

Hydrologisch onderzoek IBF Heerenveen

**Werkgroep
Technische Uitwerking IBF**

Rapport

**Hydrologisch onderzoek haalbaarheid grondwaterwinning
IBF te Heerenveen**

Projectnummer: 17589-78042

Opdrachtgever

**Werkgroep Technische uitwerking IBF
p/a Postbus 20120
8900 HM Leeuwarden**

Heerenveen, mei 1995

Samenvatting

Het voorliggende modelonderzoek naar de hydrologische effecten van eventuele grondwateronttrekkingen in het gebied tussen De Knipe en de A7 is uitgevoerd in het kader van de realisering van het Internationaal Bedrijventerrein Friesland (IBF). Een eerste inzicht in de haalbaarheid van grondwaterwinning op het terrein is onder andere noodzakelijk geacht in verband met de inrichting (aanvoer oppervlaktewater) ervan en het bepalen van de aantrekkelijkheid van de locatie voor activiteiten waarbij gebruik moet worden gemaakt van grondwater.

De haalbaarheid van de grondwaterwinning wordt bepaald door de inpasbaarheid binnen het provinciaal grondwaterbeleid. Dit beleid stelt enerzijds randvoorwaarden aan het gebruiksdoel van het grondwater en anderzijds aan de effecten van de onttrekking op omringende (natuur)terreinen. Mede op basis van de berekende hydrologische effecten zal het bevoegd gezag de uiteindelijke haalbaarheid moeten beoordelen. De eisen en voorwaarden die aan het rekenmodel worden gesteld zijn daarom in overleg met de Provincie vastgesteld en vervolgens uitgewerkt in een drielaags stationair grondwatermodel, dat is gecalibreerd op grondwaterstijghoogten en waterbalansen.

De hydrologische effecten van drie onttrekkingsvarianten zijn berekend voor de gemiddelde jaar-, winter- en zomersituatie. Uit de berekeningen blijkt dat de varianten 1 en 2, waarbij $3 \cdot 10^6$ m³/jaar wordt onttrokken, buiten het IBF resulteren in vergelijkbare hydrologische effecten. In de meest nabijgelegen natuurgebieden treedt zowel in de zomer als in de winter een grondwaterstandsding op van maximaal 0,05 m in de randzones. De fluxverandering bedraagt in de natuurgebieden maximaal 0,1 mm/d, maar ligt doorgaans een factor vier of meer lager. Voor variant 3 ($1 \cdot 10^6$ m³/jaar) valt de 0,05 m dalingslijn van het freatisch grondwater geheel binnen het IBF. De grondwaterstandsding in de natuurgebieden is voor deze variant verwaarloosbaar klein. Ten opzichte van de varianten 1 en 2 treedt een halvering op van de verandering in fluxen. De maximale verandering in een natuurgebied bedraagt voor deze variant 0,04 mm/d, en voor de meeste natuurgebieden minder dan 0,01 mm/d.

Inhoud

Blz.

Samenvatting		
1	Inleiding	1
2	Geohydrologische modelberekeningen	2
2.1	Inventarisatie	2
2.2	Modelopzet	2
2.2.1	Invoer	2
2.3	Calibratie	5
2.4	Gevoeligheidsanalyse	6
2.5	Berekeningen	7
3	Resultaten	8
3.1	Effecten op de stijghoogten	8
3.2	Effecten op de kwel- en infiltratiesituatie door de keileem	8
3.3	Natuurgebieden	10
4	Conclusies	13

Bijlagen

1	Kwel en infiltratie door keileem voor een gemiddelde jaarsituatie en de verandering hierin ten gevolge van de onttrekkingen
2	Kwel en infiltratie door keileem voor een gemiddelde zomersituatie en de verandering hierin ten gevolge van de onttrekkingen

Inhoud (vervolg)

Tekeningen

- 78042-M-1 Modelgebied met onderscheiden natuurgebieden en het IBF-terrein
- 78042-M-2 Modelgebied met netwerkstructuur
- 78042-P-1 Deelgebieden met nummer en polderpeil
- 78042-KD-1 Doorlaatvermogen freatisch pakket (m^2/d)
- 78042-W-1 Drainageweerstand (d)
- 78042-W-2 Hydraulische weerstand keileem (d)
- 78042-W-3 Hydraulische weerstand potklei (d)
- 78042-C-1 Calibratiegebieden, diepe peilbuizen en industriële onttrekkingen
- 78042-F-1 Kwel en infiltratie door keileem (mm/d)

- 78042-IW-1 Freatische grondwaterstand voor een gemiddelde wintersituatie
- 78042-IW-2 Stijghoogten eerste watervoerend pakket voor een gemiddelde wintersituatie
- 78042-IW-3 Stijghoogten tweede watervoerend pakket voor een gemiddelde wintersituatie

- 78042-DW1-1 Verlagingslijnen freatisch pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 1
- 78042-DW2-1 Verlagingslijnen eerste watervoerend pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 1
- 78042-DW3-1 Verlagingslijnen tweede watervoerend pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 1

- 78042-DW1-2 Verlagingslijnen freatisch pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 2
- 78042-DW2-2 Verlagingslijnen eerste watervoerend pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 2
- 78042-DW3-2 Verlagingslijnen tweede watervoerend pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 2

- 78042-DW1-3 Verlagingslijnen freatisch pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 3
- 78042-DW2-3 Verlagingslijnen eerste watervoerend pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 3
- 78042-DW3-3 Verlagingslijnen tweede watervoerend pakket voor een gemiddelde wintersituatie, onttrekkingsvariant 3

- 78042-DZ1-1 Verlagingslijnen freatisch pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 1
- 78042-DZ2-1 Verlagingslijnen eerste watervoerend pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 1

- 78042-DZ3-1 Verlagingslijnen tweede watervoerend pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 1

- 78042-DZ1-2 Verlagingslijnen freatisch pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 2
- 78042-DZ2-2 Verlagingslijnen eerste watervoerend pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 2

Inhoud (vervolg)

- 78042-DZ3-2 Verlagingslijnen tweede watervoerend pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 2
- 78042-DZ1-3 Verlagingslijnen freatisch pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 3
- 78042-DZ2-3 Verlagingslijnen eerste watervoerend pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 3
- 78042-DZ3-3 Verlagingslijnen tweede watervoerend pakket voor een gemiddelde zomersituatie, onttrekkingsvariant 3
-
- 78042-VPJ-1 Verandering gemiddelde jaarflux door de keileem (%), onttrekkingsvariant 1
- 78042-VFJ-1 Verandering gemiddelde jaarflux door de keileem (mm/d), onttrekkingsvariant 1
-
- 78042-VPJ-2 Verandering gemiddelde jaarflux door de keileem (%), onttrekkingsvariant 2
- 78042-VFJ-2 Verandering gemiddelde jaarflux door de keileem (mm/d), onttrekkingsvariant 2
-
- 78042-VPJ-3 Verandering gemiddelde jaarflux door de keileem (%), onttrekkingsvariant 3
- 78042-VFJ-3 Verandering gemiddelde jaarflux door de keileem (mm/d), onttrekkingsvariant 3
-
- 78042-VPZ-1 Verandering gemiddelde zomerflux door de keileem (%), onttrekkingsvariant 1
- 78042-VFZ-1 Verandering gemiddelde zomerflux door de keileem (mm/d), onttrekkingsvariant 1
-
- 78042-VPZ-2 Verandering gemiddelde zomerflux door de keileem (%), onttrekkingsvariant 2
- 78042-VFZ-2 Verandering gemiddelde zomerflux door de keileem (mm/d), onttrekkingsvariant 2
-
- 78042-VPZ-3 Verandering gemiddelde zomerflux door de keileem (%), onttrekkingsvariant 3
- 78042-VFZ-3 Verandering gemiddelde zomerflux door de keileem (mm/d), onttrekkingsvariant 3

1

Inleiding

Momenteel is de haalbaarheid van een internationaal grootschalig bedrijventerrein (IBF = Internationaal Bedrijventerrein Friesland) in studie. De geselecteerde locatie is gelegen in de gemeente Heerenveen en betreft vooralsnog een circa 250 ha groot gebied ten oosten van het bestaande bedrijventerrein De Kavels, ingesloten door het Meer, de RW32, de Pastorielaan, de A7 en de Zestien Roeden.

