ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

NOTA 1125 mei 1979

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

HYDROLOGISCH ONDERZOEK IN 4 PROEFGEBIEDJES IN MIDDEN-BRABANT

RELATIE-ONDERZOEK LANDBOUW-NATUUR

H. Thunnissen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Met dank aan:

ing. G.W. Bloemen	(ICW Wageningen)
drs. H. van Dam	(RIN Leersum)
W. Dobma	(RGD Nuenen)
dr. L.F. Ernst	(ICW Wageningen)
ing. H. Fonck	(ICW Wageningen)
C. Heynekamp	(afd. Cultuurtechniek LH)
ir. D. van Rijsbergen	(WOB 's-Hertogenbosch)
ing. J.H. Snijders	(ICW Wageningen)
ing. C.H. van Soest	(Waterschap v/d Dommel, Boxtel)
mej. G.A. Valk	(ICW Wageningen)
ir. C.G.J. van Oostrom	(ICW Wageningen)

Olga
Jelle
Paul

(Het voor u liggende verslag is het resultaat van een onderzoek in het kader van de projektstudie Landinrichting Midden-Brabant in opdracht van het ICW en tevens doctoraal-scriptie voor de afdeling Cultuurtechniek LH, Wageningen)

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

I N H O U D

	Blz.
INLEIDING	1
1. DE PROJEKTSTUDIE LANDINRICHTING MIDDEN-BRABANT	4
1.1. Inleiding	4
1.2. Opzet van het onderzoek	5
1.3. Beschrijving van het studiegebied Midden-Brabant	6
2. DE BEEMD BIJ DE HEULT (I_3)	13
2.1. Algemeen	13
2.2. Grondgebruik en bodemkundige beschrijving	13
2.3. Waterhuishouding	14
2.4. Eutrofiëring	15
2.5. Grondwaterstroming	16
2.6. Waterkwaliteit	20
2.7. Conclusie	21
3. DOMMELBEEMDEN (J_4)	23
3.1. Algemeen	23
3.2. Grondgebruik en bodemkundige beschrijving van het gebied	24
3.3. Bemesting en onkruidbestrijding	25
3.4. Waterhuishouding	26
3.5. Vegetatie	27
3.6. Beheer	28
3.7. Oppervlakkige en grondwaterafstroming	29
3.8. Conclusie	33

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Blz.

4. SMALBROEKEN (I_1) 35
4.1. Algemeen 35
4.2. Gebruik en bodemkundige beschrijving 35
4.3. Waterhuishouding 36
4.4. Beerze en Beerzedal 36
4.6. Eutrofiëring en grondwaterstandsdaling 38
4.7. Mogelijke oorzaken van verlaging van het Beerzepeil en de grondwaterstanden binnen het reservaat in de laatste tientallen jaren 39
4.8. Invloed van grondwateronttrekking 41
4.9. Invloed van het Beerzepeil op de grondwaterstand binnen de Smalbroeken 42
4.10. Opstuwing 44
4.11. Invloed van de opstuwing in bovenstroomse landbouwgebieden 47
4.12. Capillaire opstijging algemeen 47
4.13. Capillaire opstijging perceel 15 50
4.14. Relatie tussen Beerzepeil en grondwaterstand in de praktijk 52
4.15. Conclusie 54

5. KLEINE OISTERWIJKSE HEIDE 57
5.1. Algemeen 57
5.2. Geschiedenis 57
5.3. Bodemkundige beschrijving 58
5.4. Waterhuishouding 59
5.5. Grondwateronttrekking 60
5.6. Invloed grondwaterstandsverlaging in de omgeving op het grondwaterpeil in het heidereservaat 60
5.7. Afvoer uit het reservaat 61
5.8. Capillaire opstijging 64
5.9. Bufferzone 66
5.10. Vochtleverantie 70
5.11. Conclusie 73

LITERATUUR 75

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

I N L E I D I N G

Het onderzoek, dat aan dit rapport ten grondslag ligt, is uitgevoerd in het kader van de 'Projektstudie Landinrichting Midden-Brabant'. Op de doelstellingen van deze studie zal in hoofdstuk 1 nader worden ingegaan.

Een onderdeel van deze projektstudie omvat de wisselwerking tussen landbouw en natuur. Bij dit relatie-onderzoek landbouw-natuur wordt onderscheid gemaakt in het samengaan van beide funkties binnen eenzelfde onderzoekseenheid (ruimtelijk samenvallend) en het ruimtelijk gescheiden zijn van deze funkties (ruimtelijk niet samenvallend).

Het onderzoek naar ruimtelijk samenvallende aktiviteiten beperkt zich tot onderzoek naar de relatie tussen landbouwkundig beheer van graslanden in een aantal proefgebieden en de floristische samenstelling van de graslandvegetatie. Van onderzoek naar ruimtelijk niet-samenvallende aktiviteiten is sprake wanneer de invloed van landbouwkundig bodemgebruik op de vegetatie van aangrenzende natuurgebieden wordt nagegaan.

Aan dit onderzoek naar de wisselwerking tussen landbouw en natuur zijn in Midden-Brabant reeds diverse studies gewijd. Een hiervan is het 'relatie-onderzoek landbouw-natuur, grensoverschrijdende effekten' door SMEETS en TEVONDEREN (mei 1978).Dat onderzoek heeft betrekking op ruimtelijk niet samenvallende funkties. De grensoverschrijdende invloeden van landbouwkundig beheer en cultuurtechnische maatregelen op de vegetaties zijn hier onderzocht in een drietal proefgebiedjes (de Beemd bij de Heult, perceel A binnen de Smalbroeken en de kleine Oisterwijkse heide, respectievelijk aangeduid met I_3, I_1 en G_1) zie fig. 1.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

De resultaten dienen dan ook met de nodige voorzichtigheid gehanteerd te worden.

Om in de beperkte tijd, die ter beschikking stond toch nog voldoende resultaten te verkrijgen is getracht het gedrag van het grondwater langs theoretische weg te benaderen. Deze theoretische benaderingen worden onderbouwd met in het veld en laboratorium verzamelde gegevens.

Zoals gezegd spitst dit onderzoek zich toe op de invloed van grondwaterstandsdaling en eutrofiëring in landbouwgebieden op aangrenzende natuurgebieden.

