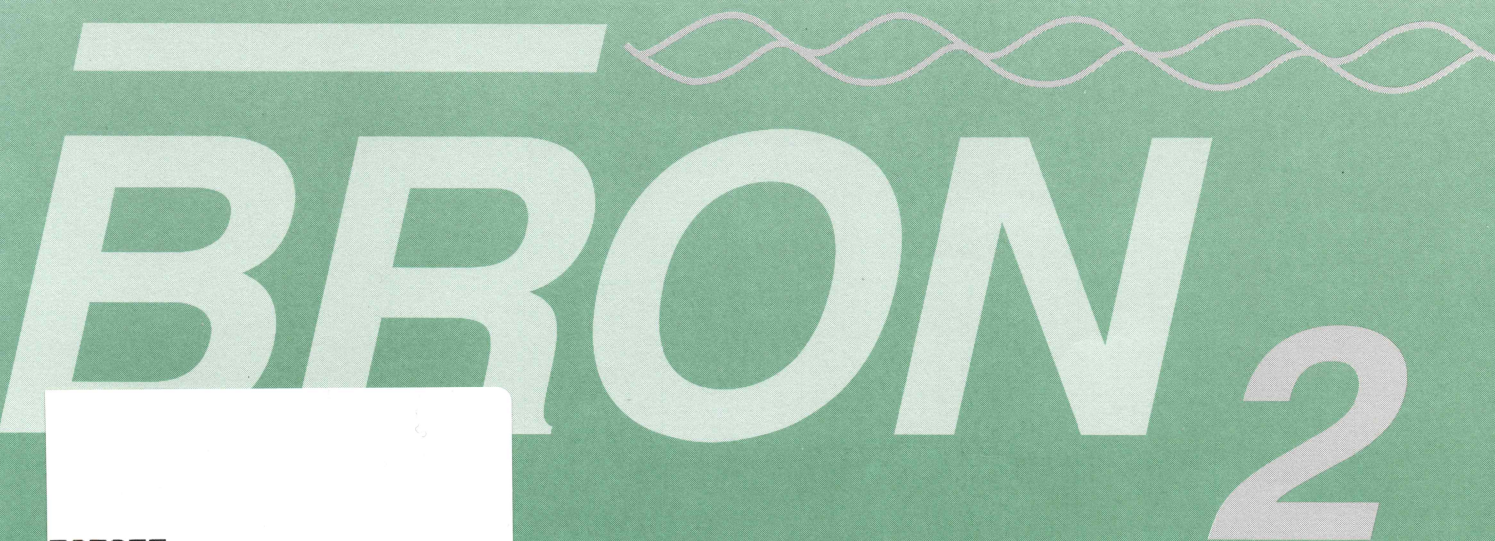




Professionals in geohydrologisch onderzoek en watervoorziening

**INVENTARISEREND ONDERZOEK
GEOHYDROLOGIE
GEESTERSCHE STROOMKANAAL**

tekst



795C55

22/3557/6

795 C 55

~~BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW~~

**INVENTARISEREND ONDERZOEK
GEOHYDROLOGIE
GEESTERSCHE STROOMKANAAL**

tekst



AUTEUR: ir. C.W. Stroet

BRON₂

*Professionals in geohydrologisch
onderzoek en watervoorziening*

Bron₂ B.V.
Handelskade 11, Postbus 133
7400 AC Deventer
Tel. 05700-99911
Fax. 05700-99666

OPDRACHTGEVER : WATERLEIDINGMAATSCHAPPIJ OVERIJSEL N.V.

PROJEKTNUMMER : 31.408.1

DATUM : JANUARI 1994

- 8 MAART 1994

160 595631*

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
2. DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK	3
3. SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	4
3.1. Samenvatting en conclusies	4
3.2. Aanbevelingen	6
4. INVENTARISATIE GEOHYDROLOGISCHE GEGEVENS	7
4.1. Geologie en geohydrologische schematisatie	7
4.2. Geomorfologie en bodem	10
4.3. Waterhuishouding	11
4.4. Het Geestersche Stroomkanaal	12
4.5. Grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten	13
4.6. Grondwaterstroming	14
5. ORIËNTERENDE MODELBEREKENINGEN	15
5.1. Opzet rekenmodel	15
5.2. Schatting relevante parameterwaarden	16
5.3. Berekende verlagingen van de grondwaterstand	18
5.4. Berekende verandering van de waterbalanstermen	19
5.5. Conclusies ten aanzien van het onderzoeksprogramma	21
6. MOGELIJKHEDEN VOOR DE WINNING VAN OEVERFILTRAAT	22
6.1. Inleiding	22
6.2. Compensatie door ingreep bij Geestersche Stroomkanaal	23
6.3. Compensatie door wataraanvoer	25
LIJST VAN GEBRUIKTE LITERATUUR	28

LIJST VAN KAARTEN

INVENTARISATIE GEOHYDROLOGISCHE GEGEVENS:

1. TOPOGRAFIE ONDERZOEKSGBIED
Lokaties waarnemingsputten en boringen, ligging
geohydrologisch profiel
2. TOPOGRAFIE LOKAAL
Lokaties profielen oppervlaktewater
3. GEOMORFOLOGISCHE HOOFDGBIEDEN
4. WATERSTAATSKAART
5. HOOFDWATERLOPEN MET STUWPEILEN
6. GLOBALE ISOHYPSENKAART WINTERSITUATIE
7. GLOBALE ISOHYPSENKAART ZOMERSITUATIE

ORIENTERENDE MODELBEREKENINGEN WINNINGSEFFECTEN:

8. DE BELANGRIJKSTE ELEMENTEN VAN HET REKENMODEL
9. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 30 APRIL
10. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 31 AUGUSTUS
11. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 31 DECEMBER
12. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 30 APRIL
gevoeligheidsanalyse op afstand kanaal-winningsmiddelen
13. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 30 APRIL
gevoeligheidsanalyse op afstand kD
14. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 30 APRIL
gevoeligheidsanalyse op intredeweerstand kanaal c_{in}
15. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 30 APRIL
gevoeligheidsanalyse op intredeweerstand kanaal c_{in}
16. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 30 APRIL
gevoeligheidsanalyse op regionale drainageweerstand
17. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 30 APRIL
effectiviteit peilopzet kanaal januari-april
18. BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN OP 30 APRIL
effectiviteit van wateraanvoer rond de winning

LIJST VAN FIGUREN

INVENTARISATIE GEOHYDROLOGISCHE GEGEVENS:

1. GEOHYDROLOGISCH PROFIEL A-A
2. GEOHYDROLOGISCH PROFIEL B-B
3. LEGENDA BOORKOLOMMEN
4. DWARSPROFIEL GEESTERSCHE STROOMKANAAL BENEDENSTROOMS CASCADE
5. DWARSPROFIELEN 60' EN 63' GEESTERSCHE STROOMKANAAL
6. DWARSPROFIELEN 66' EN 69' GEESTERSCHE STROOMKANAAL
7. GEMETEN AFVOEREN GEESTERSCHE STROOMKANAAL
periode juni 1991-juni 1992
8. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL1
periode 1980-1993
9. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL2
periode 1980-1993
10. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL5
periode 1980-1993
11. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL8
periode 1980-1993
12. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL10
periode 1980-1993
13. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL30
periode 1980-1993
14. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL31
periode 1980-1993
15. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL36
periode 1980-1993
16. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EL37
periode 1980-1993
17. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EP6
periode 1980-1993
18. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EP32
periode 1980-1993
19. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EP33
periode 1980-1993
20. GEMETEN GRONDSTIJGHOOGTEN WAARNEMINGSPUT 28EP47
periode 1980-1993

LIJST VAN FIGUREN (VERVOLG):**ORIENTERENDE MODELBEREKENINGEN WINNINGSEFFECTEN:**

21. MODELSHEMA NUMERIEK MODEL
tbv verlagings- en waterbalansberekeningen
22. VERLOOP GRONDWATERWINNING IN REKENMODEL
23. BEREKENDE VERANDERING GRONDWATERSTANDEN OP 130 EN 550 m ZUIDELIJK VAN KANAAL
gevoeligheidsanalyse op intredeweerstand kanaal c_{in}
24. BEREKENDE VERANDERING GRONDWATERSTANDEN OP 130 EN 550 m NOORDELIJK VAN KANAAL
gevoeligheidsanalyse op intredeweerstand kanaal c_{in}
25. BEREKENDE VERANDERINGEN WATERBALANSTERMEN
26. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
27. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
gevoeligheidsanalyse op afstand winningsmiddelen-kanaal
28. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
gevoeligheidsanalyse op kD
29. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
gevoeligheidsanalyse op intredeweerstand kanaal c_{in}
30. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
gevoeligheidsanalyse op intredeweerstand kanaal c_{in}
31. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
gevoeligheidsanalyse op regionale drainageweerstand W
32. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
effectiviteit van peilopzet op het kanaal periode januari-april
33. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
effectiviteit van wateraanvoer rond winning
34. BEREKENDE VERANDERINGEN GESOMMEERDE WATERBALANSTERMEN
effectiviteit van wateraanvoer gecombineerd met peilopzet rond winning