In het kader van de haalbaarheidsstudie moet o.a. de haalbaarheid worden onderzocht van grondwateronttrekking die mogelijk plaats zal vinden op het terrein. In verband hiermee heeft de 'Werkgroep Technische Uitwerking IBF' in januari 1995 Ingenieursbureau 'Oranjewoud' B.V. opdracht verleend voor het uitvoeren van een hydrologisch onderzoek naar de haalbaarheid van grondwaterwinning. Het programma voor dit onderzoek is in overleg met de afdeling Waterhuishouding van de provincie Friesland opgesteld.

Aan de hand van de resultaten van het onderzoek en het provinciale grondwaterbeleid zal door het bevoegd gezag moeten worden beoordeeld in hoeverre eventuele toekomstige grondwaterwinningen ter plaatse van het IBF-terrein kunnen worden gerealiseerd.

In dit rapport is verslag gedaan van de berekeningen van de hydrologische effecten ten gevolge van de drie voorgestelde onttrekkingsvarianten. Deze hydrologische effecten hebben betrekking op de verandering in grondwaterstand en stijghoogte, verandering in kwel- en infiltratiesituatie en verandering in vochtbeschikbaarheid.

In eerste instantie zijn stationaire modelberekeningen uitgevoerd voor een gemiddelde jaarsituatie, een gemiddelde wintersituatie en een gemiddelde zomersituatie. Het is mogelijk dat in een later stadium niet-stationaire berekeningen moeten worden uitgevoerd, om aanvullende informatie te verkrijgen van effecten op het tijdstijghoogteverloop. Dit is met name bedoeld om het uitzakken van de grondwaterstand gedurende het groeiseizoen in gebieden zonder wateraanvoer te kunnen berekenen. Voor een eerste beoordeling van de haalbaarheid zijn stationaire berekeningen echter voldoende. Hoofdstuk 2 gaat in op de modelopzet, de modelinvoer en de uitgevoerde berekeningen. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van de berekeningen gepresenteerd. Hoofdstuk 4 tenslotte geeft de conclusies.

2 Geohydrologische modelberekeningen

2.1 Inventarisatie

Voor het opzetten en calibreren van het geohydrologisch model zijn de beschikbare gegevens geïnventariseerd.

Voor de opbouw van de diepe ondergrond en de geohydrologie is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- Grondwaterkaarten van Nederland
- Geologische kaart van Nederland
- Provinciale studies m.b.t. geohydrologie
- DGV-TNO: boorbeschrijvingen van diepe boringen
- IGG-TNO: peilbuisgegevens

Voor de bodemopbouw is gebruik gemaakt van de Bodemkaarten van Nederland. De neerslag- en verdampingscijfers zijn ontleend aan de KNMI-gegevens. Hierbij is voor de neerslag gekeken naar de neerslagcijfers van de stations Gorredijk, Joure, Oldeholtpade en Nijbeets. De neerslagcijfers van het station Gorredijk komen vrijwel overeen met het gebiedsgemiddelde op basis van de bovengenoemde neerslagstations en zijn daarom gebruikt voor het bepalen van langjarige gemiddelden van neerslagcijfers. Voor de verdamping is aangenomen dat de Makkinkcijfers van Eelde overeenkomen met de verdamping in het onderzoeksgebied. De verdamping van bosgebieden is gebaseerd op 'De gemiddeld jaarlijkse waterbalans van bos-, heide- en graslandvegetaties', rapport nummer 2085, 1989, Stiboka, Wageningen.

De ligging van natuurgebieden en de locaties en het debiet van industriële onttrekkingen zijn uit provinciale studies en gegevens verkregen.

De polderpeilen en draaiuren van gemalen zijn door de betreffende waterschappen (Boarnferd en Tjonger-Compagnonsvaarten) en de gemeente Heerenveen verstrekt.

