De verhoging van de grondwaterstand met 30 tot 40 cm. is veel belovend voor natuurontwikkeling.

Verlanding leidt tot andere veranderingen in de afvoer dan het stuwbeheer (figuur 17):

- In winter en herfst nemen de piekafvoeren sterk toe. In totaal wordt gedurende deze periode 80 mm meer afgevoerd dan in de huidige situatie.
- In het voorjaar neemt de afvoer met 20 mm. af.
- In de zomer is er in regenrijke perioden sprake van iets grotere afvoeren, terwijl in drogere perioden sprake is van juist minder afvoer.
- De jaarafvoer neemt toe van 370 naar 430 mm (een toename van 16%).

De duidelijke toename van hoge afvoeren wordt verklaard door de veel ondiepere grondwaterstanden gedurende het gehele jaar (zie figuur 18):



Jaarafvoer: verl: 430 mm. geen: 370 mm.

Fig. 17 De effecten van verlanding op oppervlaktewaterafvoer.

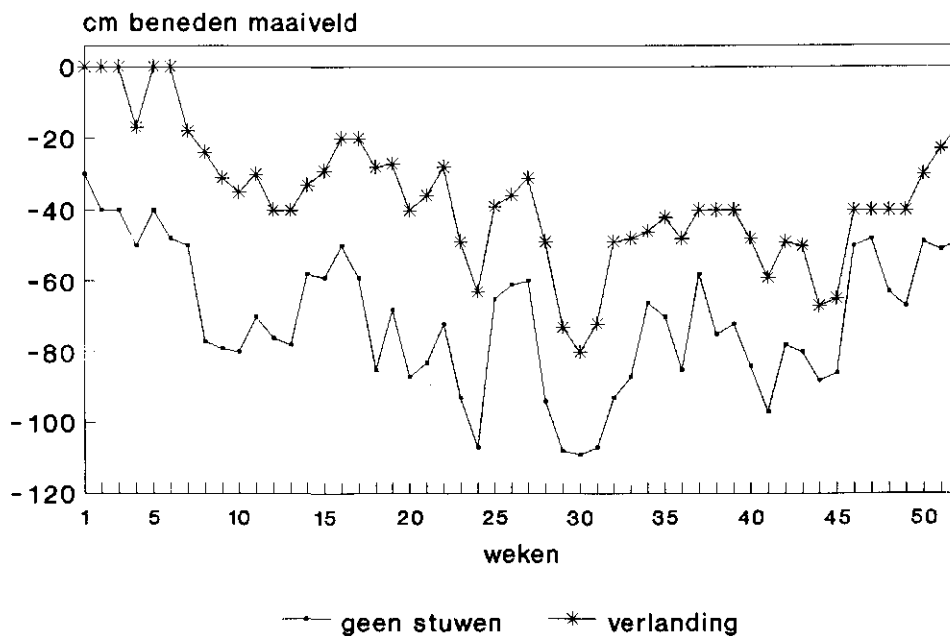


Fig. 18 De effecten van verlanding op de grondwaterstand op beheereenheid 4

- In de winter en het voorjaar is de grondwaterstand 30 tot 40 cm. hoger dan in de huidige situatie.
- In zomer en herfst is de grondwaterstand 25 tot 30 cm. hoger dan in de huidige situatie.

Het beoogde doel van de ingreep, vernatting van het studiegebied, is gerealiseerd. Dit heeft echter als consequentie dat door de verkleining van de berging in de bodem de afvoer in de winter sterk toeneemt.

4.3.3. Grondgebruik

De effecten van het grondgebruik op afvoer en grondwaterstand is niet aan de hand van het gehele studiegebied te illustreren. Figuur 19 laat voor waterbeheereenheid 3, de dalen in het plateau met ondiepe grondwaterstanden en sterke kwel, zien wat grasland en loofbos betekenen voor de afvoer en de grondwaterstand bij een zelfde stuwbeheer:

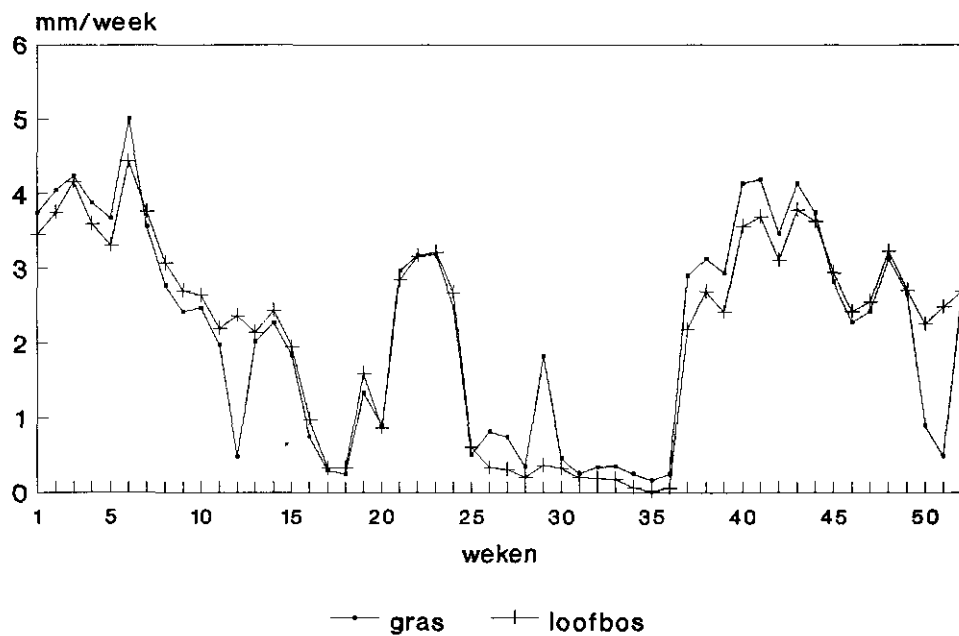
- De jaarlijkse afvoer is gelijk bij grasland en loofbos.
- De afvoer gedurende winter en vroege voorjaar is bij loofbos vaak groter dan onder grasland. In de zomer en herfst is dit meestal omgekeerd. De verschillen zijn echter gering.
- In het herfst, winter en voorjaar staat onder loofbos het grondwater 10 tot 20 cm. minder diep dan onder grasland, terwijl in de zomermaanden het grondwater onder grasland 10 cm. juist minder diep wegzakt.

De verklaring is waarschijnlijk gelegen in verschillen in bodemverdamping, interceptie en evapotranspiratie per groeistadium van de beide vegetaties. Gedurende de winter is sprake van een geringere bodemverdamping onder loofbos dan onder grasland, terwijl in het voorjaar de evapotranspiratie van grasland kleiner is dan die van loofbos. In de zomer lijkt loofbos minder te verdampen dan grasland.

4.3.4. Reservoirs

Tabel 13 geeft aan welk deel van het water dat op het vanggebied van een reservoir valt, kan worden gewonnen en welk deel langs het reservoir moet worden gevoerd. Het overige deel verdampt of lekt weg. Hieruit blijkt dat:

- De hoeveelheid te winnen water is groter naar mate het vanggebied groter is.
- De spaarbekkens over het algemeen minder effectief zijn dan infiltratiebekkens. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij spaarbekkens in tegenstelling tot infiltratiebekkens de lekkage niet benut kan worden.
- Spaarbekkens zijn het meest effectief in gebieden met het ondiep voorkomen van zeer slecht doorlatende lagen. Van alle spaarbekkens is variant 2 het meest en variant 7 het minst effectief. In figuur 20 zijn de verschillende balanstemen van



jaarafvoer: gras: 1110 mm. loof: 1110 mm

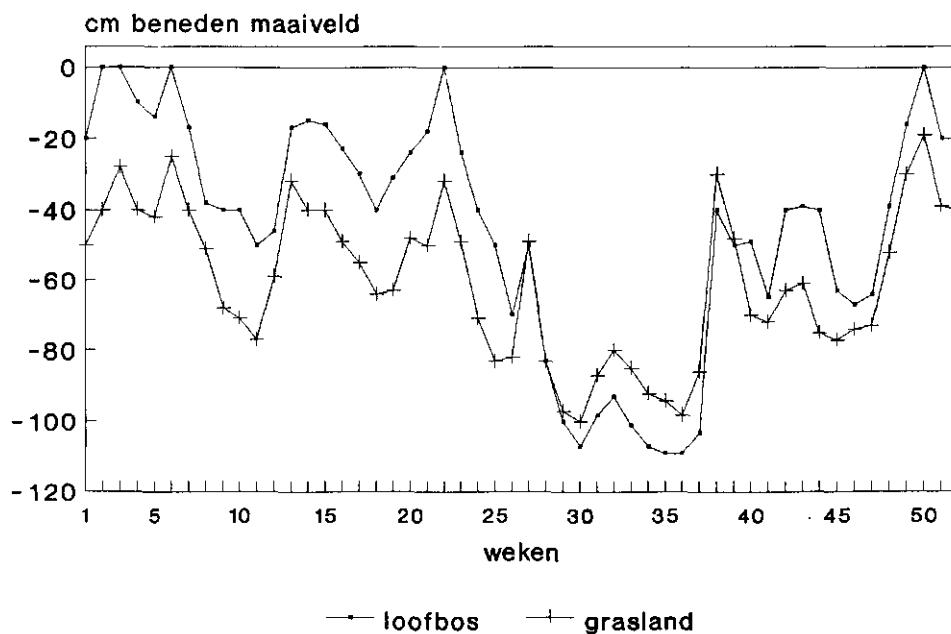
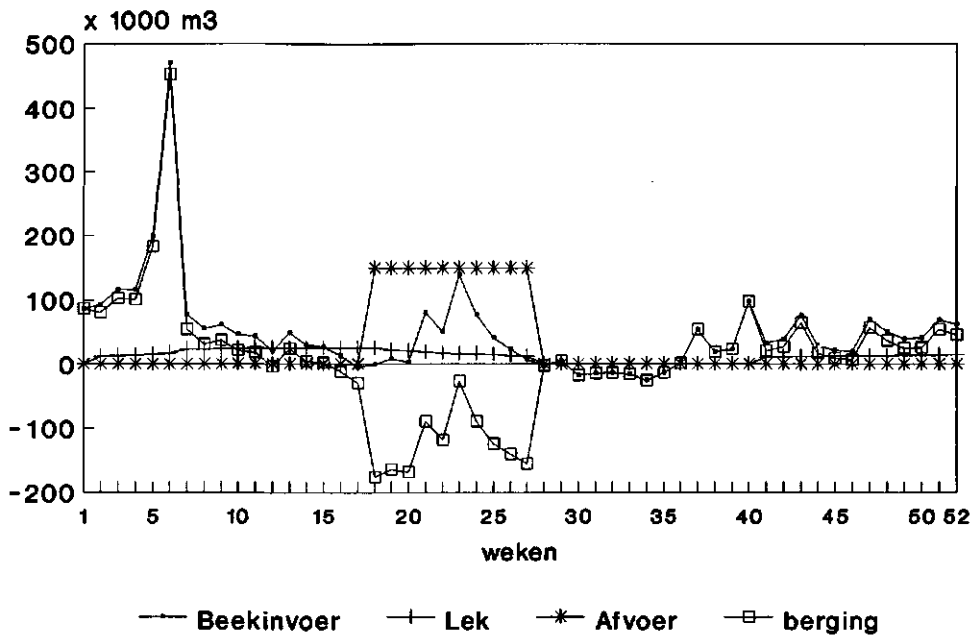


Fig. 19 De effecten van het grondgebruik op de oppervlaktewaterafvoer en grondwaterstand van het plateau.

Balanstermen spaarbekken variant 2 1984



Balanstermen spaarbekken variant 7 1984

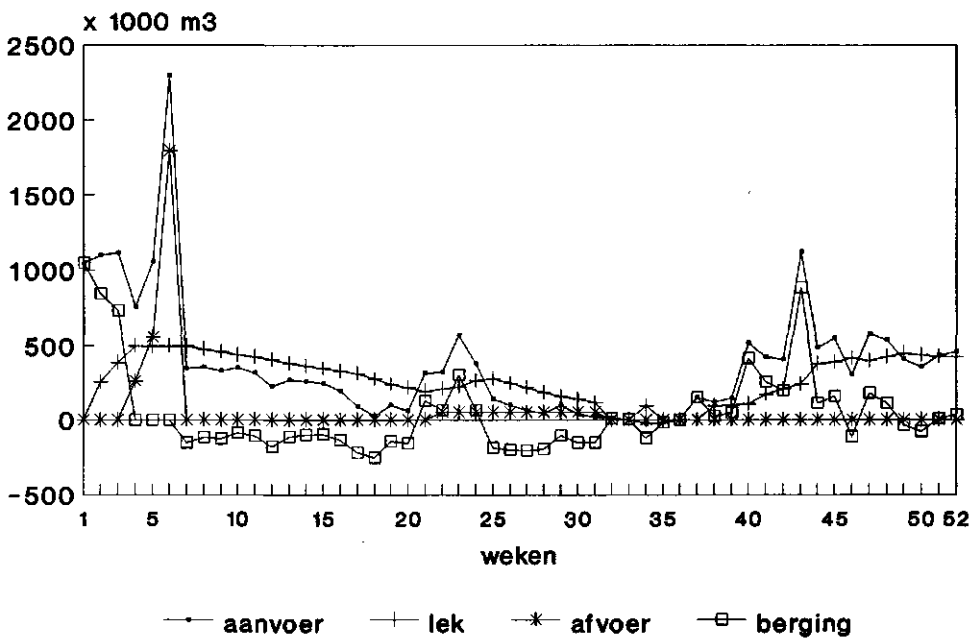


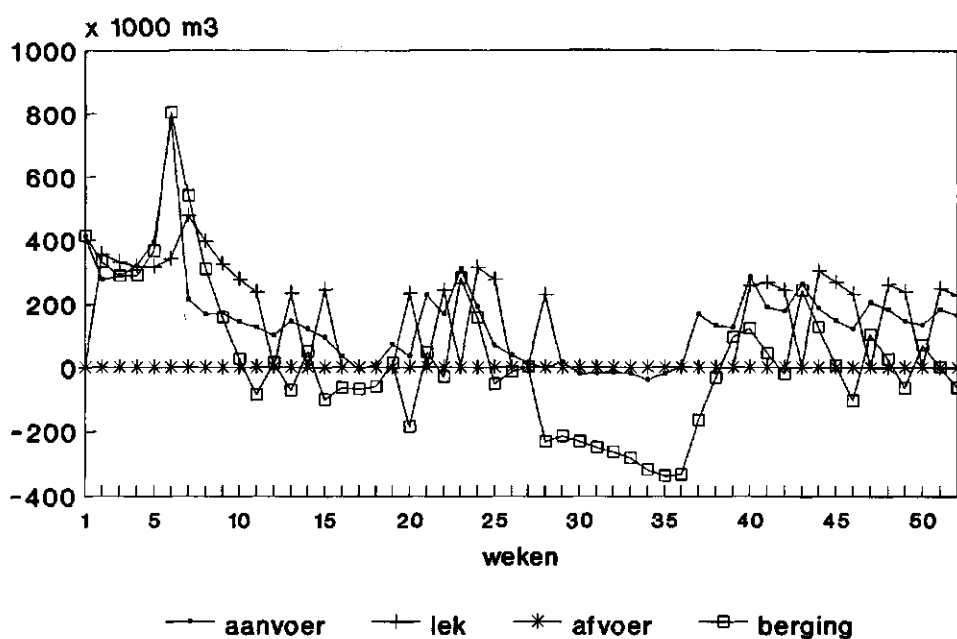
Fig. 20 De waterbalanstermen van spaarbekkens.
a. variant 2
b. variant 7

- de beide spaarbekkens weergegeven. Hieruit blijkt dat de lek in variant 7 maximaal 15 maal zo groot is als in variant 2.
- De infiltratiebekkens zijn het minst effectief in gebieden met het zeer ondiep voorkomende slecht doorlatende lagen. Zo zijn varianten 1 en 3 op het terras weinig effectief, terwijl die in het dekzandgebied (5 en 6) een zeer grote effectiviteit kennen. De geringe effectiviteit is het gevolg van een geringe lekkage al dan niet in combinatie met een te kleine bergingscapaciteit van het reservoir. Dit wordt geïllustreerd door de waterbalansen van de reservoirs in variant 3 en 5 (figuur 21). In variant 3 is het reservoir snel gevuld. Bij hoge afvoeren wordt daarom al het water langs het bekken geleid. Ook bij lage afvoeren is vrijwel altijd sprake van een te geringe capaciteit. Dit wordt mede veroorzaakt door de geringe lekkage. In variant 1 is de lekkage weliswaar veel groter dan in variant 3, maar de bergingscapaciteit van het infiltratiekanaal is hier duidelijk te klein. Een vergroting door verdieping en verbreding is daarom aan te bevelen.
- In varianten 5 en 6 is de lekkage vaak groter dan de aanvoer. Capaciteitsproblemen treden hierdoor niet op.
- Het doel waarvoor het water geconserveerd wordt heeft een vrij geringe invloed ondanks de spreiding van de vraag over het jaar sterk verschilt tussen winning tbv. drinkwater- en landbouwwatervoorziening. Winning van drinkwater uit spaarbekkens blijkt namelijk een vergelijkbare orde van grootte winbaar water te leveren. Zo is uit het spaarbekken van variant 2 gedurende de zomermaanden in totaal 27 mm water tbv. de landbouw uit te laten, terwijl er gedurende het gehele jaar slechts 13 mm drinkwater kan worden gewonnen, indien wordt uitgegaan van een constante winning per dag.

Tabel 13. De oppervlaktewaterafvoer (in mm/jaar) en de mogelijke waterwinning per inrichtingsvariant in 1984 uitgaande van het vanggebied

Variant:	Oppervlaktewaterafvoer vanggebied		Waterwinning:
	zonder reservoir:	met reservoirs:	
0	-	nvt.	-
1	235	200	35
2	260	0	150
3	361	256	105
4	243	0	92
5	363	0	363
6	359	0	359
7	359	98	9
8	430	nvt	-

Balanstermen infiltratiebekken variant 5 1984



Balanstermen infiltratiebekken variant 3 1984

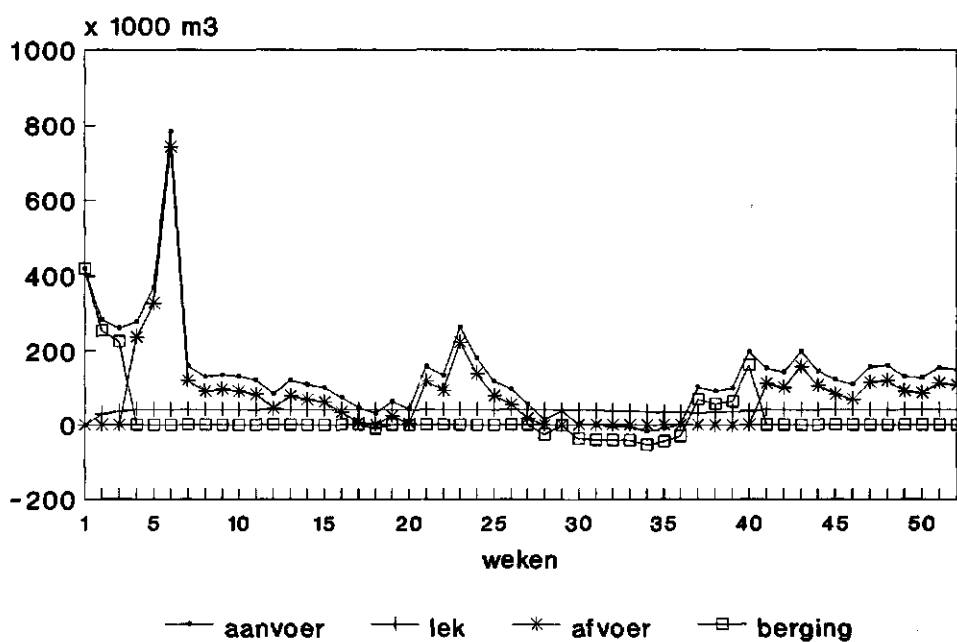


Fig. 21 De waterbalanstermen van infiltratiereservoirs
a. variant 5
b. variant 3

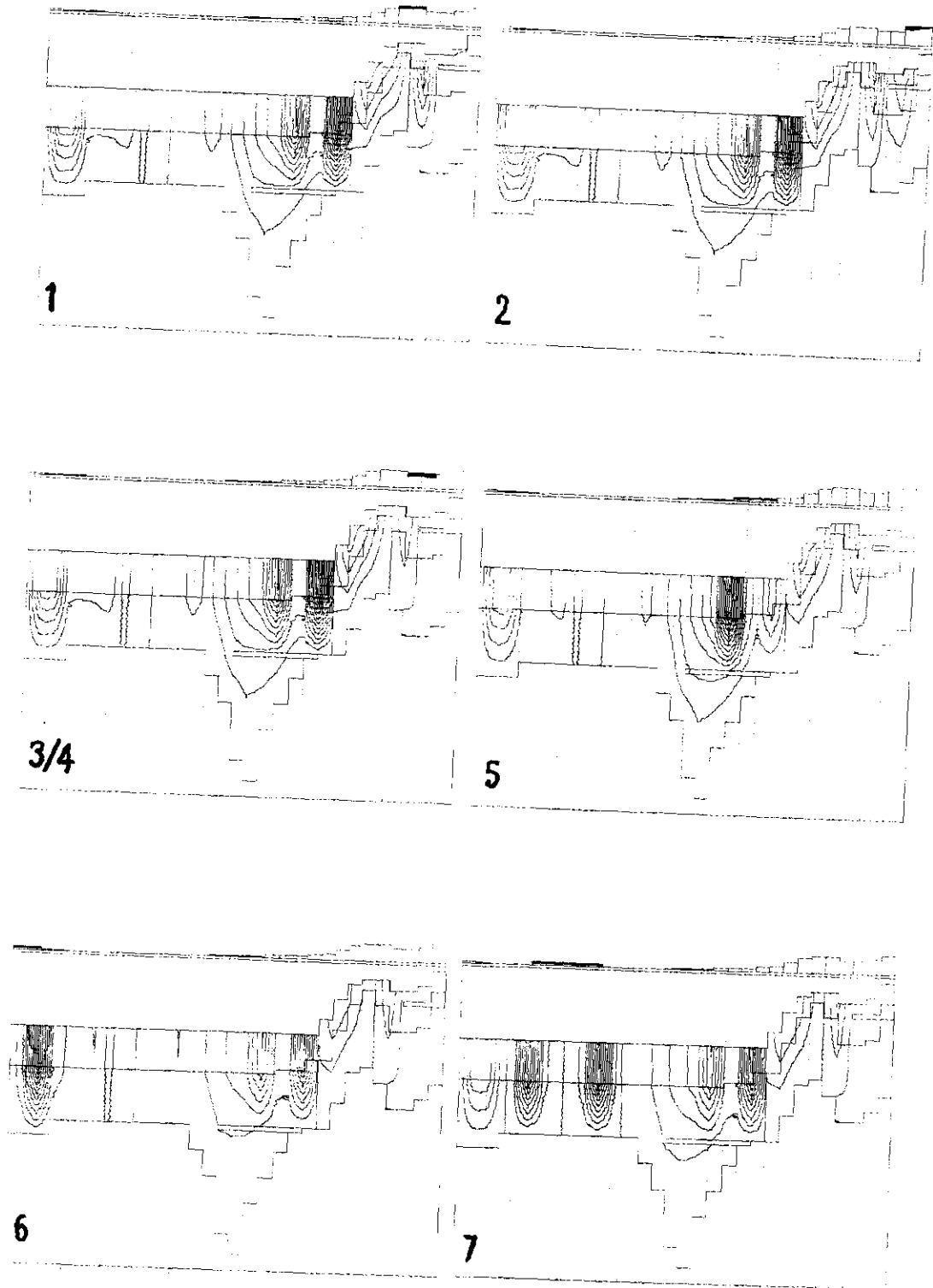


Fig. 22 Het stroomlijnenpatroon van het grondwater in de uitgangssituatie en de verschillende varianten, zoals berekend door FLOWNET.

