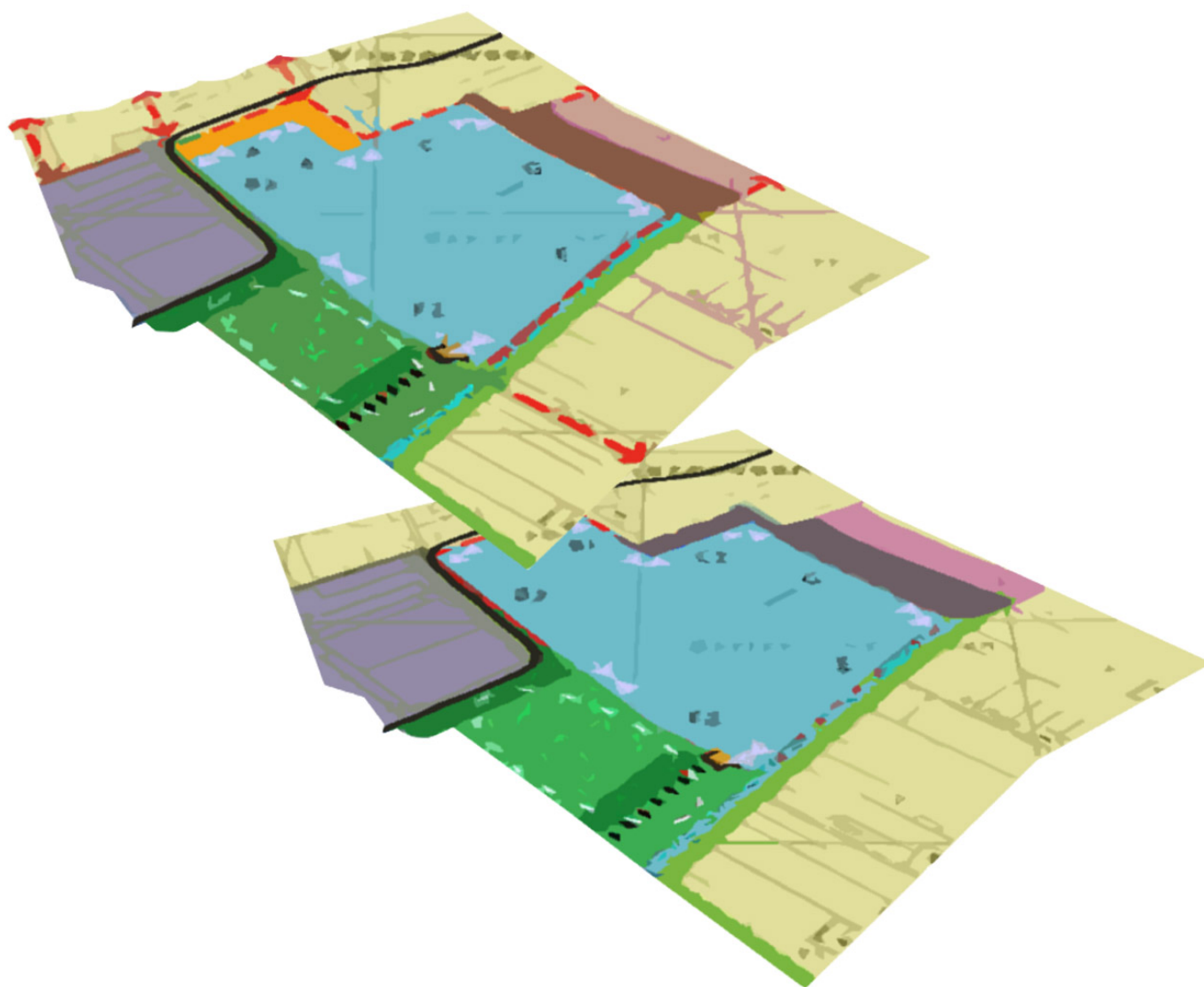


MER OOSTERWEILANDEN

bijlage 5. Deelrapport Geohydrologie



TAKEN

LANDSCHAPSARCHITECTUUR & ECOLOGIE

opdrachtgever VOF Oosterweilanden
project MER OOSTERWEILANDEN
Deelrapport Geohydrologie
00130-B
nummer Bijlage 5. Geohydrologie
datum 01-12-2008

kantoor Roermond ●
Kapellerlaan 179
Postbus 120
6040 AC Roermond
Telefoon 0475 330 271
Fax 0475 330 010
E-mail roermond@taken.nl

kantoor Arnhem ○
Sw. De Landasstraat 59
6814 DB Arnhem
Telefoon 026 443 4460
Fax 026 443 4462
E-mail arnhem@taken.nl

kantoor Tilburg ○
Ringbaan Oost 240
Postbus 181
5000 AD Tilburg
Telefoon 013 536 5760
Fax 013 542 1776
E-mail tilburg@taken.nl

eerdere datum december 2001 (nr. 1473-B),
11.06.2008, 25.11.2008
trefwoorden mer, twente, grondwater, zandwinning

© TAKEN Landschapsarchitectuur & Ecologie | december 2008

Niets uit dit rapport of bijbehorende tekeningen mag worden verveelvoudigd en of openbaar gemaakt op welke wijze dan ook zonder schriftelijke vermelding van opdrachtgever en Taken B.V., noch mag het zonder bronvermelding worden gebruikt voor enig ander doel dan waarvoor het is vervaardigd.

Inhoud

1. Inleiding	7
2. Geologische opbouw studiegebied	9
2.1. Ontstaansgeschiedenis	9
2.2. Lithostratigrafie	10
2.3. Geohydrologische indeling	12
3. Grond- en oppervlaktewater	17
3.1. Stromingspatroon van het grondwater	17
3.2. Grondwaterstanden	18
3.3. Oppervlaktewaterstroming	19
3.4. Grondwaterkwaliteit	18
3.5. Oppervlaktewaterkwaliteit	21
4. Modelopbouw	25
4.1. Rekenwijze	25
4.2. Software	26
4.3. Modelnetwerk	26
4.4. Geohydrologische schematisatie	27
4.5. Modelparameters	27
4.6. Ijking	32
4.7. Gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse	36
4.8. Waterbalans	40
5. Schematisatie van alternatieven	41
5.1. Alternatieven	41
5.2. Zandwinning	41
5.3. Mitigerende maatregelen	43
6. Scenario-studie	45
6.1. Inleiding	45
6.2. Scenario's	49
6.3. Scenario's droge periode	73
6.4. Scenario's natte situatie	80
6.5. Waterbehoefte	81
6.6. Waterkwaliteit	84

7.	Effecten alternatieven	87
7.1.	Autonome ontwikkeling (nul-alternatief)	87
7.2.	Samenstelling alternatieven	88
7.3.	Effecten alternatieven 1, 2 en 4a	89
7.4.	Effecten alternatieven 4 en 4b	91
8.	Conclusies	93
9.	Gebruikte literatuur en overige bronnen	95

Bijlagen

1. Geohydrologische profielen
2. Peilbuisgegevens
3. Peilbuizen Fayersheide
4. Onttrekkingsgegevens
6. Plan 'Waterrijk'

Tabellen

1.	Geologische en geohydrologische indeling van het studiegebied	13
2.	Overschrijdingen van de grenswaarden ENW op meet punt 800 I (Veenleiding)	22
3.	Neerslag(N) en verdamping ($E_{MAKKINK}$) in mm per maand; normalen 1971-2000 (bron: KNMI)	31
4.	Grondwateraanvulling als percentage van de neerslag, afhankelijk van het grondgebruik	32
5.	Jaartotalen van neerslag en verdamping van meteostations binnen c.q. in de nabijheid van het modelgebied vanaf 1991, in mm	34
6a.	Afwijking van berekende stijghoogten voor gemiddeld jaar ten opzicht van de gemeten gemiddelden in respectievelijk 2005 en het langjarig gemiddelde (1983-2006)	35
6b.	Afwijking van berekende en gemeten stijghoogten voor peilbuizen binnen en in de directe nabijheid van het plangebied	35
7.	Gevoeligheidsanalyse: invloed van aanpassing van parameterwaarden op de berekende effecten van een (fictieve) zandwinplas	38
8.	Samenvatting belangrijkste modeluitkomsten per scenario en per alternatief	48
9.	Neerslagtekort droge periode 1992, gebaseerd op neerslagcijfers van Almelo en verdampingscijfers van Eelde (KNMI 1992)	73
10.	Effecten op de grondwaterstanden en kwelintensiteit van het Recreatie- en het Natuuralternatief	90
11.	Effecten op de grondwaterstanden en kwelintensiteit van het MMA	94

Figuren

1. Geohydrologische dwarsprofielen van west naar oost door het studiegebied	14
2. Isohypsenpatroon en stromingsrichting (pijlen) van het ondiepe grondwater; alsmede de ligging van de dwarsprofielen in figuur 1	15
3. Peilbuiswaarnemingen Oosterweilanden vanaf januari 1998	18
4. Dwarsprofiel Almeloseweg - Vosmaatweg met grondwaterstanden	
5a. Waterlopen rond het plangebied met stromingsrichting	20
5b. Meetpunten waterkwaliteit en waterbodempkwaliteit van enkele waterlopen nabij het plangebied	21
6. Modelnetwerk en oppervlaktewaterstelsel	26
7. Correctie bodemweerstand	30
8. Gevoeligheidsanalyse berekend effect zandwinplas bij verschillende waarden voor modelparameters	39
9. Waterbalans totale modelgebied (geijkte model) in m ³ per dag	40
10. Schematisering zandwinning en mitigerende maatregelen	44
11. Deelgebieden waarvoor waterbalansen zijn berekend	46
12. Isohypsen (interval 0,2 m) van watervoerend pakket I en gemiddelde stijghoogte peilbuizen 2005 rond het plangebied	49
13. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 1	51
14. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 2	53
15. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 3	55
16. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 4	57
17. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 5	59
18. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 6	61
19. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 7	63
20. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 8	65
21. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 9	67
22. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 10	69
23. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 11	72
24. Isohypsen (interval 0,2 m) van watervoerend pakket I in een droge periode en stijghoogte peilbuizen eind juli 1992	74
25. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 1992-1	76
26. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I, scenario 1992-2	79
27. Normale jaarverdeling van neerslag, verdamping en neerslagoverschot nabij het plangebied	83
28. Wijziging stijghoogte watervoerend pakket I als gevolg van realisatie plas 'Waterrijk'	87
29. Recreatie- en Natuuralternatief (zandwinning beëindigd): wijziging stijghoogte watervoerend pakket I	89
30. Recreatie- en Natuuralternatief (eindfase zandwinning): wijziging	

stijghoogte watervoerend pakket 1	90
31. MMA (zandwinning beëindigd): wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1	93
32. MMA (eindfase zandwinning): wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1	94

Kaarten

1. Maaiveldhoogte plangebied e/o
2. Ligging peilbuizen en onttrekkingsputten
3. Grondgebruik modelgebied
4. Grondwatertrappen
- 4a. GHG; 4a1: GHG actueel, 4a2: GHG historisch
- 4b. GLG; 4b1: GLG actueel, 4b2: GLG historisch
- 5a. Berekend isohypsenpatroon watervoerend pakket 1 en gemiddelde stijghoogte peilbuizen in 2005
- 5b. Berekend isohypsenpatroon watervoerend pakket 2 en gemiddelde stijghoogte peilbuizen in 2005

I. Inleiding

In 1998 is door V.O.F. Oosterweilanden een MER-procedure gestart voor het realiseren van een zandwinning in het gebied Oosterweilanden, gelegen in de gemeente Vriezenveen (Overijssel). In december 2001 is een concept verschenen. Daarna is de planvorming voorlopig stilgezet. Voorjaar 2008 heeft de initiatiefnemer besloten het milieu-effectrapport voor te leggen aan het bevoegd gezag. Daartoe diende de informatie in de rapportage van 2001 geactualiseerd te worden.

In voorliggend deelrapport 'Geohydrologie' wordt het grondwatersysteem van het studiegebied beschreven. Voor het bepalen van de effecten van de ingreep is gebruik gemaakt van een geohydrologisch meerlagen-model. De conclusies van de systeembeschrijving en de effectenanalyse zijn in het hoofdrapport opgenomen.

In hoofdstuk 2 wordt de geologische opbouw van het studiegebied beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de grond- en oppervlaktewaterstroming. Hoofdstuk 4 geeft de modelopbouw en -ijking weer en in hoofdstuk 5 wordt aangegeven hoe de zandwinning in het model wordt geschematiseerd. Hoofdstuk 6 bevat een beschrijving van de hydrologische effecten van de zandwinning. In hoofdstuk 7 staan de belangrijkste conclusies. Tot slot worden in hoofdstuk 8 enkele aanbevelingen gedaan voor mitigerende maatregelen.

Het **studiegebied** ten aanzien van de geohydrologie (ook modelgebied genoemd) wordt globaal begrensd door de stuwwal van Ootmarsum (oost), het Reggedal (west), de rijksgrens (noord) en het kanaal Almelo-Nordhorn (zuid). Onder **plangebied** wordt de 200 ha van de Oosterweilanden verstaan, waarbinnen de zandwinning en herinrichting zal plaatsvinden.

Actualisatie

Het model uit 2001 is opnieuw geijkt aan meer recente peilbuisgegevens. Ook is gebruik gemaakt van recente informatie over grondwateronttrekkingen en is voor de voeding gebruik gemaakt van het meest recente beschikbare landgebruiksbestand (zie de betreffende paragrafen in voorliggend rapport).

Voor wat betreft de effecten van de verschillende inrichtingsalternatieven bleken de uitkomsten van het opnieuw gecalibreerde model overeen te komen met de berekeningen met het model uit 2001. Er bestond geen aanleiding om parameterwaarden, anders dan betreffende de voeding (neerslag) en onttrekking, aan te passen. Daarom werd het niet zinvol geacht opnieuw een gevoeligheidsanalyse uit te voeren en is ook de scenariostudie niet opnieuw uitgevoerd.

2. Geologische opbouw studiegebied

2.1. Ontstaansgeschiedenis

Het studiegebied ligt op de oostelijke rand van een dalingsgebied, dat deel uitmaakt van het Noordzebekken. Hierdoor hellen de tertiare en oud-pleistocene sedimenten van oost naar west.

In het **Mioceen** was het gebied bedekt door zee en werden klei- en zandlagen behorend tot de Formatie van Breda afgezet. Tijdens het Pliocene verplaatste de kustlijn zich westwaarts en werden de afzettingen geleidelijk continenter. Er werd op de mariene afzettingen een pakket fluviatiele, deels kustnabije, sedimenten (de Formatie van Scheemda) afgezet. Deze zijn deels vanuit het oosten door rivieren aangevoerd en deels in een ondiepe kustzee gevormd.

In het begin van het **Kwartair** (het Onder-Pleistoceen) verliet de zee definitief het gebied en werden voornamelijk fluviatiele sedimenten door rivieren vanuit het oosten en noordoosten aangevoerd (de Formaties van Harderwijk en Enschede).

In het **Pleistoceen** was sprake van een afwisseling van koude en warme perioden. Met name in de koude perioden was de aanvoer van zand en grind groot, terwijl in de warme perioden rivierinsnijding plaatsvond en zich klei- en veenafzettingen konden vormen. In de koude periode aan het eind van het Midden-Pleistoceen (het Saalien) was in het gebied sprake van glaciatie in de vorm van landijstongen die vanuit het noorden het gebied bedekten. Door de druk van het ijspakket zijn tertiaire en kwartaire afzettingen tot heuvelruggen (stuwwallen) omhooggedrukt. In en rond het studiegebied bevinden zich enkele grote stuwwallen (Holten-Nijverdal, Wierden-Hooge Hexel en Ootmarsum-Oldenzaal) en enkele kleinere bij Tubbergen, Albergen, Zenderen en Delden. De grotere zijn op hun huidige lokatie opgestuwd; de kleinere zijn restanten van de doorgebroken stuwwal tussen Ootmarsum en Oldenzaal, die door het landijs over de bevroren ondergrond zijn verplaatst (DLO-Staring Centrum, 1992).

Onder het ijs werd grondmorene (keileem) afgezet en ook op de stuwwallen, toen deze door het ijs werden overreden.

De flanken van de stuwwallen zijn sterk versneden door smeltwater. Het geërodeerde materiaal (grindrijk grof zand) is aan de voet in de vorm van spoelzand-waaiers (sandrs) afgezet, welke later weer zijn bedekt door keileem en fluvioperiglaciale sedimenten.

In smeltwatertunnels onder de ijskap werden grindrijke zandafzettingen gevormd, zogenaamde eskers. De enige in Nederland bekende esker ligt net ten oosten van

het plangebied tussen Bruinehaar en Almelo.

In de tongbekkens van de ijslobben, zoals het bekken van Nordholt (het huidige Dinkeldal), het bekken van Hengelo en het Reggedal zijn bij het smelten van de ijsbedekking grote meren ontstaan. Deze zijn opgevuld met fijnkorrelige glaciale meerafzettingen (lacustroglaciaal).

Alle door het landijs gevormde sedimenten worden aangeduid als Formatie van Drente.

Aan het einde van het **Saalien** werden dekzanden afgezet (Formatie van Eindhoven) en in het daarop volgende warme Eemien ontstonden veen-, klei en zandafzettingen (Formatie van Asten). Van beide perioden zijn in het studiegebied weinig afzettingen bekend.

In de laatste ijstijd (het **Weichselien**) was het studiegebied niet met ijs bedekt. Wel heerste er toen een zeer koud klimaat. Door sneeuwsmelwater en door de wind werden in hoofdzaak zand- en leemafzettingen gevormd, die tot de Formatie van Twente behoren. Deze bedekken vrijwel het gehele studiegebied en alle hiervoor genoemde afzettingen, met uitzondering van delen van de stuwwallen.

In de warmere periode waarin we nu leven, het **Holoceen**, vond voornamelijk hoogveenvorming plaats (Formatie van Griendtsveen) en werden in de beekdalen vooral lemig zand en klei afgezet en enig veen gevormd (Formatie van Singraven). Door aantasting van het vegetatiedek, onder andere als gevolg van overbeweiding, kon de wind vat krijgen op de droge gronden, waardoor plaatselijk stuifzanden ontstonden (Formatie van Kootwijk).

2.2. Lithostratigrafie

Inleiding

In deze paragraaf worden de geologische formaties besproken die van belang zijn voor de ondiepe en middeldiepe grondwaterstroming.

In het plangebied zijn boringen uitgevoerd tot maximaal 40 m om de samenstelling van de ondergrond te bepalen, met het oog op de zandwinning. Hiervoor zij verwezen naar het betreffende deelrapport Geologie, van december 2001 en §4.5. Op kaart 1 is de maaiveldligging van het plangebied weergegeven.

Formatie van Breda

Mariene, glauconietrijke zanden, zandige klei en klei uit het Mioceen. Deze afzetting komt in het gehele studiegebied voor; ter plekke van de stuwwallen alleen in gestuwde vorm. De diepte varieert van dicht onder het maaiveld (in de stuwwallen van Tubbergen en Ootmarsum), circa 100 m -m.v. (bij de stuwwal van Wierden-Hooge Hexel) tot circa 300 m -m.v. in het IJsseldal. In het plangebied ligt de formatie

op circa 60 m beneden maaiveld.

Formatie van Scheemda

Fluviatiele afzettingen van rivieren vanuit het oosten, deels ook in een ondiepe kustzee afgezet. Er zijn te onderscheiden: fijne en grove grindarme zanden, met plaatselijke ingeschakelde bruinkool; fijne kleiige en grove zanden, soms met klei, veen of bruinkool en fijne, kleiige zanden. Deze formatie komt in het grootste deel van het studiegebied op de Formatie van Breda voor. In het plangebied bedraagt de dikte 30 tot 40 m.

Formatie van Harderwijk

Grove zanden met grind afgezet door rivieren met een oostelijke herkomst. De afzetting komt in het noordwesten van het studiegebied voor.

Formatie van Enschede

Overwegend grove, grindhoudende rivierzanden met inschakelingen van zandige kleien. Onderin de formatie komen lagen met grof grind en stenen voor. Deze formatie komt in het grootste deel van het studiegebied voor en is moeilijk te onderscheiden van de Formatie van Harderwijk.

Uit booronderzoek in het kader van onderhavig project (Geo Survey BV, 1998) kan worden afgeleid dat beide formaties in het plangebied gezamenlijk een dikte hebben van 13 tot 26,5 m (gemiddeld 20 m). Inschakelingen van klei en bruinkool komen in bijna de helft van het plangebied voor met zeer variabele dikten (0,3 tot meer dan 4,5 m).

Formatie van Drente

Met uitzondering van delen van de stuwwallen komt de formatie in het gehele studiegebied voor.

Keileem komt voor ten oosten van het plangebied rond Geesteren en in de stuwwallen van Ootmarsum, Tubbergen, Albergen, alsmede de westelijke stuwwal van Wierden-Hooge Hexel.

Fluvioglaciale afzettingen zijn opgebouwd uit grove grindhoudende zanden tot fijne zanden en komen voor als (overdekte) spoelzandwaaiers bij de stuwwal van Ootmarsum en als esker tussen Bruinehaar en Almelo.

Dikke lacustroglaciale kleilagen komen voor in het Reggedal op circa 10 m -m.v., naar het oosten ondieper wordend en dagzomend in de stuwwal van Wierden-Hooge Hexel.

Formatie van Twente

Tot deze formatie behoren matig fijne dekzanden en de zogenaamde fluvioperiglaciale afzettingen. De laatste bestaan uit matig fijn tot matig grof zand, grof grindhoudend zand, leem en veen. Het betreft puinwaaiers bij de dalmonden van in het

Weichselien uitgesleten dalen (voornamelijk in de stuwwal van Ootmarsum) en door de wind in plassen afgezette leem (voornamelijk tussen Delden en Weerselo).

De dekzanden kunnen worden onderverdeeld in oude dekzanden, verstoven tot een licht glooiend reliëf, en jonge dekzanden, vaak verstoven tot dekzandruggen. De formatie komt in vrijwel het gehele studiegebied (dicht) aan de oppervlakte voor.

Formatie van Griendtsveen

Hoogveen dat voor de ontginning grote delen van de formatie van Twente bedekte. De eerste aanzet voor de veenvorming waren laat-weichseliene veenplassen en de sinds het Atlanticum steeds natter wordende laagten en beekdalen met broek- en zeggenveen. Hieruit ontstond hoogveen dat zich geleidelijk ook over de aangrenzende hogere zandgronden uitspreidde. Plaatselijk is het veenpakket verscheidene meters dik, zoals bij Vriezenveen en Manderveen. Door turfwinning zijn nu slechts restanten over, waarvan de Engbertsdijksvenen de belangrijkste zijn.

Formatie van Singraven

Afzettingen langs de holocene beeklopen, bestaande uit fijn zand, silt, klei en ook veen.

Formatie van Kootwijk

Grote stuifzandgebieden komen in het studiegebied niet voor door de overwegend natte omstandigheden. Kleine stuifzanden zijn er bij Reutum en Zenderen.

2.3. Geohydrologische indeling

Binnen de pre-kwartaire afzettingen in Twente zijn watervoerende pakketten aanwezig in mesozoïsche gesteenten (met name uit het Onder-Krijt). Deze worden hier echter niet beschouwd, omdat ze niet van belang zijn voor de ondiepe en middeldiepe grondwaterstroming.

De tertiaire afzettingen zijn overwegend slecht doorlatend en fungeren derhalve als basis voor het hier te beschouwen geohydrologische systeem. De pliocene Formatie van Scheemda is wel plaatselijk goed doorlatend en wordt dan ook beschouwd als onderdeel van het kwartaire watervoerende pakket.

Het kwartaire watervoerende pakket kan op grond van de lithologie worden onderverdeeld in goed-, matig en slecht doorlatende lagen (tabel 1; zie ook bijlage 1). Goed doorlatend zijn in het algemeen de Formaties van Harderwijk, Enschede en Drente (zandige facies); slecht doorlatend zijn de afzettingen van de Formatie van

Drente (grondmorene) en de Formaties van Griendtsveen en Singraven. De Formatie van Twente is matig doorlatend. De laatste wordt wel als onderdeel van het eerste watervoerende pakket aangemerkt.

tabel 1

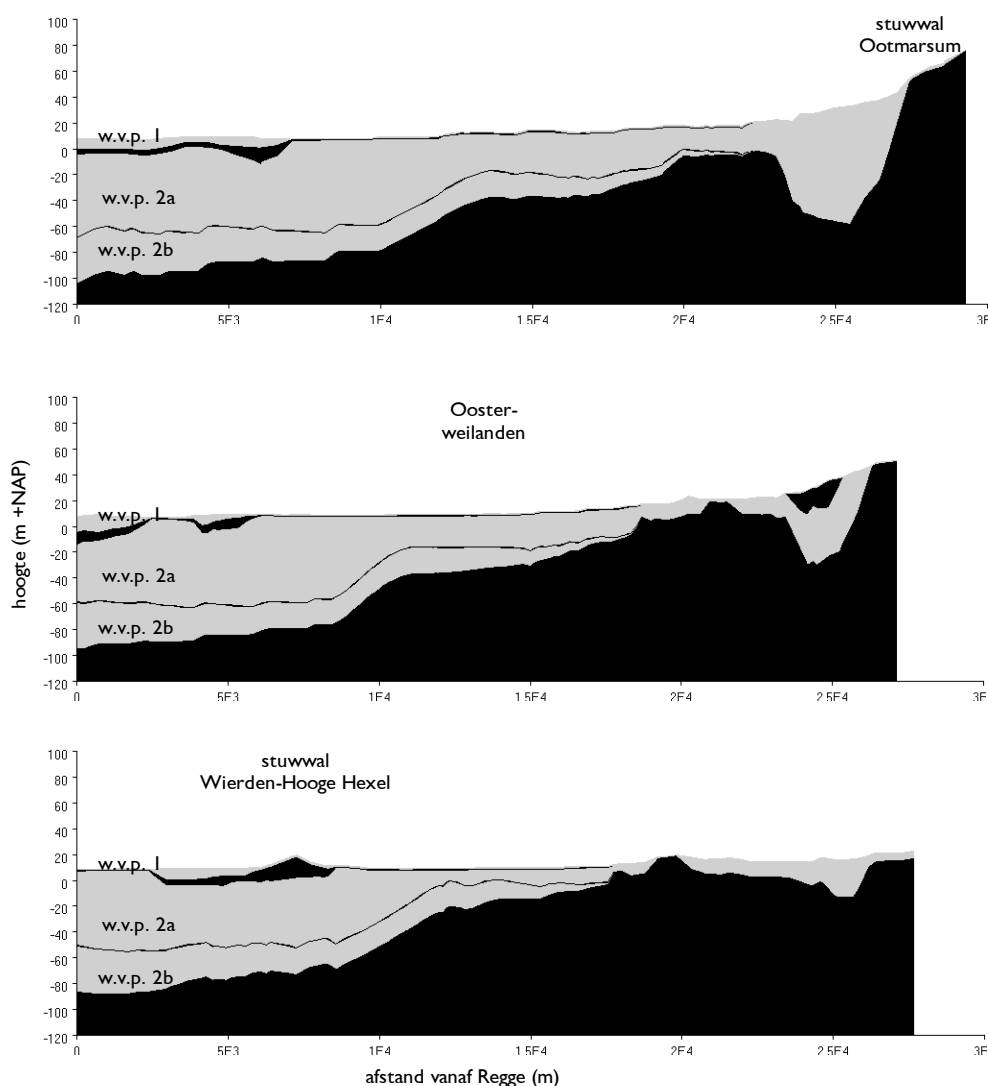
Geologische en geohydrologische indeling van het studiegebied. In de laatste kolom is de diepte ter plaatse van het plangebied weergegeven in m t.o.v. maaiveld

Chronostratigrafie	Afzettingen	Lithografie	Oorsprong	Schematisatie	Diepte	
Kwartair	Holoceen	Formatie van Griendtsveen	hoogveen	organisch	deklaag	n.v.t.
		Formatie van Singraven	fijn zand, silt, klei en veen	fluviaal/ organisch	deklaag	0
	Boven-Pleistoceen	Formatie van Twente	matig fijn tot matig grof zand	fluvioperi-glaciaal	w.v.p. I	-2,5
	Midden-Pleistoceen	Formatie van Drente	grof grindhoudend zand tot fijn grind	fluvioglaciaal	w.v.p. I	n.v.t.
			keileem	(lacustro) glaciaal	Ie sch. laag	n.v.t.
	Onder-Pleistoceen	Formatie van Enschede	grof grindhoudend zand	fluviaal	w.v.p. 2a	-2,5
	Formatie van Harderwijk	grof zand en grind	fluviaal	w.v.p. 2a	-2,5	
Tertiair	Plioceen	Formatie van Scheemda	grof zand, bruinkool, fijne kleiige zanden	fluviaal, deels kustnabij	w.v.p. 2b	-20
	Mioceen	Formatie van Breda	klei, zandige klei en zand	marien	ondoorl. basis	-45

De slecht doorlatende grondmorene en ijsmeeropvullingen zijn vooral in het westen van het studiegebied aanwezig. Hier is sprake van twee watervoerende pakketten. Elders, zoals ter plaatse van het plangebied, is slecht één ongedeeld watervoerend pakket aanwezig (zie hierna en figuur 1).

