32/uub (579) 2e ex

Kavelruilproject Bergeijk-Keersop

Een verkennende bodemkundige en hydrologische studie

G.J. Maas
J. Runhaar
P.C. Jansen
G.H.P. Dirkx
J.G. Vrielink

BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"
Droevendaalsesteeg 3a
6708 PB Wageningen

Rapport 579

Staring Centrum, Wageningen, 1999

Longbbsub

REFERAAT

Maas, G.J., J. Runhaar, P.C. Jansen, G.H.P. Dirkx en J.G. Vrielink, 1999. *Kavelruilproject Bergeijk-Keersop; een verkennende bodemkundige en hydrologische studie.* Wageningen, Staring Centrum. Rapport 579. 76 blz.; 9 fig.; 4 tab.; 20 ref.

Het onderzoeksgebied Bergeijk-Keersop is een beekdal ingesneden in grove, goed doorlatende, zanden behorende tot de Formatie van Sterksel. De holocene dalopvulling bestaat uit veen en gelaagde, zandige beekafzettingen. Vanaf de middeleeuwen zijn de beekdalgronden opgehoogd met een 50-130 cm dik plaggendek. Sinds de ontginning van de heide wordt in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied veel kwelwater afgevangen in een stelsel van sloten. Als gevolg van de stuw bij Westerhoven treed benedenstroomseen potentiaalverschil op in het grondwater. Het grondwater is sterk antroprogeen beinvloed blijkens verhoogde kalium- en nitraatgehaltes. De fosfaatgehalten van de eerdlagen zijn op de meeste plaatsen te hoog voor de ontwikkeling van natuurlijke schraalgraslanden, zodat afgraven of uitmijnen noodzakelijk is. De cultuurhistorische referentie 1870 en de ecologische streefbeelden vallen niet samen, zodat een keuze moet worden gemaakt in het realiseren van de gewenste (natuur)doelen.

Trefwoorden: beekdal, ecohydrologie, geomorfologie, historische ecologie, natuurontwikkeling, referentiebeeld, systeemanalyse.

ISSN 0927-4499

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 38.00 over te maken op bankrekening 36.70.84.612 ten name van het Staring Centrum, Wageningen, onder vermelding van Rapport 579. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 1999 Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC),
Postbus 125, NL-6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Staring Centrum.

Het Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

ALTERRA is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie gaat in op 1 januari 2000.

Projectnummer 85134 [Rapport 579/.HM/09-99]

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 13
- 1.1 Doel van het onderzoek 13
- 1.2 Methode 15
  - 1.2.1 Transectbeschrijvingen 15
  - 1.2.2 Hydrologisch onderzoek 15
  - 1.2.3 Historisch-ecologisch onderzoek 16
- 1.3 Opzet rapport 16

2 Gebiedsbeschrijving 19

3 Beschrijving transecten: Bodem en grondwaterstand 21
- 3.1 Transect 2 21
- 3.2 Transect 3 25
- 3.3 Transect 5 29

4 Fosfaatgehaltes bodem 31

5 Grondwaterstroming en (grond)waterkwaliteit 33
- 5.1 Grondwaterstroming 33
- 5.2 Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit 35

6 Ontwikkeling van het beekdal 39
- 6.1 Inleiding 39
- 6.2 Periode vóór de middeleeuwen (ca. 500 na Chr.) 39
- 6.3 Periode vanaf de Vroege Middeleeuwen (500 na Chr.) 40
- 6.4 Ontwikkeling van het beekdal in beeld 43

7 Conclusies, aanbevelingen 45
- 7.1 Gebiedsopbouw 45
- 7.2 Potenties voor natuurontwikkeling 46
- 7.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek 48

Literatuur 51

Bijlagen

1 Resultaten van de gerichte opnamen in buizen en boorgaten, GHG en GLG waarden en waargenomen fluctuaties 51

2 Profielbeschrijvingen boringen 53

3 Analyse van de waterstanden in de Keersop en de grondwaterstand nabij Westerhoven/Bergeijk 65

4 Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit 71

5 Grondwatertrappen 75

Woord vooraf

In opdracht van de Dienst Landelijk Gebied Noord-Brabant heeft het Staring Centrum een verkennende bodemkundige en hydrologische studie uitgevoerd in het "zoekgebied" van het kavelruilproject Bergeijk-Keersop. Het veldwerk voor dit onderzoek is uitgevoerd in de periode februari-maart 1999.

Het bodemkundig onderzoek in de transecten alsmede de metingen van de grondwaterstanden in de buizen en boorgaten voor de gerichte opnamen zijn uitgevoerd door G.J. Maas en J.G. Vrielink. De monsternamen en analyse van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit is uitgevoerd onder de verantwoordelijkheid van DLG Noord-Brabant. De laboratoriumuitslagen van de waterkwaliteitsmonsters zijn geïnterpreteerd door P.C. Jansen. De historische ontwikkeling van het gebied is beschreven door G.H.P. Dirkx. De synthese van de onderzoeksresultaten is uitgevoerd door J. Runhaar en G.J. Maas. De projectleiding was in handen van J. Runhaar.

Voor de bewaking van de kwaliteit en eventuele bijstelling van het onderzoek functioneerde een begeleidingsgroep bestaande uit:
DLG Noord-Brabant:
- de specialist bodem, T.M.M. Rammelt,
- de specialist ecologie, P. van der Molen,
- de specialist hydrologie, G.A. Schouten.

Staring-Centrum:
- het hoofd van de sectie Veldbodemkunde, J.L. Tersteeg
- de projectleider, J. Runhaar.

Samenvatting

In het kader van de begrenzing van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) voor het Dommeldal-Zuidwest, hebben de afdelingen Bergeijk en Westerhoven van de Noord-Brabantse Christelijke Boerenbond (NCB) het initiatief genomen om tot een alternatieve begrenzing te komen door middel van een kavelruilproject op vrijwillige basis. Daartoe is aan weerszijde van de Keersop een z.g. "zoekgebied" van 320 ha aangewezen waarbinnen maximaal 170 ha natuurontwikkeling plaats zal vinden (zie figuur 1).

Ten behoeve van het in kaart brengen van de mogelijkheden voor natuurontwikkeling van de gronden binnen het zoekgebied was het noodzakelijk inzicht te verkrijgen in de ecohydrologische en bodemkundige waarden van het zoekgebied, en in de samenhang tussen bodemopbouw, grondwaterstroming en waterkwaliteit. Ook was inzicht in de dynamiek van het nutriëntentransport in de omgeving van het zoekgebied gewenst.

Het Staring Centrum heeft daarom in opdracht van Dienst Landelijk Gebied Noord-Brabant een verkennende bodemkundige en hydrologische inventarisatie en analyse van het gebied uitgevoerd.

In drie transecten dwars op het beekdal is de bodemopbouw, de (grond)waterstand, en de maaiveldhoogte beschreven. Hydrologische gegevens over het freatisch- en diepere grondwater zijn verkregen uit een grondwaterstandmeetnet van DLG en NITG-TNO-buizen. Tevens is in het grondwaterstandmeetnet de waterkwaliteit bemonsterd en is op 19 locaties in de transecten op twee diepten het fosfaatgehalte (P-Al) van de bodem onderzocht.

De keuze van de transecten is gebaseerd op aanwezige informatie over bodem, het voorkomen van kwelindicerende plantensoorten en waargenomen kwelverschijnselen. In overleg met de opdrachtgever werd gekozen voor vijf transecten. Twee transecten zijn echter vervallen omdat de betrokken grondeigenaren geen toestemming gaven voor de uitvoering van het onderzoek.

Voor het verkrijgen van een beeld van de historische ontwikkeling van het beekdal is een beknopte analyse uitgevoerd van historische bronnen (met name kaarten) en literatuur.

Uit het verrichte onderzoek komt het beeld naar voren van een geo-hydrologisch gezien vrij eenvoudig gebied, grotendeels bestaand uit goed doorlatende zanden behorende tot de formatie van Sterksel. De oorspronkelijke bodemopbouw is een patroon met afwisselend beekafzettingen en veenkommen, behorend bij het natuurlijke beeksysteem van de Keersop. Dit systeem is vanaf de middeleeuwen sterk menselijk beïnvloed. door ophoging van de beekdalgronden, waardoor de huidige lage enkeerdgronden ontstaan; natte gleijgronden met daarop een plaggendek dat in

dikte varieert van 50- 130 cm (Ezg). Door de ophoging van de beekdalgronden werd de invloed van kwel in het eigenlijke beekdal geringer.

Een tweede ingrijpende ontwikkeling voor het systeem was de ontginning van het ten zuidoosten van het beekdal gelegen heidegebied waardoor met name in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied veel kwelwater wordt afgevangen door een stelsel van laaggelegen sloten.

In het zuidelijk deel van het studiegebied is daardoor naar verwachting geen sprake meer van maaiveldkwel mede door de relatief hoge ligging van de gronden ten opzichte van de Keersop. Alleen in het broekbosje ten zuiden van raai 5, waar geen dek is opgebracht, zou mogelijk sprake kunnen zijn van maaiveldkwel. De aanwezigheid van Dotterbloem en van visuele kwelverschijnselen wijzen daar op.

Direct stroomafwaarts van de laatstgenoemde stuw (transect 2) is wel sprake van kwel in het beekdal, die waarschijnlijk samenhangt met het door de stuw veroorzaakte verschil in oppervlaktewaterpeilen en de daarmee samenhangende potentiaalverschillen in het grondwater. Hier worden kwelindicerende plantensoorten aangetroffen.

Ook in het uiterste noorden van het onderzoeksgebied, is sprake van duidelijke potentiaalverschillen tussen diep en ondiep grondwater. Dit is de enige plek waar zowel diep als ondiep water wordt aangetroffen dat qua samenstelling lijkt op ongestoord grondwater. Vermoedelijk is hier sprake van meer regionale kwel met diep, niet verontreinigd grondwater. Omdat de belangrijkste grondeigenaar ter plekke geen toestemming gaf voor het verrichten van onderzoek is het helaas niet mogelijk om nadere uitspraken te doen over de bodem en hydrologie in dit deel van het studiegebied.

Het grondwater in het overige deel van het studiegebied is sterk antropogeen beïnvloed blijkens verhoogde kalium- en nitraatgehaltes. De natuurlijke gradiënten in grondwaterkwaliteit, die samenhangen met de herkomst van het water zijn daardoor niet meer te terug te vinden. De fosfaatgehalten van de eerdlagen vormen een beperking voor de ontwikkeling van natuurlijke schraalgraslanden.

Het streven in de gebiedsverkenning naar een natuurlijk beeksysteem, waarbij de beek weer vrij kan meanderen en natte, kwel beïnvloede schraalgraslanden en broekbossen voorkomen, gaat ervan uit dat de genoemde natuurtypen in de situatie rond 1870 nog volop voorkwamen en relatief makkelijk weer hersteld kunnen worden. De veranderingen in het beekdal waren echter ingrijpender en hebben veel eerder plaatsgevonden dan misschien werd aangenomen bij het opstellen van de gebiedsverkenning. Waarschijnlijk was er rond 1870 in het beekdal dan ook slechts in beperkte mate sprake van het voorkomen van natte beekdalgraslanden met elzensingels en broekbossen. Naar verwachting was eerder sprake van productieve hooi- en weilanden en akkertjes omringd door eikensingels.

Dit betekent dat de cultuurhistorische referentie rond 1870 en de ecologische streefbeelden niet automatisch samenvallen, en dat keuzes moeten worden gemaakt

tussen het herstellen van een historisch landschap dan wel het realiseren van gewenste natuurdoelen.

In een eventuele toekomstige vlakdekkende bodemkartering zou vooral aandacht besteed moeten worden aan de dikte van de eerdlaag, aan het voorkomen van roestverschijnselen en aan het uitkarteren van het oorspronkelijke beekdal en veenafzettingen. Daarnaast wordt aanbevolen de grondwaterstanden in het DLG-meetnet te blijven volgen.

1 Inleiding

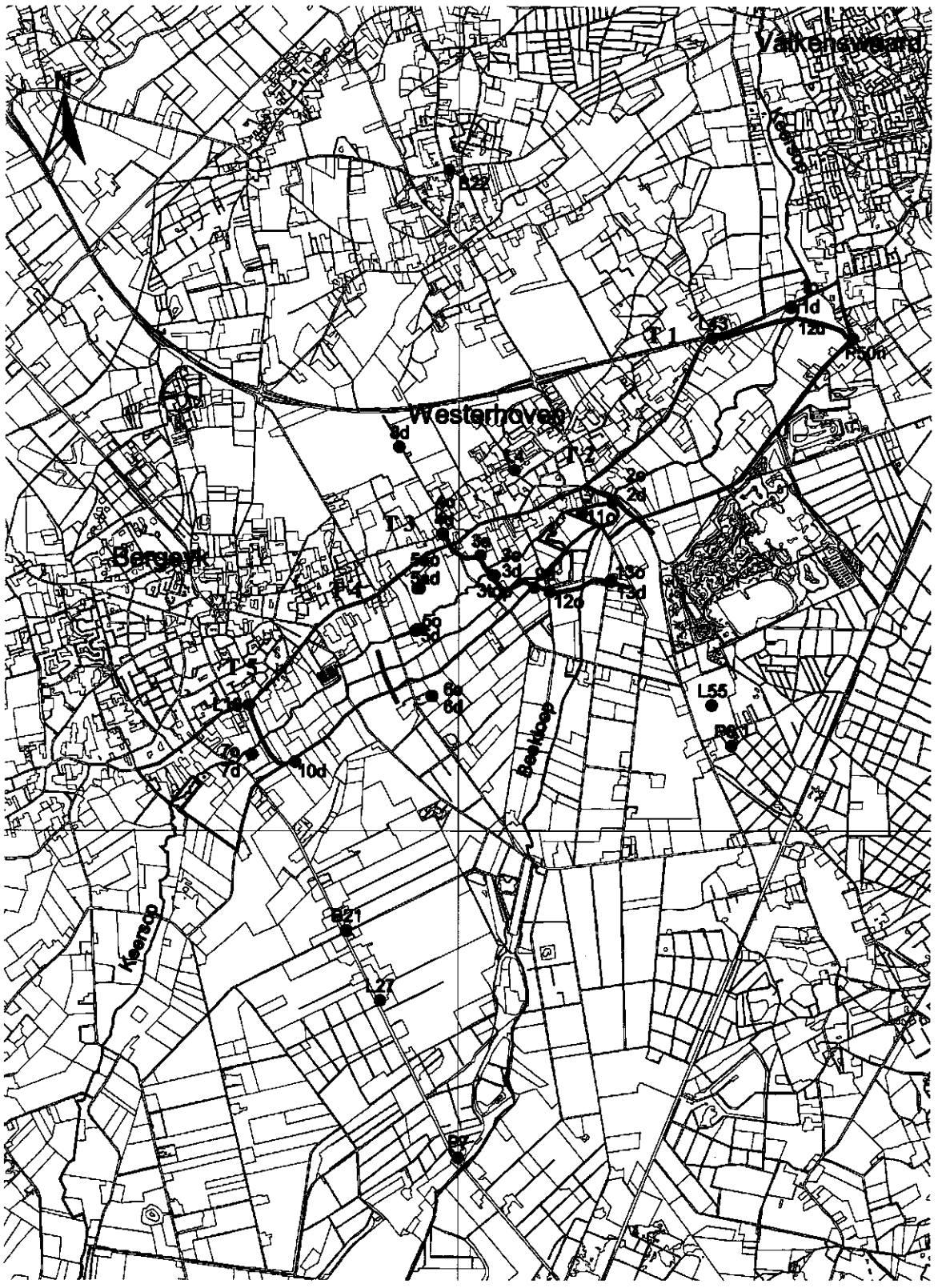
1.1 Doel van het onderzoek

Het plangebied Bergeijk-Keersop ligt in de grensstreek met België, ten oosten en zuiden van Bergeijk, met als basis het beekdal van de Keersop (stroomgebied de Dommel). De Keersop slingert vanuit de Brabantse en Belgische Kempen richting het noorden en mondt uit in de Dommel. Het tracé van de Keersop dat in het plangebied ligt heeft een lengte van ongeveer 8 km (figuur 1).

In het kader van de begrenzing van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) voor het Dommeldal-Zuidwest, hebben de afdelingen Bergeijk en Westerhoven van de Noord-Brabantse Christelijke Boerenbond (NCB) het initiatief genomen om tot een alternatieve begrenzing te komen door middel van een kavelruilproject. Dit initiatief is door de minister van LNV overgenomen. Omdat de basis van het plan kavelruil is, is het slagen van het project afhankelijk van de vrijwilligheid van de landeigenaren.
Aan weerszijde van de Keersop is hier een z.g. "zoekgebied" van 320 ha aangewezen waarbinnen maximaal 170 ha natuurontwikkeling plaats zal vinden (zie figuur 1). Aan weerszijde van het zoekgebied is een z.g. "aankoopgebied" van ca. 1150 ha gedefinieerd dat zal worden ingezet voor het ruilen van gronden, waardoor binnen het zoekgebied de 170 ha natuurontwikkeling sneller verworven kan worden.

Ten behoeve van het in kaart brengen van de mogelijkheden voor natuurontwikkeling van de gronden binnen het zoekgebied is het noodzakelijk inzicht te hebben in de ecohydrologische en bodemkundige waarden van het zoekgebied, en in de samenhang tussen bodemopbouw, grondwaterstroming en waterkwaliteit. Ook is inzicht in de dynamiek van het nutriëntentransport in de omgeving van het zoekgebied gewenst.

Daarom is door de Dienst Landelijke Gebieden aan het Staring Centrum de opdracht gegeven voor het uitvoeren van een bodemkundige en hydrologische inventarisatie en analyse van het gebied. Dit onderzoek was gepland in twee fasen. Na een verkennende studie middels een aantal transecten zou in een tweede fase een vlakdekkende kartering schaal 1:10.000 worden uitgevoerd. Omdat een aantal grondgebruikers geen toestemming gaf voor onderzoek is die tweede fase niet uitgevoerd. In dit rapport zal daarom alleen worden ingegaan op de resultaten van het verkennende onderzoek, waarbij aan de hand van een aantal dwarsprofielen een beeld wordt gegeven van de bodemopbouw en de hydrologie van het gebied.



Transecten

DLG-buizen, TNO-buizen

Zoekgebied

Figuur 1. Ligging transecten en grondwaterstandsbuizen

1.2 Methode

1.2.1 Transectbeschrijvingen

Om een beeld te krijgen van de bodemopbouw en hydrologie zijn in een aantal transecten dwars op het beekdal de bodem, de (grond)waterstand, de (grond)water-kwaliteit en de maaiveldhoogte beschreven. De keuze van de transecten is gebaseerd op aanwezige informatie over bodem, het voorkomen van kwelindicerende plantensoorten (Provinciale vegetatiekartering) en waargenomen kwelverschijnselen (ongepubliceerde gegevens Gerrit Schouten van de DLG-Tilburg). In overleg met de opdrachtgever is gekozen is voor vijf transecten: twee transecten in het gebied bij Bergeijk, twee transecten in de omgeving van Westerhoven, waarvan één net voor en één direct na de samenvloeiing van Keersop en Beekloop en één transect in het noordelijk deel van het onderzoekgebied, vlak ten zuiden van de provinciale weg (figuur 1). Omdat de grondeigenaren geen toestemming gaven zijn het noordelijke transect (transect 1) alsmede een transect bij Bergijk (transect 4) vervallen.

Langs de resterende transecten zijn in maart 1999 de volgende ecohydrologisch relevante landeigenschappen geïnventariseerd:

- profielopbouw, textuur, organische-stofgehalte en hydrologische doorlatendheid van de onderscheiden lagen tot aan het eerste watervoerende pakket;
- grondwaterstanden en stijghoogtes van zowel het freatische als het diepere grondwater;
- fosfaatgehalte (P-AL) in boven- en ondergrond.

1.2.2 Hydrologisch onderzoek

In het onderzoek zijn de langjarige meetgegevens gebruikt van 5 NITG-TNO-buizen (57B-L-0004, 57B-L-0018, 57B-L-0043, 57B-P-0050 en 57B-P-0006.1). Daarnaast is gebruik gemaakt van een grondwaterstandmeetnet van DLG met ondiepe en diepe buizen op 12 locaties in het onderzoeksgebied (fig. 1). De metingen in dit meetnet zijn gestart in juni 1998. Bij de analyse waren gegevens beschikbaar tot februari 1999. Tijdens het veldwerk in de periode februari-maart '99 is de grondwaterstand in boorgaten en het beek- en slootpeil in de transecten op twee tijdstippen gemeten. De opname van de grondwaterstanden in de boorgaten vond plaats één dag na het uitboren en beschrijven van de profielen (voor elke transect een andere datum) en tijdens een gerichte opname op 30-03-'99, waarbij de grondwaterstanden in alle boorgaten én in alle TNO- en DLG-buizen gelijktijdig gemeten zijn.

Het meetnet van DLG is tijdens het onderzoek uitgebreid met vijf buizen op vier locaties (3-top, 11o, 12o, 13o en 13d). De grondwaterstandgegevens zijn gebruikt voor een onderbouwing van de schatting van de grondwatertrappen (Gt) aan de hand van het bodemprofiel en de lokalisering van eventuele kwelgebieden. Van de gerichte opname op 30-03-'99 is een isohypsenkaart gemaakt (fig.7).

Door de DLG-Tilburg is in september 1998 en maart 1999 een bemonstering uitgevoerd van het diepe en ondiepe grondwater in de buizen en van het oppervlaktewater, en deze monsters zijn geanalyseerd op chemische samenstelling. De resultaten hiervan zullen ook in dit rapport worden besproken.

1.2.3 Historisch-ecologisch onderzoek

Het historisch-ecologisch onderzoek naar de genese van het dal van de Keersop had een beperkt karakter. We hebben een beknopte analyse uitgevoerd van historische bronnen (met name kaarten) en literatuur. Palaeo-ecologisch onderzoek naar fossiele plantenresten in het beekdal is in het kader van dit onderzoek niet uitgevoerd en vormde ook geen onderdeel van de opdracht aan het Staring Centrum. Er zijn bovendien geen resultaten bekend van door anderen uitgevoerd onderzoek in het dal van de Keersop. Dat betekent dat het niet mogelijk is met zekerheid uitspraken te doen over de ontwikkeling van het dal vóór de aanvang van de historische periode, dat wil zeggen de periode waarin de eerste documenten werden geschreven en kaarten werden getekend (meestal vanaf ca. 500 na Chr.).