LIJST VAN OVERLAYS

1. TOPOGRAFIE ONDERZOEKSGBIED

LIJST VAN BIJLAGEN

1. WAARNEMINGSPUT VONDERAKKERS GE93P1
boorbeschrijving, afwerkstaat en resultaten zeefanalyses
2. ANDERE BOORBESCHRIJVINGEN
3. MOMENTOPNAME GEESTERSCHE STROOMKANAAL

1. INLEIDING

Waterleidingmaatschappij "Overijssel" N.V. (WMO) heeft ten noordoosten van Tubbergen in de Reutumse Slenk drie grondwater-winplaatsen: Manderveen, Manderheide en Vasserheide. In de periode 1987-1990 werd hier in totaal 4,5 miljoen m³ grondwater per jaar gewonnen. In september 1991 heeft de WMO een vergunning aangevraagd voor de winning van 4 miljoen m³/jaar op Manderveen en 2 miljoen m³ op Manderheide. Winplaats Vasserheide zou komen te vervallen. De Provincie Overijssel heeft de WMO in december 1993 vergunning verleend voor deze winning van 6 miljoen m³/jaar onder de voorwaarde dat de nadelige geohydrologische effecten van de winningsuitbreiding zullen worden gecompenseerd door middel van kunstmatige infiltratie van water. Het daarvoor benodigde water dient te worden gewonnen uit het Geestersche Stroomkanaal, op een reeds vastgestelde lokatie (zie KAART 1). De WMO heeft daar reeds grond aangekocht (circa 5 ha).

Voor de infiltratie van water in de Reutumse Slenk zijn een groot aantal alternatieve scenario's beschouwd op geohydrologische criteria (Luijendijk, 1993). De WMO heeft in overleg met de Provincie Overijssel tenslotte gekozen voor een alternatief voor diepinfiltratie waarbij jaarlijks in de periode januari tot en met april 330.000 m³ per maand wordt geïnfilteerd en gedurende de rest van het jaar 10.000 m³ per maand (alternatief 26). Per jaar is dit samen 1,4 miljoen m³. Deze infiltratie levert een compensatie van de effecten van de winningsuitbreiding op van 96%.

Voor de winning van het in de Reutumse Slenk te infiltreren water heeft de WMO reeds een lokatie aan het Geestersche Stroomkanaal gekozen (zie KAART 1). Er bestaan ruwweg twee alternatieven voor de winning op deze lokatie:

- directe winning van oppervlaktewater;
- winning van oeverfiltraat, waarvoor diverse technieken denkbaar zijn.

De WMO zal een keuze maken uit de verschillende wintechnieken op grond van een aantal toetsingscriteria, zoals:

- bedrijfszekerheid;
- financiële consequenties;
- ruimtelijke inpasbaarheid;
- effecten op de omgeving (landbouw en natuur);
- effecten op de waterhuishouding.

In verband met de effecten op de omgeving stelt de Provincie Overijssel als eis aan een winning van oeverfiltraat dat tenminste 80% van de gewonnen hoeveelheid water dient te bestaan uit geïnfiltrerd water uit het Geestersche Stroomkanaal.

De sectie geohydrologie van de afdeling onderzoek van de WMO verricht onderzoek naar de mogelijke technieken van de winning van oeverfiltraat en naar de hydrologische effecten die deze technieken met zich meebrengen. Voor dit onderzoek is een (concept) plan van aanpak gemaakt door de WMO. Hierin wordt vastgesteld dat er een groot aantal gegevens nodig is:

- bodemopbouw;
- geohydrologische parameters (kD- en c-waarden);
- huidige grondwaterstanden en grondwaterstroming;
- dimensionering van het kanaal en de intredeweerstand van het kanaal.

Om deze gegevens te kunnen verkrijgen wordt in het plan van aanpak voorgesteld een onttrekkingsproef uit te voeren.

Op 2 juni 1993 werd BRON₂ B.V. verzocht een onderzoeksvorstel te maken voor het maken van een opzet voor de inrichting en uitvoering van een onttrekkingsproef. In overleg met de WMO werd besloten het onderzoek enigszins te verbreden en tevens een inventarisatie van bekende geohydrologische gegevens uit te voeren. Het schriftelijke voorstel voor dit onderzoek werd uitgebracht op 15 juni. Op 21 juni verleende de WMO schriftelijk opdracht aan BRON₂ B.V. voor de uitvoering van het 'Inventariserend onderzoek geohydrologische gegevens Geestersche Stroomkanaal'.

Het concept-rapport werd uitgebracht op 30 juli 1993. Daarin werd geconcludeerd dat de intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal maatgevend is voor het percentage grondwater dat bij winning van oeverfiltraat afkomstig is van het kanaal. In het concept-rapport werd aanbevolen deze intredeweerstand niet te bepalen uit een pompproef, maar een gedetailleerde isohypsenkaart te vervaardigen van de directe omgeving van het kanaal, en door interpretatie daarvan de intredeweerstand te schatten.

De isohypsenkaart en het daarvoor benodigde veldwerk is uitgevoerd door TAUW Infra Consult B.V. De resultaten hiervan zijn opgenomen in BIJLAGE 3 van dit rapport, en verder verwerkt in HOOFDSTUK 6.

2. DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

Dit onderzoek heeft de volgende doelen:

- het geven van een globaal overzicht van datgene wat thans bekend is over de geohydrologie van het gebied rond de lokatie bij het Geestersche Stroomkanaal, voor zover dat betrekking heeft op kwantitatieve aspecten;
- het bepalen van de intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal, die van grote invloed is bij de winning van oeverfiltraat;
- het aangeven van de mogelijkheden voor de winning van oeverfiltraat langs het Geestersche Stroomkanaal, waarbij 80% van het te winnen water uit geïnfitreerd kanaalwater bestaat.

Om deze doelen te kunnen bereiken zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- oriënterende geohydrologische veldverkenning;
- inventarisatie geohydrologische gegevens (HOOFDSTUK 4);
- bepalen van de orde van grootte van het aandeel van geïnfitreerd oppervlaktewater in oeverfiltraat dat wordt gewonnen uit een rij pompputten langs het Geestersche Stroomkanaal. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een eenvoudig superpositie-model (HOOFDSTUK 5);
- bepalen van de gevoeligheid van het aandeel van geïnfitreerd oppervlaktewater voor de relevante geohydrologische parameters (HOOFDSTUK 5);
- het bepalen van de waarde van de belangrijkste geohydrologische parameter (de intredeweerstand van het kanaal (BIJLAGE 3));
- vaststellen van de mogelijkheden voor de winning van oeverfiltraat langs het Geestersche Stroomkanaal (HOOFDSTUK 6).

3. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Ter compensatie van de effecten van de uitbreiding van de grondwaterwinning in de Reutumse Slenk wil de WMO daar diep-infiltratie gaan toepassen. Het te infiltreren water zal worden gewonnen uit het Geestersche Stroomkanaal, enkele kilometers ten westen van de Reutumse Slenk (KAART 1). Voor deze winning kan worden gekozen uit rechtsreeks winning van oppervlaktewater of winning van oeverfiltraat. De Provincie stelt in verband met de effecten op de omgeving aan een winning van oeverfiltraat de eis dat 80% van de gewonnen hoeveelheid water dient te bestaan uit geïnfiltrerd water uit het Geestersche Stroomkanaal.

De ondergrond van de beoogde lokatie (KAART 1) kan worden geschematiseerd tot een watervoerend pakket met een dikte van circa 45 m (zie TABEL 1 op pagina 9 en FIGUREN 1 en 2). Vrijwel nergens is er een deklaag.

In de natuurlijke waterhuishouding van het gebied is in verband met de ontginning van het hoogveen westelijk en noordelijk van de lokatie sterk ingegrepen. Eén van de kunstmatige waterlopen is het Geestersche Stroomkanaal, dat ter plaatse van de onderzoekslokatie een breedte heeft van 16 m en een oppervlakte-waterpeil van 11,20 m.