In de oostelijke helft van het studiegebied ligt de ondoorlatende basis dicht onder het maaiveld en is de watervoerende laag erg dun. In het zuidoosten ligt plaatselijk keileem direct op de Formatie van Breda en reikt deze tot aan het maaiveld; hier is de watervoerende laag geheel afwezig. Aan de voet van de stuwwal van Ootmarsum ligt een (begraven) slenkvormige laagte, waar het watervoerende pakket dikker is dan ter weerszijden (figuur 1). Lokaal komt hierin een pakket keileem voor, waardoor sprake is van twee watervoerende pakketten. De Grondwaterkaart van Nederland (DGV/TNO, 1974) beschrijft deze laagte als een glaciaal dal, uitgesleten door smeltwater aan de rand van het landijs. De Bodemkaart van Nederland (DLO-Staring Centrum, 1992) en Regis gaan uit van een tectonische oorsprong, namelijk een slenk begrensd door breuken. Van deze breuken is geen invloed op de grondwaterstroming bekend.

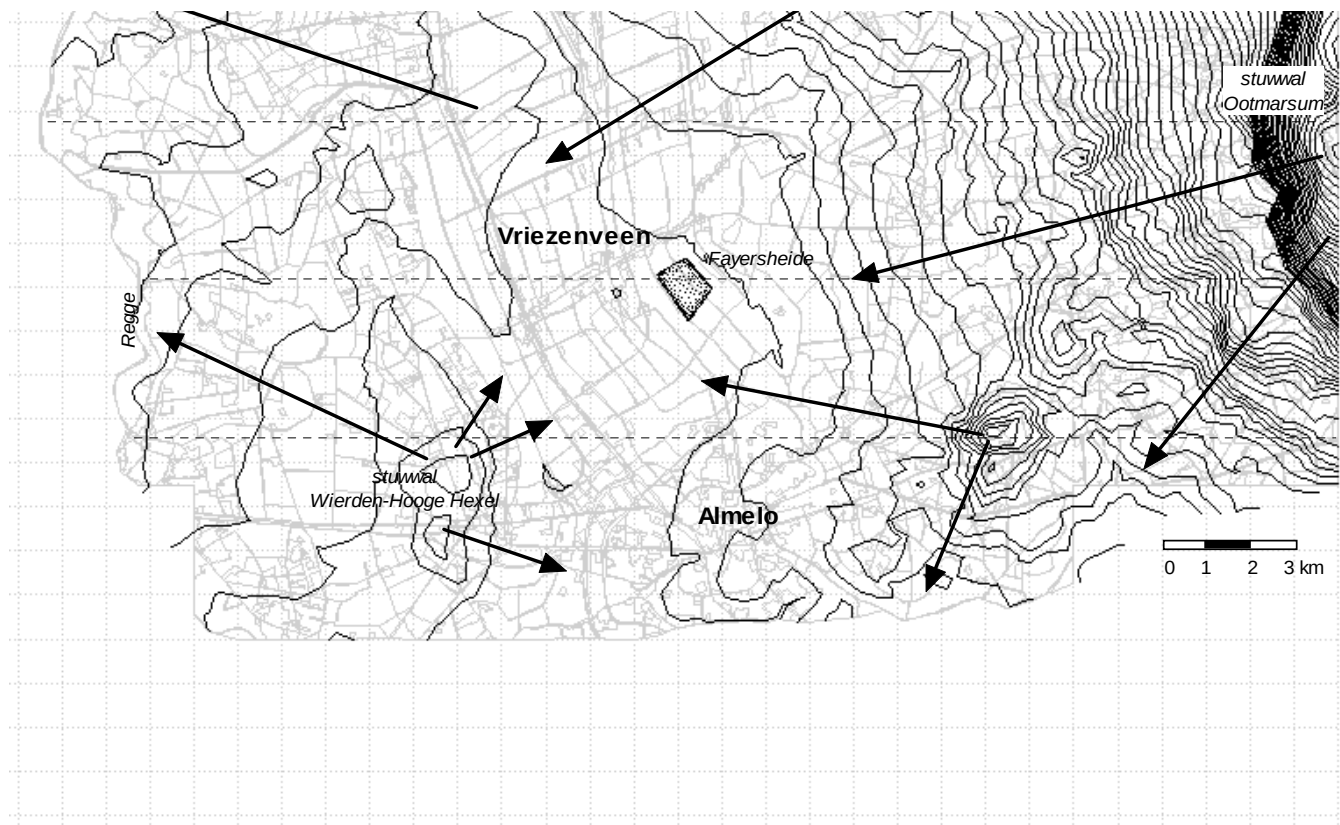
Ter plaatse van het plangebied kan men spreken van één watervoerend pakket, bestaande uit de fijnzandige Formatie van Scheemda (matig tot goed doorlatend), de matig grof tot grofzandige Formaties van Enschede en Harderwijk (goed doorlatend) en de fijnzandige Formatie van Twente (matig doorlatend). Vergelijk de figuur met 'geohydrotypen' in bijlage 1. Tussen w.v.p. 1 en 2a bevindt zich geen scheidende laag. Tussen w.v.p. 2a en 2b (op 15 à 23 m diepte) is plaatselijk een stoorlaag aanwezig met klei en/of bruinkoolresten van de genoemde Formatie van Scheemda; zie ook het deelrapport Geologie.



figuur 1

Geohydrologische dwarsprofielen van west naar oost door het modelgebied (boven= noordelijk deel modelgebied; midden=centraal deel, waarin het plangebied; onder=zuidelijk deel modelgebied). Watervoerende pakketten in grijs, slechtdoorlatende lagen in zwart. Voor ligging zie figuur 2. Zie ook de profielen in bijlage 1.

In genoemde bijlage I zijn een tweetal iets gedetailleerdere profielen opgenomen, met aanduiding van de geohydrologische constanten. Hierop wordt in §4.5 nader ingegaan.



figuur 2

Isohypsenpatroon en stromingsrichting (pijlen) van het ondiepe grondwater, alsmede de ligging van de drie dwarsprofielen in figuur 1, noord, midden en zuid (-----); het plangebied is gearceerd weergegeven.

3. Grond- en oppervlaktewater

3.1. Stromingspatroon van het grondwater

Van DGV-TNO zijn de gegevens opgevraagd van peilbuizen binnen het studiegebied. Op kaart 2 zijn de locaties weergegeven. Bijlage 2 geeft nadere informatie over de diepte van de filters en gemiddelde standen.

Een honderdtal peilbuizen in het studiegebied hebben filters in de deklaag, waarvan een groot aantal met de letteraanduiding 'L' (zogenaamde 'landbouwbuizen'; vergelijk kaart 2); het beeld van het middeldiepe grondwater is iets minder volledig; daarvan zijn 58 filters beschikbaar. Uit waarnemingen van enkele peilbuizen met een diep en een ondiep filter blijkt echter dat er sprake is van een constant potentiaalverschil. Dit betekent dat de stromingspatronen van het ondiepe en het middeldiepe grondwater waarschijnlijk vergelijkbaar zijn (DGV/TNO, 1974).

Aan de oostrand van het studiegebied bevindt zich een grondwaterscheiding in de stuwwallen van Ootmarsum en Oldenzaal (figuur 2). Ten oosten hiervan stroomt het grondwater naar het Dinkeldal; ten westen hiervan stroomt het grondwater westwaarts, richting Reggedal. Ten westen van de lijn Almelo-Vriezenveen buigt het grondwater in noordwestelijk richting af, in de richting van de Overijsselse Vecht. Onder het Reggedal is sprake van een lokale concave grondwaterscheiding of confluente lijn: de Regge draineert hier het grondwater.

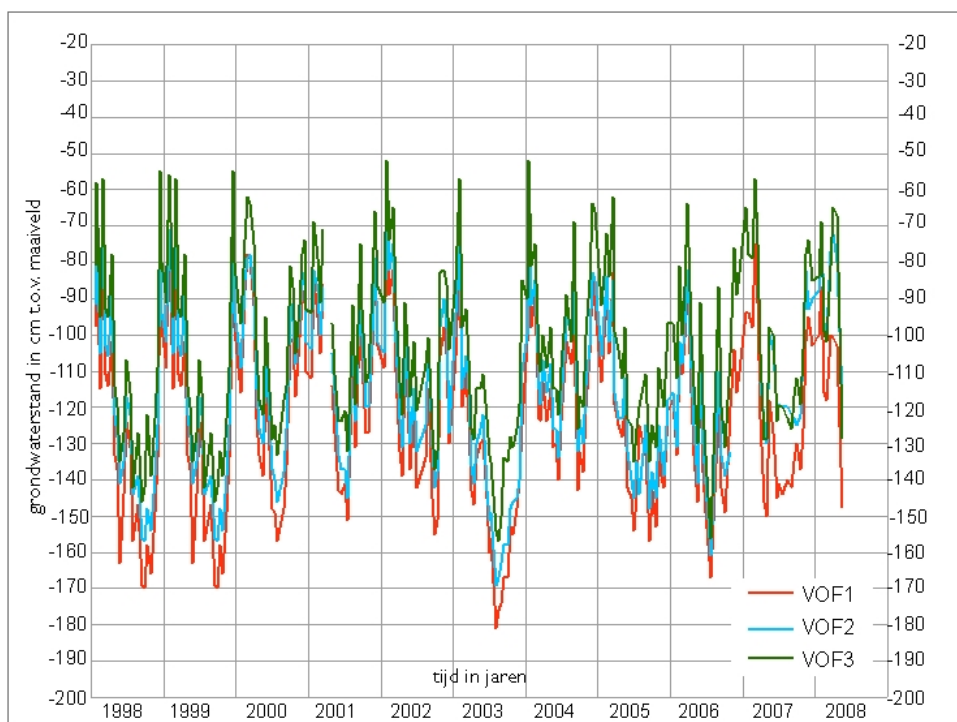
Op de hoge delen van de stuwwal van Ootmarsum komen grondwaterstanden tot 60 m +NAP voor in het dunne watervoerende pakket. Aan de voet van de stuwwal (Reutum-Mander) bedraagt de stijghoogte circa 30 m +NAP; in het plangebied 8,5 à 9,0 m +NAP en in het noordwesten van het studiegebied 5 à 6 m +NAP. Zie figuur 2 en ook kaart 5a.

Er is sprake van een lokale opbolling in de stuwwallen van Tubbergen-Albergen en Wierden-Hooge Hexel, mede veroorzaakt door de ondiep gelegen slecht doorlatende lagen (figuur 2). In het **tweede watervoerende pakket** onder de stuwwal Wierden-Hooge Hexel is echter juist sprake van een verlaging als gevolg van de hier gelegen drinkwaterwinningen (vergelijk kaart 5b; zie voor de ligging van de winputten kaart 2). In bijlage 4 zijn de onttrekkingsgegevens samengevat. In §4.5 wordt hier nader op ingegaan.

3.2. Grondwaterstanden

Kaarten 4a1, 4a2, 4b1 en 4b2 geven de actuele en historische grondwaterstanden weer (GHG en GLG), alsmede de grondwatertrap. Hieruit blijkt dat binnen het plangebied de GHG varieert tussen 10 en 40 cm en de GLG tussen 75 en 150 cm (kaarten 4a1 en 4b1). Hoge grondwaterstanden (GHG < 10 cm) komen voor in de Kooiplas. In de Fayersheide ligt de GHG rond de 10 cm –mv en de GLG op de 75 cm –mv. Ten opzichte van een eeuw geleden is de GHG zeker met 10 cm gedaald, de GLG met minstens 30 cm. De maaiveldligging van het plangebied is weergegeven op kaart 1 (op basis van het AHN 5x5 m-grid).

Voor een drietal (eind 1997 geplaatste) peilbuizen in het plangebied is het verloop in de grondwaterstand weergegeven tot en met voorjaar 2008, zie figuur 3. De absolute seizoensfluctuaties (verschil tussen hoogst en laagst gemeten peil in een jaar) liggen meestal tussen 0,5 en 1,0 m. Met name de hoogste grondwaterstanden zijn lager dan op basis van de GHG (kaart 4a-1) verwacht zou worden. Of de afwijking te maken heeft met een fout bij de inmeting van de buizen is niet duidelijk. Buis VOF2 is in maart 2007, vanwege een defect, opnieuw geplaatst en ingemeten.



figuur 3

Peilbuiswaarnemingen Oosterweilanden vanaf januari 1998: 14 daagse metingen

In onderstaande tabel 2 zijn de meetgegevens samengevat.

tabel 2

Samenvatting van grondwaterstandmetingen binnen het projectgebied. Alle getallen zijn in m+NAP, tenzij anders aangegeven

Parameter	VOF1		VOF2		VOF3	
maaiveldhoogte	9.88		9.49		9.80	
top buis	10.23		9.79		10.40	
bovenkant filter	onb		3.76		onb	
onderkant filter	onb		1.76		onb	
langjarig gemiddelde	8.48		8.37		8.77	
voortschrijdend gemiddelde	8.48		8.37		8.77	
minimum	7.90	5-aug-2003	7.80	5-aug-2003	8.23	14-aug-2003
maximum	9.02	16-jan-2004	9.07	28-jan-2002	9.28	16-jan-2004
gemiddelde stand winter	8.61	140 cm-mv	8.48	101 cm-mv	8.90	90 cm-mv
gemiddelde stand zomer	8.34	167 cm-mv	8.25	124 cm-mv	8.63	117 cm-mv
stuwpeil winter	8.40		8.00		[8.75]	
stuwpeil zomer	8.85		8.30		[9.05]	

Het verschil in stijghoogte van het (ondiepe) grondwater tussen de drie buizen bedraagt maximaal 40 cm. In het naastgelegen gebied Fayersheide komen vergelijkbare verschillen voor op relatief korte afstand (zie bijlage 3). Deze ruimtelijke verschillen zullen vooral te maken hebben met de gehanteerde stuwpeilen en de ligging van de buizen ten opzichte van waterlopen.

De stuwpeilen zijn in onderstaande figuur 5a (zie §3.3) weergegeven. In tabel 3 staan de stuwpeilen van de dichtst bij de betreffende peilbuis gelegen waterloop vermeld. Daarbij is op te merken dat buizen VOF1 en VOF2 relatief dicht bij een gestuwde waterloop zijn gelegen (200 à 300 m). Daarentegen ligt buis VOF3 op ruim 400 m afstand van een waterloop.

Teneinde het inzicht in de grondwatersituatie te vergroten, is een dwarsprofiel gemaakt, ongeveer in de richting van de grondwaterstroming. Dit dwarsprofiel is weergegeven in figuur 4. De locatie van het dwarsprofiel staat aangegeven in figuur 5a. Zie voor de ligging van de peilbuizen kaart 2.

In deze figuur is de 'bandbreedte' van grondwaterstanden weergegeven ter plaatse van Fayersheide en Oosterweilanden. Voor wat betreft laatstgenoemd gebied is gebruik gemaakt van de meetgegevens van peilbuizen VOF1 en VOF2; deze buizen liggen niet op de raai, maar zijn wel representatief te achten voor het gehele gebied. De raai kruist enkele waterlopen, die gestuwd zijn. In het dwarsprofiel zijn de stuwpeilen met een stippellijn weergegeven.

In gebied Fayersheide bedraagt het verschil tussen de gemiddelde wintergrondwaterstand (ca. 9,20 m+NAP; zie bijlage 3) en het winterstuwpeil in de sloten (8,70 m+NAP; zie figuur 5a) 50 cm. De zomergemiddelde grondwaterstand (ca. 8,80 m+NAP; zie bijlage 3) ligt een 20 cm onder het zomerstuwpeil van 9,00 m+NAP.

In het plangebied (Oosterweilanden) ligt het winterstuwpeil in de waterlopen eveneens beneden de gemiddelde grondwaterstand; in de noordwestelijke helft bedraagt dit verschil ca. 20 cm; in de zomer loopt het verschil op tot 50 cm (vergelijk tabel 2).

Ook voor de rest van het studiegebied geldt dat de grondwaterstanden in hoge mate bepaald worden door de aanwezige waterlopen. Dit betreft genormaliseerde beken, gegraven kanalen en vaarten en een uitgebreid stelsel van ontwateringssloten en -greppels (zie §3.3).

Hierdoor is in het gebied nauwelijks nog sprake van kwel aan het maaiveld over een grotere oppervlakte. Slechts in gebieden die van oudsher de sterkste kwel hadden (de overgangen tussen hogere en lagere gronden) komt lokaal nog kwel aan het maaiveld voor. Dit betreft met name de zone Mander-Reutum en lokaal ten westen van Wierden. In het plangebied, de Fayersheide en de Kooiplas komt alleen nog zeer lokaal kwel aan het maaiveld voor. Dit is bijvoorbeeld het geval in het zuidoostelijke deel van de Fayersheide, waar peilbuisgegevens van Staatsbosbeheer (gemeten in de periode 1990-1999) een opwaartse stroming aantonen terwijl het grondwater periodiek tot aan of boven het maaiveld reikt. In bijlage 3 zijn de beschikbare stijghoogtegegevens in grafiekvorm afgedrukt. De afwisseling van droge en natte perioden zijn goed zichtbaar. Het verschil tussen de hoogste en laagste gemeten stijghoogte bedraagt bijna 2 m. In figuur B3-3 komt de kweldruk tot uiting in een hogere stijghoogte in het diepere filter ten opzichte van de stijghoogte in het ondiepe filter.

Kwel in de waterlopen komt daarentegen in vrijwel het gehele studiegebied voor; wat een aanwijzing is voor de grote invloed die het afwateringsstelsel heeft op de grondwaterstanden.

3.3. Oppervlaktewaterstroming

Behalve de zandige delen van de stuwwallen is een groot deel van het studiegebied van oorsprong nat. In de gebieden met ondiepe keileem of tertiaire klei is de infiltratie van neerslag beperkt en vond stagnatie aan de oppervlakte plaats. Ook de laaggelegen veengebieden en de beekdalen waren periodiek zeer nat. Een groot aantal beken ontspringt aan de westzijde van de stuwwal van Ootmarsum en stroomt in west- tot noordwestelijke richting. Enkele beken ontspringen hoger op de stuwwal in diep ingesneden brondalen. Een deel van het water verzamelde zich in natuurlijke laagten, waardoor hier veen ontstond, zoals in het plangebied en het aangrenzende gebied Manderveen-Langeveen-Bruinehaar. Ook hier beginnen diverse waterlopen.

In de loop der eeuwen is de afvoer van overtollige neerslag sterk verbeterd door normalisatie van de natuurlijke waterlopen en verdichting van het afwateringsstelsel door de aanleg van sloten en vaarten. Het resulterende patroon van beken en sloten voert het water grotendeels af naar de Regge, welke bij Ommen uitkomt in de Overijsselse Vecht. Een deel wordt afgevoerd via een van de oost-west en noord-zuid lopende kanalen: het Kanaal Almelo-Nordhorn, het Overijssels kanaal en het Twentekanaal. Voor de waterlopen in het gebied Oosterweilanden is het Lateraalkanaal de hoofdontwatering.

In het veengebied waar de Oosterweilanden deel van uitmaken is het stelsel van sloten en vaarten zeer intensief. Hier is sprake van een volledig kunstmatige peilbeheersing ten behoeve van de landbouw.

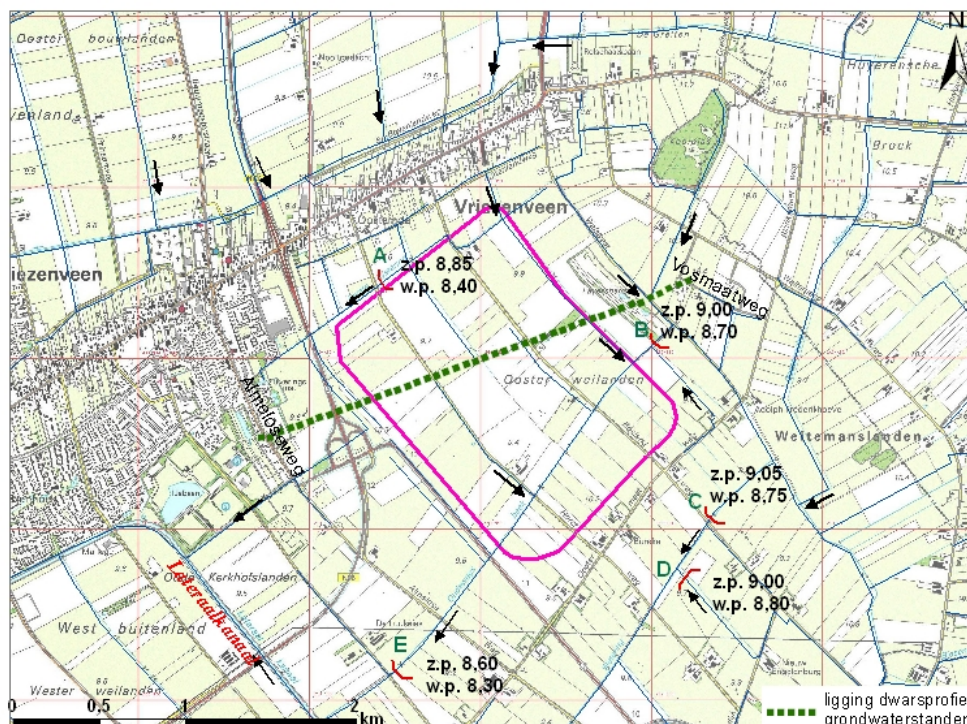
De sterk verbeterde afvoer van overtollige neerslag leidt tot een verhoogde kans op watertekort in de zomer. Om dit tegen te gaan is een uitgebreid stelsel van stuwen aangelegd, waarmee het Waterschap Regge en Dinkel het oppervlaktewater op een zo constant mogelijk zomer- en winterpeil houdt.

Het zomerpeil wordt als regel hoger ingesteld dan het winterpeil¹. Het peilverschil kan per locatie variëren tussen 0 en 0,85 m, maar ligt meestal tussen 0,3 en 0,4 m.

Figuur 5a geeft de situatie weer zoals deze geldt in het gebied Oosterweilanden.

Het tijdstip van instelling van de stuwpeilen is afhankelijk van de hydrologische situatie en kan daardoor jaarlijks variëren. Voor het zomerpeil valt het tijdstip meestal in mei (maart-juni); voor het winterpeil in augustus (augustus-september). In de zomer is een groot aantal waterlopen niet op het gewenste peil te houden of valt zelfs droog (zie ook §3.5).

¹ Dit is in feite een omkering van de natuurlijke situatie.



figuur 5a

Waterlopen binnen en rond het plangebied met stromingsrichting →, stuwen (met groene lettercode; zie ook kaarten 4a1,2 en 4b1,2) met het zomerpeil (z.p.) en winterpeil (w.p.)

In sommige gebieden wordt in de zomer ook water ingelaten. In het gebied Oosterweilanden gebeurt dit vanuit het kanaal Almelo-Nordhorn, via het Lateraalkanaal. Om de belangrijkste waterlopen in het gebied in droge perioden op het zomerpeil te houden is in 1996 een extra inlaatduiker aangelegd en zijn enkele stuwpeilen aangepast om voldoende drukhoogteverschil te realiseren. Verder vindt er aanvoer plaats met effluent van de rwzi Vriezenveen, via watergang 8-4-2, zie figuur 5b.

Op de mogelijkheden van extra wateraanvoer wordt in §6.5 nader ingegaan.

3.4. Grondwaterkwaliteit

Van de grondwaterkwaliteit in het plangebied zijn geen gegevens bekend. Op enige afstand liggen peilbuizen die in 1967 en 1971 voor het laatst zijn bemonsterd. Ook de gegevens in de grondwaterkaart van Nederland (DGV/TNO, 1974 en 1985) zijn gebaseerd op oude analyses. De beschikbare informatie betreft bovendien het relatief diepe grondwater en zegt derhalve weinig over de kwaliteit van het ondiepe

systeem.

De hardheid van het grondwater vertoont een patroon van lage waarden ($<0,5$ mol Ca^{2+} en $\text{Mg}^{2+}/\text{m}^3$) in de infiltratiegebieden (onder andere de stuwwallen en het gebied Engbertsdijksvenen) overgaand naar hogere waarden ($>1,8$ mol/ m^3) in het Regge-dal en rond Almelo. Plaatselijk komen waarden boven de $2,5$ mol/ m^3 voor, zoals in een zone langs het Overijssels Kanaal. Mogelijk is dit laatste veroorzaakt door infiltratie van relatief hard oppervlaktewater. In het plangebied is het diepere grondwater vrij zacht tot vrij hard (circa $1,8$ mol/ m^3).

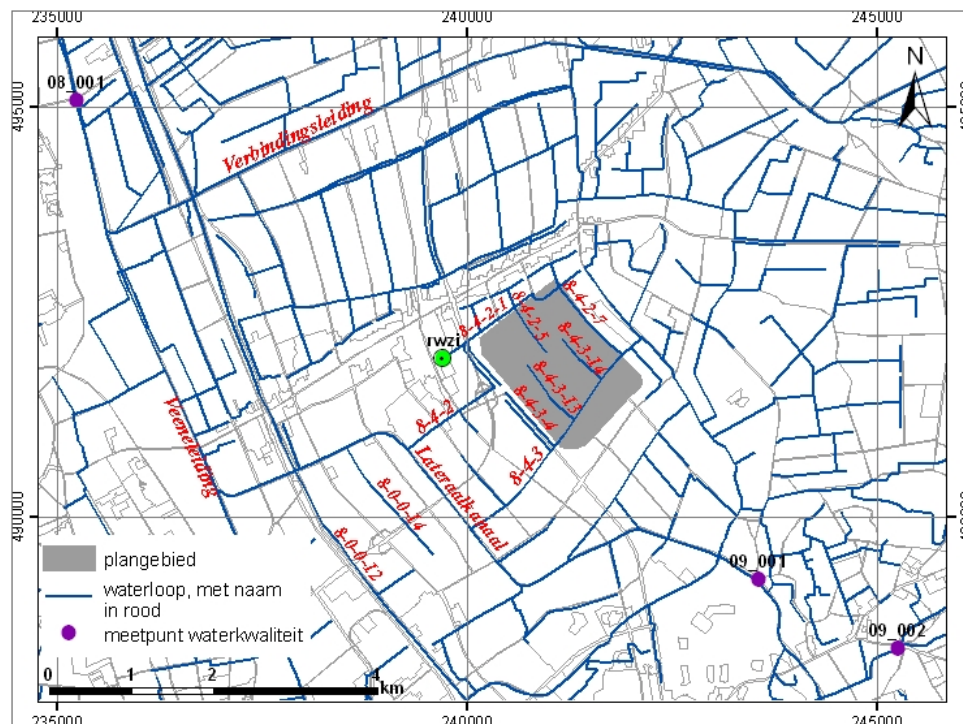
Het grensvlak tussen zoet en zout grondwater bevindt zich in het studiegebied onder de geohydrologische basis van het systeem, in de tertiare pakketten. Boven dit vlak is het chloridegehalte van het grondwater in het algemeen lager dan 25 mg/l; slechts lokaal zijn is het gehalte hoger dan 50 mg/l (DGV/TNO, 1974 en 1985).

