

**Water
naar
't Klooster
dragen**

Monitoring verdrogingsbestrijding

**Water
naar
't Klooster
dragen**

Monitoring verdrogingsbestrijding

J. Willemsen
Terborg, september 1998

INHOUD

INLEIDING	5
1. GEBIEDSBESCHRIJVING	6
1.1. Ligging	6
1.2. Geologie en hydrologie	6
1.3. Hoogteligging en topografie	7
1.4. Bodem en Grondwatertrappen	8
1.5. Verdrogingsbestrijdingsproject 't Klooster	8
2. MONITORING GROND- EN OPPERVLAKTEWATERKWANTITEIT	9
2.1. Regionale grondwaterstroming	9
2.2. Neerslag en verdamping	9
2.3. Tijdstijghoogtereeksen	10
2.4. Invloed van het oppervlaktewater op het grondwater	12
2.5. Infiltratie vanuit het oppervlaktewater	14
2.6. Invloed van de infiltratie op de grondwaterstanden	18
3. CONCLUSIE	20
4. AANBEVELINGEN	21
4.1. Monitoring waterkwantiteit	21
4.2. Optimalisering van de verdrogingsbestrijding	21
4.3. Uitbreiding van de waterinlaat	23
5. LITERATUUR	24
BIJLAGEN	25

LIJST VAN BIJLAGEN

- Bijlage 1: Geologische opbouw
- Bijlage 2: Bodem- en grondwatertrappenkaart
- Bijlage 3: Infiltratiesysteem
- Bijlage 4: Ligging dwarsdoorsnedes
- Bijlage 5: Dwarsdoorsnedes
- Bijlage 6: Berekende grondwaterstandsverlagingen pompstation
- Bijlage 7: Neerslag- en verdampingsgegevens
- Bijlage 8: Reactie van grondwater op nuttige neerslag
- Bijlage 9: Reactie van grondwater op een hevige regenbui
- Bijlage 10: Ligging peilbuizen
- Bijlage 11: Tijdstijghoogtereeksen
- Bijlage 12: Clusters stijghoogtereeksen
- Bijlage 13: Dwarsraaien
- Bijlage 14: Opbolling van de grondwaterstand
- Bijlage 15: Stuwproef
- Bijlage 16: Infiltratieproef
- Bijlage 17: Verhoging grondwatervlak ten gevolge van infiltratie
- Bijlage 18: Double-mass-methode
- Bijlage 19: Optimalisering verdrogingsbestrijding

INLEIDING

Als vervolg op het waterhuishoudingsplan van de provincie Gelderland is binnen het kader van REGIWA- en GeBeVe-regelingen (resp. Regionaal Integraal Waterbeheer en Gebiedsgerichte Bestrijding Verdroging) gestart met een verdrogingsbestrijdingsproject rondom waterwinstation 't Klooster bij Hengelo (Gld.). In het kader van dit project worden maatregelen genomen om gebiedseigen water langer vast te houden en beter te benutten. Hierdoor kan herstel optreden van kwelsystemen die zijn verstoord door onder andere een uitbreiding van de drinkwaterwinning ter plaatse.

In een aantal speciaal voor dit doel aangelegde watergangen wordt water ingelaten, zodat het in de bodem kan infiltreren.

Door het opzetten van een uitgebreid monitoringsnet willen de deelnemende organisaties (Waterschap Rijn en IJssel, Waterbedrijf Gelderland, provincie Gelderland, Dienst Landelijk Gebied en de directie Oost van het ministerie van LNV) inzicht verkrijgen in de effecten van de genomen maatregelen. Voor de duur van 10 jaar zal daarom een monitoringsprogramma worden uitgevoerd. Dit programma beslaat een aantal onderdelen:

1. Grondwaterkwantiteit;
2. Grondwaterkwaliteit;
3. Terrestrische vegetatie;
4. Oppervlaktewaterkwantiteit;
5. Oppervlaktewaterkwaliteit en aquatische natuur.

De voor u liggende rapportage beschrijft de bevindingen met betrekking tot de grond- en oppervlaktewaterkwantiteit die zijn opgedaan in het eerste jaar na de realisatie van de technische maatregelen van het project (zomer 1997 - zomer 1998). Van de overige onderdelen van het monitoringsprogramma zal op korte termijn geen rapportage verschijnen, omdat pas na geruime tijd voldoende bruikbare gegevens zullen zijn verzameld.

Het doel van de kwantiteitsmonitoring was inzicht te verkrijgen in:

1. De mate van infiltratie van het water uit de watergangen;
2. De effecten van de waterinlaat op de waterhuishouding in het projectgebied;
3. Eventueel optredende natschade als gevolg van de waterinlaat

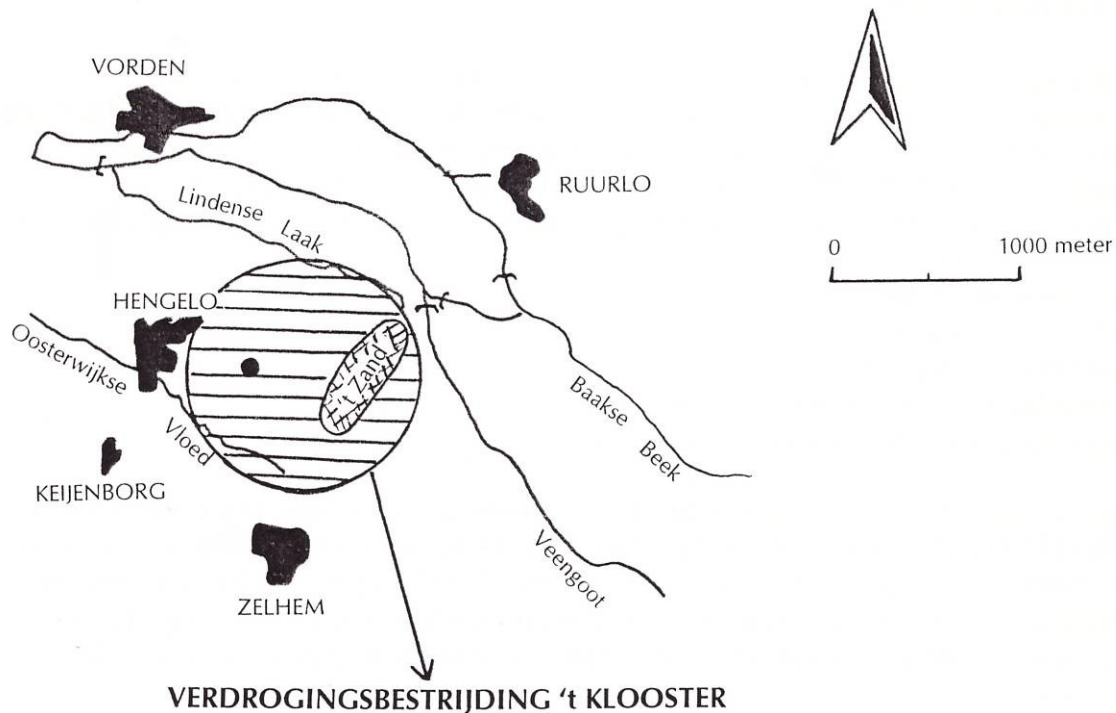
De monitoring is uitgevoerd door een aantal proeven te doen, waarbij veelvuldig gebruik gemaakt werd van zogenaamde 'divers'. Dit zijn drukopnemers die op ieder gewenst tijdsinterval de waterstand in een peilbuis of (na een kleine aanpassing van de meetopstelling) een watergang kunnen waarnemen. Daarnaast is gebruik gemaakt van minimaal tweewekelijks opgenomen grondwaterstanden in een groot aantal peilbuizen, verspreid over het projectgebied.

In dit verslag wordt eerst kort ingegaan op de opbouw van het projectgebied. Kennis van deze opbouw is noodzakelijk om de resultaten van de monitoring goed te kunnen interpreteren. Vervolgens zal worden ingegaan op de eerste resultaten van de monitoring. De monitoring is overigens nog niet afgerond: ook na het verschijnen van dit verslag zal het verzamelen en verwerken van gegevens worden voortgezet. Dit verslag wordt afgesloten met een conclusie en aanbevelingen voor uitbreiding en optimalisering van zowel de monitoring als de verdrogingsbestrijding.

1. GEBIEDSBESCHRIJVING

1.1. Ligging

Het projectgebied 't Klooster ligt in de provincie Gelderland tussen de plaatsen Ruurlo, Zelhem en Hengelo (Gld.) (zie figuur 1). Globaal gezien wordt het projectgebied aan de oostzijde en de noordzijde begrensd door de Veengoot en aan de zuidzijde door de Oosterwijkse Vloed. De plaats Hengelo ligt op de westrand van het projectgebied. In werkelijkheid is deze begrenzing niet zo star als hierboven staat beschreven. Invloeden van het project naar buiten de genoemde grenzen zijn zeer goed mogelijk.



Figuur 1. Ligging van het verdrogingsbestrijdingsproject 't Klooster.

1.2. Geologie en hydrologie

Oost Gelderland is opgebouwd uit drie grote geologische eenheden: het Oost-Nederlands Plateau, het Centrale Bekken en het IJsseldal. Het projectgebied ligt in zijn geheel in het Centrale Bekken, dat bestaat uit een goed doorlatend zandpakket dat in dikte toeneemt van circa 30 meter nabij landgoed 't Zand tot circa 100 meter ten westen van Hengelo. De afzettingen in het zandpakket worden gerekend tot de formaties van Drente, Kreftenheye en Twenthe. Regionaal gezien stroomt het grondwater vanuit het zuidoosten naar het noordwesten. Het verhang is ongeveer 0,75 m/km.

Ter plaatse van landgoed 't Zand bevindt zich in de ondergrond een begraven stuwwal (zie bijlage 1). De stuwwal, die de verbinding vormt tussen de Lochemse berg en het Montferland, bestaat uit fijn- tot grofzandige afzettingen en wordt afgedekt door een laag grof zand. Omtrent de hydrologische barrièrewerking van deze stuwwal bestaat nog veel discussie (medewerkers van het Waterbedrijf Gelderland spreken altijd van "het ding" omdat de preciese invloed van de stuwwal op de grondwaterstroming niet geheel duidelijk is). Het meest aannemelijk is dat de stuwwal, die tussen Ruurlo en Hengelo uit grovere afzettingen bestaat, ter plaatse van het projectgebied geen grote

belemmering voor de grondwaterstroming vormt. Wel is het mogelijk dat de stuwwal als een soort drempel werkt, waardoor het watervoerend pakket ter plaatse van de stuwwal kleiner wordt. Het stromingspatroon van het grondwater kan hierdoor beïnvloed worden (Waterschap IJsselland-Baakse beek, 1996).

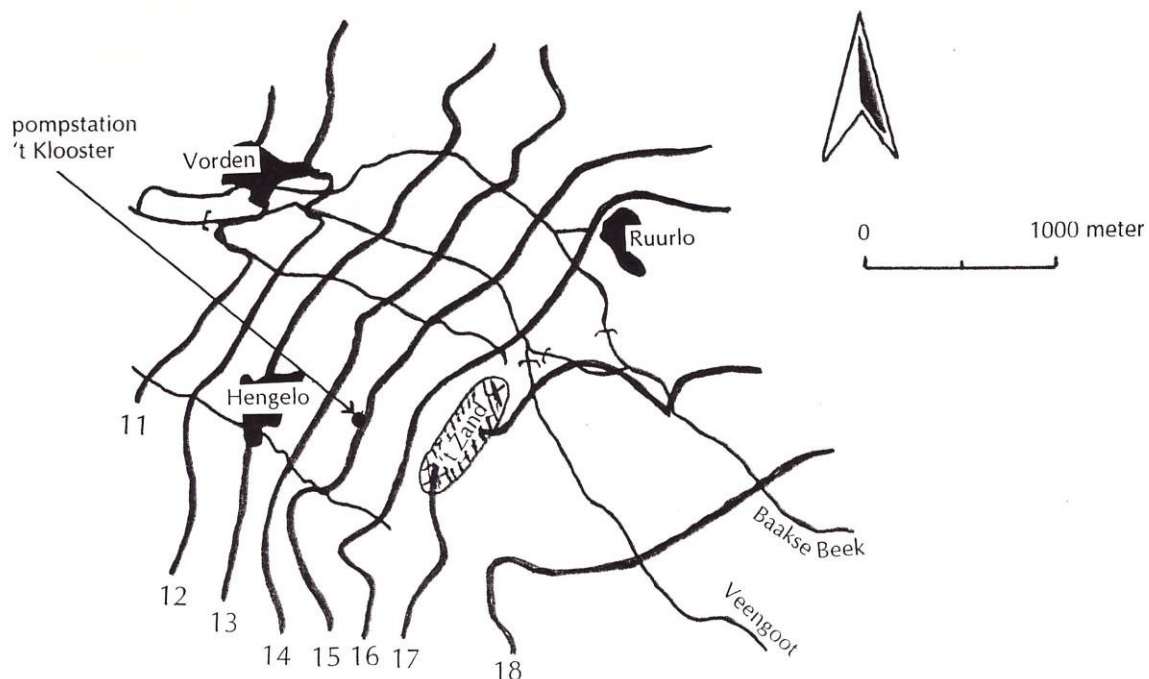
Onder de zandafzettingen, die tot één watervoerend pakket gerekend kunnen worden, waarvan de dikte in het projectgebied zo'n 30 tot 35 meter bedraagt, bevindt zich de hydrologische basis. Deze basis wordt gevormd door fijnzandige en kleiige afzettingen van de formaties van Oosterhout, Breda en Rupel. Door deze formaties vindt geen horizontale of verticale waterstroming plaats.

1.3. Hoogteligging en topografie

Het projectgebied helt van het zuidoosten af naar het noordwesten. Landgoed 't Zand is relatief hooggelegen: plaatselijk wordt een hoogte van 20 meter + NAP overschreden. De rand van de bebouwde kom van Hengelo is het laagst gelegen: zo'n 13 meter + NAP. Ten westen van Hengelo daalt het maaiveld verder (zie figuur 2).

Het gebied is voor het grootste gedeelte in agrarisch gebruik, voornamelijk als gras- en maisland. Er bevinden zich twee grotere boscomplexen in het gebied: het bos rondom pompstation 't Klooster en het bos van landgoed 't Zand. Beide productiebossen bestaan voornamelijk uit naaldbomen en zijn ecologisch gezien niet erg interessant.

De lager gelegen delen in het projectgebied zijn waardevoller. Met name langs de Lindense Laak komen enkele schrale vegetaties voor, waarin grondwaterafhankelijke plantensoorten zijn waargenomen (Jonker e.a., 1994).



Figuur 2. Globale hoogtelijnenkaart Hengelo-Ruurlo.

1.4. Bodem en grondwatertrappen

De hoger gelegen delen van het projectgebied, met uitzondering van landgoed 't Zand, bestaan voornamelijk uit natte podzolgronden (veldpodzol, laarpodzol) of uit hoge zwarte enkeerdgronden. Op de lager gelegen gedeelten zijn beeksedimenten afgezet. Op dergelijke plaatsen worden beekeerdgronden aangetroffen, zoals langs de Lindense Laak. Deze gronden wijzen vaak op waterlopen die van oudsher in het gebied voorkomen. Landgoed 't Zand ligt grotendeels op een duinvaaggrond (zie bijlage 2).

De enkeerdgronden en de podzolgronden hebben een redelijk diepe grondwaterstand. De grondwatertrappen zijn hier veelal V*, VI en VII. Pleksgewijs wordt een grondwatertrap V aangetroffen, met name op de veldpodzolgronden bij Hengelo. De beekeerdgronden zijn wat natter: hier komt voornamelijk grondwatertrap III voor (zie bijlage 2).

1.5. Verdrogingsbestrijdingsproject 't Klooster

In 1993 en 1994 is door de Grontmij een haalbaarheidsonderzoek verricht naar de mogelijkheden voor verdrogingsbestrijding in het projectgebied (Grontmij, 1994). Dit onderzoek heeft geresulteerd in het aanleggen van een infiltratiesysteem rondom de drinkwaterwinning 't Klooster (zie bijlage 3). Bij de Koezemansweg staat een inlaatgemaal dat water uit de Veengoot kan inlaten. Vanuit de Veengoot wordt het water via een transportwatergang naar het projectgebied gepompt. In het projectgebied is een aantal nieuwe watergangen gegraven en is een aantal bestaande watergangen geschikt gemaakt voor het infiltreren van het ingelaten water. Een complex geheel van sloten, stuwen, overlagen en duikers maakt een nauwkeurige verdeling van het inlaatwater mogelijk. Om het grond- en oppervlaktewater te kunnen monitoren is, in aanvulling op het reeds bestaande meetnet van het Waterbedrijf, een aantal peilschalen en peilbuizen in het gebied geplaatst. In het volgende hoofdstuk worden de eerste resultaten van de monitoring besproken.

2. MONITORING GROND- EN OPPERVLAKTEWATERKWANTITEIT

2.1. Regionale grondwaterstroming

Zoals reeds in hoofdstuk 1 is vermeld, ligt het projectgebied in het Centrale Bekken, dat afhelt vanuit het zuidoosten naar het noordwesten. De grondwaterstroming volgt deze helling. Door het gebied rond 't Klooster kan een aantal denkbeeldige lijnen over meerdere peilbuizen worden getrokken. Op deze wijze ontstaan doorsnedes door het gebied, die meer inzicht geven in het verloop van het maaiveld en de regionale grondwaterstroming. In bijlage 4 is de ligging van een aantal van deze doorsnedes aangegeven en in bijlage 5 zijn de grondwaterstanden afgebeeld.

Duidelijk is de hoge ligging van landgoed 't Zand af te lezen (profielen A - A' en G - G'). Lager gelegen delen zijn de Wiersse (ten noordwesten van Ruurlo; profiel A - A'), de Lindense Laak (profiel G - G') en de bebouwde kom van Hengelo (profiel H - H'). Op deze plaatsen komt het grondwater dermate dicht onder het maaiveld, dat het daadwerkelijk kan worden opgenomen door planten. Dit verklaart het voorkomen van grondwaterafhankelijke plantensoorten zoals vermeld in hoofdstuk 1.3.

Het verhang van het grondwater volgt in principe het maaiveld. Het grondwater stroomt daardoor van de hoger gelegen delen zoals landgoed 't Zand naar de lager gelegen delen zoals de bebouwde kom van Hengelo en landgoed Zelle. Het verhang van het grondwater bedraagt hier ongeveer 0,60 m/km.

In profiel D - D' is de grondwaterstroming juist tegengesteld aan het maaiveldshelling. Waarschijnlijk is hier sprake van een lokale verhoging van het maaiveld bij D.

In profiel B - B' is de onttrekkingskegel van het pompstation 't Klooster terug te vinden. Op de x-as van de grafiek ligt op '0' meter het pompstation. Tot op circa 4 kilometer vanaf het pompstation is een verlaging van de grondwaterspiegel waargenomen. Ongeveer op de grens van de verlagingkegel ligt de Veengoot. Dit is in overeenstemming met door de voormalige WOG uitgevoerde berekeningen aan grondwaterstandsverlagingen (zie bijlage 6) en door de Grontmij uitgevoerde berekeningen aan drinkwaterwinningen in Oost-Gelderland (Grontmij, 1995). Het maximale (gemiddelde) verhang dat in de onttrekkingskegel is waargenomen, bedraagt 1,1 m/km.