De grondwaterstroming verloopt van noordoost naar zuidwest met een verhang van 1 tot 1,3 m/km. Het gebied ten direct noorden van de onderzoekslokatie is relatief laaggelegen en voert door middel van drainage veel water af, hetgeen duidelijk invloed heeft op het isohypsenbeeld (KAARTEN 6 en 7 en BIJLAGE 3).

Om een indruk te krijgen van de orde van grootte van effecten van een winning van oeverfiltraat zijn proefberekeningen gemaakt met een eenvoudig numeriek superpositiemodel (HOOFDSTUK 5). De belangrijkste randvoorwaarden van het model zijn: de winning, het Geestersche Stroomkanaal en de overige ontwateringsmiddelen in de omgeving. De winning vindt plaats door middel van een rij pompputten met een lengte 700 m. Uit de proefberekeningen konden conclusies worden getrokken over de gevoeligheid van winnings-effecten voor modelparameterwaarden.

Tevens kon de gevoeligheid worden vastgesteld van de verhouding tussen de verandering van de infiltratie uit het kanaal enerzijds en de verandering van de drainage door de overige ontwateringsmiddelen anderzijds voor modelparameterwaarden. Bij de geschatte parameterwaarden blijkt circa 85% van de winning ten koste te gaan van de drainage door de overige ontwateringsmiddelen. Dit is fors meer dan de maximaal toelaatbare 20%. Dit slechte resultaat is met name het gevolg van de hoge intredeweerstand van het kanaal. Bij de oriënterende modelberekeningen is de waarde van de intredeweerstand geschat op op 25 dagen.

De parameterwaarden die de grootste invloed hebben op de winningseffecten en op verhouding extra infiltratie uit het kanaal versus verminderde drainage zijn:

- intredeweerstand van het kanaal c_{in} ;
- regionale drainageweerstand W .

Het doorlaatvermogen kD heeft een relatief kleine invloed op de resultaten.

Uit de uitgevoerde geohydrologische momentopname (BIJLAGE 3) zijn de volgende waarden voor de intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal bepaald:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| - benedenstrooms van de cascade: | $c_{in} = 5$ dagen |
| betrouwbaarheidsinterval: | $c_{in} = 1$ tot 10 dagen |
| - bovenstrooms van de cascade: | $c_{in} = 30$ dagen |
| betrouwbaarheidsinterval: | $c_{in} > 10$ dagen |

Hieruit kan worden geconcludeerd dat het water dat door middel van een rij pompputten langs het Geestersche Stroomkanaal wordt gewonnen zonder verdere maatregelen voor 15% afkomstig zal zijn van het kanaal en voor 85% uit het overige oppervlaktewater.

Compenserende maatregelen zijn dus noodzakelijk. Door middel van oriënterende berekeningen zijn een aantal maatregelen onderzocht:

- peilverhoging op het Geestersche Stroomkanaal is geen doelmatige oplossing;
- het verkleinen van de intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal door het wegbaggeren van de waterbodem kan leiden tot een percentage geïnfiltreerd kanaalwater van 40 tot 50%. Dit resultaat is echter onzeker. Deze maatregel kan buiten de onttrekkingsperiode wateroverlast veroorzaken. Bovendien is regelmatig terugkerend onderhoud van de kanaalbodem noodzakelijk.

-
- door water aan te voeren vanuit het kanaal naar een gebied rond de onttrekkingsputten kan mogelijk aan de gestelde eis worden voldaan (80% geïnfilteerd kanaalwater in de totale onttrekkingshoeveelheid). Er zal wateraanvoer moeten plaatsvinden naar gebied met een oppervlakte van 25 ha. De drainageweerstand (of infiltratieweerstand) van het slotenstelsel in dit gebied dient zeer laag te zijn (50 dagen). Bovendien moet het waterpeil in deze sloten tijdens de onttrekkingsperiode (januari tot en met april) 1 m boven de huidige grondwaterstand worden opgezet. Als het te infiltreren water niet wordt voorgezuiverd is de kans groot dat een lage drainageweerstand niet kan worden gehandhaafd. In dat geval zal intensief onderhoud van het slotenstelsel noodzakelijk zijn om de drainageweerstand voldoende laag te kunnen houden. De technische haalbaarheid van dit systeem is sterk afhankelijk van de intredeweerstand van de infiltratiesloten. Om hierover een uitspraak te kunnen doen zal een langdurige proef met een infiltratiesloot moeten worden uitgevoerd.

4. INVENTARISATIE GEOHYDROLOGISCHE GEGEVENS (SUBREGIONAAL)

4.1. Geologie en geohydrologische schematisatie

De geologie van de omgeving van het Geestersche Stroomkanaal kan vrij goed worden beschreven op basis van diverse boringen in de omgeving en tevens op basis van gegevens uit literatuur en andere door BRON₂ uitgevoerde onderzoeken (met name de studies 'Tubbergen' en 'Brucht'). De geologische kaart van het kaartblad 280ost/29 was ten tijde van de uitvoering van deze inventarisatie nog niet beschikbaar, maar is in oktober 1993 worden gepubliceerd.

Op KAART 1 zijn de lokaties weergegeven van boringen met bruikbare boorbeschrijvingen. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in BIJLAGE 1. Boring GE93P1 is in 1993 in opdracht van de WMO uitgevoerd op het perceel ten zuiden van het Geestersche Stroomkanaal. De boring heeft een diepte van 37 m. Circa 1 km ten westen van dit perceel is de RGD-boring 28E56 geplaatst met een diepte van 79 m. In TABEL 1 is een overzicht gegeven van de ter plaatse van boring 28E56 voorkomende formaties. In deze paragraaf worden de formaties in volgorde van ouderdom besproken en wordt een schematisatie gemaakt. Deze geohydrologische schematisatie is tevens weergegeven in de geohydrologische profielen A-A' en B-B' (zie FIGUREN 1 en 2 en KAART 1).

In het Mioceen (Boven-Tertiair) zijn in een kustnabij milieu mariene glauconiethoudende fijne zanden en fijnzandige kleien van de Formatie van Breda in het onderzoeksgebied afgezet. De top ervan bestaat uit enkele meters matig fijn lemig zand met daaronder een dik pakket van siltige kleien en lemen. De bovenkant van het klei- en lempakket ligt bij boring 28E56 op 52,5 m onder maaiveld, ofwel circa NAP-44 m. De top van de Formatie van Breda helt van oost naar west omlaag met een helling van circa 6 m/km (zie FIGUUR 1). De top van de Formatie van Breda vormt de geohydrologische basis van het systeem. Enkele kilometers zuidwestelijk van boring 28E56 zou de hydrologische basis, in afwijking van de normale oost-west helling, volgens Haak (1985) relatief ondiep zijn gelegen (zie FIGUUR 2).

In de laatste periode van het Boven-Tertiair, het Pliocen, werden in het onderzoeksgebied door oostelijke rivieren matig fijne tot matig grove zanden van de Formatie van Scheemda afgezet. In deze periode bevond de kustlijn zich niet ver ten westen van het onderzoeksgebied.

TABEL 1: STRATIGRAFIE, LITHOLOGIE EN GEOHYDROLOGISCHE TYPERING

GEOLOGISCHE FORMATIE (type afzetting)	LITHOLOGIE	NIVEAU BIJ 28E56 (m tov NAP)	GEOHYDRO- LOGISCHE TYPERING
FORMATIE VAN TWENTE (fluvio-periglaciale en eolische afzettingen)	al dan niet lemige fijne tot matig grove zanden	11 tot 8	
FORMATIE VAN DRENTE (fluvioglaciale afzettingen)	matig fijne tot zeer grove grindhoudende zanden	8 tot 1	le water- voerende pakket
FORMATIE VAN URK (fluviatiele afzettingen)	bruine, matig grove tot zeer groe grindhoudende zanden		
FORMATIE VAN ENSCHEDE (fluviatiele afzettingen)	grijswitte, matig grove tot zeer grove grindhoudende zanden	1 tot -17	
FORMATIE VAN SCHEEMDA (fluviatiele en kustnabije afzettingen)	matig fijne, overwegend grindarme witte kwartszanden	-17 tot -41	
FORMATIE VAN BREDA (mariene afzettingen)	glauconiethoudende fijne lemige zanden en zandige kleien	-41	slecht doorlatende basis

In het Onder-Pleistoceen verplaatste de kustlijn zich verder naar het westen en werden door oostelijke rivieren matig grove tot zeer grove grindhoudende zanden van de Formatie van Enschede afgezet en later van de Formatie van Urk.

