

Haalbaarheidsonderzoek bestrijding verdroging: Project 't Zand/de Wiersse

Hoofdrapport



WV155

**Haalbaarheidsonderzoek bestrijding
verdroging 't Zand en De Wiersse**

Hoofdrapport

Grontmij Gelderland
O.N. : 17873-23
Doc. : 709MG
Datum : augustus 1993

INHOUD:	pagina:
0. SAMENVATTING	- 1 -
1. INLEIDING	- 4 -
2. PROBLEEMINVENTARISATIE	- 6 -
3. DOELSTELLING EN RANDVOORWAARDEN	- 7 -
3.1 Doelstelling	- 7 -
3.2 Randvoorwaarden	- 7 -
4. WERKWIJZE	- 9 -
4.1 Organisatorisch	- 9 -
4.2 Inhoudelijk	- 10 -
5. GEBIEDSBESCHRIJVING	- 12 -
5.1 Studiegebied	- 12 -
5.2 Geologische ontstaansgeschiedenis	- 12 -
5.3 Oppervlaktewater	- 12 -
5.4 Grondwater	- 14 -
6. MOGELIJKE MAATREGELEN EN OPTREDENDE EFFECTEN	- 15 -
6.1 Inleiding	- 15 -
6.2 Maatregelen en effecten wijziging van de waterverdeling	- 16 -
6.3 Maatregelen en effecten waterconservering en infiltratie in de omgeving van het landgoed De Wiersse	- 20 -
6.4 Maatregelen en effecten infiltratie in de omgeving van 't Zand	- 23 -
6.5 Maatregelen t.b.v. het referentiekader	- 26 -
7. SCENARIO'S VOOR BESTRIJDING VERDROGING	- 28 -
7.1 Algemeen	- 28 -
7.2 Samenstelling combinaties van maatregelen tot scenario's	- 28 -
7.3 Vergelijking effecten van geselecteerde scenario's	- 31 -
7.3.1 Inleiding	- 31 -
7.3.2 Oppervlaktewaterkwantiteit	- 32 -
7.3.3 Grondwaterkwantiteit	- 32 -
7.3.4 Oppervlaktewaterkwaliteit	- 34 -
7.3.5 Grondwaterkwaliteit	- 34 -
7.4 Technische specificatie en globale kostenraming van de scenario's	- 35 -
8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	- 40 -
LITERATUUR	- 42 -

Figuren:

- situatietekening (bij hoofdstuk 1);
- wegzijging/kwel in huidige situatie (bij hoofdstuk 2);
- figuren met effecten (bij hoofdstuk 7).

0. SAMENVATTING

Als uitwerking van het Provinciaal Waterhuishoudingsplan is, in verband met de geconstateerde verdroging in het gebied tussen Zelhem, Ruurlo en Vorden, in de Achterhoek een proefproject uitgevoerd.

Onder begeleiding van een projectgroep, bestaande uit vertegenwoordigers van de meest betrokken partijen, is door Grontmij Advies & Techniek bv een onderzoek verricht naar de bestrijding van de verdroging.

Na een in 1991 uitgevoerd vooronderzoek is de problematiek van de verdroging nader in beeld gebracht, het studiegebied afgebakend en zijn de doelgebieden van de verdrogingsbestrijding vastgesteld.

In en rond de doelgebieden 't Zand en landgoed De Wiersse heeft in 1992 een veldonderzoek plaatsgevonden, waarna een haalbaarheidsonderzoek bestrijding verdroging is gestart. Hierbij zijn, op basis van berekeningen met een computermodel, waterhuishoudkundige maatregelen onderzocht op het effect voor het conserveren van gebiedseigen water van voldoende kwaliteit, waardoor de grondwaterstanden in het gebied kunnen worden verhoogd.

Uit deze separate maatregelen zijn 4 zogenaamde scenario's samengesteld. Deze combinaties van maatregelen zijn:

1. infiltratie in het landbouwgebied rond pompstation Het Klooster, vergroten van de afvoer van de benedenloop van de Baakse Beek en opzetten van enige stuwpeilen in deze beek, aanvoer van water naar langs de benedenloop van de Baakse Beek en op de flanken van De Wiersse gelegen gronden;
2. als scenario 1, waarbij tevens het waterpeil in het Wolfersveen wordt verhoogd;
3. als scenario 2, echter in plaats van de infiltratie in het landbouwgebied rond Het Klooster met infiltratie in een 30 ha. groot bassin bij 't Zand;
4. slechts een 10 ha. groot infiltratie bassin bij 't Zand op een lager waterpeil, vergroten van de afvoer van de benedenloop van de Baakse Beek en opzetten van enige stuwpeilen in deze beek.

Verskillende effecten op zowel de waterkwantiteit als de kwaliteit zijn onderzocht en per scenario onderling vergeleken, zoals:

- toename kweloppervlak en kwelintensiteit;
- verhoging gemiddeld laagste grondwaterstand;
- verhoging gemiddeld hoogste grondwaterstand;
- opbrenstoename landbouw door verbeterde vochtvoorziening;
- opbrengsdepressie landbouw door wateroverlast;
- oppervlaktewaterkwantiteit en -kwaliteit in de beken;
- hoeveelheid geïnfiltreerd water;
- kwaliteit van het grondwater.

De uit te voeren technische maatregelen zijn bepaald, alsmede de daaraan verbonden kosten globaal geraamd.

De conclusies van het haalbaarheidsonderzoek zijn als volgt samen te vatten:

- de hoeveelheid geïnfiltreerd water ligt voor de scenario's 1, 2 en 3 op een vergelijkbaar niveau van ca. 4 miljoen m³/jaar en is vergelijkbaar met de huidige grondwateronttrekking bij Het Klooster. Bij scenario 4 is de hoeveelheid geïnfiltreerd water slechts ca. 1 miljoen m³/jaar;
- rond De Wiersse zijn de effecten op de kwelstromen bij de scenario's 1, 2 en 3 slechts ca. 30% groter dan bij scenario 4. Wel zijn bij laatstgenoemd scenario de mogelijkheden van vernatting beduidend lager. Rond 't Zand heeft scenario 1 een gunstiger invloed op de omvang van kwelgebieden dan de scenario's 2 en 3;
- op de landbouwopbrengsten werken de scenario's in het algemeen negatief door, omdat de wateroverlast zich sterker doet gelden dan de betere vochtvoorziening, scenario 4 heeft de minste invloed. Voor de andere scenario's kan het effect worden beperkt door een selectieve detailinrichting;
- de effecten op de bosproductie zijn voor de eerste 3 scenario's vergelijkbaar en positief. Bij een nadere uitwerking dienen te hoge en te snel veranderende grondwaterstanden te worden geïnventariseerd;
- de grondwaterkwaliteit bij Het Klooster wordt niet negatief beïnvloed. Rond 't Zand wordt vooral bij scenario 1 het gebied met een gunstige "kwelwater"-samenstelling vergroot. Rond De Wiersse bieden de scenario's 1, 2 en 3 daarvoor in gelijke mate de beste mogelijkheden;
- de afvoeren van oppervlaktewater in de benedenloop van de Baakse Beek nemen belangrijke toe, innodaties langs de beek treden niet op. Voor de benedenloop van de Veengoot zijn er geen belangrijke verschillen tussen de scenario's. De kwelstroming naar de Lindense Laak en de Oosterwijkse Vloed neemt toe bij de scenario's 1, 2 en 3. De toename in de waterafvoer is echter beperkt en bij scenario 3 het grootst. Bij scenario 4 zijn de effecten op de afvoer verwaarloosbaar klein;
- de oppervlaktewaterkwaliteit scoort voor alle scenario's gelijk. De effecten op Oosterwijkse vloed en Lindense Laak zijn gering, voor de benedenloop van de Baakse Beek treedt ten opzichte van de huidige situatie een verbetering op. Wordt echter door aanvullende maatregelen op de rioolwaterzuiveringsinstallaties in de toekomst het fosfaat- en stikstofgehalte in het effluent verbeterd, dan heeft de kwaliteit van het water uit de bovenloop een negatieve invloed op de benedenloop. De algengroei wijzigt niet in de benedenloop van de Baakse Beek, het zuurstofgehalte wordt iets beter.

De waterkwaliteit in de benedenloop van de Veengoot wordt beter door het afleiden van water uit de bovenloop van de Baakse Beek;

- de kosten van de diverse scenario's zijn als volgt samen te vatten:

Scenario	Kosten in miljoen guldens	
	De Wierse	't Zand
1	1,5	2,5
2	1,5	6,5
3	1,5	7,2
4	0,9	1,1

De conclusie van een en ander is dat de scenario's 1, 2 en 3 in principe goede mogelijkheden bieden voor de bestrijding van de verdroging. Scenario 1 is rond 't Zand het meest flexibel en door een selectieve detailinrichting kunnen negatieve effecten op landbouw of bosproductie worden beperkt.

Bij scenario 3 zijn deze negatieve effecten het kleinst. De scenario's 1 en 3 bieden derhalve de beste perspectieven.

Nader onderzoek is nog nodig naar het risico van schade aan bomen door te hoge of te snel stijgende grondwaterstanden. Op het landgoed De Wiersse dienen de te creëren oppervlaktewaterstromen te worden geïnventariseerd ten behoeve van wateraanvoer naar de flanken op het landgoed in het oostelijk gedeelte. In verband met onzekerheden ten aanzien van leem- of gestuwde tertiaire kleilagen dient hiernaar nader veldonderzoek te worden gedaan.

1. INLEIDING

Ten noorden en ten noordoosten van Zelhem, binnen het stroomgebied van de Baakse Beek, de Van Heeckerenbeek, de Veengoot, de Lindense Laak en de Oosterwijkse Vloed is verdroging van de natuur geconstateerd (voor ligging van het gebied zie bijgevoegde situatietekening).

Als uitwerking van het Provinciaal Waterhuishoudingsplan "Water in beweging" is binnen de regeling Regionaal Integraal Waterbeheer (REGIWA) een proefproject gestart om de verdroging in het genoemde gebied te bestrijden.

Voor de nadere afbakening van de aandachtsgebieden en om te komen tot een plan van aanpak voor het project is in 1991 een vooronderzoek uitgevoerd, waarbij de problematiek van de verdroging nader in beeld is gebracht. Een belangrijke conclusie van het vooronderzoek is dat kennis van het gehele regionale (geo)hydrologische systeem gewenst zou zijn om tot een duurzame bestrijding van verdroging te komen. Dit betreft zowel de grond- en oppervlaktekwantiteit als -kwaliteit. Op basis van het vooronderzoek zijn de aandachtsgebieden voor verdrogingsbestrijding nader afgebakend tot een studiegebied dat wordt begrensd door de kernen Zelhem in het zuiden, Ruurlo in het noordoosten en Vorden in het noordwesten. Meer specifiek worden de effecten van verdrogingsbestrijding onderzocht op de zgn. doelgebieden 't Zand en landgoed De Wiersse. Het vooronderzoek (Grontmij nv, oktober 1991) heeft geleid tot een plan van aanpak voor het "Haalbaarheidsonderzoek bestrijding verdroging 't Zand en De Wiersse" zoals door de begeleidende projectgroep is opgesteld.

Onder verantwoordelijkheid van de projectgroep heeft Grontmij Advies & Techniek bv opdracht gekregen om het haalbaarheidsonderzoek uit te voeren.

Het haalbaarheidsonderzoek is gericht op de inschatting van de haalbaarheid van bepaalde waterhuishoudkundige maatregelen en de combinatie van maatregelen (scenario's) die tot doel hebben: het conserveren van gebiedseigen water van voldoende kwaliteit, waardoor de grondwaterstanden in het gebied kunnen worden verhoogd. Tevens kunnen daardoor de kwelintensiteit, de oppervlakte waarover dit optreedt en de oppervlaktewaterafvoer in de ecologisch belangrijke beken worden vergroot. In het haalbaarheidsonderzoek zullen de ecologische gevolgen voor de natuur worden aangegeven. Hiervoor is door de projectgroep een aparte werkgroep geformeerd, die de onderzoeksresultaten separaat rapporteert.

Het onderhavige hoofdrapport geeft tezamen met het bijbehorende basisrapport de resultaten weer van dit haalbaarheidsonderzoek. In het hoofdrapport worden in samenvatte vorm de uitgangsgegevens en berekeningsresultaten uit het basisrapport in essentie weergegeven.



In hoofdstuk 2 worden eerst de verdrogingsproblemen geïnterpreteerd, waarna in hoofdstuk 3 de doelstelling en de gehanteerde randvoorwaarden voor dit onderzoek worden geformuleerd. In hoofdstuk 4 wordt de werkwijze binnen het onderzoeksproject uiteengezet, zowel in organisatorische als inhoudelijke zin.

Voor een goed begrip van de huidige situatie en om de waterhuishoudkundige maatregelen op een juiste wijze te kunnen beoordelen, wordt in hoofdstuk 5 een (geo)hydrologische gebiedsbeschrijving gegeven,

Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 ingegaan op de mogelijk te treffen maatregelen om aan de doelstelling te kunnen voldoen. In hoofdstuk 7 wordt de wijze van scenario-ontwikkeling beschreven en worden de optredende effecten aangegeven. Ten slotte worden in hoofdstuk 8 de conclusies en aanbevelingen geformuleerd.



Twee oorzaken van verdroging nabij bosgebied 't Zand: een ruim gedimensioneerd ontwateringssysteem en onttrekking van water voor beregening in droge perioden.

2. PROBLEEMINVENTARISATIE

In het Waterhuishoudingsplan van de provincie Gelderland (1991) wordt verdroging gedefinieerd als "schade aan land- en waternatuur als gevolg van te lage grondwaterstanden, vermindering van kwelstromen of het droogvallen van wateren". Volgens het verdrogingsonderzoek van de provincie Gelderland ("Verdroging grijpt in! [in Gelderland]", december 1992) is zowel het gebied tussen Vorden en Ruurlo, waarin het landgoed De Wiersse ligt, als het gebied 't Zand ernstig verdroogd. Oorzaken hiervan zijn met name ingrepen in de landbouwwaterhuishouding (ruilverkavelingen en andere verbeteringswerken) en lokale grondwateronttrekkingen (drinkwater, industrie en landbouw).

In de doelgebieden zijn de laatste decennia meer concreet de navolgende hydrologische veranderingen geconstateerd:

- verminderde waterafvoer benedenloop Baakse Beek door de afkoppeling via de Van Heeckerenbeek, waardoor de watervoorziening van de grachten op de landgoederen problematisch wordt;
- droogvallen van weidepoelen, gegraven putten en brongebieden van o.a. de Lindense Laak en de Oosterwijkse Vloed;
- aanzienlijke daling van de grondwaterstanden, voor het zomerhalfjaar van 0,1 à 0,2 m rond de Wiersse en 0,1 à 0,3 m rond 't Zand en, o.a. door de waterwinning, met name rond Het Klooster tot ca. 0,7 m;
- afname van zowel het kweloppervlak als de - intensiteit.

De gebieden waar wegzijging of kwel optreedt in de huidige situatie zijn weergegeven op bijgevoegde figuur.

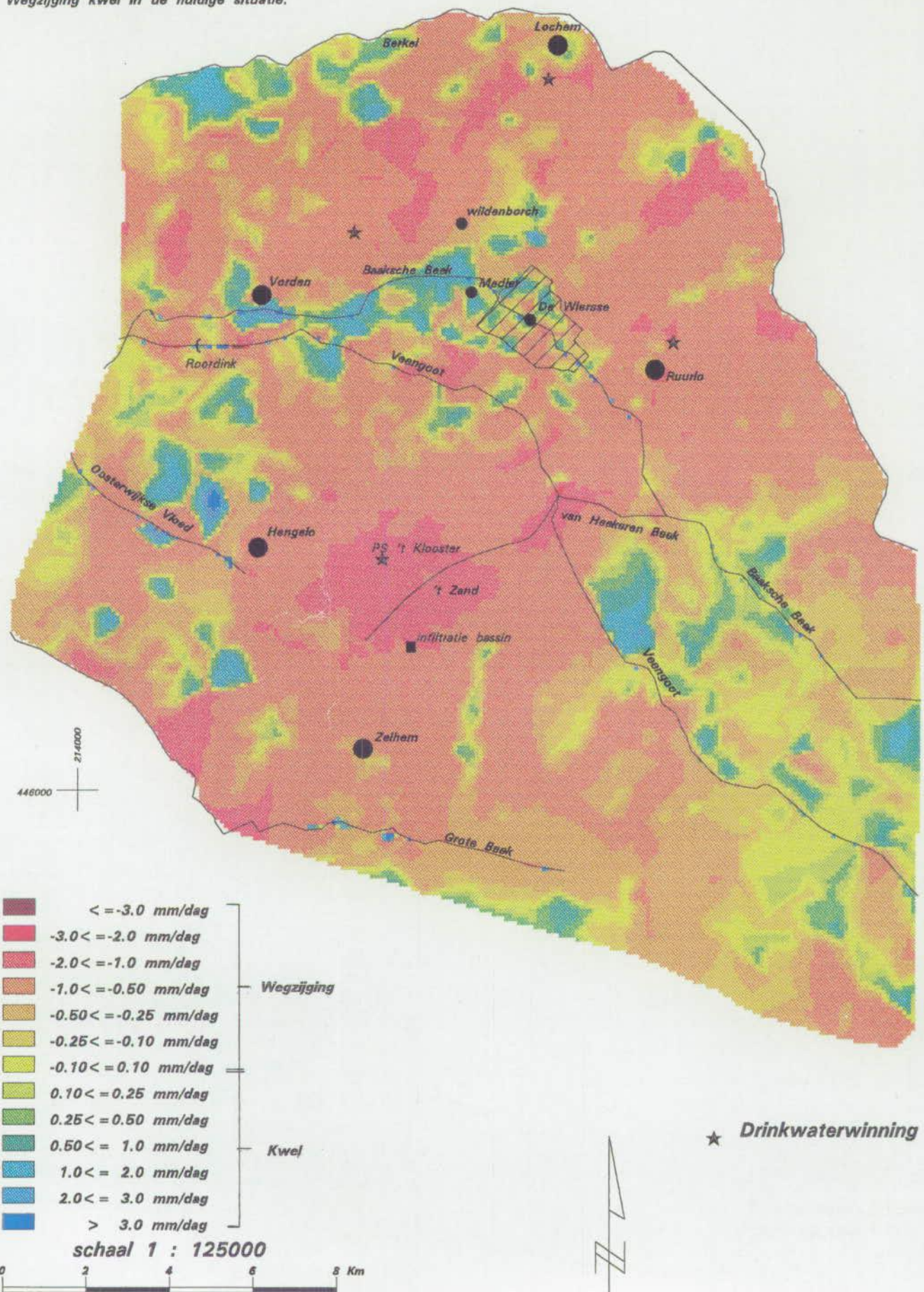
Naast deze hydrologische veranderingen wordt de achteruitgang van de natuur (verruiging van begroeiing) versterkt door:

- zure neerslag;
- mestuitspoeling;
- lozing afvalwater en effluent rioolwaterzuiveringen op de beken.

Beïnvloeding van deze factoren valt buiten het kader van het onderzoek.

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Wegzijing kwel in de huidige situatie.



3. DOELSTELLING EN RANDVOORWAARDEN

3.1 Doelstelling

De doelstelling van het project bestrijding verdroging 't Zand en de Wiersse is het conserveren van gebiedseigen water van voldoende kwaliteit, waardoor de grondwaterstanden in de doelgebieden worden verhoogd en de kwelintensiteit, alsmede het oppervlak waarover dit optreedt, worden vergroot. Tevens zal hierdoor de watervoorziening in de brongebieden van beken (onder andere Lindense Laak en Oosterwijkse Vloed) worden verbeterd. De oppervlaktewaterafvoer uit het gebied dient voor een groter deel door de benedenloop van de Baakse Beek te worden geleid. In het haalbaarheidsonderzoek worden de effecten van de mogelijke maatregelen en van de daaruit samen te stellen scenario's nader bestudeerd.

De voor het halen van de doelstelling benodigde maatregelen zijn (geo)hydrologisch van aard en richten zich op de volgende watersystemen:

- oppervlaktewater Baakse Beek, Van Heeckerenbeek en Veengoot;
- oppervlaktewater De Wiersse;
- oppervlaktewater 't Zand;
- grondwater De Wiersse;
- grondwater 't Zand.

Voorzover aanwezig worden de relaties tussen deze systemen aangegeven en de gevolgen van de activiteiten op zowel de kwantiteit (grondwaterstanden en oppervlaktewaterafvoeren), als de kwaliteit (grond- en oppervlaktewatersamenstelling) vermeld. Waar in dit rapport verder wordt gesproken over waterkwantiteit of -kwaliteit, -systeem of -huishouding wordt, tenzij anders is aangegeven, zowel grond- als oppervlaktewater bedoeld.

Aanvullende maatregelen voor de ontwikkeling van natuurwaarden, alsmede de gevolgen van de (geo)hydrologische maatregelen voor de natuur, vallen buiten het kader van dit rapport en worden separaat gerapporteerd.

3.2 Randvoorwaarden

Vanuit de verschillende belangen zijn de volgende randvoorwaarden en wensen ten aanzien van de verdrogingsbestrijding geuit:

- natuur-, cultuurhistorische en landschappelijke waarden staan onder sterke druk van de verdroging; deze verdroging dient te worden bestreden met gebiedseigen water, waarvoor de piekafvoeren uit de Veengoot en Baakse Beek zouden kunnen worden toegepast;

- ten behoeve van een integrale belangenafweging is het gewenst dat de keuze van maatregelen voor verdrogingsbestrijding mede afhankelijk wordt gesteld van de gevolgen voor andere dan natuurbelangen in het gebied, zoals landbouw, bosbouw, landschap en cultuurhistorie, alsmede de wateraanvoer in meer stroomafwaarts delen van de Veengoot en de Baakse Beek;
- inrichting en beheer van het landelijke gebied dienen op zowel natuur-, cultuurhistorische en landschappelijke als ook op economische functies afgestemd te worden. Zonodig dienen hier keuzes te worden gemaakt;
- voor strikte landbouwgebieden zal, conform activiteit 24 van het provinciaal Waterhuishoudingsplan, een ontwateringsdiepte beneden het maaiveld van 0,3 m voor weiland en 0,5 m voor bouwland bij de ontwerpafvoer worden aangehouden;
- verandering in de waterhuishouding dient getoetst te worden aan de bosbouwkundige betekenis van de bossen; schade (bijvoorbeeld door schoksgewijze veranderingen in de grondwaterstanden) dient voorkomen te worden;
- binnen het project worden geen functiewijzigingen van grond nagestreefd. Mocht dit echter noodzakelijk zijn voor de duurzame verdrogingsbestrijding, dan worden hiervoor aanbevelingen gedaan;
- de actuele grondwateronttrekkingen voor drinkwater binnen het studiegebied zullen gehandhaafd blijven;
- eventueel infiltratiewater dient van voldoende kwaliteit te zijn, waarvoor eventueel een eenvoudige waterzuivering mag worden toegepast, zodat na winning van het grondwater geen extra zuiveringen van het grondwater noodzakelijk zijn om het grondwater geschikt te maken voor drinkwater;
- het is gewenst om de milieukwaliteit te verbeteren tot het niveau van de in de Derde Nota Waterhuishouding geformuleerde Algemene Milieu Kwaliteit. Uitgangspunt van dit rapport is dat dit op termijn zal worden gerealiseerd.