2.2. Neerslag en verdamping

In de vorige paragraaf is de regionale grondwatersituatie beschreven. Op lokaal niveau spelen neerslag en verdamping een grote rol in de stand van het grondwater. Doordat het projectgebied voornamelijk uit zand bestaat, kan het grondwater snel reageren op klimatologische invloeden. In geval van een neerslagoverschot wordt het grondwater aangevuld en bij een neerslagtekort zal ten gevolge van onder andere verdamping de grondwaterspiegel snel dalen. De neerslag- en verdampingsgegevens van 9 december 1997 (de dag dat het inlaatgemaal voor het eerst operationeel was) tot en met 31 mei 1998 zijn vermeld in bijlage 7. De reactie van het grondwater op de neerslag en de verdamping blijkt duidelijk uit de waargenomen grondwaterstandsreeksen. In bijlage 8 is het stijghoogteverloop in peilbuis L7 in 't Klooster weergegeven. Met de balken wordt de nuttige neerslag (neerslag minus verdamping) weergegeven. Duidelijk is te zien dat de stijging en daling van het grondwater worden beïnvloed door de hoeveelheid nuttige neerslag.

De snelle reactie van het grondwater op de neerslag is ook duidelijk af te lezen in de grafiek van bijlage 9. Op 7 maart was er sprake van een korte, maar zeer intensieve regenbui (34 millimeter), die een stijging van het grondwaterniveau (in dit geval in peilbuis LR2-3) veroorzaakte. In totaal steeg het grondwater ongeveer 50 centimeter na een aantal dagen met veel neerslag.

2.3. Tijdstijghoogtereeksten

Sinds januari 1998 wordt in het projectgebied een groot aantal peilbuizen minimaal iedere twee weken opgenomen. Om enigszins een aansluiting te maken bij de systematiek van het landelijk grondwaterstandsmeetnet, vinden de metingen in principe plaats op de 14^e en de 28^e van iedere maand. Op bijlage 10 is de ligging van alle peilbuizen in het projectgebied aangegeven. Bijlage 11 laat de tijdstijghoogtereeksen van de verschillende peilbuizen zien. De peilbuizen kunnen worden geclusterd op basis van overeenkomsten in het tijdstijghoogteverloop. Deze clusters staan vermeld in tabel 1. In de grafieken zijn ruwweg twee soorten verloop te onderscheiden (vergelijk bijvoorbeeld buis B4 met buis L6). Het verloop zoals dat van peilbuis L6 wordt in de tabel aangeduid als cluster 'A'. Het type verloop zoals peilbuis B4 laat zien wordt in de tabel aangeduid met cluster 'B'. Cluster 'C' vormt een overgang tussen de clusters A en B.

Een verklaring voor het voorkomen van de verschillende clusters kan worden gevonden door de ruimtelijke verspreiding ervan te bekijken (zie bijlage 12). Hieruit valt op dat de peilbuizen die behoren tot cluster A op de lagere delen van het projectgebied liggen. De peilbuizen van cluster B liggen op de hogere delen en de peilbuizen van cluster C liggen, zoals al vermoed werd aan de hand van het stijghoogteverloop, op de overgangssituaties tussen de beide andere clusters. De peilbuizen in cluster A staan op plaatsen met een ondiepere grondwaterstand dan de peilbuizen van cluster B: de gemiddelde grondwaterstand in de periode tussen 14 januari en 14 juni 1998 bedroeg in cluster A: 1,08 m -maaiveld, in cluster B : 2,14 m-maaiveld en cluster C : 1,51 m-maaiveld. De watergangen die behoren tot cluster B (metingen in LR2 en LR3) werken (bij waterinlaat) jaarrond infiltrerend. Bij de watergangen in cluster A (LR1, LR4 en LR9) treden ook drainerende situaties op, zoals uit de volgende paragraaf zal blijken. Dit principe kan worden toegepast voor het hele projectgebied: De peilbuizen uit cluster B liggen (regionaal gezien) op plaatsen waar regenwater in de grond infiltreert. Het gaat echter te ver om te stellen dat de peilbuizen uit cluster A in kwelsituaties liggen. Waarschijnlijk is de term 'intermediair' beter van toepassing.

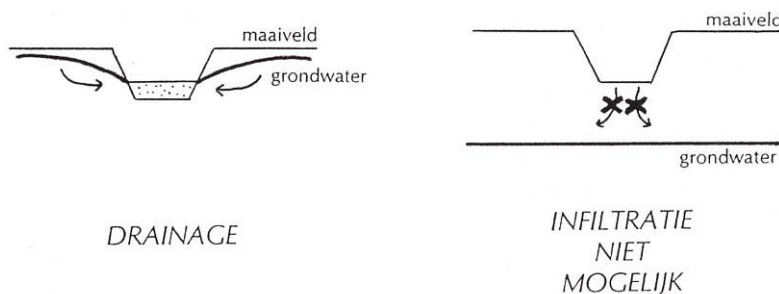
peilbuis	A	B	C
R4			X
R5			X
R13	X		
R14	X		
R16		X	
R17	X		
R18	X		
G1		X	
G2	X		
G3	X		
G4	X		
G5	X		
G6	X		
L1			X
L2			X
L3			X
L4	X		
L5	X		
L6	X		
L7	X		
L8	X		
L9	X		
L10	X		
L11	X		
L13			X
B4		X	
B5		X	
B6		X	
B7		X	
B8		X	
B9		X	
LR1	X		
LR2		X	
LR3		X	
LR4	X		
LR9	X		

Tabel 1. Peilbuizen ingedeeld in clusters.

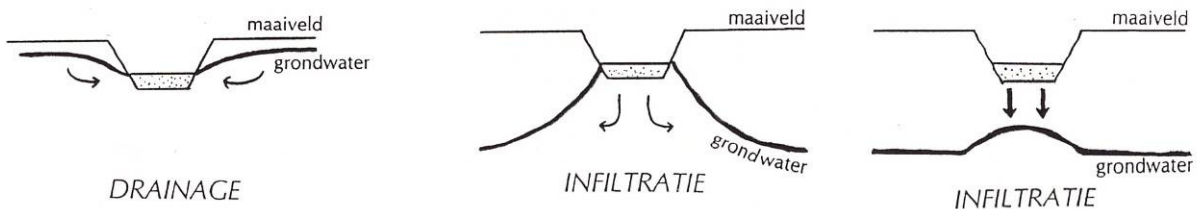
2.4. Invloed van het oppervlaktewater op het grondwater

Een belangrijke vraag aan het begin van het project was welke gevolgen de waterinlaat zou hebben voor de percelen naast de watergangen. Met name in verband met eventueel optredende natschade op landbouwgronden is de grondwaterstand direct naast de watergangen gemonitord. Op verschillende locaties in het projectgebied is een raai van peilbuizen loodrecht op een watergang geplaatst. De peilbuizen staan meestal op de volgende afstand vanaf het midden van de watergang: 2,5 meter, 5 meter, 10 meter, 15 meter, 25 meter en 50 meter. De peilbuizen staan (met uitzondering van raai LR9) aan beide zijden van de watergang. Hierdoor wordt het mogelijk inzicht te krijgen in de relatie tussen het oppervlaktewaterstelsel en het grondwatersysteem. Theoretisch gezien kan een aantal verschillende drainage- en infiltratiesituaties onderscheiden worden (zie figuur 3).

Droogvallende waterloop



Waterhoudende waterloop



Figuur 3. Verschillen tussen waterhoudende en droogvallende waterlopen: alleen een watergang die watervoerend is, werkt infiltrerend. De grondwaterspiegel moet dan lager staan dan het waterpeil in de watergang. Door de infiltratie zal nabij de watergangen een opbolling van het grondwater ontstaan.

Voor het projectgebied kan dit in theorie drie situaties tot gevolg hebben:

1. Het grondwatervniveau ligt jaarrond onder het bodemniveau van de watergang. Bij waterinlaat werkt de watergang infiltrerend (het grondwater wordt aangevuld door het water uit de watergang). Als de watergang droogvalt vindt geen infiltratie plaats.
2. Het grondwatervniveau ligt jaarrond hoger dan het bodemniveau van de watergang. In dit geval werkt de watergang drainerend (de watergang voert het grondwater af).
3. Het grondwatervniveau ligt in natte perioden hoger dan het bodemniveau van de watergang, maar zakt in droge perioden tot onder het bodemniveau. Infiltrerende en drainerende situaties wisselen elkaar dan af.

In het projectgebied 't Klooster zijn in de praktijk de volgende situaties waargenomen (zie bijlage 13):

LR1: Aaltense weg

In een droge situatie ligt het bodemniveau boven het grondwaterpeil (grafiek links). De watergang werkt dan (als er geen water wordt ingelaten) noch infiltrerend, noch drainerend. Bij waterinlaat zal het slootwater echter in de bodem kunnen infiltreren. In een natte periode stijgt het grondwater zodanig, dat de watergang het grondwater juist aansnijdt. De watergang werkt daardoor drainerend (grafiek rechts). Als water wordt ingelaten, kan het slootpeil boven het grondwaterpeil worden gebracht, waardoor ten gevolge van drukverschillen toch een infiltratiesituatie ontstaat. Ter plaatse van de watergang is op een afstand van 2,5 meter nog nauwelijks een opbolling van de grondwaterspiegel waar te nemen.

LR2: Roessinkweg

De bodem van de watergang bij LR2 ligt zowel in een droge als in een natte periode enkele decimeters boven het grondwaterniveau. De watergang werkt dus jaarrond infiltrerend als er water wordt ingelaten. Ook bij deze dwarsraai is op 2,5 meter van de watergang geen sprake van een merkbare opbolling van de grondwaterstand. Opvallend is dat de stromingsrichting van het grondwater van zuid naar noord loopt, terwijl het maaiveld juist van noord naar zuid afhelt. De stroming (en het wisselende verhang) worden waarschijnlijk in hoge mate beïnvloed door de waterwinning op het pompstation. Er wordt een grondwaterstandsverhang gemeten dat varieert tussen 0,6 en 0,95 m/km. Deze waarde is iets lager dan het gemiddelde verhang dat in hoofdstuk 2.1. werd waargenomen in de onttrekkingskegel. Dwarsraai LR2 ligt dus op het vlakkere gedeelte van de onttrekkingskegel.

LR3: Goenendaalseweg

De bodem van de waterloop bij dwarsraai LR3 ligt, evenals bij LR2, gedurende het hele jaar boven het grondwaterniveau. Als gevolg van waterinlaat kan jaarrond een infiltratiesituatie ontstaan. Bij deze dwarsraai zijn enkele NAP-hoogten waarschijnlijk verkeerd ingemeten, waardoor de dwarsdoorsnede een vreemd beeld vertoont (een 'sprong' ter hoogte van de watergang). De dwarsraai is deels gelegen in een rabattenbos, maar deze rabatten hebben geen drainerende functie, omdat het grondwater niet tot het niveau van de rabatten reikt. Op 2,5 meter afstand vanaf de watergang is geen opbolling van de grondwaterspiegel waargenomen.

LR4: Varsselse weg

Bij deze dwarsraai ligt het bodempeil van de watergang in een droge situatie boven het grondwater. Hier is dus eveneens sprake van een infiltratiesituatie in geval van waterinlaat. In natte situaties is het grondwaterniveau ongeveer gelijk aan het bodemniveau van de watergang en in extreem natte situaties zou de watergang dus kunnen draineren. Door water in te laten kan in natte perioden door drukverschillen toch een infiltratiesituatie ontstaan. De opbolling van het grondwater tengevolge van deze infiltratie is niet waarneembaar op 2,5 meter afstand van de watergang.

LR9: Winkelsweg

Dwarsraai LR9 ligt op een laaggelegen perceel van proefboerderij 'De Marke'. Net als bij dwarsraai LR4 wisselen infiltratie- en drainagesituaties elkaar af. Het verschil met LR4 is echter dat er bij waterinlaat onvoldoende drukverschil kan worden opgebouwd, doordat het stuwpeil in de watergang onder het grondwaterniveau blijft liggen. De watergang zal daarom ook bij waterinlaat drainerend kunnen werken. Wel zal door de inlaat de drainerende werking worden verkleind (doordat het drukverschil wordt verkleind). Ook bij LR9 is geen opbolling van het grondwater te meten. Een eventuele opbolling kan slechts vermoed worden als er een lijn wordt getrokken vanuit de bodem van de watergang naar de grondwaterstand in de eerste peilbuis van de dwarsraai.

In geen van de dwarsraaien werd in de eerste peilbuis een opbolling van het grondwaterniveau gemeten. Daarom zijn in dwarsraai LR4 twee extra peilbuizen geplaatst, één op 35 centimeter vanaf de watergang en één op 1 meter. In deze peilbuizen werden aanvullende grondwaterstandsmetingen verricht. De grondwaterspiegel bleek inderdaad een geringe opbolling te vertonen van zo'n 60 centimeter (deze waarde komt overeen met het hoogteverschil tussen het grondwaterniveau en het niveau in de oppervlaktewaterloop). De opbolling is weergegeven in bijlage 14.

Om nog beter in beeld te krijgen wat de gevolgen van een bepaald waterpeil in een watergang zijn voor de grondwaterstanden in de nabijheid van de betreffende watergang, is de volgende proef uitgevoerd: Gedurende een kleine 3 weken is het stuwpeil in een watergang gevarieerd. In dwarsraai LR3 werden in verschillende situaties de grondwaterstanden gemeten met behulp van continue-drukopnemers. De resultaten van deze metingen staan vermeld in bijlage 15. Uit de eerste grafiek blijkt geen direct verband tussen de stuwstand en de grondwaterstand. Het grondwater daalt bijvoorbeeld op 16 februari fors, terwijl de stuwstand juist hoger wordt. Ook als de nuttige neerslag wordt vergeleken met de grondwaterstand (tweede grafiek in bijlage 15), blijkt geen direct verband: de bui van 8 februari is nauwelijks terug te vinden in het grondwaterstandsverloop. De derde mogelijkheid die is bekeken, is de invloed van de waterwinning op de grondwaterstand. Het lijkt erop dat de winning inderdaad de grondwaterstanden (mede) bepaalt: op 14 februari wordt er geen water onttrokken, waarna de grondwaterstanden stijgen. Als er vervolgens weer water wordt onttrokken, daalt het grondwater, om vervolgens weer te stijgen als er geen grondwater wordt onttrokken (17 februari). Vreemd genoeg daalt het grondwater niet als er vanaf 18 februari weer water wordt onttrokken. Er is dus niet één bepaalde invloed aan te wijzen die het grondwaterstandsverloop bepaalt. Waarschijnlijk is er sprake van een combinatie van verschillende beïnvloedingsbronnen. Overigens moet worden opgemerkt dat de infiltratiegegevens van het Waterbedrijf op het moment van schrijven onvoldoende bekend waren (op het pompstation wordt niet alleen water onttrokken, maar vindt ook infiltratie plaats in de waterinputten). Wellicht dat hierdoor ook een deel van het grondwaterstandsverloop te verklaren is.

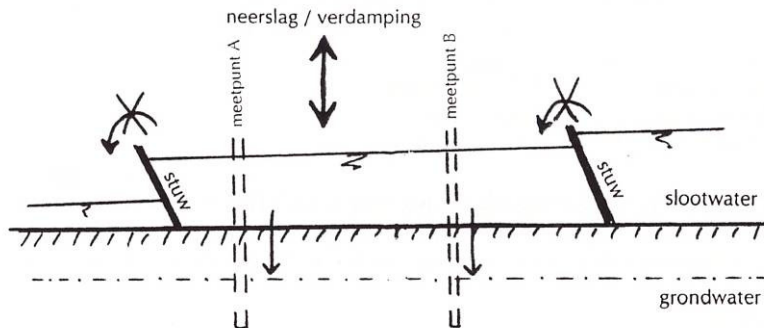
2.5. Infiltratie vanuit het oppervlaktewater

De hoeveelheid water die in het projectgebied wordt ingelaten, wisselt sterk. In de periode van 8 juni tot en met 2 juli 1998 werd gemiddeld 100 liter water per seconde ingelaten door het gemaal bij de Veengoot (dit komt overeen met $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$). De maximale inlaat in deze periode bedroeg 175 l/s en het minimum was 0 l/s (wegens een gemaalstoring). Theoretisch kan er in een jaar tijd bij de genoemde gemiddelde inlaathoeveelheid zo'n 3,2 miljoen m^3 water worden ingelaten. In de praktijk blijkt de Veengoot hiervoor echter niet jaarrond voldoende water te bevatten. Ook onderhoud aan en storingen van het gemaal kunnen de inlaathoeveelheid nadelig beïnvloeden.

Om meer inzicht te krijgen in de hoeveelheid water die daadwerkelijk in de bodem kan infiltreren, is een gedeelte van het waterlopenstelsel gevuld met water, waarna een infiltratieproef is uitgevoerd. Het betreft de watergang tussen de Venneweg, de Dennendijk en de Antinkweg (zie bijlage 16). In de watergang is op twee locaties (die voor het gemak worden aangeduid met 'A' en 'B') een aantal continue-waterstandsmeters (zogenaamde 'divers') opgesteld. Iedere 10 minuten werden oppervlaktewaterstanden en grondwaterstanden direct onder de watergang waargenomen.

Aan het begin van de proef (15/04 om 10:05u) is het stuwpeil in de watergang ingesteld op $14,45 \text{ m+NAP}$. Er is voor gezorgd dat er geen water over de bovenstrooms gelegen stuw de watergang kon aanvullen en dat er geen water over de benedenstrooms gelegen stuw de watergang kon verlaten.

De verandering van het waterpeil werd daardoor alleen beïnvloed door neerslag, verdamping en infiltratie van slootwater in de bodem (zie figuur 4). Vervolgens is afgewacht tot de watergang droog kwam te staan.



Figuur 4. Bij de infiltratieproef zijn de bovenstroomse en de benedenstroomse stuw zo hoog opgedraaid, dat alleen neerslag, verdamping en infiltratie invloed hadden op het waterpeil in de watergang.

Op locatie A viel de watergang droog na ongeveer 32,5 uur (op 16/04 om 18:40u). Op locatie B is dit moment slecht uit de grafiek af te lezen. Vooral bij locatie A is duidelijk te zien hoe het grondwater 'na-ijlt': het punt waarop het grondwater niet meer wordt beïnvloed door het infiltratiewater lijkt op 17/04 om 01:30u te liggen. De na-ijling bedraagt dus een kleine 7 uur.

Deze sessie is herhaald nadat eerst de watergang weer vol water was gelopen (vanaf 17/04 om 13:50u). Op 20/04 om 08:40u werd de proef voor de tweede keer ingezet. Deze keer viel de watergang al na ruim 24 uur droog. Het verschil met de eerste proef wordt verklaard doordat het tijdens de eerste proef meer geregend heeft (nuttige neerslag = 3,8 mm), terwijl bij de tweede sessie de verdamping de overhand had (nuttige neerslag = -0,91 mm). Bovendien was het stuwpeil bij het begin van de tweede sessie lager dan bij de eerste sessie, waardoor de inhoud van de watergang kleiner was. Het grondwater reageert weer wat trager: bijna 11,5 uur nadat de watergang droog is gevallen, komt het grondwater 'tot rust'. Op locatie B lijkt dit effect nog groter te zijn: pas na zo'n 27 uur daalt het grondwater niet meer verder.