Om toch enig zicht te krijgen op de prehistorische en protohistorische periode hebben we enige literatuur over palaeo-ecologisch onderzoek in nabij gelegen beekdalen geraadpleegd. Dit betreft met name de Dommel. Daarbij moeten we met nadruk aantekenen dat ecologische verschillen tussen de Dommel en de Keersop niet uitgesloten zijn. Omdat echter de grote lijnen van de ontwikkeling van de Dommel overeen komen met die in andere beeksystemen, durven we toch die grote lijn te schetsen als mogelijke genese van het dal van de Keersop.

Kaart analyse moet zich uiteraard beperken tot de periode waarvan kaarten beschikbaar zijn. Van de Keersop bleken in het Rijksarchief Noord Brabant (RANBr) geen oudere kaarten aanwezig dan van omstreeks 1830. Toen werden de minuutplans van het oudste kadaster getekend. De bij deze kaarten behorende Oorspronkelijk Aanwijzende Tafels (OAT's) bieden gedetailleerde informatie over het grondgebruik en de kwaliteit van de landerijen en bieden daardoor een goede bron voor historisch-ecologische analyses. Daarnaast zijn de Topografisch Militaire Kaart van het Koningrijk der Nederlanden van omstreeks 1850 en de Topografische Kaart van omstreeks 1900 geraadpleegd.

1.3 Opzet rapport

Om de lezer enig inzicht te geven in de aard van het gebied wordt in het volgende hoofdstuk eerst een beknopte gebiedsbeschrijving gegeven. Daarna volgen een aantal hoofdstukken waarin de resultaten van het onderzoek worden gepresenteerd. Achtereenvolgens komen aan de orde de bodemopbouw en grondwaterstanden (hoofdstuk 3), het fosfaatgehalte van de bodem (hoofdstuk 4), hydrologie en waterkwaliteit (hoofdstuk 5) en de resultaten uit het historisch onderzoek (hoofdstuk 6).

In het laatste hoofdstuk (7) wordt ingegaan op de relatie tussen bodem, hydrologie en genese van het beekdal, en op de consequenties die de bevindingen uit het onderzoek mogelijk hebben voor de natuurpotenties en de inrichting van het gebied. Tevens wordt daarin aangegeven welke kennishiaten er nog bestaan en aan welke kenmerken aandacht besteed zou moeten worden bij een eventuele toekomstige kartering van het gebied.

2 Gebiedsbeschrijving

Het onderzochte deel van het beekdal van de Keersop maakt deel uit van het Kempisch Hoog. Kenmerkend voor dit gebied is dat grindhoudende grove rivierafzettingen uit de formatie van Sterksel dicht aan de oppervlakte liggen. Iets ten oosten van het onderzoeksgebied, in de omgeving van Valkenswaard, ligt de Feldbiss breuk die de grens vormt met de Centrale Slenk. In de Formatie van Sterksel kunnen plaatselijk kleilagen voorkomen, klei van Westerhoven (mond. med. De lang, TNO-NITG). Deze lagen vormen geen aaneengesloten pakketten. In Westerhoven is deze klei in open groeven gewonen. Tijdens het bodemonderzoek is deze klei niet aangetroffen.

Aan de noordzijde van het beekdal ligt een dekzandgebied dat al lang in gebruik is als akkergebied. De bodem bestaat hier grotendeels uit hoge enkeerdgronden. Ten zuiden van het beekdal ligt een jong heide-ontginningslandschap. Hier bestaat de bodem voornamelijk uit veldpodzolen. In het beekdal zelf komen overwegend lage enkeerdgronden voor, die in het verleden zijn ontstaan door ophoging van de aanwezige veengronden en natte eerdgronden (beekeerdgronden, gooreerdgronden) met materiaal van de aangrenzende dekzandrug.

De Keersop voert naast gebiedseigen, overwegend zacht water ook hard Maaswater af dat afkomstig is uit het zuidelijker gelegen Kempens Kanaal. Via de Elzenloop wordt dit water afgevoerd naar de Keersop. Mede door de relatief grote stroomsnelheid en de vrij constante aanvoer van water is de fauna in de beek goed ontwikkeld, met soorten als Beekprik, Bermpje en Riviergrondel (DLG, 1998). Bij Westerhoven voegt de Beekloop, die water afvoert uit het zuidelijker heide-ontginningsgebied zich bij de Keersop (figuur 1).

In de huidige situatie is vrijwel het gehele onderzoeksgebied landbouwkundig in gebruik. Door de provincie Noord-Brabant is het gebied in de periode 1989-1990 onderzocht op het voorkomen van aandachtssoorten. uit deze inventarisatie blijkt dat overal in de slootkanten en greppels Wilde bertram en Veldrus voorkomen. De laatste soort is op zandgronden kenmerkend voor plaatsen met (zeer) lokale kwel met zacht zuurstofrijk grondwater (Jalink en Jansen 1989, Van der Linden 1990). Ten zuiden van Westerhoven, vlak voor de samenvloeiing met de Beekloop komt op een paar plekken Bosbies voor, een soort die over het algemeen kenmerkend wordt geacht voor kwelsituaties. Holpijp, eveneens een kwelindicator, komt op een aantal plaatsen verspreid door het gebied voor. Op een paar plekken komen in de waterloop ook Klimopwaterranonkel en Duizendknoopfonteinkruid voor, soorten die kenmerkend voor slootbeken gevoed door zacht grondwater. Andere zachtwatersoorten die regelmatig worden aangetroffen in en langs waterlopen zijn Grote waterranonkel en Snavelzegge.

Soorten die vanwege hun voorkeur voor basische standplaatsen mogelijk indicerend zijn voor kalkrijke kwel zijn zeldzaam. Vlak voor de samenvloeiing van de Keersop met de Beekloop komt Adderwortel voor, een soort die meestal op redelijk

gebufferde standplaatsen wordt aangetroffen. En ten zuiden van Bergeijk is op één groeiplaats Knopige moerasscherm gevonden, een soort die kenmerkend is voor kalkrijke kwelmilieus. De laatste soort is waarschijnlijk afkomstig uit het aangrenzende deel van België, waar het groeit op kwelplekken waar kalkrijk Maaswater uit het Kempens kanaal opkwelt. In een essenbroekbosje bij Bergeijk komt tenslotte nog de Gewone dotterbloem voor, die eveneens een uitgesproken voorkeur heeft voor basenrijke omstandigheden.

3 Beschrijving transecten: Bodem en grondwaterstand

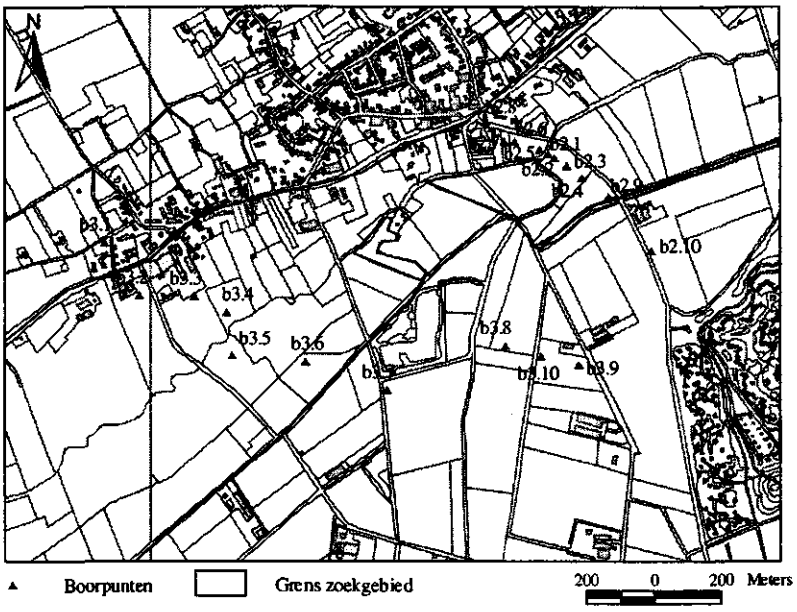
De resultaten van de boringen en de opnamen van het grondwater in buizen en boorgaten in de drie transecten worden beschreven in figuur 4, figuur 5 en figuur 6. In bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van de grondwaterstandwaarnemingen in zowel de boorgaten als de buizen van TNO en DLG.

In de figuren met de dwarsprofielen per transect is volgende informatie weergegeven:
- Maaiveldhoogte t.o.v. NAP;
- Gegeneraliseerde bodemsubgroepen;
- Dikte van de humeuze bovengrond;
- Aanwezigheid van roest in het bodemprofiel voor lokalisering kwelgebieden;
- Aard en dikte (begindiepte) van het materiaal onder de humeuze bovengrond: beekafzettingen en veen (F. van Singraven), Formatie van Nuenen en de Formatie van Sterksel;
- Hoogte van de bedding van de keersop en de belangrijkste watergangen in het transect t.o.v. NAP;
- Gerichte opname per transect één dag na de beschrijving van de bodemprofielen (transect 2 op 03-03-'99; transect 3 op 26-02-'99; transect 5 op 10-03-'99);
- Gerichte opname op 30-03-'99 van alle grondwaterstanden in de boorgaten en de in het gebied aanwezige peilbuizen;
- Gemiddelde hoogste- (GHG) en laagste grondwaterstand (GLG) in de dichtst bij zijnde TNO-landbouwbuis of DLG-buis.

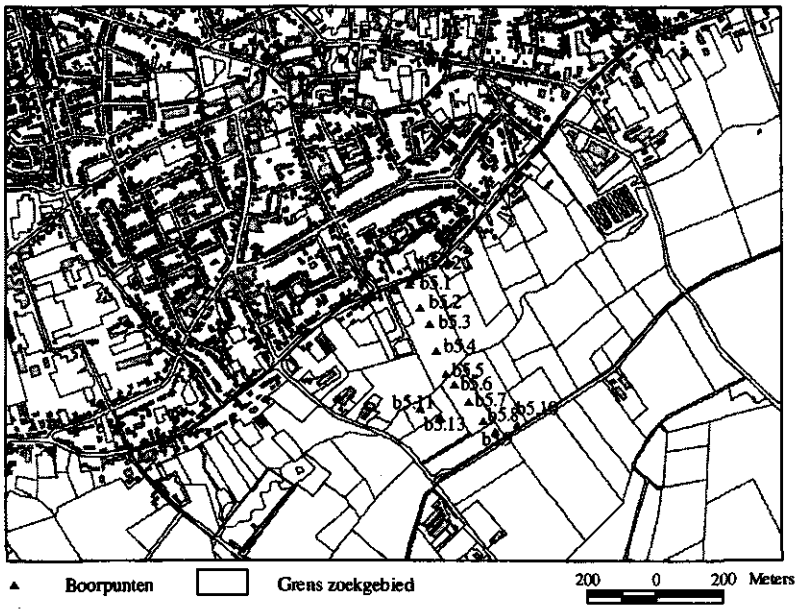
In de volgende paragrafen wordt een toelichting gegeven op de transecten. Per transect worden achtereenvolgens de *bodem en geologie* en de *grondwaterstand* besproken. Een overzicht van alle grondwaterstandwaarnemingen is te vinden in bijlage 1. Een overzicht van alle profielbeschrijvingen is te vinden in bijlage 2.

3.1 Transect 2

Bodem en geologie
Transect 2 (fig. 4) is opgebouwd aan de hand van 10 boringen tot maximaal 2,5 m-mv. De boorlocaties staan weergegeven in figuur 2. Het beekdal van de Keersop is ter hoogte van transect 2, daar waar Keersop en Beekloop samenstromen, relatief smal en diep ingesneden. Tussen de punten 8 en 7 is sprake van een vrij abrupte overgang, waar de noordwest flank van het dal overgaat in een laagte (voormalige geul) in het beekdal.



Figuur 2 Boorpunten transecten 2 en 3



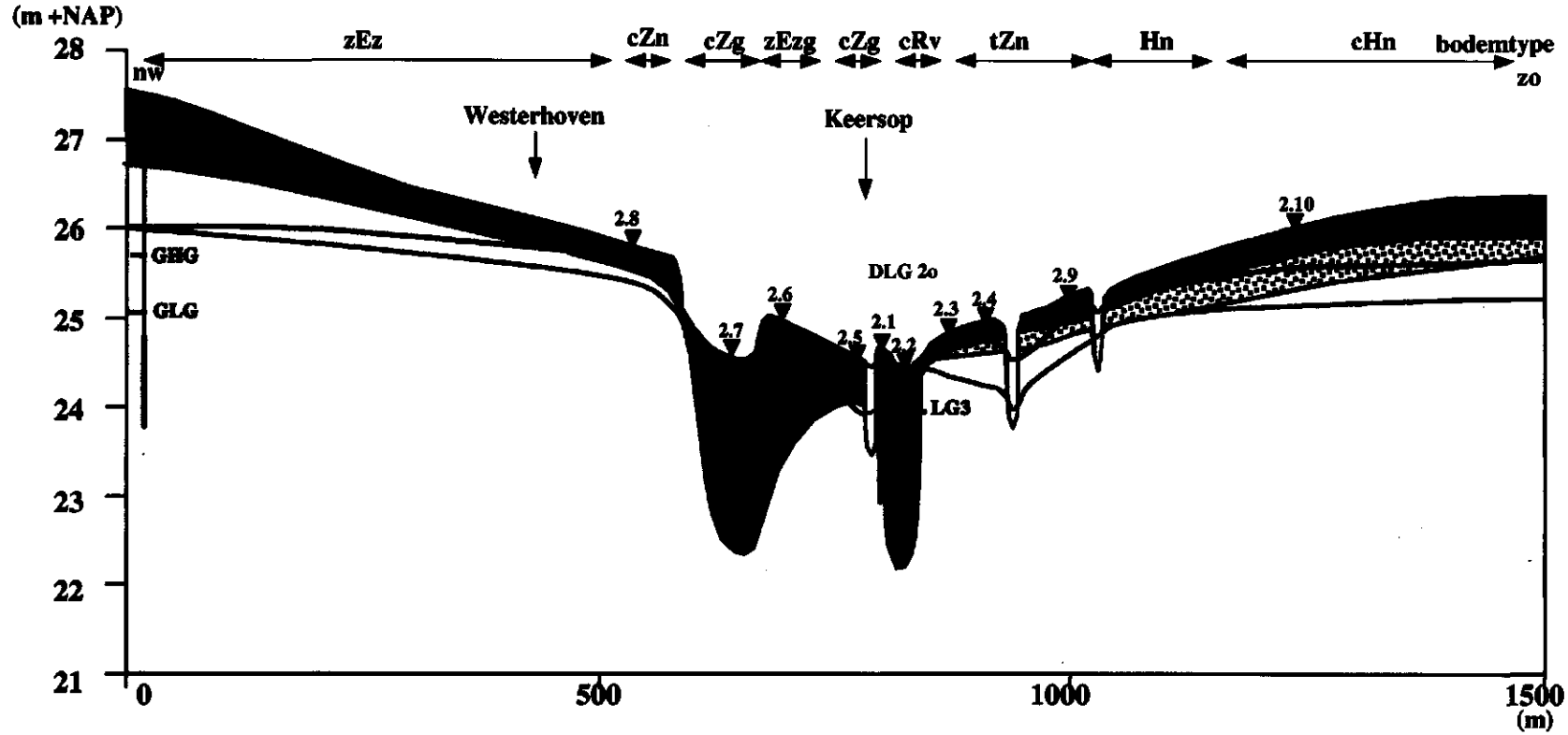
Figuur 3 Boorpunten transect 5

Aan de zuidoostelijke flank van het beekdal is sprake van een meer geleidelijke overgang. De bodemtypen op de hogere delen van het beekdal behoren afhankelijk van de dikte van het cultuurdek (mate van plaggenbemesting) tot de Zwarte enkeerdgronden (zEz: cultuurdek > 50 cm), Laarpodzolgronden (cHn: cultuurdek 30-50 cm) en Veldpodzolgronden (Hn: cultuurdek < 30 cm). Hydrologisch gezien behoren deze gronden tot het infiltratiegebied van het systeem. Op de zuidoostelijke dalflank komt op de overgang naar het beekdal een zone voor met Gooreerdgronden (tZn). Kenmerkend voor deze gronden is dat ondanks de relatief lage ligging roest in het profiel ontbreekt. Deze zone met Gooreerdgronden geeft de overgang van infiltratie- naar kwelgebied aan. Gooreerdgronden ontstaan van nature op plekken waar afwisselend sprake is van infiltratie en kwel, waarbij de grondwaterstroom echter hoofdzakelijk neerwaarts gericht is. In het beekdal van de Keersop zelf komt een variatie aan bodemtypen voor. Afhankelijk van de hoogteligging, de afstand tot de beek (oeverwal-komsysteem) en de mate van plaggenbemesting zijn de volgende bodemtypen aangetroffen: Zwarte beekeerdgronden (cZg) al dan niet met een kleidek, Liedeerdgronden (cRv; beekkleigronden met een minerale eerdlaag en veen beginnend tussen 40-80 cm-mv) en Lage zwarte enkeerdgronden (zEzg). Wat deze gronden gemeenschappelijk hebben is en zone met roest in het bodemprofiel. Die beperkt zich vrijwel tot de minerale eerdlaag. Opvallend is dat in het daaronder gelegen C-materiaal de roest ontbreekt, ondanks het feit dat hier nog geen sprake is van volledige gereduceerde omstandigheden. Gezien de roestverschijnselen zijn de bodems in het dal van de Keersop ontstaan onder kwelomstandigheden.

De pH-H20 van de bovengrond in transect 2 ligt tussen 4,7 en 6,3. De hoogste pH's 6,3 en 6,2 worden gemeten in een maïsakker en een intensief gebruikte paardenwei. De overige pH-H20-waarden variëren van 4,7 tot 5,7.

De ondergrond in het transect bestaat uit matig- en zeer grove zanden van de Formatie van Sterksel. De doorlatendheid van het materiaal is groot. Op de zuidoostflank van het dal is de Formatie van Sterksel afgedekt met een dunne laag dekzand uit de Nuenen Formatie. Door landbouwkundig gebruik en verwerking zijn deze formaties in de bovengrond plaatselijk gemengd.

Het beekdal zelf is naar alle waarschijnlijkheid een fluvioperiglaciaal erosiedal, dat is opgevuld met beekafzettingen en veen (Formatie van Singraven). Het in figuur 4 aangegeven onderscheid tussen beekafzettingen en de Formatie van Sterksel is gemaakt op grond van de aanwezigheid van "vervuiling" van het bodemmateriaal met hout en ander verspoeld organisch materiaal. De textuur van het materiaal in het beekdal is in dit transect soms dermate grof en grindrijk dat het niet altijd duidelijk is of alleen sprake is van Holoceen beekafzettingen (F. Singraven) of ook van fluvioperiglaciale dalopvullingen (Nuenen). Datering van de in de beekafzetting aanwezige veenlagen kan hierin uitsluitsel bieden. Deze veenlagen zijn 10 á 30 cm dik. Het veen is in dit transect voornamelijk amorf / onherkenbaar. De veenlaag onderin de noordwestelijke dalinsnijding bestaat uit weggeven met resten van Waterdrieblad, een soort die kenmerkend is voor voedselarm zacht water. Afgezien van de veenlagen is de dalopvulling van de Keersop uitermate doorlatend.



Minerale eerdlaag, humeuze bovengrond

Minerale eerdlaag, humeuze bovengrond met roestverschijnselen;

Beekafzettingen; matig fijn- tot zeer grof zand en grind al dan niet gelaagd met hout en verspoeld organisch materiaal; Formatie van Singraven, evt. Nuenen

Veen; voornamelijk eutoof en mesotroof broekveen; Formatie van Singraven

Beekleem Formatievan; Formatie van Singraven

Formatie van Sterksel; matig grof- en zeer grof zand en grind

Formatie van Nuenen; matig fijn zand

Gerichte opname 03/03/99

Gerichte opname 30/03/99

Figuur 4. Transect 2

Grondwaterstanden
In de boorgaten in het transect is de grondwaterstand twee maal opgenomen; op 03-03-'99 en 30-03'99. Uit de metingen blijkt dat in het gehele transect met uitzondering van boring 2.2 de grondwaterstand in deze periode 40-50 cm is gedaald. In dezelfde periode is de waterstand in de Keersop ook met ca. 40 cm gedaald (waterstand bij de brug over de Keersop op 03-03-'99: 24,40 m+NAP; 30-03'99: 23,99 m+NAP). Door de goed doorlatende bodems wordt de grondwaterstand in het beekdal sterk bepaald door het waterpeil van de Keersop. Bij boring 2.2 is de grondwaterstand vrijwel onveranderd gebleven. Deze boring ligt in een kleine veenkom, waar het water zich, nadat de Keersop buiten zijn oevers is getreden, verzamelt. De slecht doorlatende veenlaag in het profiel zorgt voor een vertraging van de afvoer.

In het verlengde van transect 2 liggen twee NITG-TNO-buizen met langjarige meetgegevens (zie fig. 1). In het noordwesten, op de dekzandrug van Westerhoven ligt buis 57B-L-0004-01 (GHG= 185, GLG=242) en in het zuidoosten buis 57B-P-0006-01 (GHG=143, GLG=192). TNO-buis 4 ligt nog net binnen het transect. In figuur 4 zijn de GHG en de GLG ter plekke van deze buis ingetekend. Tijdens de gerichte opname van de grondwaterstand op 30-03-'99 stond het grondwater in de genoemde buizen op resp. 35 en 33 cm boven GHG-niveau.