3.5. Oppervlaktewaterkwaliteit

Waterschap Regge en Dinkel beschikt over een meetnet voor de fysisch-chemische en hydrobiologische waterkwaliteit en voor de kwaliteit van de waterbodems in haar beheersgebied. In figuur 5b zijn de nabij het plangebied gelegen meetpunten voor de fysisch-chemische kwaliteit weergegeven die van belang (kunnen) zijn voor de waterkwaliteit in het plangebied. In bijlage 5 wordt meer in detail ingegaan op de resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek. Daarin worden ook oudere gegevens besproken. Hieronder volgt een samenvatting van het recente onderzoek.

Waterschap Regge en Dinkel onderscheidt binnen haar beheersgebied een vijftal watersystemen. Het plangebied is gelegen in het watersysteemgebied 'Stads Regge'. Dit gebied omvat circa 43.000 hectare. Het afgevoerde water gaat via de Beneden Regge naar de Vecht en vervolgens naar het IJsselmeer. De Stads Regge ontvangt thans nog veel water uit landelijk gebied; dit zal in de toekomst veranderen wanneer er een duidelijker scheiding zal worden aangebracht tussen stedelijk en landelijk water (zie Waterbeheerplan 2002-2005 en bijlage 5). De Stads Regge voert ook veel effluent van rwzi's af; in 1998 bijvoorbeeld 50 miljoen m^3 .

De sloten in het plangebied staan in open verbinding met het Lateraalkanaal. Van hieruit kan water worden aangevoerd. Verder is er een constante voeding met effluent van de rwzi "Vriezenveen".



figuur 5b
Meetpunten waterkwaliteit en waterbodempkwaliteit van enkele waterlopen nabij het plangebied

In het Lateraalkanaal en ook de Veeneleiding wordt de norm voor fosfaatgehalte (0,15 mg P/l) matig tot sterk overschreden. Het stikstofgehalte kent een lichte tot matige overschreiding van de norm (2,2 mg N/l). Oorzaak van de hoge fosfaatgehalten is het effluent van de rwzi's, terwijl het te hoge stikstofgehalte geweten moet worden aan bemesting.

Daarentegen voldoet het sulfaatgehalte wel steeds aan de normen. Voor de som aan metalen is er een lichte normoverschrijding, die te wijten is aan te hoge gehalten aan nikkel, koper en zink. De gemeten PAK's voldoen aan het MTR-niveau.

Waterbodempkwaliteit

Ten aanzien van de waterbodempkwaliteit (Lateraalkanaal, meetpunt 09.001 en Markgraven, meetpunt 09.002; zie figuur 5b) geldt dat aan het streefbeeld (klasse 2 voor basiswater) wordt voldaan. Zie verder bijlage 5b.

Hydrobiologische kwaliteit

Voor het bepalen van de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater is de aquatische macrofauna een belangrijke maatstaf. In bijlage 5 wordt ook de ecologische beoordeling van een aantal wateren gepresenteerd, waaronder het Lateraalkanaal. Gezien de beleidsdoelstelling dient de ecologische kwaliteit van de

waterlopen in het plangebied en omgeving te voldoen aan het 'middelste ecologische niveau'. Gebleken is dat de onderzochte waterlopen ontoereikend scoren en niet aan de gewenste ecologische kwaliteit voldoen. Naast de genoemde oorzaken (te hoge nutriëntengehaltes) wordt de ecologische kwaliteit ook sterk ondermijnd door droogval. Uit een monitoring in 2006 bleken bijvoorbeeld een tweetal onderzochte waterlopen binnen het plangebied (8-4-3 en 8-4-2-5; zie figuur 5b) drooggevallen te zijn. Het betrof hier overigens wel een zeer droge zomer. Zie verder bijlage 5.

Conclusies

Fysisch-chemisch is de waterkwaliteit van de waterlopen **rond** het plangebied matig tot slecht. Dit betreft voornamelijk waterlopen die water vanuit stedelijke gebieden afvoeren en derhalve belast zijn met riooloverstortwater of zuiveringseffluent. Daarnaast vindt belasting plaats door uitspoeling van mest en bestrijdingsmiddelen vanuit landbouwgebieden.

De waterlopen **binnen** het plangebied worden gedurende het grootste deel van het jaar alleen gevoed door kwelwater (uitgezonderd de watergang 8-4-2 die het effluent van de rwzi Vriezenveen afvoert). Naar verwachting is hierdoor de waterkwaliteit in deze waterlopen beter. Dit wordt ondersteund door het feit dat de onderzochte waterbodems slechts gering verontreinigd zijn.

Tijdens perioden van waterinlaat vanuit de kanalen en de Bornsebeek zal er naar verwachting sprake zijn van een duidelijke verslechtering. Dit is echter niet door metingen bevestigd.

4. Modelopbouw

4.1. Rekenwijze

Bij de modelopzet, de ijking en de effectberekeningen is gekozen voor een stationaire rekenwijze. Dit betekent dat het model de grondwaterstroming in een evenwichtssituatie simuleert, waarbij de randvoorwaarden niet in de tijd veranderen en op elke locatie in het modelgebied het specifieke debiet constant is in grootte en richting. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde hydrologische situatie: er is geijkt op het jaar 2005 dat ten aanzien van neerslag en verdamping redelijk overeenkomt met het langjarige gemiddelde (zie ook §4.6).

Deze benadering betekent dat voor een gemiddelde situatie inzicht ontstaat in het grondwaterstromingspatroon en de -stijghoogten in het modelgebied, alsmede in de aard en omvang van de te verwachten effecten van de zandwinning.

Om ook enig inzicht te krijgen in de effecten van de zandwinning in een relatief droge zomer is daarnaast ook de zomer van 1992 gesimuleerd middels niet-stationaire berekeningen.

De overwegend stationaire rekenwijze betekent dat geen inzicht ontstaat in de wijze waarop het grondwatersysteem zich in de tijd instelt op de ingreep (de traagheid van het systeem). Aangezien de zandwinning een lange periode zal beslaan is dit echter geen probleem. Bovendien zal een eventuele onnauwkeurigheid door deze benadering bestaan uit een overschatting van de effecten: er wordt gerekend alsof de ontstane situatie permanent is terwijl het grondwatersysteem geruime tijd nodig heeft om zich op de nieuwe situatie in te stellen.

Om de onzekerheden die de gehanteerde benadering met zich mee brengt in beeld te brengen is een uitgebreide gevoeligheids- of onzekerheidsanalyse uitgevoerd, welke is beschreven in §4.6. Hieruit blijkt in welke mate de berekende effecten kunnen afwijken als gevolg van onjuiste waarden van modelparameters of als gevolg van extreme seizoensinvloeden.

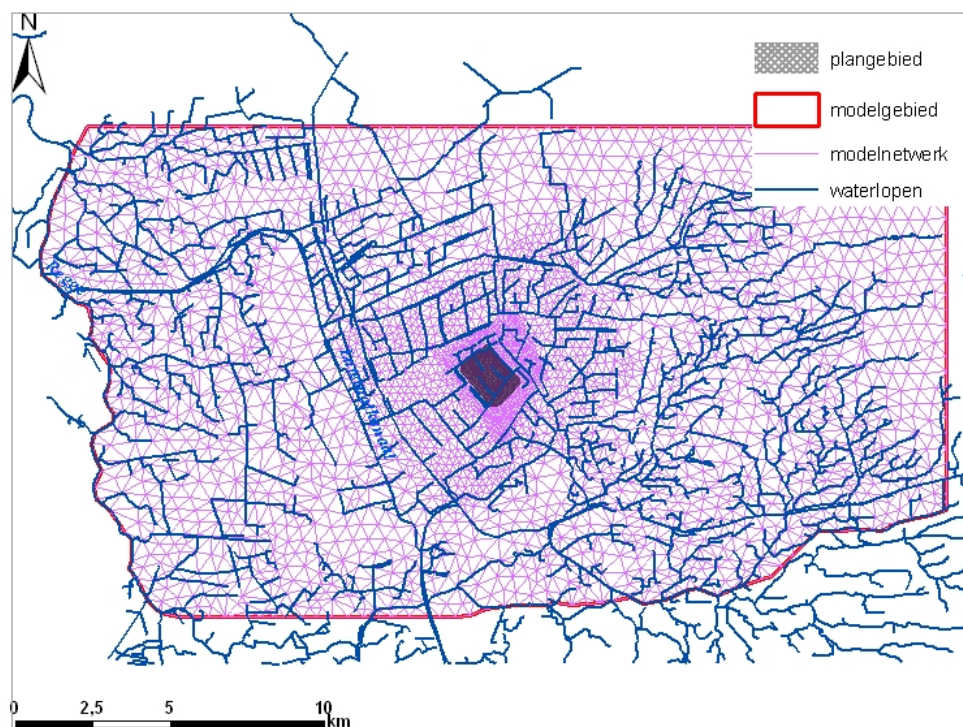
Uit de analyse blijkt dat bij een andere keuze van parameterwaarden de berekende maximale grondwaterstandswijziging, alsmede de reikwijdte daarvan slechts in beperkte mate verandert en deze verandering voornamelijk binnen het plangebied blijft. In het nabijgelegen hydrologisch gevoelige natuurgebied Fayersheide en in landbouwgebieden buiten het plangebied is de onzekerheidsmarge zeer gering.

Uit de gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse zijn derhalve geen indicaties naar voren

gekomen die aanvullende (stationaire of niet-stationaire) berekeningen nodig maken.

4.2. Software

Het geohydrologische model is opgebouwd met behulp van het software-pakket MicroFEM 3.30 (Hemker en Nijsten, 1997). Micro-FEM simuleert quasi-3D grondwaterstroming binnen een netwerk van eindige elementen. Een model kan tot 20 watervoerende pakketten bevatten met 25.000 knooppunten per laag. Er zijn verschillende mogelijkheden voor het modelleren van top-systemen beschikbaar.



figuur 6
Modelnetwerk en oppervlaktewaterstelsel

4.3. Modelnetwerk

Het studiegebied is circa 30 bij 15 km groot en beslaat een oppervlakte van 423,7 km² (figuur 6). Het modelnetwerk bevat 4458 knooppunten, met een onderlinge afstand van 500 meter langs de randen, 100 m in en rond het plangebied,

met een verfijning tot 5 m ter plekke van de oevers van de toekomstige plas. De modelranden zijn zodanig gekozen dat de afstand tot de geplande ingreep groot genoeg is om de effectberekening niet te beïnvloeden. Daarbij is uitgegaan van natuurlijke grenzen in het grondwatersysteem, te weten de grondwaterscheidingen onder de stuwwal van Ootmarsum en onder de Regge en enkele stroombanen. In het modelnetwerk zijn alle waterlopen opgenomen die in beheer zijn bij het Waterschap Regge en Dinkel of Rijkswaterstaat (figuur 6). Verder zijn knooppunten gelegd op locaties van grondwateronttrekkingen en peilbuizen (zie kaart 2 voor de locaties ervan).

Een deel van de noordoostelijke hoek van het modelgebied ligt in Duitsland. Voor dit gedeelte geldt dat alle ingevoerde parameters (met uitzondering van de maaiveldhoogte) zijn geëxtrapoleerd.

4.4. Geohydrologische schematisatie

Het studiegebied is geschematiseerd zoals weergegeven in tabel I en de dwarsprofielen van figuur I.

Aangezien het grondwater in het bovenste pakket als een freatisch systeem kan worden gezien is de deklaag niet apart onderscheiden als watervoerende en/of slecht doorlatende laag. De goed doorlatende eenheden van de deklaag zijn beschouwd als onderdeel van het eerste watervoerende pakket en de verticale weerstand van de slecht doorlatende eenheden is als verwaarloosbaar beschouwd. De miocene Formatie van Scheemda is als een apart watervoerend pakket beschouwd, gezien de afwijkende lithologie ten opzichte van de bovenliggende kwartaire pakketten. Bovendien kan op deze wijze de zandwinning in de Oosterweilanden beter worden gemodelleerd, aangezien deze hoofdzakelijk beperkt zal blijven tot de grovere kwartaire zanden.

4.5. Modelparameters

Laagdikte

De dikte van de watervoerende en slechtdoorlatende lagen is afgeleid van de Grondwaterkaart van Nederland (DGV/TNO, 1974 en 1985) en getoetst aan de gegevens in Regis. De laagdikten spelen in MicroFEM geen rol bij de modelberekeningen, maar zijn wel van belang voor het tekenen van profielen (figuur I) en het berekenen van drie-dimensionale stroomlijnen.

De dikte van modelpakket 2b (de miocene Formatie van Scheemda) is in de

gebruikte bronnen slechts indicatief in profielen aangegeven. Deze gegevens zijn naar de rest van het modelgebied geëxtrapoleerd. Voor het plangebied is daarnaast gebruik gemaakt van het geologische onderzoek dat ten behoeve van de zandexploitatie is verricht (Geo Survey BV, 1998). Hierin is de grens tussen beide formaties gedetailleerd in kaart gebracht.

De watervoerende pakketten worden in het modelgebied van west naar oost gaande dunner en wiggen uit tegen de ondoorlatende basis (zie figuur 1). Alleen in het westen van het gebied en lokaal verspreid komen slechtdoorlatende lagen voor die het systeem scheiden in meerdere watervoerende pakketten.

Doorlaatvermogen

Het doorlaatvermogen van het tweede watervoerende pakket is afgeleid van de Grondwaterkaart van Nederland (DGV/TNO, 1974 en 1985) en getoetst aan de gegevens in REGIS (vergelijk bijlage 1). Voor het oostelijke deel (kaartblad 28 oost) zijn kD-waarden van het kwartaire watervoerende pakket beschikbaar in de vorm van een kaart, welke is gebaseerd op een enkele pompproef bij Mander en verder op schattingen op basis van korrelgroottegegevens. Deze kD-waardenkaart is gebruikt als modelinvoer voor watervoerend pakket 2.

In het westelijke deel van het modelgebied (kaartblad 28 west) geeft de Grondwaterkaart van Nederland slechts drie kD-waarden, waarvan één uit een pompproef bij Wierden. Op basis van deze waarden en de laagdikte ter plekke is een k-waarde afgeleid van circa 25 m/dag. Met behulp van de bekende laagdikte is vervolgens een kD-waarde voor het gehele westelijke modelgebied berekend.

De resulterende kD-waarden gelden voor het gehele watervoerende pakket 2. Omdat in het model dit pakket is opgedeeld in 2a en 2b dient de kD-waarde over beide pakketten te worden verdeeld. Hiertoe is het doorlaatvermogen van het miocene pakket geschat op basis van korrelgroottegegevens in het plangebied (Geo Survey BV, 1998). Met behulp van de methode Hazen¹ is een k-waarde geschat van circa 15 m/dag. Deze waarde is vervolgens vermenigvuldigd met de dikte en afgetrokken van de kD-waarde voor het totale pakket. Dit levert voor watervoerend pakket 2a waarden op van 5-2650 m²/dag en voor pakket 2b waarden van 5-525 m²/dag.

Van het eerste watervoerende pakket, dat alleen is onderscheiden in het westelijke deel van het plangebied en aan de voet van de stuwwal te Ootmarsum, wordt in de grondwaterkaart geen doorlaatvermogen genoemd. Uit de ijking van het model (zie § 4.5.) blijkt dat een k-waarde van 50 m/dag goede resultaten oplevert. Afhankelijk van de laagdikte geeft dit kD-waarden van 5-900 m²/dag. Deze waarde komt goed overeen met de gegevens in Regis.

¹ Methode Hazen: $k = 1000 \cdot (D_{10})^2$; $D_{10} = 0,125 \text{ mm}$

Verticale weerstand

De ingevoerde verticale hydraulische weerstand van de scheidende lagen is primair afgeleid van de laagdikte en door de ijking nader bepaald. In het westen van het modelgebied is een c-waarde van 200 dagen per m dikte aangehouden, echter lokaal rond het pompstation Wierden 750 dagen per m dikte. Dit resulteert in totaalwaarden van 5-12.000 dagen. De lokale keileem in de slenk aan de voet van de stuwwal te Ootmarsum heeft een aanzienlijk grotere weerstand: circa 10.000 dagen per m dikte, resulterend in weerstanden tot 100.000 dagen.

Waar watervoerende of slecht doorlatende lagen ontbreken zijn in het model lage waarden ingevoerd voor de dikte, het doorlaatvermogen en/of de weerstand. Ter bevordering van de modelstabiliteit is niet de waarde 0 ingevoerd, maar waarden van 1 of 5 (m, m²/dag of dagen). Dergelijke lage waarden hebben een verwaarloosbaar effect op de berekende stijghoogten.

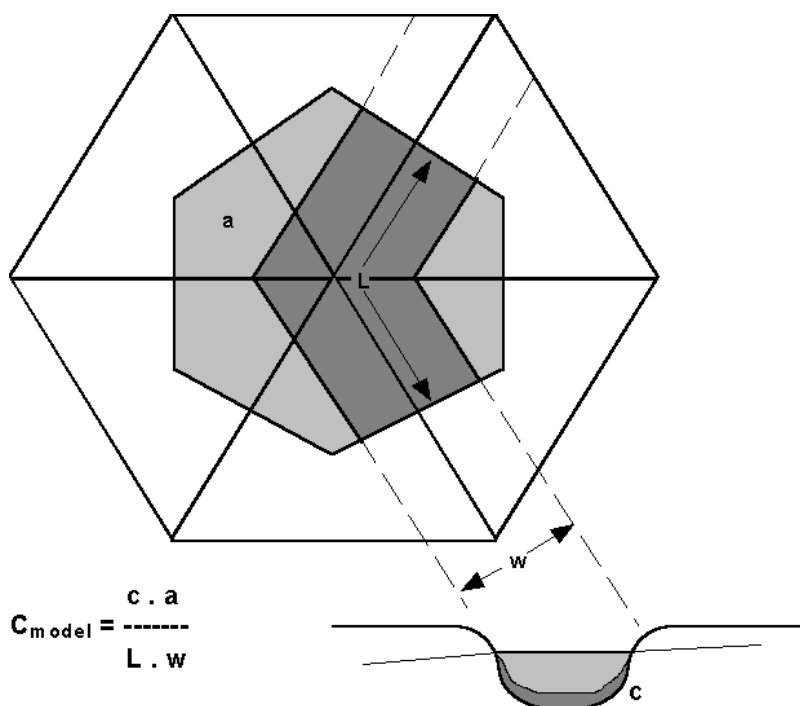
Oppervlaktewater

Alle waterlopen die in beheer zijn bij het waterschap of rijkswaterstaat zijn in het modelnetwerk opgenomen. In de betreffende knooppunten is in eerste instantie een waterpeil ingevoerd, dat gebaseerd is op het gemiddelde van de ingestelde zomer- en winterstuwpeilen. Voor relatief vlakke gebieden en nabij stuwen is direct uitgegaan van de stuwpeilen. In waterlopen in hellende gebieden en waar geen stuwen in de nabijheid liggen is het bodempeil van de waterloop ingevoerd, aannemende dat de waterloop hier gemiddeld droog staat of slecht een dunne waterschijf heeft.

Uitwisseling tussen oppervlaktewater en grondwater (infiltratie en drainage) wordt beïnvloed door de intree- en uittreeweerstand van de waterlopen, veroorzaakt door bodemslib, ondiepe slecht doorlatende delen van de deklaag en de zogenaamde radiale weerstand. De intreeweerstand is overwegend hoger dan de uittreeweerstand: bij waterlopen die infiltreren slibben de poriën van de waterbodem langzaam dicht terwijl bij drainerende waterlopen de poriën eerder worden schoongespoeld.

Over de waarde van de bodemweerstand is weinig bekend. Daarom is deze hoofdzakelijk door ijking bepaald. Dit heeft geleid tot een intreeweerstand van 1,88 dagen en een uittreeweerstand van 0,38 dagen. De in de modelknooppunten ingevoerde waarde is gecorrigeerd voor de grootte van het invloedsgebied van het knooppunt, aangezien deze groter is dan de werkelijke oppervlakte van de waterloop in het knooppunt (zie figuur 7).

In waterlopen waarvan bekend is dat deze in relatief droge zomers droogvallen is geen onderscheid gemaakt tussen intree- en uittreeweerstand. Hier is overal een c-waarde van 1,88 dagen ingevoerd. Het effect van het droogvallen is benaderd door de volgende rekenwijze: wanneer de grondwaterstijghoogte (h_1) hoger is dan het oppervlaktewaterpeil (h_0) berekent het model een opwaartse flux $q = (h_0 - h_1)/c$. In het omgekeerde geval wordt infiltratie berekend, echter met een



figuur 7

Correctie bodemweerstand (c) op basis van breedte (w) en lengte (L) van de waterloop binnen het invloedsgebied van het modelknooppunt (a), naar Hemker en Nijsten (1997)

maximum waarde bij een peilverschil van 0,2 m: zodra de grondwaterstijghoogte meer dan 0,2 m onder het oppervlaktewaterpeil zakt wordt $q=(0,2)/c$. Hiermee wordt voorkomen dat het model sterke infiltratie berekent terwijl de waterlopen mogelijk drooggevallen zijn.

Modelranden

De modelranden zijn alle gemodelleerd als zijnde ondoorlatend: er vindt geen stroming over de rand plaats. De oostelijke modelgrens ligt op de waterscheiding in de stuwwal van Ootmarsum. De westelijke modelgrens volgt de rivier de Regge die hier als regionale drainagebasis geldt. De noord- en zuidgrens liggen loodrecht op het isohypsenpatroon (parallel aan de grondwaterstroming); hierover vindt per definitie geen stroming plaats.

Grondwateraanvulling

Middeling van de langjarige (1971-2000) neerslagnormalen van de KNMI-stations Almelo, Vroomshoop, Hellendoorn en Weerselo geeft een gemiddeld jaartotaal van 785 mm, met een maximum in december (circa 78 mm) en een minimum in februari (circa 45 mm); zie tabel 3. De langjarige normaal van de verdamping (volgens Makkink) in het KNMI-station Eelde bedraagt 531,1 mm/jaar.

Het neerslagoverschot leidt tot een grondwateraanvulling die in het model is ingevoerd als een percentage van de jaarneerslag. Dit percentage is gerelateerd aan het grondgebruik, volgens tabel 4. De informatie over het grondgebruik is ontleend aan het LGN4-bestand; dit is het grondgebruik in 2004¹. Op kaart 2 is dit grondgebruik weergegeven. Voor het gehele modelgebied betekent dit een gemiddelde grondwateraanvulling van 1,08 mm/dag. De grondwateraanvulling is in het model gebracht als een negatieve onttrekking in het eerste watervoerende pakket.

tabel 3

Neerslag(N) en verdamping ($E_{MAKKINK}$) in mm per maand; normalen 1971-2000 (bron: KNMI)

Maand	N					EMAKKINK	
	Station	Almelo	Vroomshoop	Hellendoorn	Weerselo	gemiddeld	Eelde
sep		70.0	68.1	68.7	70.6	69.4	47.6
okt		69.8	69.5	71.8	69.1	70.1	25.5
nov		75.0	71.3	74.8	71.9	73.3	10.3
dec		80.0	76.6	79.3	76.2	78.0	5.6
jan		71.9	67.8	71.4	68.8	70.0	7.2
feb		46.1	45.4	46.0	43.1	45.2	14.0
mrt		67.1	65.1	67.6	65.2	66.3	30.2
apr		48.2	44.8	45.8	46.9	46.4	53.5
mei		60.9	58.9	57.2	59.5	59.1	81.7
jun		75.6	73.8	76.0	71.7	74.3	86.0
jul		74.6	67.7	72.4	75.6	72.6	90.3
aug		61.7	57.8	59.9	63.0	60.6	79.2
JAAR		800.9	766.8	790.9	781.6	785.1	531.1

¹ ontleend aan GIS-bestand op de website <http://waterdocumenten.esrinl.com>

tabel 4

Grondwateraanvulling als percentage van de neerslag, afhankelijk van het grondgebruik

Bron: Bakker (1981), Wind (1961) en Van Dam (1983) in Witmer (1989)

Grondgebruik	percentage van de neerslag	grondwateraanvulling (mm/jaar)
landbouw (grasland en bouwland, deels braak)	53	416,1
wonen (10 % oppervlak verhard)	38	298,3
bedrijven (50 % oppervlak verhard)	35	274,8
sport en recreatie	40	314,0
bos (gemengd, loofbos 40, naaldbos 20)	30	235,5
droge natuur	45	353,3
natte natuur (1,2 * open waterverdamping)	19	149,2
braak, bouwterrein, delfstoffenwinning, stortplaatsen	75	588,8

Grondwateronttrekkingen

Informatie ten aanzien van de in het modelgebied voorkomende grondwateronttrekkingen is verkregen van de Provincie Overijssel. In het centrum van het modelgebied (circa 30% van het totale oppervlak) zijn alle onttrekkingen in het model opgenomen; daarbuiten alleen de grotere (drinkwaterpompstations). De onttrekkingslocaties zijn aangegeven op kaart 2.

De tabellen B-4a en B-4b in bijlage 4 geven een overzicht van de daadwerkelijk onttrokken hoeveelheden vanaf 1992. De meeste onttrekkingen betreffen beregeningsputten c.q. veedrinkputten, met een geringe capaciteit (ca. 5 m³/uur), waarvan geen gegevens over de daadwerkelijk onttrokken hoeveelheid beschikbaar zijn. In natte jaren zullen dergelijke putten nauwelijks worden gebruikt, maar uiteraard wel in droge zomers.

Pompstation Vasserheide is in 1999 gesaneerd. De onttrokken hoeveelheden van ps Wierden lagen een tijd lang beneden de normale hoeveelheid van ca. 7 mln m³. Van de overige pompstations zijn de onttrekkingen tamelijk constant. Alleen ps Manderveen onttrok in 2002 slechts 50% van de normale hoeveelheid. Voor het model zijn de gegevens uit 2005 gebruikt (zie §4.6).

4.6. IJking

Inleiding

Om een goede berekening van de effecten van de ontgroning mogelijk te maken dient het geohydrologische model in eerste instantie de situatie zonder ingreep te

kunnen nabootsen. Hiertoe dienen de modelresultaten te worden vergeleken met gemeten grondwaterstanden van een bestaande situatie. Vervolgens kan de overeenkomst tussen modelresultaten en metingen worden verbeterd door bepaalde modelparameters te variëren: calibratie.

Het op deze wijze verkregen gecalibreerde model geeft dan de referentie-situatie weer, maar is daarmee niet per definitie geschikt om afwijkende situaties te simuleren. Bij modellen bestaat immers altijd de mogelijkheid dat verschillende combinaties van parameters eenzelfde (fout) resultaat opleveren.

De betrouwbaarheid van een model kan worden onderzocht middels een gevoeligheidsanalyse (zie § 4.6). Hierbij wordt met het gecalibreerde model de ingreep gemodelleerd en de stijghoogteverlaging cq. -verhoging berekend. Door vervolgens de modelparameters te variëren en de resulterende stijghoogte-wijzigingen te vergelijken met die van het calibratiemodel, wordt duidelijk welke parameters een grote invloed hebben op de resultaten van het model. Bovendien kan inzicht worden verkregen in de bandbreedte van de effecten.

Calibratie

Het model is gecalibreerd aan de hand van peilbuisgegevens uit het landelijke meetnet van NITG-TNO. Er is uitgegaan van gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten over het jaar 2005¹. Dit jaar kan voor wat betreft neerslag en verdamping als redelijk gemiddeld worden beschouwd, zie tabel 5. Ook 2006 had een normaal neerslagtotaal, maar kende een zeer droge zomer (tot augustus), terwijl recentere jaren droger of natter dan gemiddeld waren.

In totaal zijn er 137 meetpunten uit het genoemde meetnet beschikbaar. Van 78 meetpunten zijn daadwerkelijk gegevens uit 2005 beschikbaar. Hiervan hebben 50 peilbuizen filters in het eerste en 43 filters in het tweede watervoerend pakket.