Uit de grafieken is af te leiden dat als de watergang wordt gevuld met water, de grondwaterstanden vrijwel direct reageren. Op locatie A is de stijging van het grondwater zelfs groter dan de stijging van het oppervlaktewater: het grondwater stijgt hier met bijna een halve meter. Als de watergang leegloopt, daalt het grondwaterniveau, maar de snelheid waarmee het grondwater daalt is kleiner dan de snelheid waarmee het oppervlaktewater daalt.

Per meetlocatie kan een inschatting gemaakt worden van de infiltratiecapaciteit ter plaatse. Het kader 'achtergrondberekeningen' toont de achterliggende berekeningen die leiden tot een conclusie met betrekking tot de hoeveelheid ingelaten water.

Achtergrondberekeningen:

De infiltratieproef is tweemaal uitgevoerd. Bij de eerste sessie kon alleen bij locatie A worden bepaald hoe snel de watergang droog kwam te vallen. Bij de tweede sessie kon voor beide meetpunten de infiltratiesnelheid worden bepaald.

Aan het begin van de eerste proef (15/04 om 10:05u) is het stuwpeil in de watergang ingesteld op 14,45 m+NAP. Bij deze stand bevat de totale watergang zo'n 675 m³ water.

Aan het begin van de tweede proef (20/04 om 08:40u) bedroeg het waterpeil 14,405 m+NAP, wat overeen komt met een inhoud van 554 m³ water.

Eerste proef:

Inhoud watergang: 675 m³ water

Lengte watergang: 1100 meter

Droogvaltijd locatie A: 1955 minuten

- Per strekkende meter watergang infiltreerde $675/1100 = 0,61 \text{ m}^3$ water per 1955 minuten.
- 1955 minuten komt overeen met $1955/1440 = 1,36$ dag.
- Per dag infiltreerde dus per strekkende meter watergang $0,61/1,36 = 0,45 \text{ m}^3$ water.

Tweede proef:

Inhoud watergang: 554 m³ water

Lengte watergang: 1100 meter

Droogvaltijd locatie A: 1460 minuten

Droogvaltijd locatie B: 2100 minuten

Gemiddelde droogvaltijd: 1780 minuten

- Per strekkende meter watergang infiltreerde $554/1100 = 0,50 \text{ m}^3$ water per 1780 min.
- 1780 minuten komt overeen met $1780/1440 = 1,24$ dag.
- Per dag infiltreerde dus per strekkende meter watergang $0,50/1,24 = 0,41 \text{ m}^3$ water.

Conclusie van beide proeven:

Er is een gemiddelde infiltratiecapaciteit van $(0,45 + 0,41) / 2 = 0,43 \text{ m}^3$ water per strekkende meter watergang per dag waargenomen. De totale lengte van de watergangen in 't Klooster waarin water wordt geïnfiltreerd, bedraagt zo'n 21500 meter. Theoretisch kan daar dus jaarlijks $21500 \cdot 0,43 \cdot 365 = 3,4$ miljoen m³ water worden geïnfiltreerd.

*LET OP: deze berekening geeft alleen een **globaal** beeld van de geïnfiltreerde hoeveelheid water! Variaties in de infiltratiecapaciteit, zowel ruimtelijk als in de tijd gezien, zijn niet meegenomen in de berekening.*

Berekening waterbalans projectgebied

Van 9 december 1997 tot en met 29 juli 1998 is het gemaal in gebruik geweest. De gemiddelde inlaat bedroeg toen zo'n 100 liter per seconde, oftewel $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Op het moment van schrijven waren de neerslag- en verdampingsgegevens bekend tot en met 31 mei 1998. Voor de periode vanaf 31 december 1997 tot en met 31 mei 1998 kan een waterbalans worden opgesteld:

Tijdsperiode:	152 dagen
Theoretische inlaat:	$0,1 \text{ m}^3/\text{s} * 86400 = 8.640 \text{ m}^3/\text{d}$
Neerslag:	325,8 mm
Verdamping:	183,1 mm

- In de beschouwde tijdsperiode is ingelaten: $8640 * 152 = 1.313.280 \text{ m}^3$ water.
- Het neerslagoverschot bedroeg $325,8 - 183,1 = 142,7 \text{ mm}$.
- Als voor de watergangen een totale lengte van 21.500 meter wordt aangenomen, en een gemiddelde waterbreedte van 1 meter, bedraagt de oppervlakte 'water' 21.500 m^2 .
- Aanname: het neerslagoverschot dat NAAST de watergangen valt, wordt volledig geborgen in de onverzadigde zone (open zandgebied), zodat het niet in de watergangen terecht komt.
- Tijdens de beschouwde tijdsperiode komt dus $21.500 * (142,7/1000) = 3.068 \text{ m}^3$ water extra in de watergangen ten gevolge van neerslag en verdamping.
- De waterafvoer is (nog) niet gemeten, maar wordt op basis van 'best-judgement' geschat op 5% van de waterinlaat; dit is een zeer grove schatting, waar niet teveel waarde aan moet worden gehecht!

Een (versimpelde) waterbalans voor het gebied ziet er als volgt uit:

$$\text{waterinlaat} + \text{neerslagoverschot} = \text{geïnfiltreerde hoeveelheid} - \text{waterafvoer}$$

Voor de beschouwde periode (152 dagen) bedraagt de waterbalans zodoende:

$$1.313.280 + 3.068 = \text{geïnfiltreerde hoeveelheid} - 65.664$$

Hieruit volgt dat de hoeveelheid geïnfiltreerd water $1.250.684 \text{ m}^3$ bedraagt.

Als deze waarde omgerekend wordt naar een jaartotaal, zou er $3.003.287 \text{ m}^3$ water kunnen worden geïnfiltreerd (mits de Veengoot voldoende water aanvoert).

Met betrekking tot de waterinlaat kan nu het volgende worden geconcludeerd:

1. Met het vermogen waarmee het inlaatgemaal tot nu toe heeft gepompt, wordt theoretisch jaarlijks $3,2$ miljoen m^3 water per jaar ingelaten. De pomp draait echter nog lang niet op zijn volle capaciteit.
2. Bij de uitgevoerde proef is, via diverse berekeningen aan de waarnemingen, een infiltratiecapaciteit waargenomen die theoretisch $3,4$ miljoen m^3 per jaar bedraagt. Deze waarneming betreft echter een momentopname in één van de watergangen in het projectgebied. Zowel in ruimte als in tijd gezien treedt er een variatie op in de hoeveelheid water die kan infiltreren.
3. Uit een waterbalans die is opgesteld voor de periode tussen 9 december 1997 en 31 mei 1998 volgt dat er theoretisch $3,0$ miljoen m^3 water per jaar zou kunnen infiltreren in het projectgebied.
4. Door de Grontmij zijn berekeningen aan het infiltratiestelsel uitgevoerd. Hieruit is een theoretische infiltratiecapaciteit van $3,6$ miljoen m^3 per jaar gebleken (Grontmij, 1994). Vooralsnog lijken de berekeningsresultaten wat aan de hoge kant te zijn. De oorzaak hiervan is dat de Grontmij bij de berekeningen is uitgegaan van een drooglegging van 50 centimeter, die in werkelijkheid niet overal wordt gerealiseerd.

Bij de bovenstaande conclusies wordt gesproken over theoretische waarden, omdat in werkelijkheid het gemaal niet 365 dagen per jaar draait, omdat de Veengoot niet voldoende water bevat of omdat er onderhoud aan het gemaal wordt gepleegd.

Tussen 9 december 1997 en 29 juli 1998 (dat is een periode van 235 dagen) heeft het inlaatgemaal water ingelaten in het projectgebied. Daardoor is er waarschijnlijk zo'n 2,1 miljoen m³ water in de bodem geïnfiltreerd.

De snelheid waarmee watergangen droogvallen wordt overigens ook bepaald door de hoogteligging van de waterbodem ten opzichte van het grondwater; nadat op 13 mei het inlaatgemaal (tijdelijk) uit bedrijf werd genomen, bleek een aantal watergangen zelfs na 6 dagen nog watervoerend te zijn. Deze watergangen lagen veelal op de lager gelegen delen van het projectgebied: nabij de bebouwde kom van Hengelo lag het grondwaterniveau op dat moment waarschijnlijk boven het bodemniveau van de watergangen, waardoor er een drainagesituatie is ontstaan. De watergangen blijven in dat geval watervoerend totdat het grondwaterniveau dieper wegzakt dan het niveau van de waterbodems.

2.6. Invloed van de infiltratie op de grondwaterstanden

Zoals eerder in dit verslag vermeld is, is op 2,5 meter afstand van de watergang geen opbolling van de grondwaterstand waar te nemen als gevolg van de infiltratie vanuit de watergangen. Om een inzicht te krijgen in de gevolgen van de infiltratie voor het grondwatervlak als geheel, zijn alle dwarsraaien gemonitord toen op 13 mei het gemaal (tijdelijk) buiten bedrijf gesteld werd. In bijlage 17 zijn de grondwaterstanden weergegeven op drie verschillende data. De grondwaterstand op 13 mei is de situatie waarin water werd ingelaten, de situatie op 19 mei geeft een inzicht in het grondwaterniveau nadat de meeste watergangen waren drooggevallen. Opvallend is dat de grondwaterstand inderdaad daalt als de watergangen droogvallen, maar dat de grondwaterstands daling vlakbij de watergang NIET groter is dan de daling op grotere afstand. Dit zou logisch zijn, immers nabij de watergang profiteert het grondwater meer van de waterinlaat dan verder er vandaan. Waarschijnlijk speelt dit proces zich af binnen 2,5 meter afstand vanaf de watergang.

Wat wel uit de grafieken blijkt, is de daling van het grondwater als geheel. De dalingen van het grondwater bedragen 18 centimeter bij LR1, 19 centimeter bij LR2, 20 centimeter bij LR3, 23 centimeter bij LR4 en 20 centimeter bij LR9. Opmerkelijk is dat het grondwater in een 'referentiebuis' die niet direct wordt beïnvloed door de waterinlaat (namelijk buis R14), in dezelfde tijdsperiode een verlaging vertoont van 'slechts' 13 centimeter. Het is zeer aannemelijk dat de extra daling die wordt waargenomen in het projectgebied, te wijten is aan het stoppen van de waterinlaat.

Omgekeerd kan worden beredeneerd, zij het met de nodige voorzichtigheid, dat het grondwaterniveau in het projectgebied dankzij de waterinlaat zo'n 5 tot 10 centimeter hoger ligt dan wanneer er geen water zou worden ingelaten. Dit is overigens niet geheel in overeenstemming met de berekeningen van de Grontmij, die een aanzienlijk grotere stijging berekent (Grontmij, 1993). Daarbij kan worden opgemerkt dat de waarneming rond 13 mei slechts een momentopname is. Bovendien is de Grontmij bij haar berekeningen uitgegaan van een drooglegging van 50 centimeter. In de praktijk is deze drooglegging echter meestal groter dan 50 centimeter, waardoor de infiltratiecapaciteit in werkelijkheid kleiner is dan de capaciteit waarmee de Grontmij de berekeningen heeft uitgevoerd.

Een methode waarmee structurele veranderingen in grondwaterstanden kunnen worden opgespoord, is de zogenaamde 'double-mass' methode. Het gaat in het kader van dit verslag te ver om de methode uit te leggen, maar in het kort komt het hierop neer: Twee peilbuizen waarvan een bepaalde reeks grondwaterstanden bekend is, worden met elkaar vergeleken. De grondwaterstanden in de peilbuizen moeten op de zelfde datum zijn waargenomen en worden per peilbuis opgeteld, zodat voor iedere buis als het ware een cumulatieve grondwaterstand ontstaat.

De twee reeksen worden in één grafiek uitgezet: één peilbuis op de x-as en één peilbuis op de y-as. Door nu een peilbuis waarbij een bepaalde verandering in grondwaterstand te verwachten is (in het geval van het project 't Klooster ten gevolge van de waterinlaat) uit te zetten tegen een buis waarin de invloed van de betreffende ingreep niet wordt verwacht, ontstaat een rechte lijn. Als deze lijn een bepaalde 'knik' vertoont, is er sprake van beïnvloeding van de grondwaterstand in één van de beide buizen door een bepaalde ingreep die op dat moment is gedaan.

In het geval van 't Klooster is als 'onbeïnvloede' buis de peilbuis 34CL0017 genomen. Deze ligt in de buurt van landgoed Onstein, ten noorden van de Veengoot (en dus buiten het beïnvloedingsgebied van pompstation 't Klooster). Deze peilbuis is gecombineerd met twee peilbuizen in het projectgebied. Het resultaat is afgebeeld in bijlage 18 (de eerste en de tweede grafiek). Hoewel er in de grafiek inderdaad sprake is van één of meerdere knikken in de lijn, kan de invloed van de waterinlaat op de grondwaterstanden niet worden aangetoond: dan zou er namelijk een knik aan het eind van 1997 waarneembaar moeten zijn (toen werd de waterinlaat gestart). Ook als twee een referentiebuis in het projectgebied wordt vergeleken met een andere peilbuis in het gebied (de derde grafiek van bijlage 18), is geen knik in de grafiek te ontdekken op momenten dat de waterinlaat in het gebied werd gestopt. Op basis van de double-mass-methode kan dus geen verandering in het niveau van de grondwaterspiegel ten gevolge van de waterinlaat worden aangetoond.

3. CONCLUSIE

De monitoring van 't Klooster is nog maar een klein jaar oud. Toch zijn er al conclusies te trekken ten aanzien van het project.

De regionale grondwaterstroming is gericht van zuidoost naar noordwest. Hoge (droge) delen van het projectgebied zijn landgoed 't Zand en de delen rondom 'het circuit'. Laaggelegen delen zijn met name de percelen rondom de Lindense Laak en de rand van de bebouwde kom van Hengelo. Op deze plaatsen treedt niet jaarrond infiltratie vanuit de watergangen op: in natte perioden werken de watergangen drainerend. Grondwaterstromingen veroorzaken op de allerlaagste plaatsen (zoals het 'dal' van de Lindense Laak) in meer of mindere mate kwel.

De hoeveelheid water die daadwerkelijk wordt geïnfiltreerd in 't Klooster is minder groot dan door de Grontmij is berekend. Een mogelijke oorzaak hiervan is het feit dat de Grontmij is uitgegaan van een drooglegging van 50 centimeter. In de praktijk is deze drooglegging niet overal gelijk. Meestal is de drooglegging groter dan 50 centimeter, waardoor de infiltratiecapaciteit in werkelijkheid kleiner is dan de capaciteit waarmee de Grontmij de berekeningen heeft uitgevoerd.

Iedere dag dat er water wordt ingelaten kan zo'n 9.000 m³ water in de bodem infiltreren. Gemiddeld wordt per dag ruim 12.000 m³ water onttrokken. Dat betekent dat ongeveer 75% van de onttrekkingshoeveelheid wordt gecompenseerd op dagen met waterinlaat.

Theoretisch zou er bij de huidige inrichting van het watergangenstelsel jaarrond ruim 3 miljoen m³ water per jaar in het gebied kunnen infiltreren. In de praktijk blijkt er echter niet altijd voldoende water in de Veengoot voorradig te zijn, waardoor de totale hoeveelheid ingelaten water minder groot is. Op jaarbasis wordt daarom in de praktijk ongeveer de helft van de hoeveelheid water die op het pompstation onttrokken wordt, gecompenseerd door de waterinlaat.

De invloed van het peil in de watergangen op de grondwaterstanden is nog niet met zekerheid te kwantificeren. Het lijkt erop dat het grondwatervlak als geheel met maximaal zo'n 10 centimeter is gestegen ten gevolge van de waterinlaat. Een extra stijging van het grondwater nabij de watergangen is niet waargenomen op meer dan 2,5 meter afstand vanaf het midden van de watergang. De kans dat er natschade optreedt aan percelen direct naast de watergangen is derhalve verwaarloosbaar klein.

4. AANBEVELINGEN

4.1. Monitoring waterkwantiteit

In verband met het vervolg van de monitoring in 't Klooster is aan aantal aanbevelingen voor verder onderzoek te doen:

Het is moeilijk gebleken de hoeveelheden water die daadwerkelijk in de bodem infiltreren, te kwantificeren. Eén van de oorzaken hiervan is dat het meetnet nog niet volledig is. Met name op het gebied van afvoermetingen ontbreken nog enkele belangrijke meetlocaties. Zo is bijvoorbeeld wel bekend hoeveel water in het gebied wordt ingelaten, maar is de afvoer via het oppervlaktewatersysteem naar buiten het projectgebied niet te kwantificeren. Zodoende is het nog niet mogelijk een volledig sluitende waterbalans voor het gebied op te stellen.

Het is de moeite waard om in eigen beheer een grondwatermodel te maken van het projectgebied, zodat gevolgen van bepaalde ingrepen afzonderlijk kunnen worden berekend. Deze berekeningen kunnen dan aan de hand van proeven worden getoetst aan de werkelijkheid.

Ook zou het interessant zijn om het verloop van de infiltratiecapaciteit van de watergangen in de loop van een jaar of zelfs in de loop van meerdere jaren te volgen. Hierdoor ontstaat meer inzicht in de mate van onderhoud die nodig is (bijvoorbeeld schoonschrapen van de watergangen) om een optimaal resultaat te verkrijgen.

Tenslotte is het ook noodzakelijk om de monitoring in de laaggelegen gebiedsdelen (rondom de Lindense Laak en de rand van Hengelo) intensiever te bekijken, zodat eventuele (vernattings)problemen daar tijdig worden gesignaleerd.

4.2. Optimalisering van de verdrogingsbestrijding

De eerste resultaten van het verdrogingsbestrijdingsproject zijn bemoedigend. Op dagen met waterinlaat wordt ongeveer 75% van de onttrokken hoeveelheid water gecompenseerd. Het waterschap streeft naar dagen waarop dit percentage oploopt tot 100%. Dit kan gerealiseerd worden door de infiltratiecapaciteit van de watergangen te vergroten. Deze capaciteit kan worden uitgebreid door een groter gebied te laten profiteren van de waterinlaat (zie hoofdstuk 4.3.) en door een hoger peil in de watergangen te hanteren. Dit laatste kan gerealiseerd worden door in het huidige waterlopenstelsel een aantal aanpassingen te verrichten (zie bijlage 19):

1. Winkelsweg perceel De Marke

Op deze plaats is reeds sprake van een watergang met een flauw talud, dat geschikt is voor spontane natuurlijke ontwikkeling. Het waterpeil wordt geregeld door een benedenstrooms gelegen stuw, maar ter plaatse van de Winkelsweg kan het peil niet erg hoog worden opgestuwd. Het stuwpeil zou ter plaatse van het betreffende perceel kunnen worden verhoogd door het aanbrengen van een cascade. Het waterschap heeft een voorkeur voor het gebruik van een cascade boven een 'normale' stuw of overlaat op grond van de landschappelijke waarde van de cascade. De betreffende watergang ligt in een zone waarin ecologische waarden worden ontwikkeld (onder andere door spontane ontwikkeling van vegetaties, aanleg van een houtwal en graven van een amfibieënpool). Een cascdestuw accentueert hier deze ontwikkelingen.