De fluctuaties van het waterpeil in de reservoirs zijn weergegeven in deel 1, figuren 42 t/m 47. Hieruit is af te leiden dat:

- De spaarbekkens een geheel andere verloop van het waterpeil kennen dan infiltratiebekkens.
- Spaarbekkens vertonen allen een gelijkmatige verloop met een lange aaneengesloten periode van hoge peilen en een lange aaneengesloten periode zonder water. De periode zonder water varieert van 7 tot 11 weken gedurende de maanden juli en augustus.
- Het verloop van de infiltratiebekkens vertoont grote verschillen. In variant 3 is sprake van constante inundatie en een gelijkmatige schommeling. De overige infiltratiebekkens staan voornamelijk droog. Alleen in perioden met veel neerslag staat er water in het reservoir.

In figuur 22 zijn de stromingspatronen van het grondwater in een oost-west doorsnede voor de verschillende varianten zonder pompstations aangegeven. In de volgende paragraaf zal worden ingegaan op de effecten van grondwateronttrekking op de waterfluxen en stroomrichting. Vergelijking met figuur 16 uit het hoofdrapport laat zien dat de aanleg van bekkens de volgende veranderingen in het stromingspatroon van het grondwater veroorzaken:

- Alle bekkens die aangelegd zijn op de essen en in de dalen beïnvloeden nauwelijks het stromingspatroon (varianten 1 t/m 4). Wel nemen de fluxen iets toe.
- De infiltratiebekkens die in infiltratiegebieden binnen het dekzandgebied zijn aangelegd veranderen het stromingspatroon in hoofdlijnen niet. De fluxen rond de reservoirs nemen wel toe (varianten 5 en 6).
- Het infiltratiebekken dat in een laaggelegen deel van het dekzandgebied is aangelegd (variant 7) beïnvloed het stromingspatroon sterk, terwijl ook de fluxen toenemen.

4.3.5. Pompstations

Figuur 23 geeft de stijghoogte van het watervoerend pakket indien reservoirs zijn aangelegd maar nog geen onttrekking plaatsvindt. In vergelijking met de uitgangssituatie (figuur 11) reageren de isohypsen duidelijk op het hogere peil in de reservoirs. Tevens is de lek die in de verschillende reservoirs optreedt aangegeven. Deze is uitsluitend het gevolg van verschillen tussen waterpeil in het reservoir en de grondwaterspiegel. Deze is vergelijkbaar met de lek die berekend is met behulp van de lekfunctie (tabel 7).

In figuur 24 ziet men de effecten van de onttrekking. De stijghoogte in het watervoerend pakket op de plek van de onttrekking blijkt met 7 meter te zijn verlaagd. Door de lage c-waarde van de dekzandlaag en de hoge drainageweerstand van het waterlopenstelsel zal deze verlaging vooral doorwerken op het freatisch niveau. De infiltratiecijfers laten zien dat de infiltratie vanuit de reservoirs toeneemt.

De aanzienlijke peilverlaging op de plaats van het pompstation

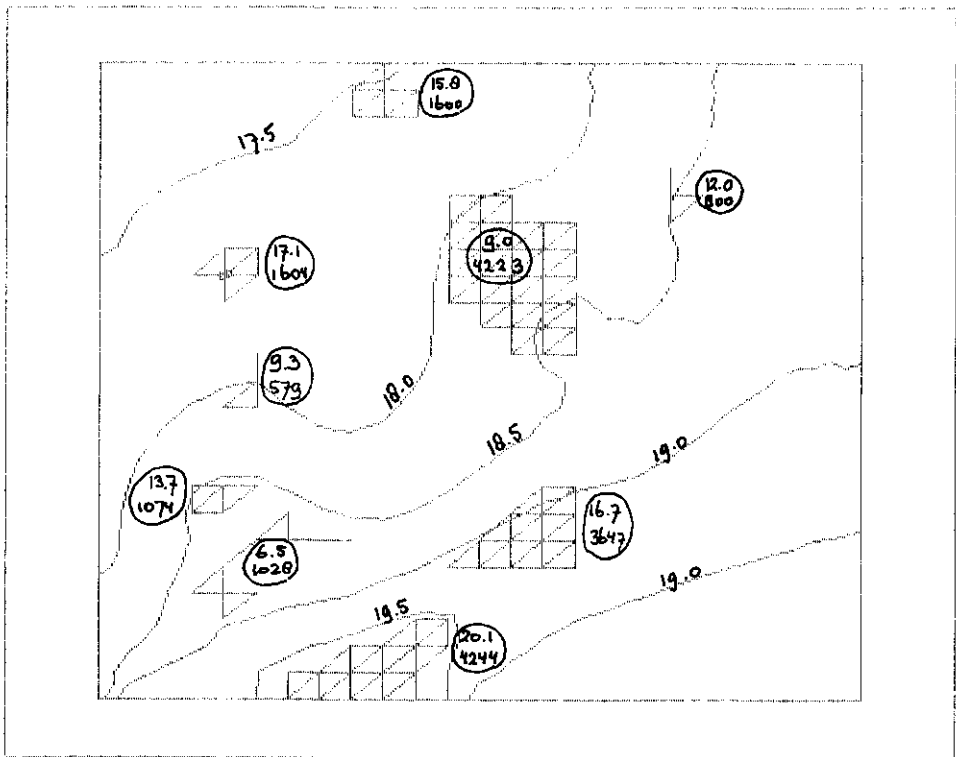


Fig. 23 Stijghoogten, fluxen en hoeveelheden geïnfiltreerd water vanuit de reservoirs in de cluster met reservoirs zonder onttrekking

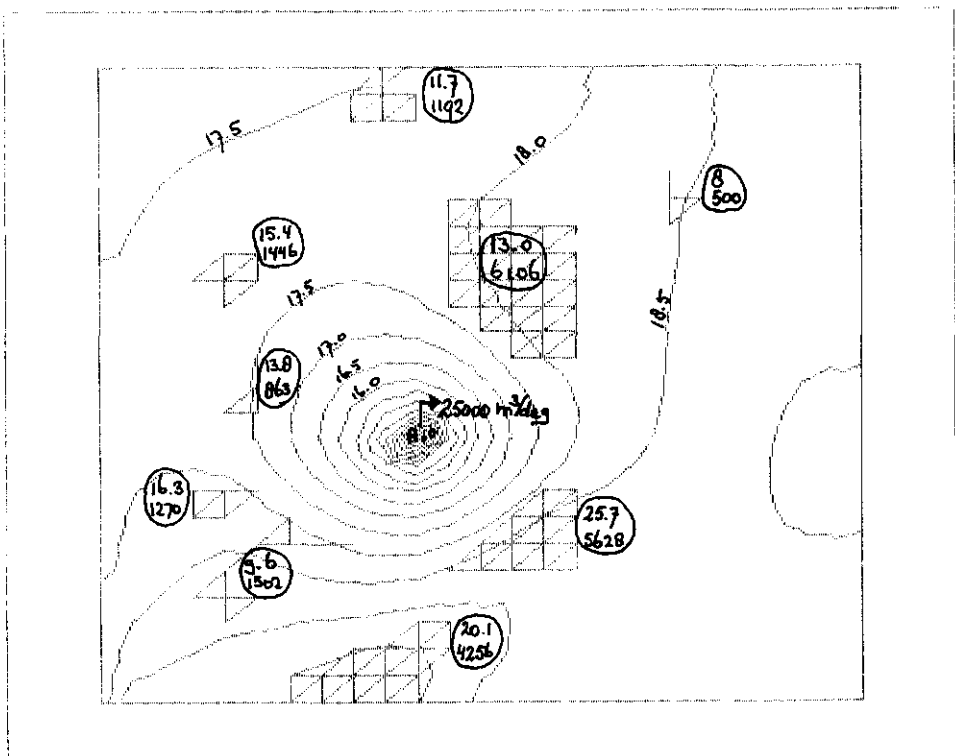


Fig. 24 Isohypsen, stromingspatroon en hoeveelheid geïnfiltreerd water vanuit de reservoirs in een cluster reservoirs met onttrekking

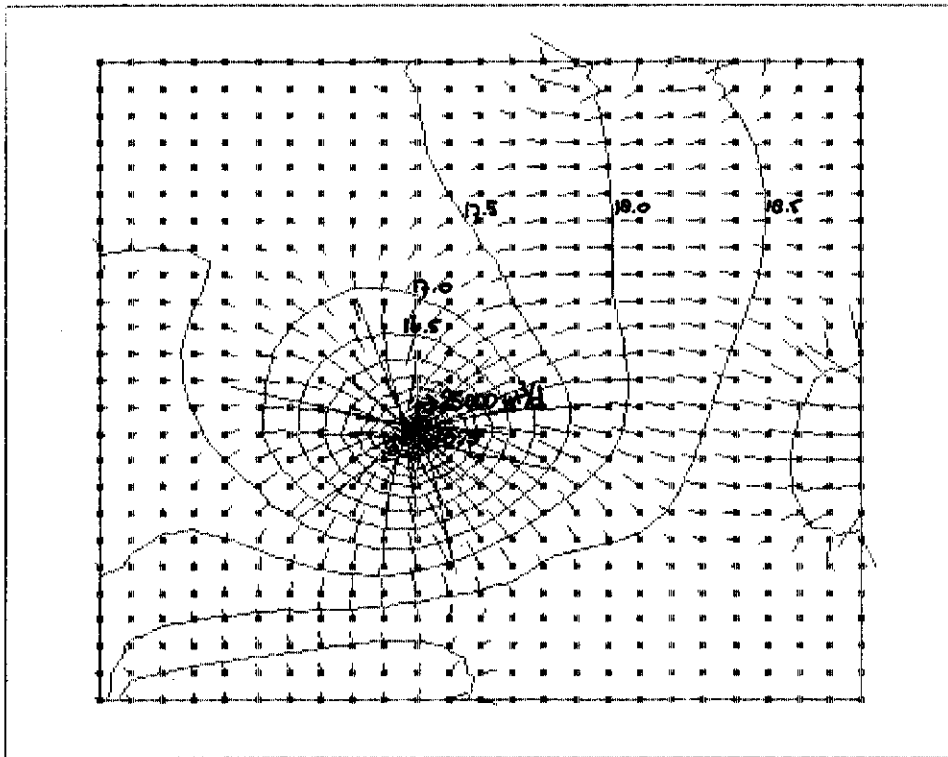


Fig. 25 Isohypsens en stromingspatroon rond een onttrekking zonder reservoirs

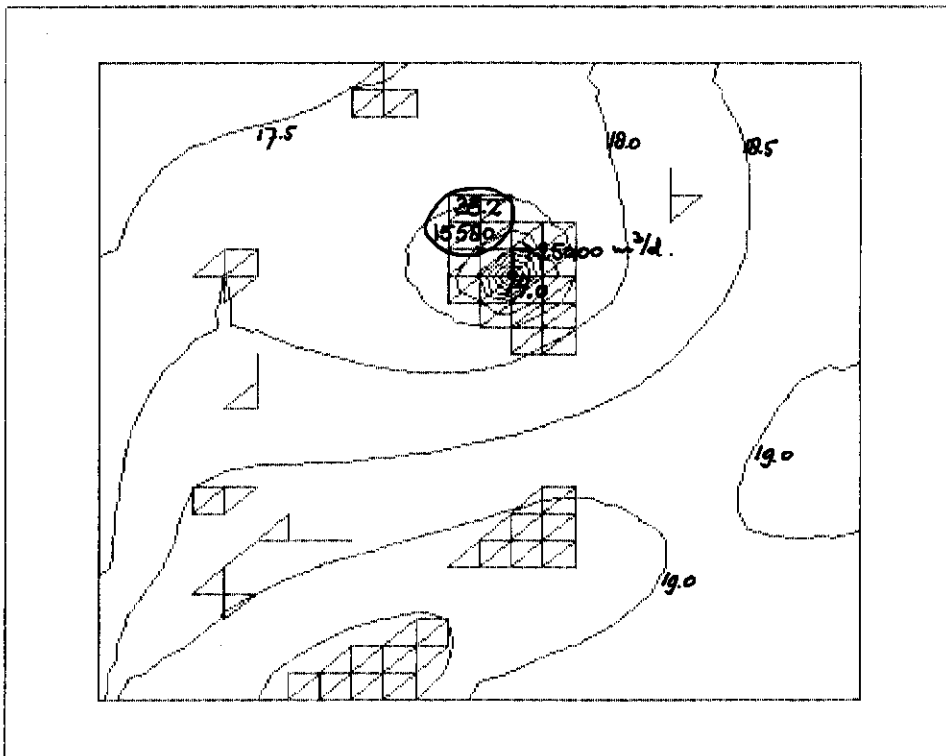


Fig. 26 Isohypsenspatroon en grootte van infiltratie onder reservoir bij een onttrekking onder een groot reservoir

blijkt vooral door de hoge intensiteit van de onttrekking (25.000 m³/dag) te worden bepaald. De effecten van een zelfde onttrekking zonder reservoirs op het isohypsenbeeld is te zien in figuur 25. De maximale peilverlaging blijkt nauwelijks veel groter te zijn, namelijk 8 in plaats van 7 meter. Het gebied met peildaling is echter wel veel groter.

Er valt dus te concluderen dat grondwateronttrekking gecombineerd met infiltratiebekkens niet leidt tot minder grote peilverlaging, maar vooral tot een kleiner invloedsgebied. In de meest optimale situatie zou moeten worden uitgegaan van onttrekking onder een infiltratiebekken. Figuur 26 laat zien dat de plaatsing van het pompstation direct onder het grootste reservoir tot de geringste beïnvloeding van de grondwaterstand leidt. De maximale daling is ongeveer 4 meter en de omvang van het gebied met peildaling is aanzienlijk kleiner. Het zal duidelijk zijn dat een keuze voor grondwateronttrekking onder elk infiltratiebekken zal leiden tot een groter aantal onttrekkingspunten en een kortere verblijftijd (figuur 27). Bij onttrekking in het centrum van een cluster is het water uit de reservoirs minimaal 1 jaar en maximaal 5 jaar onderweg voor het wordt opgepompt. In geval van onttrekking direct onder de reservoirs is de looptijd van het water zeer kort.

In hoeverre wordt nu het geïnfiltreerde water vanuit de bekkens opgepompt in het pompstation? Dit lijkt in hoge mate af te hangen van de ligging van pompstation ten opzichte van reservoirs en ten opzichte van de regionale grondwaterstroming. Figuur 28 laat het stromingspatroon in de cluster van infiltratiebekkens zien. Men ziet dat vooral de bekkens aan de oost- en zuidzijde, volgens oorspronkelijke isohypsenpatroon dus bovenstrooms van het pompstation, een sterke flux naar de onttrekking kennen. Het meest noordelijke bekken levert slechts een geringe directe bijdrage. Tussen de twee bekkens aan de oostzijde is sprake van een sterke flux van buiten het cluster.

Figuur 29 geeft de resultaten van enkele waterbalansberekeningen in zones tussen reservoir en pompstation met en zonder onttrekking. In de situatie zonder onttrekking blijkt er in de zone, die 125 meter rond het reservoir ligt, kwel op te treden. Deze bedraagt 4.8 mm/dag. In geval van onttrekking is er echter sprake van infiltratie (1.5 mm/dag). Als er in deze zone infiltratie optreedt, dan is het te verwachten dat al het water dat in het reservoir infiltreert, niet meer opkwelt, maar in de richting van het pompstation wegstroomt.

De hoeveelheden water die vanuit alle reservoirs infiltreert komt overeen met 85 % van de hoeveelheid water die het pompstation onttrekt. In de 1 jaar zone, die geheel tussen de reservoirs is gelegen (zie figuur 27), blijkt de totale infiltratie zodanig groot te zijn dat er nauwelijks sprake is van toevoer van buiten de reservoirs en de 1 jaar zone. Dit water zal vooral afkomstig zijn uit enkele grote watergangen die het gehele jaar water bevatten. Om het peil hierin te handhaven zal veel water moeten worden ingelaten.