De calibratie is voornamelijk geschied middels variatie van de modelparameters waarvan de waarden relatief onzeker zijn: de bodemweerstand van de waterlopen, het doorlaatvermogen van het eerste watervoerende pakket en de verticale weerstand van de scheidende lagen. Uiteraard zijn de ingevoerde waarden hierbij binnen reële grenzen gehouden.

¹ in de vorige versie was het ijkjaar 1985

tabel 5

Jaartotalen van neerslag en verdamping van meteostations binnen c.q. in de nabijheid van het modelgebied vanaf 1991, in mm

Jaar	Neerslag				Verdamping	
	Almelo	Vroomshoop	Hellendoorn	Weerselo	gemiddeld	Eelde
1991	624.6	576.0	591.3	592.7	596.2	538.3
1992	829.3	776.1	835.0	862.4	825.7	577.5
1993	1087.8	1010.7	1043.6	1231.5	1093.4	498.0
1994	1090.5	996.4	956.7	1110.6	1038.6	539.2
1995	780.4	746.7	763.2	798.5	772.2	576.5
1996	699.5	639.4	638.1	689.6	666.7	508.1
1997	705.5	750.8	711.4	701.3	717.3	557.9
1998	1179.7	1121.1	1168.7	1081.4	1137.7	488.6
1999	859.8	793.3	852.5	829.9	833.9	581.2
2000	935.5	1018.0	963.5	859.8	944.2	519.0
2001	961.6	1004.8	1011.5	931.0	977.2	552.0
2002	897.9	880.1	1007.2	881.0	916.6	544.5
2003	645.4	641.6	726.8	639.6	663.4	616.2
2004	925.2	965.7	1010.6	864.3	941.5	571.4
2005	771.9	700.0	792.8	725.1	747.5	567.8
2006	789.1	731.5	846.8	700.1	766.9	586.0
2007	1006.3	889.0	917.7	949.5	940.6	563.9
normaal	800.9	766.8	790.9	781.6	785.05	531.1

Na de calibratie is voor de ondiepe filters een gemiddelde absolute afwijking tussen berekende en gemeten waarden gevonden van 64 cm (zie tabel 6a). Voor de diepere filters is de afwijking minder, namelijk 40 cm. Er is ook vergeleken met het langjarig gemiddelde van de stijghoogte (vanaf 1983), aangezien er dan van meer meetpunten gegevens beschikbaar zijn. Het langjarig gemiddelde wijkt niet veel af van het gemiddelde in 2005. Zie hiervoor bijlage 2. Daarin staan ook de afwijkingen per meetpunt weergegeven.

In het gebied rond het pompstation Wierden in het zuidwesten komen vrij grote afwijkingen voor; bijna 3 m (bijvoorbeeld [28B-]PI6, PI37 en P9009). Hier is sprake van een sterk in dikte wisselende, discontinue scheidende laag. Er boven is sprake van een opbolling in de grondwaterspiegel, eronder van een trechtervormige verlaging als gevolg van de drinkwaterwinning. De kleinschaligheid van het systeem leidt hier waarschijnlijk tot een relatief grote modelafwijking. Verder komen ook in het noordoosten, nabij de stuwwal, forse afwijkingen voor (bijvoorbeeld [28E-]LI1 en L29 en [28F-]P59) van 2 tot bijna 5 m.

Binnen een zone van ca. 500 m uit de grens van het plangebied bedraagt de gemiddelde afwijking 20 cm voor de ondiepe en 29 cm voor de diepere filters (zie tabel 6a).

Binnen en in de directe nabijheid van het plangebied zijn de afwijkingen als aangegeven in tabel 6b. De standen in het gebied Fayersheide worden over het algemeen vrij goed met het model gesimuleerd.

tabel 6a

Afwijking van berekende stijghoogten voor gemiddeld jaar ten opzichte van de gemeten gemiddelden in respectievelijk 2005 en het langjarig gemiddelde (1983-2006)

Toelichting:

- GA = gemiddelde afwijking, GA-abs = absolute gemiddelde afwijking, MA = maximale afwijking;
- A = berekend t.o.v. 2005, B = idem t.o.v. langjarig gemiddelde;
- <5km: plangebied plus een zone van 5 km uit de grens ervan

Filterdiepte	Aantal filters		GA		GA-abs		MA	
	A	B	A	B	A	B	A	B
ondiep	50	98	45	22	64	53	273	489
diep	43	56	30	-10	40	39	113	332
<5km:								
ondiep	12	47	7	28	20	53	173	209
diep	13	16	28	5	29	29	85	187

tabel 6b

Afwijking van berekende en gemeten stijghoogten voor peilbuizen binnen en in de directe nabijheid van het plangebied (LJG = langjarig gemiddelde)

Peilbuis	Gemeten		Berekend	Afwijking (abs)	
	2005	LJG		2005	LJG
VOF1	843	848	880	37	32
VOF2	826	837	854	28	17
VOF3	872	877	894	22	17
[28E-]L21	880	881	882	2	1
FAYERSHEIDE					
P7153		877	893		17
P7154		906	895		11
P7155		904	897		7
P7156		900	898		2
P7157		911	895		16
P7158		900	895		6
P7159		893	894		2

De berekende en gemeten grondwaterstanden en stijghoogten zijn weergegeven in de kaarten 5a en 5b.

Conclusie calibratie

Het resultaat van de calibratie wordt voldoende geacht om het model te gebruiken bij effectvoorspellingen. De geconstateerde forse afwijkingen hebben niet betrekking op het te verwachten invloedsgebied (<5 km uit de plangrens) van de zandwinning. De grondwaterstanden in het plangebied en het nabijgelegen Fayersheide worden vrij goed berekend.

4.7. Gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse

Voor de gevoeligheidsanalyse, tevens onzekerheidsanalyse, is in het plangebied een plas gemodelleerd, volgens dezelfde schematisatie als de geplande ingreep (zie §5.2): ter plekke van de plas een zeer hoog doorlaatvermogen van de watervoerende lagen, geen grondwateraanvulling, een vrij in te stellen plaspeil en geen uitwisseling met het oppervlaktewaterstelsel.

Het effect van deze ingreep is berekend met het gecalibreerde model en met modellen waarbij steeds van een modelparameter de ingevoerde waarde is veranderd. Dit betreft de volgende parameters:

- het doorlaatvermogen van watervoerende modellaag 2a,
- het doorlaatvermogen van watervoerende modellaag 2b,
- de grondwateraanvulling,
- de intreeweerstand van de waterlopen,
- de uittreeweerstand van de waterlopen,
- het oppervlaktewaterpeil.

De mate waarin enkele parameterwaarden zijn aangepast kan als extreem worden aangemerkt (zie tabel 7). Zeker gezien het feit dat stationair is gerekend. Hierbij wordt namelijk aangenomen dat de doorerekende situatie permanent is (bijvoorbeeld permanent 0% of 200% grondwateraanvulling), terwijl een dergelijke situatie in werkelijkheid een tijdelijk karakter zal hebben. Het grondwatersysteem stelt zich geleidelijk en met enige vertraging in op dergelijke omstandigheden. Voor deze parameters geldt derhalve dat een 'worst case' situatie is berekend.

Van elk model is het berekende plaspeil, de maximale daling en stijging van de grondwaterstand en de grootte van het dalings- en stijgingsgebied (>0,05 m) bepaald

en vergeleken met die van het gecalibreerde model. In tabel 7 zijn de resultaten weergegeven in absolute getallen en relatief ten opzichte van het gecalibreerde model. In figuur 8 is van de belangrijkste berekeningen de grondwaterstandsverandering in kaart gebracht.

De berekening met een 0% grondwateraanvulling kan globaal¹ model staan voor een zomersituatie; de 200% grondwateraanvulling voor een wintersituatie.

Uit de analyse blijkt dat het berekende vrije *plaspeil* vooral wordt bepaald door het peil van het omringende (maar niet direct ermee verbonden) oppervlaktewater en in mindere mate ook door de grondwateraanvulling.

Ten aanzien van de berekende *maximale grondwaterstandsdeling* is het model met name gevoelig voor de waarde van de grondwateraanvulling. In een droge situatie is de daling kleiner dan in een natte situatie doordat dan het effect van de open waterverdamping (in de plas) naar verhouding klein is. In mindere mate heeft ook het doorlaatvermogen van de watervoerende pakketten 2a en 2b invloed.

Ten aanzien van de berekende *maximale grondwaterstandsstijging* is het model gevoelig voor dezelfde parameters, zij het in mindere mate.

Ten aanzien van de *reikwijdte van de daling* geldt dat vooral de in- en uittreeweerstand en de grondwateraanvulling bepalend zijn en in mindere mate ook het doorlaatvermogen van de watervoerende pakketten 2a en 2b. Met name het feit of de waterlopen het grondwater kunnen voeden en daarmee het effect reduceren blijkt een belangrijke parameter. Het verschil in grootte van het dalingsgebied betreft dan ook de zones rond de waterlopen (in en nabij het plangebied) en niet de buitengrens van het dalingsgebied: de straal van het invloedsgebied verandert vrijwel niet bij aanpassing van de uittreeweerstand.

Uit de aanpassing van de grondwateraanvulling blijkt dat in de zomer in een kleiner gebied verlaging en in een groter gebied verhoging wordt berekend dan in de winter. Hiervoor geldt dezelfde verklaring als bij de *maximale* daling en stijging. Voor het dalingsgebied geldt dat de variatie in oppervlakte vooral aan de zuidzijde van de plas plaatsvindt.

Samenvattend blijkt het model bij het berekenen van de effecten van een plas gevoelig voor de gehanteerde waarden voor de grondwateraanvulling, de doorlatendheid van de watervoerende pakketten en de in- en uittreeweerstand van de waterlopen. De gehanteerde oppervlaktewaterpeilen *in de uitgangssituatie* hebben vrijwel geen invloed op het berekende effect van de ingreep. Peilbeheer kan echter, als *onderdeel van de ingreep*, wel worden gebruikt als mitigerende maatregel.

¹ In *deze* berekening zijn de stuwpeilen niet gewijzigd.

tabel 7

Gevoeligheidsanalyse: invloed van aanpassing van parameterwaarden op de berekende effecten van een (fictieve) zandwinplas

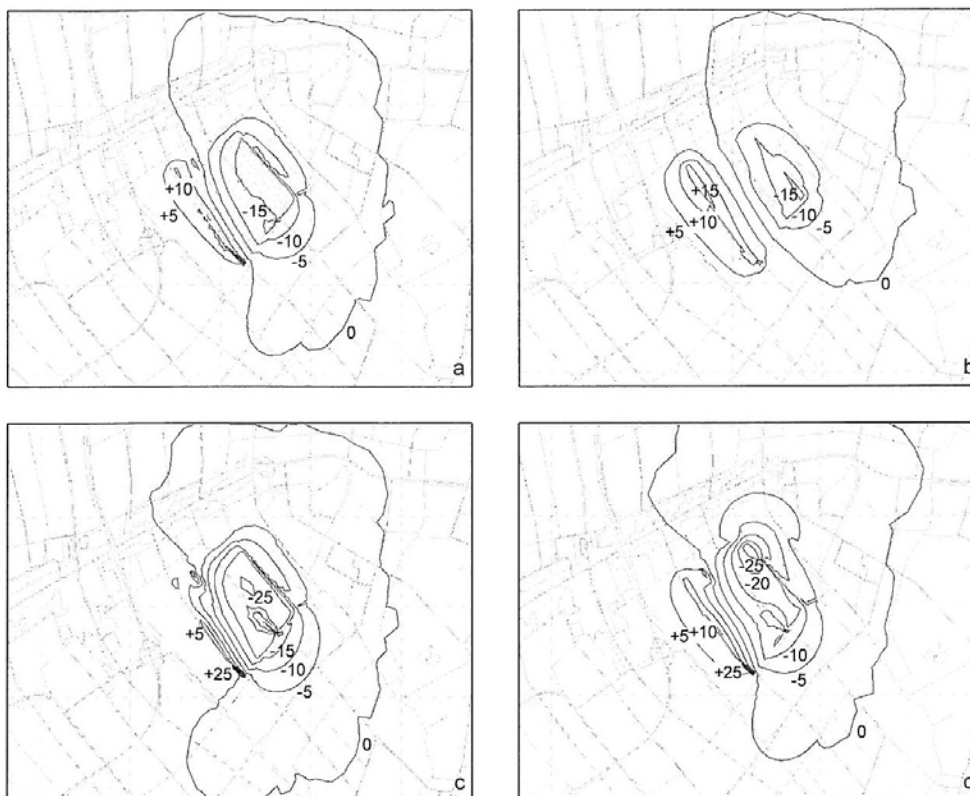
aangepaste modelparameter	aanpassing ingevoerde waarde t.o.v. gecalibreerd model	berekende absolute effecten van de ingreep en de wijziging (in %) t.o.v. het gecalibreerde model (=100%)				
		plaspeil [m] +NAP	maximale stijging [m]	maximale daling [m]	opp. stijgings- gebied >0,05 m [ha]	opp. dalings- gebied >0,05 m [ha]
(gecalibreerde model)	100 %	8,75 (99,7)	0,22 (100)	0,19 (100)	29,7 (100)	130,0 (100)
doorlaatvermogen 2a	200 %	8,73 (101,4)	0,21 (95,5)	0,17 (89,5)	44,4 (149,5)	115,5 (88,8)
doorlaatvermogen 2a	25 %	8,79 (100,2)	0,25 (113,6)	0,21 (110,5)	18,0 (60,6)	121,4 (93,4)
doorlaatvermogen 2b	25 %	8,77 (100,2)	0,23 (104,5)	0,19 (100)	33,4 (112,5)	124,9 (96,1)
grondwateraanvulling	200 %	8,90 (101,7)	0,25 (113,6)	0,29 (152,6)	4,5 (15,2)	164,4 (126,5)
grondwateraanvulling	0 %	8,60 (98,3)	0,18 (81,8)	0,16 (84,2)	82,4 (277,4)	73,8 (56,8)
oppervlaktewaterpeil	- 0,4 m	8,35 (95,4)	0,22 (100)	0,19 (100)	29,7 (100)	130,0 (100)
oppervlaktewaterpeil	+ 0,4 m	9,15 (104,6)	0,22 (100)	0,19 (100)	29,7 (100)	130,0 (100)
intreeweerstand	200 %	8,86 (101,3)	0,22 (100)	0,18 (94,7)	42,4 (142,8)	133,7 (102,8)
waterlopen						
uittreeweerstand	200 %	8,78 (100,3)	0,24 (109,1)	0,19 (100)	43,3 (145,8)	130,9 (100,7)
waterlopen						
uittreeweerstand	oneindig (ondoorl.)	8,85 (101,1)	0,27 (122,7)	0,30 (157,9)	48,4 (163,0)	160,7 (123,6)
intreeweerstand + uittreeweerstand	200 %	8,88 (101,3)	0,22 (100)	0,18 (94,7)	42,3 (142,4)	133,7 (102,8)

In absolute zin geldt voor de berekende situaties een range (onzekerheidsmarge) van 14 cm voor de maximale daling (16-30 cm; zie vet gedrukte getallen in tabel 7); 9 cm voor de maximale stijging (18-27 cm); 90,6 ha voor de oppervlakte van het gebied met een daling >5 cm (73,8-164,4 ha) en 77,9 ha voor de oppervlakte van het gebied met een stijging >5 cm (4,5-82,4 ha).

De berekende effecten zijn het grootste binnen de toekomstige zandwinplas, en worden snel kleiner met de afstand. De *maximale daling* vindt volgens de

berekeningen plaats in het zuiden van de plas. Het verdrogingsgevoelige gebied Fayersheide ligt aan de rand van het verlagingsgebied. In de Fayersheide varieert de berekende maximale daling van 3 tot 10 cm.

Het punt met de *maximale stijging* ligt op de uiterste westrand van de plas. Het (relatief kleine) stijgingsgebied ligt vrijwel helemaal binnen het plangebied.



figuur 8

Gevoeligheidsanalyse berekend effect zandwinplas bij verschillende waarden voor model-parameters: a. gecalibreerd model; b. grondwateraanvulling = 0; c. grondwateraanvulling 200%; d. uittreeweerstand waterlopen = 0

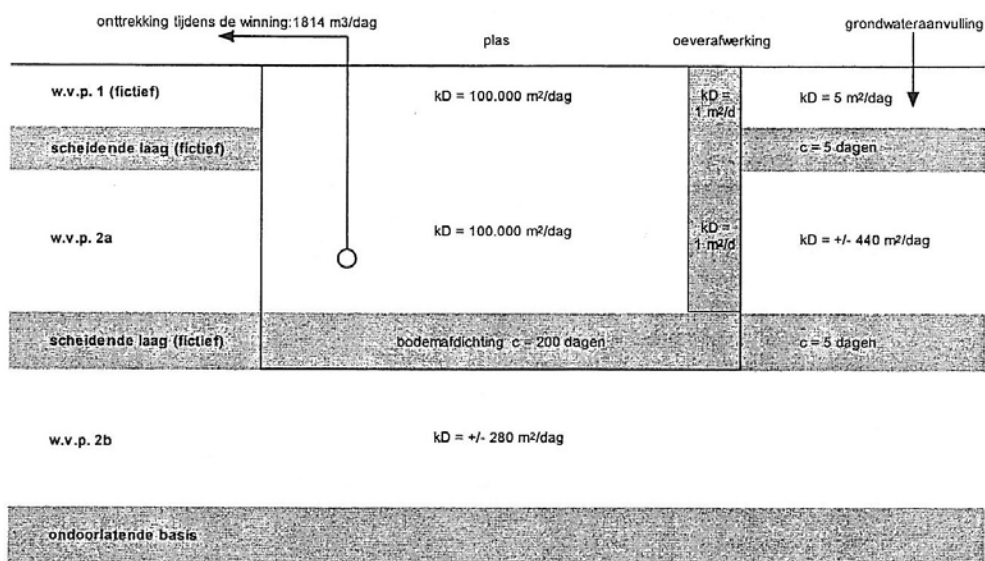
Mitigerende maatregelen

Voor het berekenen van de effectiviteit van peilopzet in de waterlopen rond de zandwinplas als mitigerende maatregel is het model met name gevoelig voor de uittreeweerstand.

Een andere beoogde mitigerende maatregel (zie §5.3.) is het aanbrengen van slecht doorlatend materiaal op het onderwatertalud van de plas. De effectberekening hiervan is gevoelig voor de gehanteerde k-waarde van het materiaal en het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket 2b.

4.8. Waterbalans

Met het geijkte model is een waterbalans berekend van het totale modelgebied (figuur 9). Hieruit blijkt dat de voeding van het model bestaat uit grondwateraanvulling (door neerslag) en infiltratie vanuit het oppervlaktewater (samen circa 560.058 m³/dag). Hiervan wordt circa 93% afgevoerd via het oppervlaktewaterstelsel en circa 7% via grondwateronttrekkingen. De waterbalans is nagenoeg sluitend.



figuur 9
Waterbalans totale modelgebied (geijkte model) in m³ per dag

5. Schematisatie van de alternatieven

5.1. Alternatieven

De beide inrichtingsalternatieven, Natuur- en Recreatiealternatief, worden uitgebreid beschreven in het hoofdrapport van de MER. Deze verschillen van elkaar in de functietoekenning van de oevers en randzones, factoren die geen of nauwelijks invloed hebben op de geohydrologische effecten. Voor wat betreft het aspect dat wel een duidelijke invloed heeft op de grondwaterstroming, namelijk vorm en grootte van de zandwinplas, zijn beide alternatieven gelijk.

Het geohydrologische model is gebruikt om de effecten te berekenen van de beide genoemde alternatieven, die door middel van een iteratief proces van optimalisatie zijn opgesteld. Deze effecten worden beschreven in hoofdstuk 7. Daarnaast is met het model een reeks van scenario's doorgerekend om de effectiviteit van potentiële mitigerende maatregelen te bepalen. Deze informatie is mede gebruikt bij het samenstellen van het Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA). De scenario-studie is beschreven in hoofdstuk 6.

In het voorliggende hoofdstuk wordt beschreven op welke wijze de zandwinning en de potentiële mitigerende maatregelen zijn geschematiseerd in het model.

5.2. Zandwinning

Beschrijving

De zandwinning zal een totale oppervlakte van circa 100 ha beslaan, welke gefaseerd zal worden ontgraven tot een minimale diepte van 30 m beneden maaiveld.

De winning vindt in principe 5 dagen per week (maximaal 6) gedurende het gehele jaar (48 werkweken) plaats. In beide alternatieven zal circa 18.750.000 m³ specie worden gewonnen en vermarkt. Uitgaande van een exploitatieduur van 25 à 30 jaar komt dit (bij 28 jaar) overeen met gemiddeld 1.835 m³/dag. Per werkbare dag is de speciewinning gemiddeld 2.790 m³.

De winning begint per fase met het afgraven van de afdekkende zandlaag met hydraulische graafmachines, totdat een werkbare natte omgeving is ontstaan waarin een zandzuiger geplaatst kan worden. Deze verzorgt de verder (natte) winning. De specie wordt van de zuiger via een persleiding naar een verwerkingsinstallatie gevoerd, waar scheiding in bruikbare en onbruikbare fracties plaatsvindt en de verwerking tot eindproducten. Overtollig water stroomt terug naar de zandwinplas.

Schematisatie

De zandwinning is geschematiseerd door:

- In het ontgraven gebied een zeer hoge waarde ($100.000 \text{ m}^2/\text{dag}$) in te voeren voor het doorlaatvermogen van het eerste en tweede modelpakket. Dit simuleert het vervangen van zand door water, waardoor de stromingsweerstand verwaarloosbaar wordt. Dit is een *permanent effect*.
- Het uitschakelen van de grondwateraanvulling in het ontzande gebied. Dit simuleert de hogere verdamping van open water ten opzichte van een landoppervlak. Dit is een *permanent effect*.
- Het uitschakelen van de waterlopen in het ontzande deel.
- Een grondwateronttrekking in te voeren in het ontzande gedeelte. Dit simuleert het onttrekken van specie aan de bodem, welke wordt gecompenseerd door toestroming van grondwater uit de omgeving. Dit aspect geldt alleen gedurende de zandwinning en geeft derhalve een *tijdelijk effect*. Er is uitgegaan van een waarde van $2.790 \text{ m}^3/\text{dag}$, verminderd met de hoeveelheid water die terugstroomt in de plas: uitgaande van een porositeit van 0,3 geeft dit $2.790 - 837 = 1.953 \text{ m}^3/\text{dag}$. De onttrekking wordt evenredig verdeeld over de betreffende modelknooppunten, omdat in een open plas van alle zijden water toestroomt naar de zuiger. De toestroming van grondwater vindt vervolgens over de gehele taludlengte van de plas plaats en niet alleen op de zuigerlocatie.

Ten aanzien van de fasering is als uitgangspunt gehanteerd dat voor de effectbepaling slechts twee situaties werkelijk van belang zijn: de eindsituatie (na beëindiging van de winning en herinrichting) en de 'worst case'-situatie, zijnde een plas met de maximale omvang terwijl nog steeds de dagelijks hoeveelheid specie wordt gewonnen (de eindfase van de zandwinning). Voor de voorafgaande periode van exploitatie geldt dat de effecten altijd minder sterk zijn dan in deze 'worst case'-situatie.

5.3. Mitigerende maatregelen

Beschrijving

De volgende potentiële mitigerende maatregelen zijn op hun effectiviteit en haalbaarheid getoetst:

- het aanbrengen van een slecht doorlatende oeverafwerking. Hiervoor is in het plangebied circa 660.000 m³ klei aanwezig is in de vorm van kleilagen en -lenzen tussen de zandpakketten. Daarnaast kan hiervoor een deel van de teelaarde worden gebruikt (na toepassing in geluidswallen), alsmede de gemorste specie en de fractie kleiner dan 0,063 mm (circa 10% van het totale plasvolume). Deze maatregel compenseert deels het effect van het toegenomen doorlaatvermogen ter plekke van de plas;
- het aanbrengen van een slecht doorlatende bodemafdichting. Hiervoor kan het hierboven beschreven materiaal worden gebruikt;
- het opzetten van het peil van de sloten in het gebied;
- het kunstmatig opzetten van het plaspeil.

Voor de laatste twee opties is meer water nodig dan van nature toestroomt. Dit extra water kan deels worden verkregen door middel van conservatie van water, bijvoorbeeld middels dynamisch stuwbeheer of door extra waterinlaat vanuit het Lateraalkanaal. Als alternatief kan een aanvoerroute voor water uit het Geesters Stroomkanaal worden gerealiseerd, dat een betere kwaliteit heeft dan het water uit het Lateraalkanaal.

In hoofdstuk 6 wordt de effectiviteit en haalbaarheid van deze opties beschreven.

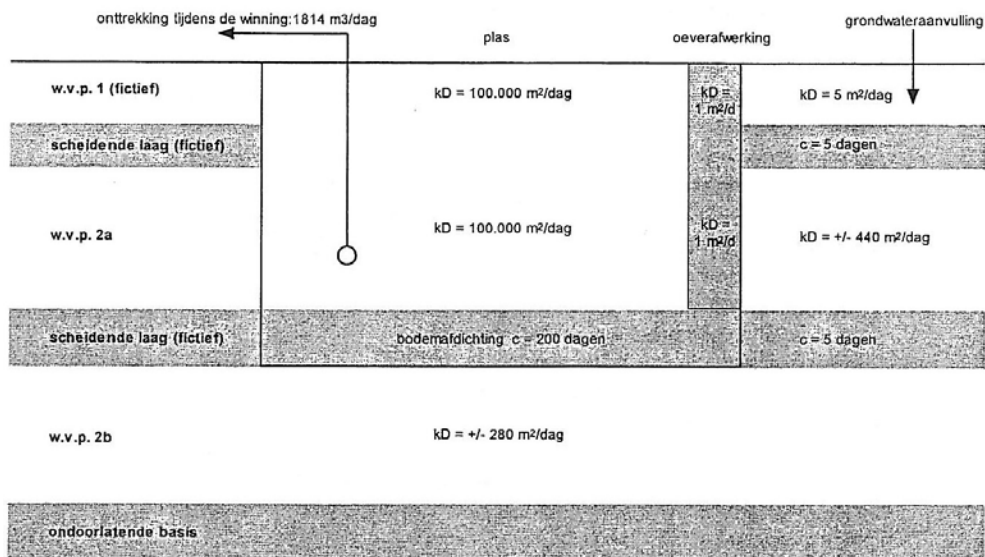
Schematisatie

De slecht doorlatende oeverafwerking is geschematiseerd door ter plekke van het onderwatertalud een zeer laag doorlaatvermogen in te voeren in de eerste en tweede modellaag. Aangezien de waarde *in* de modeldriehoeken (de eindige elementen) bepalend is, wordt een dubbele rij knooppunten gebruikt. Uitgaande van een hoge schatting van de k-waarde van de klei na het aanbrengen (0,005 m/dag) en een laagdikte van 5 m kan een doorlaatvermogen van 0,025 m²/dag worden aangenomen. Deze waarde is om rekentechnische redenen afgerond naar 1 m²/dag. De afdichtende plasbodem is geschematiseerd door de scheidende modellaag ter plekke een hogere waarde te geven. Hiervoor is uitgegaan van een laag van 1 m slecht doorlatend materiaal met een k-waarde van 0,005 m/dag, wat een c-waarde geeft van 200 dagen.

Het opzetten van het waterpeil in waterlopen is gemodelleerd door de ingevoerde stuwpeilen te verhogen.

Het handhaven van een hoog plaspeil is gemodelleerd door de plas als een waterloop te beschouwen met een vast peil en een verwaarloosbare bodemweerstand. Op basis van de waterbalans van de plas kan vervolgens worden afgeleid met welke hoeveelheid te conserveren of in te laten water het betreffende

plaspeil kan worden gehandhaafd.



figuur 10
Schematisering zandwinning en mitigerende maatregelen

6. Scenario-studie

6.1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten van de zandwinning en de effectiviteit van de potentiële mitigerende maatregelen beschreven. Met het grondwatermodel zijn verschillende scenario's doorgerekend. Per scenario wordt beschreven wat de ingreep is, of deze tijdelijk of permanent is en (indien van toepassing) welke mitigerende maatregelen zijn gemodelleerd. Deze mitigerende maatregelen zijn aan de hand van een iteratief proces van rekenen en aanpassen zodanig geoptimaliseerd dat een situatie wordt benaderd waarin:

- in de resterende landbouwgronden rondom de plas geen sprake is van vernatting of verdroging;
- in de natuurgebieden Fayersheide en Kooiplas geen sprake is van (verdere) verdroging en zo mogelijk zelfs vernatting.