Verlaging van de grondwaterstand over grote oppervlakken landbouwareaal eindigt uiteraard niet exact aan de grens van natuurgebieden waar deze verlaging niet gewenst zal zijn.In de wijde omgeving zal het grondwaterpeil over een bepaalde afstand meedalen, afhankelijk van onder andere de bodemgesteldheid.

Ook de eutrofiëring van grond- en oppervlaktewater tengevolge van (a) uitspoeling van mest in het grondwater en (b) lozen van mestoverschotten door de intensieve veehouderij op het oppervlaktewater heeft gevolgen voor de vegetatie in natuurgebieden.

In het bijzonder die vegetatie, die afhankelijk is van een hoge gemiddelde grondwaterstand, c.q. een oligotroof milieu, zal het hier moeten ontgelden.

In de proefgebiedjes I_3 en J_4 is sprake van schade tengevolge van eutrofiëring vanuit aangrenzende hoger gelegen landbouwgronden, terwijl in de proefgebiedjes I_1 en G_1 vooral sprake is van schade door verdroging, als gevolg van grondwaterstandsdaling.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

1. DE PROJEKTSTUDIE LANDINRICHTING MIDDEN-BRABANT

1.1. I n l e i d i n g

In 1973 is op initiatief van het ICW een multifunctionele landinrichtingsstudie begonnen waarbij medewerking werd verkregen van een viertal andere instellingen: LEI, RIN, Stiboka en de Dorschkamp.

Een belangrijke aanleiding hiervoor was de behoefte aan integratie van kennis en de wens van een meer methodologische ontwikkeling van het onderzoek ten behoeve van de landinrichting Uit een viertal alternatieven is tenslotte Midden-Brabant als studiegebied gekozen. Het gebied heeft een veelheid van funkties en vormt in grote lijnen een samenhangend geheel. Bovendien is in het betrokken gebied de maatschappelijke urgentie van een dergelijke studie hoog te noemen.

Het studiegebied Midden-Brabant ligt binnen de stedendriehoek Den Bosch, Tilburg, Eindhoven met als centrum Boxtel. Het omvat een totale oppervlakte van 25 340 ha (zie fig. 1).

Bij het onderzoek worden de volgende aktiviteiten in beschouwing genomen: landbouw, bosbouw, natuurbehoud, landschapsbehoud, recreatie, niet-agrarisch wonen, verkeer en cultuurhistorie.

Bij de landinrichting in het algemeen geldt dat min of meer autonome ontwikkelingen en vernieuwingen in landelijke gebieden kunnen leiden tot botsing van tegenstrijdige belangen. Zo heeft de ontwikkeling van de grootschalige landbouw in de moderne tijd een proces van rationalisering in gang gezet, gekenmerkt door onder andere cultuurtechnische ingrepen als verbetering van de ontsluiting en de waterhuishouding. Dit proces wordt door velen verontrustend geacht omdat het ongewenste implicaties voor andere funkties van het landelijk gebied meebrengt met name voor natuur en landschap.

Een uiteenzetting van dezelfde strekking zou te houden zijn ten aanzien van andere aktiviteiten in het landelijk gebied. Het probleem is nu om tot een harmonisatie en afweging van de verschillende belangen te komen, zodanig dat daarbij een evenwicht ontstaat met de geldende patronen van behoeften en wensen (VAN LIER).