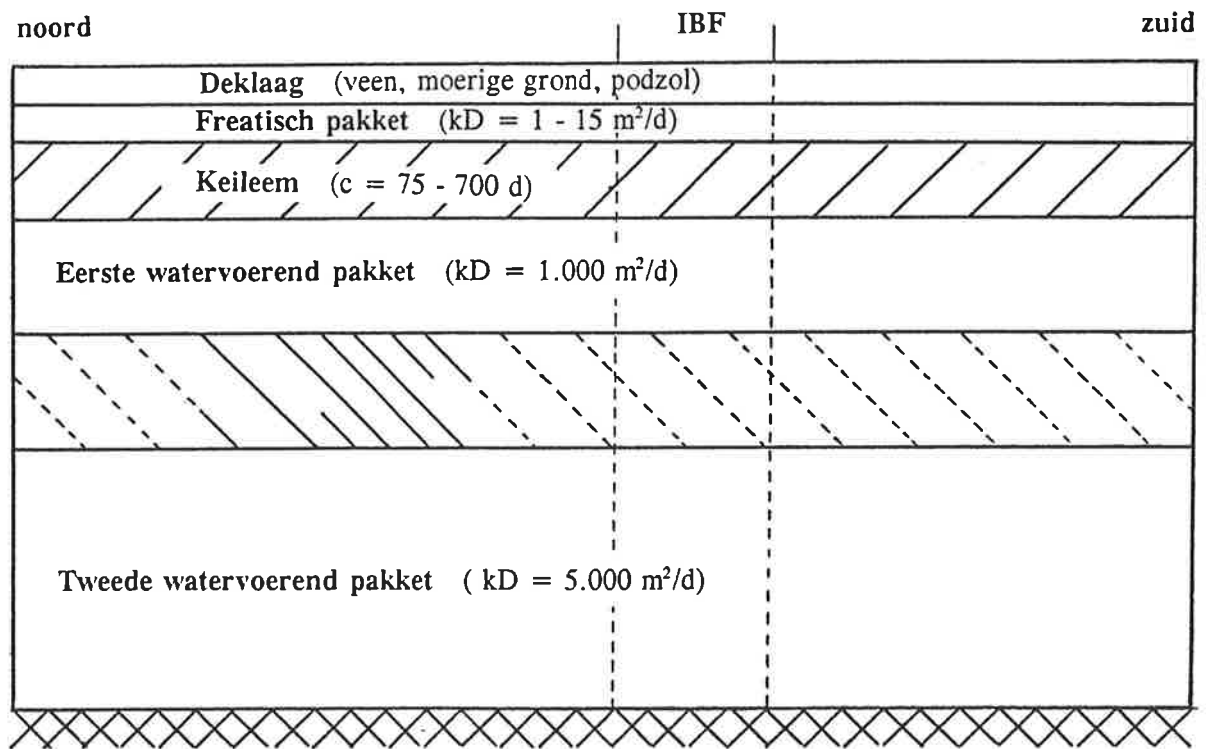
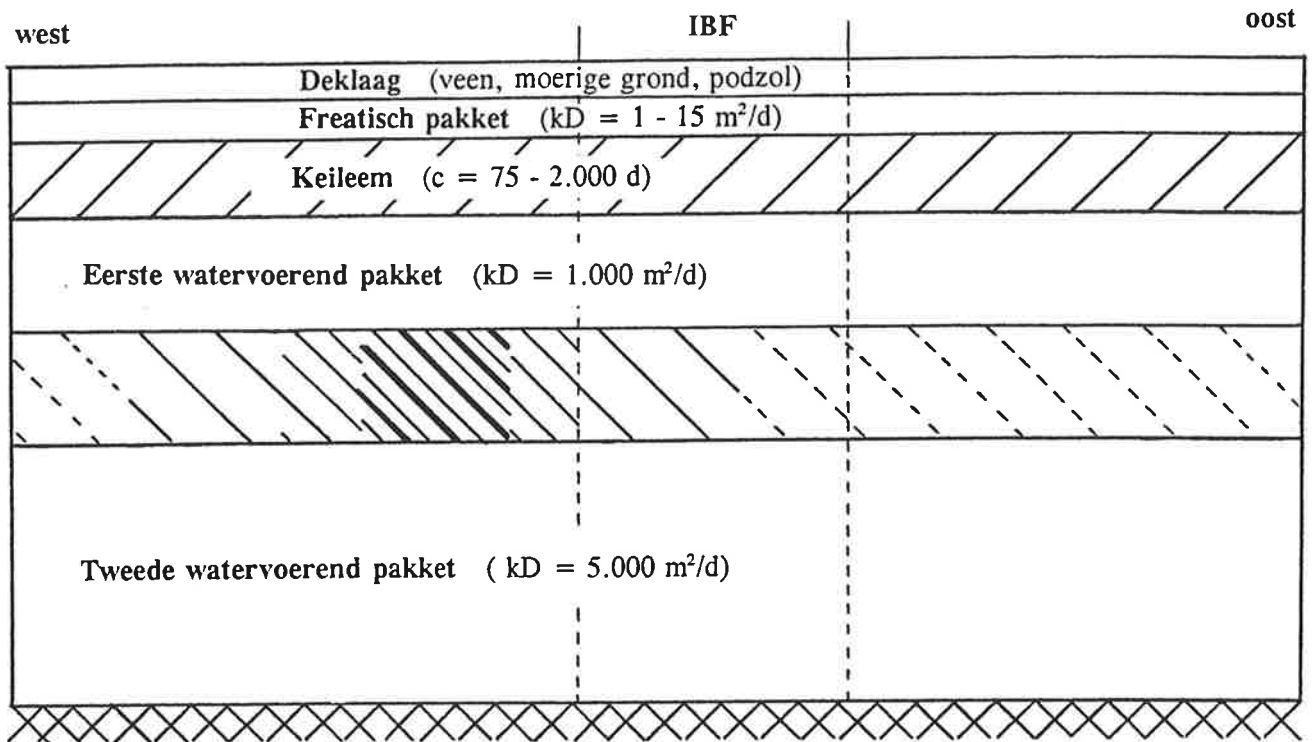
Verder is gebruik gemaakt van de Topografische atlassen 1: 50.000 en 1:25.000.

2.2 Modelopzet

2.2.1 Invoer

2.2.1.1 Opbouw en geohydrologische parameters

In de eerste plaats is de vereiste afstand van de randen van het modelgebied tot de onttrekkingen vastgesteld op basis van de geohydrologische parameters en de onttrekkingsscenario's. Vervolgens zijn de randen van het model zodanig gekozen, dat ze samenvallen met de grenzen van bemalingsgebieden, zoals toegeleverd door de waterschappen.



Peelo-afzetting ontbreekt ($c = 50 \text{ d}$)



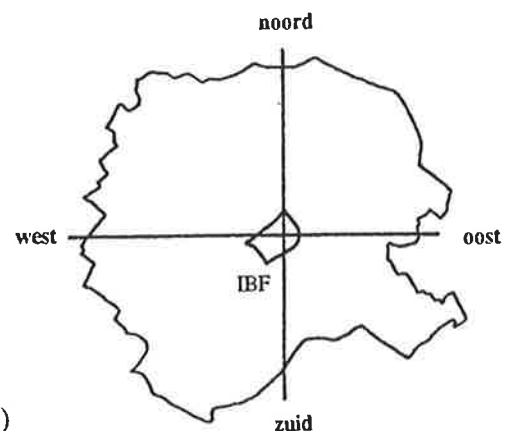
Peelozand ($c = 500 \text{ d}$)



Potklei, hoge weerstand ($c = 5.000 \text{ d}$)



Potklei, zeer hoge weerstand ($c = 20.000 \text{ d}$)



Het modelgebied is globaal 15x16 km² (245 km²) groot en wordt begrensd door de Tjonger, het Tjeukemeer, de westelijke grenzen van de St. Johannesgaster Veenpolder en de Haskerveenpolder, Akkrum, de Boorne, het Nieuwe Diep, de Nieuwe Vaart, Gorredijk, Jonkersland, Bontebok en Nieuwehorne. Het modelgebied is weergegeven op tekening 78042-M-1. Het gebied is gemodelleerd met het eindige elementenmodel Micro-Fem. De knooppuntsafstand varieert van 150 m ter plaatse van het IBF-terrein en nabijgelegen natuurgebieden tot maximaal 400 m. Het modelgebied met het netwerkstructuur is weergegeven op tekening 78042-M-2.

Het model is opgebouwd uit drie watervoerende lagen (figuur linker pagina). De basis van het model wordt gevormd door de top van de tweede scheidende laag. Deze bestaat uit de zogenaamde 'Tegelenklei' van de Formatie van Harderwijk en ligt binnen het modelgebied globaal tussen N.A.P. -150 en -200 m.

Hierop ligt het tweede watervoerend pakket (modellaag 3). Dit bestaat uit de matig fijne tot uiterst grove zanden van de Formaties van Harderwijk, Enschede en Urk I. Dit pakket is 50 tot meer dan 100 m dik en heeft een doorlaatvermogen van circa 5000 m²/d.

Aan de bovenkant wordt dit pakket afgesloten door de eerste scheidende laag, gevormd door de afzettingen van de Formatie van Peelo. Deze afzettingen kunnen bestaan uit de zogenaamde 'potklei', die is afgezet in diepe smeltwatergeulen en zeer slecht doorlatend tot ondoorlatend is. Afhankelijk van de dikte heeft deze laag in het model een weerstand van 5.000 tot 20.000 d. Verder kan de eerste scheidende laag bestaan uit een dik pakket sterk leemhoudend zeer fijn zand (weerstand 500 d). De Peelo-afzetting is niet in het gehele modelgebied aanwezig. Daar waar deze afzetting ontbreekt, sluiten het tweede en eerste watervoerend pakket direct op elkaar aan. Om toch de weerstand in rekening te brengen van een pakket zand met een zelfde dikte als de Peelo-afzetting, is in die gebieden waar de Peelo-afzetting ontbreekt een weerstand van 50 d ingevoerd (de geschatte verticale doorlaatfactor van het zandpakket bedraagt 0,5 m/d).

De eerste scheidende laag wordt afgedekt door het eerste watervoerend pakket (modellaag 2) bestaande uit de matig fijne tot matig grove (tot soms uiterst grove) zanden uit de Formatie van Urk II en Eindhoven. Dit pakket is van minder dan 10 m tot enkele tientallen meters dik en heeft een doorlaatvermogen van circa 1000 m²/d.