2. Transportleiding Jachtweg

Ter plaatse van de flauwe taluds in de transportleiding (en enkele honderden meters bovenstrooms daarvan), kan het waterpeil niet erg hoog worden opgestuwd, omdat er een te groot stuwpand is. Een tweetal stuwen die het water tot aan de debietmeetstuw bij de Varsselseweg op kunnen stuwen, zouden een oplossing voor dit probleem kunnen vormen. Een van beide stuwen moet net benedenstrooms van de flauwe taluds in de transportleiding worden aangelegd, de andere in de 'knik' in de transportleiding. De waterspiegel bevindt zich hier namelijk zeer diep onder het maaiveldsniveau.

3. Kloosterweg

Richting de Oude Varsselseweg zijn te weinig stuwingsmogelijkheden, met als gevolg een te laag waterpeil. Een nieuw te plaatsen stuw kan het waterpeil in de watergang verder opstuwen, waardoor de reeds bestaande stuw langs de Varsselseweg voldoende water krijgt om in te laten naar de Oude Varsselseweg.

4. Oude Varsselseweg

Een nieuw aan te brengen cascdestuw verhoogt het waterpeil bovenstrooms, dat nu te laag is. Toepassing van een cascade is landschappelijk gezien aantrekkelijker dan toepassing van een stuw. In de watergang is reeds een betonnen bekleding aanwezig, waardoor het aanbrengen van een cascdestuw wordt vergemakkelijkt.

5. Pompstation 't Klooster

De stuw die hier in het bos staat, heeft weinig nut voor het peilbeheer in de watergangen. Sterker nog, de stuw belemmert een goede doorgang van het water door het bos rondom het pompstation. De stuw zou herplaatst moeten worden in de grote watergang, waardoor meer water in westelijke richting (door de kleine watergang in het bos) gestuwd kan worden. Er zal dan zo'n 1050 meter extra watergang kunnen worden gebruikt voor het infiltreren van water.

6. Everhardinkweg

Terplaatse bevindt zich nu een vaste overlaat. De aanleg van een beweegbare stuw bevordert de sturingsmogelijkheden voor het waterpeil.

7. Hengelo-Zuidoost, Oosterwijkse Vloed

Door hier de bestaande vaste overlaat te vervangen door een beweegbare stuw, kan het peil in de watergang beter worden geregeld. De stuw zou iets verder bovenstrooms geplaatst kunnen worden dan de huidige overlaat (enkele meters) omdat de watergang daar beduidend minder breed is, wat een aanzienlijke besparing in kosten oplevert.

8. Automatisering stuwen Venneweg

Op twee locaties langs de Venneweg staan twee stuwen. Het is moeilijk gebleken het inlaatwater hier op een goede manier te verdelen over het gebied. Het automatiseren van deze stuwen voorkomt een (helaas te vaak opgetreden) droogval van watergangen, waardoor er niet alleen **meer** infiltratie kan plaatsvinden, maar er ook een **constantere** infiltratiehoeveelheid gerealiseerd kan worden.

9. Flauwe taluds pompstation

Bij de watergang die tussen de Venneweg en het pompstation loopt, is voldoende ruimte om de oevers aan de kant van het bos te verflauwen door het schouwpad af te graven. Hierdoor ontstaat een grotere infiltrerende oppervlakte in de watergang, waardoor de infiltratiecapaciteit terplaatse toeneemt.

4.3. Uitbreiding van de waterinlaat

In de loop van het project zijn vanuit de streek enthousiaste reacties naar aanleiding van het project gekomen. Deze reacties kwamen zelfs van boeren buiten het projectgebied. Er is een aantal interessante opties waarmee het gebied dat profiteert van de waterinlaat, kan worden vergroot. De volgende uitbreidingen zijn mogelijk:

1. Uitbreiding Vierblokkenweg/Lindense Laak

Hieraan is door het Waterschap reeds serieus aandacht geschonken. Het is ongewenst dat het water vanuit het projectgebied 't Klooster door de Lindense Laak stroomt, omdat het water in de Lindense Laak van nature een andere samenstelling heeft dan het water uit de Veengoot. Daarom wordt voornamelijk de dam die zich op de kruising van de Vierblokkenweg en de Jachtweg bevindt, niet zondermeer verwijderd. Wel zal de dam naar een bovenstrooms gelegen gedeelte van de watergang langs de Vierblokkenweg worden verplaatst, zodat uitbreiding van de waterinlaat mogelijk is, zonder dat het water daadwerkelijk in de Lindense Laak terecht komt.

2. Uitbreiding Olde Schot / Oosterwijkse Vloed

Deze optie moet bestudeerd worden omdat ten zuiden van het huidige projectgebied de landbouw hinder ondervindt van verdroging.

3. Uitbreiding Hazenhutweg

Voor deze uitbreiding is de infrastructuur (nieuwe watergangen, stuwen e.d.) reeds aanwezig. Zelfs een monitoringsnetwerk is ingericht (inclusief afvoermeetpunt). Het wachten is alleen nog op een koppeling van de watergangen met de waterlopen in het gebied rondom 't Klooster.

4. Aansluiting rabattenbos pompstation

Met een betrekkelijk kleine ingreep kan de waterinlaat worden uitgebreid tot het rabattenbos ten zuiden van de Groenendaalseweg (ter plaatse van dwarsraai LR3). Hiervoor is slechts een (al dan niet afsluitbare) duiker onder de Groenendaalseweg nodig.

5. Infiltratiebekken pompstation

Op het terrein van het pompstation van het Waterbedrijf is ruimte voor een infiltratiebekken. In perioden met voldoende water kan het bekken vollopen, waarna ook in drogere tijden water vanuit het bekken in de grond kan infiltreren.

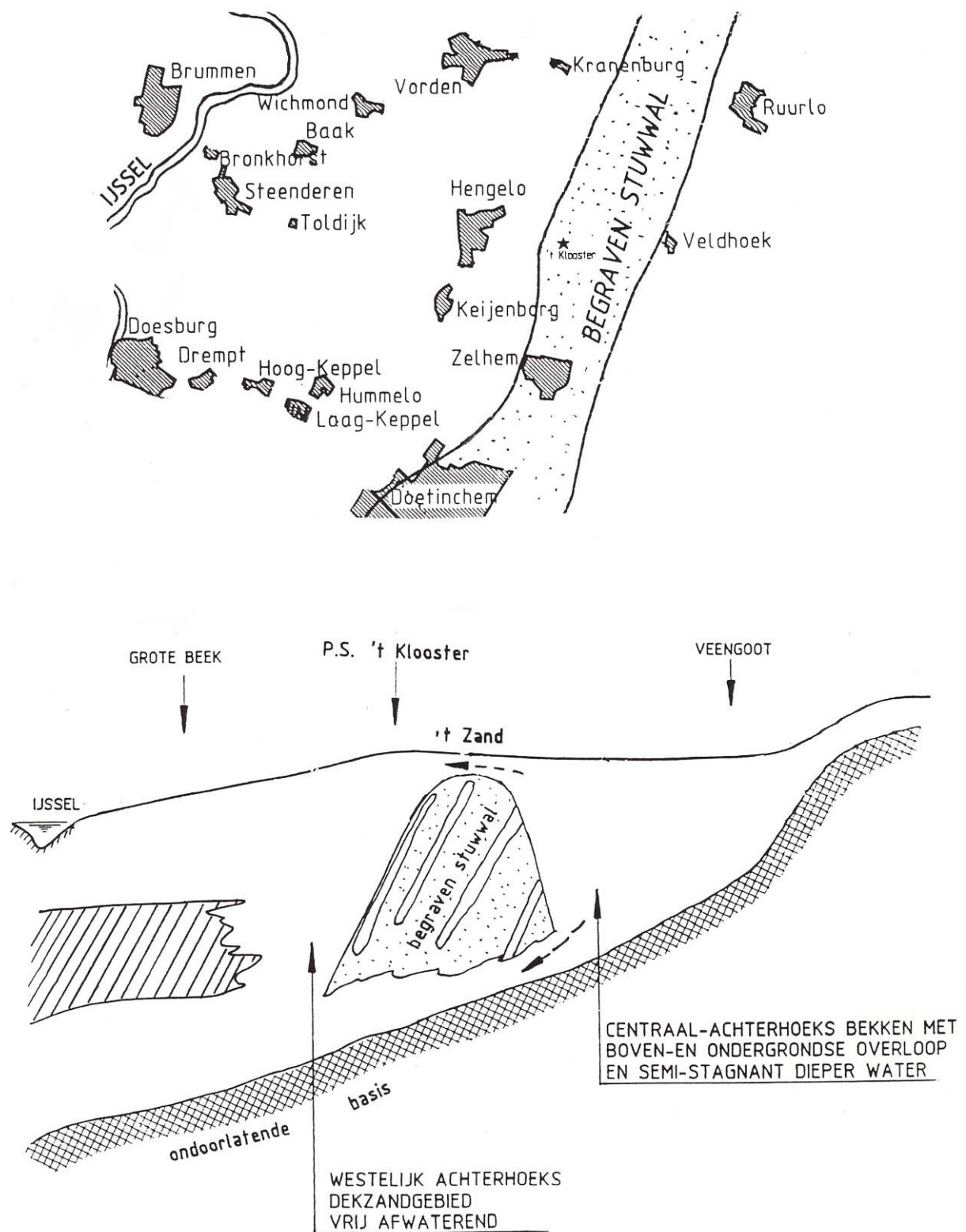
Met enkele aanpassingen kan de infiltratiehoeveelheid in het projectgebied nog flink worden vergroot. Op die manier ontstaat een waterlopensysteem dat nog beter ingezet kan worden in de strijd tegen de verdroging rondom pompstation 't Klooster.

5. LITERATUUR

- Baggelaar, P.K. en J.A. Meijer, *Invloed van de grondwaterwinning 't Klooster op grondwaterstanden volgens tijdreeksanalyse*, KIWA hoofdafdeling Speurwerk, Nieuwegein, 1990.
- Grontmij, *Haalbaarheidsonderzoek Bestrijding Verdroging: Project 't Zand / De Wiersse (basisrapport, hoofdrapport, detailberekeningen en supplement)*, Grontmij, Zeist, 1993 en 1994.
- Grontmij, *Modellering watersysteem Oost-Gelderland, ecohydrologische effecten drinkwaterwinning*, Grontmij Advies & Techniek, De Bilt, 1995.
- Jonker, J. en M. Ruigrok, *Natuurevaluatie REGIWA-project 't Zand en de Wiersse*, Landinrichtingsdienst Gelderland, Arnhem, 1994.
- Maas, c. e.a., *Het invloedsgebied van pompstation 't Klooster van de WOG*, KIWA hoofdafdeling Speurwerk, Nieuwegein, 1990.
- Waterschap IJsselland-Baakse Beek, *Het waterhuishoudkundig systeem: een herbeoordeling, het ontstaan van verdroging binnen Waterschap IJsselland-Baakse Beek en de bestrijding daarvan*, Waterschap IJsselland-Baakse Beek, z.p., 1996.
- STIBOKA, *Bodemkaart 1 : 50 000, 40 West en 40 Oost Arnhem*, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1975.
- STIBOKA, *Bodemkaart 1 : 50 000, 33 West en 33 Oost Apeldoorn*, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1979.
- STIBOKA, *Bodemkaart 1 : 50 000, 34 West Enschede en 34 Oost Enschede-Glanerbrug*, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1979.
- STIBOKA, *Bodemkaart 1 : 50 000, 41 West en 41 Oost Aalten*, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1983.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Geologische opbouw



[illegible]

1:50 000



LEGENDA

ENKELVOUDIGE KAARTENHEDEN VEENGRONDEN

RAUWVEENGRONDEN

- Wildeveengronden
vwc: zeggeveen, rietzeggeveen of broekveen
- Waardveengronden
vve: zeggeveen, rietzeggeveen of broekveen
- Meerveengronden
vze: zand ondieper dan 120 cm, zonder humuspodzol

MOERIGE GRONDEN

MOERIGE PODZOLGRONDEN

- mop: humushoudend zanddek en moerige tussenlaag

MOERIGE EERDGRONDEN

- de: moerige bovengrond op zand

PODZOLGRONDEN

MODERPODZOLGRONDEN

- Holtpodzolgronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand
- tze: grof zand
- Laopodzolgronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand
- tze: leemig fijn zand
- tze: grof zand

HUMUSPODZOLGRONDEN

- Veldpodzolgronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand
- tze: leemig fijn zand
- Laopodzolgronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand
- tze: grof zand

DIKKE EERDGRONDEN

ENKELEERDGRONDEN

- Hoge bruine enkelegronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand
- tze: leemig fijn zand
- tze: grof zand
- Hoge zwarte enkelegronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand

KALKLOZE ZANDGRONDEN

EERDGRONDEN

- Heckeerdgronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand
- tze: leemig fijn zand
- Groterdeerdgronden
tpe: grof zand
- Akkereerdgronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand
- tze: leemig fijn zand

VAAGGRONDEN

- Vlaaggronden
tpe: leemig fijn zand
- tze: grof zand
- Voorvlaggronden
tpe: leemarm en zwak leemig fijn zand
- tze: leemig fijn zand
- tze: grof zand

KALKHOUDENDE ZANDGRONDEN

VAAGGRONDEN

- Vlaaggronden
tpe: grof zand

PROFIELVERLOPEN IN KLEIGRONDEN

- "Klei op veen": Kleigronden met meer dan 40 cm moerig materiaal, beginnend tussen 40 en 80 cm.
- "Klei op zand": Kleigronden met een zandlaag van meer dan 20 cm dikte, beginnend tussen 20 en 80 cm. Uitgeroemd profiel met:
 - kleig, uiterst fijn zand (1,8% lutum; M50 < 100 µm)
 - Neven het zand een niet kalkrijke, zware kleilaag die voldoende aan de eisen gesteld bij profielverloop 1.
- "Met een niet kalkrijke, zware tussenlaag": Kleigronden met een niet kalkrijke, zware tussenlaag, > 15% lutum die:
 - of begint tussen 25 cm en doorkomt tot ten minste 40 cm,
 - of begint tussen 25 en 80 cm en ten minste 15 cm dik is, met end op een lichtere ofwel kalkrijke ondergrond die:
 - of tussen 80 cm begint en ten minste 40 cm dik is,
 - of dieper dan 80 cm begint en doorkomt tot dieper dan 120 cm.
- "Met een niet kalkrijke, zware ondergrond": Kleigronden met een niet kalkrijke, zware kleilaag die ten minste voldoende aan de eisen gesteld bij profielverloop 1 en die:
 - of doorkomt tot ten minste 120 cm,
 - of tussen 80 en 100 cm en gaat in moerig materiaal (doorkomt tot ten minste 120 cm)
 - of een laagte in ondergrond die lichtere ofwel kalkrijke zand moerige lagen die in zamen dan een lijn die 40 cm en die tussen 120 cm west overgaat in niet kalkrijke, zware klei.
- "Hoopgreze, aflopende en oplopende profielen": Alle profielverlopen die niet vallen onder de definities van de profielverlopen 1 tot en met 4.

RIVIERKLEIGRONDEN

VAAGGRONDEN

- Drechvaaggronden
Rd1C: profielverloop 1, kalkloos
- Nesvaaggronden
Rd6C: zavel en lichte klei, kalkloos
- Kalkhoudende poldervaaggronden
Rd2A: zavel, profielverloop 2
- Rd2A: klei, profielverloop 2
- Rd4A: zavel en lichte klei, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4
- Rd4A: zware klei, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4
- Rd1A: lichte zavel, profielverloop 5
- Rd4A: zware zavel en lichte klei, profielverloop 5
- Rd4A: zware klei, profielverloop 5
- Kalkloze poldervaaggronden
Rd2C: zavel en lichte klei, profielverloop 2
- Rd2C: zavel en lichte klei, profielverloop 3, of 3 en 4
- Rd2C: zware klei, profielverloop 3, of 3 en 4
- Rd4C: zware klei, profielverloop 4
- Rd4C: bruine zware klei, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4
- Rd1C: lichte zavel, profielverloop 5
- Rd2C: zware zavel en lichte klei, profielverloop 5
- Kalkhoudende oosvaaggronden
Rd1A: lichte zavel
- Rd4A: zware zavel en lichte klei
- Kalkloze oosvaaggronden
Rd1C: lichte zavel
- Rd2C: zware zavel en lichte klei

OUDE KLEIGRONDEN

OUDE RIVIERKLEIGRONDEN

- Poldervaaggronden
Kd1: lichte zavel
- Kd2: zware zavel
- Kd3: klei
- Oosvaaggronden
Kd1: lichte zavel

LEEMGRONDEN

VAAGGRONDEN

- Oosvaaggronden: geen roest ondieper dan 80 cm
- L15: zandige leem

SAMENGESTELDE KAARTENHEDEN

Associaties van twee enkelvoudige kaartenheden

- 100/201: - veldpodzolgronden: leemarm en zwak leemig fijn zand
- voorvlaggronden: leemarm en zwak leemig fijn zand
- 2/30A/10: - kalkhoudende vlakvaaggronden: grof zand met zavel- of kleidek
- kalkhoudende poldervaaggronden: klei, profielverloop 2
- 0-85A/10/1: - kalkhoudende poldervaaggronden in jonge rivierklei: zware zavel en lichte klei, profielverloop 5
- poldervaaggronden in oude rivierklei: klei

TOEVOEGINGEN

- A: zavel- of kleidek, 15 a 40 cm dik
- B: grind ondieper dan 40 cm beginnend
- F: plaatselijk ijzerrijk, ondieper dan 50 cm beginnend en ten minste 10 cm dik
- G: 15 a 40 cm moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm
- H: moerig materiaal beginnend dieper dan 80 cm en doorkomend tot dieper dan 120 cm
- I: afgegraven
- J: vergraven

OVERIGE ONDERSCHIEDINGEN

- — — — — smalle kreekbedding: geul enz.
- • • • • zand-, leem- of grindgroeve
- • • • • opgehoofd of opgespoten
- • • • • afgegraven
- • • • • oude bewoningsplaats
- • • • • water en moeras
- • • • • stuwwal
- • • • • niet gekarteerd: bebouwde kom enz.