Van de doorgerekende scenario's worden hieronder de effecten weergegeven in de vorm van een kaart met de berekende stijghoogteverlaging ten opzichte van de referentiesituatie (het gecalibreerde model) en in de vorm van enkele statistieken. Per scenario worden de resultaten beschreven en getoetst aan de hierboven beschreven uitgangspunten.

Hierbij wordt tevens gebruik gemaakt van een drietal waterbalansen per scenario. Deze gelden voor de drie deelgebieden weergegeven in figuur 1 I: de toekomstige zandwinplas, het gebied Fayersheide inclusief zone grenzend aan de plas en de zone daaromheen. De laatste zone omvat globaal het gebied dat door de ingreep wordt beïnvloed. De waterbalansen bieden de mogelijkheid om inzicht te verkrijgen in de veranderingen in de waterstromen (fluxen) tussen de verschillende onderdelen van het watersysteem (kwel, wegzijging, uitwisseling met het oppervlaktewater etc.). De waarden in de tabellen geven steeds de flux in m³/dag geredeneerd vanuit de desbetreffende modellaag: *instroom* betekent dat er water bijkomt, *uitstroom* dat er water verdwijnt. Een negatieve *netto uitstroom* betekent dat er water infiltreert. Ook voor de waterlopen wordt er geredeneerd vanuit de modellaag eronder: een positieve waarde bij *netto uitstroom* betekent dat de waterlopen de onderliggende laag draineren. De getallen in de tabellen zijn tot op 0,1 m³/dag weergegeven. Het is van belang te realiseren dat dit een schijnnaauwkeurigheid is: modelberekeningen zijn niet meer dan een simulatie van een vereenvoudigde stationaire situatie van een complex en dynamisch systeem. Voor de vorm van de plas is uitgegaan van een basismodel dat in de loop van de planvorming nader is uitgewerkt in daadwerkelijke mer-alternatieven (h. 7).



figuur 11
Deelgebieden waarvoor waterbalansen zijn berekend

De volgende scenario's zijn doorerekend:

0. bestaande situatie
1. zandwinning beëindigd, geen mitigerende maatregelen
2. zandwinning in eindfase, geen mitigerende maatregelen
3. zandwinning beëindigd, kleiafdichting onderwatertalud oostzijde
4. zandwinning beëindigd, kleiafdichting plasbodem
5. zandwinning beëindigd, kleiafdichting plasbodem en onderwatertalud oostzijde
6. zandwinning beëindigd, lokaal opzet slootpeil met 0,1 m
7. zandwinning beëindigd, vast plaspeil van 8,90 m +NAP
8. zandwinning beëindigd, lokaal opzet slootpeil met 0,1 m en een vast plaspeil van 8,90 m +NAP
9. zandwinning in eindfase, lokaal opzet slootpeil met 0,1 m en een vast plaspeil van 8,90 m +NAP
10. zandwinning beëindigd, kleiafdichting onderwatertalud oostzijde, lokaal opzet slootpeil met 0,1 m en een vast plaspeil van 8,90 m +NAP
11. zandwinning beëindigd, kleiafdichting onderwatertalud oostzijde, lokaal opzet slootpeil met 0,1 m en een vast plaspeil van 8,90 m +NAP, maar met een uittreweerstand van de sloten van 15 dagen.

Deze scenario's gelden voor alle voor een gemiddelde situatie ten aanzien van de grondwateraanvulling en de grondwaterstanden in de uitgangssituatie. Daarnaast is een relatief droge situatie doorgerekend om te bekijken in hoeverre de effecten van de zandwinning hierbij afwijken van die in een gemiddelde situatie. Tevens biedt dit inzicht in de mate waarin eventuele mitigerende maatregelen dienen te worden bijgestuurd in dergelijke droge perioden. Voor deze berekeningen is getoetst aan de droge periode van 1992. Dit jaar was niet extreem droog, maar is toch gekozen omdat hiervan een inventarisatie beschikbaar is van waterlopen die zijn drooggevallen of waarvan het stuwpeil niet kon worden gehandhaafd. De wijze van modelleren en de resultaten worden beschreven in § 6.3.

In § 6.4. wordt beschreven in hoeverre de zandwinplas gevolgen kan hebben voor de afvoer van overtollige neerslag in natte perioden.

in § 6.5. wordt aangegeven in hoeverre de mitigerende maatregelen peilopzet en handhaving van een vast plaspeil kunnen worden gerealiseerd.

in § 6.6. wordt ingegaan op de effecten van de zandwinning en eventuele wateraanvoer op de kwaliteit van de toekomstige waterplas en het grondwater in de omgeving.

In tabel 8 (volgende pagina) worden de belangrijkste uitkomsten van de scenarioberekeningen in één overzicht samengevat. Ook worden ter vergelijking de modeluitkomsten van de doorgerekende (inrichtings)alternatieven (hoofdstuk 7) in deze tabel weergegeven.

tabel 8

Samenvatting belangrijkste modeluitkomsten per scenario en per alternatief

Scenario	Kwel (m³/dag)		Dalingsgebied	Daling (cm)		Plaspeil
	invloedsgebied	Fayersheide	ha	maximaal	Fayersheide	m+NAP
<i>Oppervl.</i>	1.430 ha	35 ha			0	
Uitgangssit	16.903	800	0	0	0	n.v.t.
1	15.814	425	130	19	2-9	8,75
2	14.380	210	270	36	3-19	8,58
3	15.416	453	142	23	1-8	8,71
4	15.869	439	125	19	2-8	8,76
5	10.301	570	124	21	1-6	8,73
6	15.589	214	102	18	1-6	8,77
7	17.520	779	0	36	0-1,5	8,9
8	17.247	474	0	4	-3-0	8,9
9	17.123	447	0	5	-3-0	8,9
10	17.337	542	0	4	-5-0	8,9
11	16.503	672	50	18	-2-1,5	8,9
1992-0	161	0	0	0	0	n.v.t.
1992-1	175	0	99	18	6-10	8,25
1992-2	413	192	0	0	-14-0	8,7
AO	15.537	792	687	35	0	n.v.t.
Alt 1,2,4a	15.419	304	157	24	3-13	8,70
Alt 3,4b	15.491	248	216	30	3-29	8,60

6.2. Scenario's

Scenario 0

Ingreep

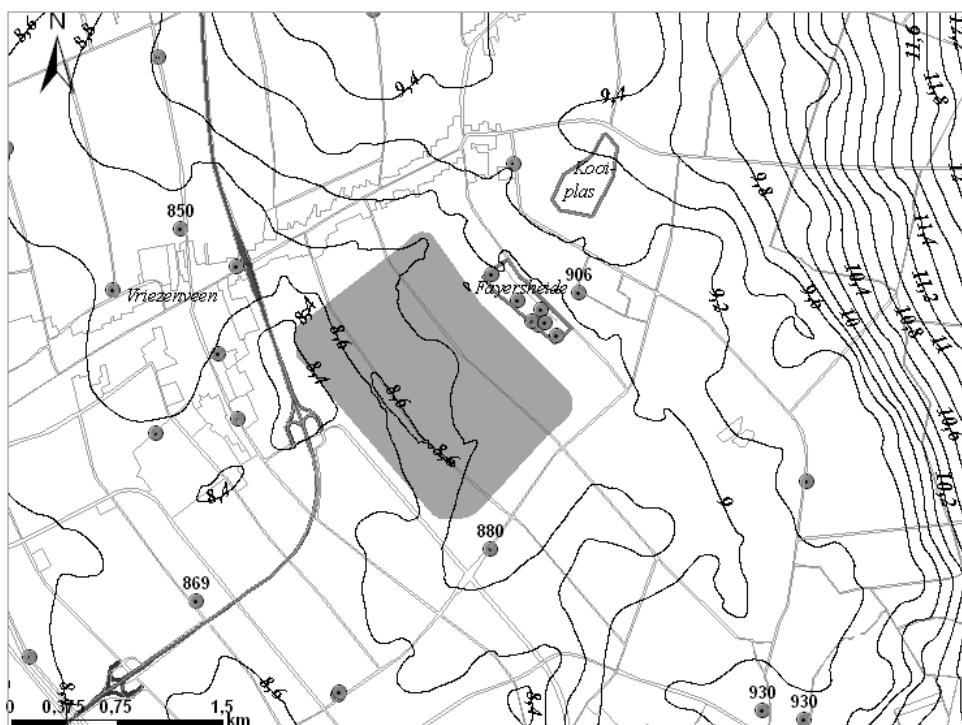
Geen: dit scenario geeft de uitgangssituatie weer volgens het gecalibreerde grondwatermodel. Deze situatie dient als referentie voor de hierna beschreven scenario's.

Mitigerende maatregelen

N.v.t.

Beschrijving

Binnen het plangebied is het grondwaterverhang vrij gering. Ter plekke van de toekomstige plas is de grondwaterstand gemiddeld 8,8 m +NAP. Kwel komt voor in een groot aantal waterlopen, maar niet aan het maaiveld (zie ook §3.1).



Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	15834.1	16292.4	458.3
I Horizontaal	-6.7	19.5	26.2
Grondwateraanvulling	-14146.9	0.0	14146.9
Vertikaal omhoog	1680.4	11218.7	9538.3
2a Horizontaal	-1164.5	1292.6	2457.2
Vertikaal omhoog	515.9	3407.9	2892.1
2b Horizontaal	-515.9	571.3	1087.2

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	799.8	799.8	0
I Horizontaal	-7.7	0.6	8.4
Grondwateraanvulling	-354.4	0	354.4
Vertikaal omhoog	437.7	632.4	194.7
2a Horizontaal	-308.7	31.1	339.8
Vertikaal omhoog	129.0	169.2	40.1
2b Horizontaal	-129.0	23.6	152.6

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	269.4	269.4	0
I Horizontaal	2.1	6.9	4.8
Grondwateraanvulling	-1052.7	0	1052.7
Vertikaal omhoog	-781.2	178.1	959.3
2a Horizontaal	311.7	402.2	90.6
Vertikaal omhoog	-160.1	140.6	300.6
2b Horizontaal	160.1	229.7	69.6

Analyse en conclusie

Uit de waterbalansen blijkt dat er in het beschouwde waterbalansgebied (invloedsgebied + Fayersheide + toekomstige plas) circa 16.903 m³/dag opkwelt in de waterlopen, terwijl er circa 15.550 m³/dag aan neerslagoverschot inkomt. Het verschil wordt aangevuld door horizontale instroom vanuit het noordoosten. Verder is er een aanzienlijke verticale uitwisseling tussen de verschillende modellen, waarbij netto sprake is van opwaartse stroming. In het balansgebied Fayersheide stroomt netto circa 800 m³/dag naar het bovenste modelpakket, waar het in de waterlopen opkwelt. Volgens de modelberekeningen is er geen kwel aan het maaiveld. Dit is namelijk een zeer lokaal verschijnsel en ook seizoensafhankelijk.

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	15388.9	15857.1	468.2
I Horizontaal	4.2	96.9	92.8
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal omhoog	767.2	10583.4	9816.2
2a Horizontaal	-572.8	2291.4	2864.3
Vertikaal omhoog	155.6	3271.5	3115.9
2b Horizontaal	-155.8	803.8	959.6

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	424.9	429.9	4.9
I Horizontaal	2.5	7.6	5.1
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal omhoog	33.8	303.3	269.6
2a Horizontaal	28.4	354.1	325.7
Vertikaal omhoog	33.8	303.3	269.6
2b Horizontaal	28.4	354.1	325.7

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	0	0	0
I Horizontaal	-12.8	69.0	81.9
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal omhoog	-75.7	74.6	150.3
2a Horizontaal	131.2	881.3	750.1
Vertikaal omhoog	1.2	145.5	144.3
2b Horizontaal	-1.6	149.3	150.9

Analyse en conclusie

Het berekende dalingsgebied omvat de Fayersheide en een deel van de resterende landbouwgronden ten zuidoosten van de plas. Vanwege de optredende dalingen is dit scenario niet in overeenstemming met de uitgangspunten.

Het stijgingsgebied beslaat een smalle strook ten westen van de plas. In het voorkeursalternatief zal hiervan slechts een klein deel de functie landbouw behouden.

Uit de waterbalansen blijkt dat de hoeveelheid kwel in de waterlopen met ruim 800 m³/dag afneemt, waarvan het deelgebied Fayersheide ruim 400 m³/dag voor zijn rekening neemt.

Scenario 2

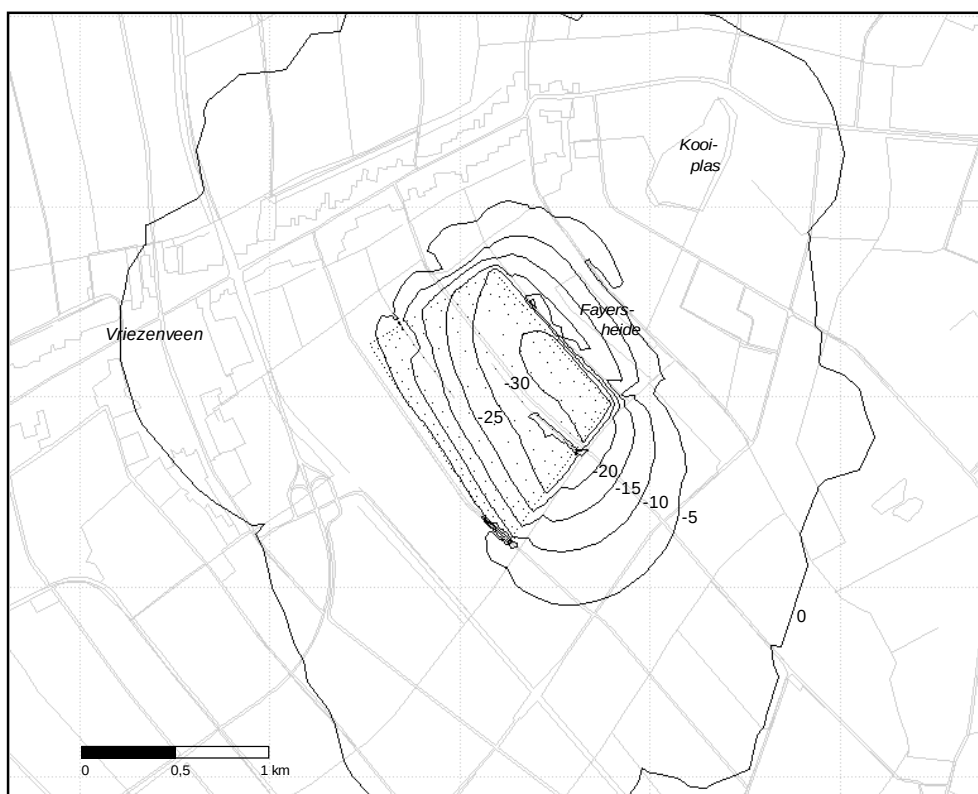
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas vrijwel volledig is gerealiseerd en er nog 2790 m³ specie per dag wordt gewonnen.

Mitigerende maatregelen

Geen.

Effecten	tijdelijk
Plaspeil:	8,58 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	36 cm
Maximale stijging (in de plas):	4 cm
Fayersheide:	daling 3 tot 19 cm
Kooiplas:	daling max 1,5 cm
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	270 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	0 ha



figuur 14

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 2 (interval 0,05 m). De plas is met stippen gemarkeerd

Waterbalans invloedsgebied (grotendeels)

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	14169.9	14739.0	569.1
I Horizontaal	107.0	164.3	57.3
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal omhoog	-410.6	9534.4	9945.0
2a Horizontaal	497.8	3050.3	2552.5
Vertikaal omhoog	-10.2	3083.1	3093.3
2b Horizontaal	10.2	955.1	944.9

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	210.4	284.1	73.8
I Horizontaal	5.1	10.0	4.9
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal omhoog	-178.0	181.9	359.9
2a Horizontaal	208.0	572.9	364.9
Vertikaal omhoog	30.4	110.2	79.9
2b Horizontaal	-30.4	175.8	206.3

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	0	0	0
I Horizontaal	-118.5	31.1	149.6
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal omhoog	-302.6	17.4	320.0
2a Horizontaal	-1146.5	342.3	1488.8
Speciewinning	2790.0	2790.0	0
Vertikaal omhoog	210.9	275.2	64.3
2b Horizontaal	-211.5	69.3	280.8

Analyse en conclusie

Het berekende dalingsgebied omvat de Fayersheide en een deel van de resterende landbouwgronden ten zuidoosten van de plas. De daling is beduidend sterker dan in scenario I als gevolg van de dagelijks speciewinning. Om deze reden is ook dit scenario niet in overeenstemming met de uitgangspunten.

Er vindt nauwelijks stijging plaats die tot wateroverlast zou kunnen leiden.

Uit de waterbalansen blijkt dat de hoeveelheid kwel in de waterlopen met ruim 2200 m³/dag afneemt, waarvan het deelgebied Fayersheide ruim 650 m³/dag voor zijn rekening neemt.

Scenario 3

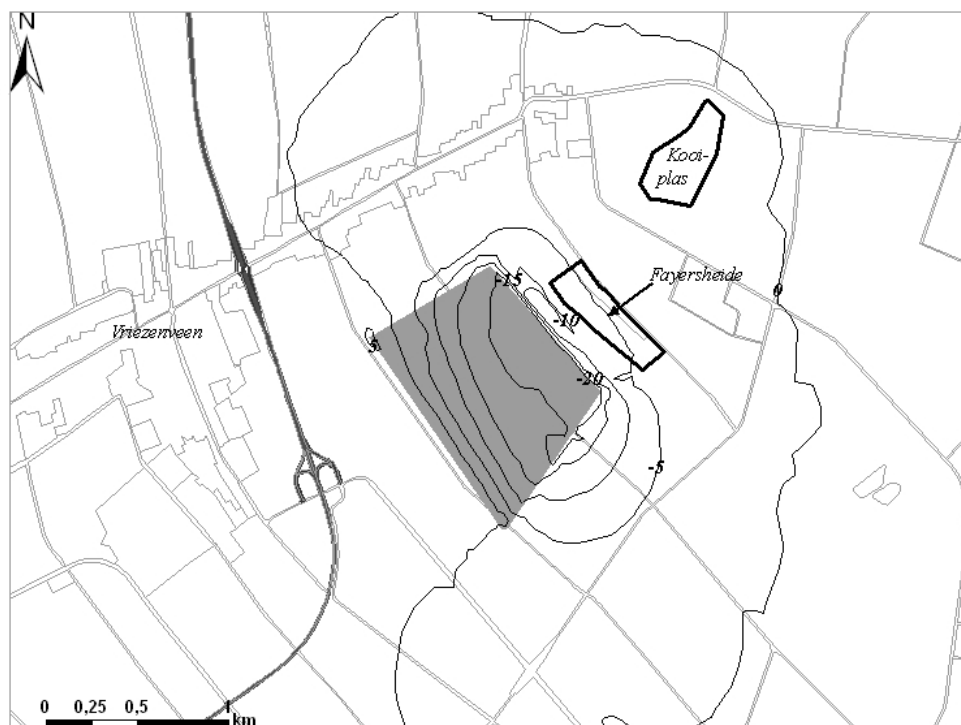
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

Een slechtdoorlatende kleiafdichting van het onderwatertalud aan de noordoostzijde van de plas.

Effecten	permanent
Plaspeil:	8,71 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	23 cm
Maximale stijging (in de plas):	18 cm
Fayersheide:	daling 1 tot 8 cm
Kooiplas:	daling nihil
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	142 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	3,8 ha



figuur 15

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 3 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd

Waterbalans invloedsgebied (grotendeels)

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	14962.7	15469.9	507.2
I Horizontaal	-33.9	71.9	105.8
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal	378.6	10227.7	9849.1
2a Horizontaal	-302.0	2160.2	2462.2
Vertikaal	108.6	3242.1	3133.6
2b Horizontaal	-108.7	1016.2	1124.9

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	452.9	453.3	0.4
I Horizontaal	6.9	12.0	5.0
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal	66.1	311.4	245.3
2a Horizontaal	-206.3	117.1	323.5
Vertikaal	-140.3	80.6	220.9
2b Horizontaal	140.3	315.4	175.2

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	0	0	0
I Horizontaal	20.7	77.7	57
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal	101.7	154.0	52.3
2a Horizontaal	84.9	713.6	628.7
Vertikaal	255.8	362.9	107.1
2b Horizontaal	-255.8	112.4	368.2

Analyse en conclusie

De kleiafdichting betekent voor Fayersheide een lichte verbetering ten opzichte van scenario I, echter onvoldoende om aan de uitgangspunten te voldoen. Bij het iteratieve optimalisatieproces van deze mitigerende maatregel bleek dat uitbreiding van de kleiafdichting naar andere oevers of het dikker maken van het kleipakket nauwelijks verbetering oplevert. Dit wordt veroorzaakt door de aanzienlijke dikte van het watervoerende pakket dat onder de plasbodem over blijft. Bovendien is dit materiaal nog redelijk doorlatend. Dit leidt tot een sterke stromingscomponent via de plasbodem en onder de kleiafdichting door.

Voor de waterbalans van het invloedsgebied betekent de kleiafdichting dat minder water het gebied horizontaal instroomt en daardoor de kwel in de waterlopen lager is dan zonder kleiafdichting (scenario I).

Scenario 4

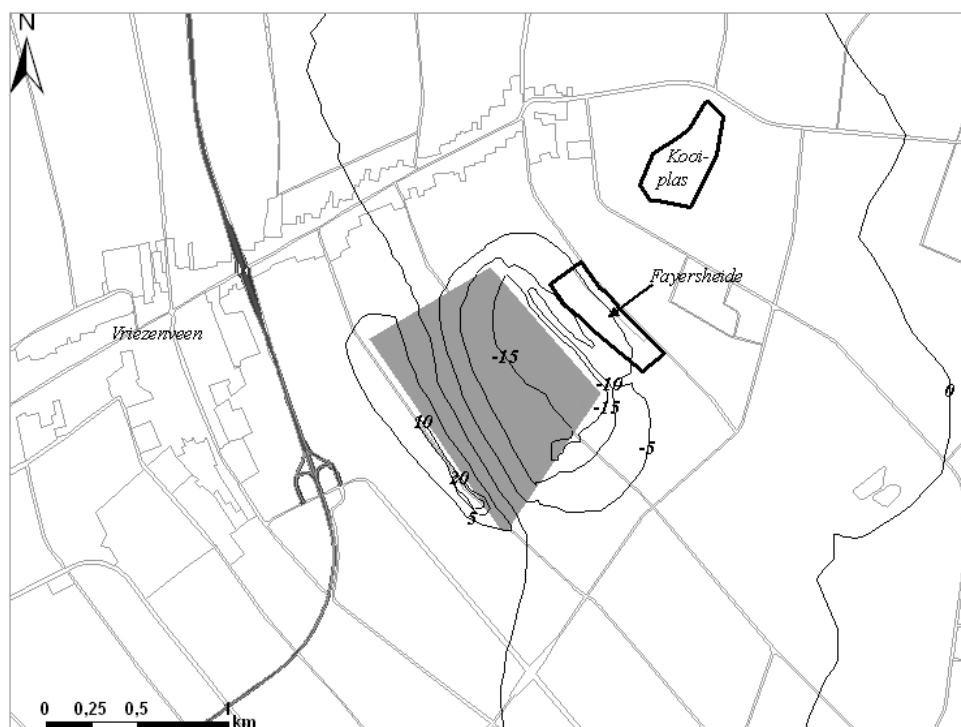
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

Een slechtdoorlatende kleiafdichting van de plasbodem.

Effecten	permanent
Plaspeil:	8,76 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	19 cm
Maximale stijging (in de plas):	22 cm
Fayersheide:	daling 2 tot 8 cm
Kooiplas:	daling nihil
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	125 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	31 ha



figuur 16

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 4 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd

Waterbalans invloedsgebied (grotendeels)

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	15429.7	15893.9	464.3
I Horizontaal	72.1	297.0	224.9
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal	794.3	10614.6	9820.3
2a Horizontaal	-570.2	2311.4	2881.6
Vertikaal	794.3	10614.6	9820.3
2b Horizontaal	-570.2	2311.4	2881.6

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	439.1	442.0	2.9
I Horizontaal	0.3	5.5	5.2
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal	55.2	312.2	257.1
2a Horizontaal	15.6	339.3	323.7
Vertikaal	71.2	132.0	60.8
2b Horizontaal	-72.7	102.5	175.2

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	0	0	0
I Horizontaal	-80.8	201.1	281.9
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal	103.0	60.8	163.8
2a Horizontaal	108.1	879.7	771.6
Vertikaal	-2.4	21.5	23.9
2b Horizontaal	2.0	51.1	49.1

Analyse en conclusie

De bodemafdichting van de plas betekent voor Fayersheide een lichte verbetering ten opzichte van scenario I, echter onvoldoende om aan de uitgangspunten te voldoen. Bij het iteratieve optimalisatieproces van deze mitigerende maatregel blijkt dat het dikker maken van de bodemafdichting nauwelijks verbetering oplevert, aangezien stroming via de onderwatertaluds blijft bestaan.

Voor de waterbalansen betekent de bodemafdichting dat de flux via de plasbodem kleiner is geworden, maar de laterale component juist groter.

Scenario 5

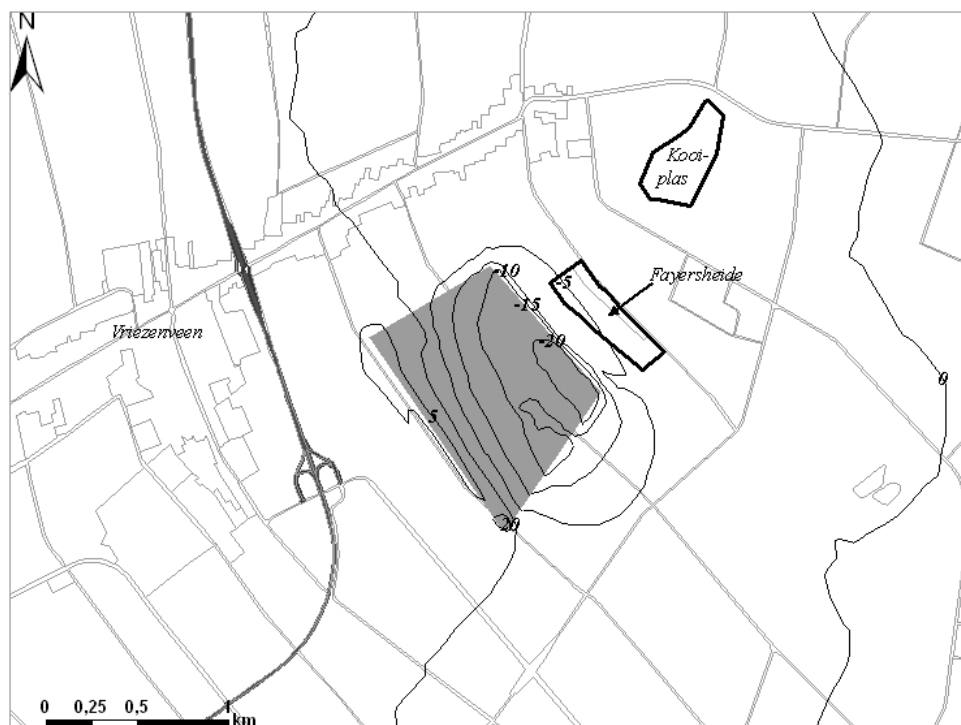
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

Een slechtdoorlatende afdichting van de plasbodem én een slechtdoorlatende afdichting van het onderwatertalud aan de noordoostzijde.