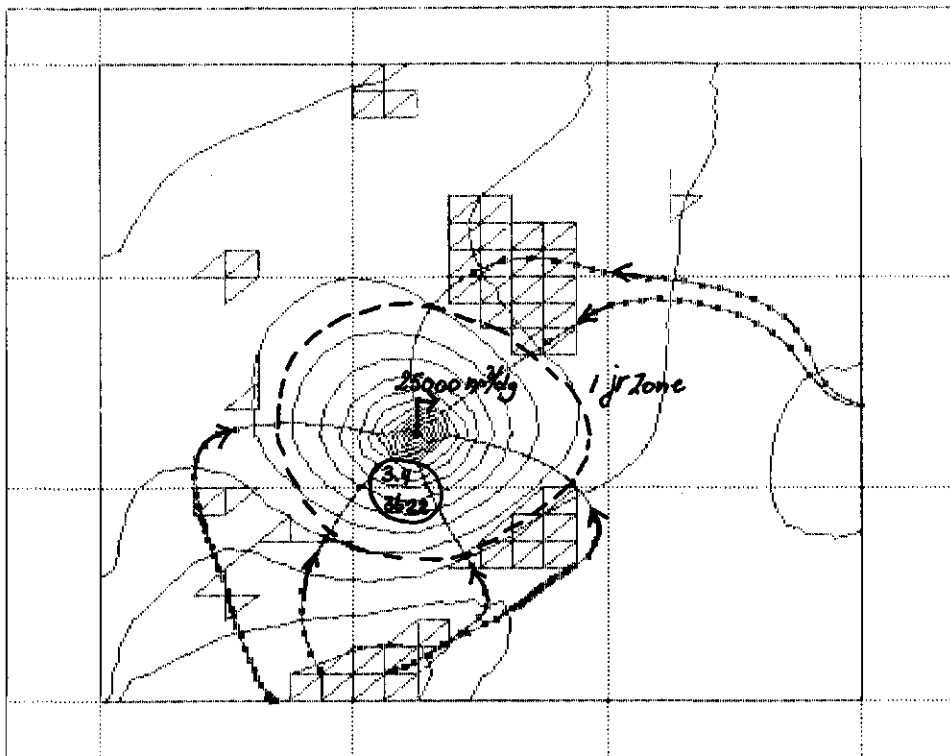


Fig. 27 Looptijd van het infiltrerende grondwater in een cluster van infiltratiebekkens rond een pompstation

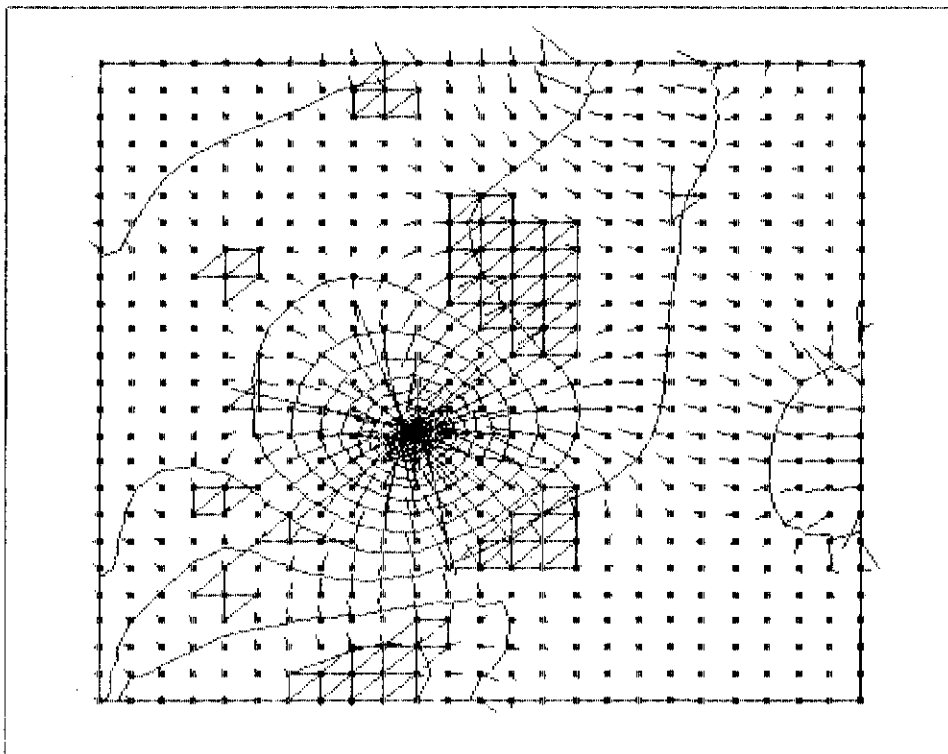


Fig. 28 Het stromingspatroon in een cluster met infiltratiereservoirs rond een pompstation

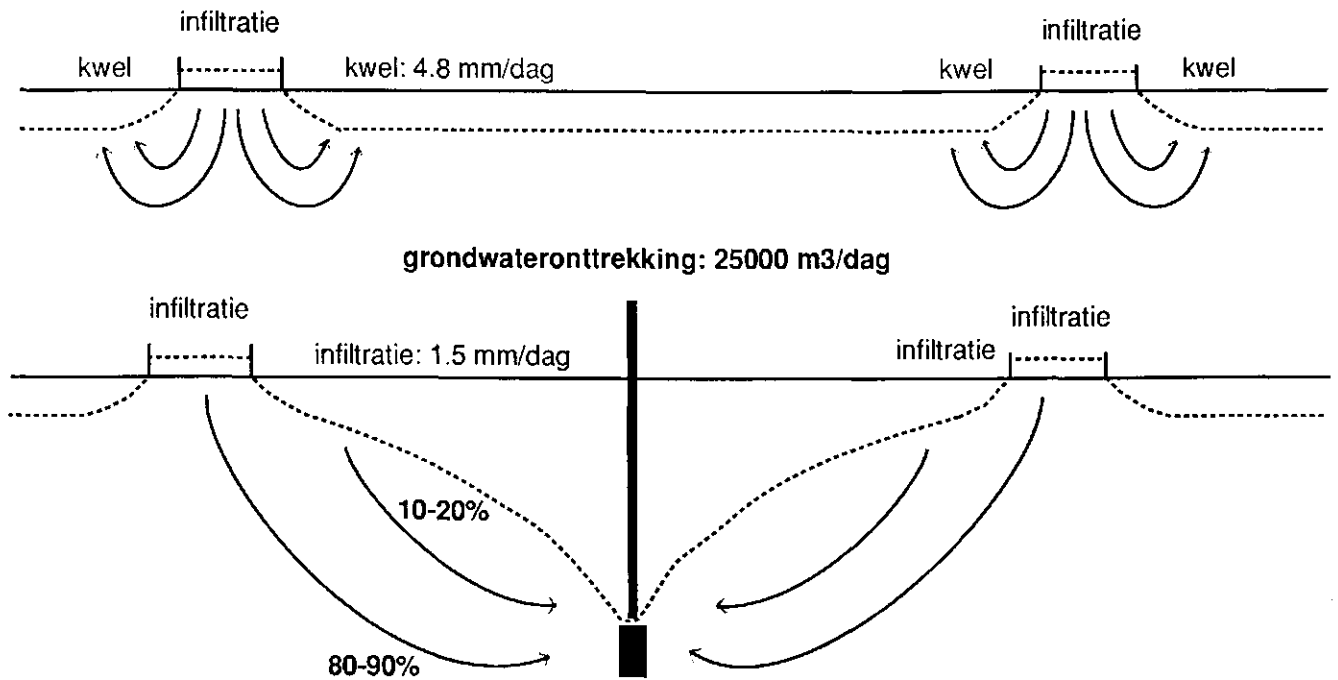


Fig. 29 Een globale schatting van de herkomst van het opgepompte water in een cluster van infiltratiereservoirs rond een pompstation

5. DISCUSSIE

5.1. Effecten waterbeheer

De berekende grondwaterstanden bij verschillende vormen van waterbeheer stemmen goed overeen met resultaten van WATBAL-berekeningen aan vergelijkbare ingrepen in de staalkaarten voor SWNBL-Natuur (Groenendijk, 1990) en waargenomen grondwaterstandsverlaging als gevolg van veranderingen in het waterbeheer, die zijn uitgevoerd in het kader van ruilverkaveling (ondermeer: Farjon, 1980; Van Amstel, Garritsen & Rolf, 1989; Noordhuis, van Bakel & van Holst, 1990).

De berekende beekafvoeren roepen een aantal vragen op. Vaak wordt aangenomen dat ingrepen in de afwatering leiden tot grotere piekafvoeren en een lagere basisafvoer omdat de weerstand en de berging in en langs het waterlopenstelsel kleiner worden (De Jager, 1965; De Zeeuw, 1966; Emerson, 1971; Campbell, Kumar & Johnson, 1972). Dit zou betekenen dat het verhogen van stuwpeilen en verlanding van waterlopen kan leiden tot verlaging van piekafvoeren en een verhoging van de basisafvoer. De SWW-berekening laat echter een verhoging van de piekafvoeren zien, terwijl de basisafvoer nauwelijks groter is geworden.

Mogelijke verklaringen zijn de beperkingen van het SWW-model en de wijze waarop de verzadigde grondwaterstroming is beschouwd:

- SWW beschouwt de oppervlaktewaterstroming in zogenaamde peilvakken. De transformatie van een afvoerpiek onder invloed van kenmerken van het waterlopenstelsel, zoals verhang en bodemruwheid en bergingscapaciteit, wordt niet beschouwd. Een mogelijke demping van de hoge afvoerpieken als gevolg van een toegenomen weerstand in de waterlopen gecombineerd met voldoende berging in of langs de waterlopen (overstroming) kan dus niet met het SWW-model worden berekend.
- SWW rekent met een stationaire verzadigde grondwaterstroming. In de berekeningen is er vanuit gegaan dat de grootte van de verzadigde grondwaterstroming niet veranderd door de ingrepen in het waterbeheer. Deze aanname beïnvloedt waarschijnlijk de grootte van de basisafvoer. Indien de verhoogde grondwaterstanden leidt tot een grotere verzadigde grondwaterstroming naar waterbeheereenheden met kwel zal de basisafvoer namelijk groter zijn. Veranderingen in regionale grondwaterstroming zijn echter alleen goed te bepalen met behulp van een drie dimensionaal grondwatermodel.

Dit betekent dat de berekende afvoeren met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd dienen te worden. Conclusies over toe- of afname van de gepiektheid van de afvoer en de basisafvoer zijn eigenlijk niet te trekken. Indien demping van hoge afvoeren nagestreefd wordt moet een zodanige herinrichting van waterlopen en aangrenzend land plaatsvinden dat een grote berging ontstaat. men kan hierbij denken aan reservoirs en overstromingsvlakten. Als invoer in de waterbalansen zijn de afvoergegevens echter wel te gebruiken.

Balanstermen infiltratiebekken variant 5 1984, methode tbv. planvorming

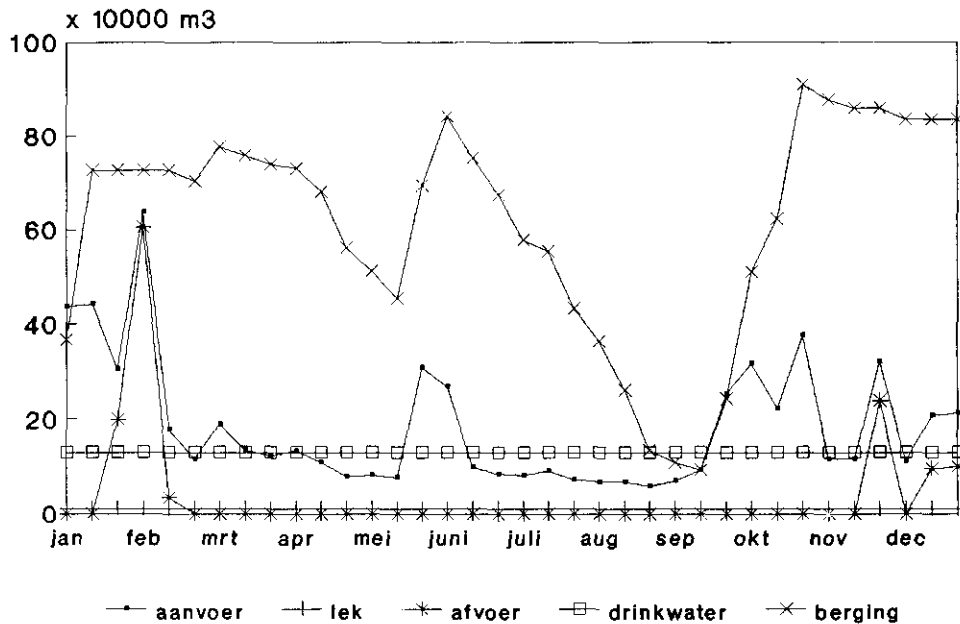


Fig. 30 De waterbalanstermen van het infiltratiebekken in variant 5 zoals berekend met de waterbalansmethode tbv. planvorming

5.2. Effecten grondgebruik

De SWW berekeningen aan waterbeheereenheid 3 laten zien dat de jaarlijkse afvoer onder loofbos en grasland vrijwel identiek zijn. Dit resultaat stemt niet overeen met de bevindingen uit Duitsland (Hiege, 1985), die er op wijzen dat de inzijging van grondwater onder loofbos enigszins kleiner is dan onder grasland. Volgens Brechtel & Scheele (1982) percoleert onder grasland ongeveer 25% van de neerslag tegen 20% onder loofbos. Een mogelijke verklaring voor de afwijkende resultaten is de sterke kwel die in de beschouwde waterbeheereenheid 3 optreedt. Het aandeel van deze component in de totale afvoer is waarschijnlijk zo groot dat de invloed van het grondgebruik minder prominent naar voren komt. Deze veronderstelling is niet te controleren aan de hand van andere doorgerekende waterbeheereenheden. In alle overige waterbeheereenheden is namelijk steeds sprake van verandering van zowel grondgebruik als waterbeheer. Uitspraken over het effect van het grondgebruik op de afvoer en grondwaterstand zijn daarom nauwelijks mogelijk aan de hand van de uitgevoerde berekeningen.

5.3. Effecten reservoirs

De resultaten van de waterbalansberekeningen van de reservoirs zijn niet aan soortgelijk onderzoek te toetsen. Wel is het mogelijk om:

- De resultaten van de waterbalansberekening tbv. plantoetsing te vergelijken met die tbv. planvorming.
- De gevoeligheid van de berekening voor de afzonderlijke balanstermen te beschouwen.

In figuren 21 en 30 zijn de berekende waterbalanstermen van de reservoirs van variant 5 weergegeven:

- Invoer door beek is over het gehele jaar genomen vrijwel gelijk (330 mm versus 341 mm), maar vertoont bij plantoetsing een meer geplekt verloop dan bij planvorming. De hoge afvoeren zijn iets groter en de basisafvoer is kleiner.
- De lek (drinkwaterwinning) is in de methode voor plantoetsing niet-stationair benaderd, terwijl de methode voor planvorming uitgaat van een constante waarde voor lek en onttrekking. De orde van grootte stemt redelijk overeen (6,0 versus 7,7 miljoen m³). Het verloop gedurende het jaar verschilt door de gehanteerde methode zeer sterk.
- Het bergingsverloop is in de waterbalans tbv. planvorming veel gelijkmatiger dan in die tbv. plantoetsing. De orde van grootte van de jaarlijkse bergingsverandering ligt in dezelfde orde van grootte (80.000 versus 60.000 m³).

Hieruit kan geconcludeerd worden dat vooral de benadering van de lek een grote invloed heeft op de waterbalans van de reservoirs. De benadering van de oppervlaktewaterafvoeren heeft slecht beperkte invloed. Voor het opstellen van een goede waterbalans van een reservoir heeft dit de volgende consequenties:

- De invoer van de beek kan goed geschat worden aan de hand van afvoermetingen uit vergelijkbare stroomgebieden. De in beide methoden gehanteerde beekinvoer stemmen namelijk redelijk goed overeen. Op dit punt voldoet de waterbalansmethode tbv. planvorming. Voor waterbalansen van reservoirs zijn dus geen SWW berekeningen nodig.
- De lekfunctie dient altijd niet-stationair benaderd te worden. Op dit punt is de benadering van de waterbalansmethode tbv. plantoetsing noodzakelijk. Deze lekfunctie blijkt bovendien gevoelig te zijn voor de gehanteerde waarde van de reservoirbodem. Nader onderzoek naar de weertsn van reservoirbodems lijkt hiertoe noodzakelijk.

Men dient zich te realiseren dat bij de benadering van de lekfunctie twee veronderstellingen zijn gehanteerd:

- De waterpeilen in en rond het reservoir worden niet beïnvloed door grondwateronttrekking in de omgeving van het reservoir.
- De grondwaterstand rond het reservoir stijgt niet door lek vanuit het reservoir.

De houdbaarheid van deze veronderstellingen met betrekking tot infiltratiebekkens dient eigenlijk onderzocht te worden door een niet-stationair grondwatermodel van een cluster infiltratiebekkens en een pompstation (zie ook 5.4).

De stationaire stroomlijnberekeningen met FLOWNET zijn uitgevoerd

voor een situatie zonder dicht en diep waterlopenstelsel en pompstations. Toepassing van het model in andere situaties is niet goed mogelijk. Dit betekent dat de conclusies uitsluitend betrekking hebben op een zeer natte winter situatie.

Bij de beschouwing van het stroomlijnenpatroon op de terrasrand blijken enkele stroomlijnen vanuit het terras onder stroomlijnen, die aan de voet van de terrasrand ontstaan, door te lopen. De realiteitswaarde van dit verschijnsel blijkt in belangrijke mate bepaald te worden door de grootte van de bij berekening gehanteerde elementen (van Bakel, persoonlijke mededeling). Bij de gehanteerde grootte van 200 meter kunnen stroomlijnen die tot 400 meter diep door dringen niet zichtbaar worden in de berekening. Aangezien de Tertiaire klei nergens dieper dan 40 meter voorkomt, is het discutabel of op deze plaats ook werkelijk het boven elkaar liggen van grondwatersystemen voorkomt.

5.4. Effecten pompstations

Voor de Micro-Fem berekeningen aan de cluster infiltratiebekkens en het pompstation gelden in wezen dezelfde bezwaren als de benadering van de lekfunctie in de waterbalansen. Door de stationaire benadering van Micro-Fem worden de grote schommelingen van waterpeilen in de reservoirs en grondwaterstanden rond het reservoir onvoldoende recht gedaan. Een niet-stationaire driedimensionaal grondwatermodel lijkt noodzakelijk.

6. CONCLUSIES

6.1. Gehanteerde methoden

- De berekende grondwaterstanden van waterbeheereenheden zijn voldoende betrouwbaar om de landbouwkundige en ecologische betekenis te beoordelen.
- De berekende afvoeren van de waterbeheereenheden zijn voldoende betrouwbaar om als invoerterm voor waterbalansen te dienen. Er kan echter ook volstaan worden met gemeten afvoerreeksen uit vergelijkbare stroomgebieden.
- Conclusies over de effecten van veranderingen in waterbeheer en grondgebruik op de gepiektheid van de afvoer zijn niet goed te trekken aan de hand van de SWW-berekeningen.
- Bij de modellering van de lek moet minimaal een niet-stationaire analytische benadering gekozen worden. Deze benadering blijkt vooral gevoelig te zijn voor de c waarde van de reservoirbodem en de ondergrond. Nader onderzoek naar de doorlatendheid lijkt gewenst om tot een goede benadering van de lek te komen.
- De waterbalansen van reservoirs die uitgaan van een niet-stationaire benadering van de lek geven slechts een eerste aanduiding van de te benutten hoeveelheid water. De inzet van een niet-stationair drie dimensionaal grondwatermodel van een cluster infiltratiebekkens en een pompstation is nodig om een beter inzicht te verwerven.
- De FLOWNET berekeningen geven een redelijke aanduiding van veranderingen in het stroomlijnenpatroon. Het optreden van geneste grondwatersystemen moet in dit gebied gezien de geringe dikte van het watervoerend pakket met de nodige reserve worden beschouwd.

6.2. Technieken

- Stuwbeheer en verlanding zijn geschikte waterconserveringstechnieken om gebied met waterlopen en grondwatertrappen I t/m V natter te maken. Het geconserveerde water komt echter niet of nauwelijks vertraagd tot afvoer. Vanuit natuurontwikkelingsoptiek verdient verlanding de voorkeur boven stuwbeheer. Verlanding veroorzaakt namelijk een geleidelijke vernatting. Bovendien is deze maatregel waarschijnlijk goedkoper dan stuwbeheer.
- Stuwbeheer biedt weinig perspectief om de watervoorziening van een stroomafwaarts gelegen gebied gedurende de zomermaanden te verbeteren. De maatregel is dus weinig relevant indien men water wil conserveren ten behoeve drink- en landbouwwatervoor-

ziening.

- Reservoirs zijn noodzakelijk indien men oppervlaktewater afkomstig uit kleine stroomgebieden wil conserveren ten behoeve van drink- en landbouwwatervoorziening.
- De aanleg van spaarbekkens zonder bodemafdichting biedt uitsluitend perspectief in gebieden waar zeer slecht doorlatende lagen vlak onder het maaiveld voorkomen.
- De aanleg van infiltratiebekkens dient bij voorkeur plaats te vinden in infiltratiegebieden waar een zeer dik, goed doorlatend watervoerend pakket direct onder het maaiveld voorkomt.
- Grondwaterwinning gekoppeld aan infiltratiebekkens biedt de mogelijkheid om de omvang van het gebied met grondwaterstandsverlaging te verkleinen. Veel hangt hierbij af van de lokatie van winputten en reservoirs ten opzichte van elkaar en het grondwatersysteem.

Aanhangsel 1. Beschrijving van enkele invoergegevens SWW berekeningen

Grondwatertrap, GHG en GLG

Voor het bereiken van de juiste grondwatertrappen in de verschillende beheereenheden is het nodig om ook de regionale grondwaterstroming aan te duiden. Hierbij is uitgegaan van:

- Infiltratie indien sprake van gt VII,VI, V en kwel indien sprake van gt II,III,IV.
- Een gesloten grondwaterbalans voor het gehele studiegebied. Er is aangenomen dat de grondwaterstroming over de rand van het plateau verwaarloosbaar is, hetgeen door de twee-dimensionale modellering van een oost-west profiel door het gebied m.b.v. FLOWNET (zie deel 1, paragraaf 5.1.4.) wordt ondersteund.

De grote fluctuatie bij gt V op het plateau is niet in het model te bereiken. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het model werkt met een constante kwel of infiltratie over het jaar. In werkelijkheid wordt deze grote fluctuatie bereikt door een wisselende grootte van de kwel/infiltratie of zelfs door een omslaan van infiltratie in de zomer naar kwel in de winter. Bovendien kunnen in dit gebied op de keileem schijngrondwaterspiegels voorkomen, die niet met SWW te modelleren zijn.

In de eerste ronde is voor de essen aangenomen dat slechts sprake is van grondwaterafvoer. Hiermee konden de gemeten grondwaterstanden niet worden gesimuleerd. Dit is opgelost door een ondergrondse afvoer te creëren die varieert in de tijd. In het model is hiertoe een afwateringsstelsel geïntroduceerd met een diepte van 3.5 m en een slootafstand van 1 km. Hiermee is in wezen een niet-stationaire benadering van de regionale grondwaterstroming geïntroduceerd in deze beheereenheid. Gezien de specifieke opbouw, het wegstromen van het grondwater naar 15 meter diep ingesneden dalen, is dit heel aannemelijk.

Gewasverdamping

Er is gestreefd naar een totale evapotranspiratie van gras van circa 500 mm. per jaar (Van Bakel, persoonlijke mededeling) Om dit te bereiken was het nodig om te werken met de verdampingsformule van Makkink. Deze werkt met reductiefactoren waarmee de potentiële verdamping wordt aangepast. De methode Monteith/-Rijtema, berekende een te hoge verdamping.

De totale jaarlijkse gewas- en bodemverdamping en de LAI-ontwikkeling voor loofbos, zijn in overeenstemming gebracht met waarden die Nonhebel (1987) geeft voor eikenbos. De totale berekende evapotranspiratie ligt voor loofbos op circa 550 mm per jaar. Hiervan is circa 150 mm interceptie.