4. WERKWIJZE

4.1 Organisatorisch

Fasering onderzoek.

In een vooronderzoek (rapport Grontmij nv, oktober 1991) is de problematiek van de verdroging in het studiegebied nader in beeld gebracht, zijn leemten in kennis aangegeven en is een plan van aanpak voor het project ter bestrijding van verdroging opgesteld. Dit vooronderzoek is grotendeels uitgevoerd door middel van interviews met de belangrijkste betrokken partijen.

Op basis van de onderzoeksvragen en de aanbevelingen in het vooronderzoek is door de projectgroep een plan van aanpak voor een haalbaarheidsstudie, met de te onderzoeken maatregelen nader vastgesteld. Bij de uitvoering van het haalbaarheidsonderzoek zijn deze te onderzoeken maatregelen nader gedetailleerd.

Begeleiding van het onderzoek

Voor de realisering van dit project en voor de inbreng van specifieke deskundigheid is er op initiatief van de provincie Gelderland een projectgroep opgericht bestaande uit vertegenwoordigers van de in het kader van dit project meest betrokken partijen, te weten:

- NV Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland;
- Provincie Gelderland (Dienst Milieu en Water);
- Landinrichtingsdienst;
- Consulentenschap Natuur, Bos, Landschap en Fauna;
- Zuiveringsschap Oostelijk Gelderland;
- Waterschap IJsselland-Baakse Beek;
- het particulier landgoed De Wiersse.

Uit de projectgroep werden periodiek werkgroepen geformeerd voor de dagelijkse begeleiding en de uitvoering van specifieke taken.

Binnen Grontmij Advies & Techniek bv is het onderzoek uitgevoerd door een multidisciplinair team. Met betrekking tot de beschrijving van het (grond-)watersysteem in samenhang met de geochemie, morfologie en geologische kenmerken van het gebied is gebruik gemaakt van de specialistische kennis en ervaring van prof.dr. G.B. Engelen (voorheen VU-Amsterdam, tegenwoordig Hydroconsult - Hengelo (Gld)).

4.2 Inhoudelijk

Bij aanvang van de studie zijn via veldonderzoek eerst de tot dan aanwezige leemten in kennis opgevuld. Zo is op en rond De Wiersse het peilbuizennet verdicht, zijn enige malen de grondwaterstanden opgenomen en is een aantal monsters van het grondwater genomen voor nadere analyse. Tevens is de waterafvoer verdeling tussen Baakse Beek, Van Heeckerenbeek en Veengoot bepaald en werd de samenstelling van het oppervlaktewater geanalyseerd. Op basis van dit veldonderzoek en elders reeds beschikbare informatie, werd voor het studiegebied een rekenmodel samengesteld, waarmee het mogelijk werd tijdsafhankelijke berekeningen uit te voeren van grondwaterstands- en -kwaliteitsveranderingen, alsmede de oppervlaktewaterafvoeren en -kwaliteit te voorspellen.

Het computermodel is geijkt met meetgegevens uit de '80-er jaren. Om de doelstelling (hoofdstuk 3.1) te halen, is een aantal concreet te treffen hydrologische maatregelen binnen de oppervlakte- en grondwatersystemen geprojecteerd. Met het computermodel zijn de effecten van de maatregelen op zowel de kwantiteit als de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater onderzocht. De maatregelen vinden deels plaats buiten de doelgebieden 't Zand en De Wiersse. De effecten op andere belangen, te weten: landbouw, bosbouw, grondwaterwinning voor drinkwater e.d. zijn eveneens aangegeven. De maatregelen zijn allen gericht op vernatting en zo geprojecteerd dat de kans van slagen het grootst is in het studiegebied en de realiseerbaarheid, in technische en organisatorisch zin, voldoende groot is.

De volgende typen maatregelen zijn onderzocht:

- a. maatregelen gericht op een wijziging van de waterverdeling tussen Baakse Beek, Van Heeckerenbeek en Veengoot;
- b. maatregelen gericht op waterconservering en infiltratie omgeving De Wiersse;
- c. maatregelen gericht op waterconservering en infiltratie bij 't Zand;
- d. maatregelen ten behoeve van een referentiekader.

In hoofdstuk 6 wordt nader op deze maatregelen ingegaan en worden de effecten in het kort weergegeven.

Het combineren van mogelijke maatregelen heeft geleid tot het opstellen van vier scenario's. Van belang daarbij is dat de combinatie van maatregelen technisch uitvoerbaar moet zijn. Maatregelen waarvan de effecten zeer beperkt zijn, worden niet in de scenario's meegenomen. De in hoofdstuk 7 weergegeven scenario's gaan in het algemeen uit van een maximaal haalbare beïnvloeding van het (grond-)watersysteem, waarbij een nadere detaillering om de verschillende effecten bij te stellen, mogelijk is. In het basisrapport zijn de effecten van de onderzochte scenario's gedetailleerd beschreven.

De beschreven effecten hebben betrekking op:

- grondwaterstandsveranderingen in studie- en doelgebied;
- oppervlaktewaterpeilen in studie- en doelgebied en mogelijke gevolgen daarvan stroomafwaarts;
- hoeveelheid geïnfiltreerd water;
- gevolgen voor kweloppervlak en -intensiteit;
- gevolgen voor land- en bosbouw;
- kwaliteit(sveranderingen) van oppervlaktewater en geïnfiltreerd water;
- gevolgen voor grondwaterwinning voor drinkwater.

Van de scenario's zijn de directe uitvoeringskosten alsmede de jaarlijkse beheerskosten globaal geraamd. Voorstellen voor monitoring van de in de toekomst te verwachten veranderingen en van nog aan te bevelen nader onderzoek zijn in hoofdstuk 8 nader uitgewerkt.

In dit rapport zijn de gevolgen voor de natuur niet in detail aangegeven. Daarvoor is door de begeleidende projectgroep een aparte werkgroep samengesteld met deskundigen op het gebied van flora en fauna, die separaat heeft gerapporteerd. Door de projectgroep zal de bestuurlijke haalbaarheid van de scenario's worden onderzocht en zullen eindconclusies worden getrokken. De resultaten daarvan zullen als aanbeveling tevens separaat worden gerapporteerd.



Drooggevallen Baakse Beek bij het verdeelpunt met de Van Heeckerenbeek.

5 GEBIEDSBESCHRIJVING

5.1 Studiegebied

Het haalbaarheidsonderzoek bestrijding verdroging richt zich op het studiegebied, dat globaal wordt begrensd door de kernen Zelhem in het zuiden, Ruurlo in het noordoosten en Vorden in het noordwesten. Speciale doelgebieden hierbinnen zijn het landgoed De Wiersse gelegen tussen Ruurlo en Vorden en het bosgebied 't Zand met het daarbij gelegen drinkwaterpompstation Het Klooster. Een en ander is aangegeven op de bij hoofdstuk 1 gevoegde situatietekening.

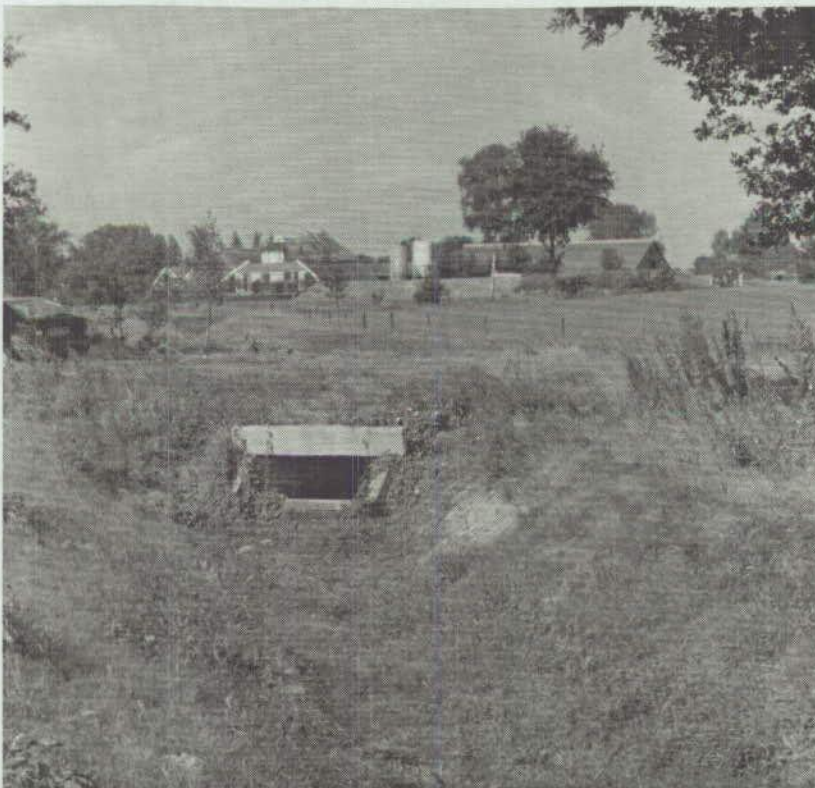
5.2 Geologische ontstaansgeschiedenis

De topografie van het gebied is in een ver verleden mede door het landijs gemodelleerd. Daardoor werd een diep bekken gevormd - het huidige IJsseldal - en ontstonden diverse stuwwallen. Rond het studiegebied getuigen daarvan nog de Lochemer Berg en het Montferland. Tussen deze stuwwallen, die nog in het landschap herkenbaar zijn, ligt in de ondergrond een begraven stuwwal langs de lijn De Wiersse, Zelhem, Doetinchem. Na en tussen de ijstijden werden door de wind dekzandlagen afgezet en later vooral door de rivieren grove zanden, waaruit gedurende de laatste geologische periode (Holoceen) door verstuiving landduinen werden gevormd (o.a. 't Zand). In de dekzandgebieden ontwikkelden zich beekstelsels en werd bij een lage ligging veen gevormd. De begraven stuwwal heeft een zekere invloed op de van oost naar west gerichte (grond)waterstromingen, waarbij op een aantal plaatsen (o.a. Ruurlo/De Wiersse) doorbraken of overlopen in de stuwwal aanwezig zijn. Nabij deze onderbreking in de begraven stuwwal loopt de oppervlaktewaterafvoer vanuit het oostelijk gelegen Centraal Achterhoekse Bekken naar het IJsseldal via de Baakse Beek, de Veengoot en de verbindende Van Heeckerenbeek. Tevens lopen westelijk van de stuwwal een aantal beken in de richting van de IJssel (o.a. Lindense Laak en Oosterwijkse Vloed).

5.3 Oppervlaktewater

Het waterkwantiteitsbeheer in het gebied berust bij het Waterschap IJsselland-Baakse Beek. Het grootste deel van het water uit de bovenloop van de Baakse Beek wordt via de Van Heeckerenbeek naar de Veengoot geleid. Dit systeem is aangelegd gezien de beperkte afvoercapaciteit van de benedenloop van de Baakse Beek. De daaraan gelegen landgoederenzone is in het zomerhalfjaar voor de watervoorziening van de beek grotendeels afhankelijk van de effluentlozing van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Ruurlo. Verder wordt in de beken en gegraven watergangen de afvoer en de waterverdeling geregeld met een aantal stuwen en een afsluitbare duiker tussen benedenloop van de Baakse Beek en de Van Heeckerenbeek. Gedurende de zomermaanden is er echter in het algemeen geen sprake van een daadwerkelijke afvoer, terwijl in de winter en het voorjaar incidenteel hoge afvoeren optreden.

Naast de lozing van het effluent van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Ruurlo op de benedenloop, loost op de bovenloop van de Baakse Beek de rioolwaterzuiveringsinstallatie Lichtenvoorde en ook vindt op diverse plaatsen bij hevige neerslag via overstorten directe lozing van rioolwater plaats (op zowel de Baakse Beek als de Veengoot). Daarnaast worden de beken met verontreinigde stoffen belast door lozing van ongezuiverd huishoudelijk afvalwater en door af- en uitspoeling van meststoffen vanaf landbouwgrond. Het waterkwaliteitsbeheer in het gebied wordt gevoerd door het Zuiveringschap Oostelijk Gelderland, dat er naar streeft de waterkwaliteit van de genoemde beken te verbeteren door o.a. de kwaliteit van het effluentwater te verbeteren en de directe rioollozingen te verminderen. De kwaliteit van het water in de Baakse Beek is in het algemeen slechter dan in de Veengoot, vooral wat betreft nutriënten (voedingsstoffen) en chloride (lozing Lichtenvoorde). Ook in perioden met nagenoeg geen afvoer treedt in de beken echter geen onaanvaardbare algengroei op. In de benedenloop van de Baakse Beek en in de hele Veengoot en de Oosterwijkse Vloed heeft het water zelfs een grondwaterkarakter en in de Lindense Laak is sprake van voedselarm water. Verontreinigingen met zware metalen en bestrijdingsmiddelen zijn tijdens dit onderzoek in de watergangen in geringe mate en niet normoverschrijdend aangetoond ($< \text{AMK}$). De hoeveelheid slib op de bodem van de beken wisselt sterk, maar vooral bij de lozingspunten van de RWZI's is een dik slibpakket op de bodem van de beken opgebouwd. Dit slib is in het studiegebied matig verontreinigd (klasse 2-waterbodem), maar nabij Lichtenvoorde wordt sterk verontreinigd slib aangetroffen (klasse 4-waterbodem). De Oosterwijkse Vloed en Lindense Laak bevatten slechts een beperkte hoeveelheid voedingsstoffen. In de bovenlopen is sprake van een waardevolle gemeenschap van macrofauna (waterinsekten), die ook in andere zwak stromende, 's zomers droogvallende, bovenlopen aanwezig kunnen zijn.



De verdroogde Oosterwijkse Vloed.

5.4 Grondwater

Voor de op regionale schaal van zuid-oost naar noord-west gerichte grondwaterstroming zijn de ligging van de ondoorlatende diepgelegen klei en de dikte van de daarboven gelegen goed doorlatende zandlagen van belang. Deze dikte neemt van oost naar west aanzienlijk toe, waarbij zich in de zandlaag minder doorlatende lagen kunnen bevinden (o.a. westelijk van de lijn Vorden-Hengelo). Ook de begraven stuwwal vormt plaatselijk een slecht doorlatende barrière in het zandpakket. Oostelijk van deze stuwwal is in het zand geen scheidende laag aanwezig. De seizoensfluctuaties van grondwaterstanden zijn rond Het Klooster en in het Wolfersveen groot. In de dalen van de Baakse Beek en de Veengoot is deze seizoensfluctuatie zeer beperkt. Door menselijk ingrijpen (o.a. ruilverkavelingen) is de grondwaterstand sinds de jaren '60 in het studiegebied op veel plaatsen meerdere decimeters gedaald. Daarnaast heeft de grondwaterwinning voor de drinkwatervoorziening van de Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland plaatselijk een aanzienlijke invloed op de grondwaterstanden (zie basisrapport). De landbouwgronden in het gebied zijn in het algemeen gevoeliger voor wateroverlast dan voor droogteschade. Dit geldt niet voor de hooggelegen zandgebieden rond Het Klooster, waar verhoging van de grondwaterstanden gunstig uitwerkt op de landbouwopbrengsten.

De kwaliteit van het jonge, ondiepe grondwater wordt beïnvloed door uitspoeling van meststoffen en door atmosferische depositie. De opkomst van de intensieve veehouderij in de regio gedurende de laatste tientallen jaren is hiervan de oorzaak. Op plaatsen waar kwel van 'oud' grondwater optreedt zijn deze factoren niet herkenbaar in de watersamenstelling, doordat het moment waarop dit water infiltreerde in de ondergrond zover teruggaat in de tijd, dat zowel de uitspoeling van meststoffen als de atmosferische depositie nog nauwelijks een rol van betekenis speelden.

Het onderscheid in de watersamenstelling van het ondiepe grondwater is in het onderzoek toegepast als onderbouwing van het grondwaterstromingspatroon. Ten oosten van de begraven stuwwal komt een aaneengesloten kwelgebied voor. Ten westen van de stuwwal is er sprake van een geschakeerd patroon van kwel- en infiltratiegebieden met overwegend kortere verblijftijden. Op De Wiersse is er op de hoger gelegen delen sprake van inzijging, in de lager gelegen delen is er sprake van een kwelsituatie.

Rond Het Klooster blijkt uit de grote verschillen in waterkwaliteit dat op een relatief geringe diepte beneden maaiveld de reactiviteit van de ondergrond hoog is. Deze hoge reactiviteit zorgt ervoor dat hoge nitraatconcentraties als gevolg van uitspoeling van meststoffen beperkt blijven tot het ondiepe grondwater. Door deze afbraak van nitraat neemt de hardheid van het diepere grondwater toe.

6. MOGELIJKE MAATREGELEN EN OPTREDENDE EFFECTEN

6.1 Inleiding

De onderzochte maatregelen ter bestrijding van de verdroging zijn primair gericht op de beïnvloeding van de waterhuishouding, zodanig dat een goede waterkwantiteit en waterkwaliteit ontstaat voor de vochtafhankelijke natuur.

De primaire effecten die hierbij worden nagestreefd zijn:

- herstel van de natuurlijke oppervlaktewaterafvoeren in vooral de Baakse Beek, de Oosterwijkse Vloed en de Lindense Laak;
- verhoging van de grondwaterstanden;
- vergroting van de kwelintensiteit en het oppervlak van kwelgebieden.

Deze primaire effecten oefenen indirect gunstige invloed uit op de natuur in de vorm van:

- herstel van een meer natuurlijk beekmilieu;
- verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit;
- herstel van de vochtvoorziening van vochtminnende natuur;
- herstel van voedselarm kalkrijk kwelwater in de wortelzone in de gebieden met van oorsprong kwelafhankelijke natuur (zie voor huidige situatie figuur in hoofdstuk 2).

De genoemde primaire effecten kunnen ook nadelige invloed uitoefenen in de vorm van wateroverlast voor de landbouw en de bosbouw, of door vergroting van de uitspoeling van meststoffen en dergelijke. Uitgangspunt is dat deze effecten bij de afstemming van de maatregelen zoveel mogelijk worden gereduceerd.

Voor het bereiken van de genoemde primaire effecten worden de volgende typen van maatregelen onderscheiden:

- maatregelen gericht op een wijziging van de waterverdeling;
- maatregelen gericht op waterconservering en infiltratie in de omgeving van het landgoed De Wiersse;
- maatregelen gericht op waterconservering en infiltratie in de omgeving van 't Zand;

In de paragrafen 6.2 tot en met 6.4 worden deze maatregelen nader belicht.

Voor het vergelijken van de effecten van de te nemen maatregelen is een referentiekader nodig. Hiervoor is het volgende onderzocht:

- wat zijn de effecten als alle grondwaterwinningen zouden worden gestopt?;
- oefent de Veengoot (afgezien van de functie voor de afvoer van water) ook nog een negatieve invloed uit als drainerende waterloop, waardoor een extra grote hoeveelheid grondwater uit het gebied wordt afgevoerd?;
- wat zijn de effecten als er ook in het stroomgebied van de Berkel (ten noorden van het landgoed De Wiersse) peilmaatregelen worden genomen?

Hierbij wordt opgemerkt dat uitwerking van de genoemde maatregelen niet past binnen de onder paragraaf 3.2 geformuleerde uitgangspunten en dat deze maatregelen derhalve buiten het aandachtsgebied van deze studie vallen. De gestelde vragen wordt danook niet in detail beantwoord.

6.2 Maatregelen en effecten wijziging van de waterverdeling

Algemeen

De verdroging van het gebied uit zich voor een belangrijk deel in de vorm van watertekorten in het zomerhalfjaar. De oorzaak hiervan kan voor een deel worden toegeschreven aan de in het verleden uitgevoerde waterhuishoudkundige ingrepen, waardoor het toestromende neerslagwater versneld uit het gebied wordt afgevoerd. Om de hoge afvoerpieken die daardoor zijn ontstaan te verwerken, is de afvoercapaciteit van de Veengoot vergroot en wordt het water uit de bovenloop van de Baakse Beek bij hoge afvoeren afgeleid naar de benedenloop van de Veengoot, via de gegraven Van Heeckerenbeek.

Maatregelen

Om tot een verbetering van de verdeling van de beschikbare waterhoeveelheden te komen en om de snelle afvoer van water uit het studiegebied te beperken, zijn de volgende maatregelen onderzocht:

- a. het afvoeren van zoveel mogelijk water door de benedenloop van de Baakse Beek;
- b. het afvoeren en bufferen van piekafvoeren uit de Veengoot in een water retentie reservoir;
- c. het bufferen van water in het landbouwgebied 't Wolfersveen;
- d. afleiding van water uit de bovenloop van de Baakse Beek richting infiltratiegebieden omgeving 't Zand;

Het afvoeren van zoveel mogelijk water door de benedenloop van de Baakse Beek

Als randvoorwaarden bij de afvoer van zoveel mogelijk water door de benedenloop van de Baakse Beek zijn de volgende beperkingen gesteld:

- de door deze maatregel optredende vermindering van de afvoer via de Veengoot mag niet leiden tot een vermindering van de waterkwaliteit aldaar; indien nodig dient ter bestrijding van algengroei een minimale basisafvoer in de Veengoot te worden gehandhaafd;
- de verhoogde afvoer dient geen inundaties te veroorzaken langs de flanken van de benedenloop van de Baakse Beek.



De Veengoot als moeras en infiltratiekanaal in het groeiseizoen.