Effecten	permanent
Plaspeil:	8,73 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	21 cm
Maximale stijging (in de plas):	20 cm
Fayersheide:	daling 1 tot 6 cm
Kooiplas:	daling nihil
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	124 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	14 ha



figuur 17

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 5 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd

Waterbalans invloedsgebied (grotendeels)

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	9731.0	9998.8	267.8
I Horizontaal	84.3	307.0	222.7
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal omhoog	680.3	10513.4	9833.1
2a Horizontaal	-366	2125.4	2491.4
Vertikaal omhoog	202.6	3401.6	3199.0
2b Horizontaal	211.4	744.1	955.5

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	570.1	570.1	0.0
I Horizontaal	1.8	7.1	5.3
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal	188.2	415.5	227.3
2a Horizontaal	-202.4	107.9	310.3
Vertikaal	-14.3	96.5	110.8
2b Horizontaal	13.4	178.2	164.8

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	0	0	0
I Horizontaal	-97.8	194.2	292.0
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal	-119.0	35.2	154.2
2a Horizontaal	168.2	770.0	601.8
Vertikaal	43.2	61.1	17.9
2b Horizontaal	43.8	60.5	104.3

Analyse en conclusie

De bodem- en oever betekent voor Fayersheide een lichte verbetering ten opzichte van scenario 1 en ook ten opzichte van scenario 4, echter onvoldoende om aan de uitgangspunten te voldoen. Bij het iteratieve optimalisatieproces van deze mitigerende maatregel bleek dat uitbreiding van de kleiafdichting naar andere oevers nog wel enige verbetering oplevert. Hiervoor is echter onvoldoende onbruikbare specie binnen de ontgrondingslocatie aanwezig. Voor de waterbalansen betekent de plasafdeling dat minder water de plas instroomt via talud en bodem, waardoor het plaspeil ook lager uitvalt.

Scenario 6

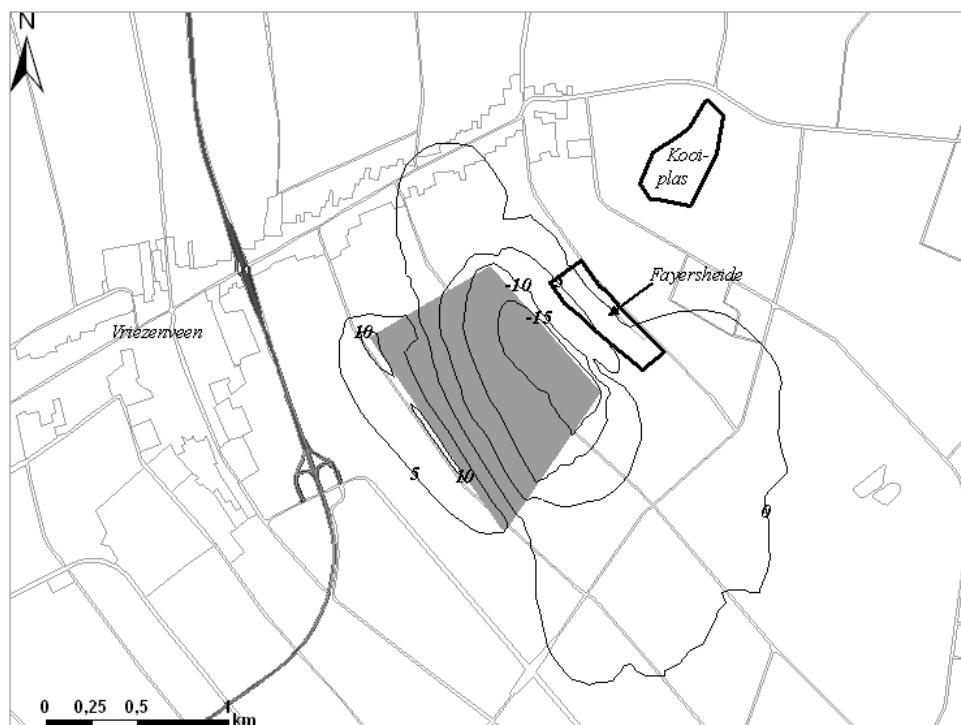
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

In enkele sloten rond de Fayersheide (zie figuur) wordt het gemiddelde slootpeil met 0,1 m verhoogd.

Effecten	permanent
Plaspeil:	8,77 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	18 cm
Maximale stijging (in de plas):	23 cm
Fayersheide:	daling 1 tot 6 cm
Kooiplas:	daling nihil
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	102 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	44,9 ha



figuur 18

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 6 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd; sloten met peilopzet zijn weergegeven met een dikke lijn

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	15374.7	15841.5	466.8
I Horizontaal	-30.7	71.0	101.7
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal	763.4	10572.6	9809.2
2a Horizontaal	-589.2	2423.0	3012.2
Vertikaal	181.1	3299.7	3118.6
2b Horizontaal	-169.1	819.4	988.5

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	213.9	281.1	67.2
I Horizontaal	6.0	9.8	3.8
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal	-172.5	172.3	344.7
2a Horizontaal	192.9	476.5	283.6
Vertikaal	21.9	98.8	76.9
2b Horizontaal	-14.4	145.2	159.5

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	0	0	0
I Horizontaal	18.6	75.8	57.2
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal	29.4	135.1	105.7
2a Horizontaal	-14.4	908.8	923.2
Vertikaal	52.7	201.0	148.4
2b Horizontaal	-35.1	148.6	183.7

Analyse en conclusie

Opzet van het peil in de sloten rond Fayersheide levert voor dit gebied een lichte verbetering op ten opzichte van scenario I, echter onvoldoende om aan de uitgangspunten te voldoen. Bij het iteratieve optimalisatieproces van deze mitigerende maatregel bleek dat pas voldoende effect wordt bereikt bij een slootpeilverhoging van 0,3 tot 0,4 m. Dit zou echter betekenen dat tevens enkele waterlopen in het landbouwgebied een hoger peil krijgen en daar vernatting optreedt. Om deze reden is dit niet als een reële optie beschouwd. Nader onderzoek dient uit te wijzen of rond Fayersheide een geheel geïsoleerd watersysteem is in te stellen, zonder de aangrenzende landbouwgronden te vernattingen. In de waterbalansen blijkt het effect van peilopzet voornamelijk uit de lagere netto uitstroom naar waterlopen in het deelgebied Fayersheide dan in scenario I.

Scenario 7

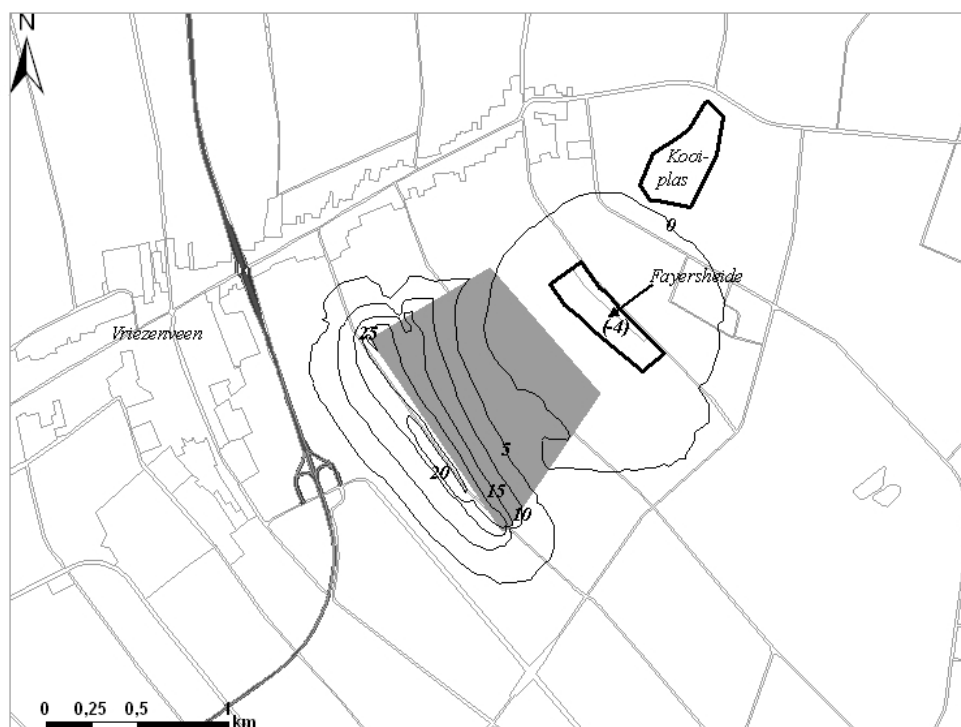
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

In de zandwinplas wordt een vast peil gehandhaafd van 8,9 m +NAP.

Effecten	permanent
Plaspeil:	8,9 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	4 cm
Maximale stijging (in de plas):	36 cm
Fayersheide:	daling 0 tot 1,5 cm
Kooiplas:	daling nihil
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	0 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	124 ha



figuur 19

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 7 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	16741.2	17170.4	429.2
I Horizontaal	-199.6	18.3	217.9
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal	1955.6	11767.6	9812.0
2a Horizontaal	-1627.3	1709.0	3336.3
Vertikaal	329.9	3528.2	3198.4
2b Horizontaal	-329.9	676.3	1006.2

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	779.1	779.1	0
I Horizontaal	-7.0	0.7	7.7
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal	378.4	610.9	232.6
2a Horizontaal	-259.5	51.3	310.8
Vertikaal	118.9	169.4	50.5
2b Horizontaal	-118.9	31.2	150.1

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterinlaat	-1954.5	0	1954.5
I Horizontaal	200.6	201.2	0.6
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal	-1748.9	0	1748.9
2a Horizontaal	1504.0	1665.4	161.4
Vertikaal	-242.1	36.7	278.9
2b Horizontaal	242.1	283.7	41.6

Analyse en conclusie

Het handhaven van een vast hoog plaspeil biedt duidelijk goede mogelijkheden tot mitigatie: de maximale daling en de omvang van het dalingsgebied zijn beperkt. In de Fayersheide blijft echter sprake van een lichte daling, waardoor dit scenario niet geheel voldoet aan de uitgangspunten. Het stijgingsgebied beslaat een smalle strook ten westen van de plas. In het voorkeursalternatief zal hiervan slechts een klein deel de functie landbouw behouden. In dit deel is echter wel sprake van enige vernatting. Een nog hoger plaspeil leidt tot sterkere vernatting en is derhalve niet reëel. Uit de waterbalansen blijkt dat de hoeveelheid kwel in de waterlopen toeneemt als gevolg van het infiltrerende plaswater. In de waterlopen in deelgebied Fayersheide is echter nog wel sprake van een afname van de kwel ten opzichte van de uitgangssituatie. Voor het handhaven van het plaspeil is circa 1.950 m³/dag (= 23 l/s) nodig.

Scenario 8

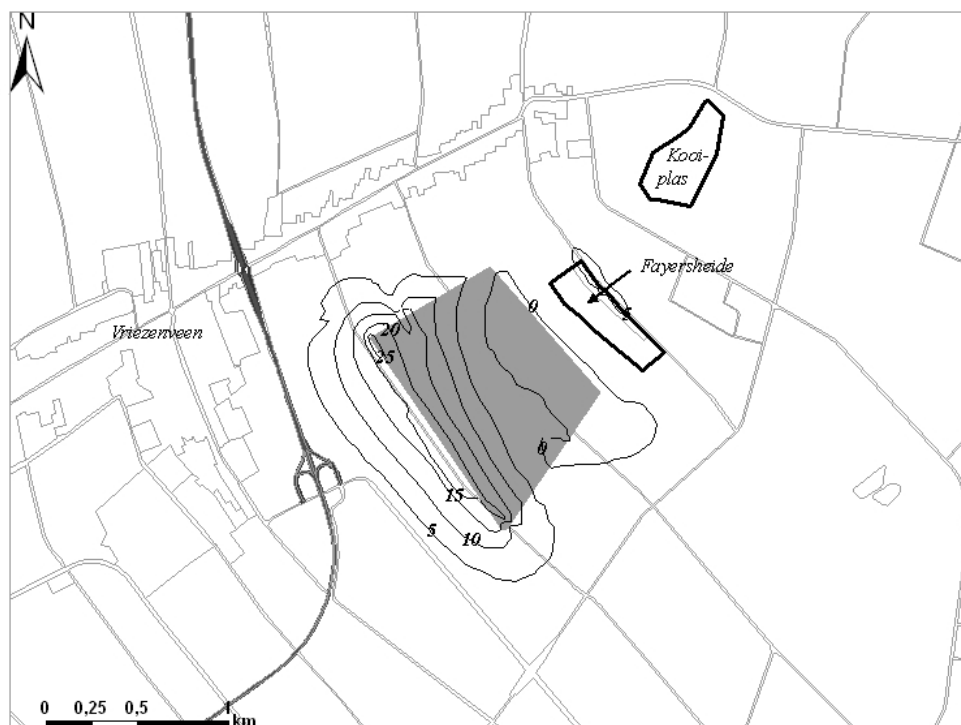
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

In enkele sloten rond de Fayersheide (zie figuur 20) wordt het gemiddelde slootpeil met 0,1 m verhoogd en in de zandwinplas wordt een vast peil gehandhaafd van 8.9 m +NAP.

Effecten	permanent
Plaspeil:	8,9 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	4 cm
Maximale stijging (in de plas):	36 cm
Fayersheide:	stijging 0 tot 3 cm
Kooiplas:	stijging 0 tot 1 cm
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	0 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	128 ha



figuur 20

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 8 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd; sloten met peilopzet zijn weergegeven met een dikke lijn

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	16773.5	17199.9	426.4
I Horizontaal	-185.9	18.3	204.1
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal omhoog	2001.8	11795.4	9793.6
2a Horizontaal	-1643.1	1844.2	3487.3
Vertikaal omhoog	359.7	3556.1	3196.4
2b Horizontaal	-359.7	690.1	1049.8

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	473.6	473.6	0
I Horizontaal	-1.8	2.7	4.5
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal omhoog	78.1	317.1	239.0
2a Horizontaal	-25.8	216.6	242.4
Vertikaal omhoog	52.3	113.9	61.6
2b Horizontaal	-52.3	76.9	129.2

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	-1686.1	0	1686.1
I Horizontaal	181.7	185.4	3.7
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal omhoog	-1498.9	0	1498.9
2a Horizontaal	1289.5	1653.3	363.8
Vertikaal omhoog	-207.1	70.0	277.1
2b Horizontaal	207.1	282.8	75.8

Analyse en conclusie

Deze combinatie van mitigerende maatregelen leidt tot een situatie na beëindiging van de zandwinning die grotendeels voldoet aan de uitgangspunten. In de Fayersheide is sprake van een heel lichte stijging. Het hoge plaspeil leidt weliswaar tot stijging van de grondwaterstand langs de zuidwestrand van de plas, maar volgens het voorkeursalternatief zal dit slechts voor een klein deel als landbouwgebied worden gehandhaafd.

Ten opzichte van de uitgangssituatie (scenario 0) neemt de kwel in de waterlopen toe, echter niet in het deelgebied Fayersheide waar een lichte afname optreedt. Voor het handhaven van het plaspeil is 1.686 m³/dag (= 19,5 l/s) nodig.

Scenario 9

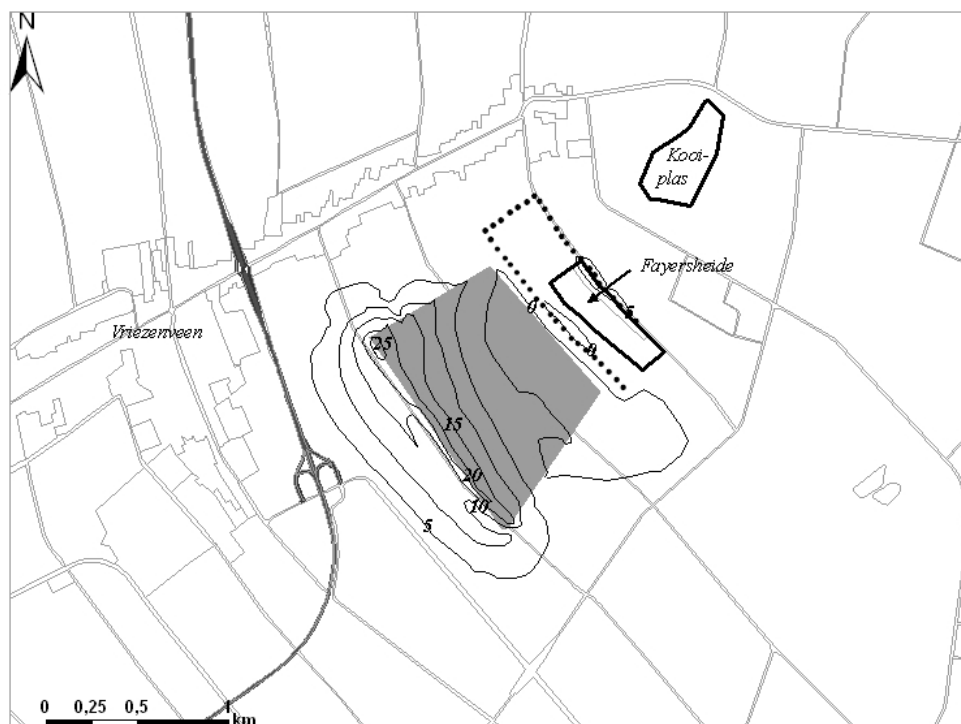
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas vrijwel volledig is gerealiseerd en er nog 2790 m³ specie per dag wordt gewonnen.

Mitigerende maatregelen

In enkele sloten rond de Fayersheide (zie figuur) wordt het gemiddelde slootpeil met 0,1 m verhoogd en in de zandwinplas wordt een vast peil gehandhaafd van 8,9 m +NAP.

Effecten	tijdelijk
Plaspeil:	8,9 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	5 cm
Maximale stijging (in de plas):	36 cm
Fayersheide:	stijging 0 tot 3 cm
Kooiplas:	stijging 0 tot 1 cm
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	0 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	123 ha



figuur 21

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 9 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd; sloten met peilopzet zijn weergegeven met een stippellijn

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	16675.5	17104.2	428.7
I Horizontaal	275.3	16.4	291.7
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal	2071.7	11702.6	9887.9
2a Horizontaal	-1470.1	1928.4	3398.5
Vertikaal	345.6	3535.7	3190
2b Horizontaal	-345.9	699.6	1045.5

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	446.6	446.6	0
I Horizontaal	-5.5	0.8	6.3
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal	47.4	300.5	253.1
2a Horizontaal	0.3	245.4	245.0
Vertikaal	47.7	110.6	62.9
2b Horizontaal	-47.7	83.5	131.2

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterinlaat	-3373.8	0	3373.8
I Horizontaal	274.8	274.8	0
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal	-3094.3	0	3094.3
2a Horizontaal	1088.1	1535.1	447.0
Speciewinning	2790.0	2790.0	0
Vertikaal	-187.8	78.2	265.9
2b Horizontaal	187.7	271.6	83.9

Analyse en conclusie

De effecten van dit scenario zijn grotendeels vergelijkbaar met de situatie zonder speciewinning (scenario 8). Er is echter voor het handhaven van het plaspeil circa 1700 m³/dag extra nodig: totaal 3375 m³/dag (= 39 l/s). Het opzetten van het slootpeil vraagt circa 530 m³/dag (= 6 l/s), zodat in totaal 45 l/s wateraanvoer vereist is.

Dit scenario voldoet grotendeels aan de uitgangspunten.

Scenario 10

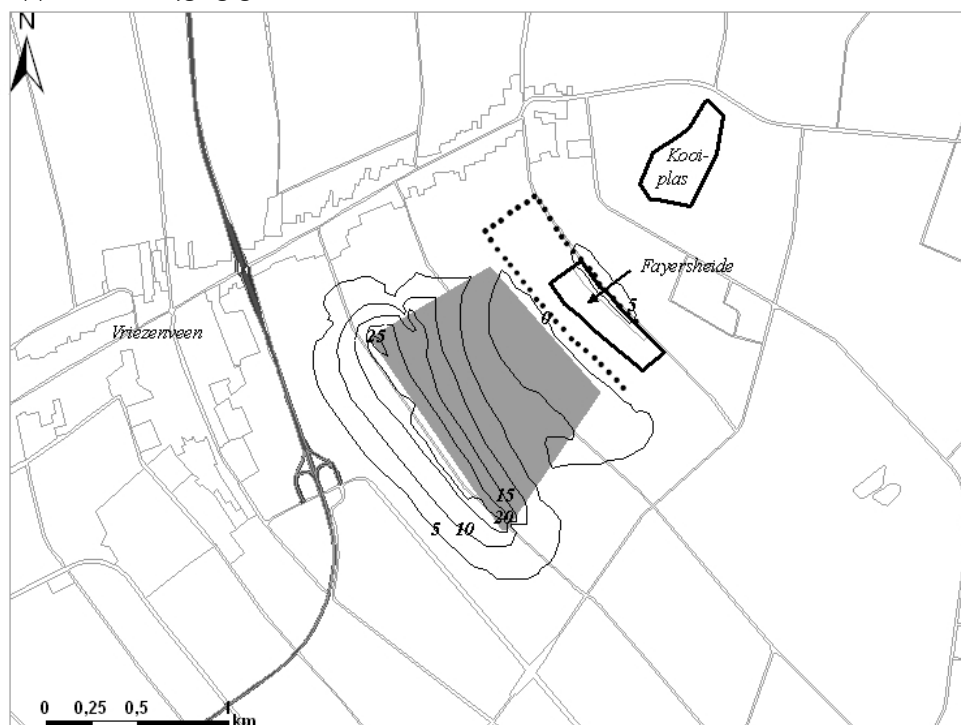
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas vrijwel volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

Een slechtdoorlatende kleiafdichting van het onderwatertalud aan de noordoostzijde van de plas, een verhoging van het gemiddelde slootpeil in enkele sloten rond de Fayersheide (zie figuur 22) met 0,1 verhoogd en in de zandwinplas wordt een vast peil gehandhaafd van 8,9 m +NAP.

Effecten	permanent
Plaspeil:	8,9 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	4 cm
Maximale stijging (in de plas):	36 cm
Fayersheide:	stijging 0 tot 5 cm
Kooiplas:	stijging 0 tot 1,5 cm
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	0 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	130 ha



figuur 22

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 10 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd; sloten met peilopzet zijn weergegeven met een stippellijn

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	16795.3	17221.5	426.2
I Horizontaal	-186.8	26.3	213.1
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal	2019.6	11816.8	9797.2
2a Horizontaal	-1658.4	1671.0	3329.4
Vertikaal	364.4	3570.4	3206.0
2b Horizontaal	-364.8	754.2	1119.0

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	541.5	541.5	0
I Horizontaal	0.7	4.8	4.1
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal	148.4	382.1	233.7
2a Horizontaal	-170.5	68.4	238.9
Vertikaal	-22.0	91.5	113.5
2b Horizontaal	22.0	147.1	125.2

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterinlaat	-1778.5	0	1778.5
I Horizontaal	180.1	192.2	12.1
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal	-1591.6	0	1591.6
2a Horizontaal	1449.8	1643.8	194.0
Vertikaal	-137.8	137.4	275.2
2b Horizontaal	138.1	281.9	143.8

Analyse en conclusie

Ten opzichte van scenario 8 is aan dit scenario de kleiafdichting van het onderwatertalud als mitigerende maatregel toegevoegd. Als gevolg van de geringe effectiviteit van deze maatregelen zijn de berekende effecten vergelijkbaar. Wel is er sprake van iets meer kwel in de waterlopen van deelgebied Fayersheide en is er iets meer water nodig om de plas en sloten op het gewenste peil te houden:

1.780, respectievelijk 540 m³/dag; totaal 2.320 m³/dag (= 27 l/s).

Dit scenario voldoet grotendeels aan de uitgangspunten. Het hoge plaspeil leidt weliswaar tot stijging van de grondwaterstand langs de zuidwestrand van de plas, maar volgens het voorkeursalternatief zal dit slechts voor een klein deel als landbouwgebied worden gehandhaafd.

Scenario II

Dit scenario is doorgerekend om inzicht te verkrijgen in de invloed van de waarde van de intreeweerstand van de waterlopen op de berekende effecten van de plas en de mitigerende maatregelen. Hiertoe is zowel in het model van de referentiesituatie als in het model met de ingreep de waarde voor de intreeweerstand verhoogd tot 15 dagen. Overigens is dit scenario gelijk aan scenario 10.

Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer waarbij de zandwinplas vrijwel volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen: als in scenario 10.

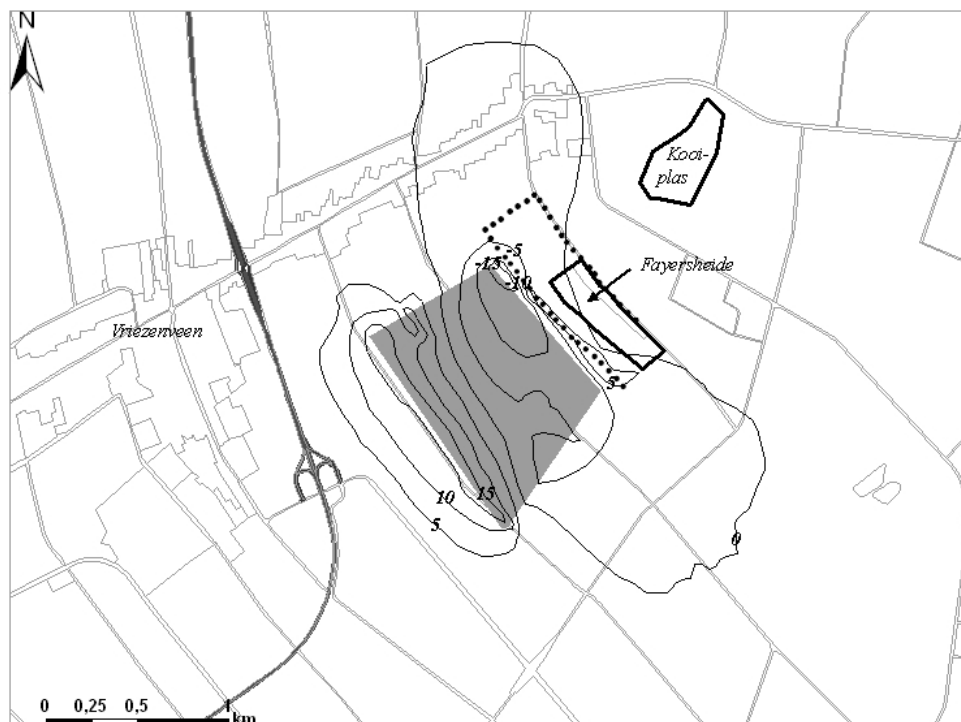
Effecten	permanent
Plaspeil:	8,9 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	18 cm
Maximale stijging (in de plas):	33 cm
Fayersheide:	1,5 cm daling tot 2 cm stijging
Kooiplas:	nihil
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	50 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	89 ha

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	15814.1	15831.1	17.0
I Horizontaal	-134.0	45.1	179.1
Grondwateraanvulling	-14586.2	0.0	14586.2
Vertikaal	1095.1	11580.9	10458.8
2a Horizontaal	-976.8	2262.3	3239.1
Vertikaal	120.0	3596.2	3476.2
2b Horizontaal	-120.1	1046.5	1166.5

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	672.2	672.2	0
I Horizontaal	0.9	7.0	6.1
Grondwateraanvulling	-393.7	0	393.7
Vertikaal	279.4	546.5	267.2
2a Horizontaal	-280.3	87.6	368.0
Vertikaal	-0.9	125.9	126.9
2b Horizontaal	1.0	197.6	196.7



figuur 23

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 11 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd; sloten met peilopzet zijn weergegeven met een stippellijn

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterinlaat	-1015.9	0	1015.9
1 Horizontaal	128.4	155.2	26.8
Grondwateraanvulling	0	0	0
Vertikaal	-879.0	0	879
2a Horizontaal	917.2	1364.2	447.0
Vertikaal	41.9	262.3	220.4
2b Horizontaal	-41.9	229.2	271.1

Analyse en conclusie

Uit deze berekening kan worden geconcludeerd dat het effect van de mitigerende maatregelen mede wordt bepaald door de intreeweerstand van de waterlopen. Een hogere weerstand leidt ertoe dat slootopzet minder effectief is. Dit komt bij deze combinatie van mitigerende maatregelen tot uiting in een lichte daling (naast een stijging) in Fayersheide. De vernatting beslaat een kleiner gebied dan in scenario 10.