TEXTUURBENAMING

- Naar het lutumgehalte (percentage < 2 µm)

0 - 10 % kleinsand	} zand
10 - 15 % kleinsand	
15 - 20 % kleinsand	
20 - 30 % zeer licht zavel	} zavel
30 - 40 % zeer licht zavel	
40 - 50 % zeer licht zavel	
50 - 60 % zeer licht zavel	} klei
60 - 70 % zeer licht zavel	
70 - 80 % zeer licht zavel	
- Naar het leemgehalte (percentage < 50 µm)

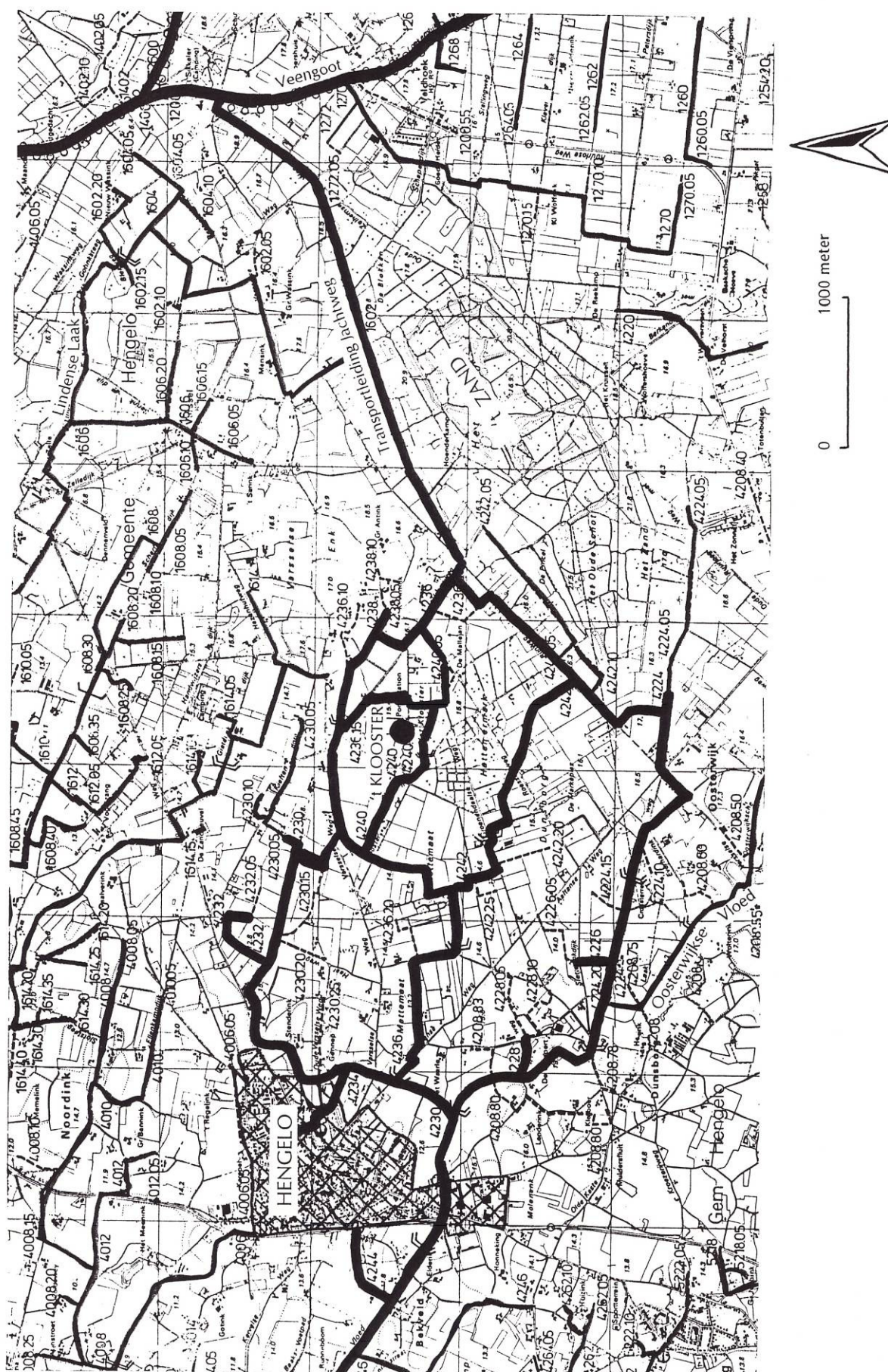
0 - 10 % leemarm zand	} zand
10 - 15 % zwak leemig zand	
15 - 20 % zwak leemig zand	
20 - 30 % zwak leemig zand	} leemig zand
30 - 40 % zwak leemig zand	
40 - 50 % zwak leemig zand	
50 - 60 % zandige leem	} leem
60 - 70 % zandige leem	
70 - 80 % zandige leem	
- Indeling naar de median (M50) van de zandfractie (50-2000 µm)

50 en 100 µm uiterst fijn zand	} fijn zand
100 en 150 µm zeer fijn zand	
150 en 200 µm middel fijn zand	
200 en 250 µm grof zand	
- Fractie > 2000 µm: grind

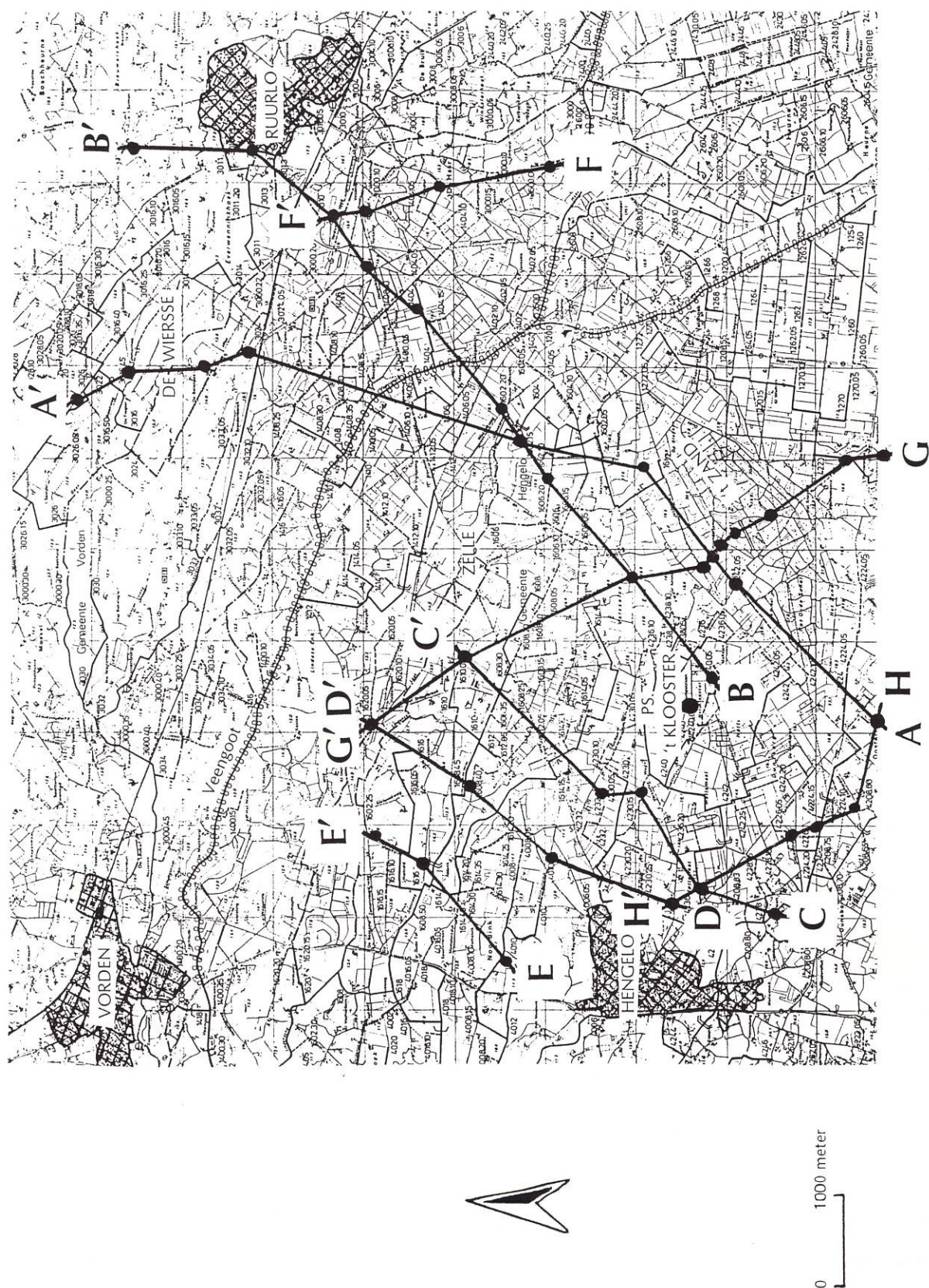
GRONDWATERTRAPPENINDELING

Grondwatertrap (Gt)	1	2	3	4	5	6	7
Gemiddeld hoogste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GHG)	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40
Gemiddeld laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld (GLG)	< 50	50-80	80-120	80-120	> 120	> 120	> 120

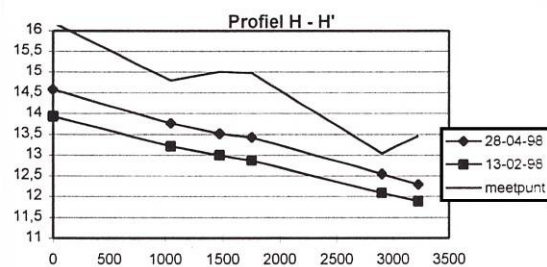
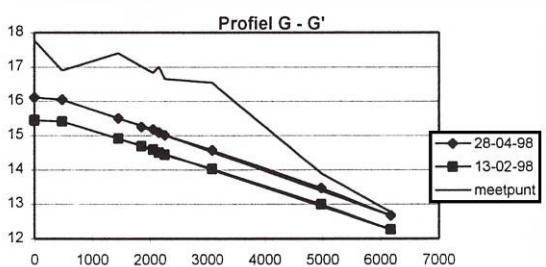
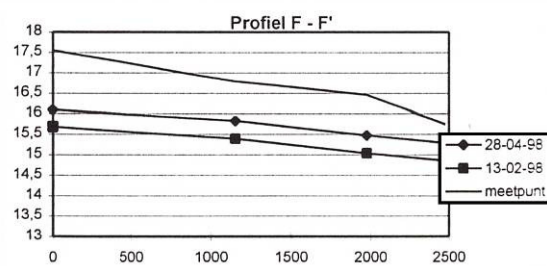
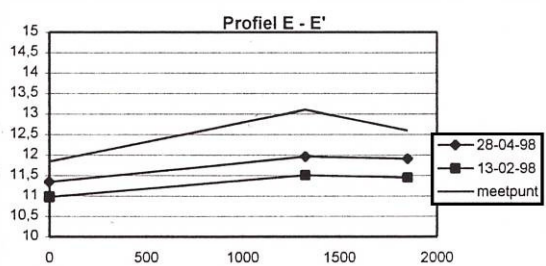
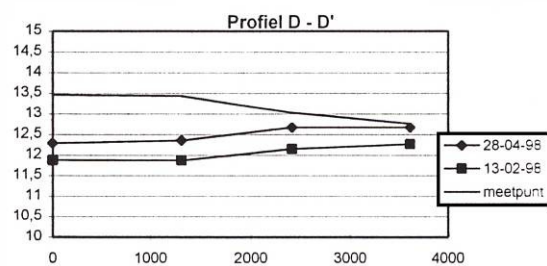
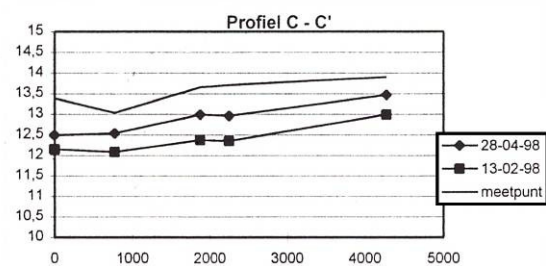
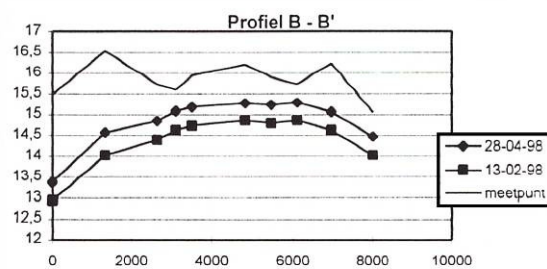
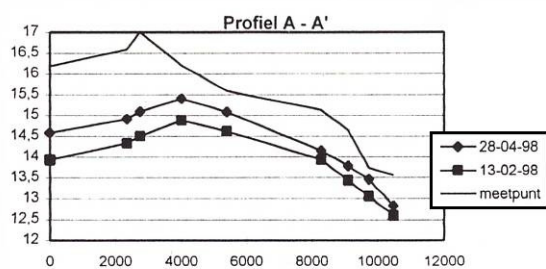
Bijlage 3: Infiltratiesysteem



Bijlage 4: Ligging dwarsdoorsneden



Bijlage 5: Dwarsdoorsnedes

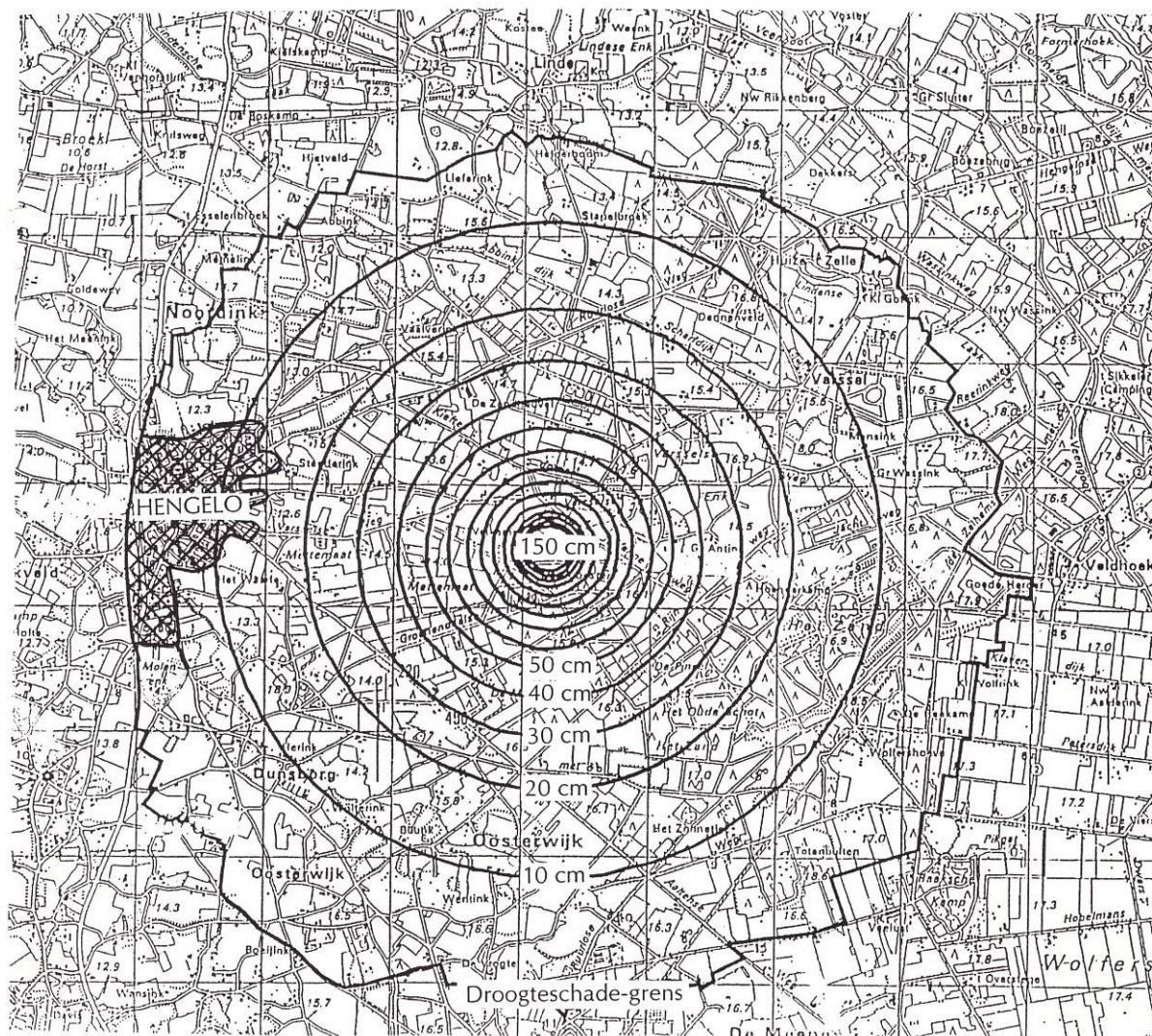


Op de x-as is de afstand uitgezet t.o.v. het beginpunt van de doorsnede (in meters)

Op de y-as zijn de grondwaterstanden en de meetpunthoogten (komt ongeveer overeen met de maaiveldshoogte) uitgezet in meters boven NAP

Bijlage 6: Berekende grondwaterstandsverlagingen pompstation

Bij een grondwateronttrekking van 4,5 miljoen m³ per jaar
Berekeningen uitgevoerd door Waterbedrijf Gelderland