Dit pakket wordt afgesloten door de deklaag, bestaande uit de Formaties van Drente, Twente en de holocene afzettingen. De afzetting van Drente kan bestaan uit keileem. De weerstand van de keileem is benaderd met de empirische relatie $c=25d^2$, waarbij d de dikte van de keileem is (Bakker, TWM 1984 Dwingelderveld: geohydrologisch onderzoek, SBB Utrecht). In Friesland wordt als norm uitgegaan van een hydraulische weerstand van 80 à 140 d/m. In gebieden met een dun keileempakket (< 2 m) resulteert de gehanteerde benadering in een lagere weerstand; bij dikke keileempakketten (6 à 10 m) in een hogere weerstand. De verschillen tussen beide benaderingen zijn voor het modelgebied in het algemeen klein, omdat de keileemdikte overwegend in het traject 2-4 m ligt.

Onzekerheden omtrent de dikte van het pakket resulteren in mogelijke afwijkingen in dezelfde orde van grootte tussen de berekende en werkelijke weerstand als de verschillen ten gevolge van de benaderingsmethoden. De dikte van de keileem binnen het modelgebied is afgeleid uit de geologische gegevens. Behalve uit keileem kan de Formatie van Drente bestaan uit de erosierest van de keileem, het zogenaamde 'keizand'. Hierop ligt de Formatie van Twente bestaande uit (leemhoudend) zeer fijn zand van minder dan 1 m tot circa 10 m dik (modellaag 1) met een doorlaatvermogen van circa 1 tot 15 m²/d. Verder kunnen in deze formatie enkele leemlaagjes voor komen. Op de Formatie van Twente komen plaatselijk holocene afzettingen voor. Dit kan veen (verspreid over het gehele modelgebied) of zeeklei (in het uiterste noorden van het modelgebied) zijn.

Op tekening 78042-W-2 en -W-3 is de verspreiding en hydraulische weerstand (na calibratie) van respectievelijk de keileem en de Peelo-afzettingen, zoals deze in de modelberekeningen zijn gebruikt, weergegeven.

2.2.1.2 Hydrologische invoergegevens

In modellaag 3 is de gemiddelde stijghoogte van het tweede watervoerend pakket van de afgelopen zes winterseizoenen op de modelrand opgegeven. In deze laag zijn ook de industriële onttrekkingen ingevoerd die binnen het modelgebied liggen. Mogelijke onttrekkingen op het IBF-terrein zullen eveneens in deze modellaag plaats vinden.

In modellaag 1 is het langjarige gemiddelde van het neerslagoverschot dan wel het neerslagtekort opgegeven. Voor het langjarig gemiddelde bedraagt het neerslagoverschot voor grasland 0,8 mm/d.

In een gemiddelde wintersituatie bedraagt het neerslagoverschot voor grasland (dit is het grootste deel van het modelgebied) 1,8 mm/d. Voor een gemengd bos (loofhout en naaldhout) bedraagt het neerslagoverschot 1,5 mm/d.

In een gemiddelde zomersituatie bedraagt het neerslagtekort voor gras 0,3 mm/d. Voor een gemengd bos is dit 0,6 mm/d.

In het gehele modelgebied (uitgezonderd 's zomers de Katlijker Heide) is uitgegaan van wateraanvoer door middel van een gehandhaafd stuw- of polderpeil. De peilen zijn samengevoegd in klassen met een traject van 0,5 m, waarbij voor elke klasse het gemiddelde peil aangehouden is (dus voor de klasse N.A.P. -0,5 m tot N.A.P. -1,0 m is een peil van N.A.P. -0,75 m aangehouden). In de polders worden, volgens de gegevens van de waterschappen, geen zomer- en winterpeilen aangehouden, zodat de ingevoerde polderpeilen voor het gehele jaar gelden.

Op tekening 78042-P-1 zijn de onderscheiden peilgebieden weergegeven.

Kanalen en vaarten zijn niet als zodanig ingevoerd in het model; uitgangspunt is, dat er niet of nauwelijks sprake is van infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar het watervoerend pakket. Enkele grote plassen zoals de zandwinput ten zuiden van de Deelen, het Nanneveld en de Heide zijn wel gemodelleerd.

2.2.1.3 Bepaling drainageweerstand

Binnen het modelgebied zijn deelgebieden onderscheiden op basis van peilgebieden en bodemtypen. Er zijn 4 bodemtypen onderscheiden: podzolgronden, moerige gronden, veengronden en zeekleigronden. Bij de veengronden is, voor de bepaling van de drainageweerstand, een tweedeling aangebracht op basis van de veendikte (groter of kleiner dan 1,2 m). Dit onderscheid volgt uit de veentypeklassering van de Bodemkaart van Nederland. Voor gronden met een veendikte groter dan 1,2 m is de veendikte op 2 m gesteld.

Per deelgebied is de drainageweerstand berekend op basis van de profielopbouw (bodemtype, zandondergrond en diepteligging keileem), de slootafstand (die volgt uit de Topografische Atlas 1:25.000) en de aanwezigheid van drains (voor zover bekend) en greppels. Indien het grondwaterstandsverloop hiertoe aanleiding gaf, is rekening gehouden met verschillende waarden voor de zomer- en wintersituatie (functioneren tertiaire systeem). De drainageweerstand is berekend met formules van Ernst en Hooghoudt. Voor deze berekeningen is uitgegaan van een drooglegging van 1,2 m. De resultaten (na calibratie) zijn weergegeven op tekening 78042-W-1.

2.3 Calibratie

Voor de calibratie is gebruik gemaakt van de KNMI- en bemalingsgegevens van 1994. Het jaargemiddelde neerslagoverschot bedraagt in 1994 1,1 mm/d. Van waterschap Boarnferd zijn de draaiuren van een aantal gemalen gebruikt om het model te kunnen calibreren. De variabelen zijn in dit geval de drainageweerstand en in mindere mate de weerstand van de keileem. De keileemweerstand varieert na calibratie van 25 d tot circa 2.000 d. De draaiuren van de gemalen geven de totaal uitgeslagen hoeveelheden aan en omvatten de posten inlaat, kwel/infiltratie en neerslag/verdamping. Aangezien er geen inlaatgegevens voorhanden waren, is aangenomen dat er 200 tot 300 mm/jaar (gemiddeld 250 mm/jaar) ingelaten wordt. Met deze gegevens varieert de uiteindelijke sluitfout van de waterbalans van 0% tot één uitschieter van 33%. Zonder deze uitschieter is de gemiddelde sluitfout circa 7%. De drainageweerstand na calibratie varieert van 10 d voor (deelgebieden met) oppervlaktewater (dit is de bodemweerstand van het Nannewijd, het gebied de Deelen en de zandwinputten bij de Deelen en de Heide) tot circa 2000 d.

Tijdens de calibratie is nagegaan of afvoer optreedt via het tertiair systeem. Waar dit het geval was, is de drainageweerstand aangepast. Uit de berekeningen blijkt dat in de gemiddelde wintersituatie, en in mindere mate in de gemiddelde jaarsituatie, het tertiair systeem bijdraagt aan de afvoer.

Het gecalibreerde model is geverifieerd aan stijghoogten voor de gemiddelde wintersituatie. De resultaten zijn weergegeven op de tekeningen 78042-IW-1 tot en met 78042-IW-3. Het betreft de isohypsen van het freatische grondwater en de stijghoogten in de watervoerende pakketten 1 en 2.