In het Midden-Pleistoceen kwam het onderzoeksgebied te liggen in de invloedssfeer van de uit het noorden oprukkende landijsmassa's. Perioden van glacialen (grote verbreiding landijs) en interglacialen (terugtrekking landijs) volgden elkaar op.

Tijdens het Saalien reikte het landijs tot in Nederland. Door de beweging en laterale druk van het landijs zijn stuwwallen gevormd en valleien uitgeschuurd in de reeds aanwezige afzettingen. In deze periode werden in verschillende fases de stuwwallen van de Veluwe, de Overijsselse Heuvelrug en van Oost-Nederland gevormd. De onderzoekslokatie bij het Geestersche Stroomkanaal wordt omringd door een aantal van deze stuwwallen:

- de stuwwal van Tubbergen, opgestuwd vanuit het oosten, gelegen op circa 7 km zuidoostelijk van de lokatie;
- de stuwwal van Ootmarsum, opgestuwd vanuit het oosten, gelegen op circa 12 km oostelijk van de lokatie;
- de stuwwal van Forst Bentheim in Duitsland, opgestuwd vanuit het noorden, gelegen op circa 10 km noordelijk van de lokatie;
- de stuwwal van Kloosterhaar-Sibculo, opgestuwd vanuit het noordwesten, gelegen op circa 6 km noordwestelijk van de lokatie.

Als gevolg van de landijsbedekking zijn diverse afzettingen in de omgeving van de onderzoekslokatie neergelegd die worden gerekend tot de Formatie van Drente:

- keileem, onder het landijs gevormde afzettingen (grondmorene), veelal bestaande uit zavel met veel zand, grind en stenen. Waarschijnlijk was de gehele omgeving van de onderzoekslokatie met dit materiaal bedekt, maar een belangrijk deel ervan is door erosie verdwenen (zie ook KAART 3);
- smeltwaterafzettingen ontstaan in een smeltwatertunnel (esker), bestaande uit grof grindhoudend zand, gelegen in een strook van enkele kilometers breed tussen Bruinehaar en Almelo. Het materiaal van deze esker ligt op de onderzoekslokatie op een niveau van circa NAP+1 tot NAP+8 m. De top is door erosie verdwenen.

Na de ijstijd begon een langdurige warme periode, het Eemien. Uit deze periode zijn geen afzettingen in het onderzoeksgebied bekend.

Op het Eemien volgde een nieuwe koude periode: het Weichselien. Doordat er weinig begroeiing voorkwam kon er op grote schaal winderosie optreden. Dit leidde op grote schaal tot het afzetten van dekzanden (Formatie van Twente).

In het meest recente geologische tijdvak, het Holoceen, konden onder invloed van de hogere temperaturen en de stijgende grondwaterstanden op het dekzand dikke hoogveenpakketten ontstaan (Formatie van Grientsveen), met name in het gebied tussen Almelo en Sibculo en rond Manderveen.

In de loop van de laatste twee eeuwen zijn deze veenpakketten grotendeels afgegraven, met uitzondering van de Engbertsdijks-venen.

Alle afzettingen boven de Formatie van Breda kunnen als één watervoerend pakket worden beschouwd, waarbinnen over het algemeen geen slecht doorlatende pakketten van betekenis voorkomen. Uitzonderingen hierop zijn lokaties waar keileem in de ondergrond voorkomt, zoals bij Bruinehaar. Deze keileem heeft echter een beperkte verbreiding.

Het watervoerende pakket is vrijwel overal freatisch. Een uitzondering hierop zijn de gebieden waar restvenen voorkomen, die daar een semi-permeabele deklaag vormen. Dit is met name het geval in de Engbertsdijksvenen.

4.2. Geomorfologie en bodem

Het gebied rondom de onderzoekslokatie kan worden onderverdeeld in drie geomorfologische hoofdeenheden (zie KAART 3):

- veenkoloniale ontginningsvlakten met veenresten, gelegen westelijk van de onderzoekslokatie;
- grondmorenevlakte bedekt met dekzand, gelegen zuidelijk en oostelijk van de onderzoekslokatie. Dit gebied wordt doorsneden door enkele beekdalén. Tevens omvat het de lage stuwwal van Tubbergen, restanten van de esker Bruinehaar-Almelo en enkele dekzandruggen;
- dekzandvlakte die is vervlakt door veenvorming en door erosie en sedimentatie van kleine beken, zuidelijk en noordoostelijk van de lokatie, die daarvan zelf deel uitmaakt.

In de veenkoloniale ontginningsvlakte overheersen de bodemtypes veengronden (met voornamelijk grondwatertrappen II en III), moerige podzolgronden (met grondwatertrappen III, III* en VI) en humuspodzolgronden (voornamelijk grondwatertrap VI).

Op de grondmorenevlakte liggen voornamelijk enkeerdgronden (grondwatertrappen VI en VII), beekerdgronden (grondwatertrap III*) en venige beekdalgronden (grondwatertrap III*).

De dekzandvlakte wordt overheerst door humuspodzolgronden, met voornamelijk grondwatertrap VI, en moerige podzolgronden met grondwatertrap III*. Noordoostelijk van de onderzoekslokatie komen ook beekerdgronden voor met grondwatertrap III*.

4.3. Waterhuishouding

In de vorige eeuw werd het op KAART 3 aangegeven gebied "dekzandvlakte vervlakt door veen en overstromingsmateriaal" doorstroomd door enkele van het noordoosten naar het zuidwesten stromende beken, waarvan de Broekbeek en de Geestersche Molenbeek de belangrijkste zijn (KAART 4). Deze beken werden gevoed door de stuwwallen van Ootmarsum en Forst Bentheim, uit de hoogvenen in het westen en vanuit het gebied rond Tubbergen. Het water werd afgevoerd in zuidwestelijke richting via de Geestersche Molenbeek naar de Aa (direct ten noorden van Almelo), die daar uitmondde in de Regge.

In verband met de ontginning van het hoogveen werden enkele kanalen gegraven, waarvan voor dit onderzoek het Geestersche Stroomkanaal en de Verbindingsleiding (zie KAART 4) de belangrijkste zijn. Beide kanalen voeren het water van de Itterbeek, de Broekbeek en de Geestersche Molenbeek nu in westelijke richting af naar het Overijssels Kanaal.

Ook de afwatering van het gebied direct ten zuiden van het Geestersche Stroomkanaal is ingrijpend veranderd. Dit gebied watert via een aantal kleine kunstmatige waterlopen af richting Vriezenveen.

Alle hoofdwaterlopen in het onderzoeksgebied zijn kunstmatig of zijn in hoge mate genormaliseerd, hetgeen blijkt uit rechte tracés en uniforme profielen. De waterstanden worden gereguleerd door een groot aantal beweegbare stuwen, schotbalkstuwen en drempels. In verband met dit onderzoek is op twee momenten een groot aantal oppervlaktewaterpeilen gemeten, namelijk op 9 juli 1993 (oriënterende veldverkenning, zie KAART 5) en op 7 en 8 december 1993 (momentopname, zie BIJLAGE 3).

Tijdens de veldverkenning kon worden geconstateerd dat ondanks het relatief droge voorjaar de waterlopen direct ten noorden van de onderzoekslokatie nog volop water afvoerden. Ook door de Itterbeek, de Broekbeek en dus het Geestersche Stroomkanaal werd nog water afgevoerd.

De waterlopen direct zuidelijk van de onderzoekslokaties voerden echter vrijwel geen water meer af en stonden hier en daar droog.

4.4. Het Geestersche Stroomkanaal

Tot halverwege de jaren '80 waren het Geestersche Stroomkanaal en de Verbindingsleiding vanaf het punt waar de Itterbeek en de Broekbeek samenkomen volledig van elkaar gescheiden door een kade. Op dit punt bevonden zich in beide waterlopen stuwen (of drempels). Men heeft de kade echter afgegraven tot juist ten westen van de onderzoekslokatie (punt A op KAART 4). Het vrijgekomen materiaal is op de zuidelijke oever van het kanaal gedeponeerd.