Neerslag

Op basis van een onderzoek van Warmerdam (1981) naar de nauwkeurigheid van regenmeters is besloten de neerslaggegevens van het station Lichtenvoorde te verhogen met 10 %. Dit is aan de hoge

kant. Daar staat tegenover dat de berekende afvoer over de periode 1978 t/m 1986, door deze verhoging op het niveau komt van de gemeten afvoeren in de Baakse Beek en de Hupselse Beek. Een verder verlaging van de verdamping om de berekende afvoer overeen te laten komen met de gemeten afvoer werd in eerste instantie minder verantwoord geacht dan een verhoging van de neerslag. In de laatste fase van het onderzoek bleek dit evenwel toch een inschattingsfout. Het zou beter zijn geweest om de correctie van de neerslaggegevens te beperken tot een verhoging met 5% en daarbij de verdamping, met ca. 50 mm te verlagen. Deze verbetering is niet meer in de berekeningen doorgevoerd, omdat het effect ervan op de balanst termen die voor dit onderzoek van belang zijn, relatief klein is.

Overige gewassenmerken

Voor de totale interceptie op jaarbasis is uitgegaan van ca. 75 mm voor gras, wat in overeenstemming is met waarden zoals die door de Adhocgroep Verdamping Gelgam (1984), zijn gebruikt. De actuele verdamping wordt bepaald door een reductiefactor waarmee de potentiële verdamping wordt gecorrigeerd. Voor gras bedraagt de reductiefactor bijna het gehele jaar 1.0 in de winterperiode 0.9.

-Bodemkenmerken

Het SWW-model gebruikt pF en K(h)-relaties, die voor de verschillende bodemlagen moeten worden opgegeven. De profielopbouw is afgeleid uit standaardprofielen afkomstig uit de beschrijving bij de bodemkaart 1:50000 en de bijbehorende pF- en K(h) relaties zijn afkomstig uit de Staringreeks (figuur a1). De bewortelingsdiepte is afgeleid uit profielkenmerken en bewortelingsonderzoek uitgevoerd door Janssen (1986). Tabel a1 geeft de gebruikte dieptes.

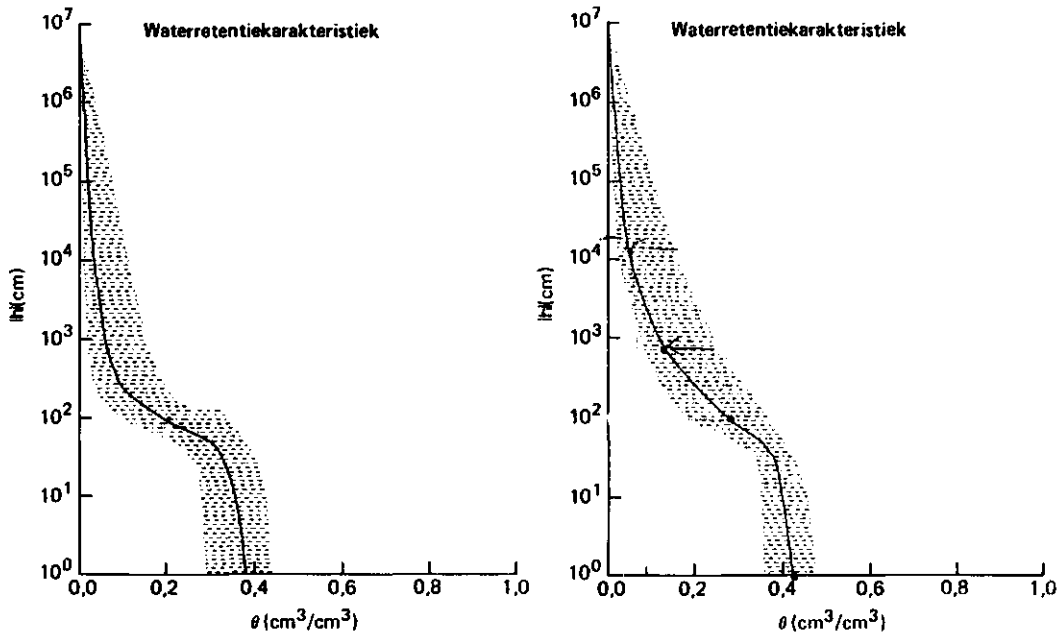
Drainagekarakteristieken en stuwpeilen

De dimensies van de watergangen, hun onderlinge afstand en het huidige stuwpeil zijn afgeleid uit de leggers, zoals die verstrekt zijn door het Waterschap "Baakse Beek & IJsselland". De op de leggers weergegeven watergangen zijn in de modelberekeningen als secundair beschouwd.

Daarnaast is er soms een tertiair stelsel, bestaande uit kleinere sloten aangebracht. Dit is afgeleid uit veldwaarneming en uit topografische kaarten.

De drainageweerstand zoals die voor de huidige situatie gelden, zijn in de calibratie bepaald en bedragen 500 - 2500 dagen voor het primaire stelsel en 200 - 500 dagen voor het secundaire.

Fig. a1 Bodemfysische kenmerken van de verschillende bodemlagen (uit: Wösten, Bannink & Beuving, 1987)



Tabel a1 Bewortelingsdiepte van gras en loofbos binnen de verschillende beheereenheden.

Beheer- eenheid	Bodem- type	Gt	Bewortelingsdiepte (m)	
			Gras	Loofbos
1	Hn21x	Vb	0.2	0.5
2	Zg23	IIIb	0.2	0.5
3	Hn21	VI	0.2	0.5
4	zEZ21	VII	0.2	1.0
5	Hn21	IIIb	0.2	0.5
6	Zg23	IIIb	0.2	0.5
7	Zg23	IV	0.2	0.5
8	Hn21	VI	0.2	0.5
9	zEZ21	VII	0.2	1.0

Interceptie

De interceptie wordt binnen SWW benaderd met behulp van de vergelijking:

$$I = A * P \quad (B-C(P-D))$$

I = interceptie (mm)
 P = neerslag (mm)
 A, B, C en D = per gewas op te geven constanten.

Voor gras geeft Adhoc werkgroep verdamping (1984) de in figuur a2 aangegeven grafiek. Voor loofbos zal deze kromme op een hoger niveau liggen. Bij de benadering van de constanten voor loofbos is er vanuit gegaan dat de totale interceptie voor gras, respectievelijk loofbos op circa 75 mm/jaar en 150 mm/jaar ligt. Dit is in overeenstemming met wat de Adhoc Groep Verdamping Gelgam (1984) en Nonhebel (1987) aangegeven voor gras en eikenbos.

Behalve van bovenstaande kenmerken hangt de interceptie in het SWW-model ook af van de LAI en de bodembedekkingsgraad. Omdat de interceptie in de winterperiode voor loofbos niet nul wordt, is de waarde van de bodembedekking voor de winter gesteld op 0.3 en voor de zomer op 1. Deze verhouding is afgeleid uit de totale winter- en zomerinterceptie zoals gegeven door Nonhebel (1987). De constanten A, B, C en D zijn nu zodanig ingesteld dat de totale jaarlijkse interceptie en ook de totale winter- en zomerinterceptie op het niveau komen dat aangegeven wordt door de vernoemde studies.

Leaf Area Index (LAI)

De LAI is in SWW een functie van de bodembedekkingsgraad. Het model gebruikt de volgende vergelijking:

$$LAI = A * x + B * x^2 + C * x^3$$

waarin: x = bodembedekkingsgraad
 A, B en C zijn op te geven constanten.

Dit kenmerk, dat als een verloop in de tijd moet worden opgegeven, is gelijk gesteld aan het verloop van de LAI.

A, B en C zijn zo gekozen dat het gewenste bodembedekkings- en LAI verloop ontstaat. Voor loofbos ontwikkeld de LAI zich van 0 in de winter tot 4.7 in de zomer (zie figuur a3). De LAI van gras bedraagt het gehele jaar 2.5. Dit is een gemiddelde tussen de variatie die bestaat tussen een LAI van 0 indien er pas is gemaaid en een LAI van 5 vlak voor het maaien (zie figuur a4).

Fig. a2 Het verband tussen interceptie en neerslag voor grasland (Adhoc werkgroep verdamping, 1984).

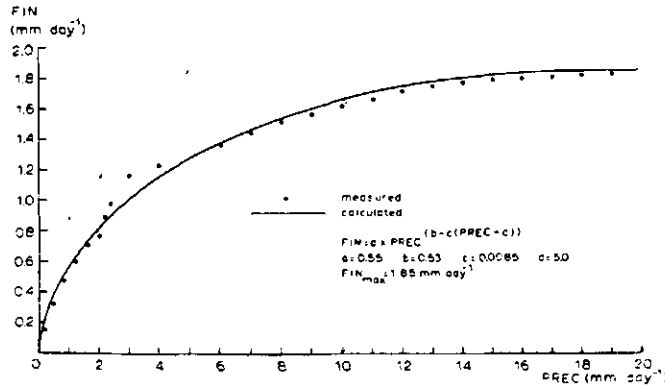


Fig. a3 Leaf area index (LAI) en bodembedekkingsgraad voor loofbos

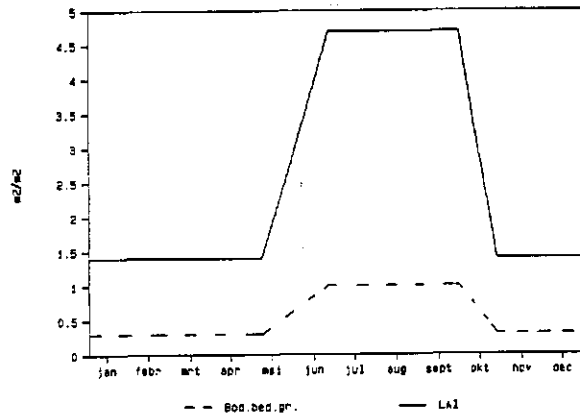
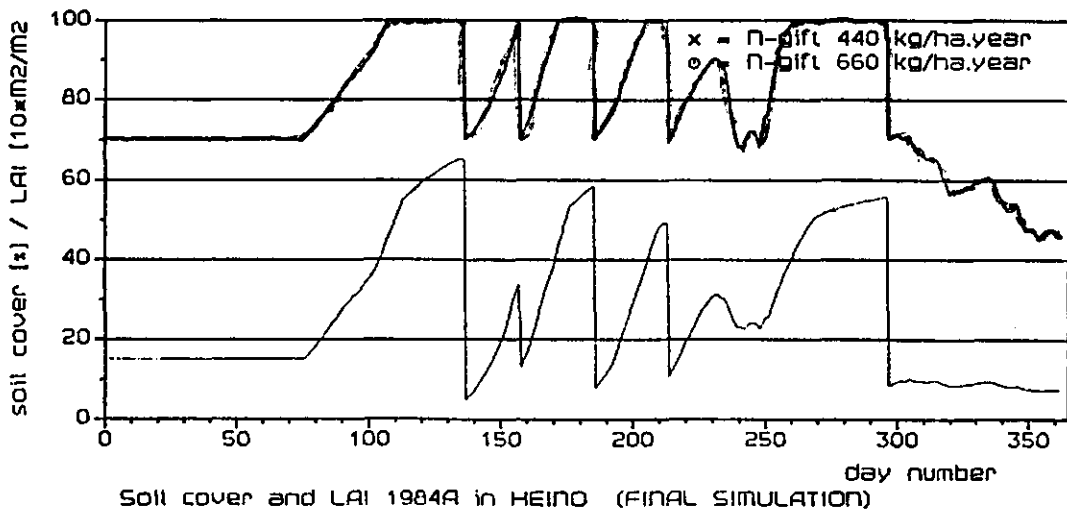


Fig. a4 Leaf area index (LAI) en bodembedekkingsgraad voor grasland (Adhoc werkgroep verdamping, 1987)



Bijlage 2: Waterkwaliteit

door:

J.M.J. Farjon

INHOUD

1. Inleiding	223
2. Ingrepen	223
3. Werkwijze	224
4. Resultaten	227

3. Werkwijze

- Benadering

Het stikstofgehalte op 1 meter diepte beneden maaiveld is per beheereenheid bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$C_n = \frac{(((I_k + I_b) * r_1) + (I_d * r_2) * r_g) + A * N_n}{100}$$

waarin:

- C_n = nitraatgehalte op 1 meter beneden maaiveld (in mg N/l)
- I_k = input door bemesting met kunstmest (in kg N/ha/jaar)
- I_b = input door beweiding (in kg N/ha/jaar)
- I_d = input door bemesting met dierlijke mest (in kg N/ha/jaar)
- A = aandeel mineralisatie en atmosferische depositie (in kg N/ha/jaar)
- r₁ = uitspoelingscoëfficiënt voor anorganische stikstof in bodem met grondwatertrap VII*
- r₂ = uitspoelingscoëfficiënt voor organische stikstof in bodem met grondwatertrap VII*
- r_g = omrekeningsfactor voor grondwaterstand
- N_n = netto neerslag (in mm/jaar)

De berekeningen zijn uitgevoerd per beheereenheid. Daarnaast is een gemiddeld nitraatgehalte van het ondiepe grondwater binnen een vanggebied van een reservoir of grondwateronttrekking berekend:

$$C_{nv} = C_{nx} * O_x$$

- C_{nv} = gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater binnen een vanggebied (in mg N/l)
- C_{nx} = nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in beheereenheid x (in mg N/l)
- O_x = Oppervlaktefractie van beheereenheid x binnen het oppervlak van het gehele vanggebied

- Input door landbouw

De input vanuit veeteeltbedrijven bestaat uit drie componenten, namelijk anorganische bemesting (kunstmest), organische bemesting (dierlijke mest) en urineplekken van het vee. Per component is voor de verschillende grondgebruikstypen een schatting gemaakt van de stikstofinput (tabel 2). Deze zijn aan de volgende bronnen ontleend:

- I_k en I_d op intensief grasland in de huidige situatie zijn ontleend aan vergelijkbare studies in het zandgebied (De Poel e.a. (1990); Vissers et. al. (1985), en Van Dort & Kemmers (1988)).
- I_k en I_d op grasland met strenge milieunormen voor bemesting

zijn ontleend aan de COAL-studie Hackfort (de Poel e.a., 1990). Dit bemestingsniveau is gelijk aan de opname capaciteit van het gewas en ligt lager dan de huidige mestwetgeving voorschrijft. Bedrijfseconomische berekeningen laten zien dat er op deze landbouwbedrijven sprake is van 95% arbeidsopbrengst tov. autonome ontwikkeling met melkquotering.

- Ik en Id op graslanden met een aangepaste bedrijfsvoering zijn ontleend aan de Poel e.a. (1990). In tabel 2 van het rapport vindt men een beschrijving van de beide beheersmodellen.
- Ib is bepaald aan de hand van een tabel van Steenvoorden (1988).

Tabel 2. Stikstofinput (in kg. N/ha/jaar) van de verschillende vormen van grondgebruik, die in de inrichtingsvarianten voorkomen.

grondgebruik:	Input:		
	Ik	Id	Ib
Landbouw - intensief grasland	400	200	75
Landbouw - grasland met milieukundige mestbeperking	300	100	75
Aangepaste landbouw - grasland beheersmodel IIa	0.60*300 0.35*100	0.95*100	60
Aangepaste landbouw - grasland beheersmodel IV	0.45*300 0.15*100	0.60*100	55
Natuur - schraal hooiland	0	0	0
Natuur - bos	0	0	0

- Aandeel mineralisatie en atmosferische depositie

De atmosferische depositie zorgt in Nederland voor een input in de bodem van 45 a 50 kg N/ha/jaar (van der Aart e.a. 1989, Denneman, 1989). In bossen kan door vergrote invang van bomen een hogere input optreden (Denneman, 1989).

De mineralisatie van humus is in de bodem van (voormalige) landbouwgronden groter dan in die van natuurgebieden (Steenvoorden, 1988). Betrouwbare gegevens over deze input bestaan echter niet. Daarom is voor dit aandeel direct geschat. Steenvoorden geeft een zogenaamde basisuitspoeling onder grasland op zand van 15 kg N/ha/jaar. Uitgaande van een gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater onder natuurgebieden en bossen, die Steenvoorden (1988), Van Duivenboden (1988) en Bleuten & Cerutti (1984) geven, zijn waarden voor de basisuitspoeling onder schrale korte hooilanden en onder bos vastgesteld op respectievelijk 0.6 en 10 kg N/ha/jaar (0,2 en 3,3 mg N-NO₃/l).

- uitspoelingscoëfficiënten

Steenvoorden (1988) geeft uitspoelingscoëfficiënten voor anorganische en organische stikstof. De volgende waarden zijn gehanteerd:

- Uitspoelingscoëfficiënt voor anorganische stikstof op grasland bedraagt respectievelijk 0, 0,02, 0,08, 0,14 en 0,24 voor giften van 100, 200, 300, 400 en 500 kg N/ha/jaar.
- Uitspoelingscoëfficiënt voor organische stikstof is bij giften van 300 kg N/ha/jaar en minder en het uitrijden in de maanden augustus t/m oktober 0,025.

- omrekenfactor grondwaterstand

Steenvoorden (1988) geeft een tabel met omrekenfactoren per gemiddeld hoogste grondwaterstand (tabel 3).

Tabel 3 Omrekenfactoren voor verschillende GHG en grondwatertrappen

Grondwater-trap	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand	Omrekenfactor
I, II	0	0,04
III	20	0,10
V	30	0,15
III*, IV, V*	40	0,22
VI	60	0,41
VII	90	0,73

- verificatie

Tabel 4 geeft een vergelijking van de berekende nitraatgehalte van het ondiepe grondwater op 1 m beneden maaiveld onder grasland, natuur en bos in de huidige toestand met gemeten nitraatgehalten. Meetgegevens uit het studiegebied en directe omgeving zijn niet beschikbaar. Daarom is gebruik gemaakt van gegevens uit andere zandgebieden. Uit de vergelijking blijkt dat de berekeningswijze een redelijk goede benadering van nitraatgehalten onder grasland en korte natuurlijke vegetaties geeft. De waarden onder bos zijn wellicht te laag.

Voor de 25 jaars zone van pompstation Lichtenvoorde is een gemiddelde nitraatgehalte berekend van 9,4 mg N/l. Het opgepompte water heeft een nitraatgehalte van 3 mg N/l. Dit verschil is te verklaren door denitrificatie tussen 1 meter beneden maaiveld en het onttrekkingspunt.

Tabel 4. Vergelijking van berekende nitraatgehalten met gemeten waarden in het zandgebied

Diepte:	Grasland:		Natuur:			
	Nat:	Droog:	Gem:	Kort:	Bos:	Gem:
berekend nitraatgehalte:						
1	6,2	11,5/20		0,0/0,1	0,3/3,0	
gemeten nitraatgehalte:						
0-12	1,3	7,2 ¹	3.2			1,9 ²
1-2,5	4,3	15,5			3,3/20	0,2
Vissers e.a, 1985 Van Duivenboden, 1988 Adriaanse & Kemmers, 1988 Steenvoorden, 1988						

4. Resultaten

Tabel 5 geeft de berekende nitraatgehalten van het ondiepe grondwater in beheereenheden binnen het vanggebied van spaarbekkens, infiltratiebekkens en grondwaterpompstations voor de huidige situatie en de inrichtingsvarianten. Tabel 6 geeft de gehalten voor beheereenheden met de hoofdfunctie natuur inclusief aangepaste landbouw, tabel 7 voor beheereenheden met de hoofdfunctie landbouw. Tabel 8 geeft het gemiddelde nitraatgehalte per vanggebied.

Hieruit zijn de volgende conclusies te trekken:

- Het gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater overschrijdt de EG richtwaarde voor drinkwater uitsluitend in het vanggebied onder de huidige omstandigheden. In alle inrichtingsvarianten ligt het nitraatgehalte binnen het vanggebied onder deze norm. De hoogste waarden zijn te verwachten in varianten 3, 4 en 5. Daarna volgen de inrichtingsvarianten met aangepaste landbouw. De natuurvariant kent het laagste gemiddelde nitraatgehalte.
- De hoge nitraatgehalten zijn in belangrijke mate te verklaren door een combinatie van landbouwkundig gebruik (zowel intensief, milieukundige beperking als aangepaste landbouw) met een groot aandeel gronden met diepe grondwaterstanden. In de 25 jaarszone van pompstation Lichtenvoorde komen vrij diepe GHG's voor. Het zelfde geldt voor varianten 3, 4 en 5 waar sprake is van essen met zeer diepe grondwaterstanden en landbouwkundig gebruik.

1

2

- De milieukundige mestbeperking leidt tot een halvering van de nitraatgehalten in het ondiepe grondwater. Op bedrijven met een aangepaste bedrijfsvoering is sprake van duidelijk lagere waarden.
- Bedrijfsmodel IV leidt tot nauwelijks lagere nitraatgehalte dan bedrijfsmodel IIa.