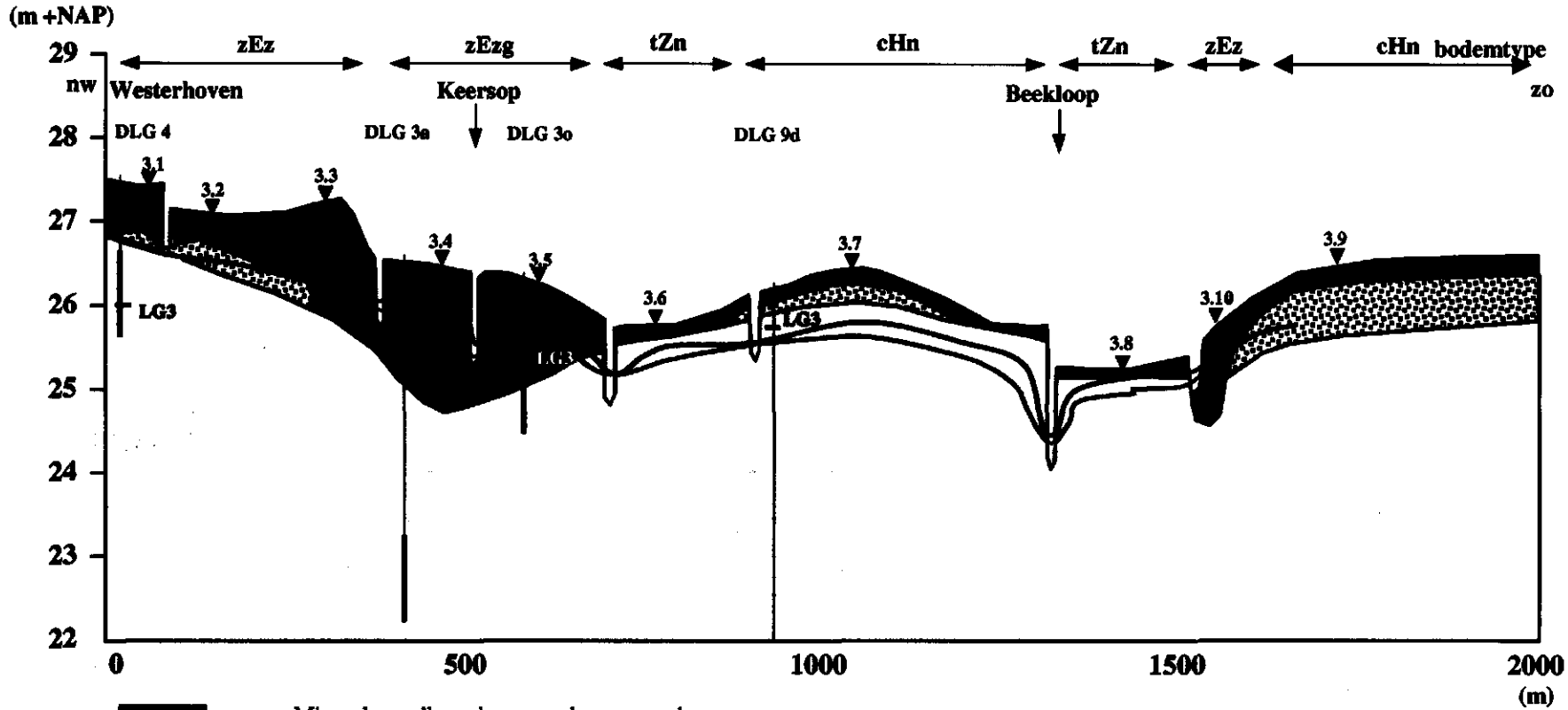
De grondwaterstand in de DLG-buizen in het beekdal bevond zich tijdens de opname van 30-03-'99 ruim onder het niveau van de HG3; een aantal buizen benaderde zelfs het LG3-niveau. De oorzaak is waarschijnlijk dat na de voorafgaande natte periode het beekpeil zo laag mogelijk is gehouden om het overtollige water snel af te kunnen voeren. Omdat het grondwaterpeil in het beekdal vrijwel direct reageert op het beekpeil zorgt dit er voor dat, anders dan verwacht zou worden in een zeer nat voorjaar, de grondwaterstand lager is dan normaal.

Uitgaande van een gemeten fluctuatie van ca. 50 cm en reductiekenmerken in het profiel komen in het beekdal ter hoogte van transect 2 de grondwatertrappen Ia, IIa en IIIa voor en op de dalflanken GT VIo en VIIo. Ter plekke van de beide NITG-TNO buizen is sprake van een grondwatertrap VIIId.

Voor het grondwater dat afkomstig is van de zuidelijke flank van de dekzandrug waarop Bergeijk en Westerhoven liggen vormt de Keersop de drainage van het systeem. Aan de zuidoost zijde wordt (een deel van het) grondwater weggedraineerd door een tweetal parallel aan de Keersop lopende sloten. Dit is zeker het geval bij grondwaterstanden rond het GHG-niveau. De sloot die zich het dichtst bij de Keersop bevindt is zo diep dat deze ook bij lagere grondwaterstanden het systeem draineert.

3.2 Transect 3

Bodem en geologie
In transect 3 (fig. 5) zijn eveneens 10 boringen verricht tot een maximale diepte van 2,1 m-mv. Het transect beschrijft zowel het dal van de Keersop als het dal van de Beekloop.



Minerale eerdlaag, humeuze bovengrond

Minerale eerdlaag, humeuze bovengrond met roestverschijnselen;

Beekafzettingen; matig fijn- tot zeer grof zand en grind al dan niet gelaagd met hout en verspoeld organisch materiaal; Formatie van Singraven, evt. Nuenen

Veen; voornamelijk eutoof en mesotroof broekveen; Formatie van Singraven

Beekleem Formatievan; Formatie van Singraven

Formatie van Sterksel; matig grof- en zeer grof zand en grind

Formatie van Nuenen; matig fijn zand

Gerichte opname 26/02/99

Gerichte opname 30/03/99

Figuur 5. Transect 3

De morfologie van het beekdal van de Keersop wijkt af van de situatie bij transect 2. De Keersop ligt weliswaar in het hart van het oorspronkelijke beekdal, maar vormt op dit moment niet het laagste punt van het systeem. De drainagebasis in het dal van de Keersop wordt hier gevormd door een gegraven waterloop die parallel aan de Keersop loopt (in dwarsprofiel tussen de punten 3.5 en 3.6) en stroomafwaarts, beneden de stuw bij Westerhoven, uitmondt in de Beekloop.

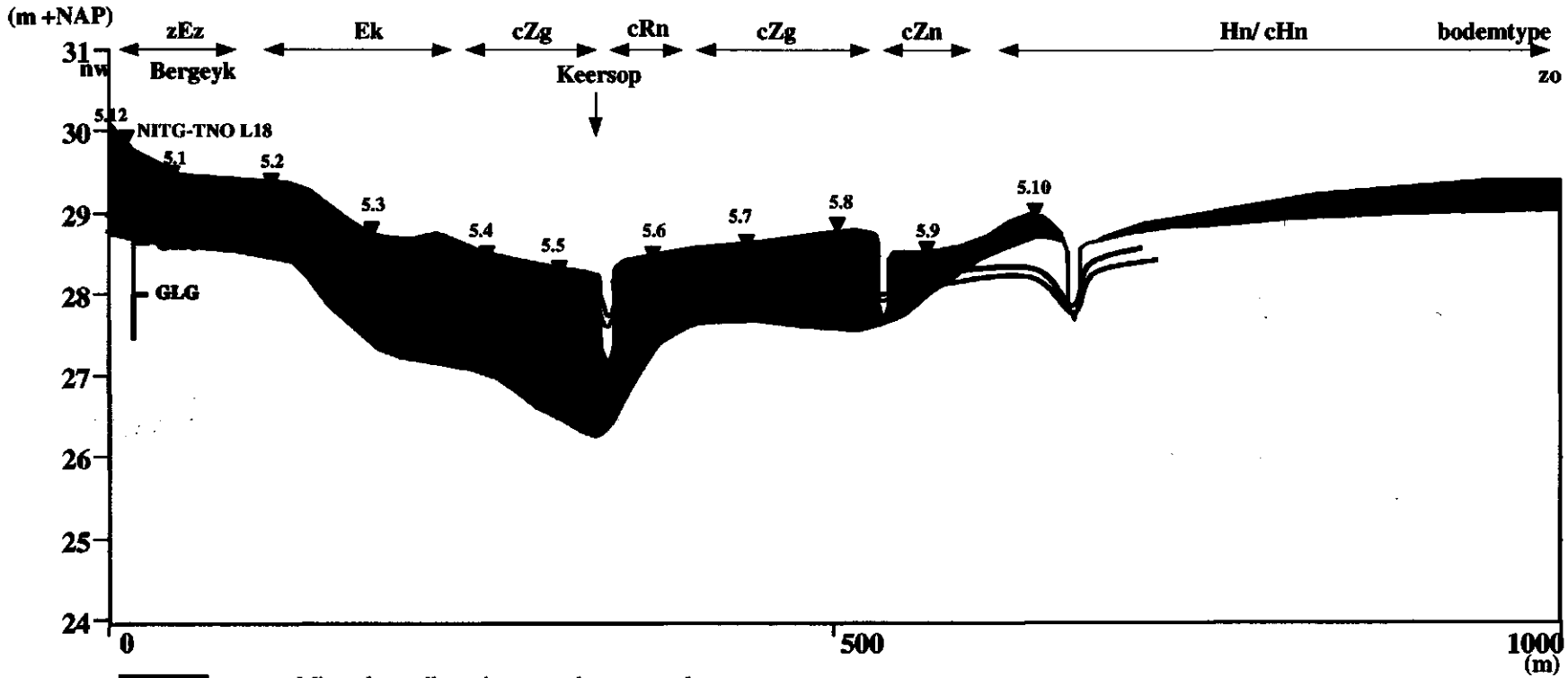
Vanaf Westerhoven zijn zowel de dalflank als het beekdal zelf bedekt met 50 á 130 cm dikke cultuurdekken: Zwarte enkeerdgronden (zEz) en Lage zwarte enkeerdgronden (zEzg). Het plaggendek is duidelijk gelaagd. De bovenste 30 á 50 cm bestaat uit zwak lemig, matig fijn zand. Deze laag is waarschijnlijk aangevoerd vanaf de hogere gronden. Daaronder volgt een minerale eerdlaag met een lutumgehalte van 8 á 10%: zeer lichte zavel. Deze laag lijkt in situ door plaggenbemesting te zijn gevormd. Het onderste deel (max. 35 cm) van deze minerale eerdlaag is bij de Lage enkeerdgronden roestig, hetgeen er op wijst dat hier ooit sprake is geweest van opkwellend ijzerrijk grondwater. De zuidoostelijk dalflank bestaat evenals in transect 2 uit Gooreerdgronden. Hoewel deze gronden in de huidige situatie het laagste deel van het beekdal vormen wordt in de bodem geen roest aangetroffen. Wel komt er veel roestvorming voor in de tussen de boorpunten 3.5 en 3.6 gelegen ontwateringsloot, die momenteel de drainagebasis van het beekdal vormt, het geen erop wijst dat het meeste grondwater rechtstreeks via deze sloot wordt afgevoerd. De minerale eerdlaag van de Gooreerdgronden is ca. 25 cm dik. De gronden op de waterscheiding tussen de Keersop en de Beekloop en de dalflanken van de Beekloop zijn Laarpodzolgronden: podzolgronden met een cultuurdek van 30 á 50 cm. De Beekloop loopt niet in een echt beekdal, maar in een laagte in de Formatie van Sterksel. Ook in het bodemprofiel in deze laagte is geen roest aangetroffen en daarom gerekend tot de Gooreerdgronden (tZn). Aan de zuidoost kant is een kleine dalopvulling gevonden.

De pH-H20 van de gronden in het beekdal varieert van 6,2 tot 6,7. Op de dalflanken, in het cultuurdek van de podzolgronden is de pH-H20 ca. 1 eenheid lager (5,5-5,8).

De ondergrond van het transect bestaat uit zanden uit de Formatie van Sterksel. Op de hogere delen (dalflanken) is de Formatie van Sterksel afgedekt met dekzand (Nuenen). Het fluvioperiglaciale dal van de Keersop is hier in vergelijking met transect 2 minder diep in de Formatie van Sterksel ingesneden. De dalopvulling bestaat, van onderaf gerekend, uit een 30 tot 75 cm dik pakket eutroof broekveen (F. v. Singraven). In het veen zijn zeer veel houtresten gevonden, zeer waarschijnlijk van wilg. Het veen is afgedekt met een pakket holocene beekafzettingen (F. Singraven). Dit pakket is zeer gelaagd: veenlaagjes afgewisseld met laagjes matig fijn, lutum houdend zand. Deze opeenvolging van veen en beekafzettingen duidt op een in activiteit toenemend beeksysteem na een periode van betrekkelijke rust. Grof zand en grind komen hier in de dalopvulling niet voor. De doorlatendheid van het dalopvullingsmateriaal is hier, in tegenstelling tot transect 2, beperkt.

Grondwaterstanden

In de boorgaten in het transect is de grondwaterstand twee maal opgenomen; op 26-02-'99 en 30-03'99. De grondwaterstand in de boorgaten en buizen in transect 3 is in de periode 03-03-'99 en 30-03-'99 in de meeste buizen met ca. 50-60 cm gedaald.



Minerale eerdlaag, humeuze bovengrond

Minerale eerdlaag, humeuze bovengrond met roestverschijnselen;

Beekafzettingen; matig fijn- tot zeer grof zand en grind al dan niet gelaagd met hout en verspoeld organisch materiaal; Formatie van Singraven, evt. Nuenen

Veen; voornamelijk eutoof en mesotroof broekveen; Formatie van Singraven

Beekleem Formatievan; Formatie van Singraven

Formatie van Sterksel; matig grof- en zeer grof zand en grind

Formatie van Nuenen; matig fijn zand

Gerichte opname 10/03/99

Gerichte opname 30/03/99

Figuur 6. Transect 5

Hiervan wijken af DLG-buis 3a en boorgat b3.6 met een geringere daling van 33 cm en boorgat b3.3 met een daling van 98 cm. In dezelfde periode is de waterstand in de Keersop gedaald met ca. 19 cm (25,52-25,33 m+NAP). Het lijkt erop dat de grondwaterstand in het beekdal minder snel reageert op veranderingen in het beekpeil dan bij transect 2.

Voor grondwaterstandgegevens over een langere termijn zijn voor transect 3 van belang TNO-buis 57B-L-0004-01 en de DLG-buizen 3, 3a, 4 8 en 9 (zie fig. 1). In figuur 5 is als referentie de LG3 over 1998 van DLG-buis 4, 3a, 3 en 9 weergegeven.

Evenals bij transect 2 lag de grondwaterstand in het beekdal tijdens de gerichte opname op 30/03/'99 dichter bij het GLG-niveau (zie LG3 buis 3a, 3-ondiep en 3-diep) dan bij het GHG niveau, terwijl de grondwaterstand in DLG-buis 8d, gelegen op de dekzandrug van Westerhoven, op 30-03-'99 wel op een met NITG-TNO-buis 57B-L-0004-01 vergelijkbaar niveau van HG3 + 41 cm stond.

De grondwatertrap in transect 3 in het beekdal is voornamelijk een GT IIIb. In het laagste deel van het dal heerst een GT IIIa. Op de dalflanken komen de grondwatertrappen Vbo, VIo en VIIo voor. Op de noordwestelijke flank komen op korte afstand vrij grote verschillen in de grondwaterstandfluctuatie voor. Zo bedraagt het verschil in grondwaterstand tussen 03-03 en 30-03 bij DLG-buis 3a 33 cm en bij de dichtbijgelegen boring b3.3 98 cm (zei bijlage 1). De oorzaak hiervan is waarschijnlijk het plaatselijk in wisselende dikte voorkomen van veen.

De aanvoer van grondwater naar het dal van de Keersop in transect 3 is vooral uit noordwestelijke richting, vanuit de dekzandrug van Westerhoven. Hiervoor is onder "Bodem en geologie" al genoemd dat de drainagebasis in dit transect niet de Keersop is, maar een waterloop parallel aan Keersop (in dwarsprofiel tussen de punten 3.5 en 3.6). Bij grondwaterstanden rond GLG-niveau is het zelfs mogelijk dat door de werking van de stuw (ca. 1000 m stoomafwaarts) de Keersop ter hoogte van transect 3 infiltreert. In het zuidoostelijke deel van het traject wordt het grondwater vooral beheerst door de Beekloop, die een diepere ontwateringsbasis heeft als de Keersop.

3.3 Transect 5

Bodem en geologie

In transect 5 (fig. 6) zijn 11 boringen verricht tot een maximale diepte van 2,0 m-mv. Daarnaast zijn twee aanvullende boring gedaan in een laagte naast het transect (b5.11 en b5.13, zie figuur 3).

De morfologie van het beekdal van de Keersop is ter hoogte van transect 5 licht glooiend. De Keersop ligt centraal in het beekdal. Op de noordwestelijk dalflank komen ook hier dikke (ca. 90 cm) cultuurdekken voor . De hoogste gronden dichtbij Bergeijk zijn Zwarte enkeerdgronden (zEz). De eerder genoemde gelaagdheid in de minerale eerdlaag is ook aanwezig in deze gronden. Lager in het beekdal neemt het lutum gehalte van de minerale eerdlagen toe tot boven de 8%. Deze gronden worden gerekend tot de Tuineerdgronden (EK): eerdgronden met een minerale eerdlaag > 50

cm in zeer lichte zavel. In het beekdal zelf komen matig dikke cultuurdekken voor met een dikte van 30-50 cm. Afhankelijk van het lutum gehalte (meer of minder dan 8%) worden deze gronden respectievelijk gerekend tot de Woudeerdgronden (cRn) of de Zwarte beekeerdgronden met een matig dik cultuurdek (cZg). Op de zuidoostelijke dalflank bestaat weer het gebruikelijke beeld van Gooreerdgronden (cZn; hier met een matig dik cultuurdek) overgaand in Veldpodzolgronden (Hn) en Laarpodzolgronden (cHn). Ook in transect 5 beperkt de roest in de bodemprofielen zich tot de onderste helft van de minerale eerdlaag. Qua laagdikte en ruimtelijk verbreiding komt in dit transect meer roest voor dan in transect 3.

De pH-H20 van de gronden in het transect varieert van 6,2 tot 6,8. Een uitschieter in het geheel is de pH-H20 van 7.1 in het cultuurdek van een Laarpodzolgrond op de dalflank. Het gaat hier om een maïsperceel, dat waarschijnlijk recentelijk bekalkt is. Normaliter ligt de pH-H20 in de infiltratiegebieden dichter bij de 4, 5 dan bij de 7,0.

In het gehele transect komt de Formatie van Sterksel in de ondergrond voor. De overgang tussen de Formatie van Sterksel en verspoeld, grof beekafzettingsmateriaal is ook in dit transect niet altijd even duidelijk. De fluvioperiglaciale dalinsnijding is breed. In praktisch elke boring zijn beekafzettingen aangetroffen. De dalopvulling is symmetrisch van opbouw: de Keersop in het midden, geflankeerd door oeverafzettingen en verder van de beek afgelegen venige "kommen". De beekafzettingen zijn gelaagd met afwisselend matig- en zeer grof zand, matig fijn zand, houtresten en beekleem. Het veen is wisselend van samenstelling. Het meeste veen is onherkenbaar, maar er zijn sporen van zeggenveen en mesotroof broekveen. Naast het transect bevindt zich een laagte begroeid met Es (boring b5.13). In deze laagte ontbreekt de minerale eerdlaag en komt het veen aan maaiveld. Onder een bovengrond van ca. 30 cm veraard veen komt 45 cm rietzeggeveen voor. Het grondwater dat tijdens de opname aan maaiveld stond was ijzerrijk en trad uit in het oppervlakkige greppelsysteem. Een opvallende verschijning in de vegetatie was de Gewone Dotterbloem.

Grondwaterstanden

Op de noordoostelijk dalflank ligt in het transect TNO-buis 57B-L-0018-01 (fig. 1). Deze buis is aaneengesloten gemeten vanaf 1985. De GHG in deze buis is berekend op 78 cm-mv en de GLG op 139 cm –mv (Gt VIo). In figuur 6 zijn de GHG en de GLG ter plekke van buis L18 ingetekend. Tijdens de waterstandsopnamen van 10-03-'99 en 30-03-'99 stond het grondwater resp. 34 en 9 cm boven het GHG-niveau. Tussen 10-03-'99 en 30-03-'99 is de grondwaterstand in buis L18 met 25 cm gedaald. In de boorgaten in het transect is een daling van vergelijkbare grootte waargenomen. Met uitzondering van boring 5.2 en 5.12 (resp. Gt VIIo en VIIId) en boring 5.5 (Gt IIIb) is voor alle andere boringen in dit transect Gt VIo de heersende grondwatertrap De Keersop is in dit transect de drainagebasis van het systeem. Aan de noordwest zijde zijn geen waterlopen die draineren; aan de zuidoost zijde verkleinen twee parallelsloten de grondwaterstroom richting Keersop. De veenkommen markeren de oorspronkelijke kwelzones in het beekdal.

4 Fosfaatgehaltes bodem

Tabel 2 geeft een overzicht van de P-Al gehaltes die zijn aangetroffen in de bodem. Bij deze extractiemethode (extractie met ammoniumlactaat) wordt in zandgronden en moerige gronden bij benadering 55 % van het anorganisch aan de bodem gebonden fosfaat bepaald (Schoumans et al. 1991). Omdat het gaat om potentieel gevoelige bedrijfsinformatie zijn alleen de gemiddelden, maxima en minima per transect aangegeven, en niet de waarden per afzonderlijk monsterpunt.

Tabel 2. Overzicht van P-Al waarden (met ammoniumlactaat extraheerbaar fosfaat, mg P_2O_5 per 100 gr) in de onderzochte transecten

		P-Al bovengrond			P-Al ondergrond*		
	n	min	gem.	max	min	gem.	max
transect 2	6	10	30	57	1	3	7
transect 3	6	25	66	150	3	7	10
transect 5	7	16	41	62	3	6	17

* de niet-humeuze zandondergrond die op wisselende diepte kan beginnen

Gemiddeld over alle punten bedraagt het P-Al getal in de bovengrond 45. In de niet-humeuze zandondergrond is het P-Al meestal lager dan 10. Het hogere gehalte aan fosfaat in de bovengrond hangt samen met het feit dat, in de hier aanwezige eerdlaag, het fosfaat goed kan worden gebonden. Vooral amorfe aluminium- en ijzer(hydr)oxiden en complexen van aluminium en ijzer met organische stof zorgen voor binding van fosfaat. In het humus- en leemarme grove zand dat op de meeste plaatsen in de ondergrond voorkomt zijn relatief weinig bindingsplaatsen voor fosfaat beschikbaar zijn.

Tabel 3 De waardering van het P-Al getal van grasland op zandgronden
Uit: CAD, 1989.