De hoofddoelstelling van de studie luidt: Het ontwikkelen van

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

I_3 = De Heult

I_1 = Smalbroeken

G_1 = Kleine Oisterwijkse Heide

J_4 = Dommelbeemden

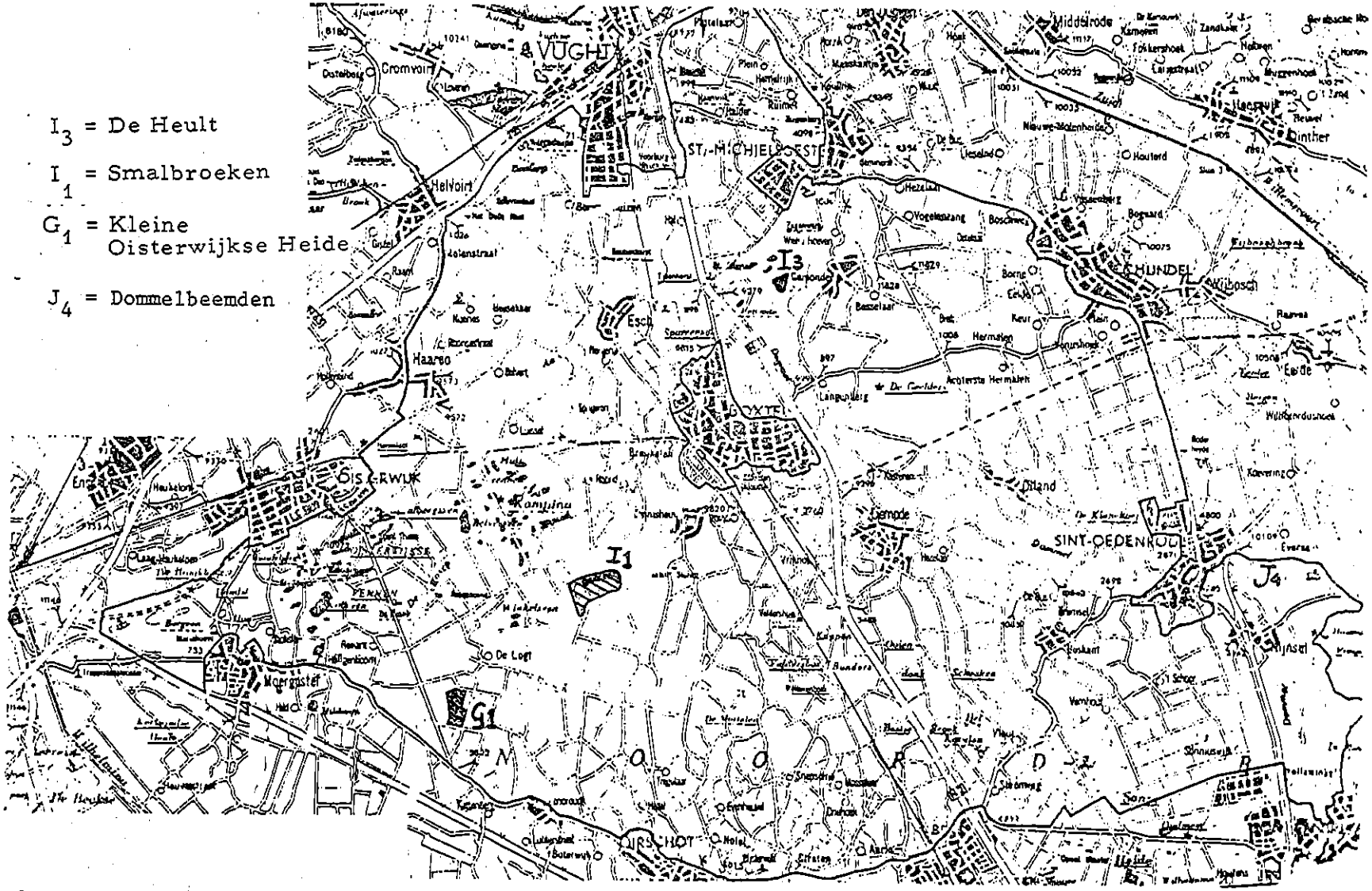


Fig. 1. Grens studiegebied en ligging van de proefgebiedjes (schaal 1:140 000)

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

een onderzoeksmethodologie op een zodanige wijze dat zo goed mogelijk informatie kan worden verschaft over de problemen en de oplossing daarvan bij de landinrichting (Deelrapport 1, blz. 2). Het doel van de studie is niet tot een concreet inrichtingsplan van het gebied Midden-Brabant te komen, maar het ontwikkelen van methoden ter(algemeen bruikbare) oplossing van vraagstukken rond de landinrichting van gebieden met een veelheid aan funkties.

1.2. Opzet van het onderzoek

Het onderzoek is te onderscheiden in een verkennings-, een onderzoeks- en een toepassingsfase.

In de verkenningsfase wordt getracht inzicht te krijgen in de problemen in het algemeen en in die van het gebied in het bijzonder.

In de onderzoeksfase wordt onderscheid gemaakt in drie vormen van onderzoek: Het vraag-, geschiktheids- en relatie-onderzoek. In het vraagonderzoek wordt op basis van een analyse van de relevante faktoren de maatschappelijke behoefte aan een aktiviteit bepaald. In het geschiktheidsonderzoek worden de meer natuurlijke geschiktheden van (onderdelen van) het gebied voor bepaalde aktiviteiten vastgesteld. In het relatie onderzoek wordt aangegeven hoe de ene aktiviteit samenhangt met de andere. Dit onderzoek geschiedtonder meer door in proefgebiedjes na te gaan hoe de verschillende aktiviteiten elkaar beïnvloeden en wat de gevolgen zijn van ingrepen ten gunste van een bepaalde aktiviteit voor die sektoren waarvoor zij niet primair bedoeld zijn.

In de toepassingsfase worden inrichtingsalternatieven opgesteld.

Het voor u liggende verslag is het resultaat van een onderzoek dat deel uitmaakt van het relatie-onderzoek landbouw-natuur. Zoals eerder opgemerkt is dit relatie-onderzoek gesplitst in (a) de situatie waarin beide funkties ruimtelijk samenvallen en (b) de situatie waarin dit niet het geval is en gesproken kan worden van grensoverschrijdende effekten. Het onderhavige onderzoek heeft betrekking op

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

ruimtelijk niet-samenvallende funkties (zie Inleiding).

Voor de verwerking van de gegevens van de Midden-Brabantstudie is gekozen voor het roostersysteem. Over het studiegebied wordt een rooster met vaste indeling (zgn. grids) geprojekteerd. Afhankelijk van de noodzakelijke c.q. gewenste mate van gedetailleerdheid van het betreffende onderzoek varieert de grofheid van het rooster. Per knooppunt wordt aangegeven wat de geschiktheid voor de aktiviteiten is. Met behulp van alle informatie opgeslagen in dit systeem, kunnen de gevolgen van de opgestelde alternatieven door de computer worden doorgerekend.

1.3. Beschrijving van het studiegebied Midden-Brabant

1.3.1. Topografie en hydrografie

Het studiegebied maakt deel uit van de 'Centrale Slenk'. Deze wordt in het noordoosten begrensd door de Peelhorst. De overgang tussen de Centrale Slenk en de Peelhorst wordt gevormd door de Peelrandbreuk. In het zuidwesten wordt de Centrale Slenk begrensd door de Feldbiss, een niet duidelijk in het veld te herkennen breuk.

Het studiegebied is als geheel vrij vlak maar helt geleidelijk af naar het noorden. De zuidelijke grens ligt op ca. 16 m + NAP en het noordelijke punt op ca. 3 m + NAP. Het gebied heeft het karakter van een verzamelbekken. Alle riviertjes stromen naar de noordelijke punt. De sterk meanderende rivier de Dommel maakt een diepe insnijding in het gebied. De Dommel vormt de hoofdafwatering. Vele kleinere riviertjes en beekjes, waaronder de Beerze, monden er in uit. De Dommel ontspringt ca. 25 km ten zuiden van de Nederlandse grens in de Donderslagse Heide op een hoogte van ca. 75 m + NAP. Op een hoogte van 32 m + NAP komt hij bij Borkel en Schaft Nederland binnen. Hemelsbreed 65 km noordelijker mondt de rivier samen met de Aa als Dieze in de Maas uit. Ten noorden van de lijn St. Oedenrode--Boxtel ligt een hoge dekzandrug, waar de Dommel niet doorheen heeft kunnen breken. Dit verklaart de bijna oost-west loop die de rivier hier neemt. Bij Boxtel buigt hij weer naar het noorden af. In de loop van de tijd zijn verschillende verbeteringswerken uitgevoerd.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

(Zo werd b.v. van 1933-1936 een grote bochtafsnijding gemaakt,het afwateringskanaal bij Boxtel). Toch heeft de Dommel zijn sterk meanderende karakter grotendeels behouden.