Tabel 5 Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in beheereenheden binnen het vanggebied van spaarbekkens, infiltratiebekkens en grondwaterpompstations

Variant:	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	1,7	1,9	0,3
2	-	0,5	-	6,9	6,9	6,9	1,7	1,9	0,5
3	-	0,5	-	16,7	16,7	16,7	11,3	12,7	3,3
4	-	0,3	-	-	-	0,3	1,1	1,3	0,3
5	6,2	-	-	-	-	-	1,1	1,3	0,0
6	6,2	-	-	-	-	-	1,1	1,3	0,0
7	6,2	-	-	-	-	-	1,1	1,3	0,0
8	11,6	-	-	-	-	-	1,7	1,9	0,0
9	-	-	-	-	-	-	8,2	9,3	0,1

Tabel 6 Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in beheereenheden met hoofdfunctie natuur (natuur en aangepaste landbouw)

Variant:	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	1,7	1,9	0,3
2	-	-	-	-	-	-	1,7	1,9	0,5
3	-	-	-	-	-	-	11,3	12,7	3,3
4	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,1	1,3	0,3
5	-	-	-	-	-	-	1,1	1,3	0,0
6	-	-	-	-	-	-	1,1	1,3	0,0
7	-	-	-	-	-	-	1,1	1,3	0,0
8	-	-	-	-	-	-	1,7	1,9	0,0
9	-	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	8,2	9,2	0,1

Tabel 7 Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in beheereenheden met hoofdfunctie landbouw (intensieve landbouw en landbouw met milieukundige mestbeperking)

Variant:	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Beheereenheid:									
1	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2	11,5	-	-	6,8	6,8	6,8	-	-	-
3	28,2	-	-	16,7	16,7	16,7	-	-	-
4	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-
5	6,2	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	-	-	-
6	6,2	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	-	-	-
7	6,2	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	-	-	-
8	11,6	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	-	-	-
9	20,6	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 8 Gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater binnen en buiten het vanggebied

Variant:	Gemiddeld nitraatgehalte (in mg N/l):	
	binnen vanggebied	buiten vanggebied
0	9,4	11,1
1	1,0	5,9
2	1,8	5,7
3	4,8	5,2
4	4,4	5,4
5	4,8	5,2
6	3,1	-
7	3,5	-
8	-	0,5

Bijlage 3: Standplaats, vegetatieontwikkeling en oogstdepressie

door:

J.M.J. Farjon & N.F.C. Hazendonk

INHOUD

1. Inleiding	233
2. Relatie grondwaterstand - vegetatieontwikkeling	234
3. Relatie grondwaterstand - landbouwproductie	236

1. Inleiding

In de planvormingsfase zijn waterbeheertabellen gebruikt om een keuze voor een bepaald peilbeheer binnen een waterbeheereenheid te maken. Een waterbeheereenheid is een ruimtelijke eenheid die op schaal 1: 25.000 homogeen is voor wat betreft bodemfysische omstandigheden, grondwatertrap, kenmerken van het waterlopenstelsel en wijze van beïnvloeding door regionale grondwaterstroming (zie hoofdrapport, paragraaf 4.2.7). De keuze voor een bepaald peilbeheer is hierbij gebaseerd op de betekenis die dit heeft voor de gebruiksfuncties natuur en landbouw.

De waterbeheerder kan het peil binnen een waterbeheereenheid op verschillende manieren manipuleren:

- verhogen of verlagen van de drainagebasis (diepte bodem waterlopen),
- vergroten of verkleinen van de drainageweerstand (breedte en verhang van de waterlopen)
- vergroten of verkleinen van de drainagedichtheid (hoeveelheid waterloop per hectare).

Hiervoor heeft de waterbeheerder verschillende technieken, zoals het aanpassen van het waterlopenstelsel (diepte, verhang, breedte en dichtheid) en het manipuleren van stuwen. In de inrichtingsvarianten zijn twee technieken toegepast, het stuwbeheer en het laten dichtgroeien van waterlopen. De eerste techniek wijzigt vooral de drainagebasis. Verlanding leidt tot verhoging van de drainagebasis en de drainageweerstand, terwijl de dichtheid afneemt.

De keuze voor het in te stellen stuwbeheer is gebaseerd op berekende grondwaterstanden bij verschillende vaste stuwpeilen. Deze grondwaterstanden zijn met het niet-stationaire model SWW berekend voor een tijdreeks van 9 jaar (zie bijlage 1). Hierbij is uitgegaan van een reeks die begint bij het huidige stuwpeil en die in een aantal stappen het stuwpeil verhoogd tot maximaal vlak onder het maaiveld. De berekende grondwaterstanden zijn samengevat in GVG, GHG en GLG. Voor elk stuwpeil is vervolgens vastgesteld wat deze GVG, GHG en GLG betekenen voor vegetaties en de landbouw. Hierdoor kunnen de verschillende stuwregimes met behulp van twee maatstaven beoordeeld worden. De te verwachte standplaatsontwikkeling geeft een aanduiding van de betekenis van het stuwregime voor de gebruiksfunctie natuur, terwijl de te verwachte oogstdepressie de maatstaf voor de functie landbouw vormt.

In de inrichtingsvarianten is uiteindelijk gekozen voor een variabel stuwbeheer, waarin gedurende winter en voorjaar een ondiepe en in de zomer een diepe ontwatering wordt nagestreefd. De keuze voor het winterpeil is gebaseerd op de waterbeheertabel. In de plantoetsingsfase zijn de grondwaterstanden berekend die het gevolg zijn van dit variabele stuwbeheer. Met behulp van de waterbeheertabel is vast gesteld welke standplaatsontwikkeling en oogstdepressie bij deze grondwaterstanden zijn te verwachten.

De verwachte standplaatsontwikkeling en oogstdepressie is voorspeld aan de hand van bestaande kennis. Hiertoe zijn een aantal vertaalslagen uitgevoerd om deze kennis te kunnen toepas-

sen. In deze bijlage is aangegeven welke kennis is gebruikt, hoe deze is vertaald en welke beperkingen hieruit voortvloeien. In de bijlage wordt eerst stilgestaan bij de relatie grondwaterstand en vegetatieontwikkeling en vervolgens bij de relatie grondwaterstand en landbouwproductie.

2. Relatie grondwaterstand - vegetatieontwikkeling

De relatie tussen waterhuishouding en plant is het onderzoeksthema van het SWNBL onderdeel Natuur. Dit onderzoek heeft een aantal instrumenten ontwikkeld om de te verwachte vegetatieontwikkeling bij een gewijzigde waterhuishouding te kunnen voorspellen. In deze studie is in eerste instantie uitgegaan van de toepassing van deze SWNBL instrumenten. Tijdens de uitvoering van dit onderzoek waren twee instrumenten beschikbaar, namelijk de vuistregels en de staalkaarten.

Het eerste instrument is zo globaal dat de te verwachte effecten niet per stuwregime verschillen. Het instrument is dus niet gevoelig genoeg. De staalkaartenmethode is dit wel. Het instrument bestaat uit tien stalensets. Elke set omvat meerdere stalen. Staal 0 beschrijft een voor het natuurbehoud optimaal standplaatstype, gekarakteriseerd door bodemtype, grondwaterregime en vegetatie. De overige stalen beschrijven de effecten van een bepaald ingreeps scenario op staal 0. De ingreeps scenario's zijn gedefinieerd naar aard en intensiteit van de ingreep. Deze zijn met een twee cijferige code aangeduid. Het eerste cijfer staat voor de aard van de ingreep (1 = ontwatering, 2 = ontwatering en stuwbeheer, 3 = grondwateronttrekking tbv. drinkwatervoorziening, 4 = grondwateronttrekking tbv. beregening), het tweede cijfer voor de intensiteit (van 1 = gering tot 4 = groot). Zo staat ingreeps scenario 8-11 voor een geringe vergroting van de ontwatering in standplaats 8. Elke stalenset is representatief voor een optimale standplaats en een aantal daar van afgeleide standplaatsen. Voor een uitvoeriger beschrijving van de stalenmethode wordt verwezen naar Gremmen & Hochstenbach (1990) en Kemmers (1990).

De stalensets zijn echter niet zonder meer geschikt om in deze studie de vegetatieontwikkeling bij verschillende stuwregimes te voorspellen. Hiervoor zijn twee redenen:

1. De stalensets beschrijven voornamelijk de degradatie van (half) natuurlijke vegetaties na een periode van 30 jaar. In deze studie is sprake regeneratie van natuurlijke vegetaties (bos, struweel, heide, schraal grasland) op voormalige landbouwgronden. De vegetatieontwikkeling zal op deze zeer voedselrijke gronden wellicht anders verlopen.
2. De ruimtelijke dekking van de stalensets is vrij beperkt. In de eerste plaats zijn de stalensets gedefinieerd voor een veel homogener ruimtelijke eenheden dan de waterbeheereenheid. Daarnaast hebben de sets vrijwel uitsluitend betrekking op korte, natte vegetaties. Droge tot vochtige vegetaties en opgaande begroeiingen komen in de staalkaarten nauwelijks voor.

Bij de voorspelling van de vegetatieontwikkeling binnen een waterbeheereenheid is er daarom vanuit gegaan dat:

- De stalenset gebruikt kunnen worden voor de voorspelling van vegetatieontwikkeling op termijn van 100 tot 200 jaar indien uitgegaan wordt maatregelen om de voorraad voedingsstoffen in de bodem te verkleinen. Hierbij kan men denken aan het afgraven van de bodem of de verbouw van mais zonder bemesting.
- De stalensets 3, 4 en 7 representatief zijn voor de ontwikkeling van korte vegetaties in respectievelijk waterbeheereenheden 5, 7, 4 en 6.
- Stalenset 8 is representatief voor bosontwikkeling in waterbeheereenheid 1.

Voor de overige vegetatietypen en waterbeheereenheden is gebruik gemaakt van twee vegetatietypologieën, die een beschrijving van bijbehorende standplaatsen geven. Hierbij is verondersteld dat een wijziging van de standplaats tot een volledige aanpassing van de vegetatie leidt conform de nieuw ontstane standplaats, die gedefinieerd wordt door grondwaterstand en bodemtype. Hierbij dienen dezelfde randvoorwaarden als bij de stalensets in acht genomen te worden.

Voor bosvegetaties is gebruik gemaakt van een niet gepubliceerde typologie van van der Werff. Hij onderscheidt 27 vegetatietypen en geeft bovendien een beschrijving van de standplaats. Deze laatste is aangevuld met veld-expertise van J.M.J. Farjon, H. v.d. Bosch, P. Hommel en J. Vrieling (ondermeer vastgelegd in Farjon (1988) en een ongepubliceerd rapport van Hommel & Vrieling).

Ook de CML ecotopentypologie (Runhaar, Stevers & Udo de Haes, 1985) kent een duidelijke beschrijving van de standplaats. De ecotopen zijn ondermeer onderscheiden naar de standplaatsindicatie van verschillende plantensoortengroepen. Ecotopen met dezelfde standplaatsindicatie zijn samengevat in zogenaamde ecoseries. De ecoseries van terrestrische vegetaties worden gedefinieerd door een twee cijferige code. Het eerste cijfer staat voor vochtindicatie (2 = nat, 4 = vochtig en 6 = droog), het tweede cijfer voor voedingstoestand (1 = arm, zuur; 2 = arm, zwak zuur; 6 = matig voedselrijk). Runhaar (1988) en Klijn (1988) geven voor deze ecoseries verbanden tussen standplaatsindicatie enerzijds en bodemtype en GVG anderzijds.

Voor overstromingsvlakten en open water is gebruik gemaakt van relevante differentiërende kenmerken die door verschillende auteurs gegeven worden. Het gaat hierbij om zowel autecologische studies (ondermeer Wigbels, 1978; Brandsma, 1985; Koridon e.a., 1979, Bradshaw & Gill, 1974) als kennis van riviersystemen (Bittman, 1965; Knapen & Rademakers, 1989). De tabellen zijn tevens getoetst aan veldexpertise van R. Jongman en J.R. Rademakers.

3. De relatie grondwaterstand - landbouwproductie

De relatie grondwaterstand - landbouwproductie is beschreven met behulp van de tabellen van de werkgroep HELP-tabel (1987). Deze tabellen beschrijven voor verschillende vormen van agrarisch grondgebruik (grasland en bouwland) per bodemtype de droogtedepressie en de wateroverlast die bij verschillende GHG en GLG combinaties kunnen optreden. Deze worden uitgedrukt in een percentage oogstdepressie ten opzichte van een potentiële productie onder optimale omstandigheden.

Voor de waterbeheereenheden zijn uitsluitend de tabellen voor grasland gehanteerd. Voor waterbeheertabellen 1, 2, 5 en 8 is HELP-tabel 58 gebruikt, voor waterbeheertabel 3 en 9, HELP-tabel 53 en voor de overige waterbeheertabellen HELP-tabel 40.

Bij de invulling is afgezien van intra- en extrapolatie, zodat duidelijk blijft op welke berekende waarden de tabel is gebaseerd.

Bijlage 4: Landschapsbeeld

door:

N.F.C. Hazendonk

INHOUD

1. Inleiding	239
2. Methode	239
2.1. Criteria en kenmerken	239
2.2. Werkwijze	240
3. Resultaten	242
3.1. Landschapstypen	242
3.2. Structuur	243

1. Inleiding

In deze bijlage wordt uiteengezet hoe de gevolgen van de inrichtingsvarianten voor de belevingswaarde van het landschapsbeeld zijn beschreven. De beschrijving heeft zich gericht op de criteria identiteit en orientatie. Hierbij is gebruik gemaakt van de mental mapping methode van Lynch (1960) aangevuld met een landschapstyperingsmethode. In paragraaf 2 wordt de methode toegelicht. In paragraaf 3 zijn de resultaten samengevat.

2. Methode

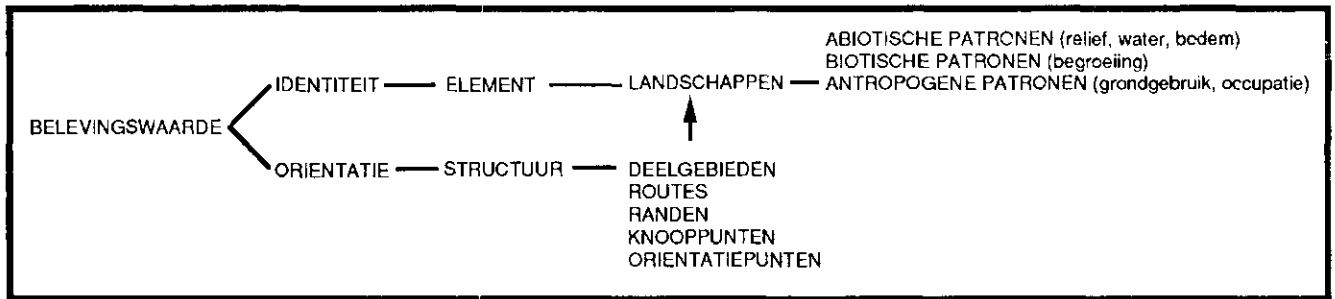
2.1. Criteria en kenmerken

Er is sprake van een hoge belevingswaarde van een gebied indien een duidelijke al dan niet cultuurhistorisch bepaalde identiteit van afzonderlijke delen samengaat met een goed herkenbare samenhang tussen deze delen. Samenhang tussen de onderdelen is van belang voor de orientatie van bewoners en bezoekers binnen het gebied. Met andere woorden het gebied dient een duidelijke structuur te bezitten, waarbinnen de onderdelen of elementen een sterke identiteit kennen. De criteria voor belevingswaarde zijn dus identiteit en orientatie. Deze hangen samen met de begrippen elementen en structuur (figuur 1).

De elementen van een gebied worden landschappen genoemd. Ze worden gekenmerkt door een bepaalde karakteristieke ordening van al die fenomenen die direct of indirect het uiterlijk bepalen. Hierbij kan men denken aan ecosystemen en grondgebruiksvormen. Deze karakteristieke ordening is het resultaat van een langdurige wisselwerking tussen landschapsvormende factoren, zoals reliëf, water, bodem, planten, dieren en de mens. Hierbij kan sprake zijn van cultuurhistorische continuïteit of juist niet. In beide gevallen kan sprake zijn van een eigen identiteit (Peters & de Boer (red.), 1984). Deze is af te lezen van verschillende landschapspatronen zoals geomorfologie, grondgebruik, waterlopen, wegen en bebouwing. Deze abiotische, biotische en antropogene landschapspatronen zijn dus de kenmerken die de identiteit van een element bepalen.

Volgens Lynch (1960) bestaat de structuur van een gebied naast landschappen (Lynch spreekt van deelgebieden of districten) uit routes, randen, knooppunten en oriëntatiepunten. Routes zijn lineaire elementen, waarover de waarnemer zich verplaatst.

Randen zijn of lineaire elementen die geen routes zijn, of een visuele begrenzing. Deze visuele barrières kunnen gedeeltelijk doorzichtig zijn. Knooppunten zijn plekken waar routes of randen samenkomen of waar concentratie van activiteiten plaatsvindt. Oriëntatiepunten, tot slot, zijn elementen die een belangrijk oriënterende werking hebben zoals kerktorens, watertorens, bijzondere gebouwen, beelden of opvallende bosjes.



Figuur 1. Het verband tussen criteria en landschapkenmerken

2.2. Werkwijze

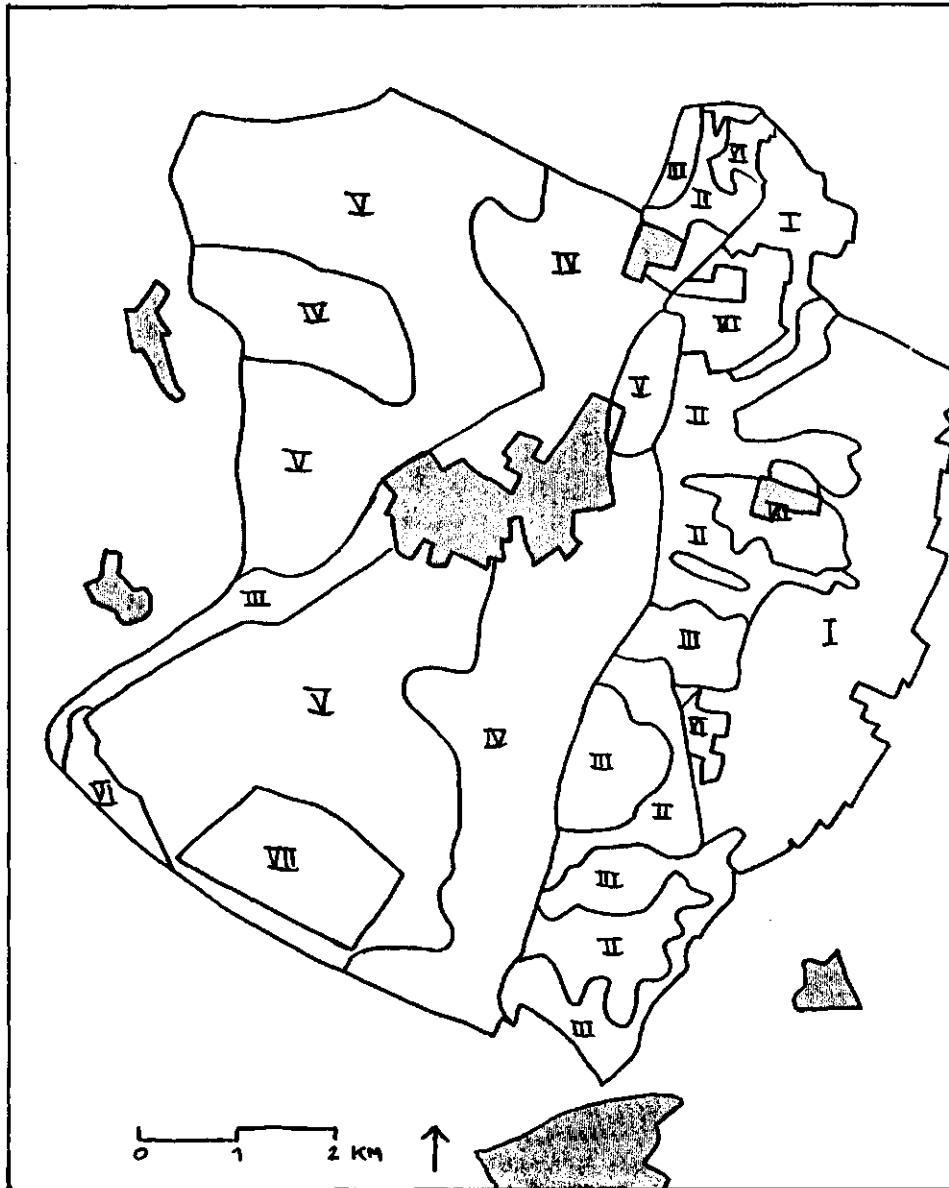
De landschappen zijn onderscheiden met behulp van een handmatige landschapstyperingsmethode. Van de toepassing van de digitale landschapstyperingsmethode (de Jongh e.a., 1987; de Poel e.a., 1990) is afgezien om twee pragmatische redenen:

- Voor dit onderzoek moet de methode worden toegepast op kleinere gridcellen dan 1 x 1 km. Het vaststellen van de juiste gridcelgrootte voor deze toepassing vereist een test met verschillende datasets.
- De methode classificeert gridcellen met behulp van een divisieve clustermethode (TWINSPAN). Bij toepassing van deze methode op een groot aantal varianten dienen zowel de huidige situatie als de te verwachte situatie na uitvoering van de inrichtingsvarianten in een dataset bewerkt te worden. Clusteranalyse geeft namelijk een unieke typering van een bepaalde dataverzameling. Wijzigt men de verzameling dan verandert de typologie. Deze eis leidt tot een zeer omvangrijk databestand dat niet eenvoudig met de digitale landschapstypering is te bewerken.

De landschappen zijn handmatig getypeerd aan de hand van de volgende patroonkenmerken: microreliëf, geomorfologie, waterlopenpatroon, begroeiing, grondgebruik en occupatiepatroon (wegen, bebouwing en verkaveling). Deze zijn afgeleid van de topografische kaart van 1987 (kaartbladen 41 B en 41E), de geomorfologische kaart en veldkaarten. De landschapstypologie uit hoofdrapport is als uitgangspunt gehanteerd. Deze grove typologie is vooral gebaseerd op geomorfologie. De verfijning is met name door het occupatiepatroon en het grondgebruik bepaald.

De hieruit afgeleide landschappen zijn vervolgens vergeleken met de landschapstypologie voor het gehele stroomgebied van de Baakse Beek, die de Poel e.a (1990) hebben opgesteld met behulp van de digitale landschapstyperingsmethode. Beide typologieën bleken goed overeen te stemmen.

De structuurkenmerken zijn op kaart aangegeven. Als routes zijn opgevat de spoorlijn Zutphen - Winterswijk en regionale wegen. Deze vormen verbindingen tussen de kernen. De lokale wegen zijn van belang bij de onderscheiding van landschappen.