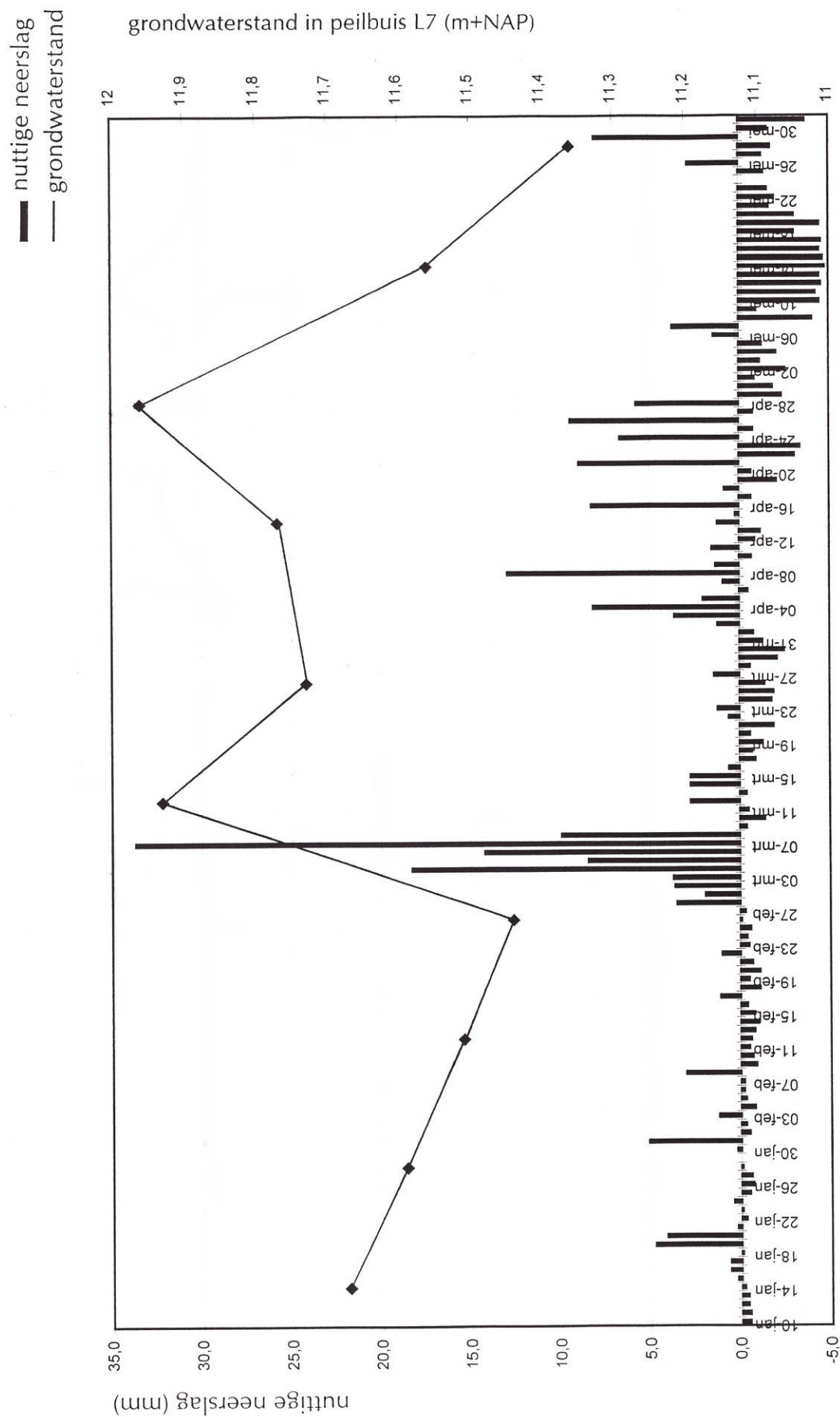


Bijlage 7: Neerslag- en verdampingsgegevens

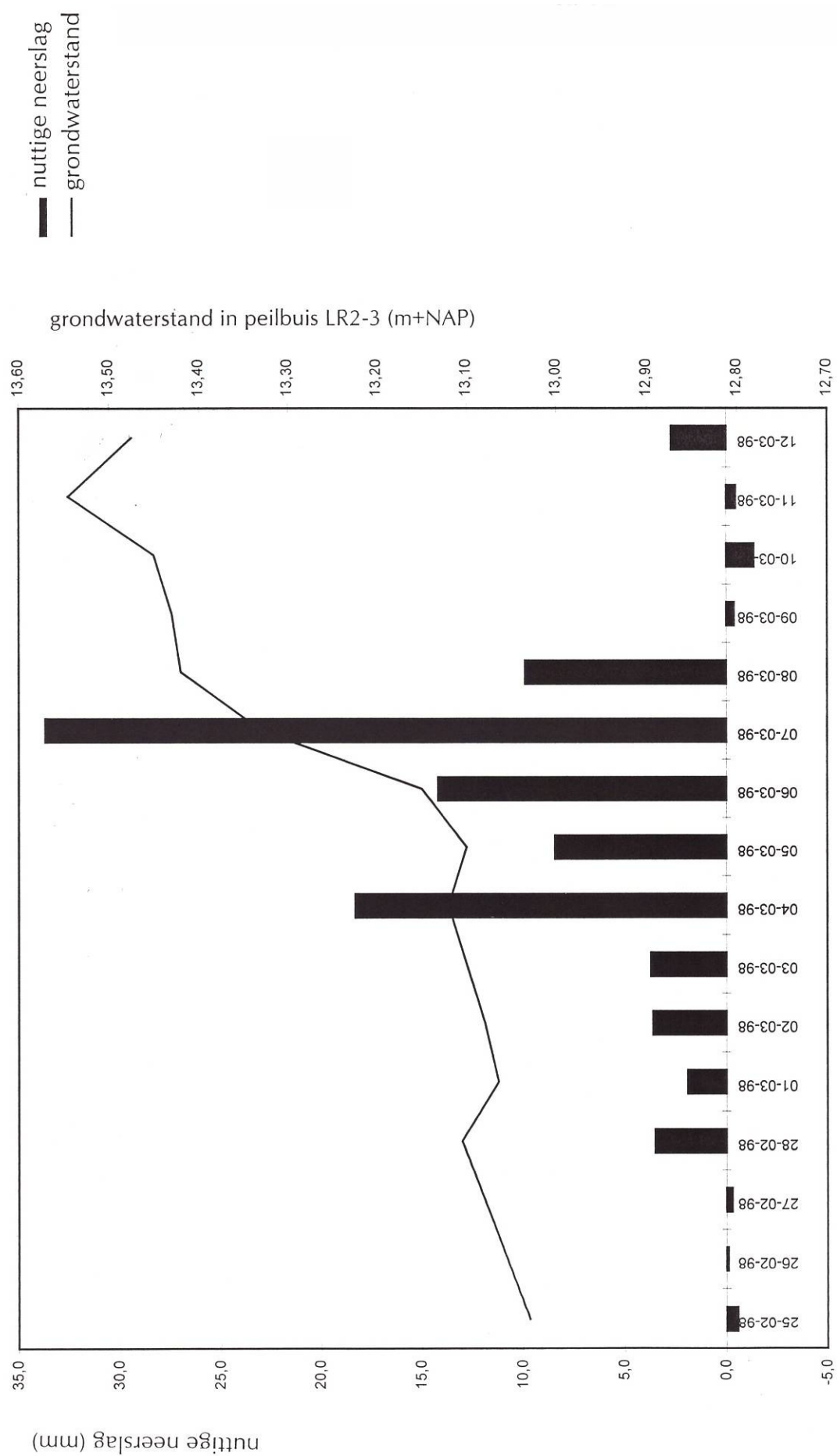
datum	verdamping Hupsel in mm	neerslag Hengelo (Gld) in mm	nuttige neerslag in mm
09-12-97	0,3	0,3	0,0
10-12-97	0,1	15	14,9
11-12-97	0,1	8,4	8,3
12-12-97	0,1	4,8	4,7
13-12-97	0,3	0,4	0,1
14-12-97	0,3	0	-0,3
15-12-97	0,1	0,4	0,3
16-12-97	0,2	0	-0,2
17-12-97	0,2	0	-0,2
18-12-97	0,1	0	-0,1
19-12-97	0,2	1,3	1,1
20-12-97	0,2	0	-0,2
21-12-97	0	3,6	3,6
22-12-97	0,1	10,8	10,7
23-12-97	0,1	0	-0,1
24-12-97	0,1	2,8	2,7
25-12-97	0,2	3,1	2,9
26-12-97	0,2	3,5	3,3
27-12-97	0,1	2	1,9
28-12-97	0,2	2,5	2,3
29-12-97	0,3	4,5	4,2
30-12-97	0,3	0,4	0,1
31-12-97	0,1	0,5	0,4
01-01-98	0,3	2,2	1,9
02-01-98	0,2	4,7	4,5
03-01-98	0,0	5	5,0
04-01-98	0,2	10,5	10,3
05-01-98	0,1	2,7	2,6
06-01-98	0,2	13	12,8
07-01-98	0,3	3,9	3,6
08-01-98	0,2	12,7	12,5
09-01-98	0,2	2,2	2,0
10-01-98	0,5	0	-0,5
11-01-98	0,5	0	-0,5
12-01-98	0,4	0	-0,4
13-01-98	0,4	0	-0,4
14-01-98	0,2	0	-0,2
15-01-98	0,1	0,3	0,2
16-01-98	0,2	0,8	0,6
17-01-98	0,4	1	0,6
18-01-98	0,1	0	-0,1
19-01-98	0,1	4,9	4,8
20-01-98	0,1	4,2	4,1
21-01-98	0,1	0,3	0,2
22-01-98	0,3	0	-0,3
23-01-98	0,1	0	-0,1
24-01-98	0,1	0,5	0,4
25-01-98	0,5	0	-0,5
26-01-98	0,7	0	-0,7
27-01-98	0,6	0	-0,6
28-01-98	0,1	0	-0,1
29-01-98	0,2	0,2	0,0
30-01-98	0,1	0,3	0,2
31-01-98	0,7	5,8	5,1
01-02-98	0,5	0	-0,5
02-02-98	0,3	0	-0,3
03-02-98	0,8	2	1,2
04-02-98	0,8	0	-0,8
05-02-98	0,3	0	-0,3
06-02-98	0,2	0	-0,2
07-02-98	0,2	0	-0,2
08-02-98	0,5	3,5	3,0
09-02-98	0,9	0	-0,9
10-02-98	0,7	0	-0,7
11-02-98	0,5	0	-0,5
12-02-98	0,6	0	-0,6
13-02-98	0,8	0	-0,8
14-02-98	1,0	0	-1,0
15-02-98	0,8	0	-0,8
16-02-98	0,4	0	-0,4
17-02-98	0,4	1,5	1,1
18-02-98	1,1	0	-1,1
19-02-98	0,5	0	-0,5
20-02-98	1,1	0	-1,1
21-02-98	0,7	0	-0,7
22-02-98	0,5	1,5	1,0
23-02-98	0,9	0,4	-0,5
24-02-98	0,4	0	-0,4
25-02-98	0,6	0	-0,6
26-02-98	0,1	0	-0,1
27-02-98	0,3	0	-0,3
28-02-98	1,0	4,5	3,5
01-03-98	0,5	2,4	1,9
02-03-98	1,2	4,8	3,6
03-03-98	0,1	3,8	3,7
04-03-98	0,2	18,5	18,3

datum	verdamping Hupsel in mm	neerslag Hengelo (Gld) in mm	nuttige neerslag in mm
05-03-98	0,5	8,9	8,4
06-03-98	0,2	14,4	14,2
07-03-98	0,5	34,2	33,7
08-03-98	0,4	10,3	9,9
09-03-98	1,2	0,8	-0,4
10-03-98	1,4	0	-1,4
11-03-98	0,5	0	-0,5
12-03-98	1,1	3,8	2,7
13-03-98	0,4	0	-0,4
14-03-98	0,6	3,3	2,7
15-03-98	0,4	3,1	2,7
16-03-98	0,6	1,2	0,6
17-03-98	0,9	0	-0,9
18-03-98	0,7	0	-0,7
19-03-98	1,3	0	-1,3
20-03-98	0,6	0	-0,6
21-03-98	1,9	0	-1,9
22-03-98	0,4	1	0,6
23-03-98	0,9	2,1	1,2
24-03-98	1,8	0	-1,8
25-03-98	1,9	0	-1,9
26-03-98	1,4	0	-1,4
27-03-98	0,4	1,8	1,4
28-03-98	1,0	0,4	-0,6
29-03-98	2,1	0	-2,1
30-03-98	2,5	0	-2,5
31-03-98	1,3	0	-1,3
01-04-98	0,8	0	-0,8
02-04-98	0,7	1,9	1,2
03-04-98	0,7	4,3	3,6
04-04-98	1,0	9,1	8,1
05-04-98	1,2	3,2	2,0
06-04-98	1,8	1,3	-0,5
07-04-98	1,0	1,9	0,9
08-04-98	1,3	14,2	12,9
09-04-98	1,7	3	1,3
10-04-98	0,9	0,2	-0,7
11-04-98	1,5	3	1,5
12-04-98	1,9	1	-0,9
13-04-98	1,2	0	-1,2
14-04-98	1,4	2,6	1,2
15-04-98	0,9	1,1	0,2
16-04-98	1,7	9,9	8,2
17-04-98	1,7	1	-0,7
18-04-98	0,5	1,3	0,8
19-04-98	2,4	0,3	-2,1
20-04-98	0,7	0	-0,7
21-04-98	2,2	11,1	8,9
22-04-98	3,1	0	-3,1
23-04-98	3,4	0	-3,4
24-04-98	0,9	7,5	6,6
25-04-98	0,8	0	-0,8
26-04-98	1,0	10,4	9,4
27-04-98	0,8	0	-0,8
28-04-98	1,5	7,2	5,7
29-04-98	2,4	0	-2,4
30-04-98	1,9	0	-1,9
01-05-98	0,9	0	-0,9
02-05-98	2,6	0	-2,6
03-05-98	1,2	0	-1,2
04-05-98	2,1	0	-2,1
05-05-98	1,3	0	-1,3
06-05-98	0,9	2,3	1,4
07-05-98	1,7	5,4	3,7
08-05-98	4,1	0	-4,1
09-05-98	1,0	0	-1,0
10-05-98	4,5	0	-4,5
11-05-98	4,3	0	-4,3
12-05-98	4,6	0	-4,6
13-05-98	4,5	0	-4,5
14-05-98	4,8	0	-4,8
15-05-98	4,7	0	-4,7
16-05-98	4,5	0	-4,5
17-05-98	4,6	0	-4,6
18-05-98	3,1	0	-3,1
19-05-98	4,5	0	-4,5
20-05-98	3,1	0	-3,1
21-05-98	1,7	0	-1,7
22-05-98	2,0	0	-2,0
23-05-98	1,6	0	-1,6
24-05-98	1,2	1,2	0,0
25-05-98	1,9	0,5	-1,4
26-05-98	1,9	4,7	2,8
27-05-98	2,3	1	-1,3
28-05-98	3,8	2	-1,8
29-05-98	1,3	9,3	8,0
30-05-98	1,6	0	-1,6
31-05-98	3,7	0	-3,7

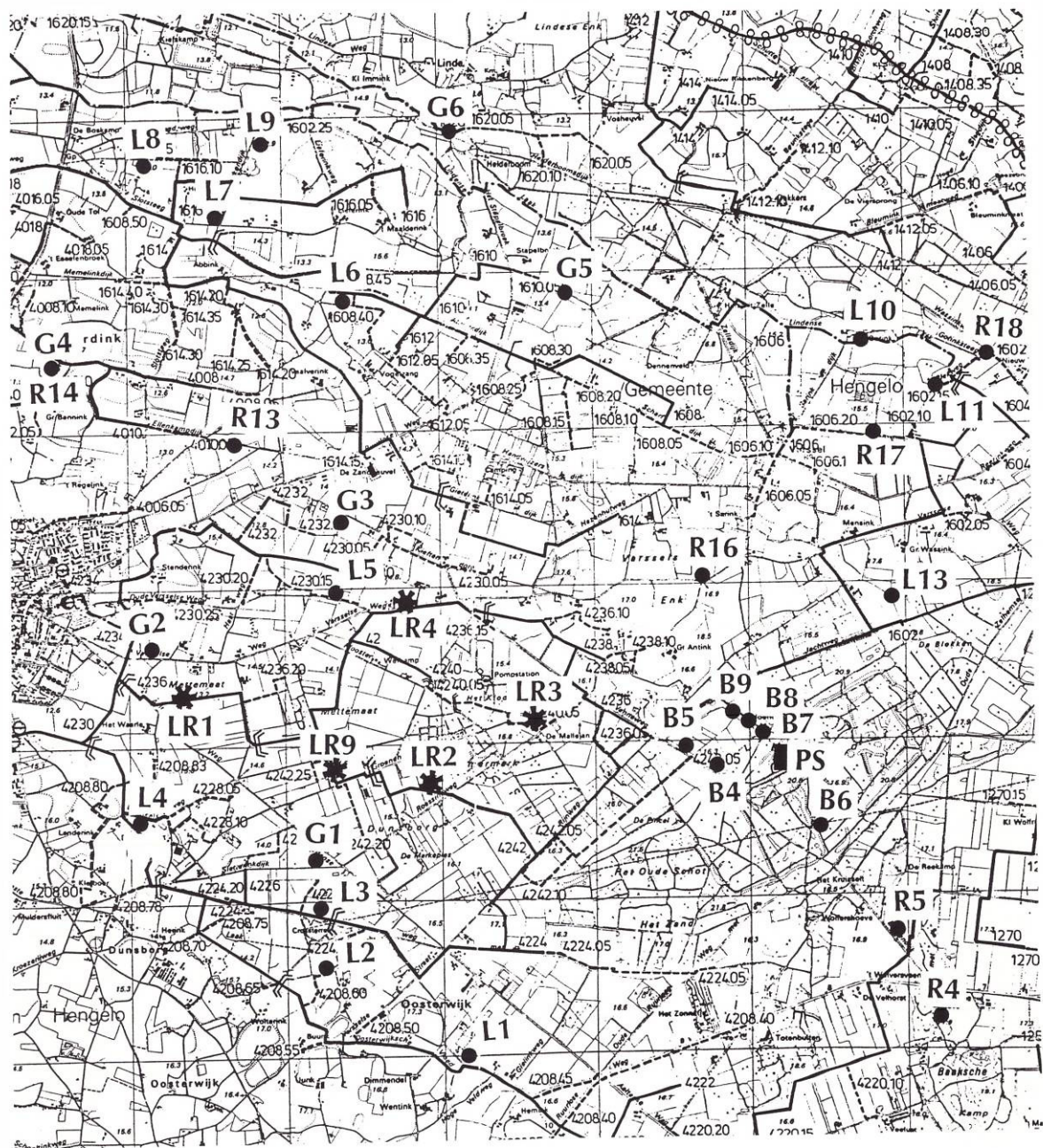
Bijlage 8: Reactie van grondwater op nuttige neerslag



Bijlage 9: Reactie van grondwater op een hevige regenbui



Bijlage 10: Ligging peilbuizen

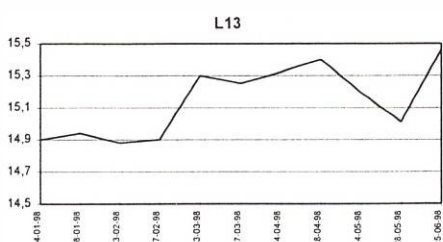
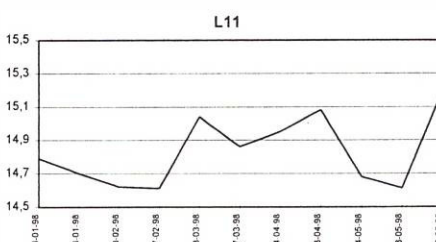
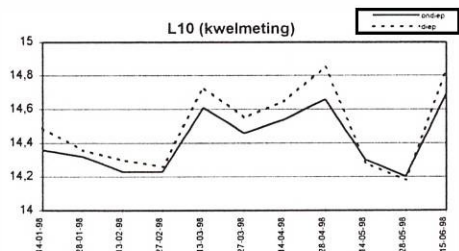
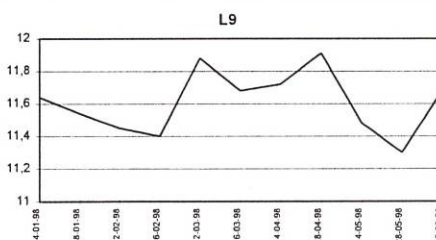
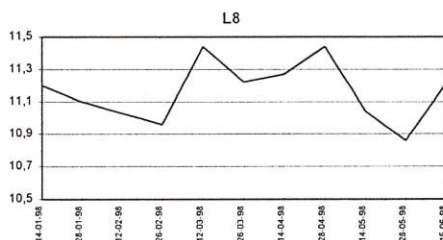
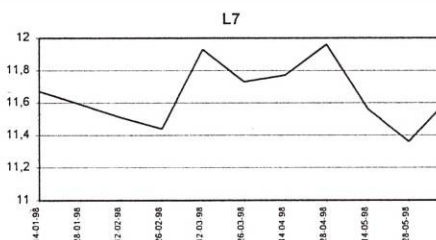
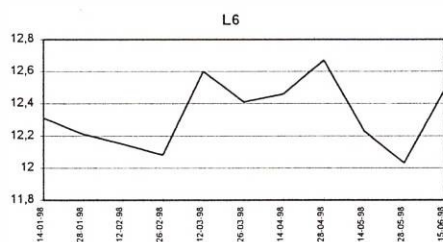
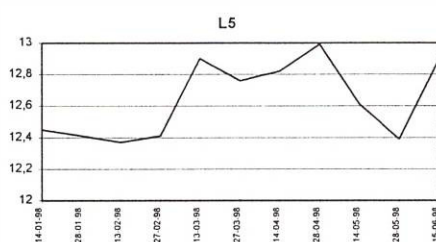
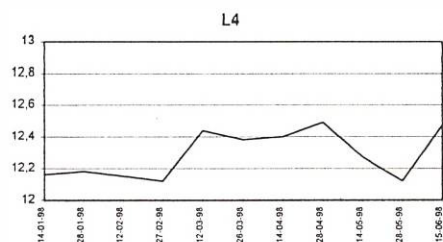
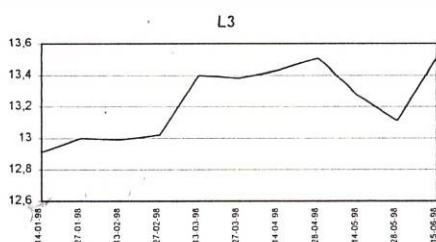
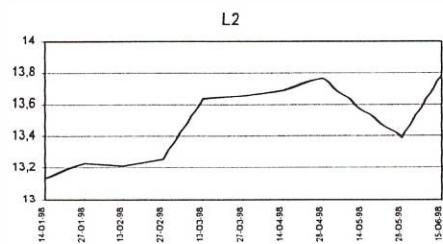
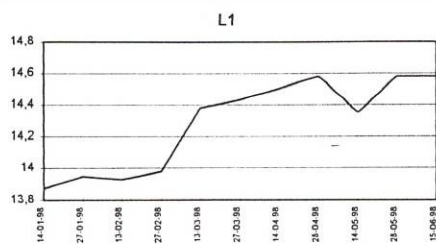