Thans wordt het Geestersche Stroomkanaal op lokatie A gesplitst in twee waterlopen: de Verbindingsleiding en het Geestersche Stroomkanaal. Op dat punt is in beide waterlopen een cascade geplaatst. In FIGUUR 4 zijn enkele dwarsprofielen gegeven van deze waterlopen benedenstrooms van de cascades. De huidige breedte van het kanaal bovenstrooms van de cascades bedraagt circa 16 m. De bodembreedte is daar circa 9 m (zie FIGUREN 5 en 6). De lokaties van de profielen staan op KAART 2.

Op 9 juli 1993 was het waterpeil van het Geestersche Stroomkanaal direct bovenstrooms van de cascades NAP+11,2 m. Het peil benedenstrooms was NAP+10,0 m (zie KAART 5). Tussen het kanaal en de onderzoekslokatie (nabij waarnemingsput GE93P1) is een kwelsloot waarin op dat moment water stond op een peil van NAP+10,5 m. Of water uit de kwelsloot naar elders werd afgevoerd kon niet worden geconstateerd. Indien dit het geval was waren het zeker geen grote hoeveelheden.

De afvoer van het Geestersche Stroomkanaal wordt ter plaatse van de cascades niet gemeten. Het waterschap Regge en Dinkel heeft daar wel een meetvoorziening gepland. Uit afvoermetingen van het Geestersche Stroomkanaal bij Westerhaar-Vriezenveensewijk (5,5 km stroomafwaarts) heeft het waterschap voor de periode juni 1991 tot juli 1992 de afvoer bij de onderzoekslokatie geschat. Deze schatting is gebaseerd op de verhouding van de oppervlakten van de stroomgebieden die afwateren via Westerhaar-Vriezenveensewijk en via het Geestersche Stroomkanaal bij de onderzoekslokatie. De resultaten zijn weergegeven in FIGUUR 7. Over de periode 1 juli 1991 tot 30 juni 1992 bedroeg de gemiddelde afvoer 34.000 m³/dag. Tijdens de maanden waarin in de toekomst water wordt gewonnen (januari tot en met april) was dit 54.000 m³/dag. Zowel in 1991 als in 1992 stagneerde de afvoer tijdens de zomerperiode gedurende enige tijd volledig.

1991 en 1992 waren relatief droge jaren met een grondwateraanvulling van respectievelijk 0,4 en 0,6 mm/dag. Dit is beduidend lager dan de gemiddelde grondwateraanvulling (circa 0,8 mm/dag). De winter van 1991 op 1992 was eveneens relatief droog. Daaruit kan worden geconcludeerd dat de gemiddelde afvoer van het Stroomkanaal in normale jaren groter is en dat ook de afvoer in de periode januari-april in normale jaren groter zal zijn dan in de bemeten periode 1991-1992. De volledige stagnatie van de afvoer aan het eind van het groeiseizoen komt echter waarschijnlijk ook in normale jaren voor.

4.5. Grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten

Van alle beschikbare waarnemingsputten in de omgeving van de onderzoekslokatie (zie KAART 1) zijn de stijghoogtemetingen uit de periode 1980-1993 opgevraagd uit het archief van IGG-TNO. De metingen zijn weergegeven in de vorm van tijdstijghoogtelijnen in de FIGUREN 8 tot en met 20. Het betreft voor het merendeel landbouwbuizen. Omdat in het onderzoeksgebied geen semi-permeabele pakketten of deklagen van betekenis voorkomen kunnen de metingen in landbouwbuizen representatief worden geacht voor het watervoerende pakket. De putten met min of meer complete meetreeksen worden hier kort besproken.

In de directe omgeving van de onderzoekslokatie liggen de landbouwbuizen 28EL5 (FIGUUR 10) en 28EL36 (FIGUUR 15). De grondwaterstand in beide putten vertoont relatief kleine seizoensfluctuaties, hetgeen duidt op een kleine drainageweerstand en dus een grote invloed van het oppervlaktewater op de grondwaterstanden. Bij beide putten is er sprake van een discontinuïteit in de tijdstijghoogtelijn. Bij put 28EL5 was er tot 1987 nog sprake van seizoensfluctuaties van 0,5 tot 1 m. Daarna is er waarschijnlijk sprake van een wijziging in de waterhuishouding: het water afkomstig uit het gebied ten oosten van de Engbertsdijksvenen wordt hier in de zomer fors opgestuwd, zodat de grondwaterstand in de zomer vrijwel gelijk blijft aan die in de winter. Voor de discontinuïteit bij landbouwbuis 28EL36 is geen verklaring.

Landbouwbuis 28EL37 (FIGUUR 16) ligt tussen de Broekbeek en de Geestersche Molenbeek. De grondwaterstand vertoont hier een relatief grote jaarlijkse fluctuatie van 1 tot 1,5 m.

De grondwaterstand in landbouwbuis 28EL2 (FIGUUR 9) vertoont een seizoensfluctuatie van circa 1 m. Verder kan er een reactie worden gezien op langduriger trends in het neerslagoverschot. Na de relatief natte jaren 1987 en 1988 daalt de gemiddelde grondwaterstand ongeveer een halve meter in de droge jaren 1989 tot en met 1992. Dit verschijnsel doet zich bij waarnemingsput 28EP32 (FIGUUR 18), gelegen op de esker van Bruinehaar nog sterker voor. Dit duidt op een traag reagerend geohydrologisch systeem met een beperkte invloed van het oppervlaktewater op de grondwaterstand.

4.6. Grondwaterstroming

Van de in de vorige paragraaf besproken grondwaterstanden en stijghoogten zijn de gemiddelde waarden bepaald van het eerste en het derde kwartaal van 1991. Op basis van deze gemiddelden, aangevuld met schattingen van de grondwaterstanden bij andere waarnemingsputten zijn globale isohypsenkaarten vervaardigd voor respectievelijk een wintersituatie (KAART 6) en een zomersituatie (KAART 7). Bij het maken van deze kaarten is tevens rekening gehouden met de oppervlaktewaterpeilen gemeten op 9 juli 1993 (zie KAART 5).

De grondwaterstroming verloopt globaal van noordoost naar zuidwest met een gemiddeld verhang van circa 1,1 m/km. Zuidoostelijk van de onderzoekslokatie is het verhang enigszins groter (1,3 m/km) en noordwestelijk enigszins kleiner (1 m/km).

Opvallend in het isohypsenbeeld is de relatief lage grondwaterstand in het gebied direct noordelijk van de onderzoekslokatie. Dit isohypsenbeeld duidt op een forse drainerende werking van het daar aanwezige oppervlaktewater. Op isohypsenkaarten van het modelonderzoek van de Engbertsdijksvenen (Ganzevles en Janmaat, 1987) wordt dit beeld ook gegeven.

De grondwaterstand bij waarnemingsput GE93P1 (op de onderzoekslokatie) is geschat op NAP+10,6 m in de winter en NAP+10,4 m in de zomer. Op 9 juli 1993 was de grondwaterstand er NAP+10,5 m. Dit is beduidend lager dan het peil van het Geestersche Stroomkanaal bovenstrooms van de cascade (NAP+11,2 m) maar hoger dan het peil benedenstrooms (NAP+10,0 m). Vooralsnog kan worden geconcludeerd dat het Geestersche Stroomkanaal bovenstrooms van de cascade over een lengte van circa 1 km permanent infiltreert en benedenstrooms van de cascade over een lengte van circa 1,5 km permanent draineert.

5. ORIËTERENDE MODELBEREKENINGEN

5.1. Opzet rekenmodel

De WMO stelt zich ten doel nabij het Geestersche Stroomkanaal, bovenstrooms van de cascades (lokatie A op KAART 4) oeverfiltraat te winnen. De winning van oeverfiltraat langs het Geestersche Stroomkanaal veroorzaakt de volgende veranderingen in de grondwaterbalans:

- vergroting van infiltratie uit het Geestersche Stroomkanaal;
- verkleining van drainage door het Geestersche Stroomkanaal;
- vergroting van de infiltratie uit overige waterlopen in de omgeving;
- verkleining van de drainage door overige waterlopen in de omgeving.

De Provincie heeft als eis gesteld dat de vergroting van de infiltratie en de verkleining van de drainage van het kanaal tenminste 80% dient te bedragen van de totale winningshoeveelheid. Het winningssysteem dient zodanig te worden ontworpen dat aan deze eis wordt voldaan.

De meest eenvoudige win-techniek is winning van grondwater uit een rij pompputten op korte afstand van het kanaal. Om de problematiek te kunnen verkennen is voor dit type winning een eenvoudig niet-stationair numeriek grondwatermodel gemaakt. Het model is gebaseerd op het superpositiebeginsel, dat wil zeggen dat de veranderingen in het grondwatersysteem als gevolg van ingrepen worden berekend ten opzichte van de bestaande situatie. Het modelschema is weergegeven in FIGUUR 21.