Waardering	P-Al getal
Laag	< 18
vrij laag	18-29
Voldoende	30-39
ruim voldoende	40-55
Hoog	>55

Ter vergelijking is in tabel 3 is een classificatie van het P-Al getal voor graslandgebruik weergegeven zoals het CAD die hanteert. Uit vergelijking met deze waarden blijkt dat in de graslanden in raai 2 op de meeste plaatsen sprake is van fosfaatgehalten die vanuit landbouwkundig normen te laag zijn voor optimale productie. Dit hangt samen met het extensieve gebruik van het hier aanwezige grasland. In de twee overige raaien is sprake van veel intensiever landgebruik en is

het fosfaatgehalte overwegend voldoende tot hoog. Een uitschieter vormt een maisakker in transect 3 waar sprake is van een P-Al waarde van maar liefst 150.

Gegevens over het fosfaatbindend vermogen van lage enkeerdgronden zijn niet aanwezig. Wel is bekend dat in de vergelijkbare hoge enkeerdgronden het gehalte aan ijzer en aluminium gemiddeld tussen de 70 tot 90 mMol/kg ligt, wat uitgaande van de in Schoumans (1991) aangegeven empirische verbanden tussen fosfaatbinding en gehaltes aan ijzeroxiden bij benadering een fosfaatbindend vermogen van 250-320 mg P_2O_5/100 gr oplevert.

Voor natuurontwikkeling, en met name voor de ontwikkeling van schraalgraslanden zijn de fosfaatgehaltes op de meeste plekken te hoog, en is afgraven van de bovengrond dan wel uitmijning van de bodem nodig om het nutriëntenaanbod te verminderen. Omdat er geen normen zijn voor maximale fosfaatgehaltes bij natuurontwikkeling, is hier voorlopig uitgegaan van een P-Al gehalte van minder dan 10 mg/100g als streefwaarde, een gehalte dat vanuit landbouwkundig oogpunt als zeer laag wordt beschouwd (tabel 3).

Bij verschraling door uitmijning kan bij graslandbeheer ca. 80 kg fosfaat per ha/jaar worden afgevoerd (mond. med. Schoumans). Daarbij dient het gras als maaisel te worden afgevoerd en dient voldoende stikstof via kunstmest te worden toegevoegd. Om een P-Al van maximaal 10 te bereiken over een laag van 20 cm met een dichtheid van 1300 kg/m^3 zou uitgaande van een P-Al van 30-50 in de uitgangssituatie zo'n 1000 à 2000 kg fosfaat per ha moeten worden afgevoerd, hetgeen naar verwachting zo'n 15 à 25 jaar zou duren. Omdat een belangrijk deel van het fosfaat irreversibel is vastgelegd in de bodem zal in de praktijk verschraling veel sneller plaatsvinden. Uitgaande van de in Schoumans (1991) aangegeven relatie tussen het P-Al gehalte van de bodem en de fractie die reversibel is gebonden zou een termijn van 5 à 10 jaar voldoende kunnen zijn om de reversibel gebonden fractie af te voeren uit de toplaag. In sommige gebieden op zandgrond verloopt de verschraling door uitmijning in de praktijk sneller (DLG, 1998; Maashorst, Stroothuizen), maar gezien de dikte en het hoge humusgehalte van de deklaag is hier niet te verwachten dat twee of drie jaar uitmijnen al voldoet om het nutriëntengehalte voldoende te verlagen voor de ontwikkeling van schraalgraslanden

Mogelijk kunnen wel sneller resultaten door verschralingbeheer optreden als niet fosfaat maar stikstof en/of kalium de beperking voor de ontwikkeling van schraalgraslandvegetaties vormen. Voor gefundeerde uitspraken hierover ontbreekt echter de noodzakelijke kennis en is nader onderzoek vereist.

5 Grondwaterstroming en (grond)waterkwaliteit

5.1 Grondwaterstroming

Tijdens de gerichte opname van 30-03-'99 is in ca. 65 buizen en boorgaten de grondwaterstand gemeten (bijlage 1). Tevens is het waterpeil in de Keersop gemeten. De standen zijn omgerekend naar NAP-hoogte aan de hand van de waterpasgegevens uit de transecten en bekende NAP-hoogte van NITG-TNO-buizen en DLG-buizen. Van drie buizen ontbraken gegevens over de exacte hoogteligging. Van deze buizen is de hoogteligging afgeleid uit de hoogtepuntenkaart schaal 1:10 000.[1] De hoogteligging van de meetpunten is geplot op een topografische ondergrond. Vervolgens zijn met de hand de isohypsen ingetekend (fig. 7). De doorgetrokken lijnen geven de isohypsen weer die gebaseerd zijn op één of meer waarnemingen en de onderbroken lijnen de sterk geïnterpoleerde isohypsen. In lichtblauw zijn de Keersop, de watergang parallel aan de Keersop en de Beekloop weergegeven.

De regionale grondwaterstroming is vanaf het Kempisch hoog in noordoostelijke richting naar de centrale slenk met insnijdingen door de Beekloop en de Keersop (TNO dienst grondwaterverkenning, 1973)

Uit de isohypsen kaart kan worden afgelezen dat de Keersop in het gedeelte van het beekdal dal vanaf halverwege transect 4 en 5 tot aan de stuw niet de drainagebasis van het systeem vormt. Deze functie is overgenomen door de watergang aan de zuidoost zijde van de Keersop, die benedenstrooms van de stuw uitmondt in de Beekloop. Dit wordt ondersteund door niet gepubliceerde gegevens van Gerrit Schouten uit 1998, die juist in deze parallelsloot veel roestverschijnselen waarnam. Roestverschijnselen werden door hem verder nog waargenomen in een paar sloten aan weerszijden van de Beekloop en een slootje in het dal van de Keersop stroomafwaarts van de stuw.

Na de stuw in de Keersop treedt er een sterke gradiënt op in het grondwaterstandverloop. Het waterpeil bovenstrooms en benedenstroom de stuw verschilt 70 tot 150 cm (zie bijlage 3). Als gevolg hiervan liggen ook de grondwater-isohypsen hier dichter bij elkaar.

Waarschijnlijk is dit peilverschil ook de oorzaak voor het stijghoogteverschil tussen de grondwaterstandbuizen 2-diep en 2-ondiep (DLG) op de zuidoostelijke oever van de Keersop ca 400 m beneden de stuw (figuur 1). Tijdens de gerichte opname was het stijghoogteverschil minstens 70 cm (de exacte stijghoogte is niet te bepalen omdat de buis overliep). De ondiepe buis fluctueert mee met het waterpeil van de Keersop. Het peilverschil bovenstrooms-benedenstrooms de stuw was tijdens de opname ca. 70 cm. Om vast te stellen of er een relatie bestaat tussen de gemeten stijghoogten in de

[1] De mogelijke afwijking t.o.v. de exacte hoogteligging is ca. 10-20 cm en valt daarmee ruim binnen de intervalafstand van 50 cm van de isohypsen.

Isohypsen

Isohypsen (sterk geinterpoleerd)

Waterlopen

Stuw

Buizen

Boorgaten

Figuur 7. Isohysen; opname 30-03-'99

grondwaterstandbuizen en (bovenstroomse) waterpeil in de Keersop is door Schouten en Vos (DLG) een aanvullende analyse uitgevoerd van diverse meetgegevens uit de periode juni '98 - feb '99 (bijlage 3). Omdat buis 2 bijna altijd overloopt is het echter nauwelijks mogelijk om een relatie te leggen tussen de diepe stijghoogte ter plekke van buis 2 en de waterstanden in de Keersop bovenstrooms van de stuw.

Ook in buis 1 die in het noorden van het onderzoeksgebied ligt (figuur 1) is sprake van duidelijke stijghoogteverschillen. In de perioden met de laagste grondwaterstanden is de stijghoogte in de diepste buis (18 m diep) bijna 60 cm hoger dan in de ondiepe buis (bijlage 1). Omdat in dit noordelijk deelgebied geen onderzoek kon worden verricht is over de mogelijke oorzaak van dit stijghoogteverschil geen uitspraak te doen.

In de overige buizen is het stijghoogteverschil tussen de ondiepe en de diepe buis afwezig of zo gering dat deze binnen de meetonnauwkeurigheid valt (zie bijlage 1). Omdat tijdens het veldwerk bleek dat het filter van de 3-ondiep door de afsluitende veenlaag was geplaatst en er toch sprake zou kunnen zijn van een potentiaalverschil is aanvullend een ondiepe buis geplaatst met het filter in de veenlaag (3-top). Er zijn in de daarop volgende periode geen grondwaterstandverschillen gemeten tussen 3-ondiep en 3-top, zodat mag worden aangenomen dat er inderdaad geen stijghoogteverschil is tussen freatisch grondwater en het grondwater op 5 m diepte.

Omdat ondanks de aanwezigheid van een weerstandsbiedende veenlaag geen potentiaalverschil wordt aangetroffen kan bij buis 3 vrijwel zeker worden uitgesloten dat er kwel optreedt. In de overige punten is de weerstand van de grond zo gering dat uit het ontbreken van meetbare potentiaalverschillen geen conclusies kunnen worden getrokken over het al dan niet optreden van kwel (al bij zeer kleine potentiaalverschillen kan er sprake zijn van kwel of infiltratie).

5.2 Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

In september 1998 en maart 1998 is door de DLG een bemonstering uitgevoerd van het grondwater in de DLG-buizen en op een drietal plekken zijn oppervlaktewatermonsters genomen. In maart zijn daarnaast ook de in het kader van deze studie geplaatste buizen 11, 12 en 13, en boorgat b2.2 bemonsterd. De resultaten van de chemische analyses zijn weergegeven in tabel 2. In deze paragraaf worden de resultaten van de analyses kort besproken. Voor een uitgebreidere behandeling per monsterpunt wordt verwezen naar bijlage 4.

Slechts op één plek, bij buis 1, is grondwater aangetroffen dat qua samenstelling lijkt op weinig of niet verstoord grondwater, met lage gehalten aan chloride, kalium, nitraat en ammonium. Calcium en bicarbonaat vormen de belangrijkste kat- en anionen, zij het dat de absolute gehaltes laag zijn. Dat laatste hangt ongetwijfeld samen met het geringe kalkgehalte van de ondergrond.

In de overige buizen is sprake van in meer of mindere mate verontreinigd of anderszins veranderd grondwater. In veel buizen is sprake van hoge calcium- en

sulfaatgehaltes (bijvoorbeeld monsterpunten 3, 7, 11) die wijzen op pyrietoxidatie. Pyriet kan ondiep in beekdalen ontstaan door een sterke aanrijking met ijzerrijk water. Door het toetreden van een oxidator, bijvoorbeeld nitraat door bemesting of zuurstof door ontwatering, oxideert het pyriet. IJzer slaat onder bepaalde omstandigheden neer als ijzeroxide of ijzerhydroxide en de zwavel komt als sulfaat in oplossing. Verzuring treedt niet op door een overmaat aan koolzuur en bicarbonaat. Er komt calcium in oplossing door verwering van eventueel aanwezig calciet en uitwisseling aan het adsorptiecomplex met waterstof.

Ook is op veel punten sprake van verhoogde gehaltes aan kalium en nitraat als gevolg van uitspoeling van meststoffen. Met name in de buizen 4, 5a en 6 worden hoge gehaltes aan kalium (45 tot 85 mg K/l) en nitraat/nitriet gevonden (40 tot 75 mg N/l). In buis 4-diep werd in maart ook een verhoogd gehalte aan zink (14 mg/l) aangetroffen.

Daarnaast is er ook nog de invloed van inunderend en infiltrerend hard en voedselrijk oppervlaktewater vanuit de Keersop. De hogere gehaltes aan calcium en bicarbonaat in buis 2-ondiep bijvoorbeeld zijn mogelijk veroorzaakt door de voorafgaande inundatie met Keersopwater.

Door al deze storende invloeden en door de geringe hardheid van het ongestoorde grondwater (die er voor zorgt dat het verschil tussen atmotroof water en lithotroof grondwater qua chemische samenstelling veel minder groot is dan in de meeste andere delen van Nederland) is het moeilijk uit de gevonden grondwater-kwaliteitverschillen de herkomst van het water af te leiden. Wel is duidelijk dat de huidige grondwaterkwaliteit op veel plaatsen onvoldoende is voor natuurontwikkeling, vanwege te hoge gehaltes aan nutriënten.

Tabel 4 Analyseresultaten van de bemonsteringen van grond- en oppervlaktewater in september '98 en maart '99 in het gebied Keersop. [2]

DATUM	PUNT NR.	FILT. DIEP	EC20 mS/m	pH -	K+ mg/l	Na+ mg/l	Ca++ mg/l	Mg++ mg/l	Cl- mg/l	SO4= mg/l	HCO3- mg/l	N02+3 mgN/l	NH4+ mgN/l	t.PO4 mgP/l	Fe++ mg/l
referenties															
locaal kwelwater			14.0	6.0	2.8	7.0	11.5	2.0	13.0	25.0	27.5				
regenwater[3]			5.0	4.2	0.2	1.6	0.4	0.2	3.0	5.8	0.4				
verontr.water[4]			99.6	7.8	7.0	96.0	82.6	10.0	17.0	80.0	158.6				
9809	1 o	1-2m	18.1	6.2	2.7	13.0	15.0	3.1	19.0	31.0	39.0	0.10	0.10	0.12	-
9903	1 o	1-2m	16.0	5.9	4.0	5.7	12.0	2.2	12.0	34.0	18.0	1.60	0.01	0.05	1.9
9809	1 d	4-5m	13.9	6.1	1.6	8.8	12.0	2.3	15.0	24.0	28.0	0.10	0.10	0.12	-
9903	1 d	4-5m	14.0	5.9	4.0	5.1	11.0	1.8	10.0	27.0	24.0	0.05	0.01	0.20	0.3
9903	1 zd	15m	20.0	5.6	4.0	6.5	17.0	1.8	44.0	54.0	12.0	0.05	0.21	0.33	0.0
9809	2 o	1-2m	55.1	6.6	2.5	64.0	31.0	5.2	45.0	61.0	147.0	0.10	0.50	0.62	-
9903	2 o	1-2m	46.0	6.3	5.0	36.0	32.0	5.1	35.0	61.0	153.0	0.05	0.18	0.40	2.5
9809	2 d	4-5m	40.2	6.1	3.1	22.0	34.0	6.1	40.0	100.0	31.0	0.10	0.10	0.08	-
9903	2 d	4-5m	38.0	5.1	5.0	14.0	32.0	5.8	31.0	92.0	12.0	0.05	0.01	1.00	5.8
9903	b22		43.0	6.0	4.0	8.7	36.0	5.3	43.0	43.0	12.0	0.05	0.99	0.05	38.0
9903	3top	1-2m	30.0	6.1	20.0	11.0	18.0	7.2	13.0	30.0	110.0	0.05	0.23	0.05	0.0
9809	3 o	1-2m	25.9	5.9	9.4	13.0	21.0	6.3	15.0	43.0	61.0	0.10	0.12	0.08	-
9903	3 o	1-2m	16.0	5.9	9.0	5.5	11.0	3.8	6.0	16.0	61.0	0.05	0.12	1.10	0.0
9809	3 d	4-5m	68.6	5.9	3.7	29.0	65.0	7.4	53.0	170.0	102.0	0.10	1.90	0.48	-
9903	3 d	4-5m	70.0	5.9	6.0	22.0	59.0	8.6	42.0	160.0	85.0	0.05	2.30	0.87	34.0
9908	4 o	1-2m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9903	4 o	1-2m	43.0	5.2	11.0	8.8	41.0	2.4	19.0	130.0	12.0	14.00	0.01	0.53	0.0
9809	4 d	4-5m	81.4	5.1	45.0	23.0	55.0	18.0	47.0	91.0	6.0	49.00	2.00	0.04	-
9903	4 d	4-5m	69.0	4.7	30.0	15.0	48.0	14.0	41.0	100.0	6.0	48.44	2.20	0.27	0.0
9809	5 d	4-5m	59.6	5.8	28.0	34.0	41.0	13.0	49.0	150.0	48.0	0.10	0.10	0.08	-
9903	5 d	4-5m	41.0	5.9	17.0	14.0	29.0	7.8	34.0	31.0	24.0	0.05	0.01	0.77	0.0
9809	5a o	1-2m	49.8	5.8	47.0	17.0	28.0	11.0	32.0	30.0	65.0	29.00	0.10	0.14	-
9903	5a o	1-2m	78.0	6.0	36.0	23.0	66.0	20.0	34.0	79.0	134.0	41.00	0.01	0.67	0.0
9809	5a d	4-5m	92.3	4.5	27.0	33.0	73.0	19.0	53.0	82.0	6.0	77.10	0.57	0.04	-
9903	5a d	4-5m	130.0	4.4	23.0	25.0	124.0	30.0	71.0	160.0	5.0	0.10	0.32	0.05	0.0
9809	6 o	1-2m	62.8	5.9	86.0	15.0	28.0	15.0	24.0	40.0	26.0	45.00	0.10	0.22	-
9903	6 o	1-2m	30.0	6.0	45.0	4.6	13.0	5.2	8.0	14.0	61.0	18.00	0.01	1.10	0.2
9809	6 d	4-5m	49.3	6.0	18.0	28.0	22.0	17.0	44.0	20.0	183.0	0.10	5.00	0.34	-
9903	6 d	4-5m	54.0	6.0	30.0	27.0	18.0	14.0	43.0	5.0	171.0	0.05	8.10	0.05	5.2
9809	7 o	1-2m	71.6	5.9	2.6	29.0	93.0	9.5	45.0	200.0	52.0	1.50	0.43	0.04	-
9903	7 o	1-2m	72.0	5.8	5.0	20.0	93.0	9.9	44.0	220.0	49.0	0.80	0.01	0.05	0.2
9809	7 d	4-5m	42.3	6.1	3.4	17.0	45.0	7.9	32.0	100.0	62.0	0.10	0.27	0.04	-
9903	7 d	4-5m	32.0	6.2	5.0	6.9	36.0	6.9	27.0	76.0	49.0	0.05	0.01	0.05	0.0
9809	9 d	> 5m	52.4	5.8	4.9	31.0	22.0	13.0	55.0	130.0	28.0	0.10	0.12	0.02	-
9903	9 d	> 5m	48.0	5.0	6.0	22.0	31.0	13.0	49.0	110.0	5.0	0.05	0.15	1.20	14.0
9809	10 d	> 5m	32.6	6.1	2.0	15.0	32.0	5.1	29.0	76.0	58.0	0.10	0.18	0.16	-
9903	10 d	> 5m	29.0	6.1	4.0	8.5	28.0	4.4	30.0	55.0	43.0	0.25	0.01	0.05	0.0
9903	11 o	1-2m	75.0	5.7	5.0	19.0	102.0	11.0	47.0	230.0	49.0	0.57	0.21	0.53	1.3
9903	12 o	1-2m	48.0	6.3	12.0	14.0	56.0	7.5	29.0	38.0	85.0	14.16	0.01	0.20	0.0
9903	13 o	1-2m	23.0	6.3	48.0	3.3	8.0	1.1	8.0	15.0	79.0	0.05	0.70	0.53	3.1
9903	13 d	> 5m	45.0	5.7	7.0	22.0	29.0	12.0	46.0	84.0	24.0	0.05	0.01	0.05	0.0
9809	beek		51.7	7.4	8.8	29.0	52.0	8.4	46.0	63.0	120.0	3.60	0.26	0.16	-
9903	beek		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9809	stuw		51.5	7.0	16.0	23.0	49.0	9.9	40.0	90.0	58.0	9.60	0.18	0.20	-
9903	stuw		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9809	molen		50.3	7.4	11.0	26.0	45.0	8.7	42.0	78.0	81.0	5.70	0.17	0.16	-
9903	molen		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[2] In maart '99 is ook zink bepaald. De concentraties van deze milieuvreemde stof waren < 0.5 mg/l, met uitzondering van een concentratie van 14 mg/l bij 4-diep

[3] Afkomstig van Weiteveen, Drente (van Wirdum, 1990)

[4] Rijnwater (van Wirdum, 1990)

6 Ontwikkeling van het beekdal

6.1 Inleiding

Hoe de Keersop er in het verleden uitzag is niet zomaar te zeggen. De verschijningsvorm ervan was waarschijnlijk niet doorlopend hetzelfde. Er traden in de loop van de tijd verschillende veranderingen op die werden veroorzaakt door wijzigingen in het klimaat of ingrepen door de mens. We proberen in deze paragraaf verschillende historische referentiebeelden van de Keersop te schetsen.

6.2 Periode vóór de middeleeuwen (ca. 500 na Chr.)

Hoe het beekdal er vóór de Middeleeuwen (vóór ca. 500 na Chr.) uitzag, is niet uit historische kaarten op te maken, die zijn er namelijk niet. Bovendien zijn er geen resultaten bekend van onderzoek aan fossiele plantenresten in de Keersop. We zullen ons daarom, om toch een beeld te kunnen geven van de geschiedenis van dit beekje vóór 500, moeten richtten op gegevens van andere beken in Brabant, met name de Mark en de Dommel. Over het algemeen blijkt dat daar aan het begin van het Holoceen het karakter van de beek veranderde van een vlechtend systeem in een zich insnijdende meanderende beek. Dit wordt toegeschreven aan het vegetatiedek dat zich door veranderende klimaatomstandigheden op de hogere gronden kon vestigen, waardoor de waterafvoer naar de beek werd gedempt en waardoor er bovendien minder sediment in de beek terecht kwam, zodat sedimentatieprocessen ten einde kwamen. De grotere waterhoeveelheden die door het dal werden gevoerd dankzij een toename van de neerslag, veroorzaakte erosie in het dal (zie o.a. Bohncke en Vandenberghe, 1988). In veel beekdalen werden nog tot in de Jonge Dryas delen afgesnoerd door dekzandafzettingen. Daardoor stagneerde het water wat veelal tot veenvorming leidde (Van Huissteden et al., 1986).

In veel beekdalen trad vanaf het begin van het Holoceen veenvorming op door stagnatie van de waterafvoer. Vandenberghe et al. (1984) konden in de Mark geen rivierloop uit die periode onderscheiden. Waarschijnlijk vond er een diffuse afwatering plaats. In de Dommel groeide gedurende het Atlanticum een elzenbroekbos met, in afgesneden meanders, verlandingsvegetaties van het *Phragmition* (Janssen, 1972). Waarschijnlijk moeten we de dikke veenlagen in het dal van de Keersop ook in deze periode plaatsen. Zonder nader onderzoek kunnen we daarover echter geen harde uitspraken doen.