Op basis van deze beperkingen is vastgesteld dat afvoer vanuit de bovenloop van de Baakse Beek tot een maximum van 2 m³/s naar de benedenloop kan worden afgeleid. De afvoerpieken boven 2 m³/s worden via de van Heeckerenbeek en de benedenloop van de Veengoot afgeleid.

Het is niet nodig dat in de benedenloop van de Veengoot een zekere basisafvoer wordt gehandhaafd, omdat:

- gedurende de zomermaanden ook thans reeds perioden zijn met een stagnerende afvoer in de Veengoot, die niet leiden tot een onaanvaardbare algengroei. Voor een langere periode met stagnerende afvoer worden hierin geen veranderingen verwacht;

- ook in de toekomst er perioden zullen blijven met stagnerende aanvoer van water uit de bovenlopen van de Veengoot en de Baakse Beek, zodat een minimum basisafvoer eenvoudig niet is te handhaven.

Effecten

Waterkwantiteit Baakse Beek:

Door deze maatregel nemen de afvoeren in de benedenloop van de Baakse Beek belangrijk toe. Per winterhalfjaar neemt de gemiddelde afvoer in de benedenloop van de Baakse Beek toe van circa 9,5 miljoen tot circa 25 miljoen m³. Per zomerhalfjaar neemt de afvoer gemiddeld toe van circa 4 tot circa 8 miljoen m³.

Waterkwaliteit Baakse Beek ten opzicht van de huidige situatie:

door de grotere afvoer door de benedenloop van de Baakse Beek treedt ten opzichte van de huidige situatie een verbetering op van het fosfaatgehalte in het water ter hoogte van De Wiersse; in de huidige situatie is het fosfaatgehalte op dit traject door de lozing van effluent van de rioolzuiveringsinstallatie Ruurlo sterk verhoogd.

Waterkwaliteit ten opzicht van de autonome ontwikkeling:

in de toekomst zal, door aanvullende maatregelen van het Zuiveringsschap voor fosfaat- en stikstofverwijdering, een duidelijke verbetering van het fosfaatgehalte optreden. Bij de herverdeling van de afvoer door de benedenloop van de Baakse Beek zal ten opzichte van deze autonome ontwikkeling een verslechtering optreden omdat de slechtere kwaliteit van het uit de bovenloop van de Baakse Beek aangevoerde water sterk domineert.

Het fosfaatgehalte blijft hoger dan de AMK norm van 0,15 mgP/l. Het stikstofgehalte in de benedenloop van de Baakse Beek neemt ten opzichte van de autonome situatie toe tot zeer hoge waarden, hetgeen eveneens het gevolg is van hoge stikstofgehalten in het vanuit de bovenloop toestromende water.

De algengroei in de benedenloop van de Baakse Beek zal niet veranderen, aangezien in de huidige voedselrijke situatie ook geen overmatige algengroei optreedt. Dit is vermoedelijk het gevolg van vastlegging van nutriënten in hogere waterplanten en de verminderde lichtdoorval als gevolg van sterke plantenontwikkeling.

Door de hogere stroomsnelheden treedt een beperkte verbetering op van het zuurstofgehalte in de benedenloop.

Door de lozing van natriumchloride in het industriële afvalwater te Lichtenvoorde verschuift het van oorsprong meer grondwaterachtige watertype (gedomineerd door calciumbicarbonaat) naar een meer natriumchloride type. Benedenstrooms van het lozingspunt treedt door toestromend kwelwater gaandeweg een verbetering van deze situatie op. De invloed van deze lozingen blijft echter aantoonbaar in de omgeving van De Wiersse. In de toekomst wordt hierin een verbetering verwacht, omdat plannen bestaan tot sanering bij het bedrijf dat het afvalwater met natriumchloride loost.

Waterkwantiteit en -kwaliteit Veengoot:

in de wintersituatie met hoge afvoeren is de invloed op de afvoer en waterkwaliteit in de benedenloop van de Veengoot relatief gering (afname van de afvoer circa 20%). In de zomersituatie neemt de gemiddelde afvoer in de benedenloop van de Veengoot met circa de helft af.

De waterkwaliteit in dit gedeelte van de Veengoot verbetert door afleiding van de slechtere kwaliteit water uit de bovenloop van de Baakse Beek. Vooral het fosfaatgehalte verbetert sterk, terwijl het watertype meer grondwaterachtig wordt.

De geringere afvoer door de benedenloop van de Veengoot betekent dat deze waterloop eerder afvoerloos wordt. Ook in de huidige situatie treden echter in de zomerperioden situaties op met stagnerende aanvoer van water over een periode van enkele maanden. Het waterpeil in de Veengoot wordt in deze stromingsloze situatie bepaald door de gemiddelde grondwaterstanden in de directe omgeving van de waterloop.

Het afvoeren en bufferen van piekafvoeren uit de Veengoot in een waterretentie reservoir

Uitgegaan wordt van een groot retentiereservoir met een oppervlak van 30 ha.

Effecten

De piekafvoer uit de bovenloop van de Veengoot (circa 8 m³/sec) kan worden gereduceerd met circa 25%. Uit modelonderzoek blijkt dat het in het bassin geborgen water slechts in zeer beperkte mate (circa 5% van de totaal te infiltreren hoeveelheid water) zal kunnen bijdragen aan de aanvoer van water naar de infiltratiegebieden in de omgeving van 't Zand. Dit wordt veroorzaakt doordat bij situaties met hoge afvoer er reeds voldoende wateraanvoer uit de bovenloop van de Veengoot is, terwijl bij situaties met stagnerende wateraanvoer het volume water dat uit het bassin beschikbaar komt in verhouding tot de totale hoeveelheid geïnfiltriseerd water slechts zeer gering is.

Het bufferen van water in het landbouwgebied 't Wolfersveen

Behalve water op te slaan in een bassin is het ook mogelijk water op te slaan in een landbouwgebied zoals 't Wolfersveen. Dit gebeurt door de gemiddelde grondwaterstanden in het landbouwgebied te verhogen. Bij waterschaarste in het infiltratiegebied kan dit water door middel van drainage worden afgevoerd naar de infiltratiegebieden in de omgeving van 't Zand. Doordat de gemiddelde waterpeilen in het landbouwgebied worden verhoogd dienen maatregelen te worden genomen om wateroverlast tegen te gaan. Omdat de grondwaterstand niet boven de ontwateringsnormen mag stijgen, dient een intensief drainagestelsel te worden aangelegd dat het water alleen bij zeer hoge grondwaterstanden snel kan afvoeren.

Effecten

Uit de modelberekeningen blijkt dat deze maatregel in beperkte mate (circa 10 %) bijdraagt aan de infiltratie in het infiltratiegebied.

Indien wordt uitgegaan van normale peilen in 't Wolfersveen treedt ongewenste verdroging in het landbouwgebied op, omdat door het niet op een minimaal peil houden met bijvoorbeeld stuwen, water wordt afgevoerd naar de infiltratiegebieden elders.

Bij instelling van een hoog peil treedt geen verdroging meer op en treedt er bovendien een extra infiltratie van water vanuit 't Wolfersveen naar de ondergrond op. Op de effecten van deze infiltratie wordt nader ingegaan in paragraaf 6.4.

De effecten van deze maatregel op de oppervlaktewaterkwaliteit zijn naar verwachting gering.

Een minimale negatieve beïnvloeding van het fosfaatgehalte in het oppervlaktewater is mogelijk, als gevolg van een mogelijke toename van de uitspoeling van fosfaat uit het landbouwgebied.

Afleiding van water uit de bovenloop van de Baakse Beek richting infiltratiegebieden omgeving 't Zand

Omdat bij een hoge afvoersituatie de wateraanvoer uit de bovenloop van de Baakse Beek circa twee maal zo groot is als uit de bovenloop van de Veengoot is onderzocht of de wateraanvoer vanuit de bovenloop van de Baakse Beek naar de infiltratiegebieden rond 't Zand kan bijdragen tot een extra infiltratie van water ter bestrijding van verdroging.

Het blijkt dat met deze maatregel een extra infiltratie van circa 1 miljoen m³/jaar kan worden gerealiseerd, boven een infiltratie van circa 3,5 miljoen m³/jaar door alleen de aanvoer van water uit de Veengoot.

Effecten

Bij dit extra hoge infiltratiedebiet nemen de negatieve effecten op de landbouw sterk toe. Bovendien gaat deze maatregel in beperkte mate (met circa 200.000 m³/jaar) ten koste van de wateraanvoer ter bestrijding van de verdroging langs de benedenloop van de Baakse Beek. De oppervlaktewaterkwaliteit bij het inlaatpunt voor infiltratie zal in de zomerperiode afnemen door aanvoer van water uit de Baakse Beek. Behalve nutriënten speelt hier mee de mogelijke toevoer van E.coli (darmbacteriën) als gevolg van de lozingen van effluent van de rwzi Lichtenvoorde. Daarnaast is sprake van een aanvoer van microverontreinigingen.

6.3 Maatregelen en effecten waterconservering en infiltratie in de omgeving van het landgoed De Wiersse.

Maatregelen

Om tot een verbetering van de waterconservering en infiltratie in de omgeving van het landgoed De Wiersse te komen zijn de volgende maatregelen onderzocht:

- a. opzetten van stuwpeilen in de Baakse Beek;
- b. infiltratie op hooggelegen flanken langs de Baakse Beek en op het oostelijk deel van De Wiersse;
- c. infiltratie ter plaatse van de slotgrachten Huize Ruurlo.



Grotendeels drooggevallen oude natuurlijke waterloop van de Baakse Beek op landgoed De Wiersse.

Opzetten van stuwpeilen in de Baakse Beek

Het conserveren van grondwater in de omgeving van het landgoed De Wiersse kan geschieden door het zo hoog mogelijk opzetten van de stuwpeilen in de benedenloop van de Baakse Beek. Door het opzetten van de peilen vermindert de afvoer van water uit de op deze beek afwaterende gronden. Hierbij geldt als uitgangspunt dat een maximale hoeveelheid water van 2 m³/sec uit de bovenloop van de Baakse Beek in de benedenloop wordt geleid (zie par. 6.2).

Om inundaties te voorkomen kunnen de stuwpeilen alleen worden verhoogd in het traject tussen de splitsing Baakse beek-van Heeckeren Beek en het Landgoed De Wiersse, waar zich langs de Beek voornamelijk infiltratiegebieden bevinden. In de gebieden benedenstrooms van stuw BB12 (gelegen midden op het landgoed De Wiersse) is sprake van een gemiddelde kwel-situatie. Het verder toestaan van peilstijgingen in deze gebieden zal leiden tot ongewenste inundaties en tot een vermindering van de kwelintensiteit in deze gebieden.

Effecten

Waterkwantiteit:

als gevolg van het opzetten van de stuwpeilen neemt de infiltratie in de gestuwde infiltratiegebieden toe met ruim 400.000 m³/jaar. Door opstuwing nemen de grondwaterstanden ter plaatse van de aanliggende gronden binnen een gebied van circa 300 ha toe met tenminste 5 cm.

De invloed van deze stijging van de grondwaterstanden op de landbouwopbrengsten is beperkt. In een smalle strook langs de Baakse Beek zal in beperkte mate opbrengstvermindering optreden als gevolg van wateroverlast.

De intensiteit van de kwel in het westelijke gedeelte van het landgoed De Wiersse neemt toe met 10 à 15%, in de directe omgeving van het landgoed neemt het oppervlak van de gebieden met kwel bovendien toe met circa 65 ha.

Waterkwaliteit:

de toename van de kwelintensiteit oefent een beperkt gunstig effect uit op de oppervlaktewaterkwaliteit. Voor het overige zijn de effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit gering (afgezien van de effecten van een nieuwe waterverdeling zoals beschreven in paragraaf 6.2).

Als gevolg van de toename van de kwel is juist op de plaatsen waar gebieden met inzijging overgaan in kwelgebieden een toename van de invloed van toestromend diep kwelwater ten opzichte van kwelwater van lokale herkomst te verwachten. Dit heeft gunstige effecten op de grondwaterkwaliteit in de zones die thans te kampen hebben met een verruiging van de vegetatie als gevolg van de toename van de landbouwinvloeden in het lokale kwelwater.

Infiltratie op hooggelegen flanken langs de Baakse Beek

Extra grote effecten kunnen worden bereikt indien, naast verhoging van de stuwpeilen, er tevens water vanuit de hogere stuwpanden naar de langs de beek gelegen infiltratiegebieden wordt geleid en naar het oostelijk deel van De Wiersse waar nog infiltratiegebieden liggen.

Effecten

Waterkwantiteit:

het modelonderzoek geeft aan dat met deze maatregel de netto infiltratie in de gestuwde infiltratiegebieden toeneemt met circa 850.000 m³/jaar; dat is ruim twee maal zo veel als in het geval dat uitsluitend de stuwpeilen worden opgezet. De omvang van het gebied met een stijging van de grondwaterstand groter dan 5 cm bedraagt naar berekening circa 1.400 ha (ruim vier maal zo groot). De verhoging van de grondwaterstanden leidt tot een beperkte opbrengstvermindering van de landbouw in de nabijheid van de beek. De positieve effecten van een verbeterde vochtvoorziening wegen hier niet op tegen de nadelige effecten van wateroverlast op de landbouw.

Waterkwaliteit:

ook de positieve effecten van de vergroting van de kwelintensiteit en omvang van de gebieden met kwel en de daarvan afhankelijke gunstige effecten op de grondwaterkwaliteit nemen ten opzichte van de hierboven beschreven situatie belangrijk toe. De overige invloed op de samenstelling van het oppervlaktewater is naar verwachting beperkt.

Infiltratie ter plaatse van de slotgrachten Huize Ruurlo

De slotgracht van Huize Ruurlo kan worden ingericht voor infiltratie van water, o.a. door de verwijdering van sliblagen op de bodem.

Effecten

Waterkwantiteit:

deze maatregel levert een extra infiltratie op van jaarlijks circa 300.000 m³/jaar. Hierbij is er vanuit gegaan dat weerstandbiedende sliblagen op de bodem van de gracht worden verwijderd. Een nadelig gevolg van deze maatregel is dat het waterpeil in de slotgracht aan het einde van de zomer niet meer op peil kan worden gehouden door middel van het inpompen van grondwater.

Omdat het waterpeil van de slotgracht altijd op peil dient te blijven in verband met risico's voor schade aan funderingen voldoet deze maatregelen niet aan de eisen. De toename van de infiltratie is bovendien beperkt zodat deze maatregel voor verdere beschouwing wordt uitgesloten. De buitenste slotgrachten kunnen in de huidige vorm wel worden benut als infiltratiemiddel bij de hiervoor beschreven maatregel b.

6.4 Maatregelen en effecten infiltratie in de omgeving van 't Zand

Maatregelen

De maatregelen gericht op de infiltratie rond 't Zand moeten vooral dienen als wateraanvulling ter compensatie van de nadelige effecten van de grondwateronttrekking ter plaatse van het drinkwaterpompstation Het Klooster. Hierbij wordt uitgegaan van handhaving van de hoeveelheid opgepompt grondwater van deze waterwinning op het huidige niveau.

De volgende mogelijkheden voor infiltratie zijn onderzocht:

- a. infiltratie van water in sloten in het landbouwgebied rond Het Klooster;
- b. infiltratie vanuit een kanaal langs de Jachtweg;
- c. infiltratie vanuit een bassin bij 't Zand;
- d. infiltratie vanuit het landbouwgebied 't Wolfersveen door verhoging van het oppervlaktewaterpeil en intensivering van het ontwateringsstelsel.

Vanwege de relatief geringe effecten van infiltratie in een bassin met een oppervlak van 10 ha, zoals oorspronkelijk was voorzien, is tevens de mogelijkheid van een groter bassin van 30 ha op een verhoogd peil onderzocht.

Om dezelfde reden is ook voor de infiltratie in het kanaal langs de Jachtweg de mogelijkheid van een verhoogd peil onderzocht. Voor de onder a. tot en met d. genoemde maatregelen geldt dat bij de normale niet verhoogde peilinstelling wordt uitgegaan van het huidige peilbeheer.

Omdat de wateraanvoer naar de infiltratiegebieden direct langs of door 't Wolfersveen plaatsvindt, is het maximaal in te stellen infiltratiepeil gelijk aan het waterpeil in 't Wolfersveen. Bij het huidige peilbeheer bedraagt het winterpeil in 't Wolfersveen gemiddeld circa NAP + 15,90 m.

Dit peil kan maximaal worden verhoogd tot een niveau van NAP + 16,50 m. Om te voldoen aan de ontwateringsnormen voor de landbouw dient in dat geval het ontwateringsstelsel te worden geïntensiveerd, zodanig dat bij extreem hoge grondwaterstanden een voldoende snelle afvoer van water kan plaatsvinden.

Een verhoogde peilinstelling bij het infiltratiebassin, of bij het kanaal langs de Jachtweg, zal om bovengenoemde reden altijd worden gecombineerd met een verhoogd infiltratiepeil in 't Wolfersveen (infiltratiemaatregel d).

Bij infiltratie in het kanaal langs de Jachtweg (b) en in het bassin bij 't Zand (c) vindt de infiltratie plaats over een relatief gering oppervlak, waardoor onzekerheden ontstaan ten aanzien van de plaatselijke infiltratiecapaciteit.

Eventueel lokaal aanwezige weerstandbiedende leem- of kleilagen in de ondergrond kunnen namelijk een sterke nadelige invloed op deze infiltratiecapaciteit uitoefenen. Bij de nadere uitwerking van deze infiltratiemogelijkheden is derhalve aanvullend veldonderzoek gewenst.



De Pinsel op 't Zand, in 1991 voor het eerst drooggefallen.

Effecten

Waterkwantiteit:

de effectiviteit van deze maatregelen komt goed tot uitdrukking in de mate waarin extra water in de bodem kan worden geïnfiltreerd. Daarom zijn in dit geval deze effecten gegroepeerd voor de diverse maatregelen weergegeven.

Door middel van modelonderzoek zijn de volgende te realiseren infiltratiedebieten vastgesteld:

infiltratiemaatregel		netto toename infiltratie [miljoen m ³ /jaar]
a.	slotenstelsel 't Klooster	3,1
b.	1 kanaal Jachtweg op NAP + 15,90 m	1,0
	2 kanaal Jachtweg op NAP + 16,50 m	1,5
c.	1 bassin 10 ha op NAP + 15,90 m	0,5
	2 bassin 30 ha op NAP + 16,50 m	1,6
d.	't Wolfersveen op NAP + 16,50 m	0,7-1,2

Voor 't Wolfersveen is een marge in het debiet aangegeven omdat dit debiet afneemt naarmate elders sterker wordt geïnfiltreerd (onderlinge afhankelijkheid met b2 of c2).

De mate waarin de hiervoren genoemde effecten optreden hangt ook af van de combinatie van infiltratiemaatregelen die wordt toegepast. Deze effecten worden nader vergeleken bij de beschrijving van de onderzochte scenario's (hoofdstuk 7).

De verschillende infiltratiemaatregelen uiten zich in de omgeving van 't Zand verder in:

- een verhoging van de grondwaterstanden;
- een toename van de kwelintensiteit en de omvang van de gebieden met kwel;
- verhoging van de waterafvoer in de Lindense Laak en de Oosterwijkse Vloed;
- een overwegend negatieve invloed op de landbouwopbrengsten.

Waterkwaliteit:

de maatregelen hebben een beperkte invloed op de kwaliteit en wel voor nitraat positief en fosfaat negatief ten opzichte van de huidige situatie van het grondwater.

6.5 Maatregelen t.b.v. het referentiekader

Algemeen

Effectvergelijking van de te nemen maatregelen geschiedt op basis van referenties. De volgende maatregelen die inhoud dienen te geven aan het referentiekader zijn onderzocht:

- a. stopzetten van alle grondwaterwinningen t.b.v. de drinkwatervoorziening;
- b. peilmaatregelen in het stroomgebied van de Berkel;
- c. stopzetten van de drainerende werking van de benedenloop van de Veengoot.

Opgemerkt wordt dat van deze maatregelen alleen kwantitatieve effecten zijn beschreven. Effecten op de kwaliteit van het water zijn niet nader onderzocht.

Stopzetten grondwaterwinningen voor drinkwatervoorziening

Effecten

Waterkwantiteit:

het stopzetten van de drinkwaterwinningen leidt tot een belangrijke verhoging van de grondwaterstanden. Het gebied met een grondwaterstandsverhoging groter dan 5 centimeter omvat een oppervlak van circa 8000 ha. Dit uit zich in een netto opbrengstvermindering van de landbouw (opbrengsdepressie door wateroverlast verminderd met de toename van de landbouwopbrengst door een verbeterde vochtvoorziening) dat overeenkomt met de totale produktie van circa 50 ha landbouwgrond. De afvoer van kwelwater uit de benedenloop van de Baakse Beek tot aan het kasteel Hackfort, de Lindense Laak en de Oosterwijkse Vloed neemt toe met gemiddeld respectievelijk circa 335.000, 300.000 en 370.000 m³ per jaar. Het oppervlak van de gebieden met kwel neemt toe met circa 375 ha.

Peilmaatregelen in het stroomgebied van de Berkel

Effecten

Waterkwantiteit:

indien de winterpeilen in het stroomgebied van de Berkel met 0,50 m worden verhoogd, treden behalve in het betreffende gebied, tevens grote effecten op in de omgeving van de Baakse Beek. Op het landgoed De Wiersse neemt de kwelstroming toe met circa 140.000 m³ per jaar. In de benedenloop van de Baakse Beek tot aan het kasteel Hackfort neemt de afvoer van kwelwater toe met circa 355.000 m³/jaar. De omgeving van 't Zand inclusief de Lindense Laak en Oosterwijkse Vloed wordt bij deze maatregel nauwelijks beïnvloed. Het oppervlak van de gebieden met kwel neemt toe met circa 355 ha. Behalve deze positieve effecten treden belangrijke negatieve effecten op in de vorm van wateroverlast voor de landbouw. De opbrengstdepressie voor de landbouw komt overeen met de totale produktie van globaal 285 ha landbouwgrond.

Uit deze effecten kan worden geconcludeerd dat selectieve maatregelen in het stroomgebied van de Berkel in potentie belangrijke mogelijkheden bieden voor de bestrijding van verdroging in de omgeving van De Wiersse en de benedenloop van de Baakse Beek.