Onderzoek in de veertiger jaren wees uit dat destijds de Dommel weinig verontreinigd Nederland binnenkwam, maar door het afvalwater van Eindhoven sterk werd vervuild. Door de economische groei na 1945 nam deze vervuiling hand over hand toe, zodat in 1963 de hele rivier tussen Eindhoven en Den Bosch soms vrijwel anaëroob was. In 1973 werd begonnen met de eerste fase van de rioolzuiveringsinstallatie Eindhoven, waarvan in september 1977 de laatste fase in gebruik werd genomen. Intussen waren ook andere RWZI gebouwd. Hierdoor is de kwaliteit van het Dommelwater sterk verbeterd, hetgeen echter niet wil zeggen dat de Dommel ook werkelijk schoon is. Het water is sterk eutroof en dus ongeschikt voor de zeldzame hydrobiologische situaties die in oligotrofe of mesotrofe milieus worden aangetroffen. Twee van de vier proefgebiedjes (I_3 en J_4 liggen langs de Dommel)

De van nature wat hoger gelegen gronden buiten de beekdalen, die veelal in gebruik zijn als bouwland, zijn door het gedurende lange tijd opbrengen van potstalmest verder opgehoogd waardoor de hoogteverschillen nog versterkt zijn.

Het zandtransport door de wind in het Pleistoceen uit de drooggevallen dalbodems vond plaats onder invloed van overheersend zuid--westelijke winden. Het materiaal is veelal in NO-ZW lopende ruggen langs de rivierdalen afgezet. Verder van de beekdalen verwijderd vormt het dekzand een minder uitgesproken reliëf.

1.3.2. Geologische ontstaanswijze en bodemkundige en geohydrologische beschrijving van het studiegebied

In deze paragraaf zal nader worden ingegaan op de geo(hydro)logie en de bodem van het studiegebied in het algemeen en de vier proefgebiedjes in het bijzonder.

1.3.2.1. G e o l o g i s c h e o n t s t a a n s w i j z e . A l g e m e e n. De opvulling van het relatieve dalingsgebied van de Centrale Slenk komt aanvankelijk op rekening van de grote rivieren. In het Midden-Pleistoceen is in het gebied door de Maas en de Rijn een

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

dik pakket, voornamelijk grindhoudend grof zand afgezet. Het gebied van de Centrale Slenk werd vanaf het Elsterien gedurende het verdere verloop van het Pleistoceen geleidelijk opgevuld met sedimenten van lokale oorsprong. Deze opvulling hield min of meer gelijke tred met de daling van de Centrale Slenk. Aan het begin van het Holoceen, ongeveer 10 000 jaar geleden, had het gebied reeds grotendeels zijn huidige morfologie.

Een geologische indeling van het Tertiair en Kwartair en het Weichselien afzonderlijk met de daarin gevormde afzettingen zijn te vinden in de fig. 2A en 2B.

1.3.2.2. P l e i s t o c e e n . Het in het Midden-Pleistoceen door de Maas en Rijn afgezette dikke pakket, voornamelijk grindhoudend grof zand, behoort tot de formaties van Sterksel en Veghel.

De sedimenten, die het gebied van de Centrale Slenk vanaf het Elsterien geleidelijk opgevuld hebben, zijn van lokale oorsprong en kwamen merendeels tot afzetting tijdens de laatste drie glacialen: Elsterien, Saalien en Weichselien. Er worden drie soorten afzettingen onderscheiden: fluvioperiglaciale afzettingen, Brabantse leem en dekzand (formaties van Eindhoven en Twente).

De fluvioperiglaciale afzettingen bestaan uit dikke pakketten fijn zand, die waarschijnlijk in eerste instantie grotendeels eolisch afgezet zijn, maar door smeltwaterstromen zijn omgewerkt. Naast fijn zand bestaat het ook gedeeltelijk uit grof zand en zijn er klei-, leem- en veenbrokjes in aanwezig.

De zogenaamde Brabantse leem kwam tot afzetting tijdens de extreem koude pleniglaciale perioden. Slechts de toplaag kon in deze perioden ontdooien. Het fijne materiaal werd door smeltwater naar laagten in het terrein getransporteerd. De op deze wijze ontstane leemlagen hebben plaatselijk een grote uitgestrektheid en kunnen in dikte variëren van enkele decimeters tot 1,5 meter. In een deel van het studiegebied komt deze Brabantse leem op vrij geringe diepte voor. Door latere beekjes is de leemlaag plaatselijk weggeërodeerd. De Brabantse leem ontbreekt dan ook in de beekdalen van onder andere de Dommel en de Beerze.

Het dekzand werd op het einde van de ijstijden in grote delen van het gebied door de wind afgezet. Gedurende het Boven-Plenigla-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