	LANDSCHAP	RELIEF	WATER	GRONDGEBRUIK	OCCUPATIE bebouwing	wegen
I	PLATEAU	vlak, plateau	weinig, recht	gras, akkers	weinig	wijd, recht
II	DALEN	golvend, dal	veel, onregelmatig	gras, akkers	veel, verspreid	dicht, krom
III	ESSEN	bol, ruggen	zeer weinig	akkers	zeer weinig	wijd, gebogen
IV	KAMPENONTGINNING	golvend, dekzandvlakte	weinig, onregelmatig	gras, akkers	veel, verspreid	dicht, krom
V	HEIDE- & BROEKONTGINNING	vlak, dekzandvlakte	weinig, recht	gras, akkers	weinig in linten	wijd, recht
VI	BOS	plateau ruggen	zeer weinig	bos	geen	wijd
VII	AALTENSE GOOR	vlak, dekzandvlakte	veel, recht	natuur, gras	geen	dicht, recht

Figuur 2. Landschapstypen

Hoger gelegen gebieden, bossen, woonkernen, grote beken en dijken vormen de randen in de structuur van het onderzoeksgebied. De belangrijkste hooggelegen gebieden zijn het Oost-Nederlands plateau en de dekzandrug Halle-Aalten en de Lievelder Es. Hun randwerking wordt momenteel versterkt door begroeiing met bos of maïs.

De belangrijkste knooppunten in het gebied vormen de kernen en (spoor)wegkruisingen. De kernen zijn door hun moderne structuur niet meer zo duidelijk als ruimtelijk knooppunt zichtbaar. De wegen worden om de kern heen geleid.

Alle hoge menselijke constructies zijn als oriëntatiepunten opgevat.

3. Resultaten

3.1. Landschapstypen

- Huidige situatie

In figuur 2 zijn de landschapstypen in de huidige situatie aangegeven. De volgende typen zijn onderscheiden:

- I Plateau
- II Dalen
- III Essen
- IV Kampenontginning
- V Heide- en broekontginning
- VI Bos
- VII Aaltense Goor

De eerste drie typen komen vrijwel overeen met gelijknamige typen in de globale landschapstypologie. Alleen bosgebieden zijn eruit gelicht. Het dekzandlandschap is verder onderverdeeld naar ontginningstypen. Het Aaltense Goor neemt hierin een aparte plaats in.

De gebruiksfunctie blijkt in de huidige situatie niet meer tot landschappelijke diversiteit en sterke identiteit te leiden. Bijna het gehele gebied is voor grasland in gebruik. Het bos en natuurgebied onderscheidt zich daarbij duidelijk.

- Veranderingen door inrichtingsvarianten

Als gevolg van de varianten zullen de landschapspatronen veranderen:

- Geomorfologisch patroon en microrelief wordt niet gewijzigd.
- In het waterpatroon treden in alle varianten veranderingen op. Het gebied wordt natter en het waterlopen patroon veranderd door het vrij laten meanderen van de grote beken.
- Het grondgebruik wijzigt sterk. In de B&L- en natuurvarianten wordt veel grasland omgezet in bos. In de SWNBL varianten is nauwelijks sprake van wijzigingen.
- Het lokale wegenpatroon verandert in de B&L-varianten op het plateau ingrijpend omdat wegen komen te vervallen. In de SWNBL-varianten blijft het patroon gelijk.

- Het bebouwingspatroon verandert nagenoeg niet. In een aantal varianten (bijvoorbeeld 3,4 en 6) moet bebouwing verdwijnen voor de aan te leggen bekkens.

Door bovenstaande veranderingen wijzigen de aard en de omvang van de landschapstypen sterk. Bovendien ontstaan er een nieuw landschapstype:

- Het landschapstype bos neemt sterk in omvang toe.
- De ontginningslandschappen krijgen plaatselijk een sterk in het oog springend element toegevoegd: een vrij meanderende beek met beekbegeleidende begroeiing.
- In sommige varianten ontstaat een bekenlandschap.

3.2. Structuur

- Huidige situatie

In figuur 3 is de ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied in de huidige situatie weergegeven. Belangrijk zijn de doorgaande wegen, de spoorweg, de terrasrand, de dekzandrug, de es, verschillende kerktorens, de watertoren bij Aalten en de hoogspanningslijn.

- Veranderingen door inrichtingsvarianten

Routes worden door de uitvoering van de verschillende varianten niet gewijzigd.

Randen zullen zich door uitvoering sterk kunnen wijzigen:

- Het verwijderen van lijnvormige beplantingen leidt er toe dat de randen van bossen, woonkernen en beken steeds duidelijker in het oog springen.
- De aanleg van bos op het Oost-Nederlands Plateau en de aanleg van beekbegeleidende beplanting leidt tot versterking van de randen die gevormd worden door beeklopen en hogergelegen gebieden.
- De aanleg van nieuwe waterlopen zullen enkele nieuwe randen toevoegen.
- De aanleg van bekkens en bijbehorende dijken leidt tot meer randen.

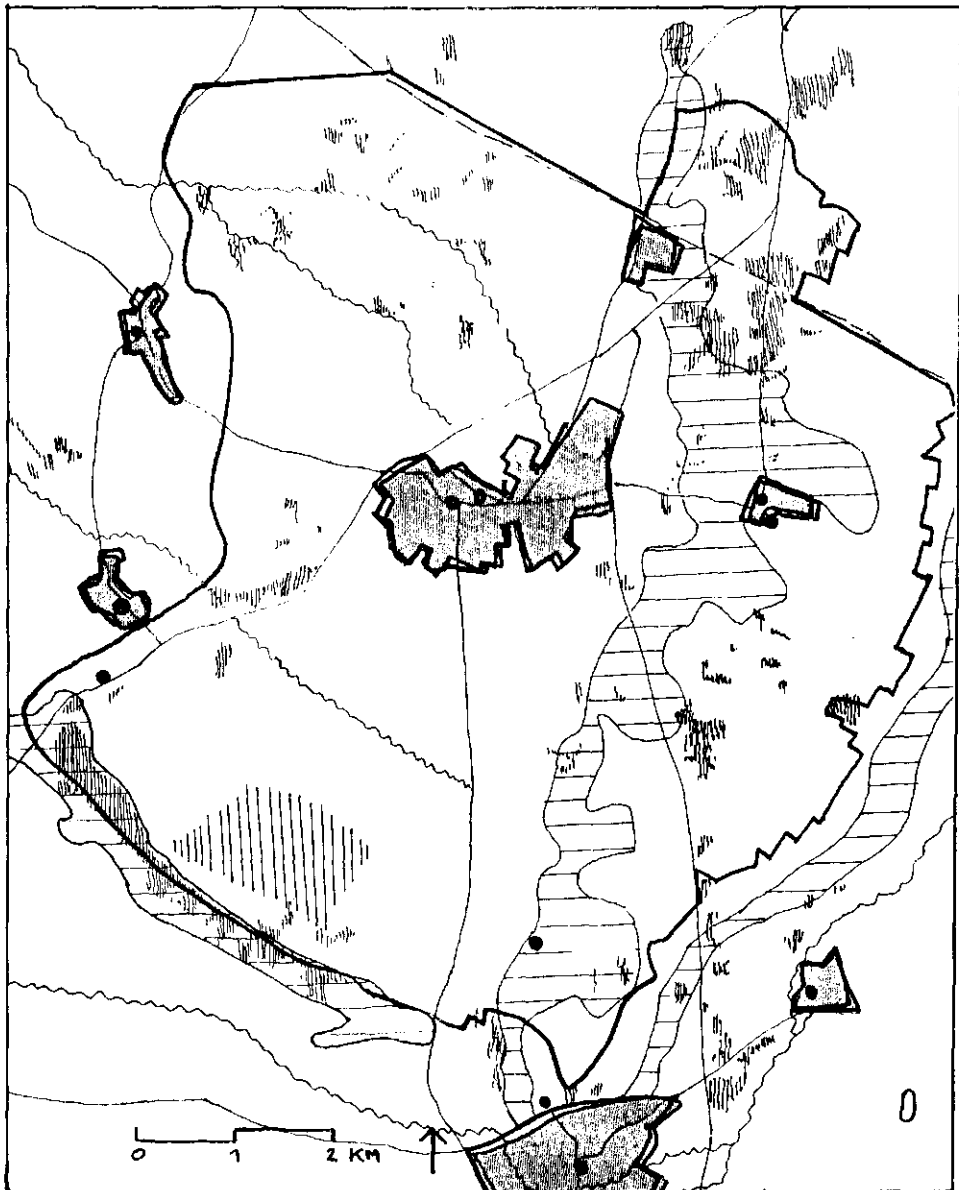
De randen die door hoger gelegen gebieden worden gevormd blijven ongewijzigd.


Knooppunten op de kruising van wegen en beken zullen door de beplanting meer geprononceerd worden.

Door de varianten zullen er extra oriëntatiepunten bijkomen. Op een hoog schaalniveau zijn alle bekkens te beschouwen als oriëntatiepunten. In een gebied met een onduidelijke ruimtelijke structuur, zoals de dekzandvlakte, kunnen zulke oriëntatiepunten veel bijdragen aan het verbeteren van deze structuur.

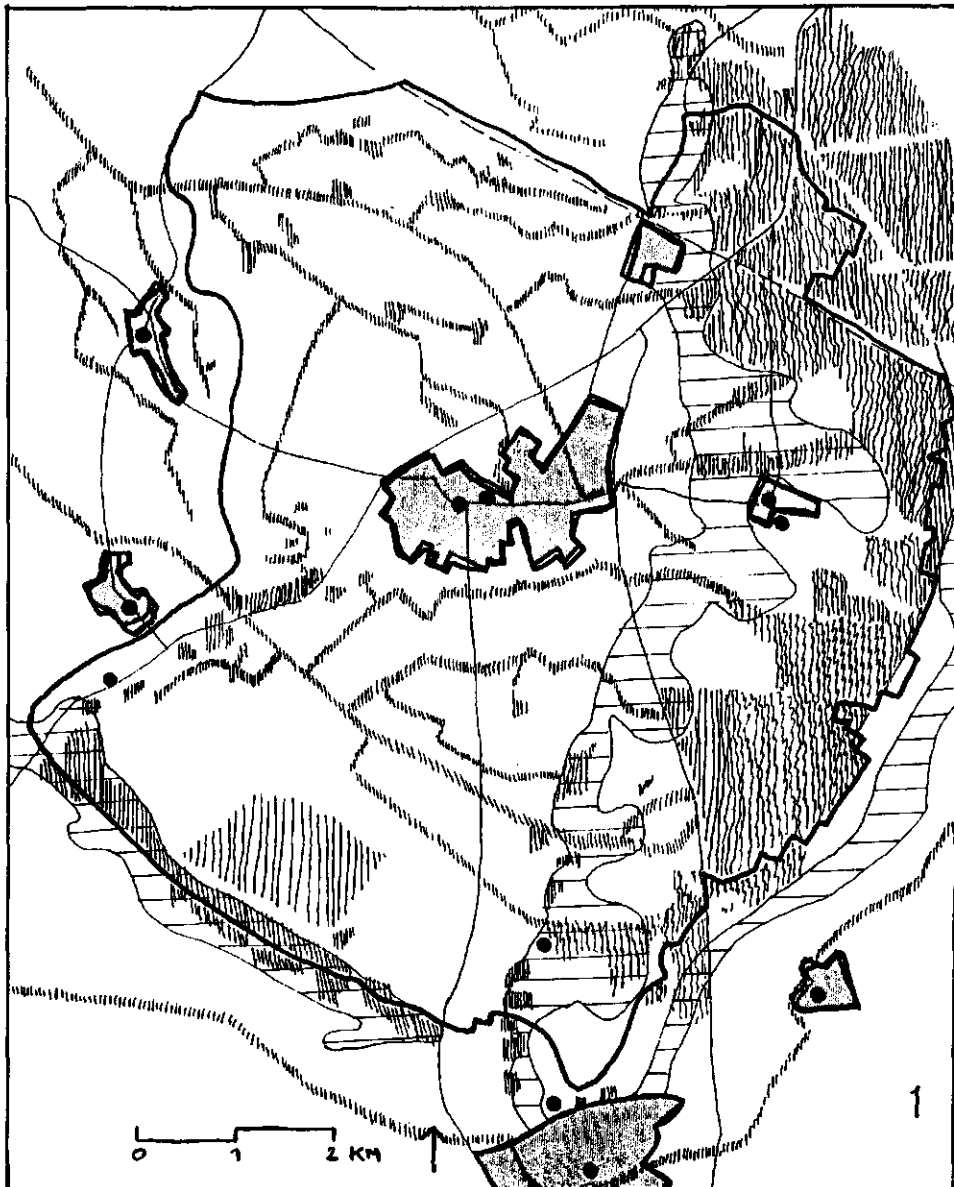
- Ruimtelijke structuur inrichtingsvarianten

In figuur 4 t/m 11 is de ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied na uitvoering van de verschillende inrichtingsvarianten aangegeven. In het hoofdrapport, hoofdstuk 6 zijn de belangrijkste veranderingen per variant beschreven.



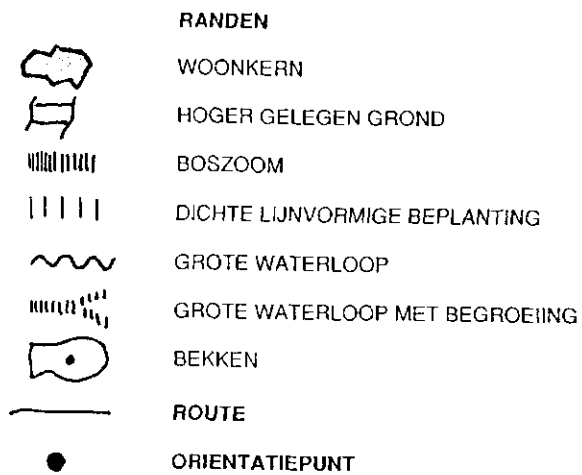
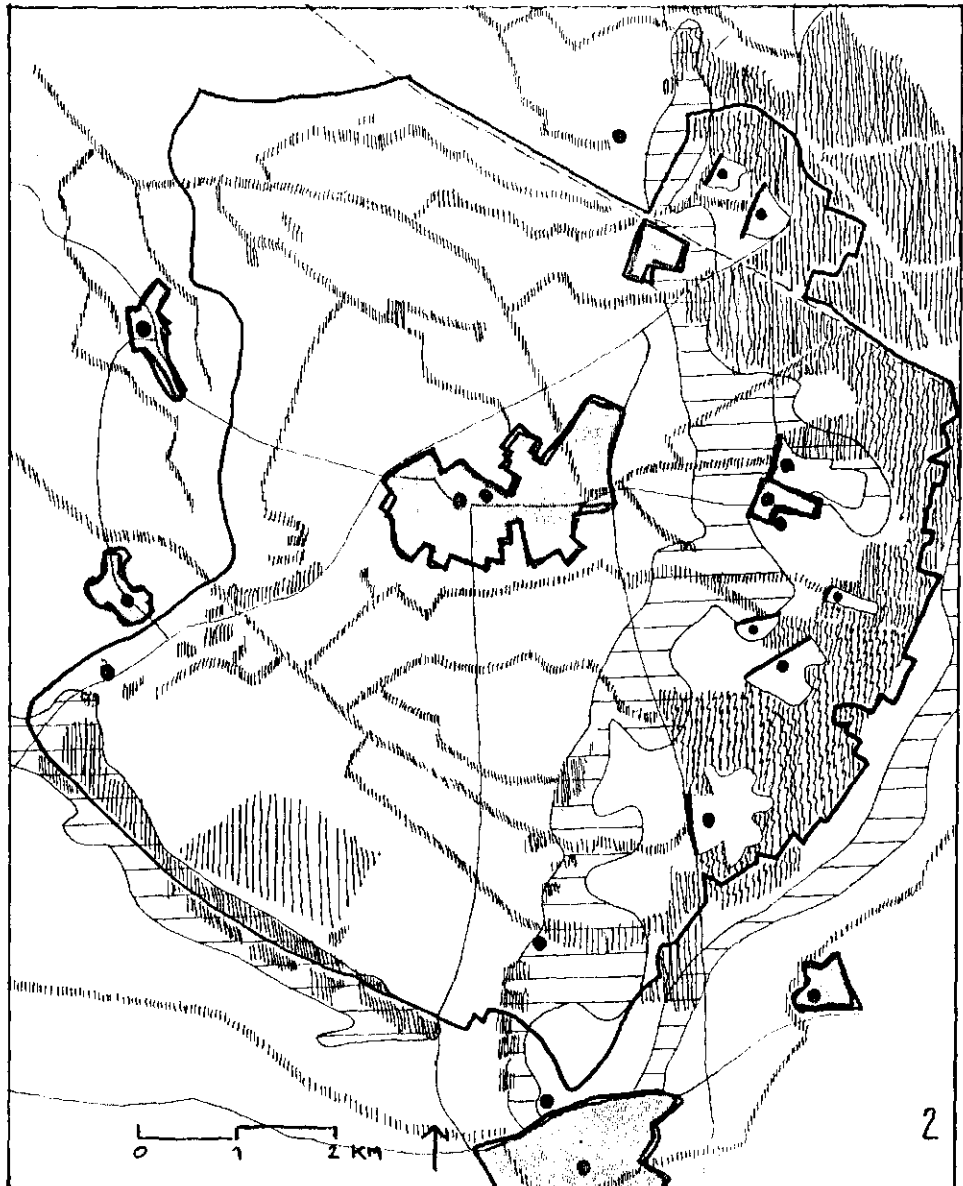
	RANDEN
	WOONKERN
	HOGER GELEGEN GROND
	BOSZOOM
	DICHTE LIJNVORMIGE BEPLANTING
	GROTE WATERLOOP
	GROTE WATERLOOP MET BEGROEIING
	BEKKEN
	ROUTE
	ORIENTATIEPUNT

Figuur 3. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in de huidige situatie

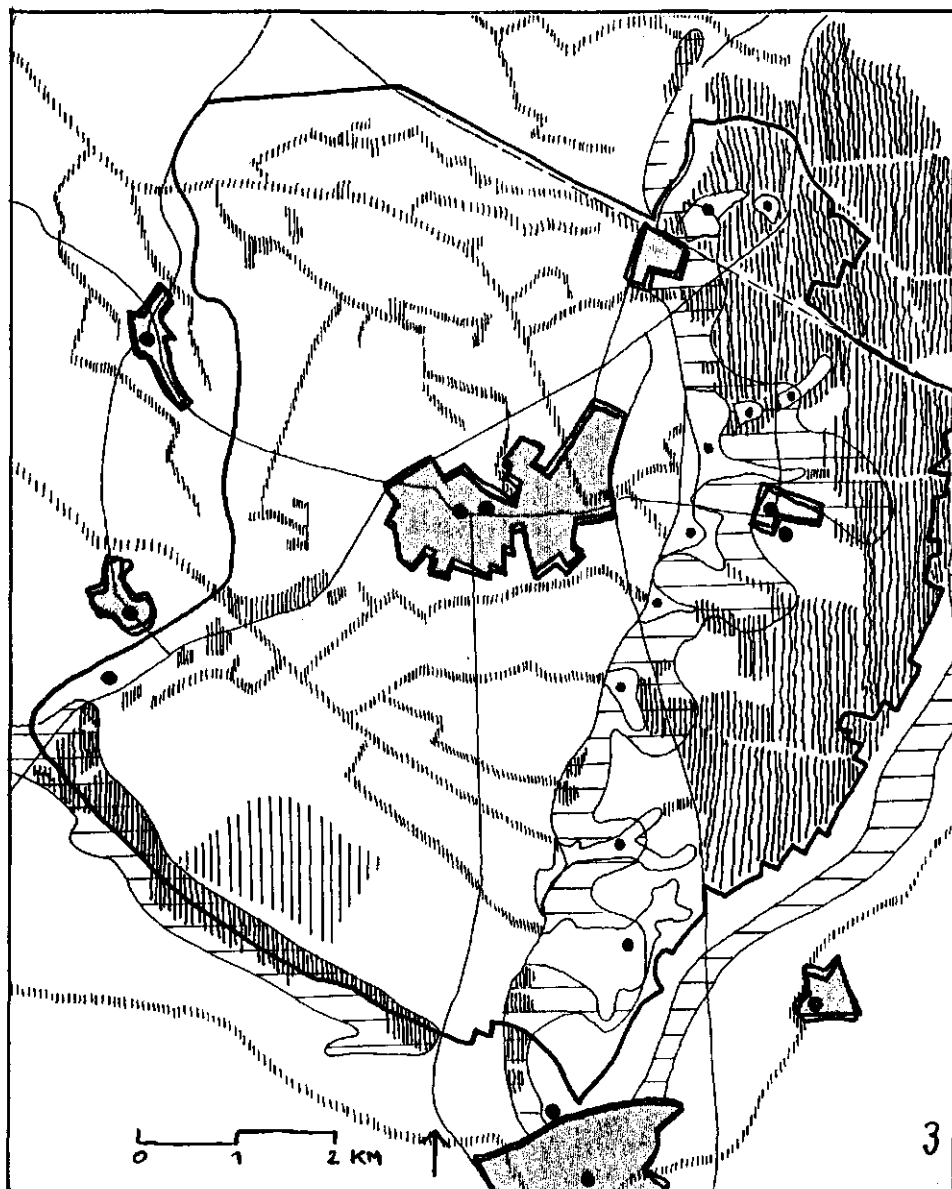



	RANDE
	WOONKERN
	HOGER GELEGEN GROND
	BOSZOOM
	DICHT BEPLANTING
	GROTE WATERLOOP
	GROTE WATERLOOP MET BEGROEING
	BEKKEN
	ROUTE
	ORIENTATIEPUNT