In de Dommel ging de veenvorming door tot in het Subboreaal toen op de hogere gronden langs de Dommel door toedoen van Neolithische boeren het bos verdween (Janssen, 1972). De waterafvoer kreeg daardoor een meer onregelmatige karakter. Dat het Dommeldal daardoor vaker inundeerde, blijkt uit het voorkomen van soorten van het *Sparganieto-Glycerietum* in het pollenspectrum. Of dit gepaard ging met hernieuwde insnijding en sedimentatie is niet duidelijk. In de Mark blijkt dat wel te gebeuren aan het einde van het Atlanticum (Vandenberghe et al., 1984).

De nederzettingen van de Neolithische boeren lagen waarschijnlijk op de hogere dekzandgronden. Ook in latere perioden blijken in het dekzandlandschap nederzettingen steeds op de hogere dekzandruggen te liggen. Overigens was er meestal geen sprake van een continue aanwezigheid van bewoners. Met name aan het einde van de Romeinse periode valt er een gat in de bewoning van Nederland. Overigens zijn er ook uit de Romeinse periode geen bewoningssporen bekend bij Bergeijk.

6.3 Periode vanaf de Vroege Middeleeuwen (500 na Chr.)

Pas vanaf de Vroege Middeleeuwen neemt de bewoning weer langzaam maar zeker toe. De nederzetting Bergeijk wordt voor het eerst in schriftelijk bronnen genoemd in 1137. Het gaat dan om de *villa Echa*, die in bezit is van de St. Jansabdij te Luik (De Bont 1989). Archeologisch onderzoek rondom en in de huidige kern van Bergeijk wees uit dat de nederzetting wat ouder is en waarschijnlijk teruggaat tot de tiende eeuw (Theuws, 1989). Oudere voorgangers zijn er vermoedelijk wel geweest, maar die lagen dan elders op de dekzandrug waarop ook Bergeijk ligt.

Dat Bergeijk een belangrijke nederzetting was blijkt uit het feit dat deze nederzetting fungeerde als parochiecentrum (Theuws, 1989). Het was een geestelijk centrum voor een groter gebied waartoe ook de andere op de dekzandrug gelegen nederzettingen hoorden, waaronder Westerhoven, Luyksgestel en Weebosch. De later in die dorpen gestichte kerken zijn allen dochters van de kerk in Bergeijk. De oostelijke grens van de oude parochie Bergeijk liep door het dal van de Keersop. Ook andere parochies waren begrensd via beekdalen. Dat was aanvankelijk niet omdat de beek zelf zo'n absolute grens vormde, maar omdat ze door een brede zone niemandsland liep, die niet interessant was om in te delen in een parochie (Theuws, 1989). De menselijke activiteiten beperkten zich toen namelijk nog voornamelijk tot de hogere dekzandgronden, waarop nederzettingen en akkertjes waren gelegen.

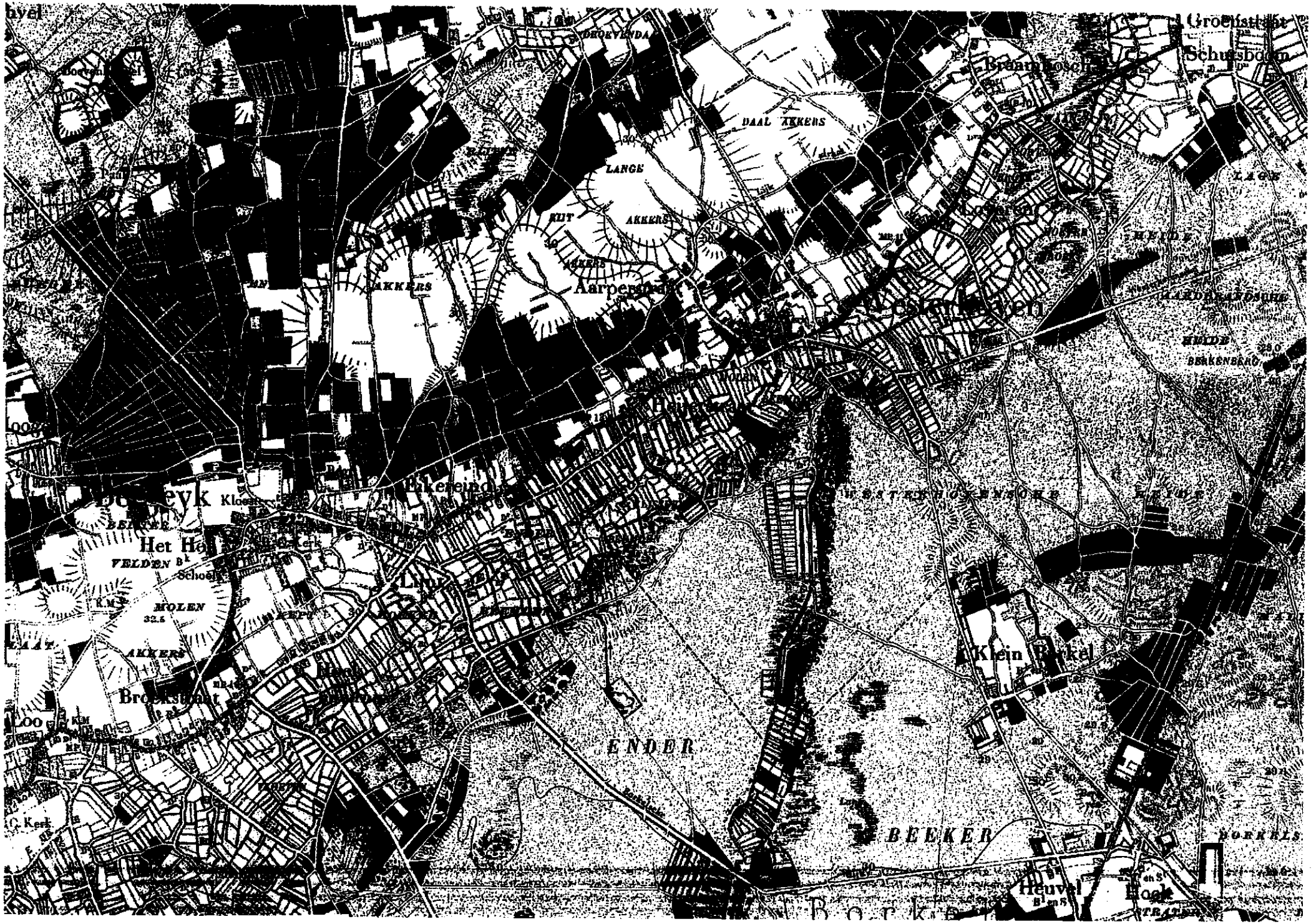
Beekdalen werden pas vanaf de elfde en twaalfde eeuw in gebruik genomen. Dat blijkt onder andere uit een sterke daling van de hoeveelheid elzenpollen in monsters uit bodems die na ca. 1000 zijn afgezet. Kennelijk werden toen de elzenbroekbossen die oorspronkelijk in beekdalen groeiden gerooid (Janssen, 1972). De landerijen werden meestal in gebruik genomen als hooiland en soms ook wel als weiland. Typische toponiemen zijn beemd of maat. Langs de Keersop is in de veertiende eeuw sprake van een stuk grond *in die Maet* (Theuws, 1989). Kennelijk duurden de ontginnen in het dal nog tot in de vroege veertiende eeuw voort. Theuws (1989) lokaliseert de 28 bunder wildernis die de abdij van Tongerloo dan van de Hertog van Brabant ter ontginning ontvangt, namelijk aan de rand van het dal van de Keersop.

In beekdalen lagen niet alleen hooi en weilanden, maar ook watermolens. De Keersop dreef in ons studiegebied waarschijnlijk twee watermolens aan. Een daarvan was gelegen bij Westerhoven ongeveer ter plaatse van de huidige stuw (Stuurman et al.,1997). Deze molen wordt in 1228 voor het eerst genoemd. Een tweede molen lag vermoedelijk bij Bergeijk op de hoogte van Broekstraat (Theuws, 1989).

De toenemende intensivering van het grondgebruik maakte dat de hooilanden in de loop van de vijftiende eeuw onder de gebruikers werden verdeeld (Vervloet, 1991; Waterbolk, 1991). In die periode zijn mogelijk de kleine percelen ontstaan die we op negentiende eeuwse kaarten kunnen onderscheiden, zeker is dat echter niet. Opmerkelijk is dat op negentiende eeuwse kaarten van ons studiegebied, de karakteristieke beekdalverkaveling ontbreekt. In plaats van de meestal voorkomende smalle percelen, loodrecht op de beek, zien we in ons studiegebied een onregelmatig geheel van kleine rechthoekige percelen, zonder duidelijke strekkingsrichting (figuur 8). De oorzaak van deze afwijking kunnen we nog niet aangeven. Overigens vertonen nabij gelegen beekdalen ook plaatselijk dit verkavelingsbeeld, terwijl er ook delen zijn waar de karakteristieke beekdalverkaveling wel aanwezig is.

Aan de Bergeijkse kant van het dal van de Keersop blijken akkers, vanuit de dekzandrug, te zijn uitgebreid in het dal. We vinden er natte gleijgronden met daarop een plaggendek (Natte enkeerdgronden; EZg). Ze ontstonden waarschijnlijk omdat delen van het plaggendek, dat de akkers op de dekzandrug bedekte, in het beekdal werden geschoven. Dat verschijnsel kon op verschillende plaatsen in Brabant worden vastgesteld (Weterings & Taat, 1987). Wanneer de uitbreiding van de akkers plaatsvond is slechts bij benadering vast te stellen. Over het algemeen wordt aangenomen dat de plaggenbemesting in Brabant na de twaalfde en dertiende eeuw werd ingevoerd (Theuws, 1989). Onder de dekken worden namelijk resten van nederzettingen uit die periode aangetroffen. Het dek kan dan pas na die tijd zijn verschoven. Bemonstering van een plaggendek dat in het dal van Voorste en Achterste stroom bij Oisterwijk, wees uit het onderste pakket van het dek aardewerk bevatte dat niet jonger was dan de dertiende eeuw. Die laag is afgedekt met een laag met aardewerk uit de achttiende en negentiende eeuw (Dirkx & Soonius, 1993). De akkers moeten in de tussenliggende periode tot in het beekdal zijn uitgebreid.

Waarom het nodig was de akkers uit te breiden is niet duidelijk. We weten niet welke gewassen er werden verbouwd. Overigens is op kaarten van omstreeks 1850 het beekdal vrijwel geheel in grasland gebruik. Alleen direct langs de dekzandrug ligt een stroom akkers. Op de topografische kaart van omstreeks 1898 zijn er meer akkers in het beekdal te ontwaren. Gegevens over het grondgebruik van de gronden in het dal van de Keersop zijn er pas vanaf ongeveer 1830, dankzij het toen ingevoerde kadaster. We kunnen door te kijken naar de kwaliteit van het grasland misschien enig zicht krijgen op de ecologische omstandigheden in het dal. Uit een steekproefsgewijze analyse van het materiaal blijkt dat in het dal, dicht bij de beek gelegen, grasland van een goede kwaliteit voorkwam. In de Enderbeemden is volgens de tabellen sprake van weiland - hooiland werd jammer genoeg niet afzonderlijk onderscheiden – van klasse 1 en 2. Wat verder van de beek gelegen grasland had een iets lagere kwaliteit (klasse 2). In de Vloeten lagen direct langs de beek ook graslanden van klasse 1 en 2, hoewel hier iets vaker klasse 2 voorkomt. Verder van de beek gelegen vallen de meeste graslandpercelen in klasse 2. Pas bovenstrooms van de Vlieterdijk, lagen graslanden van een mindere kwaliteit. Ze vallen hier in klasse 2, 3 en 4, direct langs de beek en verder van de beek in klasse 3 en 4. We moeten derhalve constateren dat in het dal van de Keersop weilanden van een relatief goede kwaliteit voorkwamen. Enige invloed van de beek, op die kwaliteit, is mogelijk gezien de waardetoename in stroomafwaartse richting.



Groenstraat
Schutsboom
DAAL AKKERS
LANGE
KIJT
AKKERS
Aarpenstraat
Westerhoven
HEIDE
BERKENBERG
Eikereind
Het Hol
VELDEN
Schoolstraat
MOLEN
AKKERS
Brookstraat
Klein Berkel
ENDER
BEEKER
Heuvel
Hoek

6.4 Ontwikkeling van het beekdal in beeld

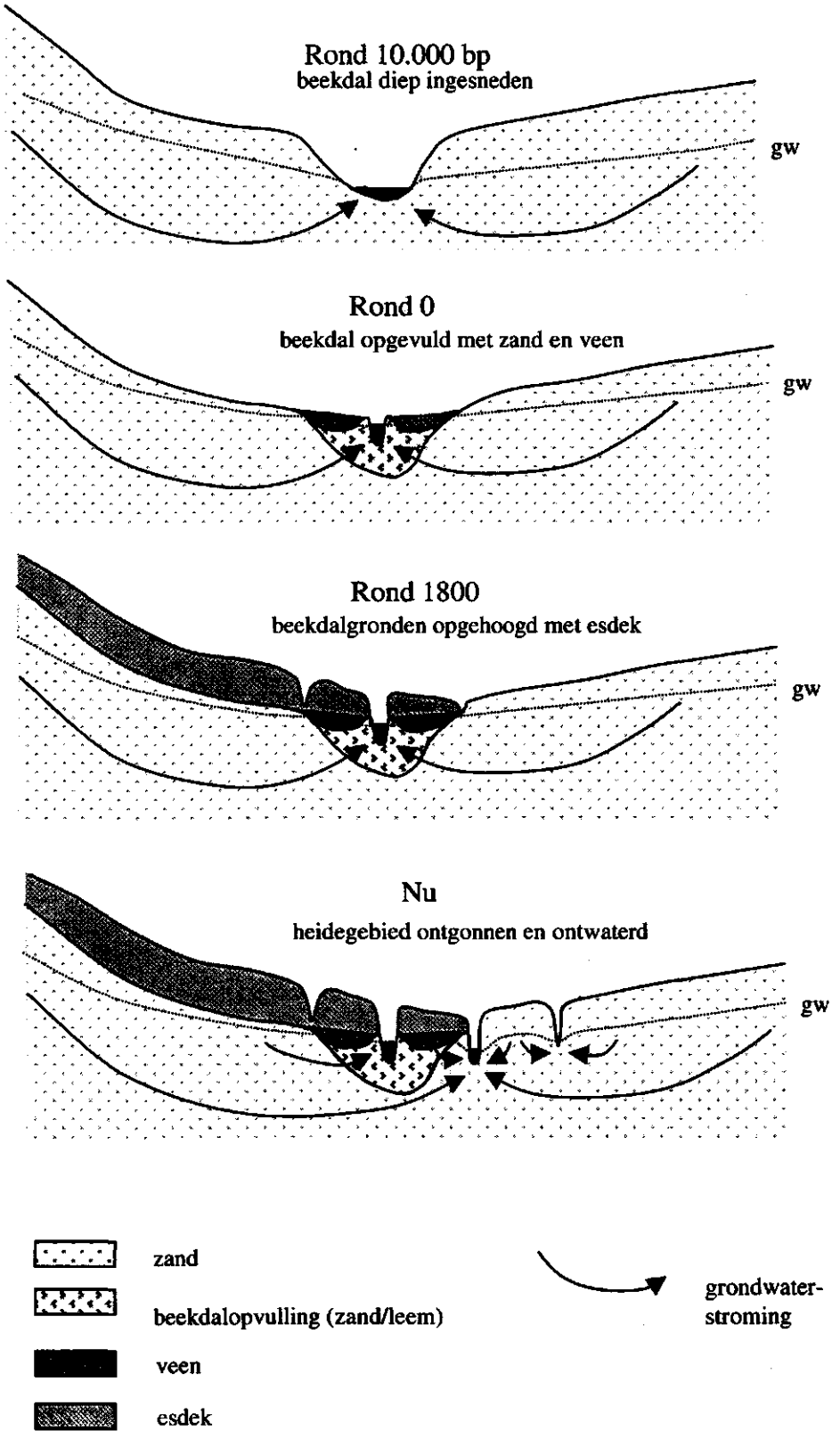
In figuur 9 wordt op grond van de resultaten van het historisch onderzoek en het bodemkundig transectonderzoek een beeld geschetst hoe het beekdal zich waarschijnlijk in de loop van de tijd ontwikkeld heeft. De figuur heeft betrekking op het beekdaltraject tussen transect 3 en 5.

We beginnen bovenaan met de situatie zoals die bestond aan het begin van het Holoceen, toen sprake was van een diep ingesneden beekdal. In de daaropvolgende periode raakte het beekdal opgevuld met zandafzettingen, waarna als gevolg van stagnatie van de waterafvoer -waarschijnlijk in het Atlanticum- veen ontstond in de ondiepe kommen achter de oeverwallen. Deze situatie was naar verwachting nog steeds aanwezig rond het begin van de jaartelling.

Aan het begin van de middeleeuwen werd begonnen met de ontginning van het beekdal, door het kappen van de aanwezige broekbossen. Waarschijnlijk ergens in de late middeleeuwen werden de beekdalgronden opgehoogd met materiaal van de aanliggende akkers op de dekzandrug, waarbij de huidige lage enkeerdgronden onstonden. In het derde dwarsprofiel wordt aangegeven welke situatie rond 1800 was ontstaan na deze ophoging van de beekdalgronden. De Keersop ligt relatief diep ten opzichte van de omringende gronden, en het grondwater dat afkomstig is van de dekzandrug en vanuit het aanliggende heidegebied wordt merendeels direct afgevoerd naar de Keersop via de goed doorlatende zandondergrond.

Door de ontginning van het heidegebied en door de aanleg van ontwateringsloten tijdens de recente ruilverkaveling is de hydrologie van het beekdal thans ingrijpend gewijzigd (onderste dwarsprofiel). De Keersop vormt niet langer de drainagebasis van het beekdal. Deze functie is overgenomen door een ontwateringsloot die parallel aan de Keersop loopt en die benedenstrooms van de stuw in de Keersop uitkomt.

Pagina 42: Figuur 8 Kaart van het studiegebied uit 1898



Figuur 9 Ontwikkeling van het beekdal

7 Conclusies, aanbevelingen

7.1 Gebiedsopbouw

Uit het verrichte onderzoek komt het beeld naar voren van een geo-hydrologisch gezien vrij eenvoudig gebied, grotendeels bestaand uit goed doorlatende zanden behorende tot de formatie van Sterksel. Er zijn uit het bodemkundig onderzoek geen aanwijzingen naar voren gekomen die wijzen op de aanwezigheid van breuken, en er zijn ook geen hydrologische verschijnselen waargenomen die zouden kunnen wijzen op eventuele breuken in de ondergrond en daarmee samenhangende potentiaal-verschillen in het grondwater.

Uit het bodemkundig en historisch onderzoek blijkt duidelijk dat het oorspronkelijke beekdal sterk menselijk is beïnvloed (figuur 9). De meest ingrijpende ontwikkelingen vinden plaats vanaf de middeleeuwen wanneer door ophoging van de beekdalgronden, de huidige lage enkeerdgronden ontstaan; natte gleijgronden met daarop een plaggendek dat in dikte varieert van 50- 130 cm (Ezg). De geomorfologie van het beekdal werd daardoor ingrijpend veranderd. De uitbreiding van de akkers vond plaats vanaf de Bergeijkse kant, waardoor met name tussen Bergeijk en Westerhoven het dal asymmetrisch van vorm is geworden (transect 3). De oorspronkelijke dalas (het laagste punt) is naar het zuidoosten verschoven. Door de ophoging van de beekdalgronden werd de invloed van kwel in het eigenlijke beekdal geringer.

De eerdlaag bedekt grotendeels de oorspronkelijke bodemopbouw, een patroon met afwisselend beekafzettingen en veenkommen, behorend bij het natuurlijke beeksysteem van de Keersop. Plaatselijk (oa bij transect 2 en ten zuidoosten van transect 5) liggen delen van dit systeem nog aan maaiveld.

Een tweede ingrijpende ontwikkeling voor het systeem was de ontginning van het ten zuidoosten van het beekdal gelegen heidegebied. Met name in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied wordt veel kwelwater afgevangen door een stelsel van laaggelegen sloten in het aangrenzende heide-ontginningsgebied. Via deze sloten wordt het water afgevoerd naar de Beekloop, om stroomafwaarts van de stuw weer in de Keersop te belanden.

Direct stroomafwaarts van de laatstgenoemde stuw (transect 2) is sprake van kwel in het beekdal, die waarschijnlijk samenhangt met het door de stuw veroorzaakte verschil in oppervlaktewaterpeilen en de daarmee samenhangende potentiaal-verschillen in het grondwater. Ook het relatief talrijke voorkomen van 'kwel-indicerende' planten ten zuiden van de stuw (naast Holpijp komen hier ook Bosbies en Adderwortel voor) hangt mogelijk samen met de sterke gradiënten in grondwaterstanden en waterpeil die hier optreden en naar verwachting aanleiding geven tot (lokale) kwelverschijnselen.

Ook in het uiterste noorden van het onderzoeksgebied, bij buis 1, is sprake van duidelijke potentiaalverschillen tussen diep en ondiep grondwater. Dit is de enige plek waar zowel diep als ondiep water wordt aangetroffen dat qua samenstelling lijkt op ongestoord grondwater. Vermoedelijk is hier sprake van meer regionale kwel met diep, niet verontreinigd grondwater. Omdat de belangrijkste grondeigenaar ter plekke geen toestemming gaf voor het verrichten van onderzoek is het helaas niet mogelijk om nadere uitspraken te doen over de bodem en hydrologie in dit deel van het studiegebied.

In het zuidelijk deel van het studiegebied is naar verwachting geen sprake van kwel meer door de relatief hoge ligging van de gronden ten opzichte van de Keersop en de ontwaterende werking van een parallel aan de Keersop lopende diepe sloot. Voorzover 'kwel' optreedt zal dit naar verwachting beperkt zijn tot capillaire opstijging van grondwater in de zomerperiode. Alleen in het broekbosje ten zuiden van raai 5, waar geen dek is opgebracht, zou mogelijk sprake kunnen zijn van maaiveldkwel. De aanwezigheid van Dotterbloem en van visuele kwelverschijnselen wijzen daar op. In de nabijgelegen peilbuis (DLG-7) is echter geen sprake van potentiaalverschillen tussen het diepe en ondiepe grondwater, en de hoge sulfaatgehalten in zowel diep als ondiep grondwater wijzen hier eerder op verdroging en infiltratieomstandigheden. Ook de veraarding van het veen in de bovenste 30 cm van het profiel geven aan dat de waargenomen kwel aan maaiveld niet permanent is.