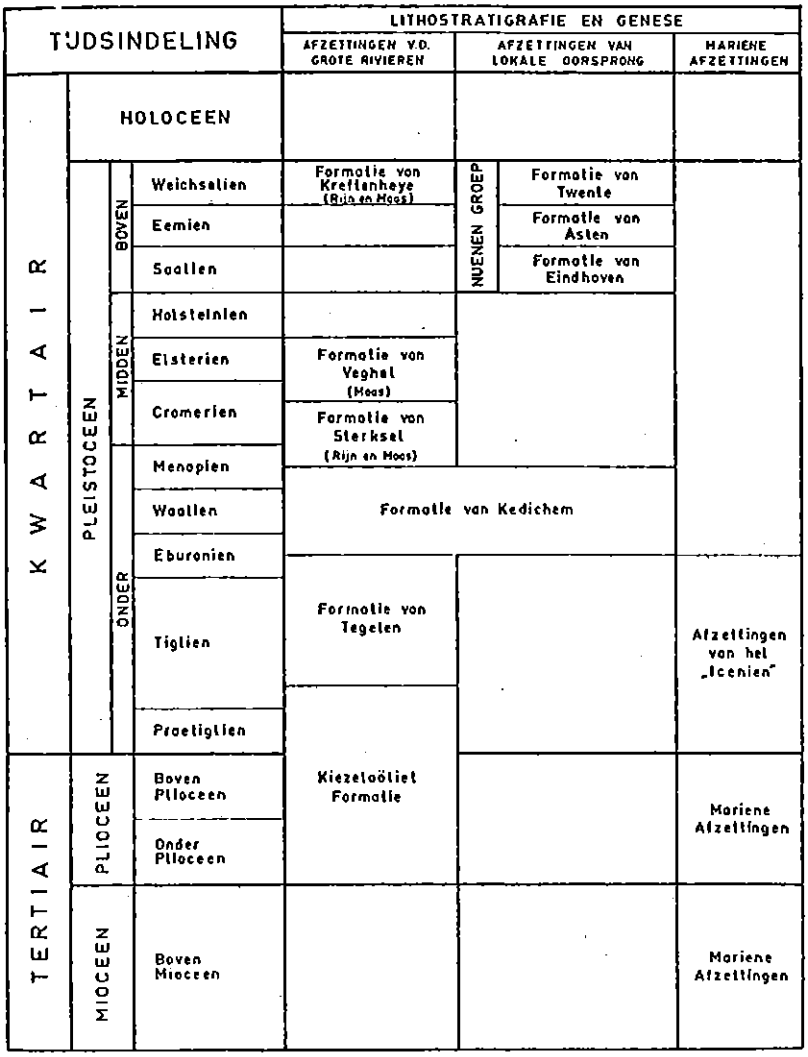


Fig2A Stratigrafische tabel naar gegevens van de Rijks Geologische Dienst (RGD. 1973)

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

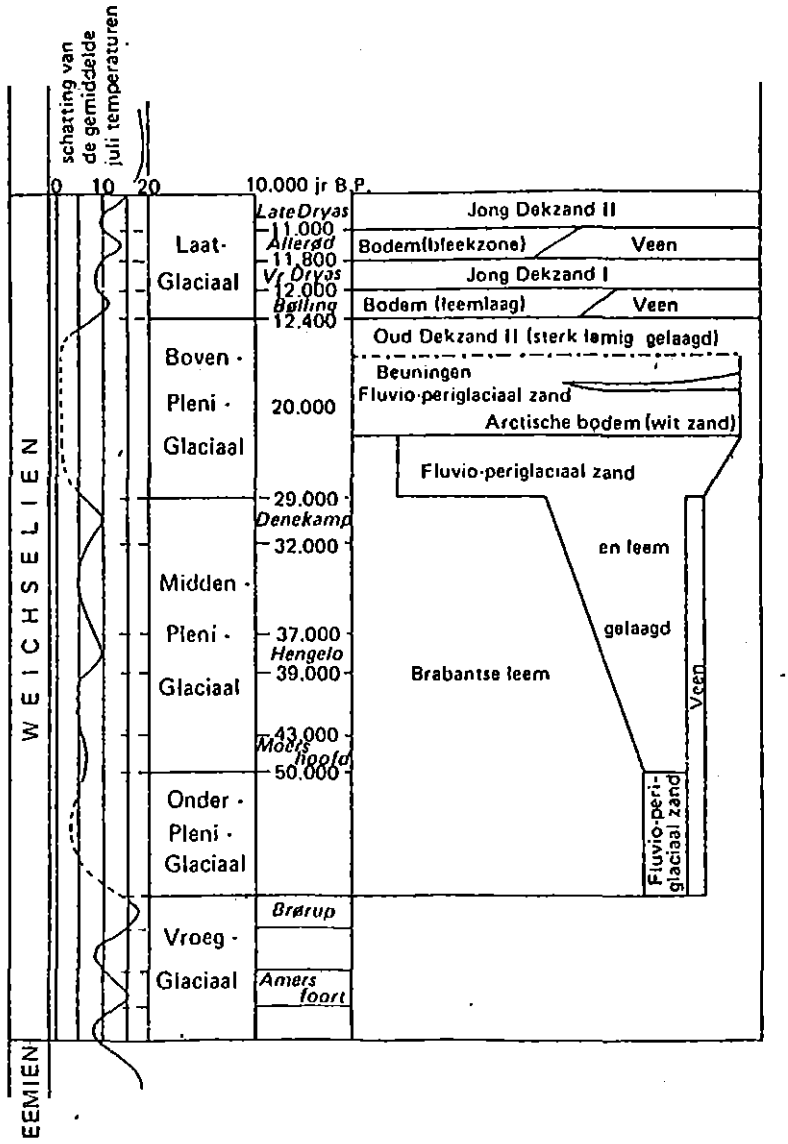


Fig. 2B. Stratigrafische tabel van het Weichselien

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

ciaal werd het zogenaamd oude dekzand afgezet. Dit oude dekzand is lemig en duidelijk gelaagd door de aanwezigheid van lemige laagjes. In het oostelijk deel van het gebied zijn deze Boven-Pleniglaciale dekzanden grotendeels verspoeld. Deze veelal vlakke verspoelde dekzanden liggen hier aan de oppervlakte.
In de hieropvolgende eveneens koude perioden werd dekzand afgezet (jong dekzand I en II); in minder koude perioden (interstadialen) trad veenvorming op (Formatie van Asten). De Formatie van Twente, Asten en Eindhoven vormen samen de zogenaamde Nuenengroep.

1.3.2.3. H o l o c e e n . Aan het begin van het Holoceen ± 10 000 jaar geleden was sprake van een klimaatsverbetering. In het holoceen werden alleen nog beekafzettingen, stuifzand, en veen gevormd.

Langs de riviertjes en beekjes werden in de beekdalen en de aangrenzende lagere gedeelten plaatselijk nog zand, leem en kleiïge lagen afgezet. Op natte plekken en op plekken met open water vormde zich veen. In de meeste vennen is veen aanwezig. Ook in vele verlaten stroomgeulen is veen gevormd (proefgebieden I_3 en J_4).

Op de armste en droogste plekken van de hoge dekzandruggen, waar de vegetatie het meest kwetsbaar was ontstonden stuifzanden. Dit is onder andere het geval in de Kampina en op sommige plaatsen langs de Dommel (proefgebied I_3).

Langs de beekdalen en buiten de beekdalen op de overgangen van de hoge naar de lage gebieden of op de middelhoge ruggen in de lage gebieden vinden we nog de zogenaamde oude bouwlanddekken. Deze zijn ontstaan door een vaak eeuwenlange bemesting met een mengsel van stalmest met heideplaggen of bosstrooisel. Afhankelijk van de aard en de hoeveelheid van de gebruikte mest en de duur van de bemesting kan het oude bouwlanddek een grote variatie in dikte vertonen. We troffen die dekken aan op onder andere veel plaatsen langs de Dommel (proefgebied I_3 en J_4).