De factor intreeweerstand leidt tot een onzekerheid in de modelberekeningen; het effect op de berekende effecten is echter niet groot.

6.3. Scenario's droge periode

Voor de modelsimulatie van een droge periode is uitgegaan van het jaar 1992. Dit jaar kende een aaneengesloten periode van vier maanden met een neerslagtekort, zie tabel 9.

tabel 9

Neerslagtekort droge periode 1992, gebaseerd op neerslagcijfers van Almelo en verdampingscijfers van Eelde (KNMI, 1992)

maand	gemiddeld neerslagtekort
april	1,3 mm/dag
mei	2,23 mm/dag
juni	2,26 mm/dag
juli	2,02 mm/dag

In eerste instantie is getracht dit te stimuleren door het model stationair door te rekenen met een neerslagtekort in plaats van een neerslagaanvulling. Dit leidde echter tot extreem lage standen, met name op de stuwwallen. Als alternatief is een eenvoudige niet-stationaire berekening gebruikt, waarbij wel rekening is gehouden met de tijdsfactor.

Er is gestart met een stationair model, waarin voor de waterlopen, die in 1992 zijn drooggefallen of niet op peil konden worden gehouden, de intreeweerstand op 0 is gezet. Deze waterlopen kunnen dan niet meer infiltreren.

Vervolgens zijn niet-stationair vier aaneengesloten tijdperioden van een maand doorgerekend met een gemiddeld dagelijks neerslagtekort conform tabel 9.

Het resultaat aan het eind van de vier perioden is weergegeven in figuur 24 en vergeleken met peilbuismetingen van eind juli 1992 (scenario 1992-0). Het aantal beschikbare buizen rond het plangebied is gering vergeleken met die in het calibratiejaar 2005. De afwijkingen tussen gemeten en berekende stijghoogten zijn relatief klein en vergelijkbaar met die in figuur 12 (situatie 2005).

Voor de berekening van het effect van de zandwinplas is weer gestart met een stationair model met aangepaste intreeweerstand, waarin de zandwinning is gemodelleerd, zonder mitigerende maatregelen. Met dit model is vervolgens de droge periode van vier maanden doorgerekend, zoals hierboven omschreven. Het resultaat aan het eind van de periode is vergeleken met de situatie in figuur 24. Het resultaat is beschreven onder scenario 1992-1.

Tot slot is dezelfde berekening uitgevoerd met als mitigerende maatregelen: kleiafdichting van het onderwatertalud aan de noordoostzijde, slootopzet rond Fayersheide en het handhaven van een vast plaspeil. Voor beide laatste is, gezien de waterschaarste in de zomer, iteratief gekozen voor een peil van 8,7 m +NAP. Het resultaat van deze berekening is beschreven onder scenario 1992-2.

Scenario 1992-0

Ingreep

Geen: dit scenario geeft de situatie weer in een droge periode vergelijkbaar met eind juli 1992. Deze situatie dient als referentie voor de hierna beschreven scenario's.

Mitigerende maatregelen

N.v.t.

Beschrijving

In vergelijking met de situatie 2005 (calibratiemodel) valt op dat het isohypsenpatroon nauwelijks meer wordt beïnvloed door de waterlopen: de grondwaterspiegel is op veel plaatsen tot onder de slootbodembodem gezakt. Ter plekke van de toekomstige plas is de grondwaterstand gemiddeld 8,3 m +NAP.



figuur 24

Isohypsen (interval 0,2 m) van watervoerend pakket 1 in een droge periode en stijghoogte peilbuizen eind juli 1992

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	161.0	161.0	0
1 Horizontaal	-10.2	8.3	18.5
Grondwateraanvulling	26444.4	26444.4	0.0
Vertikaal	14213.1	14213.1	0.0
2a Horizontaal	-788.9	971.3	1760.1
Vertikaal	1031.7	1117.2	85.6
2b Horizontaal	-411.2	446.7	857.9

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	0	0	0
1 Horizontaal	0.0	1.2	1.2
Grondwateraanvulling	702.1	702.1	0.0
Vertikaal	359.4	359.4	0.0
2a Horizontaal	-2.6	103.6	106.2
Vertikaal	14.4	14.4	0.0
2b Horizontaal	2.7	64.9	62.2

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterinlaat	0.0	0.0	0.0
1 Horizontaal	0.3	2.0	1.6
Grondwateraanvulling	1880.8	1880.8	0.0
Vertikaal	938.8	938.8	0.0
2a Horizontaal	28.6	168.8	140.2
Vertikaal	26.0	27.8	1.8
2b Horizontaal	21.1	110.6	89.5

Analyse en conclusie

De waterbalansen van niet-stationaire berekeningen zijn per definitie niet sluitend en daardoor moeilijk te vergelijken met stationaire waterbalansen die meestal wel sluitend zijn. Duidelijk is wel dat de grondwateraanvulling negatief is (uitstroom), dat de infiltratie van waterlopen nul is en dat de kwel naar waterlopen minimaal is. Een en ander leidt tot een circa 0,5 m lagere grondwaterstand dan in de uitgangssituatie.

Scenario 1992-1

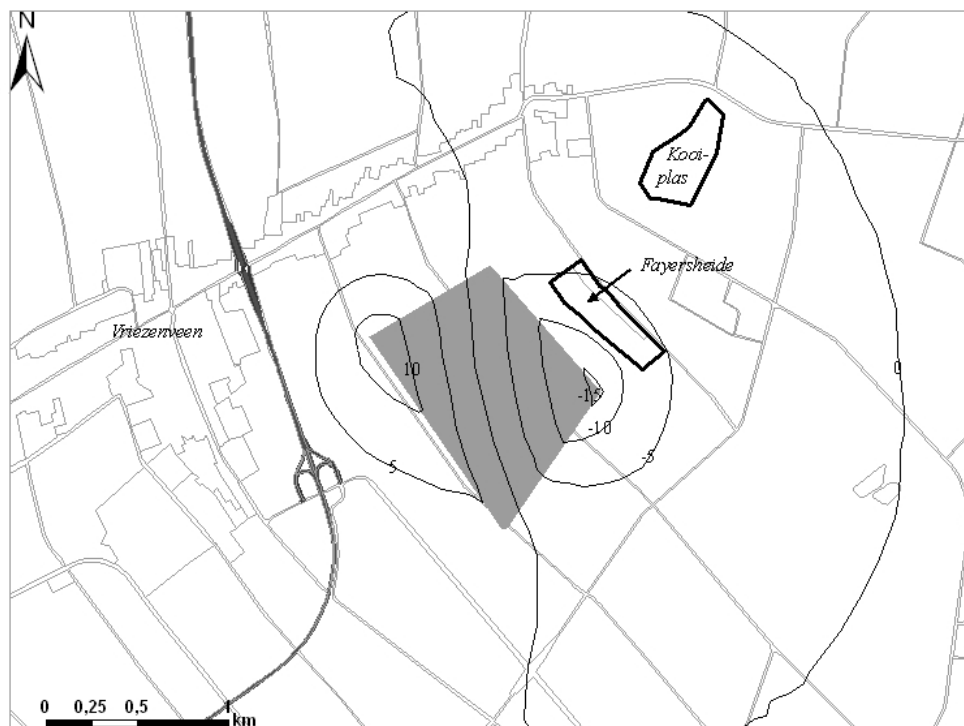
Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer aan het eind van een droge periode, waarbij de zandwinplas volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

Geen.

Effecten	tijdelijk
Plaspeil:	8,25 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	18 cm
Maximale stijging (in de plas):	19 cm
Fayersheide:	daling 6 tot 10 cm
Kooiplas:	daling max. 1,5 cm
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	99 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	77 ha



figuur 25

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 1992-1 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	174.8	174.8	0.0
I Horizontaal	18.9	79.8	60.9
Grondwateraanvulling	26444.4	26444.4	0.0
Vertikaal	14197.8	14197.8	0.0
2a Horizontaal	-791.5	1328.4	2119.9
Vertikaal	964.2	1155.4	191.2
2b Horizontaal	-343.8	496.8	840.6

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	0	0	0
I Horizontaal	1.1	3.2	2.1
Grondwateraanvulling	702.1	702.1	0.0
Vertikaal	357.2	357.2	0.0
2a Horizontaal	38.6	224.1	185.5
Vertikaal	50.9	50.9	0.0
2b Horizontaal	-33.9	74.6	108.5

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterinlaat	0.0	0.0	0.0
I Horizontaal	6.3	26.6	20.3
Grondwateraanvulling	1880.8	1880.8	0.0
Vertikaal	921.3	921.3	0.0
2a Horizontaal	81.0	544.9	463.9
Vertikaal	40.9	125.5	84.6
2b Horizontaal	7.4	100.8	93.4

Analyse en conclusie

In dit scenario zonder mitigerende maatregelen is de daling in de Fayersheide zo groot dat niet aan de uitgangspunten wordt voldaan. De omvang van de effecten zijn vergelijkbaar met die in scenario I (gemiddelde situatie); alleen de vorm van het kaartbeeld is anders door de kleinere invloed van de waterlopen. Dit bevestigt het beeld van de gevoeligheidsanalyse in §4.7, namelijk dat de grondwateraanvulling geen grote invloed heeft op de berekende effecten.

Scenario 1992-2

Ingreep

Dit scenario geeft de situatie weer aan het eind van een droge periode, waarbij de zandwinplas volledig is gerealiseerd en de winning is beëindigd.

Mitigerende maatregelen

Een slechtdoorlatende kleiafdichting van het onderwatertalud aan de noordoostzijde van de plas, een verhoging van het zomerslootpeil in enkele sloten rond de Fayersheide (zie figuur) naar 8,7 m +NAP en in de zandwinplas wordt een vast peil gehandhaafd van 8,7 m +NAP.

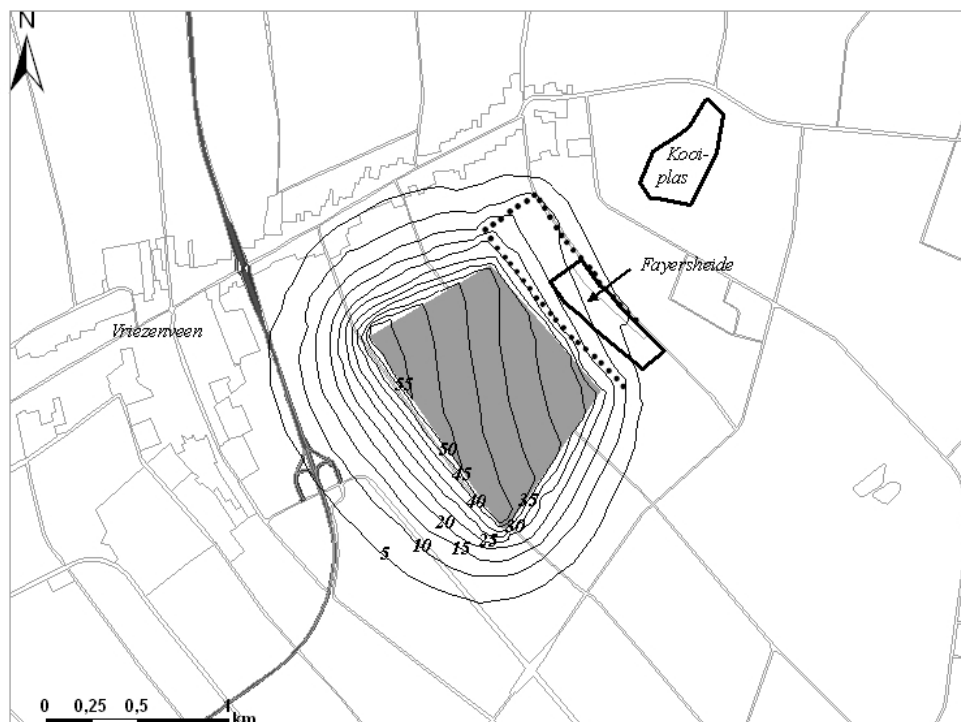
Effecten	permanent
Plaspeil:	8,7 m +NAP
Maximale daling (in de plas):	0 cm
Maximale stijging (in de plas):	59 cm
Fayersheide:	stijging 0 tot 14 cm
Kooiplas:	nihil
Oppervlakte dalingsgebied >5 cm:	0 ha
Oppervlakte stijgingsgebied >5 cm:	353 ha

Waterbalans invloedsgebied

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	221.4	470.6	249.2
1 Horizontaal	-337.8	18.4	356.2
Grondwateraanvulling	26444.4	26444.4	0.0
Vertikaal	15735.4	15982.2	246.8
2a Horizontaal	-3563.2	921.3	4484.5
Vertikaal	1449.3	2262.5	813.3
2b Horizontaal	-922.8	595.9	1518.7

Waterbalans Fayersheide

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterlopen	-191.6	0.0	191.6
1 Horizontaal	-11.2	1.1	12.3
Grondwateraanvulling	702.1	702.1	0.0
Vertikaal	381.7	436.0	54.3
2a Horizontaal	-27.4	70.6	98.0
Vertikaal	234.6	250.3	15.6
2b Horizontaal	-228.4	37.8	266.3



figuur 26

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1, scenario 1992-2 (interval 0,05 m). De plas is met grijs gemarkeerd; sloten met peilopzet zijn weergegeven met een stippellijn

Waterbalans toekomstige plas

Balanscomponent per modellaag	Netto uitstroom	Uitstroom	Instroom
Waterinlaat	-4999.9	0.0	4999.9
I Horizontaal	339.6	339.6	0.0
Grondwateraanvulling	1880.8	1880.8	0.0
Vertikaal	-2907.7	0.0	2907.7
2a Horizontaal	2920.3	2920.3	0.0
Vertikaal	-791.8	0.0	791.8
2b Horizontaal	794.9	794.9	0.0

Analyse en conclusie

Dit scenario voldoet aan het uitgangspunt ten aanzien van de Fayersheide. Wel is er sprake van vernatting van aangrenzende landbouwgronden. Gezien het watergebrek in dergelijke droge perioden kan dit echter worden gezien als een positief effect. Uit de waterbalans blijkt dat voor de handhaving van een plaspeil van 8,7 m +NAP 5.000 m³/dag nodig is en circa 450 m³/dag voor het opzetten van een slootpeil; totaal 5.450 m³/dag (= 63 l/s). Door de niet-stationaire rekenwijze is de waterbalans niet geheel sluitend. Tevens dient te worden opgemerkt dat dit scenario bovenmatig voldoet aan de uitgangspunten: een lager plas- en slootpeil zou al voldoende mitigeren.

6.4. Scenario's natte situaties

In deze paragraaf wordt beschreven in hoeverre de zandwinplas de afvoer van overtollige neerslag in natte perioden kan beïnvloeden. Hiertoe zijn geen scenario's met het grondwatermodel doorgerekend. In plaats daarvan wordt gebruik gemaakt van normen zoals die bij de landinrichting en door waterschappen wordt gehanteerd.

De zandwinplas kan op de volgende wijzen effect hebben op de afvoersituatie:

1. in tegenstelling tot een landoppervlak heeft een open wateroppervlak geen berging en komt neerslag direct tot afstroming, waardoor de afvoercapaciteit van het afwateringsstelsel kan worden overschreden.
2. door de realisering van de zandwinplas en/of mitigerende maatregelen kan de hoeveelheid kwel in het gebied toenemen, waardoor het oppervlaktewaterstelsel zwaarder wordt belast.

Ad 1.

Voor het dimensioneren van watergangen wordt vaak uitgegaan van een afvoersituatie die 1 à 2 dagen per jaar geldt: de maatgevende Q_h . De hoeveelheid water die daarbij van een (vlak) landoppervlak tot afstroming komt (de afvoerintensiteit of specifieke afvoer) is afhankelijk van bodemtype, grondgebruik en grondwatertrap. In de huidige situatie kan voor het plangebied een specifieke afvoer van circa 1,2 l/s/ha worden aangehouden: zandgronden met grondwatertrappen III* en VI. Na realisering van de plas¹ geldt een specifieke afvoer die vergelijkbaar is met die van een verhard oppervlak: 2,9 l/s/ha. Bij een plasoppervlak van 100 ha betekent dit een extra afvoerbehoefte van 170 l/s voor de watergang(en) waarop de plas afwatert. Bij situaties van tweemaal Q_h , die 1 à 2 maal per 100 jaar voorkomen, geldt een extra afvoerbehoefte van 340 l/s.

Voor kortdurende extreme neerslag (bijvoorbeeld als gevolg van onweersbuien) hanteert het Waterschap Regge en Dinkel een berekeningsintensiteit van 0,53 mm/min (40 mm in 75 minuten). Een dergelijke bui heeft een herhalingsjijd van circa 50 jaar en komt overeen met een specifieke afvoer van 90 l/s/ha. Bij een dergelijke extreme bui geldt dan voor de zandwinplas¹ een afvoerbehoefte van 9.000 l/s. In de huidige situatie met akkers en weilanden wordt de hoeveelheid afstroming bij extreme neerslag mede bepaald door de infiltratiecapaciteit. Deze is ondermeer afhankelijk van bodemtype, grondgebruik, initieel bodemvochtgehalte, regenintensiteit en regenduur. In de literatuur wordt voor fijne zanden zeer uiteenlopende waarden voor de infiltratiecapaciteit genoemd: 1-10 m/dag. Zelfs uitgaande van 1 m/dag

¹ Hierbij wordt aangenomen dat de plas geen bergingsmogelijkheid heeft binnen de plasoevers en dat de plas in directe verbinding staat met de waterlopen

(≈ 42 mm/uur) zal de maatgevende bui in zijn geheel kunnen infiltreren en is er geen oppervlakkige afstroming. Bovenstaande geldt voor onverzadigde gronden; indien de extreme neerslag lang aanhoudt of plaatsvindt in een natte periode is de infiltratiecapaciteit kleiner en zal er wel oppervlakkige afvoer zijn.

Onder de gehanteerde uitgangspunten betekent dit dat de realisering van de zandwinplas zowel bij langdurige als bij kortdurende intensieve neerslag leidt tot een grotere afvoerbehoefte. De benodigde capaciteitsvergroting hangt mede af van de ontwerpnormen die bij de dimensionering van de huidige watergangen zijn aangehouden.

Hierbij dient echter een nuancering te worden aangebracht. In de praktijk zal de aanname in voetnoot 1 niet gelden. De oevers van de plas zullen hoger zijn dan het plaspeil, waardoor er wel bergingsruimte beschikbaar is. Indien overstort van de plas op het afwateringsstelsel via een stuw of overlaat met voldoende hoogte plaatsvindt, kunnen in de plas eenvoudig enkele dm neerslag worden geborgen.

Ad 2.

Op basis van de waterbalansberekeningen kan de totale hoeveelheid kwel in het invloedsgebied worden bepaald in de uitgangssituatie en bij de verschillende scenario's. Het model voor de huidige (gemiddelde) situatie betekent voor de drie deelgebieden samen een kwel van $16.650 \text{ m}^3/\text{dag}$. Alleen in de scenario's met een vast te handhaven plaspeil (met uitzondering van scenario 11) neemt de hoeveelheid kwel in de waterlopen rond de plas toe tot een maximum van $17.520 \text{ m}^3/\text{dag}$ (scenario 6). Dit komt vooral voor rekening van de waterloop langs de westrand van de plas. Het verschil van $870 \text{ m}^3/\text{dag}$ komt overeen met een afvoer van slechts 10 l/s en is derhalve niet van betekenis voor de afvoercapaciteit onder gemiddelde omstandigheden. De kwel zal verder toenemen indien het peil in de plas hoger wordt, bijvoorbeeld door extreme neerslag, dan het aangenomen vaste peil van $8,9 \text{ m} + \text{NAP}$.

6.5. Waterbehoefte

In §6.2 en §6.3 is door middel van waterbalansen de in- en uitstroming per watervoerende laag aangegeven. Hieruit is ondermeer af te leiden in welke mate de interactie met de waterlopen in het gebied wijzigt bij de verschillende scenario's. In de scenario's 1 t/m 5 neemt de netto kwel naar de waterlopen af. Dit kan betekenen dat voor het handhaven van het streefpeil in de sloten extra water nodig is. Aangezien deze scenario's echter niet voldoen aan de uitgangspunten, worden deze niet verder beschouwd.

In de voorkeursscenario's (9 en 10) wordt grotendeels aan de uitgangspunten voldaan omdat in de plas een vast peil van 8.9 m +NAP wordt gehandhaafd en het peil in enkele sloten rond Fayersheide met 0,1 m wordt verhoogd. Voor het realiseren van deze mitigerende maatregelen is echter water noodzakelijk.

Volgens de berekeningen is *tijdens de eindfase* van de zandwinning (scenario 9) circa 3.375 m³/dag (= 39 l/s) aan water nodig om de plas op het gewenste peil te houden. Bovendien is voor het verhogen van het slootpeil nog eens 530 m³/dag nodig; totaal 3.905 m³/dag, oftewel 45 l/s.

In scenario 8, *na beëindiging* van de zandwinning, is voor handhaving van het plaspeil nog 'slechts' 1.685 m³/dag nodig en voor het opzetten van de sloten 475 m³/dag; totaal 2.160 m³/dag, dit is 25 l/s.

In scenario 1992-2, de *eindsituatie onder droge weersomstandigheden*, is voor handhaving van een plaspeil van 8,7 m +NAP 5.000 m³/dag nodig en circa 450 m³/dag voor het opzetten van het slootpeil; totaal 5.450 m³/dag (= 63 l/s). Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat dit scenario bovenmatig voldoet aan de uitgangspunten: een lager plas- en slootpeil zou al voldoende mitigeren.

Om te beschikken over deze hoeveelheden water zijn er twee oplossingsrichtingen:

1. aanvoer van elders;
2. conservering van water binnen het (sub)stroomgebied.

Ad 1.

Zoals in §3.3 is aangegeven wordt momenteel reeds periodiek water van elders ingelaten. De huidige aanvoerroute (Bornsebeek, kanaal Almelo-Nordhorn, Lateraal-kanaal) heeft evenwel als belangrijk nadeel dat dit voornamelijk stedelijk water (effluent, overstortwater) betreft van een mindere kwaliteit. Er wordt op dit moment gewerkt aan een nieuw wateraanvoerplan, waarbij ook gekeken wordt naar de mogelijkheid om water aan te voeren vanuit het Geesters Stroomkanaal (ten noorden van het plangebied), dat een landelijke oorsprong en kwaliteit heeft¹. De perspectieven voor extra wateraanvoer zijn vooralsnog gunstig, zij het dat wel gerekend moet worden op watertekorten gedurende droge perioden². Een voorlopige berekening geeft aan dat eens in de 10 jaar een situatie voorkomt waarbij gedurende 10 dagen geen water geleverd kan worden.

¹ Dienst Landelijk Gebied. *Verbeteringsplan Nieuwe Stroomkanaal-Mariënborg-Vechtkanaal. Deelproject wateraanvoer. In prep.*

² Dit ondanks het gegeven dat de IJssel op den duur een lager peil zal krijgen, waardoor het moeilijker wordt om het Twentekanaal op peil te houden.

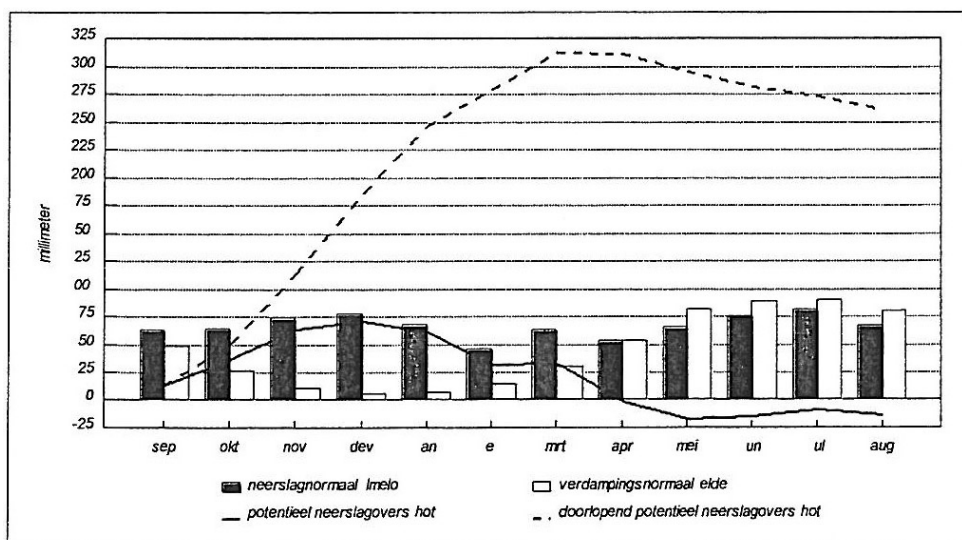
Ad 2.

Aan de waterbehoefte kan mogelijk in beperkte mate worden voorzien door het principe van het actief of kritisch peilbeheer in te voeren in het stroomgebied dat afwatert in de richting van de zandwinlocatie. Hierbij worden naast het winterpeil en het zomerpeil nog tussenstappen in de stuwhoogte gehanteerd in de voor- en najaarsperiode. Het voordeel is dat in de voor natuur en landbouw meest cruciale periode (met name het voorjaar), tevens hydrologisch de meest veranderlijke periode, het gewenste peil zo dicht mogelijk kan worden benaderd.

Vanuit landbouwkundig belang blijft echter als uitgangpunt gelden dat het (lage) winterpeil wordt gehandhaafd tot na de eerste grondbewerking (maart-mei). Na deze periode kan door middel van geleidelijke peilopzet het neerslagoverschot in het gebied worden vastgehouden om watertekorten in de zomer te beperken.

Dit uitgangspunt is tevens sterk bepalend voor het haalbare effect aangezien gemiddeld al in april het neerslagoverschot omslaat in een neerslagtekort (figuur 27). Daarom is slechts in afwijkende jaren, met een natte voorjaarsperiode, veel rendement te verwachten van actief peilbeheer.

Volgens gegevens van het Waterschap Regge en Dinkel watert circa 400 ha af in de richting van de plas, de plas zelf inbegrepen, Indien het gehele neerslagoverschot vanaf begin maart (33 mm) zou kunnen worden gebufferd, levert dit een watervoorraad op van 132.000 m³. Hiermee kan circa 33 dagen in de gemiddelde waterbehoefte van scenario 9 worden voorzien; 56 dagen in die van scenario 10 en 24 dagen in die van scenario 1992-2. Indien pas na april kan worden gebufferd kan in een gemiddeld jaar nauwelijks of geen watervoorraad worden opgebouwd.



figuur 27
Normale jaarverdeling van neerslag, verdamping en neerslagoverschot nabij het plangebied

6.6. Waterkwaliteit

In deze paragraaf wordt ingegaan op de relevante effecten van de zandwinning ten aanzien van de kwaliteit van de toekomstige waterplas en het grondwater in de omgeving. De relevantie van de effecten wordt mede bepaald door de functie die aan de plas wordt toegekend. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat tijdens de winning de hoofdfunctie 'delfstoffenwinning' zal zijn met als nevenfunctie 'natuur'. Na beëindiging van de winning wordt de hoofdfunctie 'natuur'. Watergebonden recreatie als functie is niet aan de orde.

Vanuit de kwaliteitsdoelstelling betekent dit dat de waterkwaliteit 'slechts' hoeft te voldoen aan de grenswaarden van de algemene milieukwaliteit uit de Evaluatienota Water en bijvoorbeeld niet aan de eisen voor zwemwater.

De volgende effecten worden beschreven:

1. vertroebeling van het plaswater als gevolg van de zandwinning;
2. stratificatie in de plas;
3. kwaliteitsverslechtering door waterinlaat;
4. beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit rond de plas.

Ad 1.