2.4

Gevoeligheidsanalyse

Het model is opgezet om de hydrologische effecten van de onttrekkingsvarianten door te kunnen rekenen. Hierbij zijn met name de effecten in het topsysteem (op freatische grondwaterstanden en kwel- en infiltratiesituatie) van belang. Dit betekent dat de hydraulische weerstand en de doorlaatfactoren van het bovenste deel van het model zo nauwkeurig mogelijk moeten zijn geschematiseerd om de reactie van het systeem op de onttrekkingen zo juist mogelijk te kunnen voorspellen.

Na de calibratie en verificatie is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, toegespitst op de onderlinge afhankelijkheid van de hydraulische parameters. Hierin zijn de waarden van de meest relevante parameters gewijzigd. De effecten van deze wijzigingen op de grondwaterstanden, stijghoogten en waterbalansen zijn vergeleken met de grondwaterstanden, stijghoogten en waterbalansen in de uitgangssituatie.

In de gevoeligheidsanalyse zijn de waarden van de drainageweerstand, de keileemweerstand, de doorlatendheid van het freatische zandpakket en de doorlatendheid van het eerste watervoerend pakket elk afzonderlijk met een factor 2 aangepast.

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat een wijziging in de waarde van de drainageweerstand de grootste afwijking geeft in de grondwaterstanden, de stijghoogten en de waterbalans (ten opzichte van de wijzigingen in de andere parameters). Een wijziging in de waarde van de keileemweerstand geeft de grootste spreiding in de freatische grondwaterstand. Een wijziging in de doorlatendheid van het eerste watervoerend pakket geeft de grootste spreiding in de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket. Een wijziging in de doorlatendheid van het freatische pakket geeft weinig verandering in de grondwaterstanden, de stijghoogten en de waterbalans.

Over het algemeen kan worden gesteld dat een verandering in de weerstand (drainageweerstand of keileemweerstand) een groter effect geeft op de waterbalans dan een verandering in de doorlatendheid (van het freatische pakket of het eerste watervoerend pakket).

Door het verschil in reactie van een verandering in de drainageweerstand (dit geeft grootste afwijking in stijghoogte van alle drie watervoerende lagen) en van een verandering in de keileemweerstand (dit geeft grootste spreiding in freatische grondwaterstand) kan geconcludeerd worden dat de drainageweerstand en de weerstand van de keileem in grote mate onafhankelijke grootheden zijn. Met andere woorden: de effecten ten gevolge van een verandering in de drainageweerstand kunnen niet (volledig) gecompenseerd worden door een verandering in de keileemweerstand.

De gevoeligheid van de flux door de keileem voor de veranderingen in de bovengenoemde 4 parameters is weergegeven in tabel 1. Hierin is de gemiddelde procentuele afwijking van deze flux ten opzichte van de uitgangssituatie voor 30 geselecteerde deelgebieden vermeld.

Tabel 1: Gemiddelde procentuele afwijking (voor 30 deelgebieden) in kwel of infiltratie door de keileem bij verandering van de waarde van de parameter met een factor 2

Drainageweerstand	Doorlatendheid freatische pakket	Keileemweerstand	Doorlatendheid eerste watervoerend pakket
33	2	28	9

2.5 Berekeningen

Er zijn drie onttrekkingsvarianten beschouwd:

- 1: een onttrekking van 3×10^6 m³/jaar op één locatie op het IBF-terrein
- 2: een onttrekking van 3×10^6 m³/jaar verdeeld over zes locaties op het IBF-terrein
- 3: een onttrekking van 1×10^6 m³/jaar verdeeld over twee locaties op het IBF-terrein

De situaties waarop de haalbaarheid van de onttrekkingsvarianten in deze fase van de realisering van het IBF wordt beoordeeld zijn:

- de gemiddelde jaarsituatie
- de gemiddelde wintersituatie
- de gemiddelde zomersituatie

De criteria waarop de haalbaarheid moet worden beoordeeld zijn:

- de verandering in stijghoogten in de watervoerende pakketten
- de verandering in grondwaterstanden
- de verandering in kwel en wegzijging

Voor de onderscheiden varianten zijn de hiervoor genoemde situaties doorgerekend en zijn de effecten per criterium toegelicht en op kaart weergegeven.

3 Resultaten

3.1 Effecten op de stijghoogten

Voor de drie onttrekkingsvarianten is berekend wat de invloed van de onttrekking is op de stijghoogte in het freatisch pakket en in het eerste en tweede watervoerend pakket.

Dit is gedaan voor de gemiddelde jaar-, winter- en zomersituatie. Voor de gemiddelde winter- en zomersituatie zijn de verlaginglijnen weergegeven op tekening. Voor de wintersituatie zijn dit de tekeningen 78042-DW1-1 tot en met 78042-DW3-3 en voor de zomersituatie zijn dit de tekeningen 78042-DZ1-1 tot en met 78042-DZ3-3. Op de tekeningen zijn eveneens de onderscheiden natuurgebieden weergegeven.

Uit deze tekeningen blijkt dat de straal van het invloedsgebied (tot een verlaging van 0,05 m) in het freatisch pakket varieert van circa 500-3500 m voor de varianten 1 en 2, terwijl voor variant 3 nauwelijks verlaging in het freatisch pakket optreedt.

Tussen de zomer- en wintersituatie is per variant, wat de stijghoogteverlaging in de watervoerende pakketten betreft, geen noemenswaardig verschil. In het freatisch pakket echter geeft de onttrekking in de zomersituatie een grotere verlaging dan in de wintersituatie.

In de watervoerende pakketten is duidelijk te zien dat variant 3 met een lager onttrekkingsdebiet een duidelijk kleiner invloedsgebied geeft (1000-2000 m) dan de varianten 1 en 2 (tot maximaal circa 4500 m).

3.2 Effecten op de kwel- en infiltratiesituatie door de keileem

De huidige kwel en infiltratie door de keileem per deelgebied is voor de gemiddelde jaarsituatie weergegeven op tekening 78042-F-1 en in bijlage 1 en 2. De verandering hierin ten gevolge van de onttrekking (in mm/d en uitgedrukt in een percentage van de huidige situatie) is eveneens in deze bijlagen vermeld. Deze veranderingen zijn tevens weergegeven op tekeningen 78042-VPJ-1 tot en met 78042-VPJ-3 (verandering in gemiddelde jaarflux uitgedrukt in een percentage van de huidige situatie, voor varianten 1 tot en met 3), 78042-VFJ-1 tot en met 78042-VFJ-3 (verandering in gemiddelde jaarflux in mm/d, voor varianten 1 tot en met 3), 78042-VPZ-1 tot en met 78042-VPZ-3 (verandering in de gemiddelde zomerflux in % voor de varianten 1 tot en met 3) en tot slot 78042-VFZ-1 tot en met 78042-VFZ-3 (verandering van de gemiddelde zomerflux in mm/d, voor de varianten 1 tot en met 3).

Gemiddelde jaarsituatie

De oorspronkelijke kwelsituatie ter plaatse van het IBF-terrein verandert ten gevolge van de onttrekkingen in varianten 1 en 2 in een infiltratiesituatie. In variant 3 blijft de kwelsituatie bestaan, maar de sterkte is gehalveerd ten opzichte van de huidige situatie.

In de directe omgeving van het IBF-terrein (binnen een straal van 1.500-3.000 m) neemt in variant 1 en 2 de kwel met 30 tot 60% af en neemt de infiltratie met 25 tot 90% toe. In variant 3 neemt de kwel met 6 tot 22% af en de infiltratie neemt met circa 30% toe.

In het gebied daar omheen (tot een straal van 4.500-6.000 m) neemt in variant 1 en 2 de kwel af of de infiltratie toe met 6-25%.