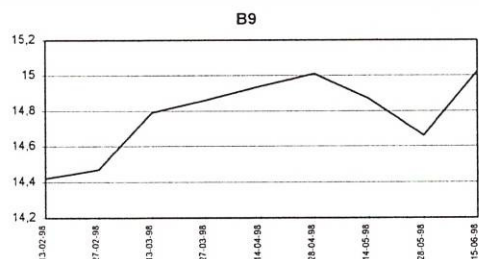
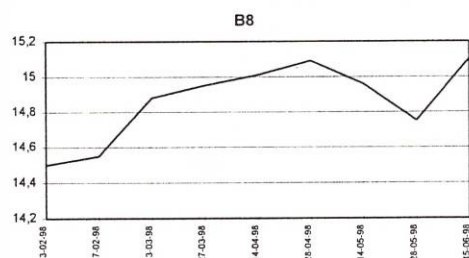
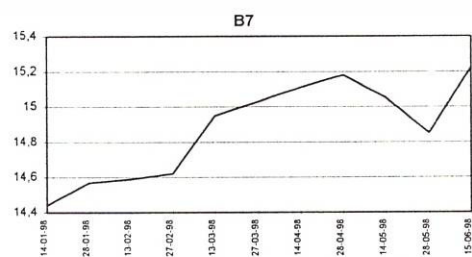
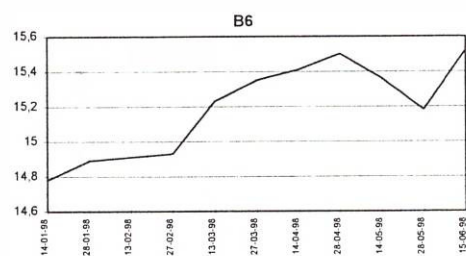
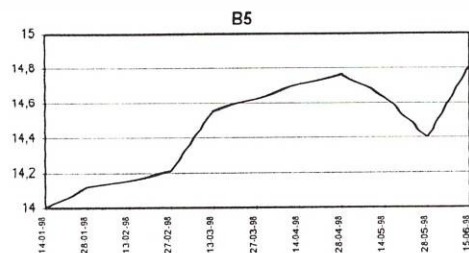
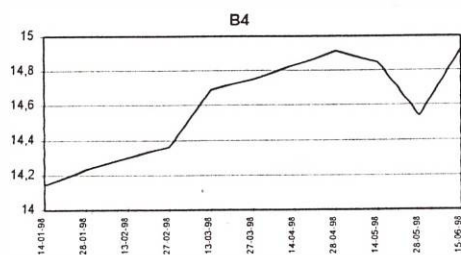
0 1000 meter

- Peilbuis
- ✱ Dwarsraai
- Peilschaal



Bijlage 11: Tijdstijghoogtereeksen



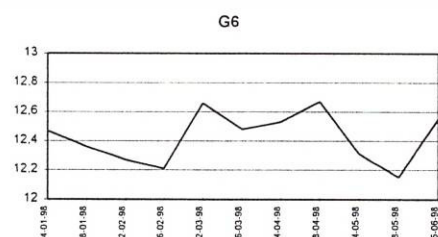
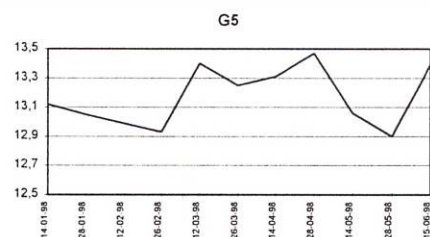
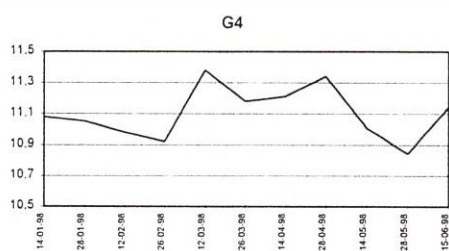
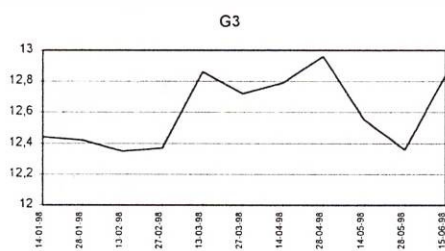
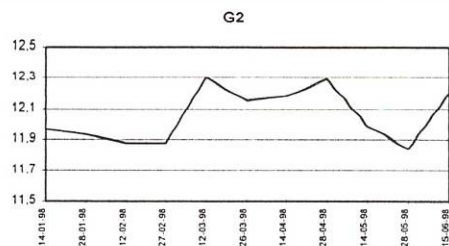
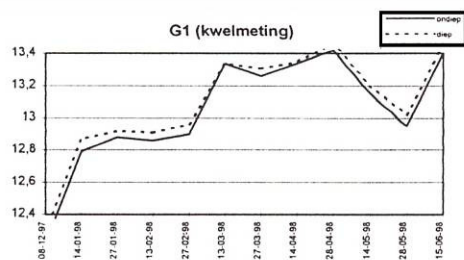


Meetpunthoogten per peilbuis in m+NAP
(komt globaal overeen met maaiveldhoogte)

(grafieken vorige bladzijde)

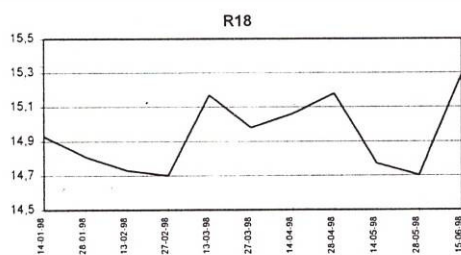
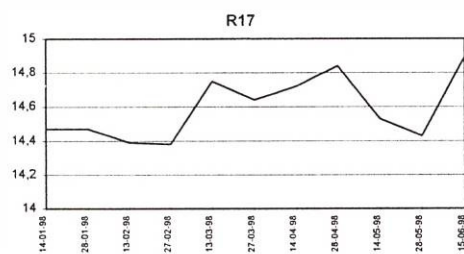
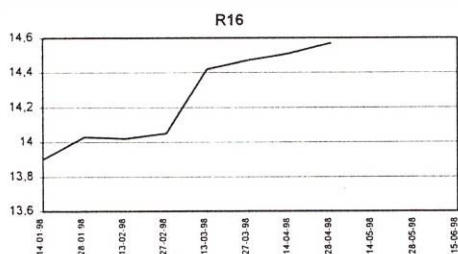
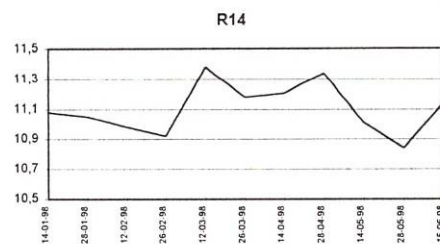
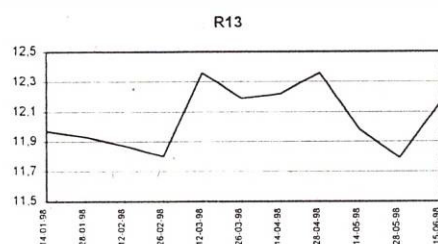
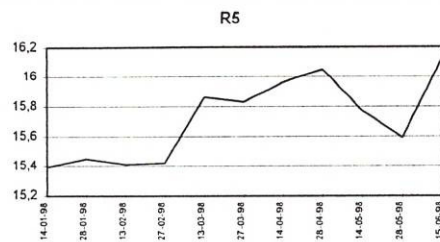
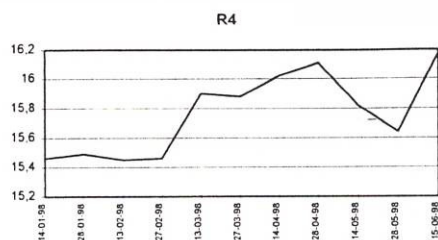
L1	16,19
L2	14,79
L3	15,00
L4	13,39
L5	13,66
L6	13,03
L7	13,10
L8	13,07
L9	12,60
L10a	15,22
L10b	15,25
L11	15,59
L13	16,21

B4	16,56
B5	16,46
B6	17,40
B7	16,83
B8	17,01
B9	16,63



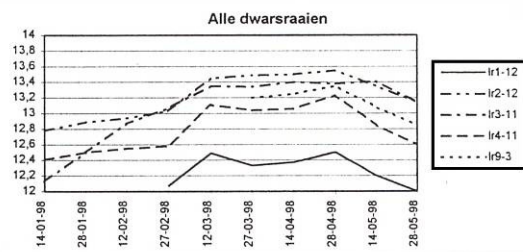
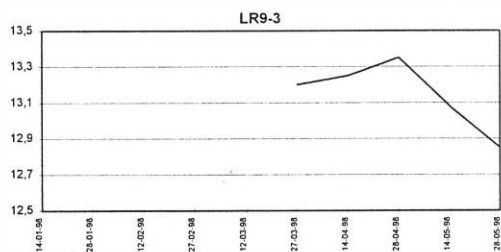
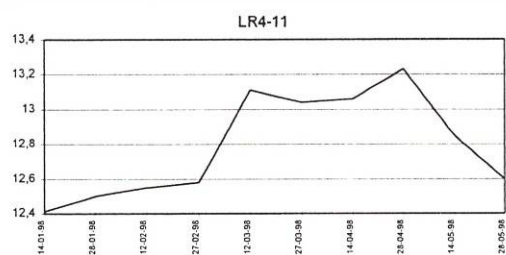
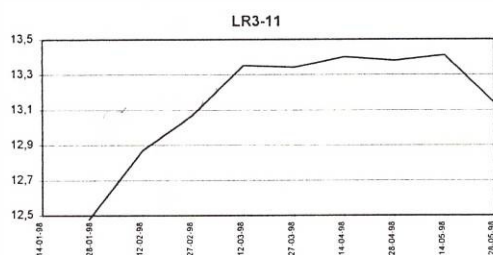
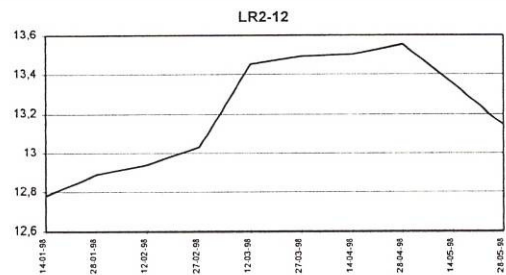
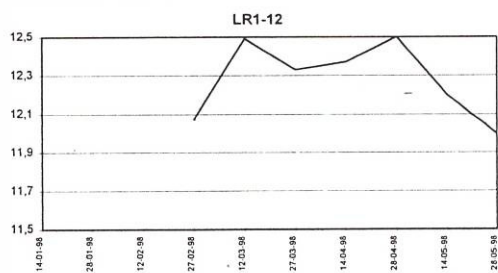
Meetpunthoogten per peilbuis in m+NAP
(komt globaal overeen met maaiveldshoogte)

G1	14,97
G2	13,46
G3	13,71
G4	11,84
G5	13,90
G6	12,77



Meetpunthoogten per peilbuis in m+NAP
(komt globaal overeen met maaiveldshoogte)

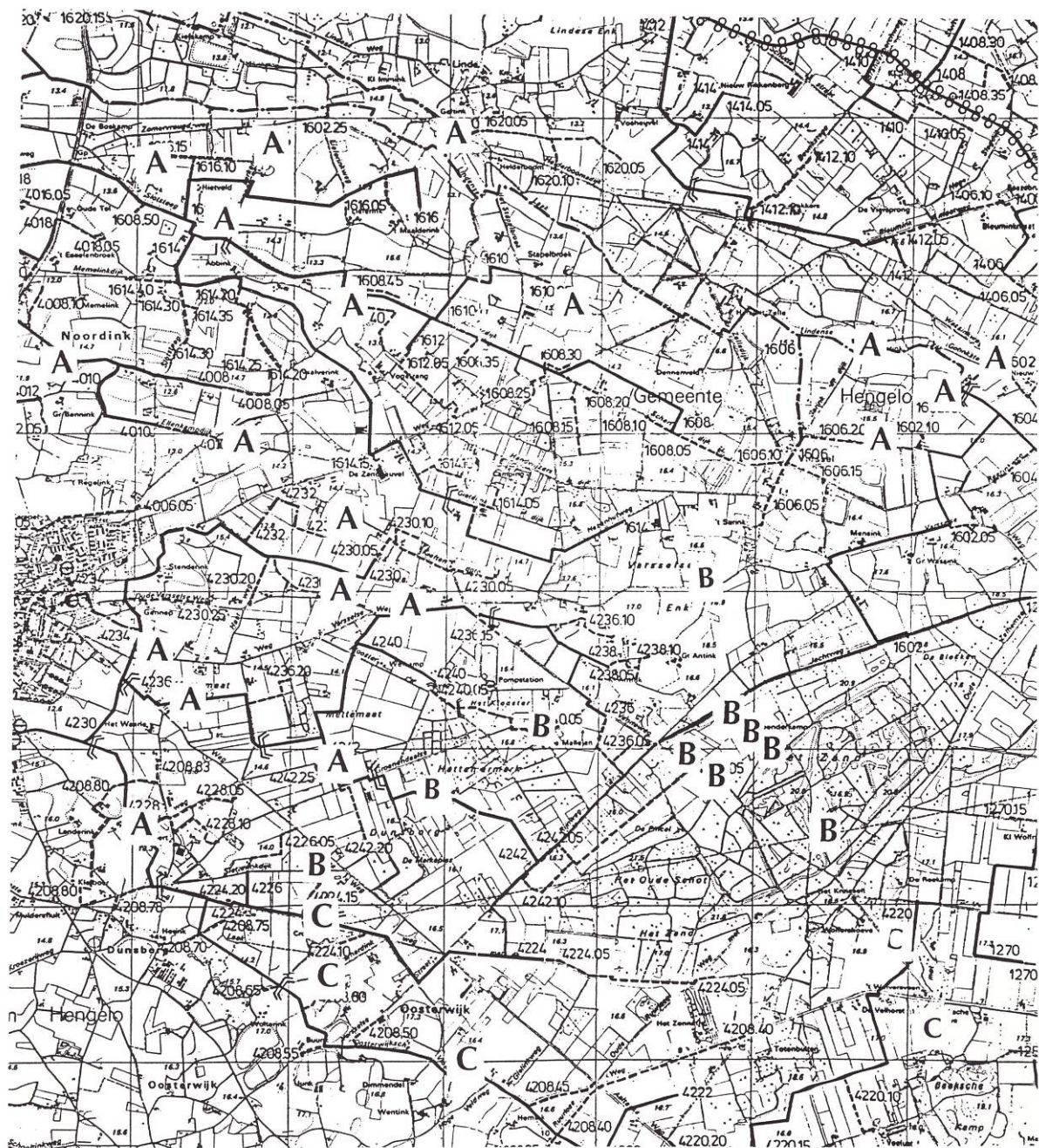
R4	17,78
R5	16,90
R13	13,43
R14	11,84
R16	16,54
R17	15,74
R18	15,94



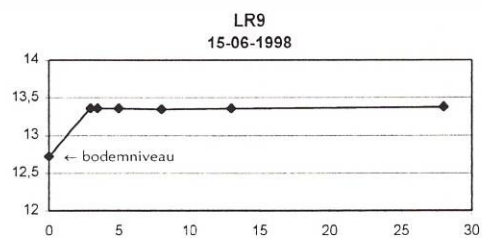
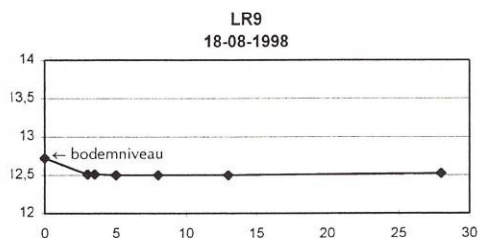
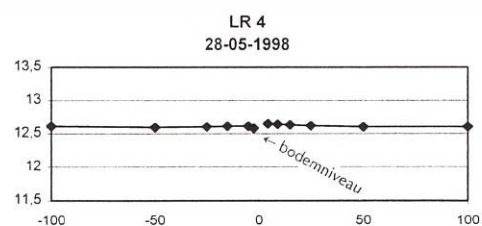
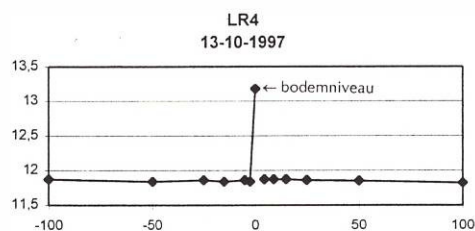
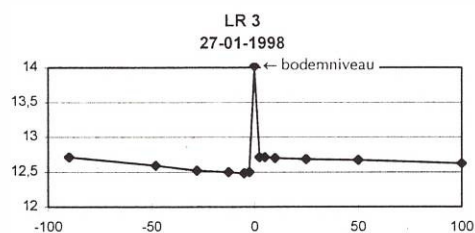
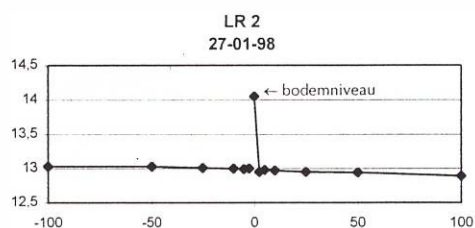
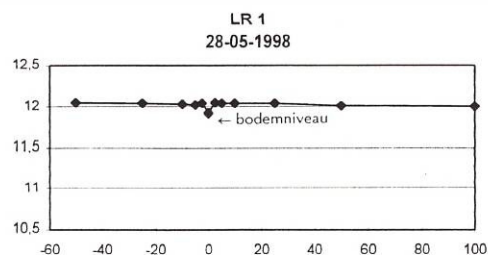
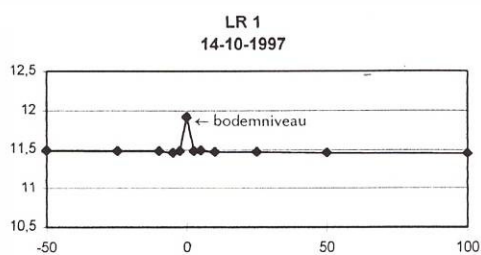
Meetpunthoogten per peilbuis in m+NAP
(komt globaal overeen met maaiveldshoogte)