1.3.2.4. G e o h y d r o l o g i e . We hebben gezien, dat tijdens het Holoceen lokaal stuifzanden, veen en beekafzettingen werden gevormd. Deze Holocene afzettingen vormen samen met de Nuenengroep de zogenaamde slecht doorlatende deklaag van het gebied. Onder de deklaag bevindt zich het zogenaamd eerste watervoerend pakket. Hiertoe beho-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

ren met name de Formaties van Veghel en Sterksel. Deze Formaties bestaan uit grindrijke zanden. Onder het eerste watervoerend pakket bevindt zich het tweede watervoerend pakket, van het eerste gescheiden door een tussenlaag, bestaande uit een slecht doorlatend pakket slibhoudende zanden en kleien (vnl. de vroeg Pleistocene Formaties van Kedichem en Tegelen). Het tweede watervoerend pakket bestaat hier in hoofdzaak uit de grove en matig grove zanden van respectievelijk de Formatie van Tegelen en van het Icenien (vroeg Pleistoceen). Een overzicht van de hydrogeologische opbouw van het gebied is te zien in fig. 3.

Voor het onderhavige onderzoek zijn alleen de geohydrologische eigenschappen van de deklaag en eventueel het eerste watervoerend pakket van belang.

Het isohypsen patroon van het freatisch water vertoont in de Centrale Slenk een grote mate van overeenkomst met het isohypsenbeeld van het diepe grondwater. (Gemakshalve noemen wij het grondwater in het eerste watervoerende pakket verder het diepe grondwater). De algemene stromingsrichting van het diepe grondwater en het freatisch water (van zuidoost naar noordwest) komen dan ook nagenoeg overeen. Daaruit blijkt dat er geen duidelijke hydrologische scheiding aanwezig is tussen het freatisch- en diepe grondwater.

Plaatselijk kan tengevolge van een uitgesproken topografische gesteldheid de stromingsrichting van het freatisch water wel veel afwijken van dat van het diepe grondwater. Zo blijkt duidelijk dat de matig doorlatende deklaag gedraineerd wordt door beken en rivieren (zie par. 3.7).

Gezien het, zij het geringe, verschil in het isohypsenpatroon van het freatisch water en het diepe grondwater, kan aangenomen worden, dat er een zekere weerstand tegen vertikale grondwaterstroming aanwezig is.

In het studiegebied wordt onder andere door de Waterleiding Maatschappij Oostbrabant (WOB) op grote schaal water onttrokken aan de beide watervoerende pakketten. Voor het onderhavige onderzoek is alleen de onttrekking van het pompstation Haaren van belang plus de toekomstige onttrekking van een nieuw te bouwen pompstation ten oosten van de kleine Oisterwijkse heide bij Oirschot. In de omgeving

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

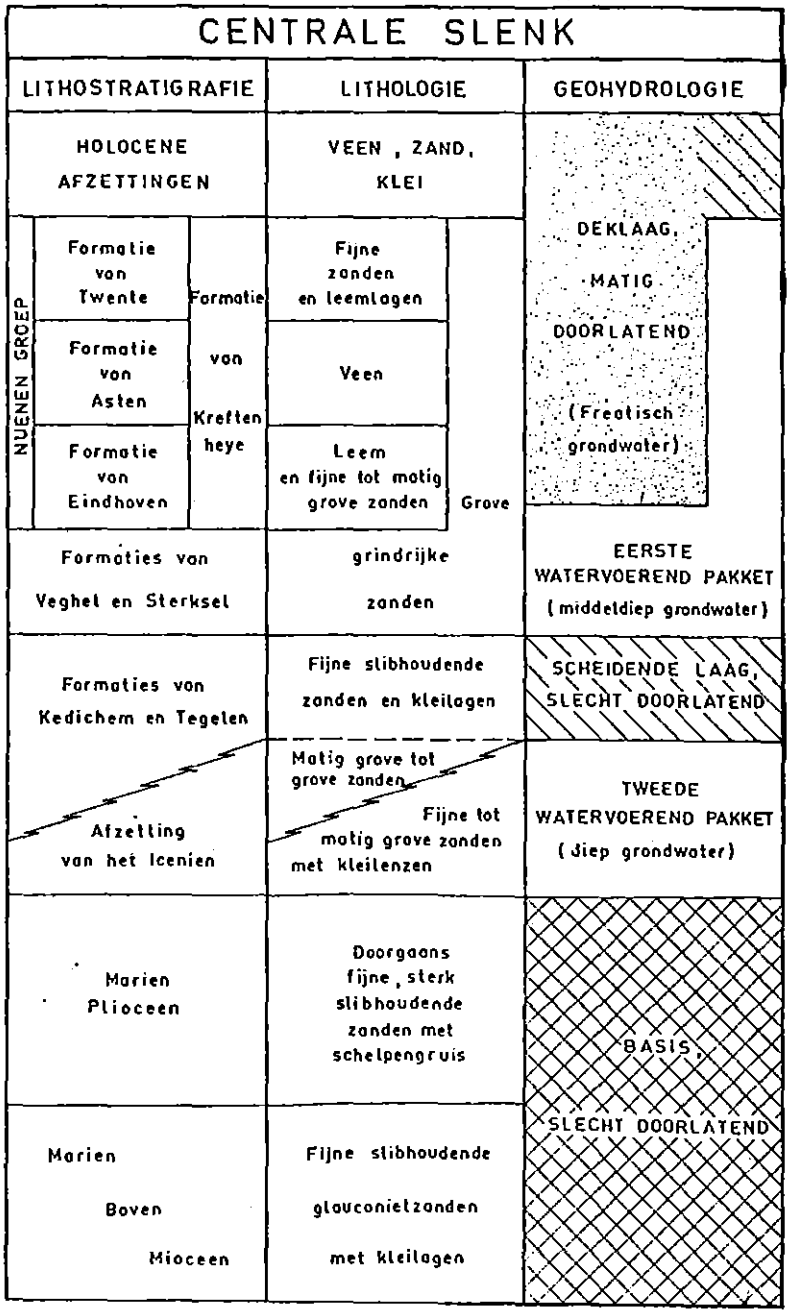


Fig. 3. Schematische indeling van de ondergrond in geohydrologische eenheden

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

van het pompstation Haaren en pompstation Oirschot bedraagt de dikte van het eerste watervoerende pakket ± 80 m, respectievelijk ± 55 m. Bij Oirschot heeft dit pakket een kD-waarde van 2500 m^2/dag. De kD--waarde van de deklaag wisselt sterk al naar gelang de dikte van de deklaag (± 25 m bij Haaren en ± 18 m bij Oirschot) en het voorkomen van leem en kleilenzen. Uit metingen is gebleken dat voor de doorlaatfactor van de deklaag(K) een waarde van 5 à 6 m/etm. aangehouden kan worden. De bovenste 5 à 10 meter deklaag bestaat uit een extra slecht doorlatend dek.