Figuur 4. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in variant 1

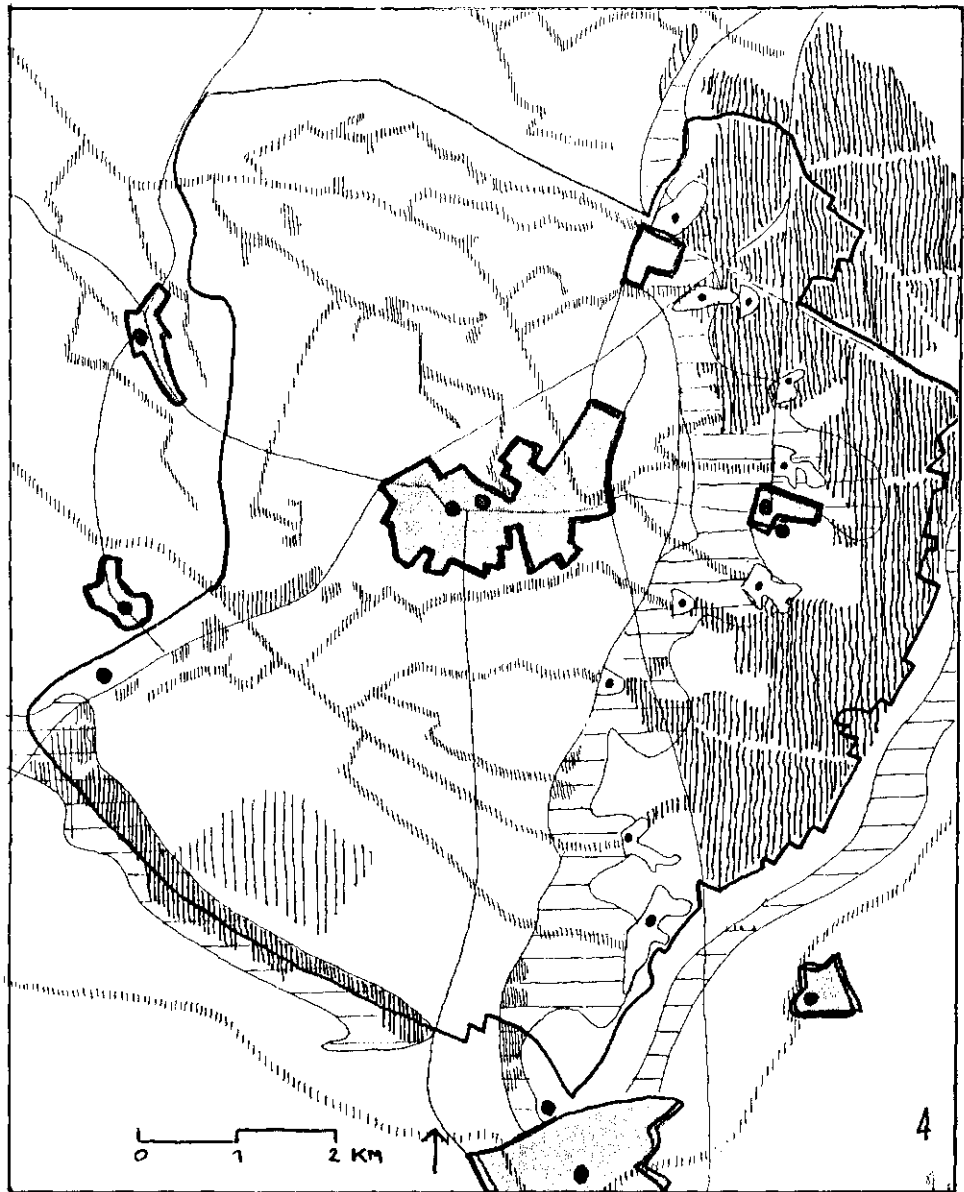


Figuur 5. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in variant 2

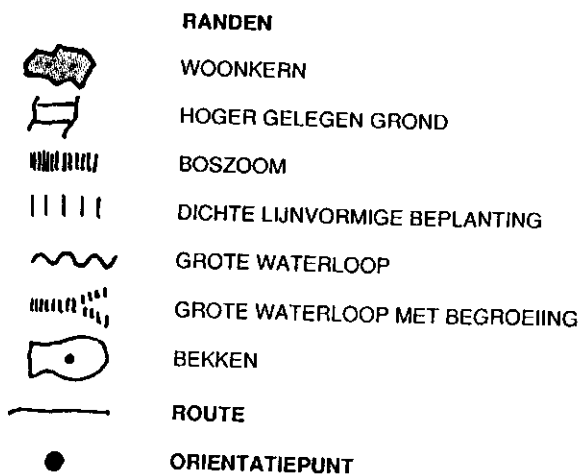
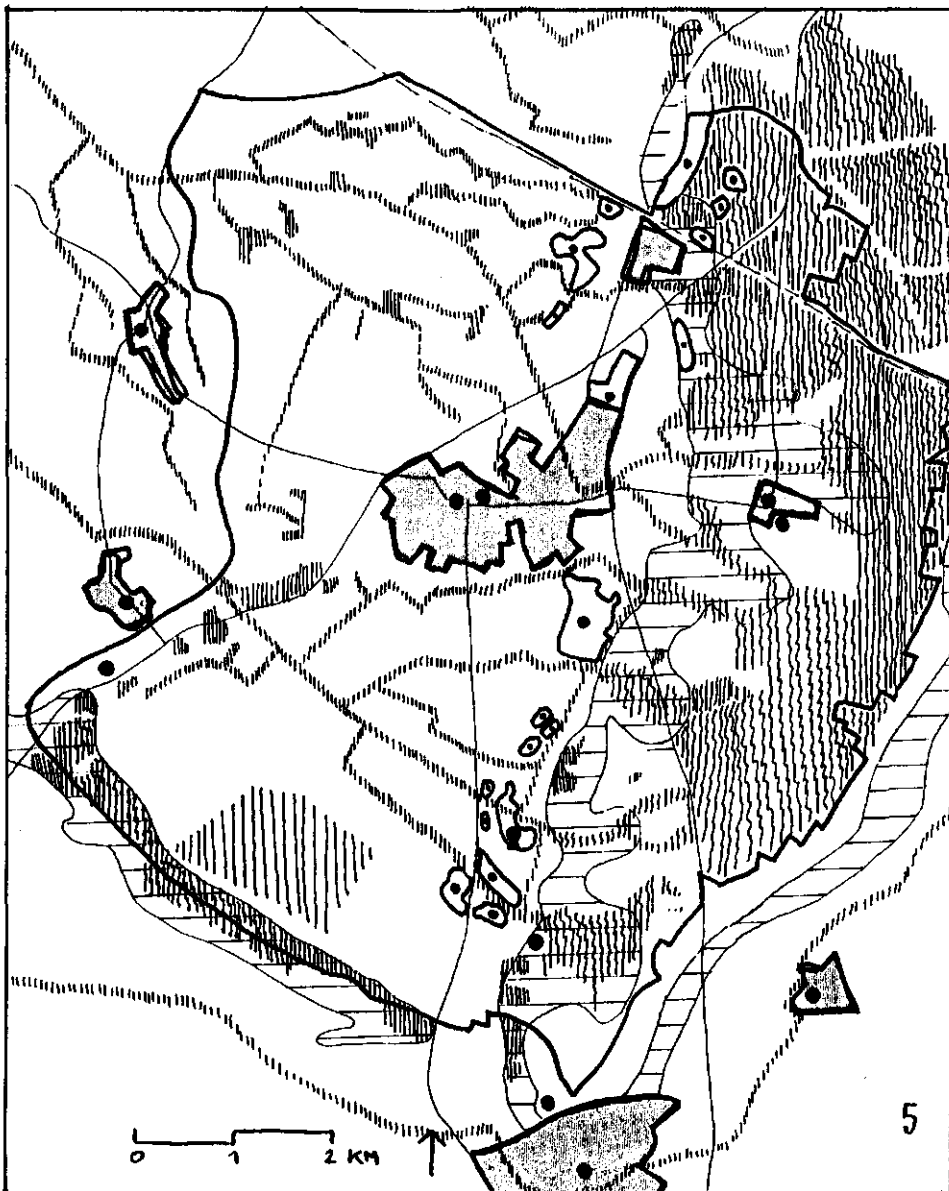


	RANDEN
	WOONKERN
	HOGER GELEGEN GROND
	BOSZOOM
	DICHTE LIJNVORMIGE BEPLANTING
	GROTE WATERLOOP
	GROTE WATERLOOP MET BEGROEING
	BEKKEN
	ROUTE
	ORIENTATIEPUNT

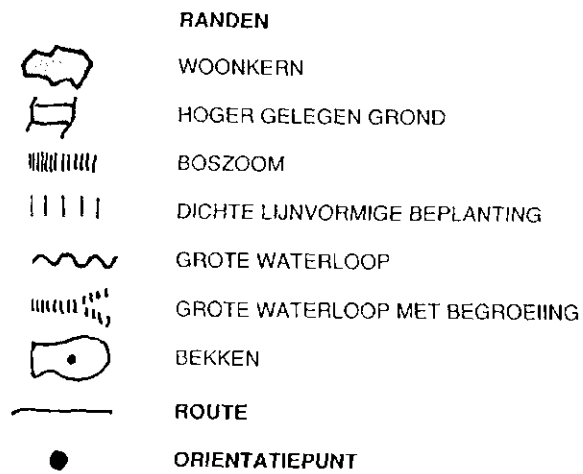
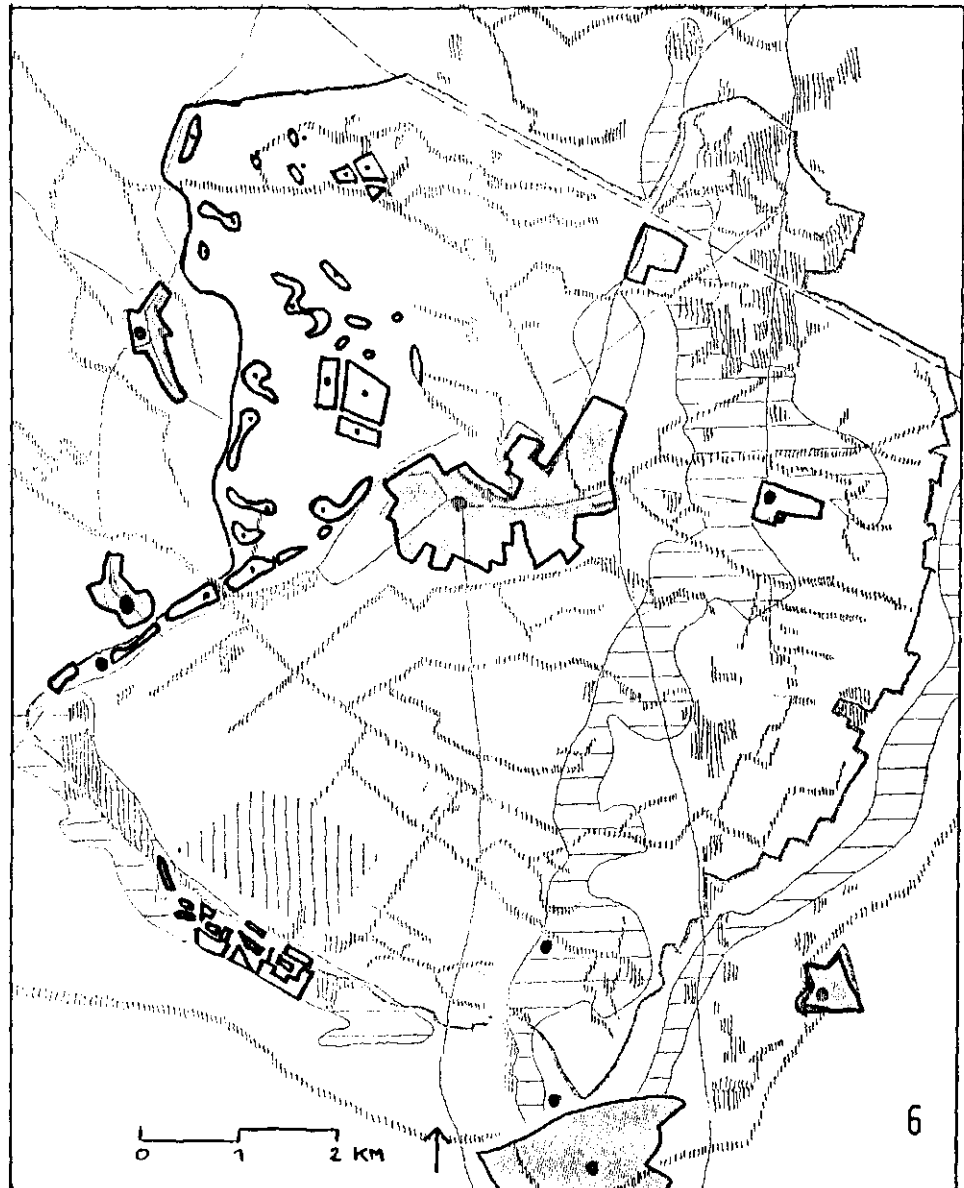
Figuur 6. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in variant 3



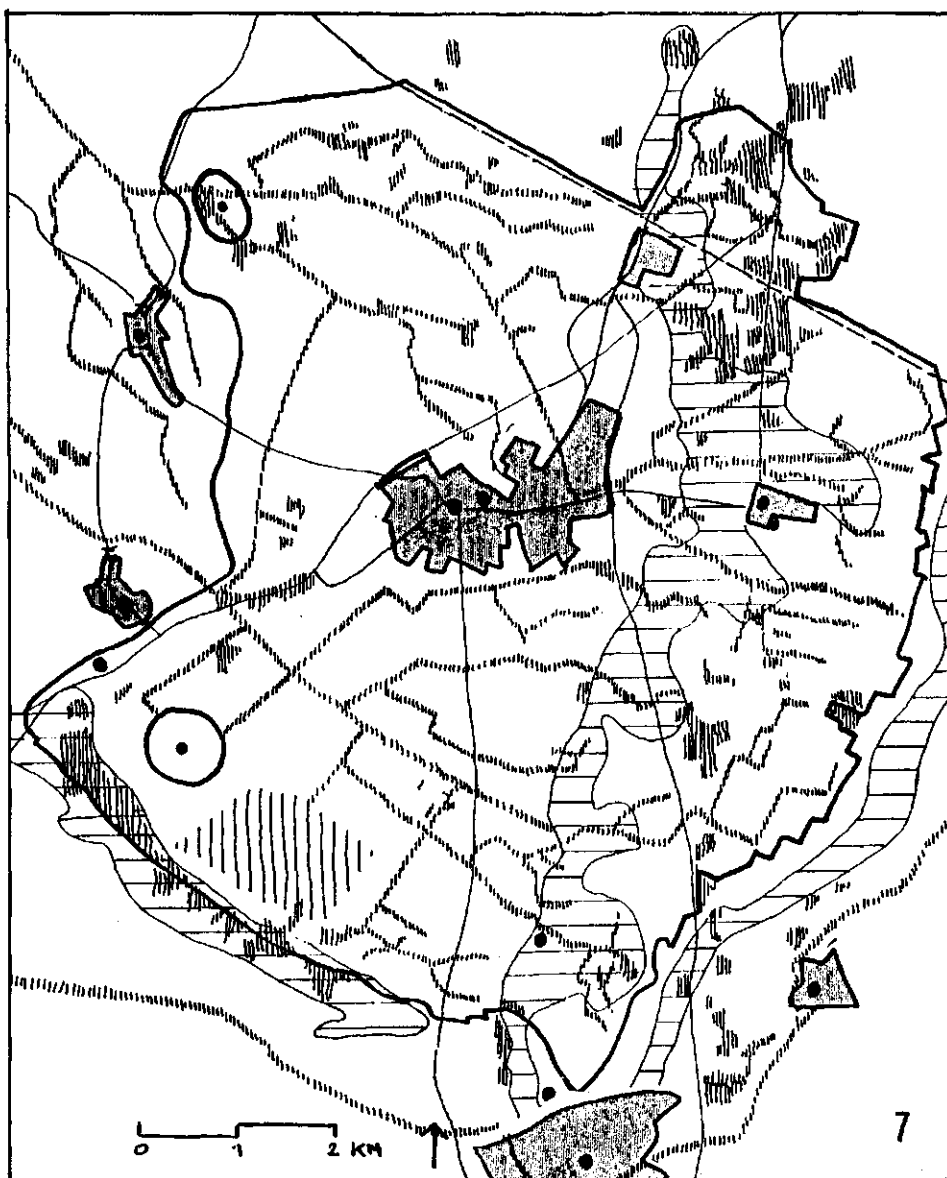
Figuur 7. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in variant 4



Figuur 8. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in variant 5

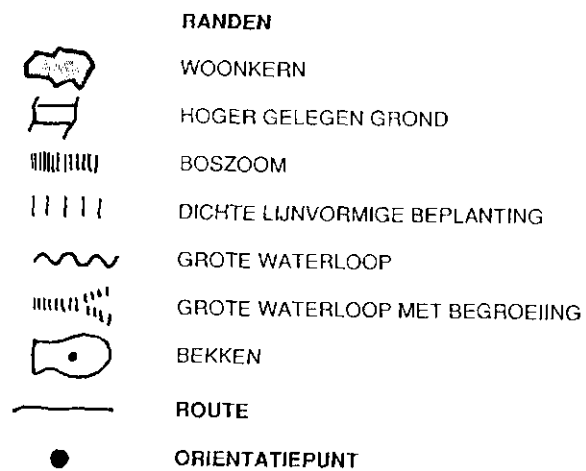
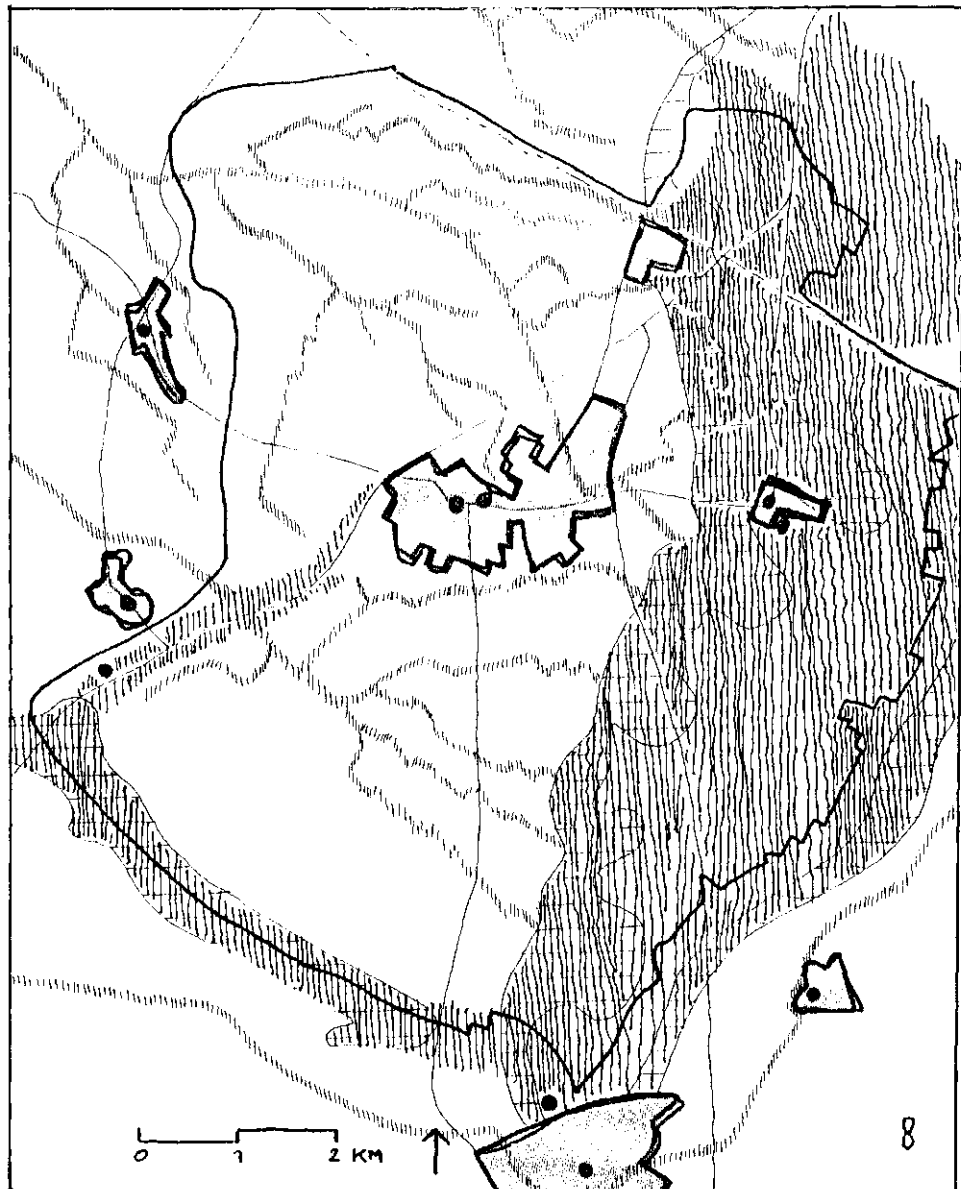


Figuur 9. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in variant 6



	RANDEN
	WOONKERN
	HOGER GELEGEN GROND
	BOSZOOM
	DICHTE LIJNVORMIGE BEPLANTING
	GROTE WATERLOOP
	GROTE WATERLOOP MET BEGROEIING
	BEKKEN
	ROUTE
	ORIENTATIEPUNT

Figuur 10. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in variant 7



Figuur 11. De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en omgeving in variant 8

Bijlage 5: Lijst van verschenen SWNBL-rapporten

- 1 - Bepaling van de belangrijkste standplaatsfactoren. G. van Wirdum & D. van Dam, 1984.
- 1a - Een schema voor de ecohydrologische beschrijving van natuurgebieden. M.R. Dijkema e.a., 1985.
- 1b - Ecohydrologische beschrijvingen en vergelijking van een tiental natuurterreinen. M.R. Dijkema e.a., 1985.
- 1c - De invloed van ingrepen in de waterhuishouding op de verspreiding van moeras- en hooiplanten. A.P. Grootjans, 1985.
- 1d - Het verband tussen standplaatsindicatie en natuurbehoudsindicatie van vaatplanten. N.J.M. Gremmen, 1986.
- 1e - Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van effecten van veranderingen in waterregime op de waarde van een gebied vanuit natuurbehoudsstandpunt: I theorie. N.J.M. Gremmen, 1987.
- 1f - Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van effecten van veranderingen in waterregime op de waarde van een gebied vanuit natuurbehoudsstandpunt: II operationalisatie. N.J.M. Gremmen, 1987.
- 1g - Databestanden met indicatiegetallen van vaatplanten. Aangemaakt in het kader van de SWNBL-studie. N.J.M. Gremmen, D. van Dam, 1987.
- 1h - Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van de effecten van veranderingen in waterregime, op de waarde van een gebied, vanuit natuurbehoudsoogpunt: III Toepassing in twee proefgebieden. N.J.M. Gremmen, 1988.
- 1j - Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties: I De stalenmethode. R.H. Kemmers, 1990.
- 1k - Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties: II Fysisch-chemische beschrijving van negen geselecteerde standplaatstypen. G.J. van Herwaarden, 1990.
- 1l - Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties: III Grondwaterstand en vochtleverantie. P. Groenendijk, 1990.
- 1m - Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties: IV Stikstof- en fosfaathuishouding. G. Zuidema, 1990.
- 1n - Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties: V Waterkwaliteit en zuurhuishouding. P. Groenendijk & F.J.M. van der Bolt, 1990.