LR1-12	13,17
LR2-12	16,08
LR3-11	15,41
LR4-11	13,94
LR9-3	13,96

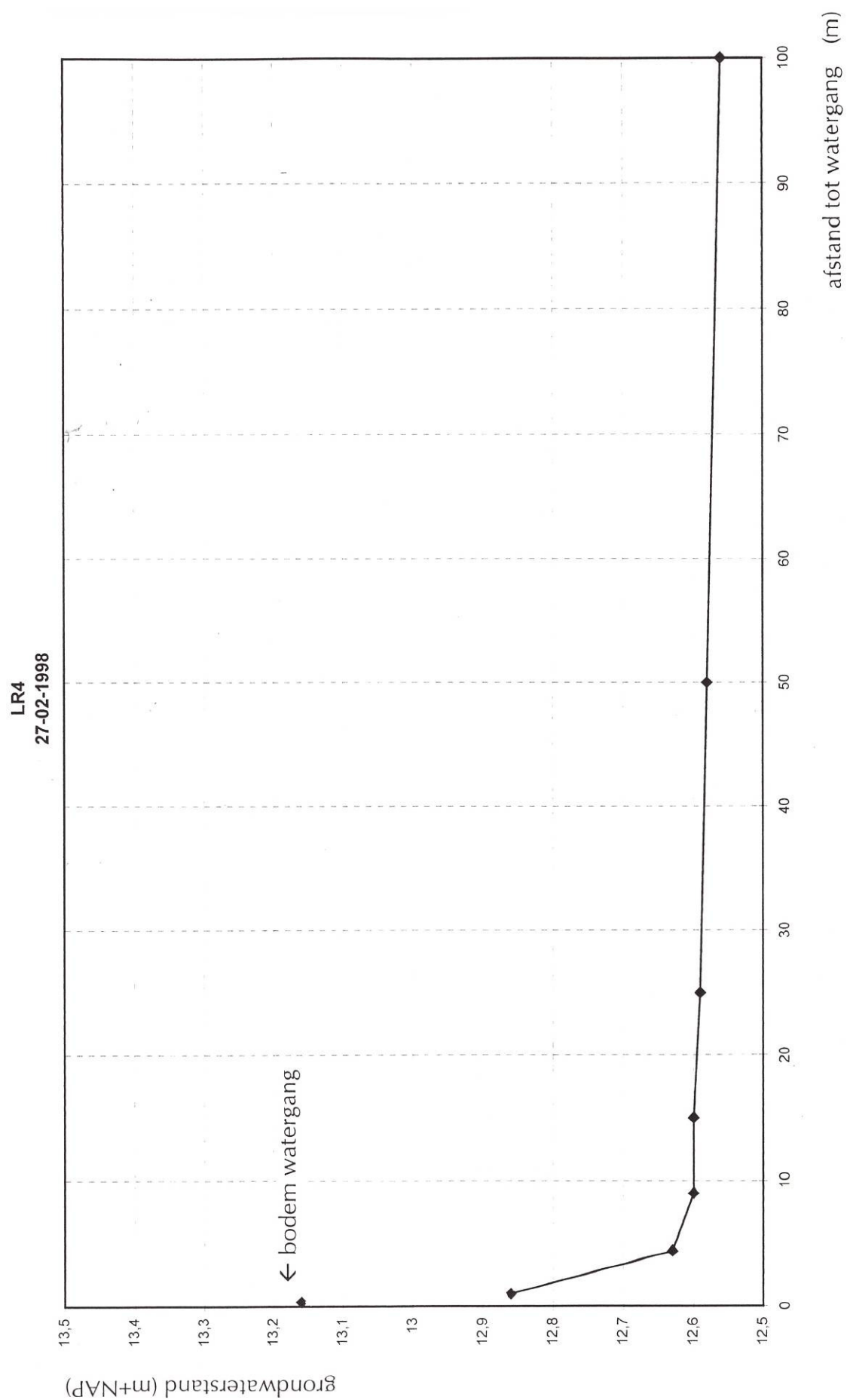
Bijlage 12: Clusters stijghoogtereeksen



Bijlage 13: Dwarsraaien

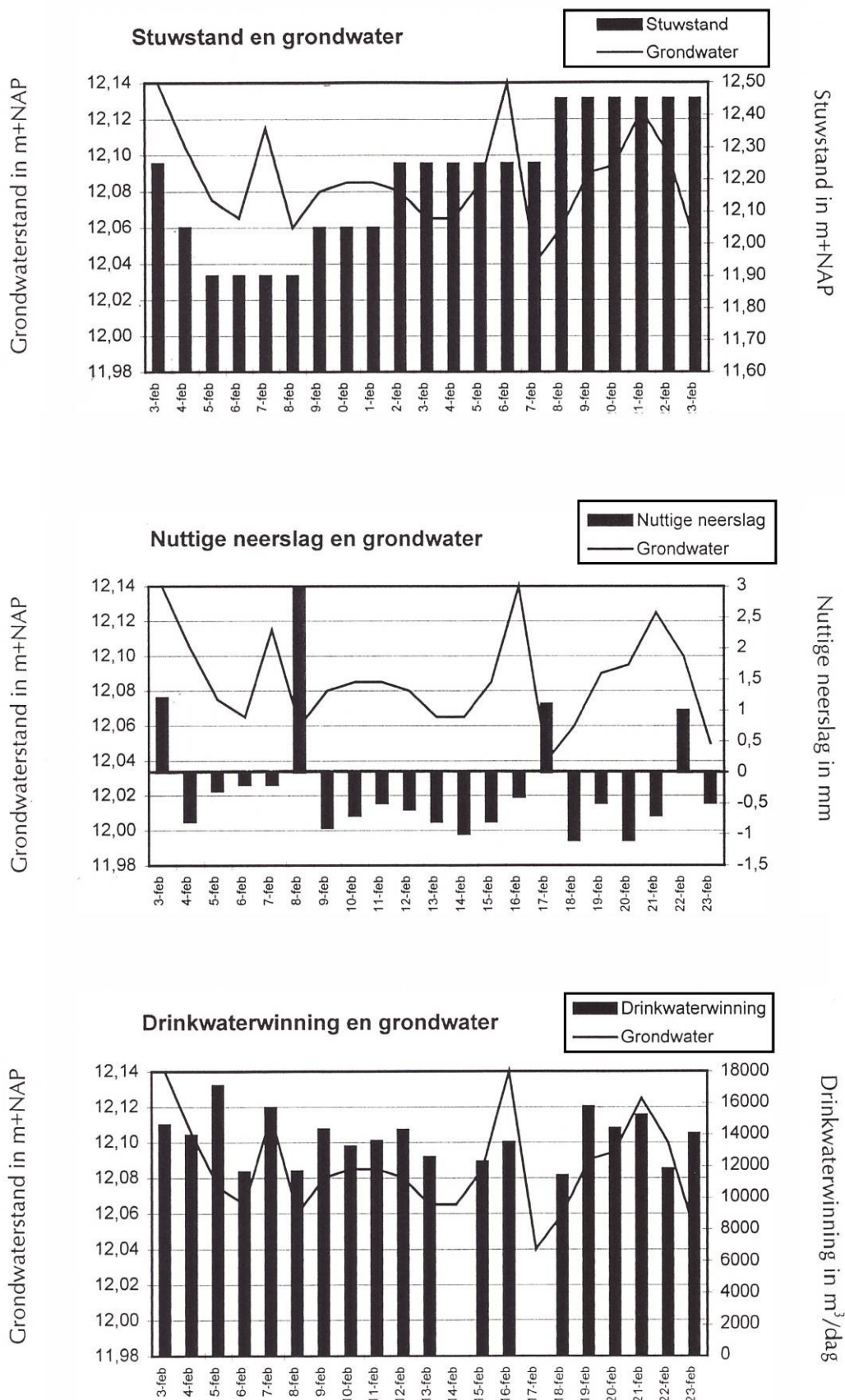


Bijlage 14: Opbolling van de grondwaterstand

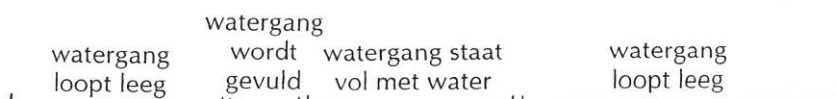


Bijlage 15: Stuwproef

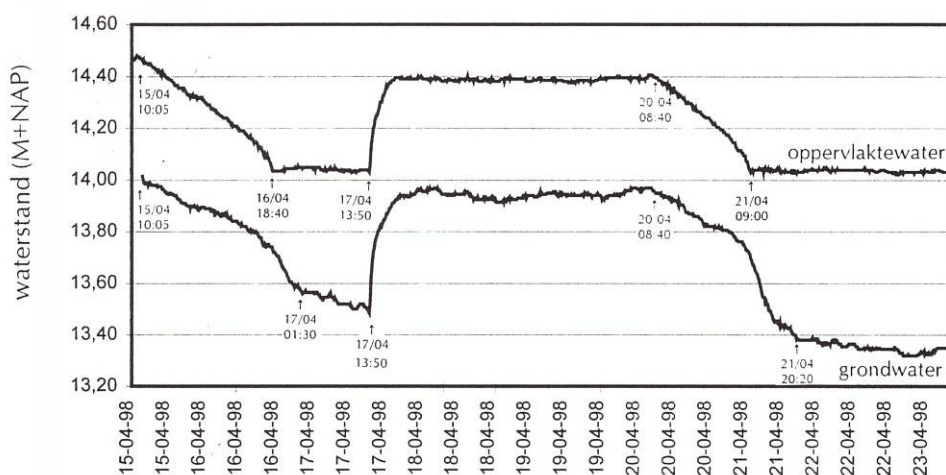
Uitgevoerd bij dwarsraai LR3



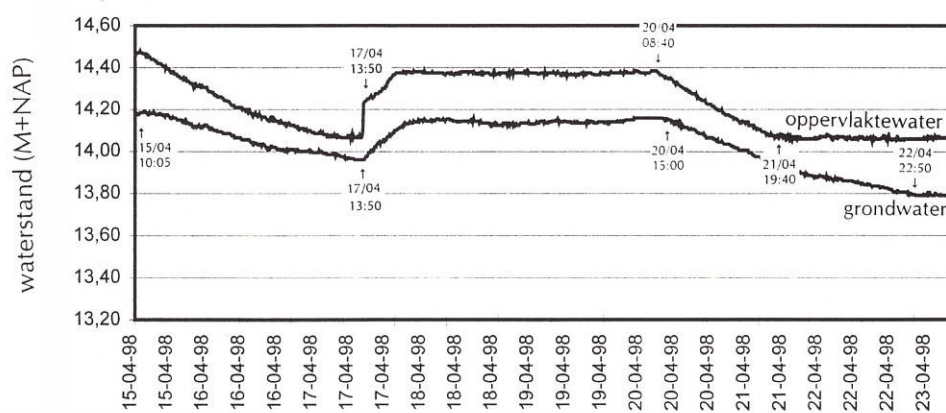
Bijlage 16: Infiltratieproef



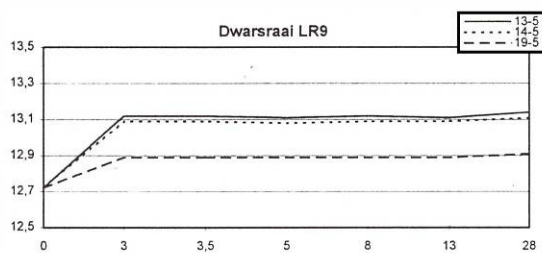
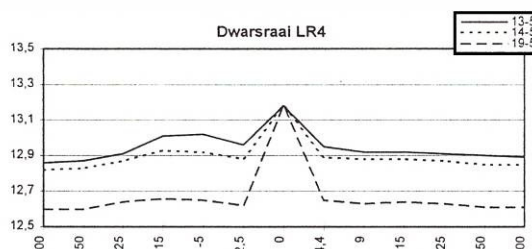
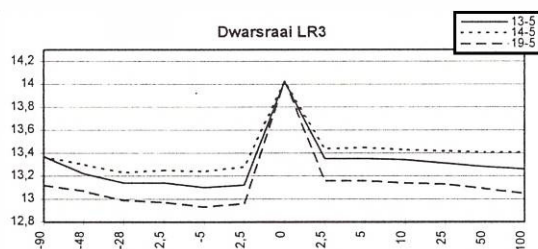
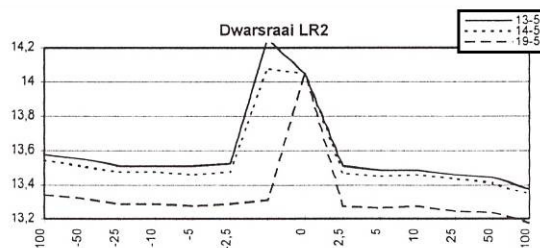
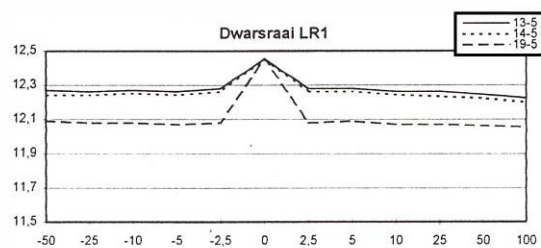
Locatie A



Locatie B

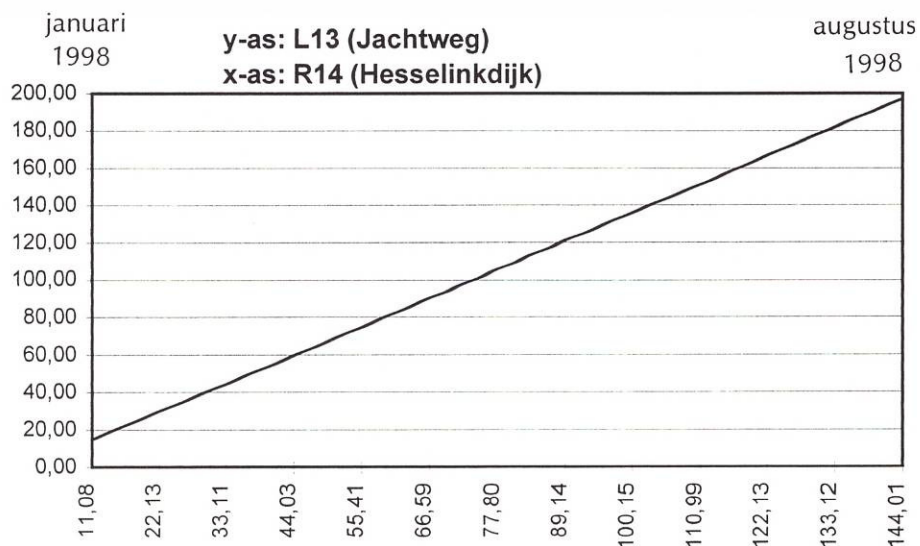
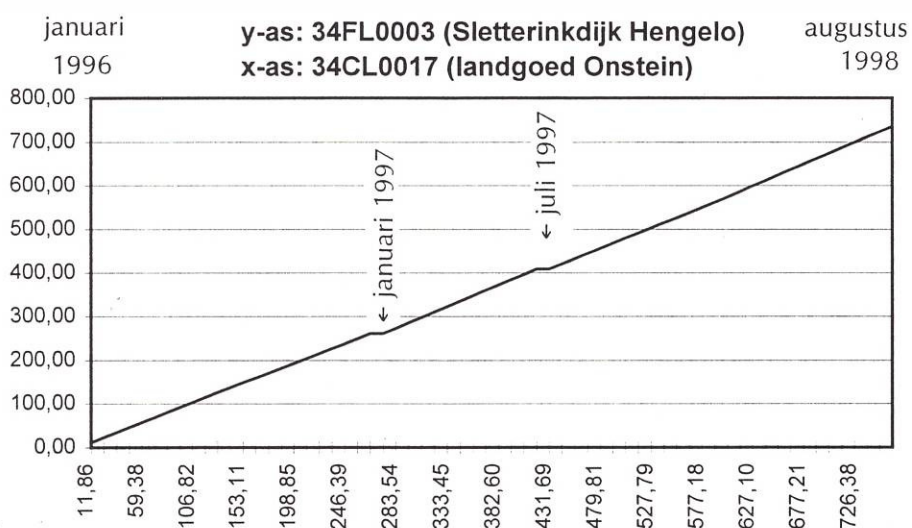
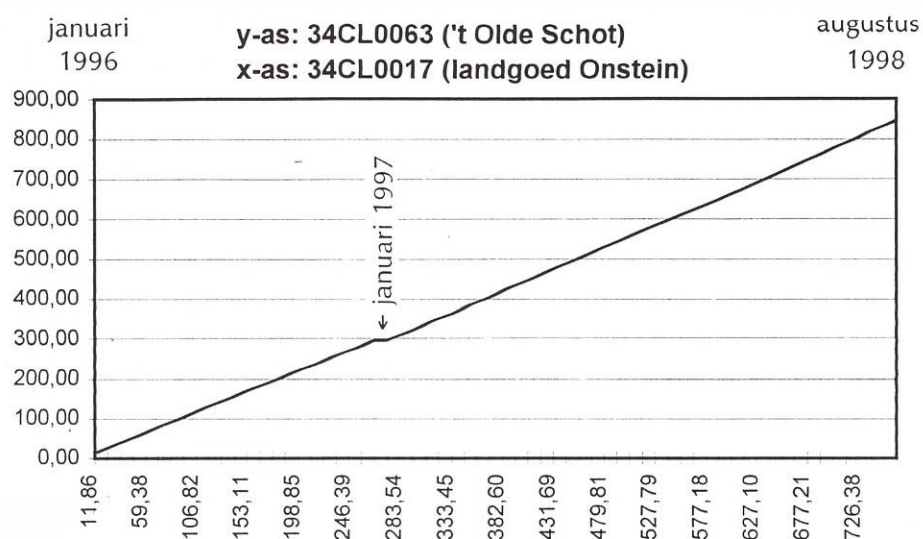


Bijlage 17: Verhoging grondwatervlak ten gevolge van infiltratie



Verlagenen grondwaterspiegel t.g.v. stopzetten gemaal	
LR1	18 centimeter
LR2	19 centimeter
LR3	20 centimeter
LR4	23 centimeter
LR9	20 centimeter

Bijlage 18: Double-mass-methode



This is a detailed cadastral map of Hengelo, Gelderland, showing land parcels, roads, and water bodies. The map includes labels for various areas like 'Hengelo', 'Veengoot', 'Lindense Laak', 'Gemeente', 'KLOUIS', 'Oosterwijkse Vloed', and 'Gam Hengelo'. It also features a scale bar indicating 0 to 1000 meters and a north arrow. The map shows numerous numbered plots and street names, providing a comprehensive view of the local geography and infrastructure.

Waterschap  Rijn en IJssel

Liemersweg 2
Postbus 148
7000 AC Doetinchem

Tel. 0314 - 369 369

Fax 0314 - 343 258