Vertroebeling tijdens de zandwinning vooral het gevolg van de retourstroom vanuit de scheidingsinstallatie op de oever. Om het effect van de retourstroom te minimaliseren zal als mitigerende maatregel worden gewerkt met een zogenaamde diffusor. Deze brengt het retourwater op grote diepte in de plas, waardoor de bovenste waterlagen langer helder blijven.

Ad 2.

In diepe plassen treedt in de zomerperiode thermische stratificatie op als gevolg van temperatuurverschillen in het water. In gestratificeerde wateren worden doorgaans drie lagen onderscheiden:

- het epilimnion, de bovenste waterlaag die door windinvloed wordt gemengd; in deze laag wordt de temperatuur sterk door de luchttemperatuur beïnvloed (variërend van 0 tot circa 20°C);
- het metalimnion, de tussenlaag of spronglaag waarin de temperatuursverandering meer dan 1°C per meter bedraagt;
- het hypolimnion, de onderste laag met relatief constante watertemperatuur ten opzichte van het epilimnion (circa 4 tot 12°C).

Bij het Nederlandse klimaat kennen gestratificeerde wateren een jaarcyclus.

Hierbij is de temperatuur in de herfst en het voorjaar over de gehele plas gelijk. In de winter is de temperatuur van de bovenlaag lager dan die van de onderlaag en in de

zomer is de temperatuur van de bovenlaag beduidend hoger.

De stratificatie wordt beïnvloed door een aantal factoren:

- de verhouding tussen de diepte en het wateroppervlak;
- de helling van het onderwatertalud;
- de ligging van de plas ten opzichte van de overheersende windrichting;
- de mate van begroeiing rond de plas;
- de mate van verversing of doorstroming.

Bij plassen groter dan 20 ha, dieper dan 10 m, een vrij flauw onderwatertalud en een optimale windinvloed treedt een stabiele stratificatie op. Op basis van empirische relatie van Patalas (1994) kan iets worden gezegd over de diepte van de spronglaag:

$$E = 4,6 * F^{0,41}$$

met: **E = dikte van het epilimnion (m)**

F = gemiddelde van de lengte en breedte van de plas (km)

Toepassing van de formule op de geplande zandwinning geeft een waarde voor de dikte van het epilimnion van circa 4,5 m.

Stratificatie kan in voedselrijke plassen tot problemen leiden indien in het hypolimnion als gevolg van afbraak van bezonken organisch materiaal zuurstofloosheid optreedt. In het najaar wordt de temperatuursgelaagdheid door verminderde instraling opgeheven, waardoor het zuurstofarme en zuurstofrijke water gaan mengen. In Nederland gebeurt dit vrijwel altijd geleidelijk (Nijburg & Verhoeven 1999), waardoor het water zuurstof uit de lucht kan opnemen.

Hierdoor zijn catastrofale zuurstoftekorten, gepaard gaande met massale vissterfte, niet te verwachten. Iets dat bij een plotselinge omkeer wel voor kan komen, met name wanneer het volumeaandeel aan het hypolimnion groot is.

In het epilimnion overheersen productieprocessen, in het hypolimnion afbraakprocessen. Door bezinking van organisch materiaal vanuit het epilimnion naar het hypolimnion, waar dit deels wordt afgebroken tot anaorganische verbindingen is er een netto neerwaarts transport van voedingsstoffen. Een deel hiervan zal naar de bodem zakken. Als gevolg van de grote plasdiepte vindt nauwelijks resuspensie van dit materiaal plaats en is er sprake van een min of meer permanente verwijdering uit het systeem. Dit is een positief element van diepe plassen.

Ad 3.

Indien als mitigerende maatregel wordt gekozen voor het handhaven van een vast plaspeil door inlaat van water van elders wordt de waterkwaliteit in de plas mede beïnvloed door de kwaliteit van het inlaatwater.

Op basis van empirische relaties of met behulp van een waterkwaliteitsmodel kan

een inschatting worden gemaakt van de waterkwaliteitsontwikkeling bij waterinlaat. De beperkende factor hierbij is dat de kwaliteit van het inlaatwater bekend dient te zijn. Aangezien de (eventuele) herkomst van het water in het gebied nog onbekend is valt hierover in deze fase van het project nog weinig te zeggen.

Wel kan op basis van vergelijkbare studies worden aangegeven dat de inlaat van grote hoeveelheden oppervlaktewater met hoge stikstof- en fosfaatconcentraties een significant effect heeft op deze concentraties in de plas en de kans op verschijnselen als algenbloei en zuurstofloosheid vergroot.

Conservering van gebiedseigen neerslag of inlaat vanuit de landelijke tak (Geesters Stroomkanaal) heeft daarom de voorkeur boven inlaat van water uit de stedelijke tak (Lateraalkanaal).

Ad 4.

Beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit door de zandwinning kan optreden indien de stromingsrichting van het grondwater verandert of indien water van een afwijkende kwaliteit in het gebied wordt gebracht en infiltreert. Dit is met name nadelig voor de grondwaterafhankelijke natuur in het gebied, zoals Fayersheide, Kooiplas en de slootbiotopen.

In de scenario's *zonder* peilopzet in de plas en/of de sloten (scenario 1, 2, 3 en 1992-1) wijzigt de stijghoogte, maar het stijghoogtepatroon blijft vergelijkbaar met de uitgangssituatie. Met andere woorden: de stromingsrichting verandert niet of nauwelijks. Wel is er sprake van een geringere kwel naar de waterlopen. Hierdoor zal de samenstelling van het oppervlaktewater verschuiven naar een meer atmoclien (neerslagachtig) karakter.

Ook in de scenario's *met* peilopzet in de plas en/of de sloten (scenario 6 t/m 11) blijft het stijghoogtepatroon vergelijkbaar met de uitgangssituatie en is er weinig verandering in de stromingsrichting van het grondwater. Wel is er sprake van infiltratie van oppervlaktewater, waardoor op deze locaties de grondwatersamenstelling verandert. Afhankelijk van de bron van dit water zal dit leiden tot kwaliteitsverslechtering. Op basis van het grondwatermodel is bepaald dat de infiltratie met name plaatsvindt aan de (noord)westzijde van de plas. De grondwaterafhankelijke natuur in dit gebied beperkt zich tot de slootbiotopen in het landbouwgebied (kwelindicerende water- en oeverplanten en een redelijk goede hydrobiologische kwaliteit).

In scenario 1992-2 met peilopzet in de plas en sloten tijdens een droge periode is wel sprake van een lokale wijziging van de stromingsrichting van het grondwater. In dit scenario stroomt geïnfiltreerd plaswater in de richting van de Fayersheide, tegen de 'normale' stromingsrichting in. Indien dit water de wortelzone bereikt kan dit leiden tot een ongewenste verandering van de standplaatsfactoren. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat dit scenario bovenmatig voldoet aan de uitgangspunten: een lager plas- en slootpeil zou al voldoende mitigeren en waarschijnlijk geen omkering van de stromingsrichting opleveren.

7. Effecten alternatieven

7.1. Autonome ontwikkeling

Naast de uitgangssituatie is ook de autonome ontwikkeling gesimuleerd. Voor het bepalen van de autonome ontwikkeling wordt aangenomen dat thans bekend zijnde uitbreidingsplannen van betrokken gemeentes worden uitgevoerd. Voor het plangebied is het bouwplan 'Waterrijk' (zie bijlage 6) relevant, in verband met de voorgenomen aanleg van een grote plas. De autonome ontwikkeling dient als referentiesituatie voor de hierna te simuleren alternatieven.

De plas 'Waterrijk' is op dezelfde wijze gemodelleerd als de zandwinplas (zie §5.2). In onderstaande figuur 28 zijn de gesimuleerde effecten weergegeven van realisatie van plas 'Waterrijk'.



figuur 28

Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1 als gevolg van realisatie plas 'Waterrijk'

Het blijkt dat de effecten van deze plas tot op ca. 500 m merkbaar zijn, maar alleen in

de zuidpunt van het plangebied nog invloed heeft op de grondwaterstanden. In het natuurgebied Fayersheide worden geen effecten berekend.

7.2. Samenstelling alternatieven

In het hoofdrapport van deze MER wordt beschreven op welke wijze de alternatieven voor de zandwinning Oosterweilanden tot stand zijn gekomen. Per alternatief wordt aangegeven wat de ingreep is, welke mitigerende maatregelen er worden genomen en hoe de plas en de rest van het ontgrondingsvergunningsgebied worden ingericht. In dit hoofdstuk wordt volstaan met een beschrijving van de voor de grondwaterstroming relevante kenmerken en in hoeverre deze verschillen tussen de onderscheiden alternatieven.

Tijdens het planproces zijn verschillende alternatieven voor de vorm van de zandwinplas onderzocht. Uiteindelijk zijn alleen die alternatieven verder uitgewerkt, waarbij de plas min of meer rechthoekig van vorm is, vergelijkbaar met de in hoofdstuk 6 gepresenteerde vorm en een plasoppervlakte van 100 ha. In de MER worden twee inrichtingsalternatieven gepresenteerd plus een meest milieuvriendelijk alternatief (MMA). De beide inrichtingsalternatieven, het Recreatiealternatief en het Natuuralternatief, zijn qua vorm en oppervlakte van de plas gelijk. Ook de winningsdiepte verschilt bij beide alternatieven niet wezenlijk. Er worden bij beide alternatieven geen mitigerende maatregelen, zoals behandeld in hoofdstuk 6, genomen. Een en ander betekent dat de effecten op de grondwaterstand en de grondwaterstroming van beide alternatieven volledig gelijk zijn. Dit geldt niet voor het MMA. Het wezenlijke verschil van het MMA ten opzichte van de beide andere alternatieven is, dat in het MMA wordt uitgegaan van een zodanige wateraanvoer dat de berekende grondwaterstands daling ter plaatse van Fayersheide volledig wordt geneutraliseerd. In de zandwinplas wordt een constant peil van 8,90 m+NAP gehandhaafd.

Ten aanzien van de andere mitigerende maatregelen, namelijk het afdichten van de bodem met klei en/of het afdichten van het onderwatertalud aan de noordoostzijde, geldt dat de kosten hiervan zodanig hoog zijn, dat dit geen realistische maatregelen zijn. Ook is het verhogend effect ervan op de grondwaterstand ter plaatse van de Fayersheide nog onvoldoende om de daling te kunnen neutraliseren. Deze maatregelen zijn daarom bij het samenstellen van de alternatieven ook niet meer in beschouwing genomen.

7.3 Effecten Recreatie- en Natuuralternatief

Tabel 10 en de figuren 29 en 30 geven een overzicht van te verwachten wijziging van de grondwaterstanden, zowel na beëindiging van de zandwinning als in de laatste fase van de zandwinning (winning van 2.790 m³ specie per dag). De waarden gelden voor een gemiddelde situatie (referentie 2005). De afname van de kwel in waterlopen (tabel 10) is gegeven in percentage van de totale toestroom (flux in m³/dag) en voor twee deelgebieden: een gebied van circa 35 ha waarin de Fayersheide ligt en een gebied van 14,3 km² dat vrijwel het gehele invloedsgebied beslaat.

In beide alternatieven en zowel na beëindiging als in de laatste fase van de zandwinning blijft de grondwaterstandsstijging hoofdzakelijk binnen het ontgrondingsvergunningsgebied aan de zuidwestzijde van de plas. De daling reikt tot ruim een km rond de plas. Dalingen van meer dan 5 cm komen voor in de Fayersheide en het landbouwgebied ten zuiden, oosten en noorden van het ontgrondingsgebied. Het beeld van beide genoemde figuren komt min of meer overeen met dat behorende bij scenario's 1 en 2 (vergelijk figuren 13 en 14). Het gemiddeld plaspeil in deze alternatieven is berekend op 8,7 m+NAP.



figuur 29

Recreatie- en Natuuralternatief (zandwinning beëindigd): Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1 (interval 0,05 m). De plas is met een grijze kleur aangegeven

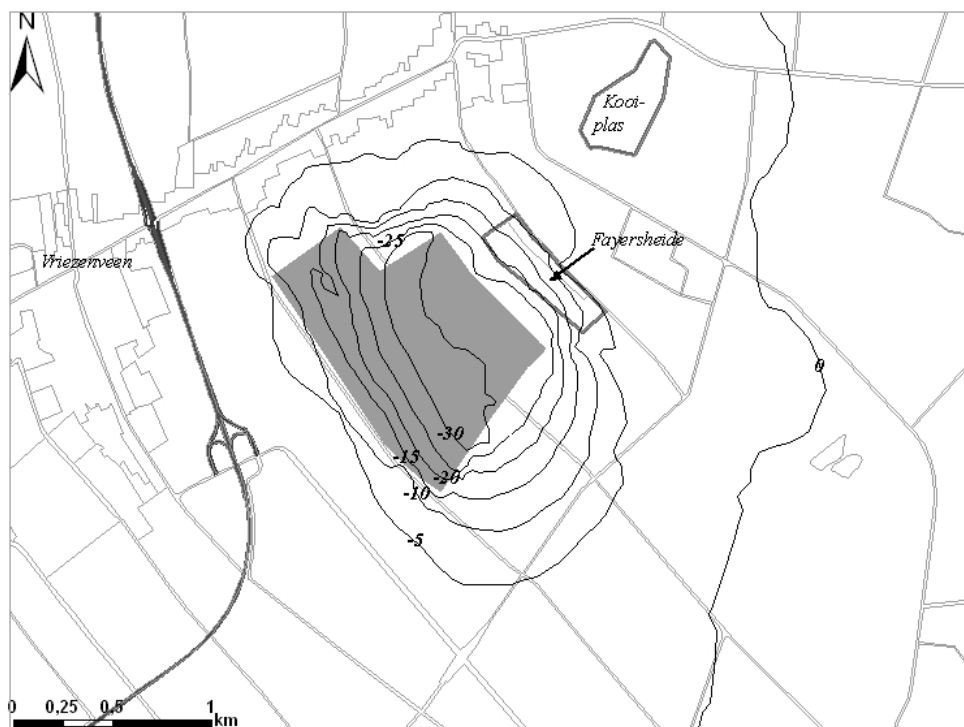
tabel 10

Effecten op de grondwaterstanden en kwelintensiteit van het Recreatie- en het Natuuralternatief

Situatie	max. daling	max. stijging	daling Fayersheide	opp. daling >5 cm	opp. stijging >5 cm	afname kwel in waterlopen Fheide[%	totaal [%]
	[cm]	[cm]	[cm]	[ha]	[ha]		
Na beëindiging	24	15	3-13	162	16	60	5
In eindfase	39	1	5-21	296	0	77	16

De effecten in de eindfase van de exploitatie zijn tijdelijk. De effecten na beëindiging zijn permanent en nagenoeg onomkeerbaar. Er is niet voorzien in maatregelen om de effecten van grondwaterstandswijzigingen te mitigeren (zie hiervoor §7.4).

Compensatie is mogelijk door in de zone rond de plas maaiveldverlaging toe te passen, waardoor nieuwe terreinen met relatief hoge grondwaterstanden ontstaan.



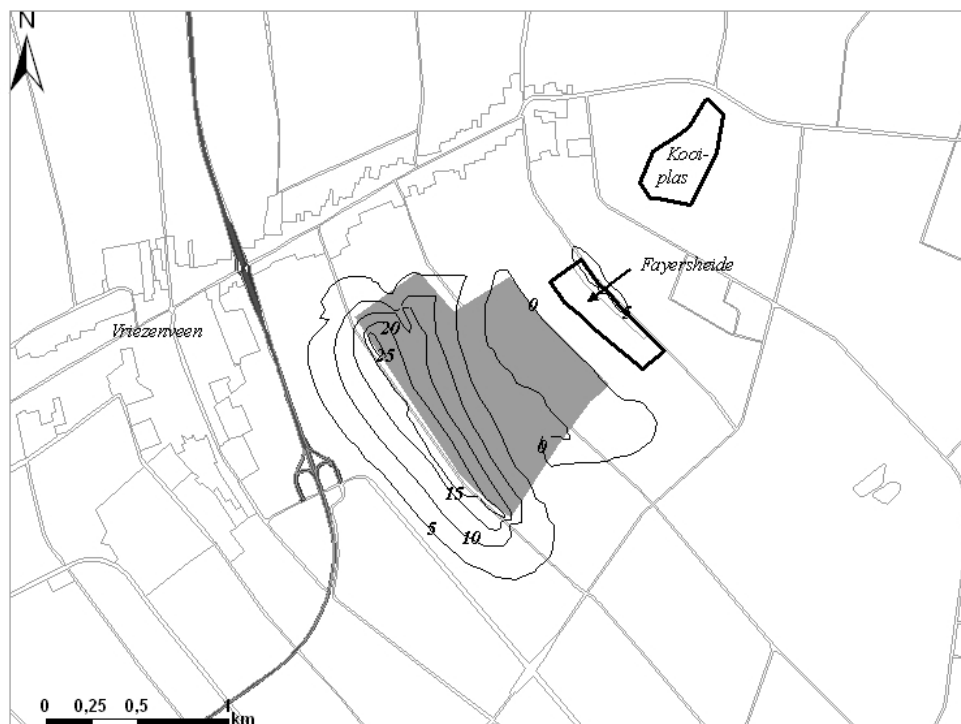
figuur 30

Recreatie- en Natuuralternatief (eindfase zandwinning): Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1 (interval 0,05 m). De plas is met een grijze kleur aangegeven

7.4. Effecten MMA

Op gelijke wijze als tabel 10 geeft tabel 11 de berekende effecten weer van het MMA, zowel in de eindfase van de ontzanding, als na beëindiging van de winning. Voor wat betreft de dalingslijnen wordt verwezen naar figuren 31 en 32 (vergelijk figuren 20 en 21, behorende bij respectievelijk scenario's 8 en 9). Er wordt een plaspeil gehandhaafd van 8,90 m+NAP door middel van wateraanvoer. Verder wordt het gemiddelde peil in de watergangen rond Fayersheide met 10 cm verhoogd, eveneens door middel van wateraanvoer en aanpassing van stuwpeilen.

In het gebied Fayersheide is geen sprake van daling, maar minstens handhaving van de huidige grondwaterstanden. Wel treedt een afname op van de kwel in de waterlopen. Voor het handhaven van het plaspeil en een voldoende hoog slootpeil dient in de eindfase 3.905 m³/dag (= 45 l/s) aangevoerd te worden; na beëindiging van de winning is dit 2.160 m³/dag (= 25 l/s)



figuur 31

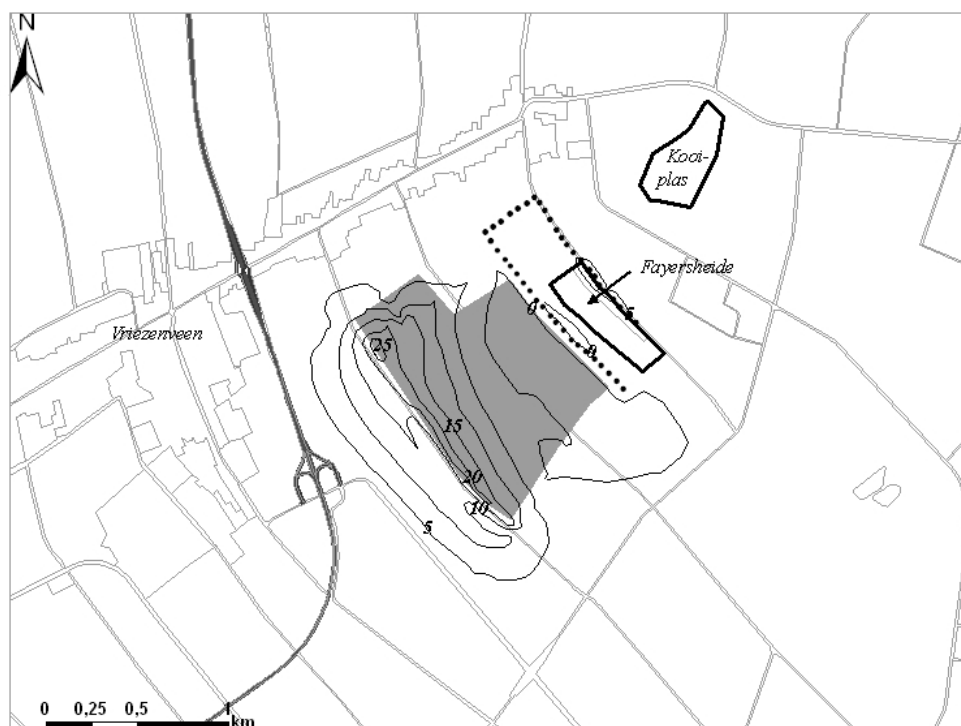
MMA (zandwinning beëindigd): Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1 (interval 0,05 m). De plas is met een grijze kleur aangegeven

De grondwaterstandsstijging in dit alternatief beperkt zich tot een zone van 500 meter aan de zuidwestzijde van de plas.

tabel 11

Effecten op de grondwaterstanden en kwelintensiteit van het MMA

Situatie	max. daling [cm]	max. stijging [cm]	wijziging Fayersheide [cm]	opp. daling >5 cm [ha]	opp. stijging >5 cm [ha]	wijziging kwel in waterlopen F'heide[%]	totaal [%]
Na beëindiging	4	25	-3 - 0	0	57	-40	+4
In eindfase	5	25	-3 - 0	0	17	-44	+1



figuur 32

MMA (eindfase zandwinning): Wijziging stijghoogte watervoerend pakket 1 (interval 0,05 m). De plas is met een grijze kleur aangegeven; sloten met peilopzet zijn weergegeven met een stippellijn

8. Conclusies

Modelbouw

Met behulp van de eindige elementenmethode is met de software Micro-FEM een grondwatermodel opgezet dat, na calibratie, de bestaande situatie voldoende simuleert. Uit een onzekerheids- en gevoeligheidsanalyse blijkt dat de berekende effecten worden beïnvloed door met name de gehanteerde waarden voor de grondwateraanvulling, de doorlatendheid van de watervoerende pakketten en de bodemweerstand van de waterlopen. Met name de laatste parameter is relatief onzeker; de overige parameters zijn redelijk tot goed bekend.

Scenario-studie

Met het model zijn elf scenario's doorgerekend die van elkaar verschillen ten aanzien van de zandwinning (afgerond of in de eindfase) en ten aanzien van de gekozen potentiële mitigerende maatregelen. De scenario's zijn getoetst aan een tweetal uitgangspunten:

- in de resterende landbouwgronden rondom de plas is geen sprake van vernatting of verdroging;
- in de natuurgebieden Fayersheide en Kooiplas is geen sprake van (verdere) verdroging en zo mogelijk zelfs vernatting.

Uit deze studie blijkt dat de zandwinning zonder mitigerende maatregelen leidt tot een daling en stijging van de grondwaterstand.

Het aanbrengen van een slecht doorlatende afdichting op bodem en/of talud van de plas als mitigerende maatregel biedt onvoldoende verbetering.

Het verhogen van het stuwpeil in de waterlopen rond Fayersheide heeft alleen voldoende effect indien er meerdere decimeters wordt opgehoogd. Dit leidt echter tot onaantoonbare vernatting elders. Hetzelfde geldt voor het handhaven van een vast (hoog) peil in de plas.

Het scenario dat het beste aan de uitgangspunten voldoet combineert de genoemde mitigerende maatregelen: slootpeilverhoging van 0,1 m, een vast plaspeil van 8,9 m +NAP en afdichting van een deel van het onderwatertalud met klei. Overigens is het effect van laatstgenoemde maatregel slechts zeer gering (vergelijk scenario's 8 en 10). Ook onder droge weersomstandigheden kunnen deze maatregelen de effecten van de zandwinning voldoende beperken.

Alternatieven

Op basis van een uitgebreide afweging is een tweetal inrichtingsalternatieven ontwikkeld, het Recreatiealternatief, RA en het Natuuralternatief, NA (zie hoofdrapport). Het RA en het NA verschillen niet van elkaar qua vorm, omvang en

diepte van de plas. Er worden geen mitigerende maatregelen genomen. Er zijn dan ook geen verschillen in geohydrologisch opzicht.

Het MMA verschilt van beide alternatieven door een zodanige wateraanvoer, na beëindiging 27 l/s, dat het plaspeil constant wordt gehouden en het peil in de sloten rond de Fayersheide wordt opgezet.

In het RA en het NA blijft de grondwaterstandsstijging hoofdzakelijk binnen het ontgrondingsvergunningsgebied aan de zuidwestzijde van de plas, zowel in de eindsituatie als tijdens de eindfase van de winning. De daling reikt tot ruim een km rond de plas. Dalingen van meer dan 5 cm komen voor in de Fayersheide en het landbouwgebied ten zuiden, oosten en noorden van het ontgrondingsgebied.

Monitoring

De gepresenteerde modelstudie geeft een goed inzicht in de te verwachten effecten van de zandwinning op het grond- en oppervlaktewatersysteem. Hierbij is het echter van belang te bedenken dat een grondwatermodel, zoals elk model een vereenvoudiging van de complexe werkelijkheid vormt. Het model is gebaseerd op diverse aannamen en voor de modelschematisatie en -invoer zijn bepaalde keuzen gemaakt. Een en ander betekent dat een onzekerheid blijft bestaan in de richting en met name de grootte van de berekende effecten. Dit geldt in beperkte mate voor de gemiddelde situatie waarop het model is gecalibreerd en in hogere mate voor hiervan afwijkende situaties.

Gezien het belang dat wordt gehecht aan het natuur- en landbouwbelang in het gebied is het noodzakelijk in te spelen op deze onzekerheden. Om deze reden is het van belang een monitoringsplan en -programma op te stellen. Dit dient vroegtijdig te worden opgestart in verband met het vastleggen van de nul-situatie. In het plan dienen de volgende zaken te worden vastgesteld:

- te gebruiken bestaande peilbuizen;
- eventueel te plaatsen extra peilbuizen;
- lokaties voor monsternamen ten behoeve van de fysisch-chemische waterkwaliteit;
- de meet- en analysefrequentie;
- de frequentie en wijze van rapporteren;
- de procedure die wordt gevolgd bij eventuele schadeclaims: vaststellen van schade, oorzaak, verantwoordelijke(n) en eventuele vergoeding.

Het beschikbare grondwatermodel kan als hulpmiddel dienen bij het opstellen van het monitoringsplan.

9. Gebruikte literatuur en overige bronnen

Databestanden

www.wrd.nl en <http://waterdocumenten.esrinl.com> voor gegevens over REGIS (zie bijlage 1), grondgebruik (zie kaart 3) en grondwatertrappen (kaarten 4a en 4b).

www.tno.nl (DINO-loket) voor gegevens over grondwaterstanden (zie bijlage 2).

Literatuur

DLO-Staring Centrum (1992): Bodemkaart van Nederland 1:50.000, bladen 28 West en Oost. Wageningen.

DGV/TNO (1974): Grondwaterkaart van Nederland 1:50.000, bladen 28 Oost, 29 en Oost. Delft.

DGV/TNO (1985): Grondwaterkaart van Nederland 1:50.000, bladen 27 Oost en 28 West. Delft.

Geo Survey BV (1998): Geologisch onderzoek Oosterweilanden.

Hemker, C.J. En G.-J. Nijsten (1997): Grondwater flow modeling using Micro-Fem. Amsterdam.

KNMI: Maand- en jaaroverzichten neerslag en verdamping in Nederland. De Bilt.

Provincie Overijssel: Grondwateronttrekkingen in de periode vanaf 1991 (zie bijlage 4). Zwolle.

Staatsbosbeheer (1991-1998): Peilbuisgegevens Fayersheide (ook opgenomen in DINO; zie bijlage 3). Zwolle.

Waterschap Regge en Dinkel (1989, 1991 en 1992): Kaart droogvallende waterlopen. Almelo.

Waterschap Regge en Dinkel (1998): Stuwenlijst Waterschap Regge en Dinkel. Aquarius-stuwbase dec-98. Almelo.

Waterschap Regge en Dinkel (1999): Kaart watergangen en diverse liggertekeningen. Almelo.

Witmer, M.C.H. (1989): Integral water management at regionale level. An environmental study of the Gooi and the Vechtstreek. Proefschrift. Den Haag.