Het model is gebouwd met Modflow. Het heeft een totale omvang van 74 kolommen en 64 rijen en beslaat een oppervlakte van 12000 bij 10000 m². De rekencellen hebben een omvang van 50 bij 4 m nabij het kanaal en de winning tot 250 bij 250 m op de randen van het model.

In dit model zijn schematisch de belangrijkste randvoorwaarden aangebracht, waarbij de topografie sterk is geschematiseerd (zie ook KAART 8 en OVERLAY 1):

- het kanaal met overal gelijke breedte B en gelijke intredeweerstand c_{in} en een constant peil op referentieniveau 0;
- rij van 14 pompputten met een onderlinge afstand van 50 m op een variabele afstand van het kanaal. De totale onttrekkingshoeveelheid varieert in de tijd zoals weergegeven in FIGUUR 22;
- de kleinere waterlopen in de omgeving van het kanaal zijn gemodelleerd met behulp van een lineaire gebiedsontwateringsfunctie met één constante drainageweerstand W en een peil op referentieniveau 0.

Dit model geeft de werkelijkheid slechts zeer globaal weer. De resultaten dienen ook als zodanig te worden beschouwd. De belangrijkste afwijkingen van het model ten opzichte van de werkelijkheid zijn:

- topografie;
- constante drainageweerstand, terwijl mag worden verondersteld dat deze in de zomerperiode belangrijk groter kan zijn dan in de winterperiode;
- gelijke intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal boven en onder de cascade.

5.2. Schatting relevante parameterwaarden

Het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket (kD). In de directe omgeving van de lokatie zijn geen pompproeven uitgevoerd. In de Grondwaterkaart (Aelmans, 1974) wordt een kD-waarde van circa 500 m²/dag gegeven, maar deze waarde is weinig betrouwbaar. In het model voor winplaats Brucht (Luijendijk, 1993) wordt 1250 m²/dag gehanteerd. Bij boring Ge93P1 zijn van het gehele boortraject 40 zandmonsters genomen, waarvan zeefanalyses zijn gemaakt (Van Es-Rossmark B.V., 1993). Voor dit onderzoek is door middel van de zogenaamde U-cijfer methode de k-waarde van elk zandmonster berekend (BIJLAGE 1), waarna een kD-waarde kon worden bepaald van 1400 m²/dag. In het rekenmodel is aangehouden $kD = 1250 \text{ m}^2/\text{dag}$.

De elastische bergingscoëfficiënt S $S = 2 \cdot 10^{-3}$.

De freatische bergingscoëfficiënt S $S = 0,2$.

De drainageweerstand (W) kan worden berekend met de formule van Ernst. Bij een kD van $1250 \text{ m}^2/\text{dag}$, een slootafstand van 300 m, een slootbreedte van 1 m en een intredeweerstand van 1 dag volgt: $W = 300$ dagen.

De intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal (c_{in}). Bovenstrooms van de cascade is deze moeilijk te schatten. Het relatief hoge peil (circa 70 cm boven de grondwaterstand) heeft infiltratie tot gevolg, hetgeen tot uiting zou moeten komen in het isohypsenbeeld indien er sprake is van een kleine intredeweerstand.

Bij een intredeweerstand $c_{in} = 1$ dag bedraagt de infiltratie bovenstrooms van de cascade naar schatting $6000 \text{ m}^3/\text{dag}$, hetgeen bij $kD=1250 \text{ m}^2/\text{dag}$ en $W=300$ dagen moet leiden tot een opbolling van de grondwaterspiegel van 0,7 tot 1 m.

Bij een intredeweerstand $c_{in} = 100$ dagen bedraagt de infiltratie bovenstrooms van de cascade circa $60 \text{ m}^3/\text{dag}$, hetgeen bij $kD=1250 \text{ m}^2/\text{dag}$ en $W=300$ dagen moet leiden tot een opbolling van de grondwaterspiegel van circa 1 cm.

Omdat het isohypsenbeeld niet wijst op een opbolling van de grondwaterstand door het kanaal van meer dan een decimeter moet de intredeweerstand boven de cascade worden geschat op tenminste 10 dagen. Dit is in overeenstemming met intredeweerstanden die elders bij geohydrologisch onderzoek worden gevonden voor permanent infiltrerende waterlopen.

In het rekenmodel is uitgegaan van $c_{in}=25$ dagen. Er is geen rekening gehouden met de waarschijnlijk lagere intredeweerstand benedenstrooms van de cascade.

5.3. Berekende verlagingen van de grondwaterstand

Als gevolg van het starten van de winning van oeverfiltraat op 1 januari in een toekomstig jaar met een debiet van 11.000 m³/dag treedt er een verlaging van de grondwaterstand op. Het verloop van de berekende verlagingen van de grondwaterstand ten opzichte van de situatie zonder winning is voor vier lokaties weergegeven in de FIGUREN 23 en 24. In beide figuren is tevens de gevoeligheid weergegeven van de berekende verlagingen voor de intrede-weerstand van het kanaal. Op een afstand van 130 m zuidelijk van het kanaal (circa 115 m van de puttenrij) neemt de verlaging toe tot circa 1,60 m op 30 april. Op 550 m van het kanaal (535 m van de puttenrij) is de grondwaterstandsverlaging op 1 april circa 0,50 m. Noordelijk van het kanaal zijn de berekende verlagingen iets kleiner, voornamelijk als gevolg van de iets grotere afstand tot de pompputten.

Op 1 mei wordt de onttrekking verminderd tot circa 300 m³/dag. Als gevolg daarvan zullen de grondwaterstanden vanaf dat moment weer gaan stijgen.

Op de KAARTEN 9, 10 en 11 is de berekende verlaging van de grondwaterstanden weergegeven op respectievelijk 30 april, 31 augustus en 31 december. Deze kaarten zijn globaal te vergelijken met de topografie met behulp van OVERLAY 1. De 5 cm verlagingslijn strekt zich op 1 april uit tot de rand van de Engbertsdijksvenen.

Opvallend is dat in het verlagingspatroon van 30 april vrijwel geen compenserende werking van het Geestersche Stroomkanaal is te herkennen. Dit is te wijten aan de relatief hoge intrede-weerstand van het kanaal.

Er zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor een aantal parameters. De resultaten zijn gepresenteerd in de vorm van kaarten voor de grondwaterstandsverandering op 1 april. Het betreft de volgende parameters:

- de afstand tussen de winningsmiddelen en het kanaal (KAART 12)
- k_D (KAART 13);
- c_{in} (KAARTEN 14 en 15);
- drainageweerstand W (KAART 16).

Uit de gevoeligheidsanalyses kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- de berekende verandering van de grondwaterstand is bij de gehanteerde intredeweerstand $c_{in} = 25$ dagen ongevoelig voor de afstand tussen kanaal en winningsmiddelen (KAART 12). Bij waarden voor c_{in} kleiner dan 10 dagen is dit waarschijnlijk niet het geval;
- de berekende grondwaterstandsverandering is weinig gevoelig voor kD (KAART 13)
- de berekende grondwaterstandsverandering is zeer gevoelig voor de waarde van de intredeweerstand van het kanaal. Bij waarden voor c_{in} kleiner dan 10 dagen kan een belangrijke reductie van de verlagingen optreden (KAART 15). Bij waarden voor c_{in} groter dan 10 dagen wordt de grondwaterstandsverlaging ongevoelig voor c_{in} (KAART 14);
- de drainageweerstand W heeft een belangrijke invloed op de spreiding van de verlagingen naar de ruime omgeving;

5.4. Berekende verandering van de waterbalanstermen

In FIGUUR 25 is het verloop in de tijd weergegeven van de volgende berekende stromingsveranderingen ten opzichte van de situatie zonder winning:

- verandering stroming naar de winning van oeverfiltraat;
- verandering stroming van/naar berging;
- verandering stroming van/naar Geestersche Stroomkanaal;
- verandering stroming van/naar overige waterlopen.

In de periode januari tot en met april is de stroming naar de winning constant 11.000 m³/dag. Dit water wordt in eerste instantie geleverd uit berging (100%). Na verloop van tijd neemt de stroming uit berging af tot 16% op 30 april. Hieruit kan worden geconcludeerd dat op 30 april nog geen stationaire situatie is ontstaan. De hoeveelheid water die uit waterlopen wordt geleverd neemt toe van 0 tot 84% op 30 april. Op 30 april komt slechts een klein deel voor rekening van het Geestersche Stroomkanaal (13%), de rest komt uit overige waterlopen (61%).