Stopzetten van de drainerende werking van de benedenloop van de Veengoot Effecten

Waterkwantiteit:

uit modelonderzoek is gebleken dat het ruime profiel van de Veengoot zelf geen belangrijke drainerende invloed uitoefent op het grondwater. Het naar de Veengoot stromende kwelwater is voor het merendeel afkomstig uit de direct aanliggende laaggelegen gronden en de debieten zijn sterk afhankelijk van de peilstelling in de Veengoot.



De Van Heeckerenbeek in het groeiseizoen: een moeras.

7. SCENARIO'S VOOR BESTRIJDING VERDROGING

7.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de samenstelling van combinaties van maatregelen die leiden tot scenario's. Vervolgens worden de scenario's gepresenteerd. Daarna wordt ingegaan op de specificatie en globale kostenraming van de benodigde uitvoeringstechnische- en beheersmaatregelen. Tenslotte worden de effecten van de geselecteerde scenario's met elkaar vergeleken.

7.2 Samenstelling combinaties van maatregelen tot scenario's

Op basis van de vastgestelde effecten van de afzonderlijke maatregelen en de technische mogelijkheden zijn combinaties van maatregelen samengevoegd tot scenario's.

Uitgangspunten

Effecten van de maatregelen:

Bij de selectie van de in de scenario's op te nemen maatregelen is gestreefd naar het bereiken van effecten die in omvang opwegen tegen de geconstateerde grondwaterstands dalingen sinds ongeveer 1960 als gevolg van cultuurtechnische werken en van grondwaterwinningen. Dit houdt in dat de onderzochte maatregelen in het algemeen ingrijpender van aard zijn dan bij de aanvang van deze studie was voorzien. Om deze reden is naast de op basis van dit onderzoek geselecteerde scenario's (1 t/m 3), ter vergelijking een scenario (4) toegevoegd, dat uitgaat van maatregelen zoals die bij de start van dit onderzoek waren voorzien en minder vergaand van aard zijn.

De beschreven effecten van maatregelen en scenario's gaan uit van een maximaal haalbare beïnvloeding van het watersysteem. De maatregelen met in verhouding sterkere effecten daarop bieden in het algemeen meer mogelijkheden tot nadere detaillering van de effecten en worden daarom als eerste geselecteerd.

Maatregelen waterverdeling:

bij alle scenario's wordt er vanuit gegaan dat een maximale hoeveelheid water van 2 m³/sec vanuit de bovenloop door de benedenloop van de Baakse Beek dient te worden gevoerd.

Water-retentie in een (gesloten) reservoir van 30 ha wordt niet verder overwogen in verband met de geringe effecten en de grote investering die gemoeid is met het benodigde grote aanvoerkanaal.

De koppeling van de waterafvoer uit het Wolfersveen aan de infiltratiegebieden rond 't Zand geeft in verhouding slechts geringe effecten. De toepassing van deze maatregel wordt daarom uitsluitend gebaseerd op praktische overwegingen ten aanzien van het te voeren peilbeheer.

De wateraanvoer vanuit de bovenloop van de Baakse Beek naar de infiltratiegebieden rond 't Zand draagt bij tot vergroting van de infiltratiemogelijkheden rond 't Zand, maar gaat in beperkte mate ten koste van de wateraanvoer naar de benedenloop van de Baakse Beek. Bovendien treden problemen van wateroverlast op ter plaatse van de landbouwgronden in de omgeving van de van Heeckeren Beek.

Aangezien er voldoende alternatieven met gunstiger perspectieven voorhanden zijn voor de wateraanvoer naar 't Zand en in verband met de (beperkte) negatieve invloed op de benedenloop van de Baakse Beek, wordt deze maatregel niet verder in beschouwing genomen.

Infiltratie en waterretentie omgeving De Wiersse:

het uitsluitend opzetten van de stuwpeilen in de benedenloop van de Baakse Beek wordt geselecteerd bij het eerder genoemde scenario 4, dat uitgaat van de oorspronkelijk geprojecteerde maatregelen.

De combinatie van opzetten van stuwpeilen, met wateraanvoer naar de flanken van de Baakse Beek en het oostelijk deel van De Wiersse biedt ruimte voor een detailinvulling van de wateraanvoer via de diverse waterlopen. Door de ruime mogelijkheden wordt deze maatregel bij scenario's 1 t/m 3 geselecteerd.

Het infiltreren in de slotgracht van Huize Ruurlo is als aparte maatregel afgefallen in verband met de beperkte effecten en de technische beperkingen. Infiltratie in de buitengracht is wel meegenomen bij de scenario's 1 t/m 3.

Infiltratie rond 't Zand:

infiltratie in het slotenstelsel rond Het Klooster geeft de grootste effecten en biedt veel flexibiliteit ten aanzien van de detailinvulling, omdat de maatregel zich over een groot oppervlak uitstrekt. Deze maatregel wordt derhalve binnen een scenario nader afgewogen (scenario 1).

Infiltratie in 't Wolfersveen geeft als afzonderlijke maatregel in verhouding slechts beperkte effecten, maar geeft in combinatie met andere infiltratie maatregelen een extra effect dat uiteindelijk versterkt tot uitdrukking kan komen in de afgeleide effecten op de natuurwaarden. Deze maatregel wordt derhalve binnen aparte scenario's in combinaties met de overige geselecteerde infiltratiemaatregelen nader afgewogen (scenario's 2 en 3).

Infiltratie in een kanaal langs de Jachtweg geeft, ook bij een hoge peilstelling, in vergelijking met de andere infiltratiemaatregelen geringere effecten. De maatregel is bovendien weinig flexibel, met grote onzekerheden ten aanzien van de effectiviteit in verband met de mogelijke aanwezigheid van leemlagen in de ondiepe ondergrond. Deze maatregel wordt derhalve niet als apart scenario afgewogen, maar kan wel (in minder omvangrijke vorm) deel uitmaken van de infiltratie maatregel rond Het Klooster, waar het kanaal als hoofdfunctie de aanvoer van water vanuit de Veengoot naar de omgeving van PS Het Klooster heeft.

De infiltratie in een 10 ha bassin nabij 't Zand op een normaal peil wordt beschouwd binnen scenario 4 en representeert het type maatregel die bij de aanvang van deze studie in gedachten was.

De infiltratie in een 30 ha bassin op een hoog peil wordt om redenen zoals vermeld in hoofdstuk 6 gecombineerd met een hoog (infiltratie-) peil in 't Wolfersveen en afgewogen in scenario 3.

Samenstelling scenario's

Op basis van de hiervoor beschreven overwegingen zijn de volgende scenario's voor een verdere afweging samengesteld, waarbij onderscheid is gemaakt tussen maatregelen die bij alle scenario's worden getroffen en tussen onderscheidende maatregelen per scenario.

Voor alle vier scenario's:

- afvoer bovenloop Baakse Beek tot maximaal 2 m³/s door de benedenloop Baakse Beek;
- opzetten stuwpeilen in de Baakse Beek:
 - . stuw BB9 +0,35 m (1.200 m naar benedenstrooms verplaatst),
 - . stuw BB10 +0,50 m.

Scenario 1:

- infiltratie in het landbouwgebied rond PS Het Klooster;
- wateraanvoer naar aanliggende gronden benedenloop Baakse Beek, tot stuw BB12
 - . sloten flanken De Wiersse +0,25 m.

Scenario 2:

- infiltratie in het landbouwgebied rond PS 't Klooster;
- verhoging peil in 't Wolfersveen tot NAP +16,50 m;
- wateraanvoer naar aanliggende gronden benedenloop Baakse Beek, tot stuw BB12
 - . sloten flanken De Wiersse +0,25 m.

Scenario 3:

- infiltratie in infiltratiebassin van 30 ha bij 't Zand op peil NAP + 16,50 m;
- 't Wolfersveen als waterleverancier voor infiltratie;
- verhoging peil in 't Wolfersveen tot NAP + 16,50 m;
- wateraanvoer naar aanliggende gronden benedenloop Baakse Beek, tot stuw BB12
sloten flanken De Wiersse +0,25 m.

Scenario 4:

- infiltratie in infiltratiebassin van 10 ha bij 't Zand op peil NAP + 15,90 m.

7.3 Vergelijking effecten van geselecteerde scenario's

7.3.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de verschillende primaire effecten op de water kwantiteit en kwaliteit per scenario onderling met elkaar vergeleken. Voor een meer gedetailleerde onderbouwing wordt verwezen naar het basisrapport.

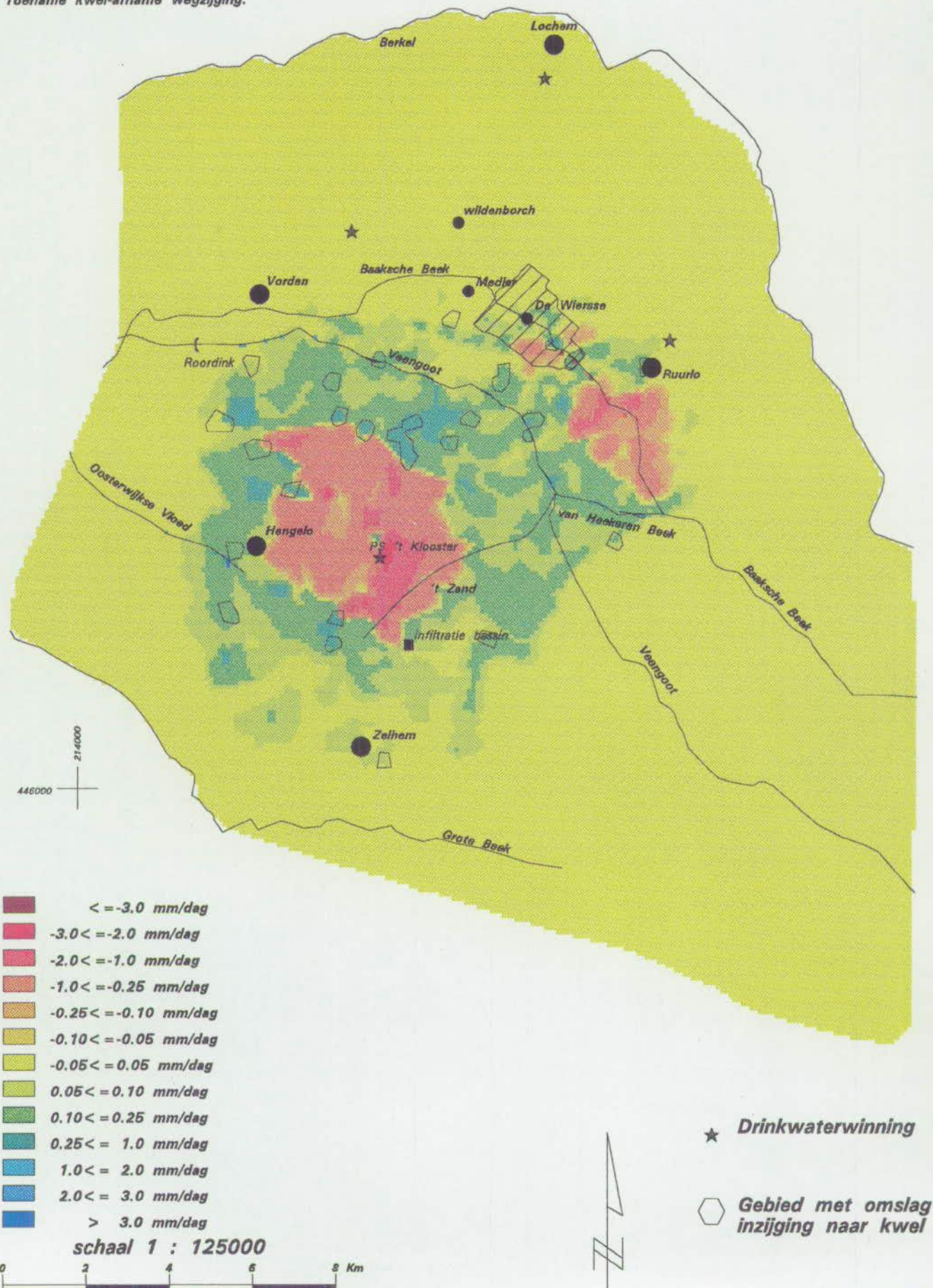
De kenmerkende ruimtelijke effecten zijn per scenario 1 t/m 4 weergegeven op de bijgevoegde figuren:

- a. toename kweloppervlak en kwelintensiteit;
- b. verhoging gemiddeld laagste grondwaterstand;
- c. verhoging gemiddeld hoogste grondwaterstand;
- d. opbrengsttoename landbouw door verbeterde vochtvoorziening;
- e. opbrengstdepressie landbouw door wateroverlast.

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 1 figuur a.

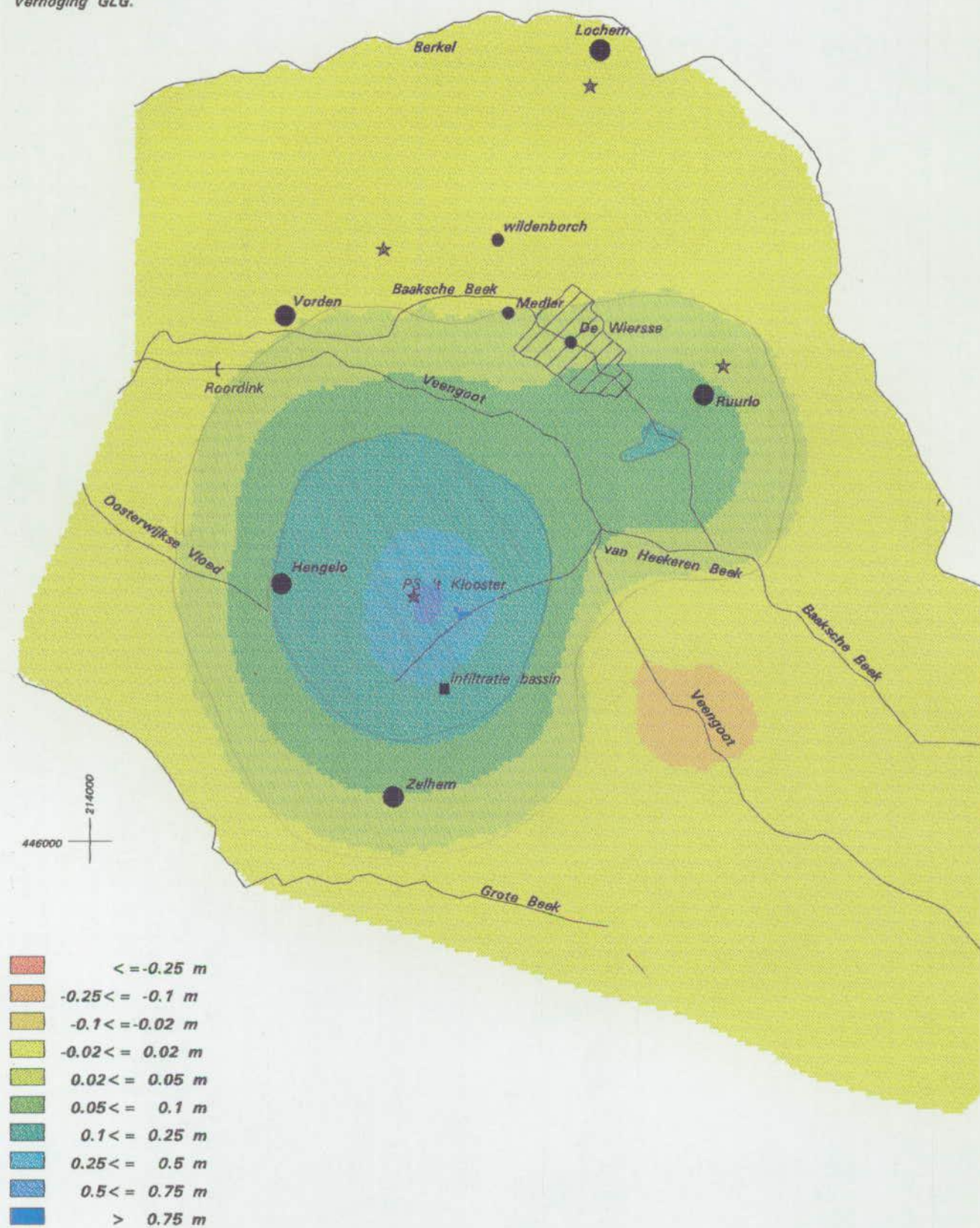
Toename kwel-afname wegzijging.



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 1 figuur b.

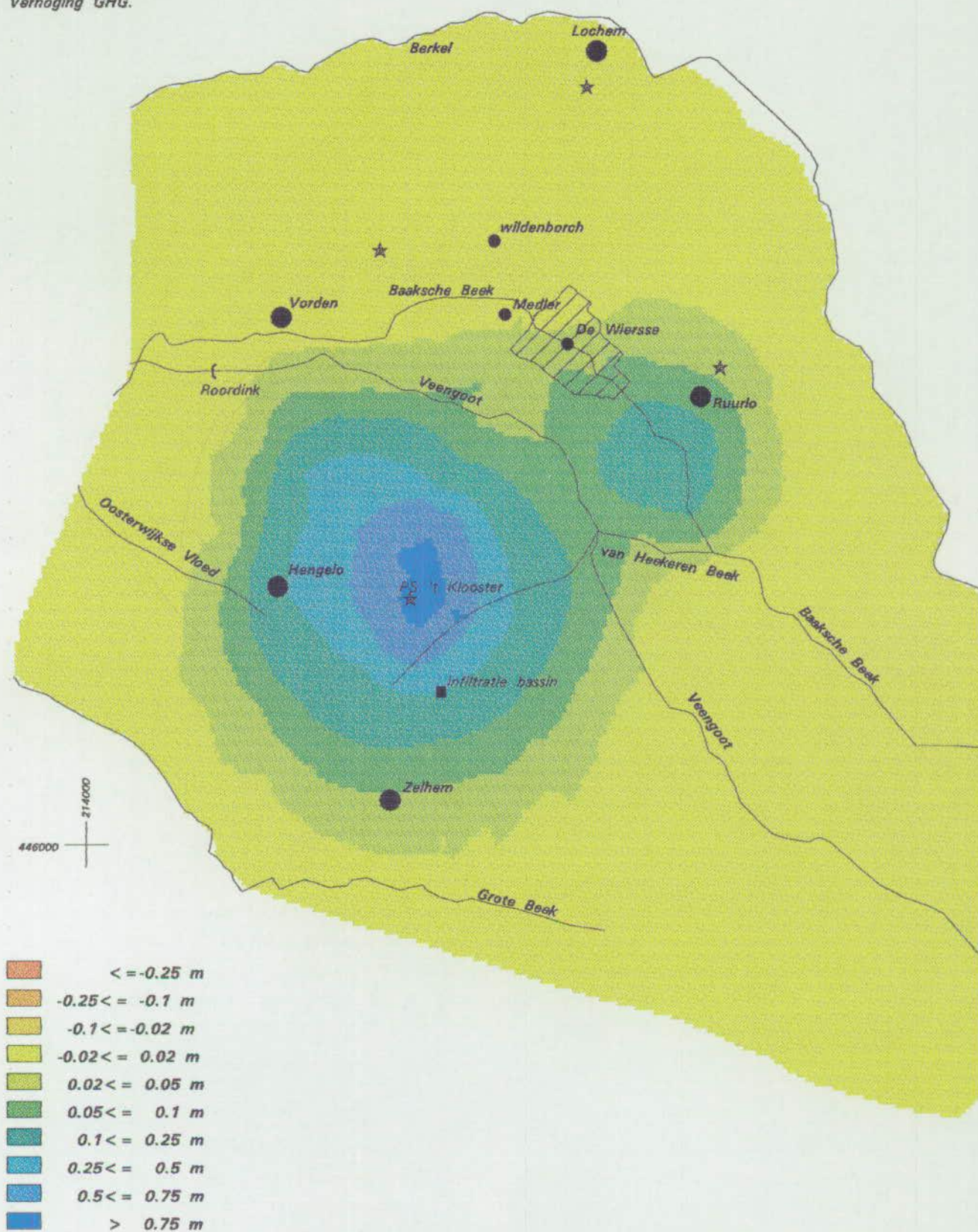
Verhoging GLG.



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 1 figuur c.

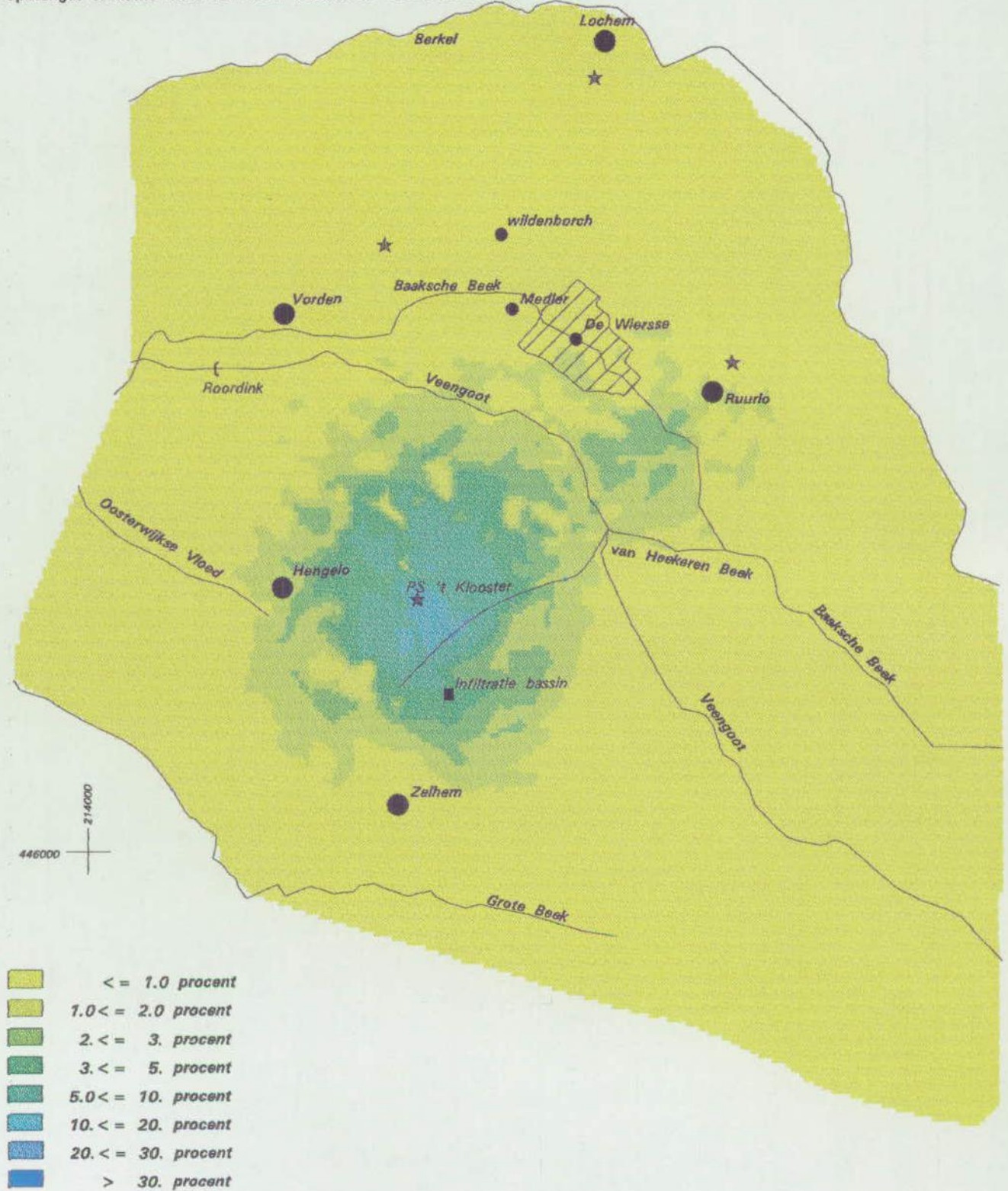
Verhoging GHG.