In de rest van het gebied is de verandering kleiner of gelijk aan 5%. In variant 3 is de verandering in kwel of infiltratie buiten een straal van 2.000-3.000 m kleiner of gelijk aan 5%.

Uitgedrukt in mm/d, is de verandering in kwel of infiltratie voor variant 1 en 2 in het grootste deel van het gebied de verandering kleiner of gelijk aan 0,05 mm/d. Ter plaatse van het IBF-terrein verandert de flux met circa 0,3 mm/d. Tot een straal van 3.000-4.500 m verandert de flux van meer dan 0,2 mm/d tot minder dan 0,1 mm/d. In variant 3 neemt de kwel ter plaatse van het IBF-terrein af met circa 0,1 mm/d.

In twee deelgebieden grenzend aan het IBF-terrein neemt de flux af met circa 0,06-0,08 mm/d. In de overige deelgebieden is de fluxverandering kleiner of gelijk aan 0,05 mm/d.

Gemiddelde zomersituatie

Ook voor de zomer geldt dat in variant 1 en 2 ter plaatse van het IBF-terrein de kwel omslaat naar infiltratie. In variant 3 blijft de kwelsituatie bestaan, maar deze neemt met circa 50% af. In twee aangrenzende deelgebieden neemt de infiltratie met meer dan 100% toe in alle 3 varianten.

Omdat de fluxen in de zomer veelal kleiner zijn dan in de winter, is de relatieve invloed van de onttrekkingen 's zomers groter dan 's winters dan wel voor de jaargemiddelde situatie. In een aantal deelgebieden op grotere afstand van de onttrekkingslocatie (met fluxen die (veel) kleiner zijn dan 0,1 mm/d), worden derhalve als gevolg van kleine stijghoogteveranderingen grote relatieve fluxveranderingen berekend.

De fluxveranderingen in mm/d liggen, voor een gemiddelde zomersituatie, in dezelfde orde van grootte als voor een gemiddelde jaarsituatie. Hiervoor geldt dus hetzelfde als is gesteld voor een gemiddelde jaarsituatie.

Voor inrijingsgebieden zonder wateraanvoermogelijkheden is het mogelijk dat de grondwaterstand in de zomer tot in de keileem wegzakt. Dit betekent dat het freatisch pakket op dat moment droog valt en niet langer water aan het onderliggend watervoerend pakket kan leveren. Met behulp van stationaire modelsimulaties kan het droogvallen van het freatisch pakket niet worden gesimuleerd. Wanneer er sprake is van droogvallen moet in dat geval de laag uit het model worden gehaald (bijvoorbeeld door het doorlaatvermogen tot 0 m²/d te reduceren, of de hydraulische weerstand van de keileem oneindig groot te stellen).

Wanneer uitsluitend ééndimensionale waterbalansen in stappen van een maand worden beschouwd, kan worden geconcludeerd dat het freatisch pakket plaatselijk droog valt indien de weerstand van de keileem gering is en de top van de keileem boven het niveau van de potentiaal van het dieper grondwater ligt.

Op basis van de (overigens vrij globale) gegevens over de diepteligging van de keileem en de potentiaal van het grondwater is geconcludeerd dat op het schaalniveau van het grondwatermodel geen gebieden kunnen worden geselecteerd die op basis van het voorgaande als 'vroeg in het groeiseizoen droogvallend' kunnen worden beschouwd. Wel moet worden bedacht, dat in de hooggelegen gronden de berekende wegzijging, als gevolg van het hiervoor beschrevene, iets groter is dan de gerealiseerde wegzijging. In deze hooggelegen gronden kunnen de onttrekkingsvarianten het plaatselijk droogvallen van het freatisch pakket iets vervroegen, dan wel de droogvallende oppervlakte vergroten.

3.3 Natuurgebieden

De veranderingen in kwel en infiltratie in de natuurgebieden zijn in de volgende tabellen weergegeven.

Hierbij zijn de volgende natuurgebieden onderscheiden:

1. De Warren
(gebied 3 van peilgebied B, gebied 10 van peilgebied E en gebied E van peilgebied G)
2. Rijperwouden
(gebied 11 van peilgebied E en gebieden 7 en 8 van peilgebied G)
3. 'Blauwgraslanden' in de Akmarijsterpolder
(gebied 1 van peilgebied B en gebied 2 van peilgebied C)
4. De Deelen
(gebied 2 van peilgebied B)
- 4a. Zandwinput ten zuiden van de Deelen
(gebied 8 van peilgebied E)
5. Gebied begrensd door de Nokvaart, Buitendijkse Hoofdvaart en de Albert Mol's Menninge, ten zuidoosten van de Deelen
(gebied 9 van peilgebied E)
6. Bos ten zuiden van de Deelen, doorsneden door de Bornego
(gebied 3 van peilgebied G)
7. De Plasse
(gebied 14 van peilgebied B)
8. Gebied tussen Nieuwebrug en de Heeresloot
(gebied 19 van peilgebied B)
9. Haulster Bosschen
(gebied 6 van peilgebied C, dit gebied is echter onderdeel van gebied 5 van peilgebied B)
10. Nannewijd en Kleine Wijd
(gebied 6 van peilgebied B)
11. De Heide
(gebied 20 van peilgebied B)
12. Oranjewoud
(gebied 1 van peilgebied A en gebied 10 van peilgebied B)

13. **Katlijker Schar en Katlijker Heide**
(gebied 3 van peilgebied A en gebied 16 van peilgebied B)
14. **Polder Oosterschar**
(gebied 7 van peilgebied B)
15. **Gebied rond Rotstergaast**
(gebied 22 van peilgebied B)

Tabel 2: Verandering in kwel en infiltratie in natuurgebieden in een gemiddelde jaarsituatie

Natuur- gebied	Huidige situatie		Variant 1		Variant 2		Variant 3	
	kwel mm/d	infiltratie mm/d	Afname kwel mm/d (%)	toename infiltratie mm/d (%)	Afname kwel mm/d (%)	toename infiltratie mm/d (%)	Afname kwel mm/d (%)	toename infiltratie mm/d (%)
1								
2	0,0	0,1	0,0 (67)	0,0 (8)	0,0 (67)	0,0 (8)	0,0 (33)	0,0 (4)
3		0,5		0,0 (< 1)		0,0 (< 1)		0,0 (< 1)
4		2,0		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (1)
4a	0,2	0,5	0,0 (11)	0,0 (4)	0,0 (11)	0,0 (4)	0,0 (6)	0,0 (2)
5	1,5	1,0	0,0 (2)	0,0 (< 1)	0,0 (2)	0,0 (< 1)	0,0 (1)	0,0 (< 1)
6		0,8		0,0 (3)		0,0 (3)		0,0 (1)
7		0,9		0,0 (< 1)		0,0 (< 1)		0,0 (< 1)
8		1,4		0,0 (2)		0,0 (2)		0,0 (1)
9		1,1		0,1 (10)		0,1 (9)		0,0 (3)
10		0,8		0,0 (3)		0,0 (3)		0,0 (1)
11		0,7		0,0 (< 1)		0,0 (< 1)		0,0 (< 1)
12		1,0		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (1)
13		1,5		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (< 1)
14								
15								

Tabel 3: Verandering in kwel en infiltratie in natuurgebieden in een gemiddelde zomersituatie