- lp - Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties: VI Toepassing van de stalenmethode in het herinrichtingsgebied Noorderpark. G.J. van Herwaarden, P.W.F.M. Hommel & J.G. Vrieling, 1990.
- lq - Effecten van ingrepen in de waterhuishouding op vegetatie en standplaats. S.M.H. Hochstenbach & N.J.M. Gremmen, 1989.
- lr - Natuurtechnische model: IV Herziening en verificatie van het model. N.J.M. Gremmen, 1990.
- 2 - Bewerking van ecologische indicatie waardenlijsten. G. van Wirdum & D. van Dam, 1984.
- 2a - Responsie van slootplanten op standplaatsfactoren: uitwerking van een methode. C.W.N. Looman, 1985.
- 3 - Fysiologische betekenis van enkele standplaatsfactoren. W. van Doorn, 1985.
- 4 - Bepaling van de belangrijkste waterhuishoudkundige variabelen. Rijkswaterstaat e.a., 1984.
- 4a - Geohydrologische variabelen in relatie tot geselecteerde standplaatsfactoren. Rijkswaterstaat e.a., 1985.
- 4c - Calciummodellering in grondwater 1. Waterloopkundig Laboratorium, 1985.
- 4d - Calciummodellering in grondwater 2. Waterloopkundig Laboratorium, 1985.
- 4e - Calciummodellering in grondwater 3. Waterloopkundig Laboratorium, 1987.
- 4f - Een leidraad voor de hydrologische systeembeschrijving van natuurgebieden. A.J. van Ganswijk, F.A.M. Claessen, G. Veenbaas, 1988.
- 4g - Hydrologische systeemanalyse van de Reitma (Drenthe): toepassing van FLOWNET en WATBAL. J.M.J. Gieske, 1988.
- 4h - Calciummodellering in grondwater 4. Waterloopkundig Laboratorium, 1990.
5. - Naar een methode van integratie, kartering en toepassing. J.J. den Besten, 1985.
- 6 - Verkenning naar visueel-ruimtelijke kenmerken van water in het Nederlandse landschap. J.V. Wackerlin, 1984.
- 6a - Globale landschapskaart van Nederland naar visuele kenmerken van water. J. de Jongh & O. Vaessen, 1986.
- 6b - Water en landschap in de Krimpenerwaard. J. de Jongh, K.R. de Poel, O. Vaessen, 1987.

- 6c - De beleving van water in de Krimpenenvaard. J.F. Coeterier, M.A. van der Haar & A.M. Langezaal-Van Swaay, 1986.
- 6d - Water en Landschap in een zandgebied: Het stroomgebied van de Baakse Beek. J.M.J. Farjon, N.F.C. Hazendonk, J. de Jongh, K.R. de Poel & O. Vaessen, 1990.
- 6e - Raamwerkplanning en watervoorziening: Verkenning van mogelijkheden in het stroomgebied van de Baakse Beek aan de hand van cyclische ontwerpde methode. J.M.J. Farjon, N.F.C. Hazendonk, W.J.C. Hoeffnagel & F.G.M. van Pruissen, 1990.
- 7a - Wasserhaushalt von Forsten und Walder und der Einfluss des Wassers auf Wachstum und Gesundheit von Forsten und Walder: eine Literaturstudie. W. Hiege, 1985.
- 7b - Transpiratie en interceptie van bos: een literatuurstudie. J. van Roestel, 1984.
- 7c - Onderzoek naar verdamping van een loofbos - Meetresultaten en enkele modelberekeningen. M.J. Hendriks, 1990.
- 7d - Bewortelingsonderzoek bij bomen: theorie en praktijk. A.J.M. Kienhuis, 1987.
- 7e - Relaties tussen het vochtleverend vermogen van de grond, het waterverbruik en de groei van een aantal boomsoorten: een literatuurstudie. J. van den Burg, 1987.
- 7f - Bewortelingsonderzoek in Douglascultures en -opstanden. J. van den Burg, A.J.M. Kienhuis & J. van de Vlasakker, 1989.
- 7g - Waterverbruik van Nederlandse bossen: een modellenstudie. S. Nonhebel, 1988.
- 7h - De gevolgen van grondwaterdaling voor de groei van boomsoorten in het "Oldenzaalse Veen", 1990.
- 8 - Verkenning karteringsmogelijkheden. Stichting voor Bodemkartering, 1984.
- 8a - Berekeningsmethoden vochtleverantie en aëratie: evaluatie en bruikbaarheid simulatiemodellen. J.J. den Besten. 1986.
- 8b - Simulatie van vochtleverantie en aëratie in de natuurgebieden Veerstalblok en Tondensche Heide. R.W. de Waal, 1987.
- 8c - ECONUM: een model voor de simulatie van de stikstof en fosfaathuishouding. J. Mankor & R.H. Kemmers, 1988.
- 9a - Inventarisatie en evaluatie van methoden van vegetatiekarteren. H. de Vries, 1985.
- 9c - Proefgebied Veerstalblok (Krimpenerwaard): de vegetatie. J.G. Vermeer & R.H. Rijntjes, 1986.

- Voortgangsrapport. Overzicht resultaten fase 1, 1984.
- Interimrapport. Overzicht resultaten verkennende fase (1 en 2), 1985.
- Water boven Water studieresultaten 1983 - 1987 van de Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap 1988.
- Handboek grondwaterbeheer voor natuur, bos en landschap. C.F. van Beusekom, J.M.J. Farjon, F. Foekema, B. Lammers, J.G. de Molenaar & W.P.C. Zeeman. 1990.

LIJST VAN FIGUREN

Hoofdrapport:

Fig. 1	Het stroomgebied van de Baakse Beek	18
Fig. 2	Werkwijze	22
Fig. 3	Hydrologische ordeningsprincipes	30
Fig. 4	De bestemming van stabiliteit vereisende functies in het B&L plan (Kerkstra & Vrijlandt, 1988).	32
Fig. 5	De deelstroomgebieden met de bestemming multifunctioneel grondgebruik in het SWNBL plan (de Poel et.al; 1990)	36
Fig. 6	Het studiegebied Lichtenvoorde	40
Fig. 7	Landschappen	42
Fig. 8	Schematische oost-west en noord-zuid doorsneden van het studiegebied	44
Fig. 9	De verdeling van de neerslag, potentiële verdamping en netto-neerslag over het jaar (KNMI)	46
Fig. 10	Reliëf (equidistantie hoogtelijnen: 2 1/2 meter; bron: Topografische kaart 1:10.000)	47
Fig. 11	Chronostratigrafie	49
Fig. 12	Geologische doorsneden door het studiegebied (naar Van den Bosch, 1981 en Rees Vellinga & De Ridder, 1973)	50
Fig. 13	Doorlatendheid van het watervoerend pakket in het studiegebied (Smoor, 1972)	51
Fig. 14	Waterlopenstelsel (bron: Waterschap IJsselland-Baakse Beek)	52
Fig. 15	Isohyphen van het freatische grondwater (Smoor, 1972)	54
Fig. 16	Reconstructie van de grondwaterstroming in twee oost-west doorsneden in 1850 tijdens natte perioden	56
Fig. 17	Gebiedskenmerken, die op kwel duiden	57
Fig. 18	Grondwaterstroming in de Achterhoek volgens Bon (1973)	58
Fig. 19	Waterbeheereenheden	60
Fig. 20	Combinatie van technieken A	67
Fig. 21	Combinatie van technieken B	69
Fig. 22	Contextuele vormgeving van infiltratiebekkens, die aansluit op lokale landschapspatronen	70
Fig. 23	Mogelijkheden voor plaatskeuze van reservoirs per landschap	71
Fig. 24	Autonome vormgeving van spaarbekkens ten opzichte van lokale landschapspatronen	73
Fig. 25	Variant 1	84
Fig. 26	Variant 2	86
Fig. 27	Een impressie van een spaarbekken in een dalkop vanaf de grond	87
Fig. 28	Een impressie van variant 2 vanuit de lucht: spontane bosontwikkeling op het plateau met een spaarbekken in het bovenste gedeelte van een dal	88
Fig. 29	Variant 3	90
Fig. 30	Een impressie van een infiltratiebekken in een dal vanaf de essen.	91
Fig. 31	Een impressie van infiltratiebekkens en omgeving in variant 3 vanuit de lucht.	92

Fig. 32	Variant 4	94
Fig. 33	Variant 5	96
Fig. 34	Impressie van een cluster infiltratiebekkens aan de voet van het Oost Nederlands Plateau vanuit de lucht	97
Fig. 35	Variant 6	99
Fig. 36	Een infiltratiebekken in het Koekenveld bij Lichten-voorde gezien vanaf de grond	100
Fig. 37	Een impressie van een cluster infiltratiebekkens rond Koolmansdijk vanuit de lucht	101
Fig. 38	Variant 7	103
Fig. 39	Een impressie van het spaarbekken Zwarte Veer vanuit de lucht, op de achtergrond het Aaltense Goor	104
Fig. 40	Variant 8	106
Fig. 41	Het berekende waterpeil in de reservoirs van variant 2	112
Fig. 42	Het berekende waterpeil van de reservoirs in variant 3	116
Fig. 43	Het berekende waterpeil in de spaarbekkens van variant 4	117
Fig. 44	Het berekende waterpeil in de infiltratiereservoirs van variant 5	119
Fig. 45	Het berekende waterpeil in de infiltratiebekkens van variant 6	122
Fig. 46	Het berekende waterpeil in de spaarbekkens van variant 7	124
Fig. 47	De oppervlaktewaterafvoer vanuit het studiegebied in variant 8 vergeleken met de afvoer in de huidige situatie	127
Fig. 48	Een plan voor aangepaste drinkwatervoorziening in het stroomgebied van de Baakse Beek uitgaande van het B&L plan	142
Fig. 49	Een plan voor aangepaste drinkwatervoorziening in het stroomgebied van de Baakse Beek uitgaande van het SWNBL plan	144

Bijlage 1:

Fig. 1	Neerslag in 1984 per decade voor regenstation Lichtenvoorde	167
Fig. 2	Waterstromen tussen landschappen en de omgeving van het studiegebied, die in de waterbalans ten behoeve van planvormingsfase zijn opgenomen	167
Fig. 3	De oppervlaktewaterafvoer vanuit de ruimtelijke eenheden "plateau & dalen" en "dekzandgebied" in de huidige situatie	169
Fig. 4	De verandering van de berging in de verschillende ruimtelijke eenheden gedurende 1984 zoals berekend voor de huidige situatie.	169
Fig. 5	Ruimtelijke eenheden en interacties in het waterbalans ten behoeve van de plantoetsing	176
Fig. 6	De compartimenten en invoer gegevens van het rekenmodel SWW (uit: Beekman, van Bakel & Nijhof, 1988)	176
Fig. 7	Werkwijze bij calibratie van het waterbalans ten behoeve van plantoetsing	178
Fig. 8	De ligging van reservoirs, pompstations en modelgebied die met Micro-Fem zijn gemodelleerd.	182

Fig. 9	Het in het Micro-Fem model ingevoerde freatische niveau.	182
Fig. 10	De doorlatendheid van het watervoerend pakket in het met behulp van Micro-Fem gemodelleerd gebied.	183
Fig. 11	De door Micro-Fem berekende isohypsen zonder infiltratiebekkens	183
Fig. 12	Het in Micro-Fem ingevoerde freatisch niveau met de reservoirs.	185
Fig. 13	De oppervlaktewaterafvoer van het studiegebied en het plateau in de huidige situatie (waterbalans tbv. plantoetsing; 1984)	188
Fig. 14	Het met behulp van SWW gesimuleerde verloop van de grondwaterstand in de verschillende beheereenheden gedurende de periode 1978 t/m 1968.	191
Fig. 15	De effecten van het waterbeheer op oppervlaktewaterafvoer.	194
Fig. 16	De effecten van waterbeheer op de grondwaterstand op beheereenheid 4	194
Fig. 17	De effecten van verlanding op oppervlaktewaterafvoer.	196
Fig. 18	De effecten van verlanding op de grondwaterstand op beheereenheid 4	196
Fig. 19	De effecten van het grondgebruik op de oppervlaktewaterafvoer en grondwaterstand van het plateau.	198
Fig. 20	De waterbalanstermen van spaarbekkens.	
	a. variant 2	
	b. variant 7	199
Fig. 21	De waterbalanstermen van infiltratiereservoirs	
	a. variant 5	
	b. variant 3	201
Fig. 22	Het stroomlijnenpatroon van het grondwater in de uitgangssituatie en de verschillende varianten, zoals berekend door FLOWNET.	202
Fig. 23	Stijghoogten, fluxen en hoeveelheden geïnfiltreerd water vanuit de reservoirs in de cluster met reservoirs zonder onttrekking	204
Fig. 24	Isohypsen, stromingspatroon en hoeveelheid geïnfiltreerd water vanuit de reservoirs in een cluster reservoirs met onttrekking	204
Fig. 25	Isohypsen en stromingspatroon rond een onttrekking zonder reservoirs	205
Fig. 26	Isohypsenpatroon en grootte van infiltratie onder reservoir bij een onttrekking onder een groot reservoir	205
Fig. 27	Looptijd van het infiltrerende grondwater in een cluster van infiltratiebekkens rond een pompstation	207
Fig. 28	Het stromingspatroon in een cluster met infiltratiereservoirs rond een pompstation	207
Fig. 29	Een globale schatting van de herkomst van het opgepompte water in een cluster van infiltratiereservoirs rond een pompstation	208
Fig. 30	De waterbalanstermen van het infiltratiebekken in variant 5 zoals berekend met de waterbalansmethode tbv. planvorming	210
Fig. a1	Bodempysische kenmerken van de verschillende bodemlagen (uit: Wösten, Bannink & Beuving, 1987)	217

Fig. a2	Het verband tussen interceptie en neerslag voor grasland (Adhoc werkgroep verdamping, 1984).	219
Fig. a3	Leaf area index (LAI) en bodembedekkingsgraad voor loofbos	219
Fig. a4	Leaf area index (LAI) en bodembedekkingsgraad voor grasland (Adhoc werkgroep verdamping, 1987)	219

Bijlage 4:

Fig. 1	Het verband tussen criteria en landschapkenmerken	240
Fig. 2	Landschapstypen	241
Fig. 3	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in de huidige situatie	244
Fig. 4	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in variant 1	245
Fig. 5	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in variant 2	246
Fig. 6	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in variant 3	247
Fig. 7	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in variant 4	248
Fig. 8	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in variant 5	249
Fig. 9	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in variant 6	250
Fig. 10	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in variant 7	251
Fig. 11	De ruimtelijke structuur van het onderzoeksgebied en de omgeving in variant 8	252

LIJST VAN TABELLEN

Hoofdrapport:

Tabel 1	De criteria voor plantoetsing	26
Tabel 2	Bedrijfsmodellen voor aangepaste landbouw en bemestingsniveau's in de SWNBL-studie (De Poel et al., 1990)	38
Tabel 3	De verschillende combinaties van winnings- en conserveringstechnieken, per variant.	68
Tabel 4	Peilbeheerreks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 1	74
Tabel 5	Peilbeheerreks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 2	74
Tabel 6	Peilbeheerreks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 3	76
Tabel 7	Peilbeheerreks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 4	76
Tabel 8	Peilbeheerreks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 5	78
Tabel 9	Peilbeheerreks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 6	78
Tabel 10	Peilbeheerreks, standplaatstabel en oogstdepressie-tabel van beheereenheid 7	80
Tabel 11	Standplaatstabel voor bekkens	80
Tabel 12	Kenmerken van de inrichtingsvarianten	82
Tabel 13	Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in de huidige situatie.	108
Tabel 14	Voorspelde vegetatieontwikkeling (bij bestemming natuur) en oogstdepressie (bij bestemming landbouw)	109
Tabel 15	Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater per beheereenheid in varianten 1, 3 en 5	111
Tabel 16	Voorspelde vegetatieontwikkeling (bij bestemming natuur) en oogstdepressie (bij bestemming landbouw)	111
Tabel 17	Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater per beheereenheid in varianten 2 en 4	113
Tabel 18	Voorspelde vegetatieontwikkeling (bij bestemming natuur) en oogstdepressie (bij bestemming landbouw)	114
Tabel 19	Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in varianten 6 en 7.	121
Tabel 20	Voorspelde vegetatieontwikkeling (bij bestemming natuur) en oogstdepressie (bij bestemming landbouw) in varianten 6 en 7	121
Tabel 21	Berekende waterpeilen en nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in variant 8	126
Tabel 22	Kenmerken van twee alternatieven voor aangepaste drinkwatervoorziening in het studiegebied uitgaande van het B&L-plan	135
Tabel 23	Kenmerken van aangepaste drinkwatervoorziening in het studiegebied uitgaande van het SWNBL plan	138
Tabel 24	Vergelijking van twee plannen voor aangepaste drinkwaterwinning en de huidige drinkwatervoorziening in het stroomgebied van de Baakse Beek	145

Bijlage 1:

Tabel 1	Ingrepen in de kwantitatieve waterhuishouding per voorlopige inrichtingsvarianten	160
Tabel 2	Ingrepen in de kwantitatieve waterhuishouding per definitieve inrichtingsvarianten	160
Tabel 3	De gemiddelde jaarlijkse bergingsverandering (Vj) per grondwatertrap binnen het studiegebied,	173
Tabel 4	De bergingscorrectiefactor d voor de verschillende ruimtelijke eenheden.	173
Tabel 5	Veranderingen van grondwatertrappen bij verandering van de GHG of GLG.	173
Tabel 6	Wijzigingen in verdamping als gevolg van veranderingen in grondgebruik.	173
Tabel 7	Grootte van de lek vanuit de reservoirs in de verschillende varianten en de variabelen, die deze bepalen.	175
Tabel 8	Gegevens die gebruikt zijn in de simulatie van de huidige situatie en hun gewicht in de calibratieprocedure.	180
Tabel 9	De doorlatendheid van de verschillende lagen die in de FLOWNET modelleringen zijn gehanteerd.	185
Tabel 10	Waterbalans 1984 voor huidige situatie (waterbalans tbv. planvorming)	189
Tabel 11	GHG, GVG en GLG per beheereenheid voor de uitgangssituatie en verschillende varianten.	192
Tabel 12	De oppervlaktewaterafvoer (in mm/jaar) vanuit het gehele studiegebied en de mogelijke waterwinning per inrichtingsvariant in 1984	193
Tabel 13	De oppervlaktewaterafvoer (in mm/jaar) en de mogelijke waterwinning per inrichtingsvariant in 1984 uitgaande van het vanggebied	200
Tabel a1	Bewortelingsdiepte van gras en loofbos binnen de verschillende beheereenheden.	217

Bijlage 2:

Tabel 1	Grondgebruik in de huidige situatie en definitieve inrichtingsvarianten	223
Tabel 2	Stikstofinput van verschillende vormen van grondgebruik	225
Tabel 3	Omrekenfactoren voor verschillende GHG's en grondwatertrappen	226
Tabel 4	Vergelijking van berekende nitraatgehalten met gemeten waarden in het zandgebied	227
Tabel 5	Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in beheereenheden binnen het vanggebied van spaarbekkens, infiltratiebekkens en grondwaterpompstations	228
Tabel 6	Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in beheereenheden met hoofdfunctie natuur	228
Tabel 7	Het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in beheereenheden met hoofdfunctie landbouw	229
Tabel 8	Gemiddelde nitraatgehalte van het ondiepe grondwater binnen en buiten het vanggebied	229