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 1 figuur d.

Opbrengst toename landbouw door verbeterde vochtvoorziening.



214000
446000

schaal 1 : 125000

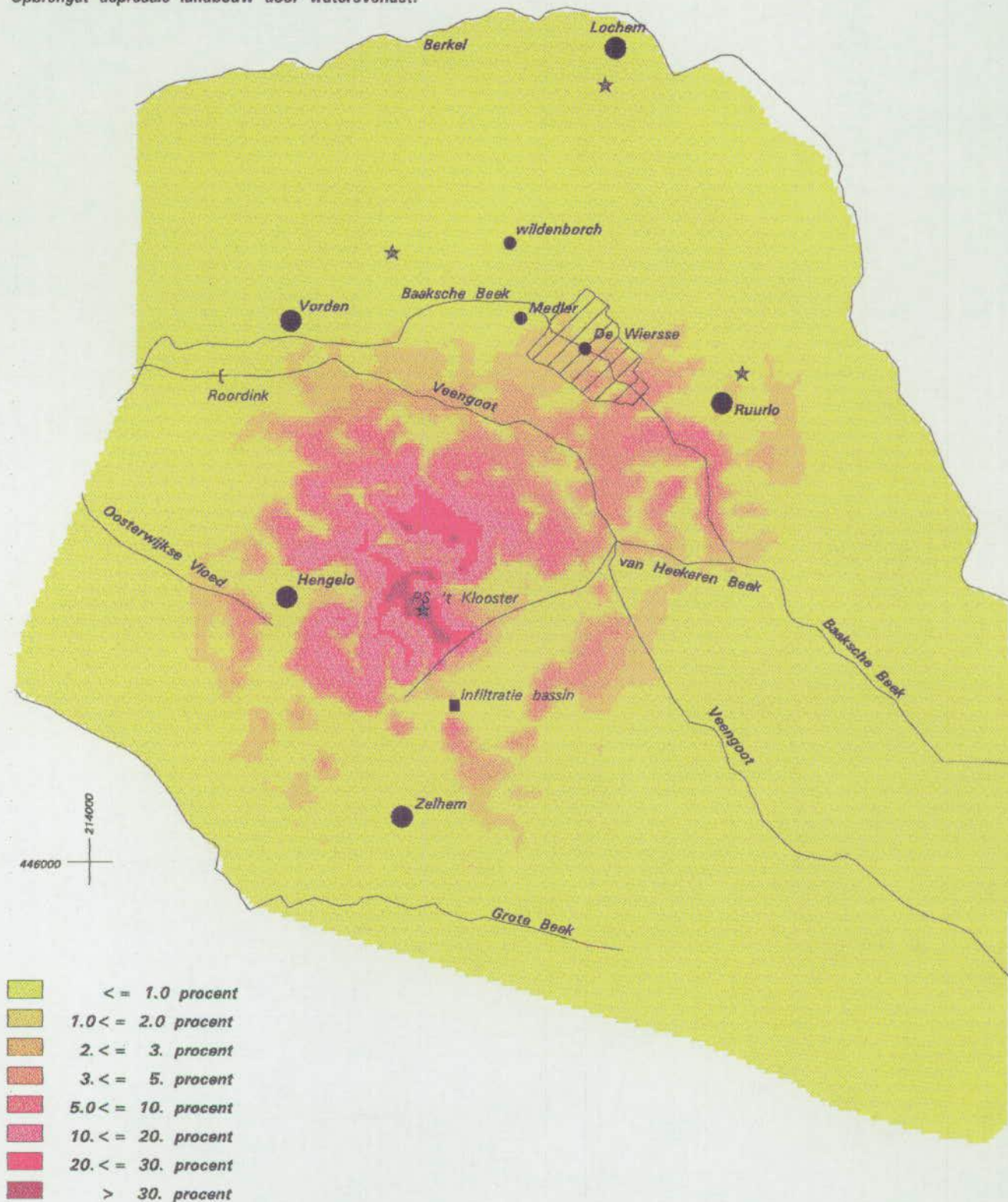
0 2 4 6 8 Km

Grontmij

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 1 figuur e.

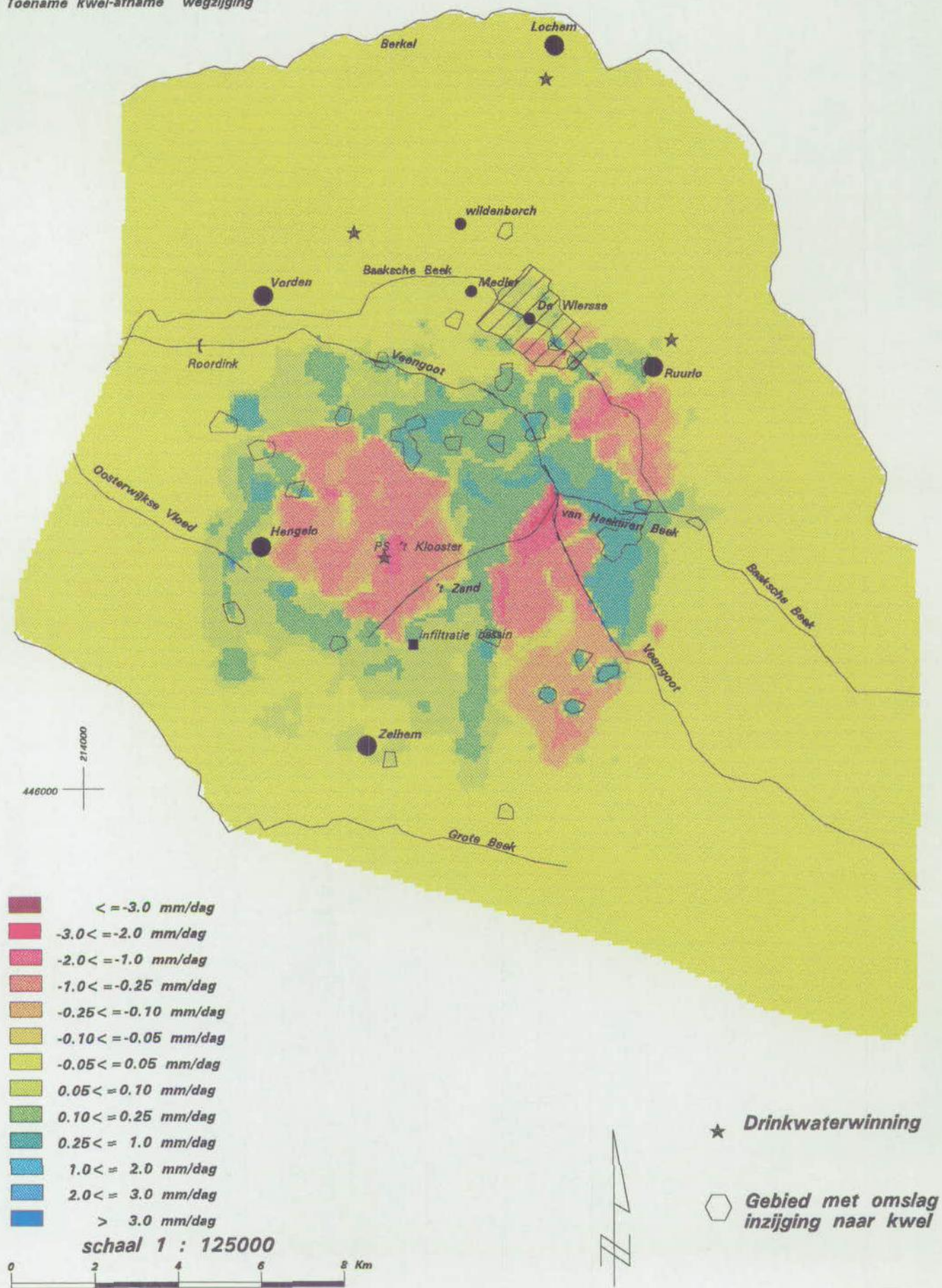
Opbrengst depressie landbouw door wateroverlast.



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 2 figuur 2.

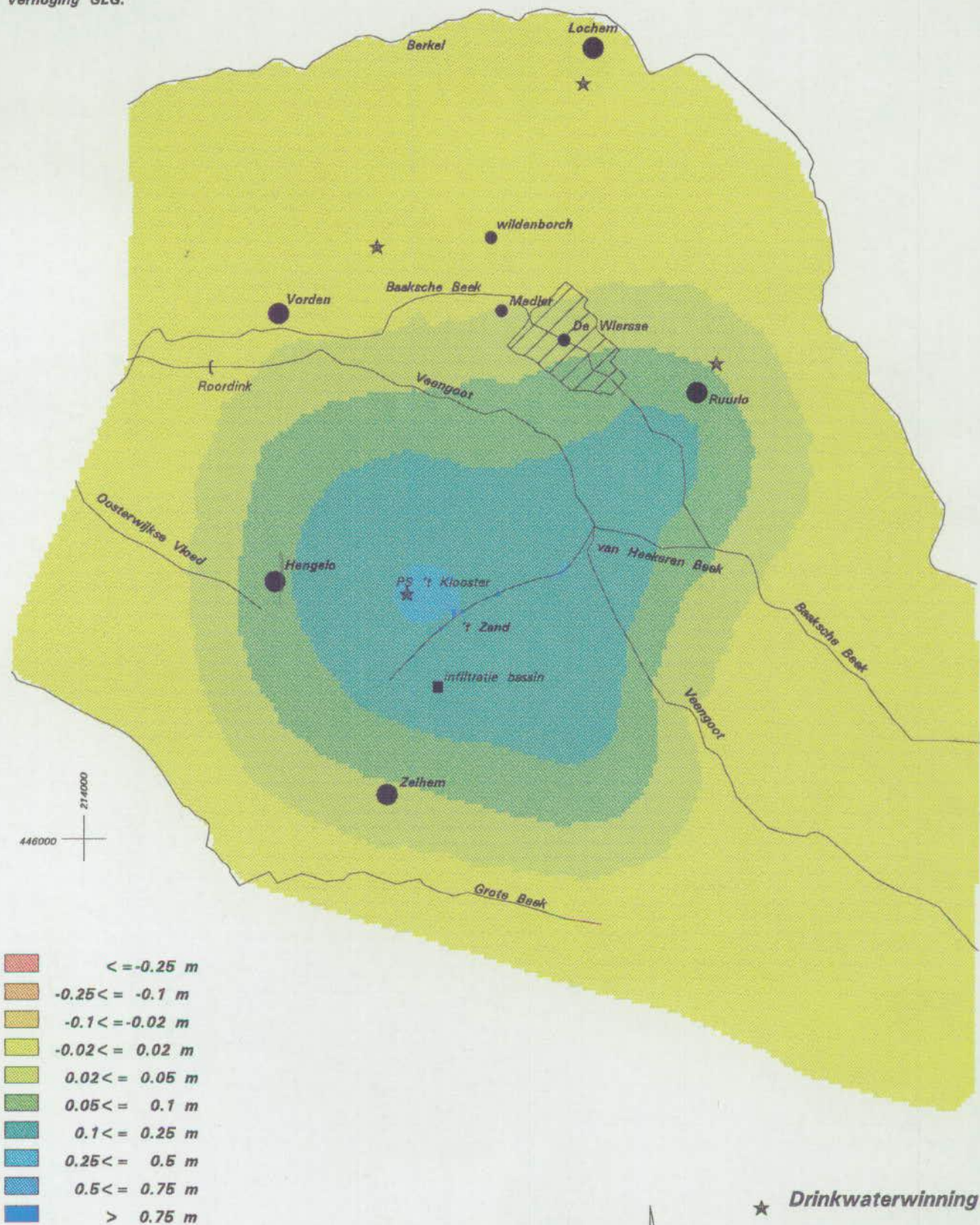
Toename kwel-afname wegzijging



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 2 figuur b.

Verhoging GLG.



★ Drinkwaterwinning

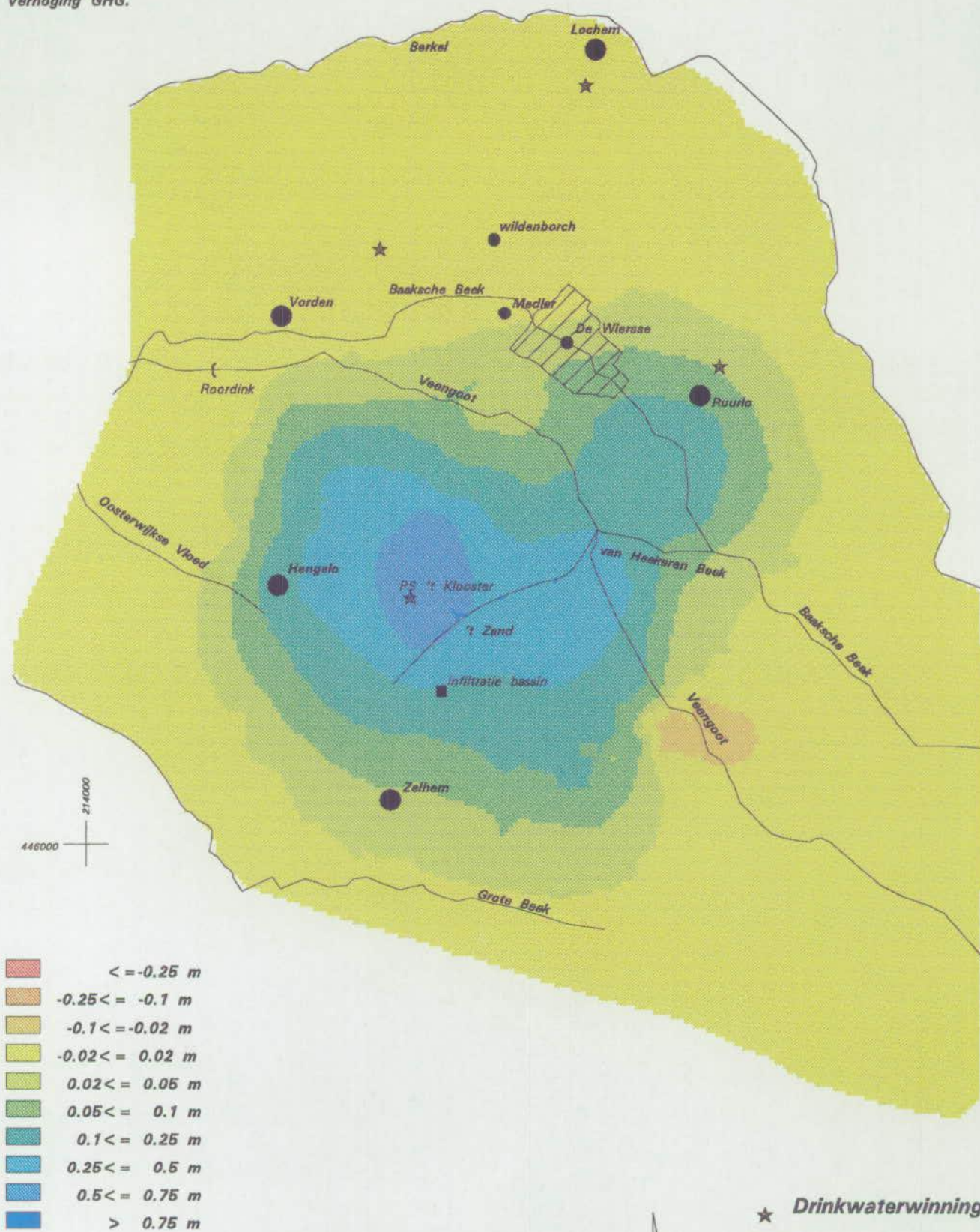
schaal 1 : 125000

0 2 4 6 8 Km

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 2 figuur c.

Verhoging GHG.



★ Drinkwaterwinning

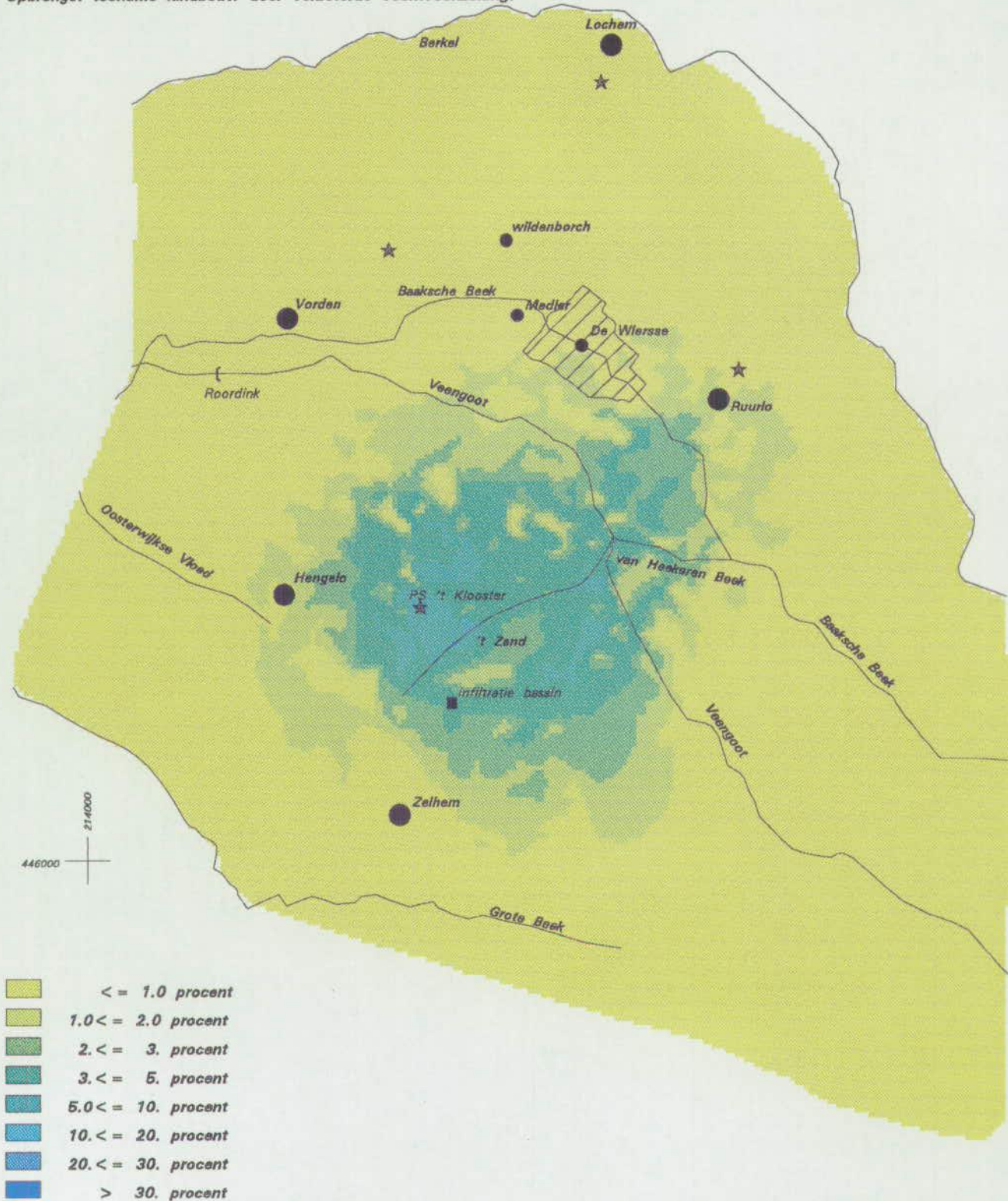
schaal 1 : 125000

0 2 4 6 8 Km

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 2 figuur d.

Opbrengst toename landbouw door verbeterde vochtvoorziening.