1.3.2.5. B o d e m k u n d i g e b e s c h r i j v i n g. Het studiegebied bestaat voor 98% uit zandgronden. Naast de zandgronden komt nog een geringe oppervlakte (1,8%) veengronden en moerige gronden voor.

In de proefgebiedjes zijn, wat betreft de zandgronden, voornamelijk de veldpodzol-, de beekeerd- en de enkeerdgronden van belang. De podzolgronden beslaan een oppervlakte van 8182 ha (35,2%) binnen het studiegebied. 5904 ha (25,6%) hiervan worden ingenomen door de veldpodzolgronden.De podzolgronden zijn ontstaan door uitspoeling tengevolge van overtollig regenwater en zijn dientengevolge arme gronden. De veldpodzolgronden hebben een dunne (< 30 cm) bovengrond. Deze nat ontwikkelde gronden lagen tot het eind van de vorige eeuw voornamelijk in heide. Het grootste deel is thans ontgonnen. Het zijn de zogenaamde jonge ontginningsgronden en naaldbosgebieden (kleine Oisterwijkse heide en omgeving).

De beekeerdgronden nemen een oppervlakte in van 6773 ha (29,1%) van het studiegebied. De beekeerdgronden liggen in de beekdalen en in de lage vlakke delen van het landschap. Het zijn de gebieden, die een zekere aanvoer van water hebben. Hierdoor zijn ze van nature voedselrijker dan de podzolgronden. De gronden in de beekdalen worden plaatselijk samengevat als associatie van voornamelijk beekeerdgronden, vanwege hun grote variatie in profielopbouw en textuur op korte afstand (zie proefgebied I_3).

De enkeerdgronden beslaan een oppervlakte van 6349 ha (27,3%) van het studiegebied. Ze liggen zoals we gezien hebben op de overgangen van hoge naar lage gebieden langs de beekdalen en op de hogere koppen in de vlakke lage gebieden en zijn ontstaan door eeuwenlange bemes-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

ting. Hier zijn ook de oude nederzettingen gesitueerd (b.v. het Everse bij de Dommelbeemden (proefgebied J_4) en de Heult (proefgebied I_3).

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

2. DE BEEMD BIJ DE HEULT (I_3)

2.1. Algemeen

Proefgebied I_3 is gelegen langs de Dommel tussen Boxtel en St. Michielsgestel bij de buurtschap de Heult (zie fig. 1). Het bestaat uit een strook hoge akkers en lager gelegen gronden langs de Dommel, van elkaar gescheiden door een steilrand, waarlangs een aantal imposante eiken staan. Het onderhavige gebied is eigendom van één persoon en wordt ook gepacht door één persoon.

Het gebiedje van $\pm$ 1 ha dat als object van studie fungeert en dat we voortaan met de 'beemd' aan zullen duiden, grenst direkt aan de steilrand (zie fig. 4). Het grootste deel van de beemd vormt het restant van een oude Dommelarm. In deze vroegere Dommelbocht begon, nadat de stroombedding van de Dommel zich verlegd had, een verlandingsproces, waardoor een dikke laag veen werd gevormd.

Vroeger was de beemd aanzienlijk groter, maar het zuidwestelijke deel is in het begin van de vijftiger jaren ontgonnen. Het niet ontgonnen deel van de beemd is nooit bemest geweest en na 1970 niet meer gemaaid, zodat zich een ruigte kon ontwikkelen. Voorheen werd de vegetatie elk voorjaar afgebrand. Maar sinds enkele jaren is dat niet meer toegestaan. In de meest zuidelijke hoek van de beemd is afval gedeponeerd.

2.2. Grondgebruik en bodemkundige beschrijving

Zoals in par. 2.1 gesteld is bestaat het grootste deel van de beemd,een strook direkt langs de steilrand,uit een veenpakket met dikte van meer dan 2 m. Verder van de steilrand vandaan treffen we in de beemd kleiïge, lemige en zandige rivierafzettingen aan.

De hoge akker in het noordwesten van de beemd ligt op een dekzandrug met stuifzanddek, waarop een esdek gevormd is. Het betreft hier een enkeerd grond (EZ 35). Deze dekzandrug is uitsluitend als bouwland in gebruik. In 1978 werd op het gedeelte, dat direkt aan de beemd grenst mais verbouwd. In het profiel is tot 4 m diepte geen leem aangetroffen.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Omdat op de steilrand onder het zand nog veen wordt aangetroffen is het waarschijnlijk dat door menselijk aktiviteit in de loop der jaren zand vanuit de aangrenzende hoge akker over een bepaalde afstand op het veen is gebracht, of er overheen is gestoven.

De lager gelegen graslanden(in het zuiden en oosten van het proefgebied) tussen de hoge akker en de Dommel staan op de bodemkaart aangeduid met AB 1, een associatie van tZg35 en tZg37 (beekeerdgronden) eventueel met esdek (zie ook par. 1.3.2.5). Het betreft hier een beekdalbodem met meanderruggen en geulen. De bodem van deze lage gronden bestaat voornamelijk uit, meestal leemarm, matig fijn zand. Alleen het grasland ten zuiden van de beemd, dat tot de verlande Dommelarm behoort, bevat kleiïg veen. Plaatselijk komen in het zand grindjes voor. Zware leemlagen, of andere afsluitende lagen, zijn niet aangetroffen in de bovenste 2 m. De Brabantse leem, die men in dit gebied algemeen aantreft, is in het beekdal weggeërodeerd.