Op 1 mei wordt de onttrekkingshoeveelheid verminderd tot 300 m³/dag. De verlagingskegel die is ontstaan wordt weer opgevuld, zodat er dus water gaat stromen naar berging. In eerste instantie is dit veel, maar deze hoeveelheid neemt geleidelijk af. De benodigde hoeveelheid water wordt weer geleverd door het Geestersche Stroomkanaal en de overige waterlopen.

In FIGUUR 26 zijn de berekende stromingen cumulatief weergegeven als fractie van de totale jaaronttrekking van 1,4 miljoen m³. Op 1 april is ruim 90% van de onttrekkingshoeveelheid opgepompt. Dit water is op dat moment voor ruim 50% afkomstig van het overige oppervlaktewater, voor 30% uit berging en voor 10% uit het Geestersche Stroomkanaal. Aan het einde van het jaar is de onttrokken hoeveelheid voor 14% afkomstig van het Geestersche Stroomkanaal en voor 86% uit het overige oppervlaktewater. De bergingsverandering over het gehele jaar is uiteraard 0.

Dit resultaat moet worden gezien in het licht van de door de Provincie gestelde eis: de vergroting van de infiltratie en de verkleining van de drainage van het Geestersche Stroomkanaal dient tenminste 80% te zijn van de totale winningshoeveelheid. Aan deze eis wordt bij de in het model gehanteerde parameterwaarden absoluut niet voldaan.

Door middel van gevoeligheidsanalyses is onderzocht welke parameters van belang zijn voor de hoeveelheid water dat afkomstig is uit het Geestersche Stroomkanaal. De resultaten zijn weergegeven in grafieken voor gesommeerde waterbalanstermen tegen de tijd. Het betreft de volgende parameters:

- de afstand tussen winningsmiddelen en kanaal (FIGUUR 27);
- k_D (FIGUUR 28);
- c_m (FIGUREN 29 en 30);
- drainageweerstand W (FIGUUR 31).

Over het de gevoeligheid van de hoeveelheid water afkomstig uit het Geestersche Stroomkanaal kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- de hoeveelheid is bij de gehanteerd intredeweerstand van 25 dagen vrijwel ongevoelig voor de afstand tussen kanaal en winningsmiddelen (FIGUUR 27). Bij waarden voor c_m kleiner dan 10 dagen is dit waarschijnlijk niet het geval;
- de hoeveelheid is weinig gevoelig voor k_D (FIGUUR 28);
- de hoeveelheid is zeer gevoelig voor de waarde van de intredeweerstand van het kanaal. Bij $c_m=100$ dagen levert het Geestersche Stroomkanaal slechts 4% van het water, bij $c_m=25$ dagen ongeveer 14% en bij $c_m=5$ dagen circa 43% (FIGUUR 29). Indien de intredeweerstand 1 dag bedraagt, hetgeen alleen het geval kan zijn bij permanent drainerende delen van het kanaal neemt het aandeel toe tot circa 78% (FIGUUR 30);
- de hoeveelheid water uit het kanaal is matig gevoelig voor de regionale drainageweerstand W (FIGUUR 31).

5.5. Conclusies ten aanzien van het onderzoeksprogramma

Uit het voorgaande kan worden op de eerste plaats worden geconcludeerd dat alle effecten die de winning van oeverinfiltraat veroorzaakt sterk niet-stationair van karakter zijn. Dit wordt uiteraard veroorzaakt door het niet-stationaire karakter van de winning. Niet alleen de veranderingen van de grondwaterstanden variëren in de tijd, hetzelfde geldt voor de grondwaterstroming en de aandelen van de verschillende waterbalanstermen in de winning.

Om de aandelen van de verschillende componenten van het systeem in de winning te kunnen bepalen dient onderzoek te worden gedaan naar de volgende parameterwaarden:

- de intredeweerstand van het kanaal (c_m) dient op en rond de lokatie zo nauwkeurig mogelijk bekend te zijn;
- de regionale drainageweerstand W dient redelijk goed bekend te zijn.

Voor het bepalen van de verlagingen van de grondwaterstand in de omgeving zijn dezelfde parameters van belang.

Eén van de concrete vragen rond dit onderzoek was: bestaat er een eenvoudige methode, gebaseerd op grondwaterstandsmetingen, voor het bepalen van het aandeel van de extra infiltratie uit het Geestersche Stroomkanaal in de winning van oeverinfiltraat. Dit aandeel varieert in principe in de tijd, zoals blijkt uit FIGUUR 25. De momentane situatie op 30 april lijkt echter een redelijk beeld te geven van de gemiddelde situatie over het gehele jaar. Indien men de intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal goed kent kan de hoeveelheid extra uit het Geestersche Stroomkanaal infiltrerend water worden berekend uit het verschil tussen de gemiddelde stijghoogte onder het kanaal in een situatie zonder en een situatie met winning.

Gezien het bovenstaande is besloten de intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal door middel van veldwerk vast te stellen. Als onderzoeksmethode is gekozen voor de uitvoering en interpretatie van een geohydrologische momentopname (isohypsenkaart). Hiervan wordt verslag gedaan in BIJLAGE 3.

6. MOGELIJKHEDEN VOOR WINNING VAN OEVERFILTRAAT

6.1. Inleiding

Uit de uitgevoerde geohydrologische momentopname (BIJLAGE 3) zijn de volgende waarden voor de intredeweerstand van het Geestersche Stroomkanaal bepaald:

- benedenstrooms van de cascade: $c_{in} = 5$ dagen
betrouwbaarheidsinterval: $c_{in} = 1$ tot 10 dagen
- bovenstrooms van de cascade: $c_{in} = 30$ dagen
betrouwbaarheidsinterval: $c_{in} > 10$ dagen

Een eventuele winning van oeverfiltraat zal aan de bovenstroomse kant van de cascade worden gesitueerd. Bij de oriënterende modelberekeningen (hoofdstuk 4) werd uitgegaan van een intredeweerstand van 25 dagen, zowel bovenstrooms als benedenstrooms van de cascade.

Dat betekent dat de berekeningsresultaten in hoofdstuk 4 in essentie juist zijn: zonder verdere maatregelen zal het water dat door middel van een rij pompputten langs het Geestersche Stroomkanaal wordt gewonnen voor 15% afkomstig zijn van het kanaal en voor 85% uit het overige oppervlaktewater. Rekening houdend met onzekerheden van bodemparameters kan het aandeel geïnfiltreerd kanaalwater ten hoogste 30% zijn.

Daaruit moet worden geconcludeerd dat zonder compenserende maatregelen de vereiste 80% geïnfiltreerd kanaalwater niet haalbaar is.

In dit hoofdstuk worden de voordelen van enkele compenserende maatregelen globaal gekwantificeerd met behulp van oriënterende modelberekeningen. Het betreft:

- ingreep bij het Geestersche Stroomkanaal;
- wateraanvoer vanuit het kanaal naar een gebied rond de onttrekkingsputten.

6.2 Compensatie door ingreep bij Geestersche Stroomkanaal

Om het percentage geïnfiltreerd kanaalwater in de totale onttrekkingshoeveelheid te verhogen kunnen de volgende maatregelen worden genomen:

- verhoging kanaalpeil;
- verkleining intredeweerstand.

Verhoging kanaalpeil:

Een verhoogd kanaalpeil kan alleen worden gerealiseerd tijdens de onttrekkingsperiode (januari tot en met april), omdat een kanaalpeilverhoging zonder winning waarschijnlijk tot wateroverlast zou leiden. De volgende infrastructurele maatregelen zijn nodig:

- aanleg van een beweegbare stuw ter plaatse van de huidige cascades;
- aanpassing van de kanaaloeveren en mogelijk verhoging van de kanaaldijken.

Uit oriënterende modelberekeningen blijkt dat een verhoging van het kanaalpeil met 0,5 m ten opzichte van het huidige peil leidt tot een toename van het aandeel geïnfiltreerd kanaalwater in de winning met 5% tot circa 20% (zie FIGUUR 32 en TABEL 2). Deze toename is zeer gering, zodat moet worden geconcludeerd dat kanaalpeilverhoging geen efficiënte compenserende maatregel is.