★ Drinkwaterwinning

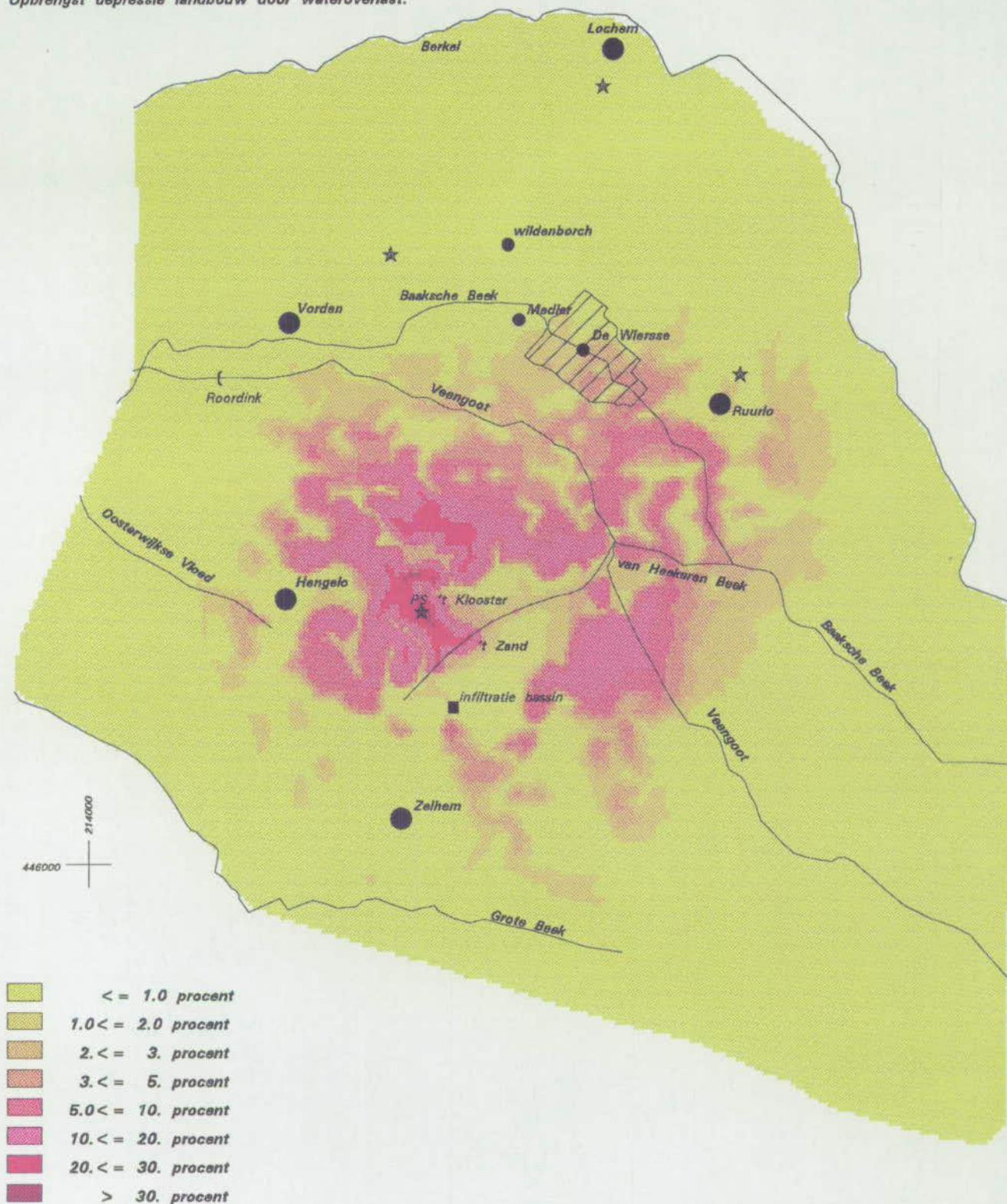
schaal 1 : 125000

0 2 4 6 8 Km

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 2 figuur e.

Opbrengst depressie landbouw door wateroverlast.



214000
446000

★ Drinkwaterwinning

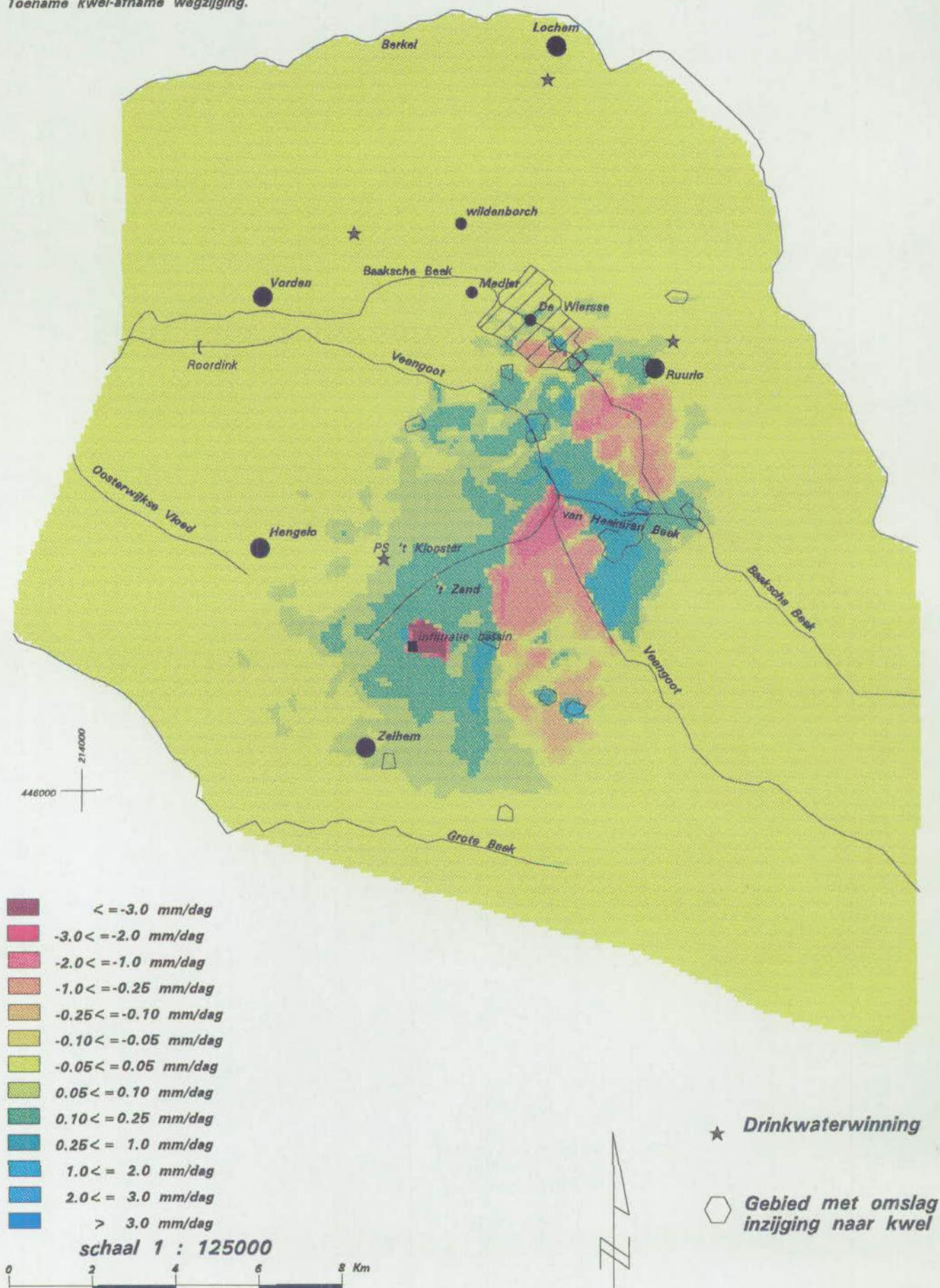
schaal 1 : 125000

0 2 4 6 8 Km

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 3 figuur a.

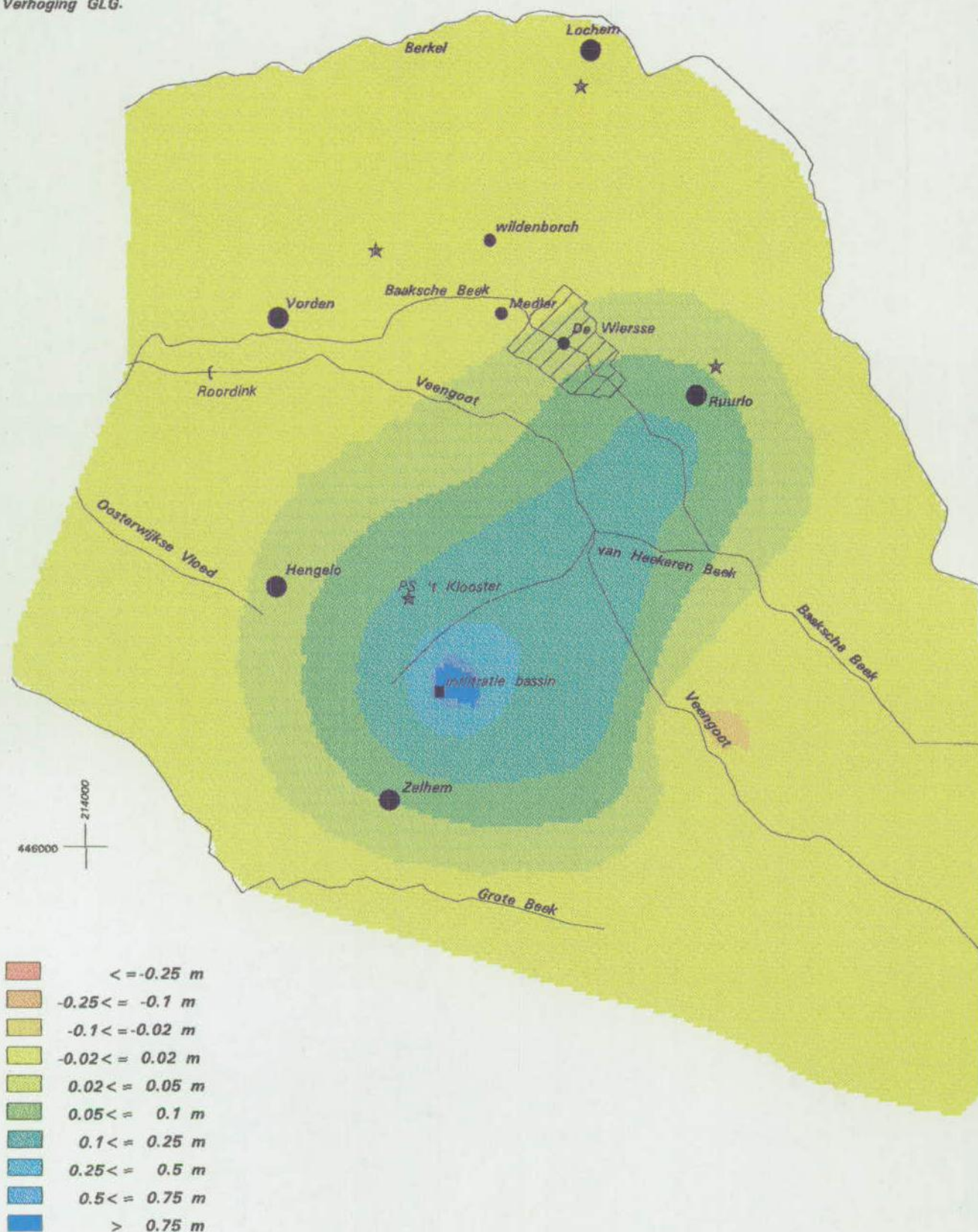
Toename kwel-afname wegzijging.



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 3 figuur b.

Verhoging GLG.



schaal 1 : 125000

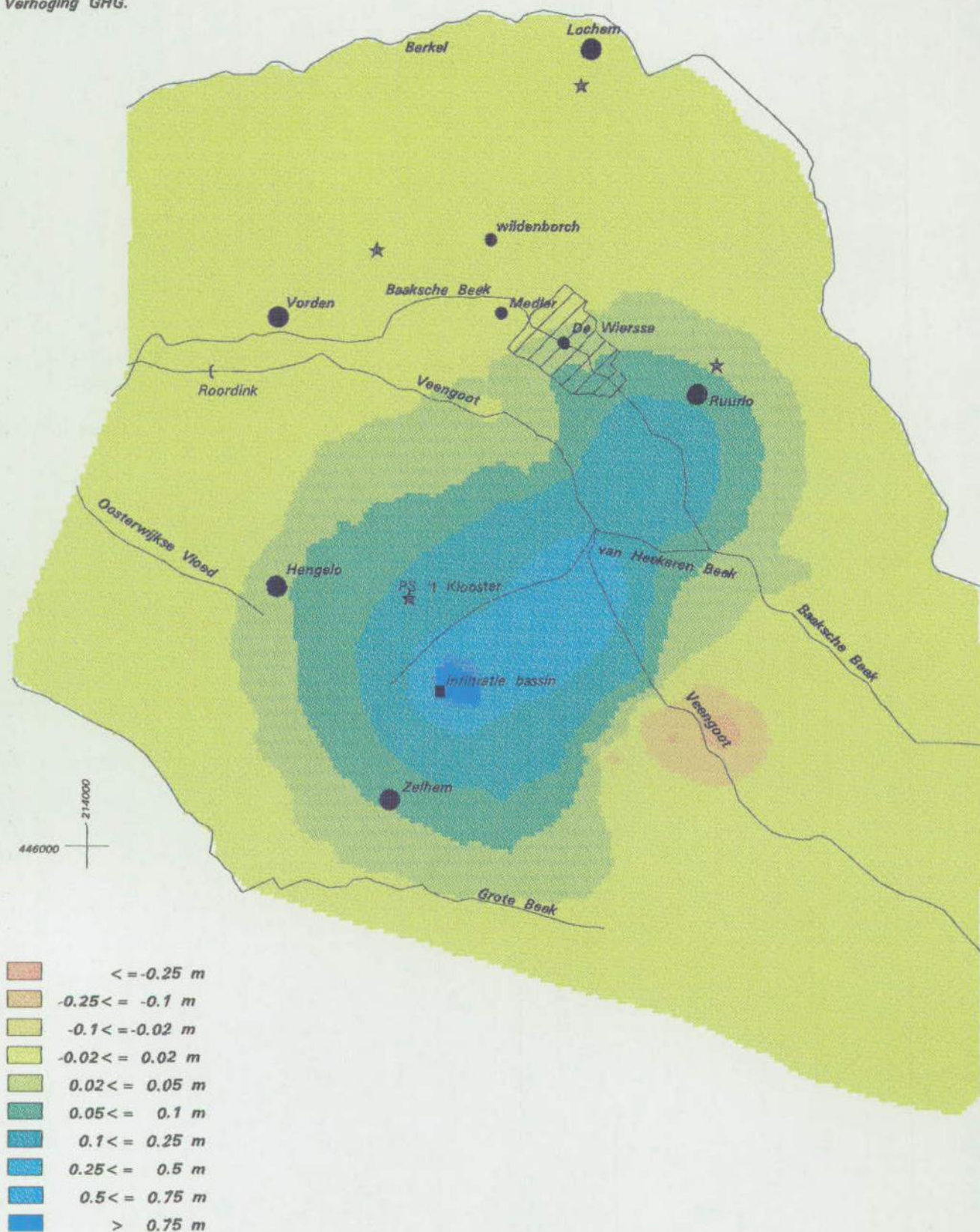
0 2 4 6 8 Km

Grontmij

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 3 figuur c.

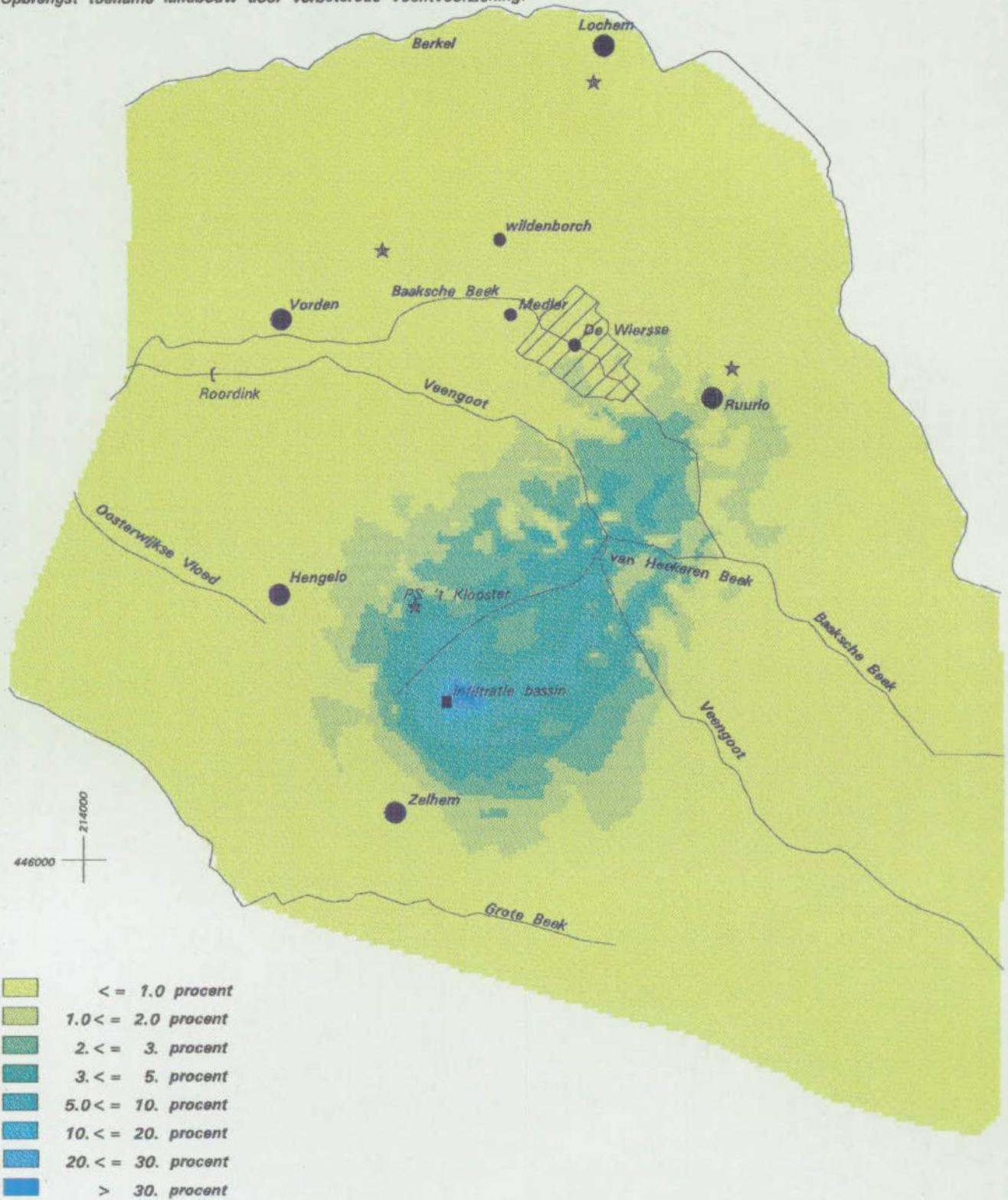
Verhoging GHG.



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 3 figuur d.

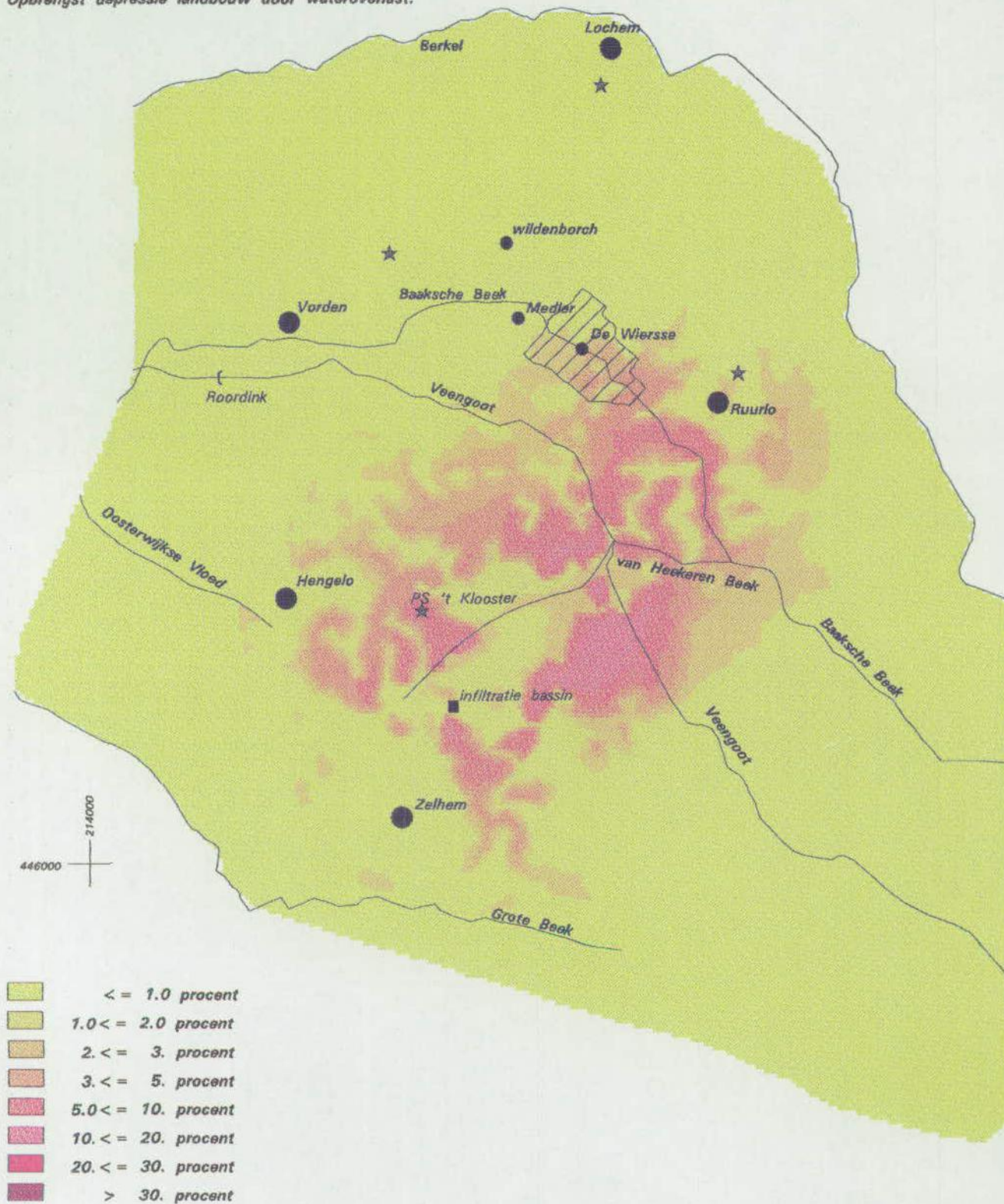
Opbrengst toename landbouw door verbeterde vochtvoorziening.



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 3 figuur e.

Opbrengst depressie landbouw door wateroverlast.