Natuur- gebied	Huidige situatie		Variant 1		Variant 2		Variant 3	
	kwel mm/d	infiltratie mm/d	Afname kwel mm/d (%)	toename infiltratie mm/d (%)	Afname kwel mm/d (%)	toename infiltratie mm/d (%)	Afname kwel mm/d (%)	toename infiltratie mm/d (%)
1	0,3		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (1)	
2	0,3		0,0 (1)		0,0 (1)		- (-)	
3		0,4		- (-)		- (-)		- (-)
4		2,4		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (< 1)
4a	0,6	0,0	0,0 (3)	0,0 (1200)	0,0 (3)	0,0 (1300)	0,0 (1)	0,0 (400)
5	0,8	0,3	0,0 (2)	0,0 (2)	0,0 (2)	0,0 (2)	0,0 (1)	0,0 (1)
6		0,3		0,0 (8)		0,0 (7)		0,0 (2)
7		0,3		0,0 (8)		0,0 (7)		0,0 (2)
8		1,1		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (< 1)
9	0,0	1,2	0,0 (25)	0,1 (8)	0,0 (25)	0,1 (8)	0,0 (13)	0,0 (< 1)
10		0,4		0,0 (6)		0,0 (6)		0,0 (2)
11		1,0		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (< 1)
12		1,4		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (< 1)
13	0,2		0,0 (1)		0,0 (1)		0,0 (1)	
14								
15								

4

Conclusies

Op basis van de beschikbare gegevens is een grondwatermodel opgebouwd, dat zowel wat betreft de berekende grondwaterstanden en stijghoogten, alsmede wat betreft de berekende waterbalansen per deelgebied goed overeenkomt met gemeten waarden.

Uit de gevoeligheidsanalyse kan worden geconcludeerd dat de berekende parameterwaarden van de drainageweerstand en de hydraulische weerstand gevoelige parameters zijn. De gevoeligheid van deze parameters uit zich echter voor beide parameters op verschillende wijze, zodat wordt geconcludeerd dat een andere onderlinge verhouding van beide parameterwaarden niet leidt tot vergelijkbare goede ijkingsresultaten.

Voor de onderscheiden varianten kan worden geconcludeerd dat de berekende effecten in absolute zin (veranderingen in grondwaterstanden, stijghoogten en fluxen) gelijk zijn voor de zomer- en wintersituatie.

Met uitzondering van twee inzijgingsgebieden ten oosten van Langezwaag (waar de wegzijging met 0,2 en 0,3 mm/d toeneemt), bedraagt de fluxverandering in de omgeving van het IBF-terrein maximaal 0,1 mm/d voor variant 1 en 2.

Direct ten noorden en in één peilgebied ten oosten van het terrein betreft dit een afname van de kwel; voor de overige gebieden een toename van de wegzijging. Wat betreft de natuurgebieden, is alleen voor de Heide bij Heerenveen (11) een fluxverandering van 0,1 mm/d berekend. Het betreft een toename van de wegzijging.

Voor variant 3 wordt alleen voor de twee gebieden ten oosten van Langezwaag een toename van de inzijging met 0,1 mm/d berekend.

Uit de onderlinge vergelijking van de varianten kan worden geconcludeerd dat de hydrologische effecten van variant 1 (één locatie met een opbrengst van $3 \cdot 10^6$ m³/jaar en variant 2 (zes locaties met een gezamenlijke opbrengst van $3 \cdot 10^6$ m³/jaar) alleen binnen het IBF-terrein van elkaar verschillen. Vermindering van de onttrekking tot $1 \cdot 10^6$ m³/jaar (variant 3) resulteert in een aanzienlijke reductie van de effecten.

Voor de varianten 1 en 2 reiken de invloedsgebieden (daling van 0,05 m) in het tweede watervoerend pakket (derde modellaag) tot circa 4 km rond de onttrekking en in het eerste watervoerend pakket (tweede modellaag) tot circa 3 km. Het verlagingspatroon in het freatisch grondwater is grilliger en varieert van circa 2 km tot binnen de grenzen van het IBF blijvend. Het invloedsgebied voor variant 3 reikt tot maximaal 1 km buiten het terrein voor de watervoerende pakketten. Buiten het terrein is de berekende grondwaterstands daling in het freatische grondwater kleiner dan 0,05 m.

Ter plaatse van de meest nabijgelegen natuurgebieden (Heerensloot-Nieuwebrug, de Heide, Bossen Oranjewoud) bedraagt de grondwaterstandsverlaging voor varianten 1 en 2 maximaal 0,05 m in de randzone. Voor variant 3 liggen de gebieden buiten het invloedsgebied.

Heerenveen, mei 1995
Ingenieursbureau 'Oranjewoud' B.V.

Kwel en infiltratie door de keileem voor een gemiddelde jaarsituatie en de verandering hierin ten gevolge van de onttrekkingen

Peilgebieden met nummer	Huidige situatie mm/d*	Onttrekkingsvariant 1		Onttrekkingsvariant 2		Onttrekkingsvariant 3		
		Verandering in mm/d**	%	Verandering in mm/d**	%	Verandering in mm/d**	%	
A	1	-0,9	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	2	-1,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	-1,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	-1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	5	-0,9	-	-	-	-	-	-
B	1	-1,2	-	-	-	-	-	-
	2	-2,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	-1,6	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	-0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	-1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	6	-1,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	7	-1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	-1,0	0,1	7	0,1	7	0,0	< 5
	9	-0,7	0,1	14	0,1	13	0,0	5
	10	-0,5	0,1	10	0,1	10	0,0	< 5
	11	-0,4	0,1	27	0,1	30	0,0	10
	12	-0,1	0,0	10	0,0	11	0,0	< 5
	13	-0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	14	-1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	15	1,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	16	-0,6	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	17	0	-	-	-	-	-	-
	18	-1,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	19	-0,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	20	-1,1	0,1	10	0,1	9	0,0	< 5
	21	-1,7	0,1	< 5	0,1	< 5	0,0	< 5
	22	-1,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	23	-2,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	24	-1,2	0,1	10	0,1	9	0,0	< 5
C	1	-0,4	-	-	-	-	-	-
	2	-0,6	-	-	-	-	-	-
	3	-0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	-0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	-0,6	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	6****	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	7	-0,7	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	-0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	9	-0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	10	-0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	11	-0,1	0,0	36	0,0	35	0,0	19
	12	-0,3	0,1	24	0,1	23	0,0	10
	13	-1,2	0,1	6	0,1	5	0,0	< 5
	14	0,2	0,0	14	0,0	14	0,0	< 5
	15	0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	16	-0,2	-0,2	90	0,2	85	-0,1	29
	17	-0,4	0,1	15	0,1	19	0,0	6
	18	1,1	-0,1	8	-0,1	9	0,0	< 5

* Een negatieve waarde betekent infiltratie en een positieve waarde betekent kwel

** Een negatieve waarde betekent een afname van kwel en een positieve waarde betekent een toename van infiltratie

**** Gebied nummer 6 van peilgebied C is komen te vervallen

Kwel en infiltratie door de keileem voor een gemiddelde jaarsituatie en de verandering hierin ten gevolge van de onttrekkingen