Verkleining van de intredeweerstand van het kanaal:

Door het wegbaggeren van de waterbodem bovenstrooms van de cascades kan de intredeweerstand worden verlaagd. Het is thans onduidelijk hoeveel materiaal moet worden weggehaald om een voldoende afname van de intredeweerstand te realiseren. Een afname tot een waarde van 5 dagen lijkt haalbaar gezien de huidige intredeweerstand benedenstrooms van de cascades. Uit de gevoeligheidsanalyse op de intredeweerstand (FIGUUR 29) volgt dat hiermee een toename van het aandeel geïnfiltreerd kanaalwater in de totale winning tot 45% kan worden bereikt.

Nadeel van deze maatregel is dat de waterbodem als gevolg van het neerslaan van slib waarschijnlijk snel dichtslaan en de intredeweerstand daardoor weer zal toenemen. Regelmatig onderhoud (wegbaggeren waterbodem) is dus onvermijdelijk. Een bijkomend nadeel is het feit dat tijdens perioden waarin geen oeverfiltraat wordt gewonnen er in de nabijheid van het kanaal wateroverlast kan ontstaan.

TABEL 2: OVERZICHT COMPENSERENDE MAATREGELEN:

	Aandeel van (toename) infiltratie kanaal in totale winning	Aandeel van (afname) regionale ontwatering in totale winning
Geen compenserende maatregelen	15% (5% - 30%)	85% (95% - 70%)
Verkleining intredeweerstand kanaal tot 5 dagen	45%	55%
Peilopzet op het kanaal periode januari-april	20%	80%
WATERAANVOER 25 ha drainageweerstand 300 dagen	25%	75%
WATERAANVOER 25 ha drainageweerstand 100 dagen	40%	60%
WATERAANVOER 25 ha drainageweerstand 50 dagen	60%	40%
WATERAANVOER 25 ha drainageweerstand 50 dagen +	75%	25%
Peilopzet wateraanvoergebied 0,5 m periode januari-april		
WATERAANVOER 25 ha drainageweerstand 50 dagen +	80%	20%
Peilopzet wateraanvoergebied 1,0 m periode januari-april		

6.3. Compensatie door wateraanvoer

Door in het gebied rond de geplande winning water uit het kanaal aan te voeren kan het aandeel geïnfiltreerd kanaalwater in de totale winning worden verhoogd. Maatgevende parameters hiervoor zijn:

- het oppervlak waarbinnen wateraanvoer plaatsvindt (de WMO kan thans beschikken over een terrein met een oppervlakte van circa 5 ha);
- de drainageweerstand W (of infiltratieweerstand) van de wateraanvoersloten.

De drainageweerstand van het wateraanvoersysteem wordt voornamelijk bepaald door het percentage watervoerend oppervlak en door de intredeweerstand van de sloten volgens de volgende vergelijking:

$$W = c_{in} / (A_{ow} / A)$$

met:

c_{in} = intredeweerstand van oppervlaktewater;

A_{ow} = watervoerend oppervlak;

A = totale oppervlakte wateraanvoer gebied.

In TABEL 3 is voor enkele combinaties de drainageweerstand berekend.

TABEL 3: DRAINAGEWEERSTAND VAN INFILTRATIESYSTEMEN

Intrede- weerstand	Percentage watervoerend oppervlak		
	5 %	10 %	20 %
5 dagen	W=100 dagen	W= 50 dagen	W= 25 dagen
10 dagen	W=200 dagen	W=100 dagen	W= 50 dagen
20 dagen	W=400 dagen	W=200 dagen	W=100 dagen

Voor het Geestersche Stroomkanaal zijn diverse proefberekeningen gedaan om te verkennen in hoeverre door middel van wateraanvoer een verbetering kan worden bereikt. Daaruit bleek dat een oppervlakte van 5 ha onvoldoende resultaten oplevert en dat tenminste 25 ha nodig is.

Een eerste berekening is gedaan voor een gebied van 25 ha met een stelsel van infiltratiesloten met een drainageweerstand van 300 dagen. Als het waterpeil in deze sloten niet significant wordt verhoogd ten opzichte van de huidige grondwaterstanden zal het percentage geïnfiltriseerd kanaalwater in de totale winning stijgen van 15% tot 25%.

Door een vergroting van het watervoerende oppervlak kan een lagere drainageweerstand worden verkregen. Drainageweerstanden van 100 en 50 dagen leiden tot een verdere toename van het percentage geïnfiltriseerd kanaalwater tot respectievelijk 40% en 60% (zie FIGUUR 33).

Een verdere toename kan worden bereikt door het waterpeil in de infiltratiesloten tijdens de onttrekkingsperiode (januari tot en met april) op te zetten boven de huidige grondwaterstand. Bij een drainageweerstand van 50 dagen leidt een peilopzet van 0,5 m tot een percentage van 75% geïnfiltriseerd kanaalwater in de totale onttrekkingshoeveelheid. Bij een peilopzet van 1 m tenslotte bedraagt het percentage geïnfiltriseerd kanaalwater in de totale winning circa 80% (FIGUUR 34). Een dergelijk systeem voldoet dus aan de gestelde eis.

Dit systeem kan worden vergeleken met het Project Infiltratie Maaskant (PIM) van Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant. Daar wordt een infiltratiegebied ontwikkeld van 200 ha (8 maal groter dan de voor het Geestersche Stroomkanaal geraamde oppervlakte). Het infiltratiegebied bij het PIM heeft een watervoerend oppervlak van 10%. De maximale capaciteit van dit project is 50 miljoen m³/jaar, ofwel 137.000 m³/dag (ruim 12 maal zo groot als de bij het Geestersche Stroomkanaal benodigde capaciteit). De drainageweerstand bij het PIM is nog onbekend.

Men dient bij dit alles in ogenschouw te nemen dat bij infiltratieprojecten als het PIM en bij bestaande infiltratiesystemen in het duinen in West-Nederland gebruik wordt gemaakt van voorgezuiverd water (bijvoorbeeld coagulatie/flocculatie gevolgd door snelle zandfiltratie). Indien men geen voorzuivering toepast is het onvermijdelijk dat de infiltratiesloten na verloop van tijd zullen dichtslaan, zodat de dringeweerstand zal toenemen. Regelmatig terugkerend onderhoud van de sloten door verwijdering van het bovenste deel van de waterbodems zal dus noodzakelijk zijn.

Indien wel voorzuivering wordt toegepast zal de WMO zich moeten afvragen of infiltratie en bodempassage bij het Geestersche Stroomkanaal wel nuttig is. Het te winnen water zal immers worden getransporteerd naar Manderveen/Manderheide om daar nogmaals te worden geïnfiltreerd. In dat geval is het meer doelmatig het voorgezuiverde water rechtstreeks naar Manderveen/Manderheide te transporteren.

LIJST VAN GEBRUIKTE LITERATUUR:

AEHMANS, F.G., (1974)
Grondwaterkaart van Nederland, kaartbladen: 28 Oost (Almelo), 29 (Denekamp), 34 Oost (Enschede) en 35 (Glanerbrug).
Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft.

GANZEVLES, P. EN R. JANMAAT (1987)
Een hydrologisch modelonderzoek naar de waterhuishouding van het natuurreservaat "de Engbertsdijkerven" en zijn omgeving.
Landbouwuniversiteit Wageningen, Wageningen

HAAK, A.M., (1985)
Inventarisatiegegevens in de Provincie Overijssel.
Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft-Oosterwolde.

LUIJENDIJK, J. (1993)
Geohydrologisch onderzoek infiltratie "Tubbergen"
BRON₂ B.V., 's-Hertogenbosch

LUIJENDIJK, J. (1993)
Geohydrologisch onderzoek verplaatsing winplaats Brucht, fase 2: ijking numeriek model.
BRON₂ B.V., 's-Hertogenbosch

STARING CENTRUM, (1992)
Bodemkaart van Nederland, blad 28 Oost-29, Almelo-Denekamp
Staring Centrum, Wageningen

STIBOKA/RGD (1978)
Geomorfologische kaart van Nederland, blad 28 en blad 29, Almelo/Denekamp.
Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

STROET, C.W. (1992)
Pompproef tweede watervoerende pakket Vechterweerd
BRON₂ B.V., 's-Hertogenbosch

STROET, C.W. (1993)
Geohydrologisch onderzoek verplaatsing winplaats Brucht, fase 1: vooronderzoek.
BRON₂ B.V., 's-Hertogenbosch

VAN ES-ROSSMARK B.V. (1993)
Resultaten Grondmechanisch Lab. onderzoek t.b.v. Booronderzoek te Geesteren
Zwolle