Met uitzondering van buis 1 overheersen antropogene invloeden in de grondwatersamenstelling van het beekdal. De natuurlijke gradiënten in grondwaterkwaliteit, die samenhangen met de herkomst van het water zijn daardoor niet meer te terug te vinden. Op veel plekken is sprake van verhoogde kalium- en nitraatgehaltes door uitspoeling vanuit de landbouwgronden, en van verhoogde sulfaatgehaltes die wijzen op de oxidatie van pyriet als gevolg van grondwaterstanddaling en/of de aanvoer van nitraat.

De fosfaatgehalten van de eerdlagen zijn vanuit landbouwkundig oogpunt voldoende tot hoog, hetgeen betekent dat ze te fosfaatrijk zijn voor natuurontwikkeling. Voor de ontwikkeling van natuurlijke schraalgraslanden zal ofwel de organische toplaag moeten worden afgevoerd of zal gedurende enkele jaren de grond moeten worden uitgemijnd om nutriënten af te voeren.

7.2 Potenties voor natuurontwikkeling

In de gebiedsverkenning wordt aangegeven dat wordt gestreefd naar het herstel van een halfnatuurlijk beeksysteem waarbij de beek weer vrij kan meanderen. Een belangrijk onderdeel in de plannen vormt verder de ontwikkeling dan wel het herstel van natte schraalgraslanden en broekbossen die onder invloed staan van kwel. Gestreefd wordt naar het herstel van het oorspronkelijke landschap, waarbij 1870 als referentie wordt genomen Daarbij wordt er van uitgegaan dat de genoemde natuurtypen in de situatie rond 1870 nog volop voorkwamen en relatief makkelijk weer hersteld kunnen worden door de situatie van voor de ruilverkaveling te herstellen.

Zoals aangegeven in de voorgaande hoofdstukken zijn de veranderingen in het beekdal echter ingrijpender en hebben ze veel eerder plaatsgevonden dan misschien werd aangenomen bij het opstellen van de gebiedsverkenning. Door het ophogen van de gronden langs de beek is al lang geleden de geomorfologie van het beekdal ingrijpend veranderd. Waarschijnlijk was er rond 1870 in het beekdal dan ook slechts in beperkte mate sprake van het voorkomen van natte beekdalgraslanden met elzensingels en broekbossen. Naar verwachting was eerder sprake van productieve hooi- en weilanden en akkertjes omringd door eikensingels.

Dit betekent dat de cultuurhistorische referentie rond 1870 en de ecologische streefbeelden niet automatisch samenvallen, en dat keuzes moeten worden gemaakt tussen het herstellen van een historisch landschap dan wel het realiseren van gewenste natuurdoelen.

Wordt gestreefd naar het herstel van het vroeger landschap dan zal geaccepteerd moeten worden dat daarbij in het merendeel van het gebied geen soortenrijke natte hooilanden en broekbossen horen, maar goed ontwaterde en relatief productieve vochtige tot droge graslanden. Vanwege het ontbreken van kalk in de bodem en de geringe invloed van gebufferd grondwater zullen de graslanden tamelijk zuur en arm aan soorten zijn. Bij verschraling zijn in eerste instantie Witbolgraslanden, en op langere termijn mogelijk ook iets soortenrijkere graslanden met Gewoon struisgras te verwachten.

Wordt gestreefd naar de ontwikkeling van kwelgevoede natte schraalgraslanden en broekbossen dan zullen meer ingrijpende maatregelen nodig zijn, die juist een inbreuk vormen op de cultuurhistorie. Zo zal het nodig zijn om de in de middeleeuwen opgebrachte deklaag te verwijderen om het maaiveld voldoende te verlagen en om de nutriënten in deze deklaag kwijt te raken. De aanwezigheid van Dotterbloem in het Essenbosje ten zuiden van raai 5, op een plek waar de deklaag ontbreekt, geeft aan dat ontwikkeling van natte broekbossen en natte bloemrijke hooilanden waarschijnlijk tot de mogelijkheden behoort na afgraving.

Ook bij afgraven van het cultuurdek zal het herstel van kwelgevoede systemen in het middelste deel van het onderzoeksgebied (tussen Bergeijk en Westerhoven) moeilijk zijn, omdat een groot deel van grondwater via de sloten in het heide-ontginningsgebied, en de parallelsloot wordt afgevoerd naar de Keersop benedenstrooms van de stuw. Voor het herstel van de vroegere kwelsituatie zal het nodig zijn deze sloten te verondiepen of te dempen, of de peilen op te zetten.

In het gebied waar de Beekloop en de Keersop samenkomen zijn de omstandigheden voor de ontwikkeling van natte schraalgraslanden en broekbossen gunstiger, omdat hier nu al sprake is van kwel en omdat de voedselrijkdom van de bodem door een extensiever beheer vrij laag is. Het is echter niet zeker of, wanneer conform de plannen de stuw in de Keersop wordt verwijderd, hier in de toekomst nog steeds sprake zal zijn van een kwelsituatie.

Alleen in het noordelijk deel van het studiegebied is waarschijnlijk sprake van meer regionale kwel met niet verontreinigd grondwater, zodat hier mogelijk de grootste

potenties aanwezig zijn voor het ontwikkelen van soortenrijke natte schraalgraslanden. Omdat dit gebied niet onderzocht kon worden is het echter niet mogelijk om hierover met zekerheid uitspraken te doen. In de overige gebieden vormt de slechte grondwaterkwaliteit een complicerende factor bij natuurontwikkeling.

7.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Belangrijkste knelpunt vormt op dit moment de geringe bereidheid tot medewerking van de in het gebied aanwezige boeren. Door het gebrek aan onderzoeksgegevens is het daardoor niet mogelijk om inzicht te geven in bodemopbouw en hydrologie in het noordelijk deel van het onderzoeksgebied. Wanneer alsnog toestemming zou kunnen worden verkregen voor betreding van de gronden zou een transect in dit noordelijk deelgebied waardevolle aanvullende informatie verschaffen.

In een eventuele toekomstige vlakdekkende bodemkartering zou vooral aandacht besteed moeten worden aan de dikte van de eerdlaag, aan het voorkomen van roestverschijnselen en aan het uitkarteren van het oorspronkelijke beekdal en veenafzettingen. Het eerste is nodig om, in combinatie met een gedetailleerde hoogtekaart, te kunnen bepalen waar na afgraven van de deklaag natte laagtes ontstaan die geschikt zijn voor de ontwikkeling van schraalgraslanden en broekbossen. Het tweede is nodig om een eventuele reconstructie van de vroegere beekloop mogelijk te maken.

Daarnaast zou ook aanvullend hydrologisch onderzoek moeten worden verricht. Doordat het veldwerk is verricht in een korte en weinig representatieve periode (met grondwaterstanden ver boven de GHG) en slechts een beperkte overeenkomst is tussen de grondwaterstanden in het beekdal en de NITG-TNO-buizen met langjarige meetgegevens op de dekzandruggen is er nog geen goed beeld verkregen van de fluctuatie van de grondwaterstanden in het beekdal en van mogelijke grondwaterstromingen. DLG blijft daarom de grondwaterstanden in de buizen van het grondwaterstandmeetnet volgen. Door daarnaast in de zomerperiode op een groot aantal punten de grondwaterstand en op een aantal locaties met een meer natuurlijke vegetatie (oa. het Essenbosje met Dotterbloemen ten ZO van transect 5) de kwaliteit van het bovenste grondwater te bepalen is het misschien mogelijk een gedetailleerder beeld van de lokale hydrologie te krijgen.

Literatuur

Bohncke, S., J. Vandenberghe & T.A. Wijmstra, 1988. Lake level changes and fluvial activity in the Late Glacial lowland valleys. In: Lang & Schluchter (eds.). Lake, mire and river environments. Rotterdam. Balkema: 115-121.

Bont, Chr. de., 1989. Het cultuurhistorisch landschapsonderzoek van het streekplangebied "Midden- en Oost-Brabant". Een historisch-geografische verkenning. Wageningen. Staring Centrum. Rapport 17.

CAD. 1989. Adviesbasis voor bemesting van grasland en voedergewassen.

Dienst Landelijk Gebied (1998). Natland, Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden. Vuistregels voor vernatting. Publicatie 1998-1, DLG, Utrecht.

Dienst Landelijk Gebied (1998). Kavelruilproject Bergeijk-Keersop. Gebiedsverkenning t.b.v. natuurontwikkeling. DLG, Tilburg.

Dirkx, G.H.P. en C.M. Soonius, 1993. De ontwikkeling van het cultuurlandschap in het herinrichtinggebied 'De Leijen-West' (Noord-Brabant). Een archeologische en historisch-geografische inventarisatie, beschrijving en waardering. Wageningen/Amsterdam. DLO-Staring Centrum/Stichting RAAP. Rapport 225.1.

Ek, R. van, Klijn, F., Runhaar, J., Stuurman, R.J., Tamis, W. en J. Reckman, 1997. Gewenste grondwatersituatie Noord-Brabant. Deelrapport 1: Methode-ontwikkeling voor het bepalen van de optimale grondwatersituatie voor de sector natuur. Lelystad, RIZA, rapport 98.027.

Huissteden, J. van, L. van der Valk & J. Vandenberghe, 1986. Geomorphological evolution of a lowland valley system during the Weichselian. In: Eart surface processes and landforms 11: 207-219.

Jalink, M.H & A.J.M. Jansen (1989). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwater-afhankelijke beekdalgemeenschappen. Basisrapport. KIWA, Nieuwegein.

Janssen, C.R., 1972. The paleo-ecology of plant comminities in the Dommel Valley, North Brabant, the Netherlands. In: Journal of Ecology 60: 411-437.

Schoumans, O.F., Breeuwsma A., El Bachrioui-Louwerse, A. & R. Zwijnen (1991). De relatie tussen de bodemvruchtbaarheidsparameters Pw en P-Al getal en fosfaatverzadiging bij zandgronden.. Rapport 112. Staring Centrum, Wageningen.

Stuurman, R.J., J.E.M. Peeters, J.W.T.M. Reckman, 1997. Watermolen-afhankelijke standplaatsen in Noord-Brabant. Stromingen 3, nummer 3.

Theuws, F.C., 1989. Middeleeuwse parachiecentra in de Kempen 1000-1350. In: A. Verhoeven & F. Theuws. Het Kempenproject 3. De Middeleeuwen centraal. Stichting Brabants Heem. Waalre.

TNO dienst grondwaterverkennig, 1973. Grondwaterkaart van Nederland.

Vandenberghe, J., P. Paris, C. Kasse, M. Gouman, L. Beyens, 1984. Paleomorphological and -botanical evolution of small lowland valleys. A case study of the Mark valley in Northern Belgium. In: Catena 11: 229-238.

Van der Linden, M. (1990). Planten en kwelmilieus. Een literatuurstudie. Doctoraalscriptie Universiteit van Amsterdam.

Vervloet, J.A.J., 1991. Het zandlandschap. In: Barends et al. (red), Het Nederlandse landschap, een historisch-geografische benadering. Utrecht. Matrijs.

Waterbolk, H.T., 1991. Das mittelalterliche Siedlungswesen in Drenthe. versuch einer synthese aus archaologischer sicht. In: H. Wolfgang: Siedlungen und landesausbau zur Salierzeit. 1: In den Nordlichen landschaften des Reiches.

Weterings, M. en G. Taat, 1987. Bodem en historisch bodemgebruik van enkele beekdalen uit de Brabantse Kempen. Wageningen. Scriptie Landbouwuniversiteit.

Wirdum, G. van, 1990. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Universiteit van Amsterdam. Maastricht, Datawys.

Bijlage 1 Resultaten van de gerichte opnamen in buizen en boorgaten, GHG en GLG waarden en waargenomen fluctuaties

Buis/Boringnr.	Grondwaterstanden cm-mv				Gemiddelde waarden/fluctuaties			
	26/02/99	03/03/99	10/03/99	30/03/99	GHG	GLG	GHG-GLG	GHG - 30/03/'99
NITG-TNO-buizen								
57B-L-0004-01				150	185	242	57	-35
57B-L-0018-01				69	78	139	61	-9
57B-L-0027-01				126	113	191	78	13
57B-L-0043-01				140	136	196	60	4
57B-P-0050-01				135	151	206	55	-16
57B-P-0006-01				110	143	192	49	-33
								0
DLG-buizen					HG3	LG3	HG3-LG3	HG3 - 30/03/99
1o				58	40	77	37	18
1d				0	1	41	40	-1
1zd				20	-32	18	50	52
2o		21		70	26	74	48	44
2d		0		0	1	4	3	-1
3o	51	31		78	33	102	69	45
3d	46	25		79	44	103	59	35
3top		34		91				91
3a	63	52		85	27	93	66	58
4o	70			79	83	163	80	-4
4d	70			79	82	161	79	-3
5o				89	19	116	97	70
5d				87	15	116	101	72
5ao				35	62	92	30	-27
5ad				28	61	88	27	-33
6o				114	70	141	71	44
6d				113	71	140	69	42
7o				40	17	64	47	23
7d				41	20	67	47	21
8d		324		308	349	430	81	-41
9d	68	56		77	31	61	30	46
10d			18	33	-15	37	52	48
11o				57				
12o	80	68		95				
13o	66			78				
13d	70			86				
Boorgaten								03/03 -30/03
b2.1		21						
b2.2		-1		0				1
b2.3		8		52				44
b2.4		33		80				47
b2.5		0		56				56
b2.6		5		58				53
b2.7		0		38				38
b2.8		21		60				39
b2.9		23		57				34
b2.10		51		90				39
b3.2	41	9		65				56
b3.3	60	20		118				98
b3.4	23	0		62				62
b3.6	33	18		51				33
b3.8	21	*		37				
b3.9	79	*		*				

Buis/Boringnr.	Grondwaterstanden cm-mv				Gemiddelde waarden/fluctuaties			
	26/02/99	03/03/99	10/03/99	30/03/99	GHG	GLG	GHG-GLG	GHG - 30/03/'99
								10/03 - 30/03
b5.2			62	78				16
b5.3			19	42				23
b5.4			23	44				21
b5.5			5	26				21
b5.6			24	48				24
b5.7			38	59				21
b5.8			45	65				20
b5.9			23	43				20
b5.10			57	70				13
b5.12			126	149				23

Bijlage 2 Profielbeschrijvingen boringen[5]

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	2	1	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
zk	4k	423				IIb	30	80	55	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	Diepte eind	M	Org.st. %	Org.st. vs	Textuur <2	Textuur 50	Textuur M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1ACg	0	30		4.0		21		140			340				gelaagd
2	2ACg	30	55		4.0		10			1	5	340				
3	3Cg	55	75					8	165			340				
4	3Cgc	75	80					6	800			340				veel grind
5	4Cr	80	130					8	250			332				grind verspoeld

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	2	2	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	B4m	212	c			Ia	0	50	50	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	Diepte eind	M	Org.st. %	Org.st. vs	Textuur <2	Textuur 50	Textuur M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Ahg1	0	20		7.0		8	28	135	1	5	340				
2	1Ahg2	20	45		9.0		11	35	140	1	5	340				
3	2Cg	45	65		20	D	6	20	165			110				
4	3Cr1	65	90					8	160			340				
5	3Cr2	90	110		3.0			8	230			340				
6	4Cr	110	160		20	D	9	8	230			110				gelaagd+hout
7	5Cr1	160	230		4.0			13	190			340				sterkgelaagd
8	5Cr2	230	240					8	190			340				

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	2	3	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4i	434			g3	IIa	20	50	25	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	Diepte eind	M	Org.st. %	Org.st. vs	Textuur <2	Textuur 50	Textuur M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Ah	0	25		6.0		7	38	160			340				zwart
2	2Cer	25	50					6	800			332				veel grind
3	2Cr	50	110					6	600			332				grind

[5] Voor een toelichting van de in de boorstaten gebruikte codering wordt verwezen naar Ten Cate et al., 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften Deel A: Bodem. DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	2	4	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	2r	432			g4	IIIa	25	80	15	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Ah	0	15		6.0		18		160			340				
2	2B/Ce	15	35		1.0		12		185			410				
3	3Ce	35	80				11		350			332				ongesort+grind
4	3Cr	80	140				6		800			332				w,grind

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	2	5	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	B4o	212	c			IIa	0	75	45	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	45		6.0		9	25	185	1	5	692				ph 5.7
2	2Cer	45	75						800			332				grind+lutumb
3	2Cr1	75	120						800			332				grind+lutumb
4	2Cr2	120	130						230			332				

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	2	6	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
k	4s	433				IIIa	20	90	70	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	20		5.0		9	21	185	1	5	692				ph 5.3
2	2Aa	20	55		4.0		6	20	185			692				
3	3Ahgb	55	70		5.0		15			1	5	340				
4	4Cer	70	90		3.0		3	18	230			340				lutum+hbandjes
5	4Cr	90	150		2.0			4	600			340				grind+versp h
6	5Cr	150	165		25	D						110				bruin
7	6Cr	165	180					2	1200			340				hout grind vers

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	2	7	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
k	c4k	511				IIa	0	70	35	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aag	0	35		6.0		9	25	190	1	5	692				ph 4.9
2	2Ce	35	50					4	220			340				
3	2Cer	50	70		1.0			4	600			340				ver.hum ph 5.0
4	2Cr	70	130					4	600			340				grind
5	3Cr	130	140		15	D		4	600			110				gelaagd
6	4Cr	140	200		3.0		5	15	250			340				grind
7	5Cr	200	220		60	C						130				waterdrieblad
8	6Cr	220	250					4	600			340				grind gel versp

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	2	8	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4i	512			F	VIo	80	135	25	RP		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1A/Ce	0	45		4.0			16	280			332				ph 5.0
2	1Ce	45	130		1.0			11	320			332				gel humb ph 5.0
3	1Cer	130	135					4	800			332				grind
4	1Cr	135	140					4	230			332				

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	2	9	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	2r	432				VIIo	90	140	25	AM		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Ap	0	25		6.0		4	15	190			410				grind ph 5.0
2	1Bhe	25	50		0.2			12	170			410				
3	2Ce	50	140					4	400			332				ph 4.5

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	2	10	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
2q	433					VIIo	100	150	35	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	35		6.0		23	185				692				4.7
2	1Bhe	35	50		0.5		13	155				411				
3	1BCe	50	75				13	155				411				
4	2Ce	75	100				8	190				332				
5	2Cer	100	150				12	170				332				lutumb ph 4.7

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	2	11	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
4k	512					IIa	0	70	30	BL		

BIJZONDERHEDEN: filterdiepte 130-180

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Ahg	0	30		9.0		12	230				332				
2	1Cg	30	50				4	1600				332				
3	1Ce1	50	80		1.0		8	250				332				gelaagd humusb
4	1Ce2	80	90					1999				332				grind
5	1Cr1	90	100		1.0			1200				332				houtresten
6	1Cr2	100	220		1.0			1200				332				

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	3	1	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
4s	432					VIo	75	160	75	GR		

BIJZONDERHEDEN: peilbuis 4

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa1	0	30		4.5		15	185				692				zwart
2	1Aa2	30	50		2.5		23	185				692				bruin
3	2Ahgb	50	75				10	20	185	1	5	340				zwart
4	3Cg1	75	120				13	170				332				sterksel lbandj
5	3Cg2	120	160				8	170				332				sterksel

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	3	2	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4s	432			F	Vbo	40	130	65	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa1	0	50		6.0		16		160			693				
2	1Aa2	50	60		3.0		18		160			693				
3	1Ce	60	90				15		160			410				
4	2Cg	90	130				4		400			332				sterksel
5	2Cr	130	160				8		160			332				

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	3	3	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4s	433				Vbo	40	130	130	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	50		5.0		18		185			692				
2	2Aa	50	95		5.5		9	25	185	1	5	692				
3	2Ahgb	95	130		5.0		9	20	185	1	5	340				
4	3C	130	160		70	C	3					130				zeggeveen achti
5	4Cr	160	210					8	800			332				veel grind

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	3	4	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4s	433				IIIb	30	100	70	GR		

BIJZONDERHEDEN: wilgenhout in veen

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	55		6.0		20		170			692				
2	2Aa	55	70		5.0		9	23	175	1	5	692				
3	2C	70	115		12		8	25	170	1	5	340				afw mfz bosveen
4	3C	115	180		80	BE	3			3	5	120				bosveen mild br
5	4Cr	180	200					4	800			332				

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	3	5	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4s	433				IIIb	30	100	60	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	45		5.0			21	160			692				
2	1Ahgb	45	60		5.0		4	19	180			410				
3	2C	60	75		12		6	23	170			340				mfz+bosveen
4	3Cr	75	150		80	BE	6			3	5	120				mild bruin
5	4Cr1	150	190					13	180			332				
6	4Cr2	190	210					4	800			332				grind

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	3	6	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4i	432			F	IIIa	20	90	30	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1A/Ce	0	30		4.0			13	185			332				enkel grindje
2	1Ce	30	90					6	230			332				grind lagen
3	1Cr	90	150					6	230			332				grind lagen

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	3	7	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	2q	432				VIo	70	150	40	AM		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	40		5.0			14	190			692				
2	1Bh	40	60		0.5			13	165			410				
3	2Bh1	60	100					6	250			332				
4	2Bh2	100	120					13	230			332				
5	2BCe	120	160					4	600			332				veel fijn grind

Topkrtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	3	8	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
k	4i	512				IIa	0	50	25	BL		

BIJZONDERHEDEN: niet roestig

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Ah	0	25		5.0		11	30		1	5	340				beekleem
2	2Cer	25	50					15	350			332				
3	2Cr	50	120					8	350			332				

Topkrtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	3	9	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	2r	512			F	VIo	70	170	40	AX		

nue BIJZONDERHEDEN: nen deels afgegraven verv. d.ploegd

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1A/Bh	0	40		3.0			13	280			332				veel grind
2	2BC/Ce	40	90					13	170			410				410
3	3Cer	90	105				20			1	5	332				grofz+grind
4	4Cr	105	150					4	600			332				+grind

Topkrtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	3	10	02-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4s	432				IIIb	30	100	80	AX		

BIJZONDERHEDEN: filterdiepte 100-155

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	50		5.0			16	165			692				
2	1Ahb	50	75		6.0		9	25	165	1	5	340				
3	2Cer	75	130					12	230			332				leembanden+hout
4	2Cr	130	150					6	230			332				homogeen