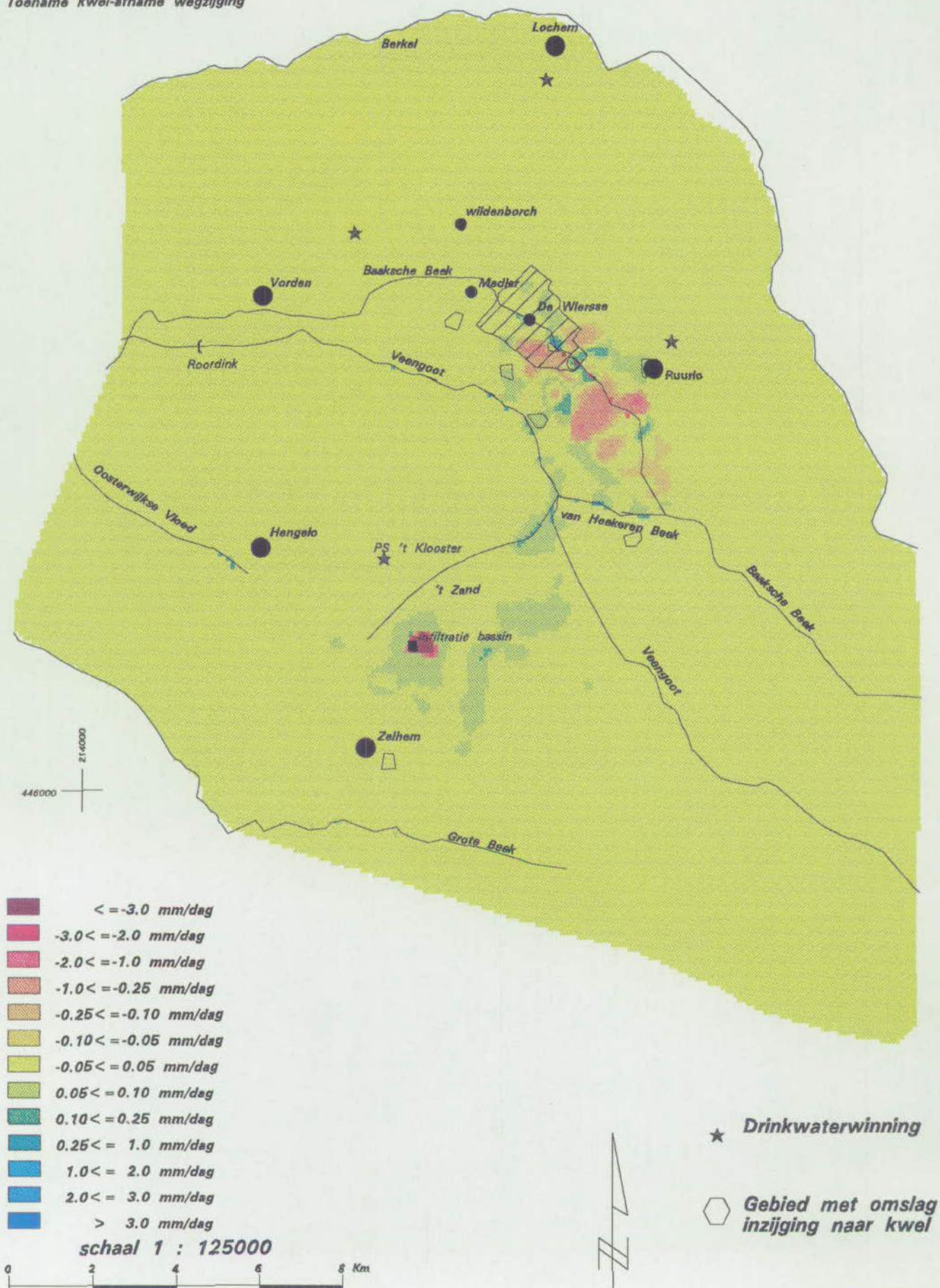
schaal 1 : 125000

0 2 4 6 8 Km

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 4 figuur a.

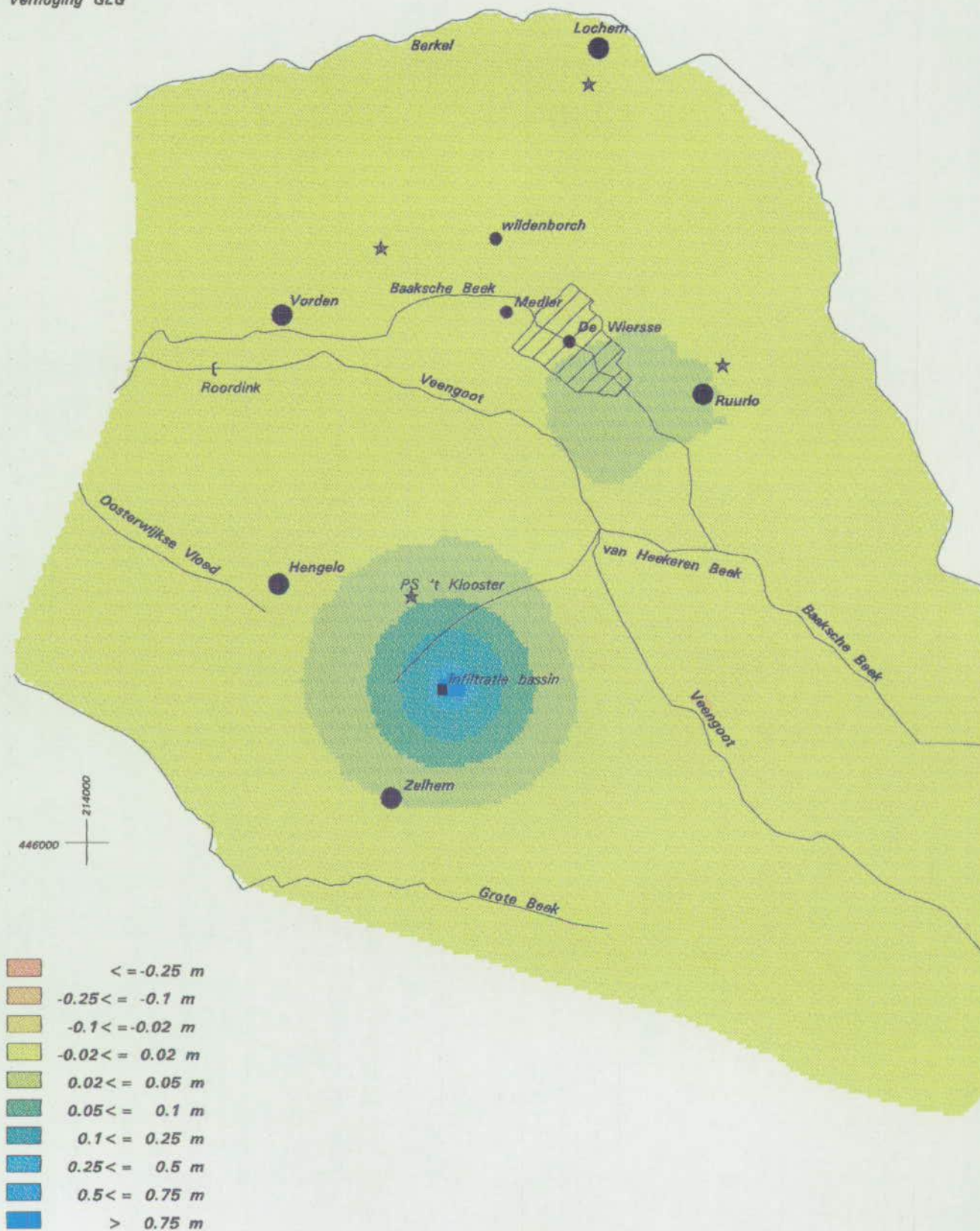
Toename kwel-afname wegzijging



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 4 figuur b.

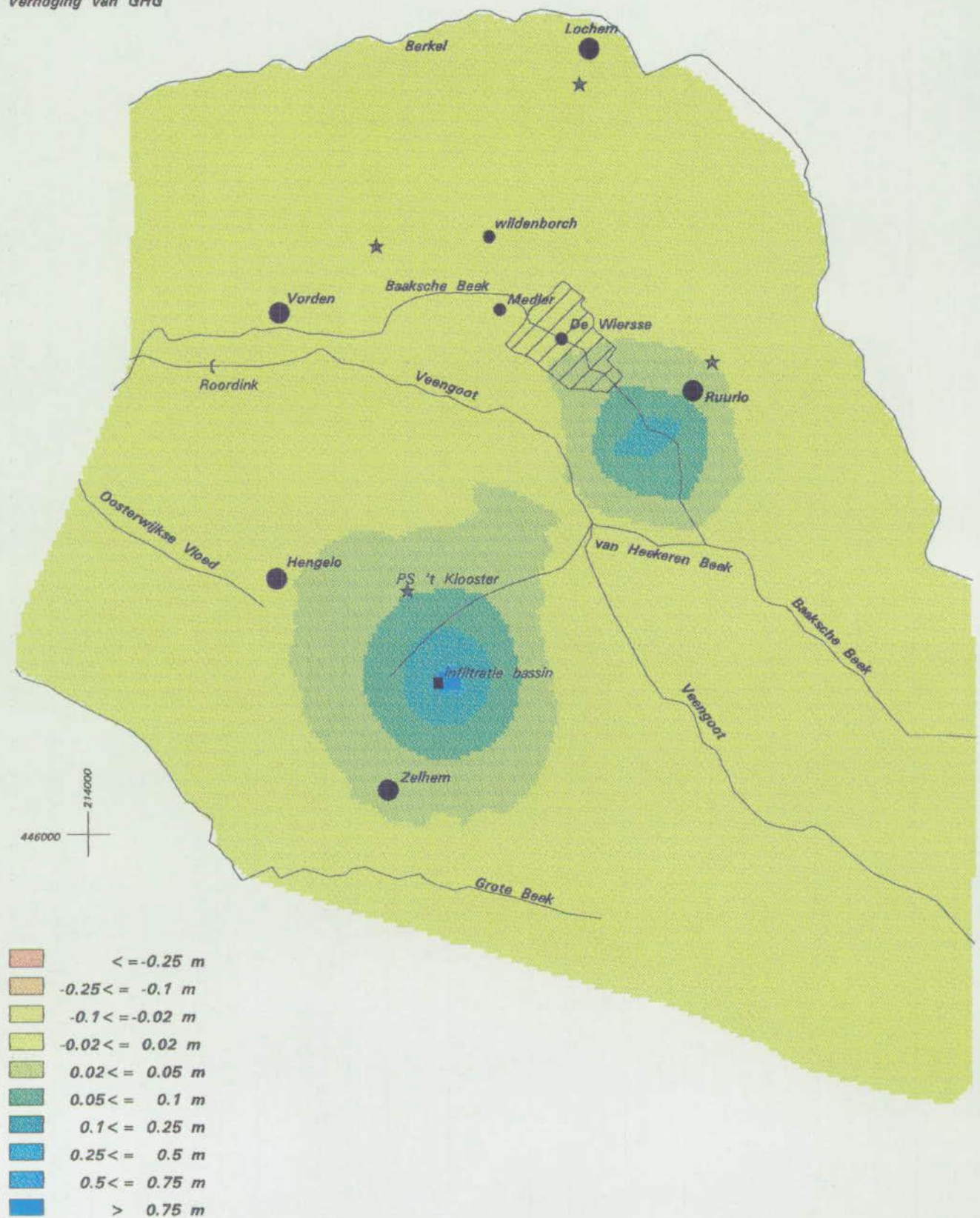
Verhoging GLG



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 4 figuur c.

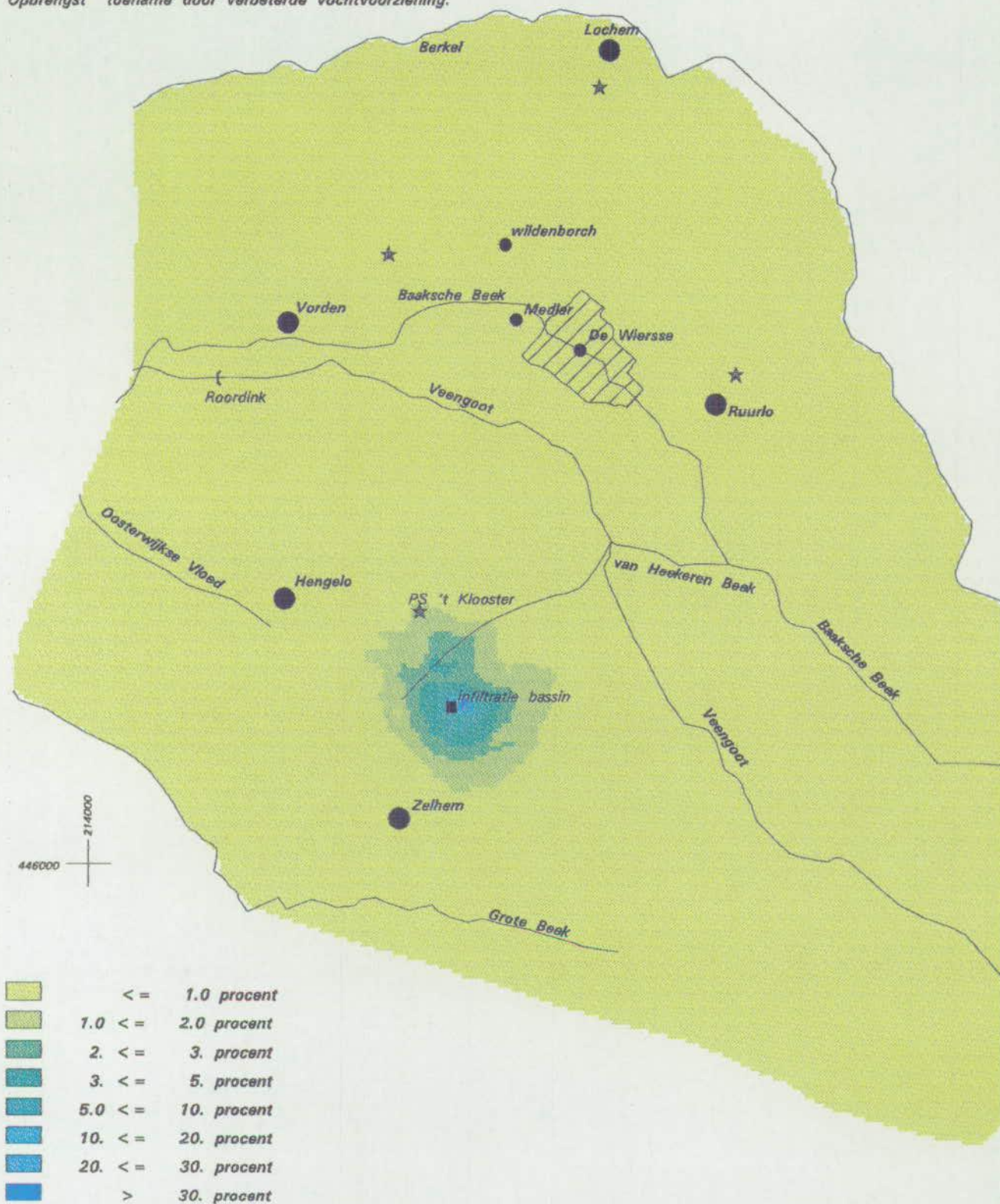
Verhoging van GHG



Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 4 figuur d.

Opbrengst toename door verbeterde vochtvoorziening.



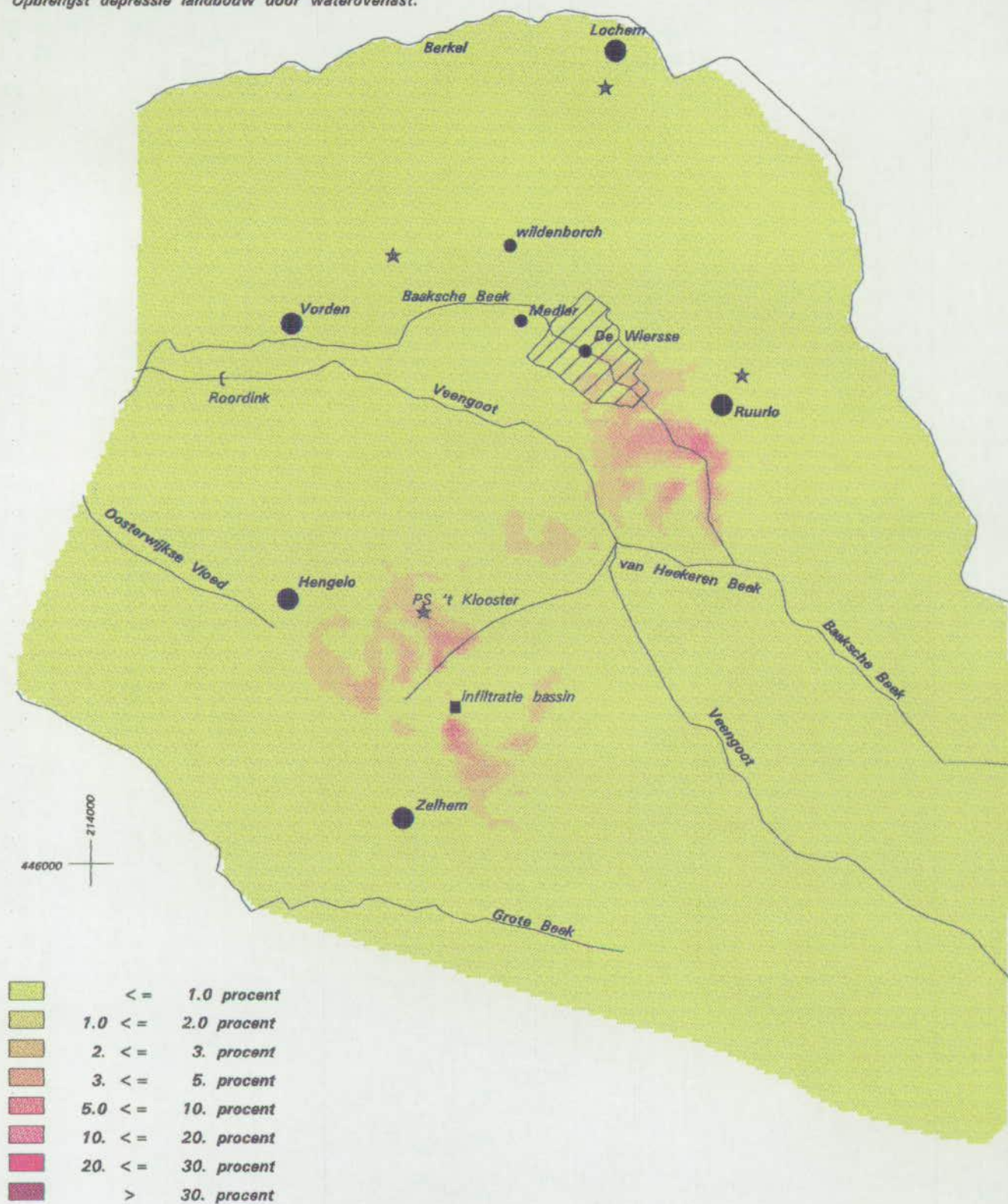
schaal 1 : 125000

0 2 4 6 8 Km

Verdrogingsonderzoek 't Zand en De Wiersse

Scenario 4 figuur e.

Opbrengst depressie landbouw door wateroverlast.



0 2 4 6 8 Km

7.3.2 Oppervlaktewaterkwantiteit

Baakse Beek

Voor alle vier de scenario's geldt dat een maximale hoeveelheid water van 2 m³/s vanuit de bovenloop van de Baakse Beek in de benedenloop wordt gelaten. Aangezien de verschillende infiltratiemaatregelen kwantitatief slechts weinig invloed uitoefenen ten opzichte van de effecten van de maximale afvoer, gelden voor alle vier de scenario's dezelfde effecten voor de waterafvoer in de benedenloop van de Baakse Beek, zoals omschreven in hoofdstuk 6.

Veengoot

Ook voor de waterafvoeren in de benedenloop van de Veengoot zijn geen belangrijke verschillen voor de verschillende scenario's te onderkennen en worden de effecten gedomineerd door de in hoofdstuk 6 beschreven effecten van een gewijzigde waterverdeling bij de splitsing Van Heeckerenbeek- benedenloop Baakse Beek.

Lindense Laak en Oosterwijkse Vloed

Als gevolg van de verschillende infiltratiemaatregelen in de omgeving van 't Zand neemt de kwelstroming naar de Lindense Laak en de Oosterwijkse Vloed toe. De absolute toename van de afvoer is in de Oosterwijkse Vloed groter dan in de Lindense Laak. Voor de scenario's 1, 2 en 3 geldt een zeer beperkte toename van de waterafvoer in deze beken; bij scenario 3 komt deze beïnvloeding het sterkste tot uiting. Bij scenario 4 zijn de effecten op de afvoer verwaarloosbaar klein.

7.3.3 Grondwaterkwantiteit

De effectiviteit van de infiltratiemaatregelen komen tot uitdrukking in de totale hoeveelheden water die worden geïnfiltreerd, de toename van het oppervlak van gebieden met kwel en de grootte van het gebied met een verhoging van de gemiddelde grondwaterstand groter dan 5 cm. Voor de ruimtelijke verdeling van deze effecten wordt verwezen naar de figuren a, b en c.

In de onderstaande tabel zijn voor de vier scenario's de betreffende gesommeerde waarden weergegeven:

Tabel 7.1: effectiviteit van de infiltratie.

Scenario	1	2	3	4
Netto extra infiltratie [1.000 m ³ /jaar]	3.950	4.750	3.500	990
Vergroting kwelopper- vlak (ha)	664	484	350	73
Oppervlak met grond- waterstandverhoging van meer dan 5 cm (ha)	9.261	9.163	7.048	1.700

- infiltratie

De netto infiltratie is bij de scenario's 1, 2 en 3 op een vergelijkbaar niveau en van dezelfde orde grootte als de huidige grondwateronttrekking bij 't Klooster.

- grondwaterstanden

Voor de eerste drie scenario's weegt de verhoging van de grondwaterstanden ongeveer op tegen de grondwaterstands dalingen die worden veroorzaakt door de waterwinningen. De effecten op de grondwaterstanden zijn het grootste van omvang bij scenario's 1 en 2. In de omgeving van De Wiersse zijn de effecten op de grondwaterstanden bij de eerste drie scenario's circa vijf maal groter dan bij het vierde scenario. In de omgeving van 't Zand zijn de effecten van scenario 4 te verwaarlozen klein.

- kwel en vernatting

In de omgeving van De Wiersse zijn de effecten op de kwelstroming bij de drie eerste scenario's slechts circa 30% groter dan bij het vierde scenario.