Peilgebieden met nummer	Huidige situatie mm/d*	Onttrekkingsvariant 1		Onttrekkingsvariant 2		Onttrekkingsvariant 3		
		Verandering in mm/d**	%	Verandering in mm/d**	%	Verandering in mm/d**	%	
D	1	0,0	-	-	-	-	-	-
	2	-0,3	-	-	-	-	-	-
	3	0,1	-	-	-	-	-	-
	4	0,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	-0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	6	-0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	7	-0,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	-0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	9	-0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	10	-0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	11	-0,5	0,0	5	0,0	< 5	0,0	< 5
	12	0,6	-0,2	36	-0,2	33	-0,1	12
	13	0,2	-0,3***	144	-0,3***	113	-0,1	50
	14	-0,2	0,0	10	0,0	12	0,0	< 5
	15	0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	16	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	17	0,6	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	18	-0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	19	-0,3	0,0	6	0,0	6	0,0	< 5
	20	0,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	21	-0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
E	1	0,6	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	2	-0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	0,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	0,1	0,0	9	0,0	8	0,0	< 5
	6	1,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	7	1,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	0,2	0,0	11	0,0	11	0,0	6
	9	-0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	10	-0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	11	-0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	12	1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	13	0,2	-0,1	58	-0,1	60	0,0	22
F	1	0,6	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	2	0,7	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	1,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	1,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	6	0,7	-0,1	11	-0,1	11	0,0	5
	7	0,7	0,0	6	0,0	7	0,0	< 5
	8	1,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	9	1,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	10	0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	11	-0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
G	1	1,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	2	1,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	1,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	1,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	2,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	6	1,2	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	7	0,9	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	9	1,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5

* Een negatieve waarde betekent infiltratie en een positieve waarde betekent kwel

** Een negatieve waarde betekent een afname van kwel en een positieve waarde betekent een toename van infiltratie

*** De oorspronkelijke kwelsituatie is omgeslagen naar een infiltratiesituatie

Kwel en infiltratie door de keileem voor een gemiddelde zomersituatie en de verandering hierin ten gevolge van de onttrekkingen

Peilgebieden met nummer	Huidige situatie mm/d*	Onttrekkingsvariant 1		Onttrekkingsvariant 2		Onttrekkingsvariant 3		
		Verandering in mm/d**	%	Verandering in mm/d**	%	Verandering in mm/d**	%	
A	1	-0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	2	-0,7	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	0,3	-	-	-	-	-	-
	4	-0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	0,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
B	1	-1,2	-	-	-	-	-	-
	2	-2,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	-1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	-0,3	-	-	-	-	-	-
	5	-0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	6	-1,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	7	-1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	-0,5	0,1	14	0,1	13	0,0	< 5
	9	-0,4	0,1	27	0,1	26	0,0	9
	10	-0,1	0,1	57	0,1	56	0,0	19
	11	-0,5	0,1	20	0,1	22	0,0	7
	12	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	13	0,0	0,0	11	0,0	13	0,0	< 5
	14	-0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	15	1,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	16	0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	17	0,9	-	-	-	-	-	-
	18	-1,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	19	-0,3	0,0	8	0,0	7	0,0	< 5
	20	-1,2	0,1	8	0,1	8	0,0	< 5
	21	-2,1	0,1	< 5	0,1	< 5	0,0	< 5
	22	-1,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	23	-2,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	24	-0,9	0,1	13	0,1	12	0,0	< 5
C	1	-0,2	-	-	-	-	-	-
	2	-0,5	-	-	-	-	-	-
	3	-0,3	-	-	-	-	-	-
	4	-0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	-0,1	0,0	16	0,0	14	0,0	< 5
	6****	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	7	0,1	0,0	8	0,0	8	0,0	< 5
	8	0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	9	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	10	0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	11	0,2	0,0	9	0,0	9	0,0	< 5
	12	-0,1	0,1	87	0,1	80	0,0	25
	13	-1,6	0,1	5	0,1	< 5	0,0	< 5
	14	0,6	0,0	7	0,0	7	0,0	< 5
	15	0,9	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	16	0,0	0,2	852	0,2	800	0,1	265
	17	0,0	0,1	300	0,1	359	0,0	118
	18	0,9	-0,1	11	-0,1	13	0,0	< 5

* Een negatieve waarde betekent infiltratie en een positieve waarde betekent kwel

** Een negatieve waarde betekent een afname van kwel en een positieve waarde betekent een toename van infiltratie

**** Gebied nummer 6 van peilgebied C is komen te vervallen

Kwel en infiltratie door de keileem voor een gemiddelde zomersituatie en de verandering hierin ten gevolge van de onttrekkingen

Peilgebied met nummer	Huidige situatie mm/d*	Onttrekkingsvariant 1		Onttrekkingsvariant 2		Onttrekkingsvariant 3		
		Verandering in mm/d**	%	Verandering in mm/d**	%	Verandering in mm/d**	%	
D	1	-0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	2	-0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	3	0,0	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	4	0,2	0,0	< 5	-	-	-	-
	5	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	6	0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	7	-0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	-0,9	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	9	0,0	0,0	29	0,0	29	-	-
	10	-0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	11	-0,1	0,0	18	0,0	17	0,0	5
	12	0,3	-0,2	80	-0,2	72	-0,1	23
	13	0,2	-0,3***	147	-0,3***	134	-0,1	49
	14	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	15	0,7	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	16	0,2	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	17	1,3	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	18	0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	19	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	20	0,7	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	21	0,0	0,0	28	0,0	30	0,0	9
E	1	0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	2	-0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	0,1	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	4	0,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	6	1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	7	2,3	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	0,6	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	9	0,0	0,0	1.200	0,0	1.300	0,0	400
	10	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	11	0,0	0,0	20	0,0	20	0,0	10
	12	0,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	13	0,4	-0,1	26	-0,1	27	0,0	9
F	1	0,6	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	2	0,7	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	1,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	1,5	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	6	0,7	-0,1	9	-0,1	9	0,0	< 5
	7	0,7	0,0	< 5	0,0	5	0,0	< 5
	8	1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	9	0,7	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	10	0,5	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	11	0,4	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
G	1	1,6	0,0	< 5	0,0	< 5	-	-
	2	1,4	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	3	0,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	4	1,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	5	1,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	6	1,1	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	7	1,0	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5
	8	0,6	-	-	0,0	< 5	-	-
	9	0,8	0,0	< 5	0,0	< 5	0,0	< 5

* een negatieve waarde betekent infiltratie en een positieve waarde betekent kwel

** een negatieve waarde betekent een afname van kwel en een positieve waarde betekent een toename van infiltratie

*** de oorspronkelijke kwelsituatie is omgeslagen naar een infiltratiesituatie



Hoofdkantoor
 Kon. Wilhelminaweg 1/11
 Postbus 24
 8440 AA Heerenveen
 Telefoon: 05130-34567
 Telefax: 05130-33353

District Noord / Mijnbouw
 Kon. Wilhelminaweg 1
 Postbus 24
 8440 AA Heerenveen
 Telefoon: 05130-34567
 Telefax: 05130-33353

District Midden
 Wisselweg 1
 Postbus 10044
 1301 AA Almere-Stad
 Telefoon: 036-5396411
 Telefax: 036-5338189

District West / Afd. Centrale Overheid
 Rivium Quadrant 1
 Capelle a/d IJssel
 Postbus 8590
 3009 AN Rotterdam
 Telefoon: 010-4477744
 Telefax: 010-4477747

District Oost
 Keulenstraat 3
 Postbus 321
 7400 AH Deventer
 Telefoon: 05700-79444
 Telefax: 05700-37227

District Zuid
 Beneluxweg 7
 Postbus 40
 4900 AA Oosterhout
 Telefoon: 01620-87000
 Telefax: 01620-51141

Kantoor Maastricht
 Markt 27
 6211 CJ Maastricht
 Telefoon: 043-288800
 Telefax: 043-288888

Laboratorium
 Maerlant 13
 Postbus 1011
 8200 BA Lelystad
 Telefoon: 03200-70111
 Telefax: 03200-28459

Tevens vestigingen in: Groningen, Assen, Jisp, Heinkenszand en Lomm

-gekopieerd op chloorvrij gebleekt papier-