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	5	1	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	4s	432				VIo	80	140	90	GR		

b BIJZONDERHEDEN: ij bemonstering Aa2,3 Bh in mfz-mgz

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa1	0	35		6.0			15	180			692			4.7	
2	1Aa2	35	55		6.0		6	23	180			692				
3	1Aa3	55	90		6.0		3	20	180			692				
4	2Ce	90	140					3	400			332			5.0	

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	5	2	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
z	B4w	215	c			VIIo	95	150	90	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	30		6.0		4	28	180			692			4.5	
2	2Aag1	30	50		4.0		9	35	190	1	5	692				
3	2Aag2	50	80		7.0		11	40	190	1	5	692			5.0	grfz 1
4	2ACe	80	95		9.0		11	40	230	1	5	340				gelaagd
5	3Ce	95	150					3	400			332			4.7	

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	5	3	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
z	B4w	215	c		v9	VIo	70	130	90	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	25		6.0		5	28	185			692			4.4	
2	2Aag	25	90		4.0		8	30	190	1	5	692				puinr gelaagd
3	3C	90	125		80	C						130			4.7	zeggeveen
4	4ACe	125	150		8.0			23	190			340				gelaagd
5	5Ce	150	160					3	400			332			5.3	+grofgrind

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	5	4	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	c4k	433				VIo	50	120	45	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	30		6.0		7	28	190			692			5.0	
2	2Ahg	30	45		18	GY	13			1	5	160			4.7	gyttja
3	3Ce	45	150					2	800			340			4.9	hout ong versp
4	4Cr	150	160					3	220			340				

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	5	5	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
k	4k	433				IIIb	30	90	75	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Ahg	0	15		6.0		11	35	170	1	5	340			4.7	
2	1ACg	15	30		3.5		9	30	170	1	5	340				
3	2Ce1	30	75		1.0		4	25	170			340			4.4	gel oeverwal
4	2Ce2	75	130					2	1200			340				houtr versp
5	3Cer	130	180				9	20	120	1	4	340			5.3	beekleem
6	4Cgr	180	195				6	35	120			340				grindjes
7	5Cg	195	200					2	800			332				

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroonboring
57B	5	6	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	B4o	212 c				VIo	50	125	50	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	25		6.5		9	35	170	1	5	692			4.8	
2	1Ahgb	25	50		11		9	38	170	1	5	340				
3	2ACe	50	120		7.0			14	170			340			5.4	oeverwal
4	2Ce	120	160					3	800			340			5.1	grind

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring	
57B	5	7	03-99	MAA						

STANDAARDPUNTENCODE tv subgr cijf k toev.eind v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
z1 r z9	VIo	70	130	60	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aag	0	25		5.0		6	27	180			692			4.5	
2	2Ahg	25	50		4.0		10	38	160	1	5	340				
3	3C	50	95		80	BM						130			4.3	veraard broekv
4	4Cer	95	160					3	800			340			4.8	houtresten

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring	
57B	5	8	03-99	MAA						

STANDAARDPUNTENCODE tv subgr cijf k toev.eind v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
c4 k 433	VIo	75	125	35	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	35		5.0		4	20	180			692			4.4	
2	2ACg	35	45		3.0		5	20	160			340				
3	3Cg	45	65		30	DK	8			1	5	110				
4	4Cg	65	75		5.0		15			1	5	340			4.7	
5	5Ce	75	125		2.0			13	450			340			5.0	iets gelaagd
6	5Cr	125	165		1.0			6	450			340				+grind

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring	
57B	5	9	03-99	MAA						

STANDAARDPUNTENCODE tv subgr cijf k toev.eind v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
c4 i 513	IIIb	35	85	35	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	35		6.0		5	23	230			692			4.7	
2	2ACe	35	45		3.0		15			1	5	340			5.8	meerbodemachtig
3	3Ce	45	55					20	140			340				
4	4Cer	55	150					11	800			332			6.4	mfz laagjes

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	5	10	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	2q	512				VIo	80	150	45	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	30		5.5		17	220	692						4.1	
2	1A/Bh	30	45		3.0		13	230	332							
3	1BCe	45	160				4	600	332						4.2	

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	5	11	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	1t	z8				Vbo	30	130	70	BL		

BIJZONDERHEDEN: diep 30 100 ondiep 26 330

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Aa	0	25				5	23	170			692			4.0	
2	2C	25	80		80	DZ	8					110			4.5	zeggeveen
3	3Ce	80	150				4	800	332						4.8	340 verspoeld

Top-krtnr	Raai nr	Bor. nr	Datum	Opst.	X	Y	Vlaknr	Hoogte	Kroon boring
57B	5	12	03-99	MAA					

STANDAARDPUNTENCODE tv	subgr	cijf	k	toev.eind	v	Gt	GHG	GLG	Bew. diepte	Bod. gebr	A	B
	2r	512			F	VIIo	95	150	85	GR		

BIJZONDERHEDEN:

Lg nr	Horizont code	Diepte begin	eind	M	Org.st. %	vs	Textuur <2	50	M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1A/Bh/C	0	85		4.0		14	230	332							
2	1Bh	85	95		1.5		4	450	332							
3	1Cg	95	150				4	450	332							

krtnr	nr	nr							boring	
57B	5	13	04-99	MAA						
STANDAARDPUNTENCODE					Gt	GHG	GLG	Bew.	Bod.	A	B
1h	z8				IIa	10	70	30	BL		

BIJZONDERHEDEN:

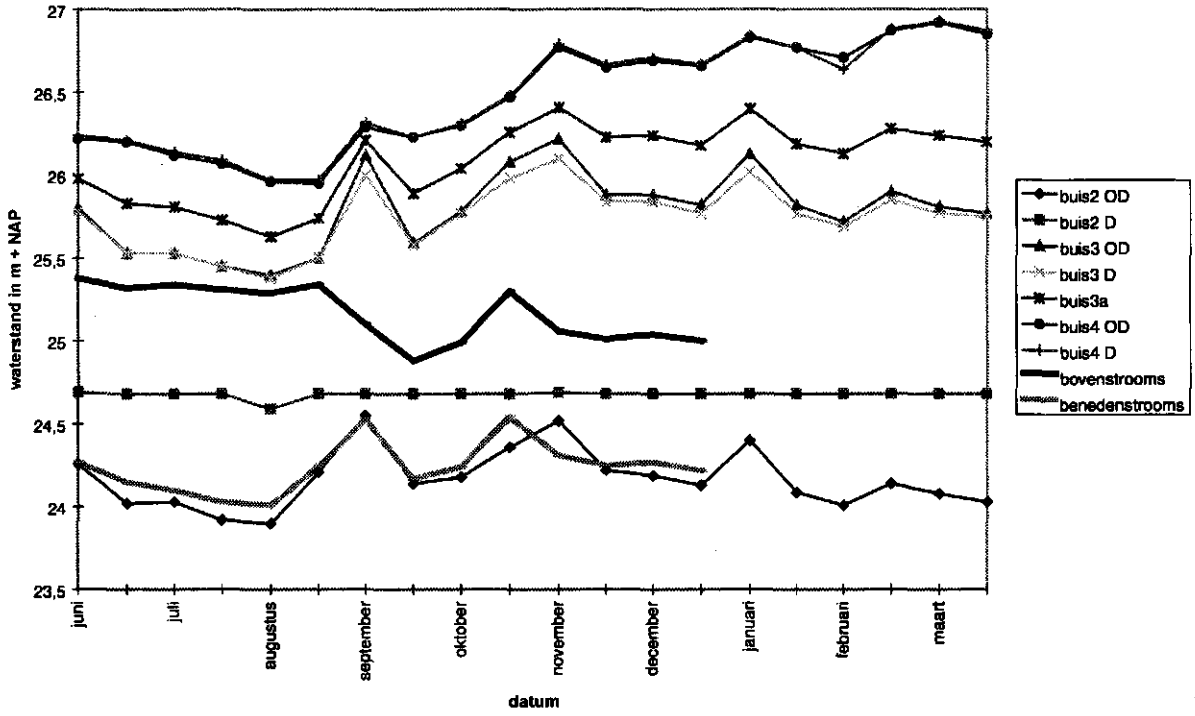
Lg nr	Horizont code	Diepte begin	Diepte eind	M	Org.st. %	Org.st. vs	Textuur <2	Textuur 50	Textuur M50	K	R	Geo frm	K vrz	C	D	Opmerkingen
1	1Ahg	0	30		30	D						110				veraard
2	2C	30	75		80	RC						140				
3	3Cr1	75	100				12		160			340				
4	3Cr2	100	120				3		1200			340				grofgrind
5	4Cr	120	125				10	23		1	5	340				z. beekleem
6	5Cr	125	180				3		1200			340				grofgrind 334

Bijlage 3 Analyse van de waterstanden in de Keersop en de grondwaterstand nabij Westerhoven/Bergeijk

Wilco de Vos, Gerrit Schouten
DLG-Tilburg, 7 juni 1999

Aanleiding
Om te onderzoeken in hoe verre er een relatie is tussen de gemeten stijghoogte en het bovenstroomse waterpeil zijn diverse gegevens van de afgelopen meetperiode in 1998 met elkaar vergeleken.

Resultaten
In onderstaande grafiek zijn de meetgegevens weergegeven van de buizen en stuw ter hoogte van Westerhoven. Metingen van het waterpeil in 1999 zijn niet opgevraagd, maar vormden ook geen kennislacune om conclusies te kunnen onderbouwen.



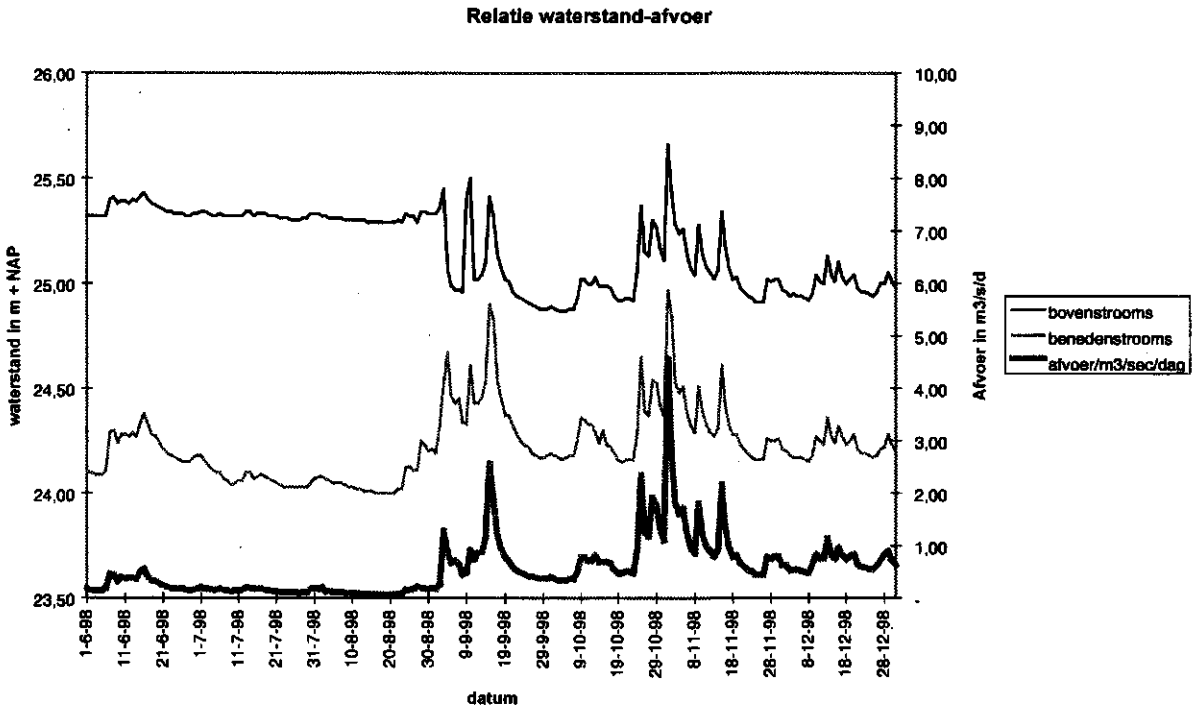
De stijghoogte in buis *2 diep* komt boven de grondwaterstand uit in buis *2 ondiep*. De variatie in grondwaterpeil bedraagt een halve meter tot een meter in de buizen *3, 4 en 2 ondiep*. De stijghoogte in buis *2 diep* is echter vrijwel constant. Dit constante peil is echter schijn. Vanwege een te korte stijgbuis stroomt het water, als gevolg van overdruk over de rand van de stijgbuis.

Alle filters, op het filter in buis 2 diep na, kennen een soortgelijk grondwater/stijghoogte verloop. De pieken en dalen komen met elkaar overeen.

Het stijghoogteverloop van peilbuis *2 diep* heeft één punt gemeenschappelijk met de overige buizen. In augustus kent het stijghoogteverloop in alle buizen een minimum. Deze dip is ook waarneembaar in het stijghoogteverloop van buis 2 diep.

In de grafiek staan tevens de waterhoogten vermeld boven en beneden de stuw. De bovenstroomse waterstand vertoont in september een sterke daling, die niet voorkomt in de benedenstroomse waterstand. Benedenstrooms neemt de waterstand juist toe. Daar waar de waterstand bovenstrooms gemiddeld zichtbaar lager blijft na september, daar blijft de waterstand benedenstrooms gemiddeld zichtbaar hoger. Dit is te wijten aan een verlaging van de klepstand van de stuw.

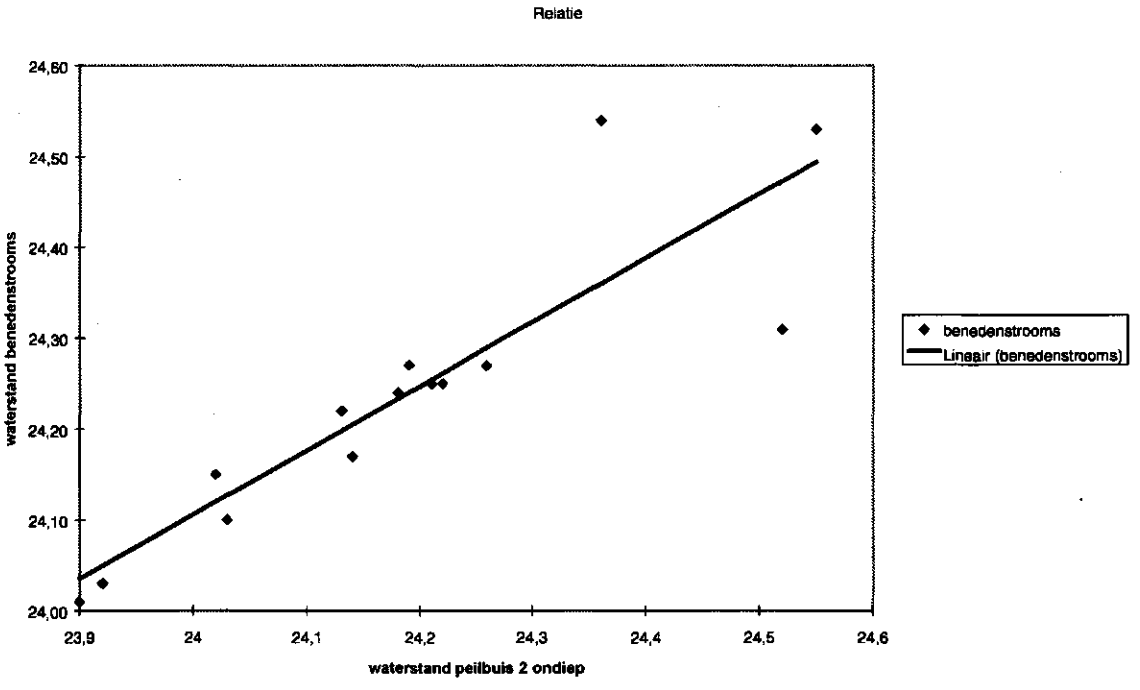
De waterstanden boven en benedenstrooms lijken een relatie te hebben met de grondwaterstanden maar er bestaat geen eenduidig lineair verband. Dit heeft te maken met de vertraagde reactie van het grondwater op de neerslag. De waterhoogten in de Keersop reageren veel sneller op neerslag. De afvoerpiek is meestal al enige tijd voorbij op het moment dat het grondwater begint te stijgen. In onderstaande grafiek staan de daggemiddelde waarden weergegeven van de afvoer en de waterhoogten nabij de stuw.



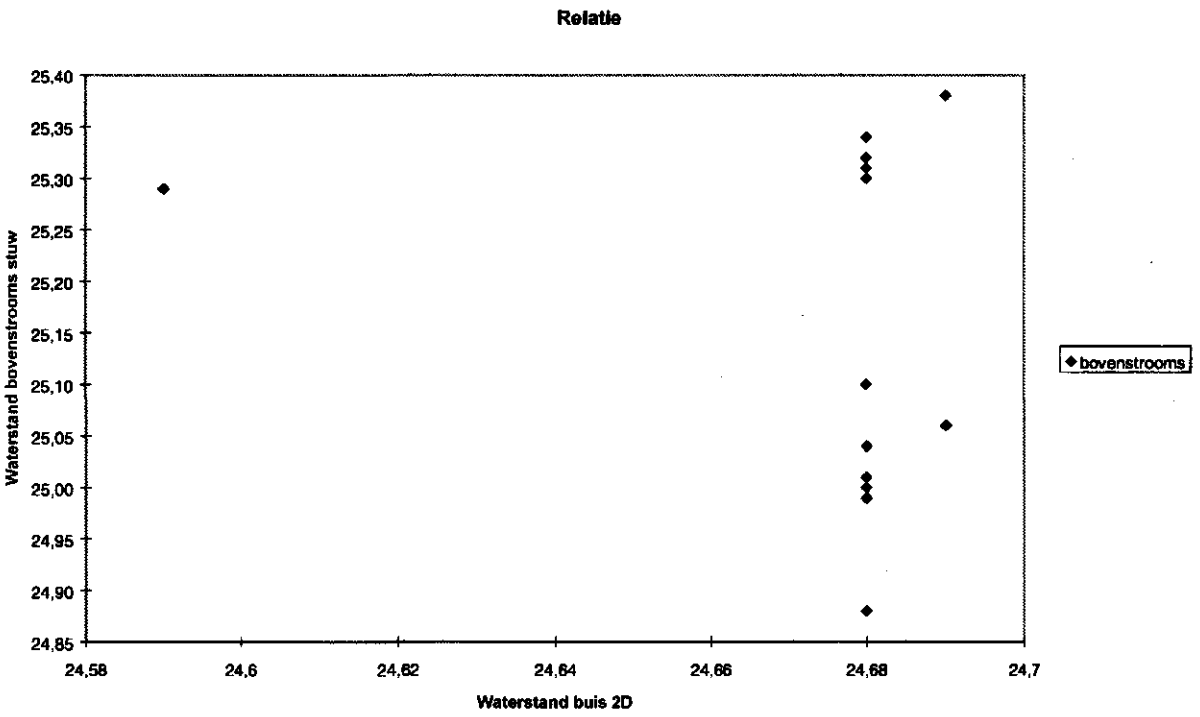
De relatie tussen het peil in de watergang en de afvoer is duidelijk. In september treed een piek op in de boven- en in mindere mate in de benedenstroomse waterhoogte, die zich in de afvoergrafiek laat vertalen als een zeer bescheiden piek. Dit kan te wijten zijn aan de verandering van de klepstand.

Relaties buis 2 en stuw
Eerst wordt gekeken naar de relatie tussen de grondwaterstand en het peil in de Keersop. Om deze relatie te kunnen aantonen zijn de grondwaterstand van buis 2 ondiep en de waterstand benedenstrooms van de stuw tegen elkaar uitgezet.

Bij lagere afvoeren lijkt er een vrijwel lineaire relatie te bestaan tussen de grondwaterstand en waterstand benedenstrooms van de stuw in de Keersop. Bij hogere afvoeren verdwijnt deze relatie, als gevolg van afvoergolven die zich niet direct vertalen in een verhoogde grondwaterstand.



De relatie tussen de waterstand in de Keersop bovenstrooms en de stijghoogte in buis 2 diep is in onderstaande grafiek gevisualiseerd.

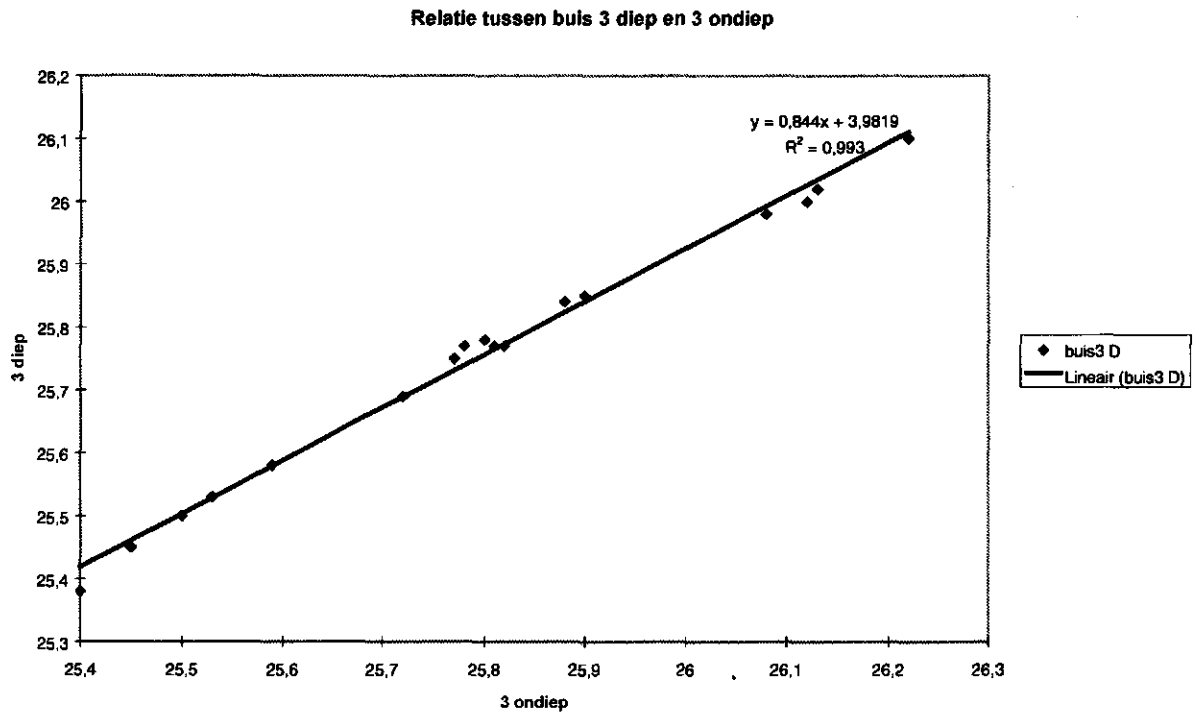


De stijghoogte in buis 2 blijft vrijwel het gehele jaar constant, d.w.z. zakt vrijwel niet beneden een peil van 24,68 m + NAP. Hogere stijghoogten worden niet gemeten aangezien de bovenkant van de buis 24,68 m + NAP is.