De eerste drie scenario's bieden in de omgeving van De Wiersse beduidend betere mogelijkheden voor vernatting van de, thans verdroogde, hoger gelegen bosgebieden. In de omgeving van 't Zand heeft scenario 1 een aanzienlijk gunstigere invloed op de omvang van de gebieden met kwel dan de scenario's 2 en 3.

Bij de scenario's 2 en 3 bevindt het zwaartepunt van de infiltratie zich meer naar het oosten, hetgeen ongunstig uitwerkt op de ontwikkeling van kwelgebieden in de natte zones langs de westzijde van 't Zand nabij Het Klooster.

- opbrengsten landbouw

De maatregelen tegen verdroging werken in het algemeen negatief door op de landbouwopbrengsten, omdat de wateroverlast zich meestal sterker doet gelden dan de verbetering van de vochtvoorziening. Voor scenario 4 geldt de opbrengstdepressie voor slechts 5 ha (100% opbrengstdepressie).

Bij de andere scenario's biedt scenario 1 de gunstigste mogelijkheden om schade aan de landbouwgewassen (165 ha met 100% opbrengstdepressie) te beperken, omdat er nog ruime mogelijkheden zijn om gebieden die gevoelig zijn voor wateroverlast (of zelfs met gevaar voor inundatie) te ontzien bij de uiteindelijke detailinrichting. Bij de scenario's 2 en 3 wordt bij een verhoogd peil in 't Wolfersveen, de landbouwschade (respectievelijk 194 en 57 ha met 100% opbrengstdepressie) beperkt door intensivering van het ontwa-teringsstelsel. Ook hier kan door een selectieve detailinrichting de landbouwschade worden gereduceerd.

- bosproductie

De verandering van de bosproductie is nauwelijks onderscheidend voor de beoordeling van de eerste 3 scenario's. In het algemeen is sprake van een verbeterde vochtvoor-ziening, waardoor circa 50 ha bos wordt toegevoegd aan het areaal met een normale gemiddelde houtproductie. Voor scenario 4 is deze toename slechts circa 15 ha. Bij de nadere uitwerking van de scenario's is het nodig dat de eventuele risico's voor schade door te hoge, of door te snel veranderende grondwaterstanden worden geïnventariseerd.

7.3.4 Oppervlaktewaterkwaliteit

Evenals de oppervlaktewaterkwantiteit is de nieuwe verdeling van de waterafvoer bij de splitsing van Heeckerenbeek- benedenloop Baakse Beek de meest bepalende factor voor de kwaliteitsontwikkeling van het oppervlaktewater. De effecten van de infiltratiemaat-regelen rond 't Zand op de waterkwaliteit bij de Oosterwijkse Vloed, Lindense Laak en de diverse watergangen rond 't Zand zijn relatief gering.

Dit betekent dat alle scenario's ten aanzien van de waterkwaliteit als gelijkwaardig worden beoordeeld. De scenario's 1, 2 en 3 bieden in de omgeving van De Wiersse het voordeel dat de waterkwaliteit in de diverse perceelsloten en watergangen in beperkte mate kan worden gestuurd.

7.3.5 Grondwaterkwaliteit

De verschillende infiltratiemaatregelen in de omgeving van 't Zand hebben, mits de afstand tot de pompputten voldoende groot is, geen belangrijke nadelige of positieve gevolgen voor de kwaliteitsontwikkeling van het bij het pompstation Het Klooster opge-pompte grondwater, of op de kwaliteitsontwikkeling van het grondwater in het alge-meen. De toename van de kwel in de natte gebieden ten westen rond 't Zand, draagt bij tot een vergroting van de gebieden met een 'kwelwater'-samenstelling, waarvoor scenario 1 de beste omstandigheden biedt.

Rond De Wiersse bieden de scenario's 1, 2 en 3 (in gelijke mate) de beste mogelijk-heden voor uitbreiding van de gebieden met kwelwater-samenstelling.

7.4 Technische specificatie en globale kostenraming van de scenario's

Algemeen:

in het navolgende zijn per scenario de uit te voeren (technische) maatregelen samengevat en zijn de daarbij horende kosten globaal weergegeven. Voor een nauwkeurige beschrijving van de diverse scenario's wordt verwezen naar hoofdstuk 3 en 4 van het basisrapport.

De uitvoeringskosten, inclusief onvoorzien, directiekosten en BTW voor de technische maatregelen zijn, op basis van gebruikelijke eenheidsprijzen en geraamde slootlengten c.q. constructieafmetingen, in een eindbedrag aangegeven. Voor de kostenspecificatie wordt verwezen naar het basisrapport.

Scenario 1:

't Zand:

Technische specificatie:

- Infiltratie in het landbouwgebied rond Het Klooster:
 - hiertoe dient langs de Jachtweg een toeleidingswatergang te worden gegraven met een bodembreedte van 2 m op een niveau van NAP + 15,0 m en taludhellingen onder 1:1,5 (bovenbreedte circa 8 m);
 - in het gebied met een oppervlakte van circa 1.300 ha dienen primaire sloten aanwezig te zijn. Over een lengte van 2 km moeten deze nog worden gegraven met een bodembreedte van 0,6 m, een diepte van 1,2 m en taluds 1:1,25 (bovenbreedte circa 3,5 m). Aansluitend hierop moeten detailinfiltratiesloten liggen met een dichtheid van 1 km/km², waarvoor geraamd 2 km nog moet worden gegraven in een profiel met een bodembreedte van 0,5 m, een diepte van 1 m en taluds 1:1,25 (bovenbreedte circa 3 m);
 - in de toeleidingswatergang moeten duikers worden aangelegd met een diameter van 1 m, in de primaire sloten met een diameter van 0,5 m. Het aantal hangt sterk af van de plaatselijke situatie, uitgegaan wordt van drie per km sloot;
 - bij de Veengoot is een inlaatwerk nodig, dat automatisch regelbaar is. De aansluiting geschiedt telemetrisch op basis van het debiet dat ongebruikt het infiltratiegebied verlaat;
 - om de gewenste peilgebieden te creëren is een aantal stuwen nodig. Uitgegaan wordt van vier stuwen per primaire sloottak, is totaal 16 geprefabriceerde stuwen met een klepbreedte van 1 m.

Globale kostenraming:

Afgeronde totaalkosten uitvoering 't Zand f 2,5 miljoen.

De Wiersse:

Technische specificatie:

- afvoer uit bovenloop Baakse Beek voor maximaal 2 m³/sec in de benedenloop van de Baakse Beek leiden:
 - het verdeelwerk bij de aansluiting Baakse Beek/Van Heeckerenbeek moet op de nieuwe afvoerverdeling worden aangepast. Hiervoor wordt voorlopig uitgegaan van een duikerafmeting van geraamd 3 x 1,5 m, een lengte van geraamd 50 m en van een nog aan te brengen regelbare stuwconstructie. Als alternatief hiervoor is het mogelijk om het bestaande verdeelwerk (afsluitbare duiker naar benedenloop Baakse Beek) te amoveren en te vervangen door een nieuw verdeelwerk, bestaande uit een automatische stuw (klepbreedte 4 m) aan het begin van de van Heeckerenbeek. De bovenloop van de Baakse Beek komt dan in open verbinding te staan met de benedenloop van de Baakse Beek. Bij lage afvoeren tot 2 m³/sec uit de bovenloop van de Baakse Beek dient de klep van de automatische stuw omhoog te staan, zodat er geen water naar de Van Heeckerenbeek kan stromen. Bij afvoeren hoger dan 2 m³/sec dient de klep omlaag te gaan, zodanig dat het meerdere debiet wordt afgevoerd naar de Van Heeckerenbeek.
- In de Baakse Beek moeten enige stuwpeilen worden aangepast: stuw BB9 +0,35 m (1.200 m benedenstrooms verplaatst) en stuw BB10 +0,50 m:
 - er wordt vanuit gegaan dat deze aanpassing/verplaatsing niet mogelijk is met de bestaande constructie, zodat twee nieuwe stuwen in de Baakse Beek nodig zijn.
- Naar aan de benedenloop van de Baakse Beek aanliggende gronden wordt water geleid (tot stuw BB12), waarbij het slootpeil op de flanken van De Wiersse wordt verhoogd met 0,25 m:
 - er dient aan de Baakse Beek een inlaatwerk te worden geconstrueerd, waardoor water in de spoorsloot zuidelijk van de beek wordt geleid;
 - een aantal sloten dient te worden verruimd en een nieuwe verbinding naar de noordflank is nodig. Voorlopig wordt er vanuit gegaan dat aan de zuidelijke flank geen problemen zijn, aan de noordflank is onder de verbinding rwzi-Ruurlo en de Baakse Beek een zinker ϕ 0,5 m nodig.

Globale kostenraming:

Afgeronde totaalkosten uitvoering De Wiersse f 1,5 miljoen.

De totale kosten van scenario 1 bedragen f 4,0 miljoen.

Scenario 2:

Technische specificatie:

't Zand

- infiltratie in het landbouwgebied rond het Klooster (zie onder scenario 1).

Wolfersveen

- verhoging van het peil in het Wolfersveen tot NAP + 16,5 m:
 - om ontoelaatbare problemen voor de landbouw in een groot gebied te voorkomen dient hierbij het ontwateringspatroon in aanzienlijke mate te worden verdicht. Daarvoor is een drainage h.o.h. (hart op hart) 100 m op een diepte van ruim 1 m wordt voorzien, terwijl slootjes h.o.h. 300 m tot een diepte van 1,4 m moeten worden gegraven. Deze slootjes zijn nu aanwezig h.o.h. circa 1.000 m. Een vijftal stuwtjes wordt nodig geacht.

De Wiersse

- maximaal debiet door benedenloop afvoeren, enige stuwpeilen verhogen en water leiden langs de flanken van het landgoed (zie scenario 1).

Globale kostenraming:

't Zand (als scenario 1)	f 2,5 miljoen
Wolfersveen	f 4,0 miljoen
De Wiersse (als scenario 1)	<u>f 1,5 miljoen</u>
Totale kosten scenario 2	f 8,0 miljoen

Scenario 3

Technische specificatie:

't Zand

- infiltratie in een bassin van 30 ha met een waterpeil op NAP + 16,5 m, de te graven diepte van het bassin wordt op 4 m - maaiveld geraamd in verband met aanwezige ondiep gelegen leemlagen:
 - hiertoe wordt water aangevoerd uit de bovenloop van de Veengoot via het Wolfersveen, dat dan ook op eenzelfde ontwateringspeil wordt gebracht (zie scenario 2).

De Wiersse

- maximaal debiet door benedenloop afvoeren, enige stuwpeilen verhogen en water leiden langs de flanken van het landgoed (zie scenario 1).

Globale kostenraming:

't Zand	f 3,2 miljoen
Wolfersveen (als scenario 2)	f 4,0 miljoen
De Wiersse (als scenario 1)	<u>f 1,5 miljoen</u>
Totale kosten scenario 3	f 8,7 miljoen

Scenario 4:

Technische specificatie:

't Zand:

- infiltratie in een bassin van 10 ha met een waterpeil op NAP + 15,9 m:
 - hiertoe kan het bestaande peil en het ontwateringspatroon in het Wolfersveen worden gehandhaafd en moet een bassin van geraamd 4 m diepte worden gegraven.

De Wiersse:

- als scenario 1, echter exclusief het leiden van water over de flanken van het landgoed.

Globale kostenraming:

't Zand	f 1,1 miljoen
De Wiersse	<u>f 0,9 miljoen</u>
Totale kosten scenario 4	f 2,0 miljoen

Samengevat kunnen de uitvoeringskosten globaal worden geraamd op:

- scenario 1 f 4,0 miljoen;
- scenario 2 f 8,0 miljoen;
- scenario 3 f 8,7 miljoen;
- scenario 4 f 2,0 miljoen.

Opgemerkt moet worden dat bij de diverse scenario's soms aanzienlijke hoeveelheden grond worden ontgraven. Wellicht bestaan er mogelijkheden om hiervoor een afzetmarkt te vinden, waardoor enige inkomsten kunnen ontstaan. Om hierover een enigszins gefundeerde uitspraak te kunnen doen, dient de soort grond die vrijkomt bekend te zijn. Deze is vooralsnog onbekend, zodat hiermee (nog) geen rekening is gehouden. Ter oriëntatie worden hierna wel de, op basis van de huidige uitgangspunten en geraamde lengten/afmetingen, te berekenen globale hoeveelheden grond weergegeven;

-	scenario 1	90.000 m ³ ;
-	scenario 2	245.000 m ³ ;
-	scenario 3	285.000 m ³ ;
-	scenario 4	40.000 m ³ .

Naast de hiervoor geraamde globale uitvoeringskosten dient nog rekening te worden gehouden met de jaarlijkse kosten voor onderhoud e.d. Voor deze kosten is uitgegaan van de door het Waterschap nu aangehouden eenheidsbedragen, verhoogd met een percentage voor de benodigde stuwen, duikers e.d. Voor de kosten van onderhoud van de bassins is uitgegaan van een relatief geringe hoeveelheid te verwijderen slib, die bovendien niet verontreinigd is.

De onderhoudskosten per jaar bedragen voor de diverse scenario's:

-	scenario 1	f	75.000;
-	scenario 2	f	175.000;
-	scenario 3	f	130.000;
-	scenario 4	f	10.000.

8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In het navolgende zijn de conclusies voor de diverse scenario's in tabelvorm samengevat op basis van de in hoofdstuk 7 genoemde effecten ten opzichte van de huidige situatie. Een en ander betreft alleen een technische beoordeling.

	Opp. water- kwantiteit		grondwater kwantiteit		opp. water kwaliteit				grondwater kwaliteit		kosten (f in milj.)	
	de Wiersse	't Zand	de Wiersse	't Zand	de Wiersse *		't Zand		de Wiersse	't Zand	de Wiersse	't Zand
					zomer	winter	zomer	winter				
scenario1	++	+	++	++	+	+	+	+	++	+	1,5	2,5
2	++	+	++	++	+	+	+	+	++	0	1,5	6,5
3	++	+	++	++	+	+	+	+	++	0	1,5	7,2
4	++	0	+	0	0	+	0	+	+	0	0,9	1,1

- 0 = effect verwaarloosbaar.
- + = aantal plussen geeft mate van effect op de verdrogingsbestrijding, tevens is regelbaarheid daarbij in beschouwing genomen.
- = negatief effect ten opzichte van de te verwachten autonome ontwikkeling.
- * = bij De Wiersse heeft ook een beoordeling plaatsgevonden ten opzichte van een autonome ontwikkeling (aanvullende maatregelen van het Zuiveringsschap met betrekking tot fosfaat- en nitraatverwijdering en in rioolwaterzuiveringsinstallaties). Ten opzichte van deze autonome ontwikkeling is de beoordeling van de oppervlaktewaterkwaliteit negatiever (zie hoofdstuk 6.2).

De scenario's 1, 2 en 3 geven in principe goede mogelijkheden voor de bestrijding van de verdroging.

Bij alle scenario's is het nodig dat de eventuele risico's voor schade aan bomen door te hoge of te snel stijgende grondwaterstanden worden geïnventariseerd.

Voor de detailinvulling van de maatregelen op het landgoed De Wiersse is een nader inventariserend onderzoek nodig ten behoeve van de vaststelling van de op het landgoed te creëren oppervlaktewaterstromen bij de aanvoer van water naar de hoger gelegen gebieden in het oostelijk gedeelte.

Voor de bestrijding van de verdroging van de omgeving van 't Zand is scenario 1 het meest flexibel, daar de maatregel over een groot gebied is verspreid. Dit biedt de mogelijkheid om de negatieve effecten op de landbouw of bosproductie te beperken door een selectieve detailinrichting van het gebied.

Bij scenario 2 wordt, ten koste van een relatief grote financiële investering en toename van landbouwdepressie, in termen van kweloppervlak slechts een geringe verbetering van de verdroogde situatie bereikt.

Bij scenario 3 zijn de te bereiken effecten kleiner en meer in oostelijk richting geconcentreerd. De negatieve effecten op de landbouw zijn in verhouding tot die bij scenario 1 en 2 het kleinst. In verband met de onzekerheden ten aanzien van de aanwezigheid van leem- of gestuwde tertiaire kleilagen in de ondergrond, dient bij de detailuitwerking een aanvullend veldonderzoek te worden gedaan. Dit veldonderzoek kan bestaan uit de uitvoering van enkele boringen en een pompproef in het trace van de toevoerleiding langs de Jachtweg, respectievelijk de locatie van het infiltratiebassin.

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat de technisch beste perspectieven worden geboden door de scenario's 1 en 3. De uiteindelijke keuze zal afhangen van de potentiële mogelijkheden voor verbetering van de natuur en de mogelijkheid van verwerving van de benodigde gronden.



De Baakse Beek stroomafwaarts van de duiker bij het verdeelpunt met de Van Heeckerenbeek.

Literatuur:

- G.B. Engelen, Paters houden van droge voeten; Hydrologie van Achterbeek en Liemers bepaalde het kersteningspatroon, Natuur en landschap in Achterhoek en Liemers 6(1), 22-25, Staring Instituut/Doetinchem, 1992.
- W.H. Zagwijn, Paleogeografische kaarten van Nederland in Boven-Tertiair en Kwartair, R.G.D., Haarlem.
- KIWA, Invloed van de grondwaterwinning Het Klooster op grondwaterstanden volgens tijdreeksanalyse, SWO 89.351, KIWA Nieuwegein, juli 1990.
- KIWA, Het invloedsgebied van pompstation Het Klooster van de WOG, SWO 90.306, KIWA Nieuwegein, december 1990.
- Landinrichtingsdienst, Mededelingen 176, de invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie, werkgroep HELP-tabel, Utrecht april 1987.
- TCGB, Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel, Een methode voor het bepalen van de opbrengstdepressie van grasland als gevolg van een grondwaterstandsverlaging, Technische Commissie Grondwaterbeheer, juli 1990.
- Provincie Gelderland, Karakteristieken van de onverzadigde zone ten behoeven van het waterbeheer, Leidraad voor het waterbeheer 3, Arnhem, februari 1983.
- Provincie Gelderland, Verdroging grijpt in, Arnhem, december 1992.
- Werkgroep Bosschade, Een orientatie naar de mogelijkheden om de aard en de omvang van produktieschade vast te stellen aan bossen als gevolg van grondwaterwinning, COGROWA, juli 1985.
- Provincie Gelderland, Waterbodem in zicht, 1989.
- M.G.M. Mertens en J. Remijn, Modelstudie Baakse Beek en Veengoot, Afstudeeropdracht, provincie Gelderland, 1991.
- C.A. van Bennekom, Hardheidsstijging: een zeer belangrijke kwaliteitsverandering van het drinkwater in Oost-Nederland, H₂O (22) 1989.
- C.G.E.M. van Beek, Landbouw en de drinkwatervoorziening, Onderzoek 1982-1987, KIWA-mededeling nr. 99, KIWA 1987.

- Geografisch Tijdschrift, Nieuwe reeks 1989(4) Themanummer verzuring:
 - verzuring in Nederland, J.M. Verstraten;
 - ruimtelijke variabiliteit van de atmosferische depositie van verzurende en eutrofiërende stoffen in Nederlandse bossen, W.P.M.F. Ivens;
 - bodemverzuring: principes en voorbeelden, J.M. Verstraten, A. Tietema en J.C.R. Dopheide;
 - verzuring en eutrofiëring van Nederlandse bossen; bijdrage van de landbouw en gevolgen voor bodem en grondwater, G.P.J. Draayers;
 - verzuring en eutrofiëring in Nederland: gevolgen van versnippering van natuurgebieden, W. Bleuten, A.C.D. Ertsen en G.P.J. Draayers;
 - mestoverschotten in Nederland: gevolgen voor de vermisting en de verzuring van het milieu, N.H.S.M. de Wit.
- dr. ir. J.J.M. van Grinsven, ir. W. de Vries en Prof. dr. ir. N. van Breemen, Effecten van zure depositie op bodem en grondwater, Waterbeheer, Handboek voor Milieubeheer.
- C.A.J. Appelo en D. Postma, Geochemistry, Groundwater and Pollution, 1991.
- P.J. Stuyfzand; Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen met Nederlandse voorbeelden van toepassing, H₂O (19) 1986.
- J. Mulder, C.G.E.M. van Beek en H.A.L. Dierx, Effecten van atmosferische depositie op de chemische samenstelling van grondwater onder bos, H₂O (24) 1991.
- Drs. J.J. de Vries, Relatie tussen het sulfaat- en ijzergehalte in het diepe grondwater van de Gelderse Achterhoek, Water 53 (1969).
- R.G.V.A. Verkooijen, J.H. Hoogendoorn en P. Grootjans, Hydrogeochemie van de provincie Gelderland, Dienst Waterbeheer provincie Gelderland en Dienst Grondwaterverkenning TNO Delft, 1985.
- L.F. Ernst, N.A. de Ridder, J.J. de Vries, A geohydrologic study of East Gelderland (Netherlands), Geologie en Mijnbouw 49 (6) p. 456-488.
- A.J. Vogelaar, P.K. Baggelaar en C.G.E.M. van Beek, Het effect van mestbeperkende maatregelen in grondwaterbeschermingsgebied Het Klooster, KIWA SWO 92.274, 1992.
- A.J. Vogelaar, P.K. Baggelaar en C.G.E.M. van der Beek, Het effect van mestbeperkende maatregelen in grondwaterbeschermingsgebied Het Klooster, KIWA SWO 90.245, 1990.
- Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit, provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water, verslag 1988 en 1989.

- F.J.E. van der Bolt, J. Pankow, C.W.J. van der Roest en A. van den Toorn, De invloed van de stikstofhuishouding in de bodem op de grondwaterkwaliteit in waterwingebied Het Klooster, Staringcentrum, rapport 31, Wageningen 1990.
- R.A. Freeze and J.A. Cherry, Groundwater, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. U.S.A., 1979.
- ir. C.G.E.M. van Beek en drs. P.J. Stuyfzand, Sporenelementen in grondwater, KIWA mededeling 118, 1991.
- Nitraatproblematiek bij grondwaterwinning in Nederland, onderzoek naar alternatieve maatregelen, werkgroep nitraaluitspoeling in waterwingebieden; ICW Nieuwe Serie rapport 12, 1985.
- M.Th. van Genuchten, A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil Science Society of America Journal, v.44 no. 5, p. 892-898, 1980.
- Rapport van de ad hoc groep Verdamping, 1984.
- E.P. Querner, en P.J.T. van Bakel, Description of regional groundwater model SIMGRO, ICW Wageningen, 1989.