Een drietal waarden wijkt af van het vrijwel constante peil (24,68 m + NAP). Dit betreft de periode augustus 1998. Het waterpeil bovenstrooms de stuw is dan relatief hoog, de grondwaterstand in de buizen op lokaties 3 en 4 zijn dan het laagst (in 1998).

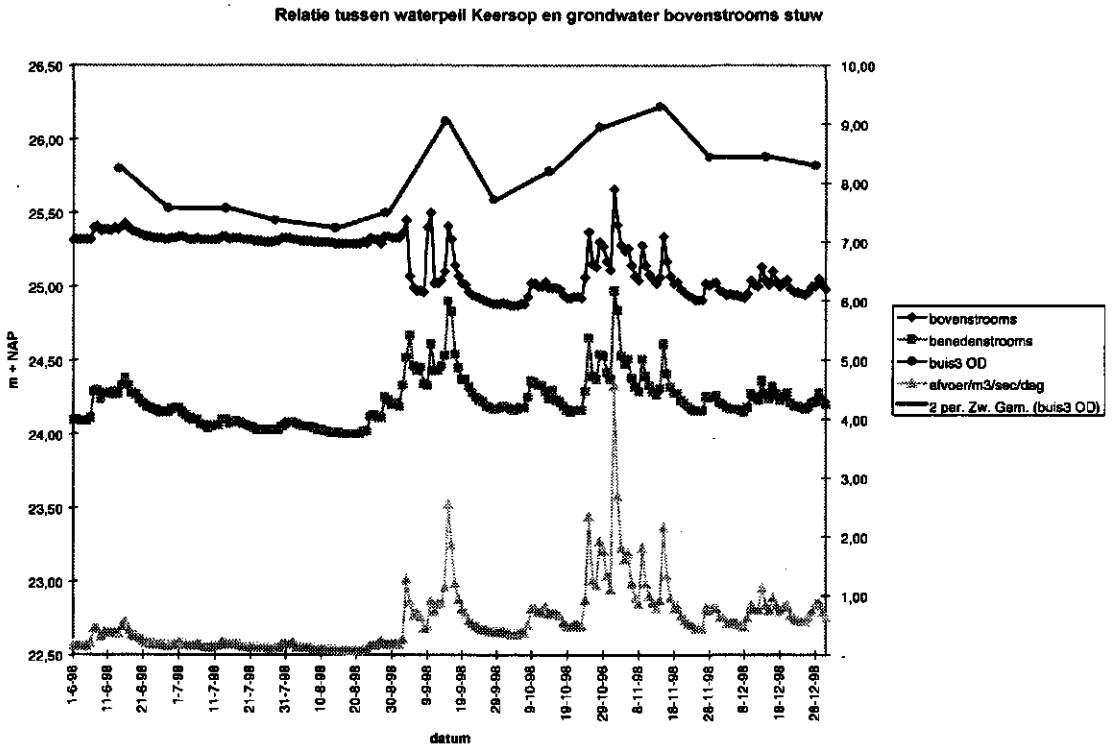
Een zelfde beeld doet zich voor bij de relatie tussen de stijghoogte in buis 2 diep en de waterstand benedenstrooms van de stuw en de relatie tussen de stijghoogte in buis 2 diep en de waterstanden/stijghoogten in de overige peilbuizen in het gebied.

Relaties bovenstroomse buizen
Er is wel een duidelijke relatie tussen de diepe en ondiepe filters in de buizen bovenstrooms van de stuw. Voor de visualisatie van deze, vrijwel lineaire relatie is gekozen voor buis 3, het ondiepe en diepe filter. Voor buis 4 geldt eenzelfde relatie.



Benedenstrooms van de stuw is deze relatie tussen diep en ondiep filter niet aantoonbaar als gevolg van de te korte stijgbuis van peilbuis 2 diep.

In de volgende grafiek zijn de veertiendaagse grondwaterwaarnemingen en de gemiddelde dagwaarnemingen van afvoer en waterpeil in de Keersop bij elkaar gezet. De 14-daagse grondwaterwaarnemingen volgen in grote lijnen het verloop van de andere drie lijnen. Er is een vertraagde reactie waarneembaar van de grondwaterstand op de afvoer (=reactie op neerslag). Hoe groot deze vertraging is valt niet precies te zeggen aangezien de grondwaterstanden slechts 1 keer per veertien dagen worden gemeten.



De relatie is er dus wel, tussen afvoer/waterpeil Keersop en de grondwaterstand. Er zijn echter meer waarnemingen nodig om de relatie in getallen te kunnen uitdrukken.

Conclusies:
Bovenstrooms van de stuw bestaat er een relatie tussen afvoer/waterhoogte Keersop en de grondwaterstand/stijghoogte in de peilbuizen. De relatie is echter niet een duidig lineair a.g.v. de vertraagde reactie van het grondwater op de neerslag en het veranderen van de klepstand van de stuw.

Benedenstrooms kan er alleen een relatie aangetoond worden tussen de waterstand in de Keersop en de grondwaterstand in het ondiepe filter van buis 2. Er is geen verband tussen bovenstrooms waterpeil en stijghoogte in buis 2. In de periode met laagste stijghoogte is het waterpeil relatief hoog geweest.

Omdat buis 2 diep vrijwel constant overloopt en het minimum in de stijghoogtegrafiek precies overeenkomt met het minimum in de lijnen van buizen 3 en 4, kan er een verband bestaan tussen de hoge grondwaterstanden bovenstrooms van de stuw en de constante hoge kweldruk in het diepe filter van buis 2. Waarschijnlijk door de stroming van het grondwater (drukverschil bijna 2 meter) richting buis 2 ontstaat er onder de afsluitende laag boven het diepe filter van buis 2 een kweldruk die vrijwel constant boven het maaiveld (24,68 m + NAP) ligt.

Bijlage 4 Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

In september 1998 en maart 1999 is het grondwater, de Keersop en de Beekloop in het onderzoeksgebied door de DLG bemonsterd. In vers bemonsterd grondwater kan CO_2 eenvoudig ontwijken waardoor het bicarbonaatevenwicht en de pH verschuiven, maar de afwijkingen in de ionenbalans waren gering, meestal minder dan 10 %.

Bij de bespreking van de resultaten wordt voor de meetplekken de coderingen gebruikt die in figuur 1 zijn opgenomen. Het water uit een beregeningsput is afkomstig van een diepte van 18 m, van monsterpunt 9 van 16 m en van monsterpunt 10 van 10 m. Van de overige monsterpunten wordt met 'diep' grondwater het water aangeduid dat afkomstig is van een diepte van 4.5-5.0 m en met 'ondiep' water van 1.0-2.0 m diepte. Het diepe, en in de meeste gevallen ook het ondiepe grondwater, is afkomstig uit de grofzandige en kalkarme Formatie van Sterksel. In de Centrale Slenk kan de calciumconcentratie van het grondwater in deze Formatie onder natuurlijke omstandigheden waarden bereiken van 10 – 15 mg/l (van Ek et al., 1997). Het onderzoeksgebied ligt weliswaar op het Kempisch plateau, maar ook daar lijkt een dergelijke calciumconcentratie representatief voor onbeïnvloed grondwater. Bij monsterpunt 1 heeft het diepe grondwater een laag EGV en zijn calciumconcentraties gemeten van 11 en 12 mg/l. De gemiddelde samenstelling van dit water is als referentie voor locaal kwelwater gekozen (zie tabel 2 hoofdtekst).

Voor de typering van het grondwater is het programma MAIONF (van Wirdum, 1990) gebruikt, dat op grond van de macro-ionensamenstelling de overeenkomst met referentiewatertypen berekent. Naast locaal kwelwater zijn regenwater en verontreinigd lithoclien water als referentiewatertypen gekozen (tabel 2). Watermonsters met afwijkingen ten opzichte van de referenties van het regenwater of het lokale kwelwater en met een grotere overeenkomst met verontreinigd water worden verder aangeduid als verontreinigd of beïnvloed water.

Monsterpunt 1 ligt het meest stroomafwaarts langs de beek in een kwelzone. De verschillen in samenstelling tussen zowel ondiep en diep grondwater en tussen september '98 en maart '99 zijn overeenkomstig de verwachting voor een kwelsituatie klein. De concentraties nutriënten zijn laag en ook de macro-ionensamenstelling duidt niet op sterke verontreinigingen. Alleen in maart is in het ondiepe grondwater nitraat aangetroffen (1.6 mg N/l).

Monsterpunt 2 ligt verder stroomopwaarts dicht langs de beek. Nitraat en ammonium zijn nauwelijks aanwezig. Daarom is het opvallend dat in het diepe grondwater in maart '99 de hoogste fosfaatconcentratie (1 mg P/l) is aangetroffen. De herkomst daarvan is niet duidelijk. Opvallend is ook dat in het diepe grondwater de concentratie bicarbonaat veel lager is dan in het ondiepe grondwater. Dat geldt in mindere mate ook voor natrium en in maart voor calcium. Voor sulfaat en ijzer geldt het omgekeerde, daarvan zijn de concentraties in het diepe grondwater hoger dan in het ondiepe grondwater. Op grond van het stijghoogteverschil tussen diep en ondiep grondwater treedt hier kwel op. De samenstelling van het ondiepe grondwater wordt

waarschijnlijk niet alleen beïnvloed door kwel maar ook door inundaties vanuit de Keersop. Het water in de Keersop bestaat evenals dat in de Beekloop gedeeltelijk uit Maaswater.

Monsterpunt 3 ligt verder stroomopwaarts dicht langs de beek. In het diepe grondwater is het opvallend dat er wel ammonium maar geen nitraat voorkomt. Fosfaat komt in het ondiepe en het diepe grondwater voor. In het diepe grondwater zijn de concentraties sulfaat, calcium en ijzer bijzonder hoog. Dit doet vermoeden dat hier sprake is van oxidatie van pyriet[6]. Gezien de diepte van het bemonsterde water (4,5 m) is het onwaarschijnlijk dat ontwatering daar de oorzaak van is. Nitraat kan ook als oxidator dienen, waarmee het voorkomen van ammonium en de hoge ijzerconcentratie kan worden verklaard. Het nitraat is waarschijnlijk afkomstig van het gebied ten noorden van de Keersop (monsterpunt 4). In het ondiepe grondwater (weliswaar met het filter onder de veenlaag) zijn de concentraties natrium, chloride en sulfaat laag, alleen kalium is aan de hoge kant. Uit de macro-ionensamenstelling kan worden afgeleid dat het ondiepe grondwater in maart '98 nauwelijks verontreinigd is. In september '98 vertoonde het overeenkomst met beïnvloed kwelwater.

Bij monsterpunt 3 is in maart '99 ook het topsysteem bemonsterd (3 toplaag). Het grondwater heeft hoge concentraties bicarbonaat en kalium en vertoont daarmee overeenkomst met het ondiepe, beïnvloede kwelwatertype op deze plek.

Monsterpunt 4 ligt op de flank van het beekdal. Hier is het ondiepe grondwater alleen in maart '99 bemonsterd. De concentraties nitraat, ammonium en de macro-ionensamenstelling indiceren een zeer sterke verontreiniging. Ook de concentratie van het zware metaal zink is hier bijzonder hoog (14 mg/l). De hoge calciumconcentraties in dit intrekgebied zijn ook aan antropogene invloeden toe te schrijven. Desondanks is het water met een pH van rond de 5 relatief zuur. Het monsterpunt ligt aan de rand van een bosje naast een bouwland. Langs bosranden is de depositie relatief hoog (Draaiers, 1993).

Monsterpunt 5 ligt verder stroomopwaarts, dicht langs de beek. Alleen het diepe grondwater is bemonsterd. Hoewel de concentraties nutriënten over het algemeen laag zijn, duidt de hoge kaliumconcentratie toch op landbouwkundige invloeden. Het grondwater is op grond van een onnatuurlijke macro-ionensamenstelling als verontreinigd te karakteriseren. In september '98 waren de concentraties van alle macro-ionen (veel) hoger dan in maart '99. Gezien de bemonsteringsdiepte (4,5 m) is dat opvallend. Afhankelijk van het neerslagoverschot en het poriënvolume duurt het in een infiltratieprofiel meer dan een jaar voordat neerslag op deze diepte aankomt. Naar verwachting zou het grondwater dan door 'demping' een meer gemiddelde samenstelling hebben.

---

[6] Pyriet kan ondiep in beekdalen ontstaan door een sterke aanrijking met ijzerrijk water. Door het toetreden van een oxidator, bijvoorbeeld nitraat door bemesting of zuurstof door ontwatering, oxideert het pyriet. IJzer slaat onder bepaalde omstandigheden neer als ijzeroxide of ijzerhydroxide en de zwavel komt als sulfaat in oplossing. Verzuring treedt niet op door een overmaat aan koolzuur en bicarbonaat. Er komt calcium in oplossing door verwering van eventueel aanwezig calciet en uitwisseling aan het adsorptiecomplex met waterstof.

Monsterpunt 5a ligt tussen de punten 3 en 4. Het grondwater is sterk verontreinigd. In september '98 en maart'99 is in het ondiepe grondwater respectievelijk 29 en 41 mgN/l nitraat aangetroffen en in september '98 in het diepe grondwater zelfs 77 mgN/l. In maart '99 was er echter geen nitraat meer in het diepe grondwater aanwezig, maar het lijkt onwaarschijnlijk dat die omslag (volledig) aan denitrificatie of nitraatreductie[7] toegeschreven kan worden. Opvallend is ook dat de gemeten waarden in september '98 en maart '99 in het ondiepe grondwater hoge concentraties bicarbonaat en relatief lage concentraties calcium laten zien en dat in het diepe grondwater het omgekeerde het geval is, vrijwel geen bicarbonaat en een hoge concentratie calcium.

Monsterpunt 6 ligt op de zuidflank van het beekdal. Het ondiepe grondwater is sterk verontreinigd. De kalium- en nitraatconcentratie zijn erg hoog, maar er is geen ammonium gemeten. In het diepe grondwater is geen nitraat aanwezig, maar wel ammonium, ijzer en weinig sulfaat. Dit duidt op nitraatreductie (zie [7]). Door de grote verschillen in samenstelling tussen het ondiepe en diepe grondwater lijkt er weinig verticale uitwisseling, cq. grondwaterstroming te zijn. Het diepe grondwater kan worden aangeduid als beïnvloed kwelwater, maar hoewel het ondiepe grondwater, vooral in maart '99, lage concentraties natrium, chloride en sulfaat en relatief hoge concentraties calcium en bicarbonaat heeft, vertoont het geen overeenkomst met kwelwater.

Monsterpunt 7 ligt het meest stroomopwaarts dicht langs de beek in een bosje. Het diepe grondwater vertoont overeenkomst met kwelwater. In het ondiepe grondwater is wat nitraat aangetroffen. Verder doen de extreem hoge concentraties sulfaat en calcium in het ondiepe grondwater vermoeden dat hier door ontwatering pyrietoxidatie optreedt. Er is evenwel geen ijzer gemeten. Dat zou dan als ijzerhydroxide moeten zijn neergeslagen. Een aanwezige Dotterbloem en het bodemprofiel duiden op kwel, maar tussen het ondiepe en diepe grondwater is geen stijghoogteverschil gemeten (zie 3.3). Ten opzichte van de periode waarin het pyriet is gevormd, is de grondwaterstand van een permanente plas/drassituatie zodanig gedaald, dat (periodiek) aëratie van de bovengrond optreedt.

Monsterpunt 9 ligt op de zuidflank van het beekdal langs een weg. Alleen diep grondwater is bemonsterd. Het water heeft een hoge sulfaatconcentratie. Het is betrekkelijk zuur en heeft een lage concentratie bicarbonaat.

---

[7] De kwaliteit van water verandert tijdens de grondwaterstroming als gevolg van reductieprocessen. Voor deze processen zijn organische stof en oxidatoren nodig. Organische stof kan als veen(resten) voorkomen, maar ook bij voorbeeld diffuus aan slib gebonden zijn. Als oxidator treedt zuurstof op en daarna nitraat. De concentratie van deze stoffen neemt daardoor sterk af. Nitraat kan denitrificeren tot stikstofgas (N_2 of N_2O) of reduceren tot ammoniak. Vervolgens worden in het reductieproces mangaan en ijzer mobiel (Mn (IV) naar Mn (II) en Fe(III) naar Fe(II)), waardoor de concentraties mangaan en ijzer toenemen. Uiteindelijk kan ook sulfaat reduceren tot sulfide en tot slot kooldioxide tot methaan.
Door de mineralisatie van de organische stof komt gebonden ammonium en fosfaat vrij en wordt kooldioxide gevormd waaruit bicarbonaat wordt geproduceerd. Kooldioxide lost ook calciet (kalk) op. Dat heeft weer een toename van de calcium- en bicarbonaatconcentratie tot gevolg. Het netto resultaat van alle reacties tezamen is een geringe H^+ consumptie waardoor de pH iets hoger wordt.

Monsterpunt 10 ligt evenals monsterpunt 9 op de zuidflank van het beekdal langs een weg. Het diepe grondwater is in meerdere opzichten vergelijkbaar met dat bij punt 9. Alleen zijn de concentraties sulfaat wat lager en bicarbonaat wat hoger waardoor het meer overeenkomst met kwelwater vertoont.

Oppervlaktewater is in september '99 bemonsterd, en wel bij de Beekloop (beek) en in de Keersop bij de stuw en bij de molen die benedenstrooms buiten het gebied ligt. Niet bekend is hoe groot de invloed van Maaswater is. Op grond van de concentraties kalium kan geconcludeerd worden dat het water op de 3 plekken verontreinigd is. De concentraties natrium, calcium, magnesium en chloride verschillen weinig. Het water in de Beekloop heeft de laagste sulfaatconcentratie (63 mg/l), maar de hoogste concentratie bicarbonaat (120 mg/l).

Op alle drie de plekken bevat het water nitraat, bij de stuw met 9.6 mg N/l het meest. De concentraties sluiten aan bij het verloop van de som van nitraat-, nitriet- en ammoniumstikstof dat uit de periode februari 1997 – december 1998 bekend is. Toen is de hoogste waarde gemeten in november '98 bij de stuw (13 mg N/l.). In de Beekloop bedroeg de hoogst gemeten waarde 5 mg N/l. In de zomerperioden blijkt de stikstofvracht het laagst en tevens betrekkelijk stabiel, met in de Keersop waarden van 4–5 mg N/l en in de Beekloop van 2-3 mg N/l.

In maart '99 is een aantal aanvullende bemonsteringen uitgevoerd:

Monsterpunt 11 ligt ten zuidwesten van monsterpunt 2. Hier is het ondiepe grondwater boven het veen bemonsterd. De samenstelling wijkt af van het diepere grondwater. Het vertoont overeenkomsten met dat bij monsterpunt 7; extreem hoge concentraties sulfaat en calcium, maar nauwelijks ijzer. De oorzaak zou ook hier de oxidatie van pyriet door locale ontwatering kunnen zijn.

Monsterpunt 12 ligt iets ten zuidoosten van monsterpunt 9. Het heeft tamelijk hoge concentraties nitraat en kalium en vertoont overeenkomsten met beïnvloed kwelwater.

Monsterpunt 13 ligt ten oosten van monsterpunt 12. In het ondiepe grondwater is enig ammonium en fosfaat aanwezig. Verder is de kaliumconcentratie erg hoog. De concentraties van de meeste andere macro-ionen zijn opvallend laag. In het diepe grondwater zijn de concentraties sulfaat en chloride aanzienlijk hoger, maar is de concentratie bicarbonaat wel laag.

Beregeningsput ligt bij monsterpunt 1. Het bemonsterde grondwater dat afkomstig is van een diepte van 15 m is tamelijk zuur. Gezien de relatief hoge concentraties chloride (44 mg/l) en sulfaat (54 mg/l) lijkt dit water antropogeen te zijn beïnvloed.

Monsterpunt B22 heeft betrekking op ondiep grondwater in een boorgat. In het grondwater is wat nitraat aangetroffen.

Bijlage 5 Grondwatertrappen

Grondwatertrap	GHG	GLG
I	-	<50
Ia	<25	<50
Ic	>25	<50
II	-	50-80
Iia	<25	50-80
Iib	>25	50-80
Iic	>40	50-80
III	<40	80-120
IIIa	<25	80-120
IIIb	25-40	80-120
IV	>40	80-120
Ivu	40-80	80-120
Ivc	>80	80-120
V	<40	>120
Va	<25	>120
Vao	<25	120-180
Vad	<25	>180
Vb	25-40	>120
Vbo	25-40	120-180
Vbd	25-40	>180
VI	40-80	>120
Vio	40-80	120-180
Vid	40-80	>180
VII	80-140	>120
VIIo	80-140	120-180
VIId	80-140	>180
VIII	>140	(160)
VIIIo	>140	120-180
VIIId	>140	>160

Bijlage 5 Grondwatertrappen

Grondwatertrap	GHG	GLG
I	-	<50
Ia	<25	<50
Ic	>25	<50
II	-	50-80
Iia	<25	50-80
Iib	>25	50-80
Iic	>40	50-80
III	<40	80-120
IIIa	<25	80-120
IIIb	25-40	80-120
IV	>40	80-120
Ivu	40-80	80-120
Ivc	>80	80-120
V	<40	>120
Va	<25	>120
Vao	<25	120-180
Vad	<25	>180
Vb	25-40	>120
Vbo	25-40	120-180
Vbd	25-40	>180
VI	40-80	>120
Vio	40-80	120-180
Vid	40-80	>180
VII	80-140	>120
VIIo	80-140	120-180
VIId	80-140	>180
VIII	>140	(160)
VIIIo	>140	120-180
VIIId	>140	>160