Behalve de beemd zijn de lager gelegen gronden in landbouwkundig gebruik. Enkele hoger gelegen delen liggen in bouwland en de rest in grasland.

De pachter van het terrein zal, omdat hij niet wil overgaan op de binnenkorte verplichte melktank, het melkvee wegdoen en zich toe gaan leggen op jongvee en akkerbouw. Enkele hoger gelegen graslanden zullen in dat kader in bouwland worden omgezet.

Er wordt zowel drijfmest als kunstmest gegeven. De bemesting op de hoge akker bedraagt gemiddeld 332,5 kg N/ha en op de cultuurgraslanden $\pm$ 221 kg N/ha.

2.3. W a t e r h u i s h o u d i n g

In het gebied bevindt zich een aantal sloten, die tevens als perceelsscheiding dienst doen. Vele zijn ondiep en slecht onderhouden. Voor zover zij - gezien hun staat van onderhoud - nog een bijdrage aan de afvoer kunnen leveren zijn deze sloten ingetekend in fig. 4.

Het hele gebied watert af op een afgesneden Dommelarm ten noorden van het eigenlijke proefgebied (zie punt P in fig. 4). Deze afgesneden Dommelarm staat via een pomp, geplaatst tijdens de normali-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

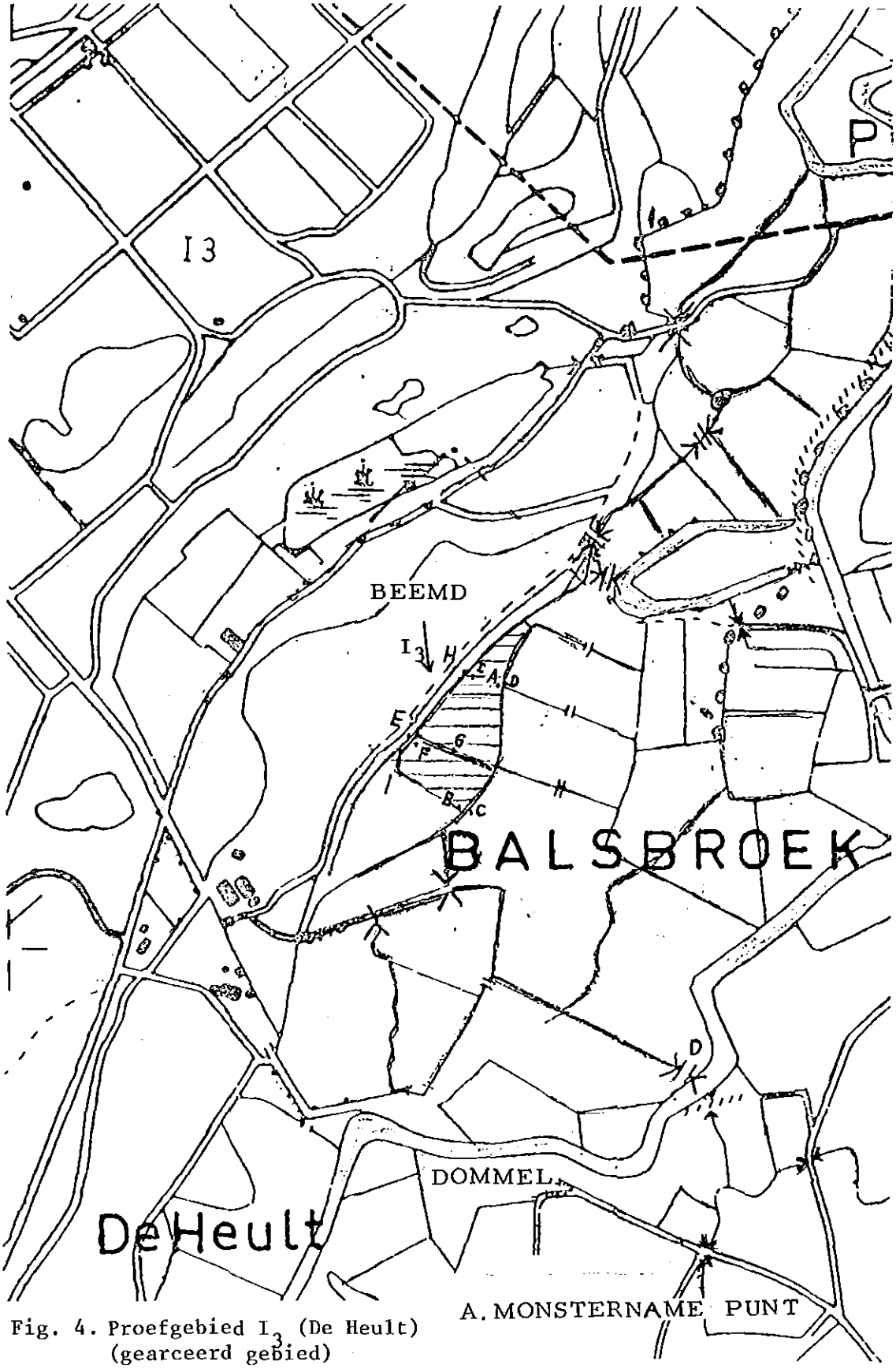


Fig. 4. Proefgebied I_3 (De Heult)
(gearceerd gebied)
schaal 1:5000

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

satie van de Dommel tussen Boxtel en St. Michielsgestel, in verbinding met de Dommel. Hoge Dommelpeilen kunnen hierdoor geen extra wateroverlast meer veroorzaken, terwijl ten alle tijde overtollig water uit het betreffende landbouwgebied automatisch in de Dommel gepompt wordt. In het zuidoostelijke deel van het proefgebied ligt een duiker naar de Dommel (punt D fig. 4). Bij lage Dommelpeilen kan ook hier water uit het gebied worden afgevoerd terwijl bij hogere Dommelpeilen deze duiker met een schuif kan worden afgesloten.

In de beemd zelf liggen drie sloten (zie fig. 4). De eerste loopt onderlangs de steilrand en vormt de westgrens van de beemd. Deze sloot bevond zich tot voor kort in zeer slechte staat van onderhoud. In verband met wateroverlast op het graslandperceel ten zuiden van de beemd is deze sloot in september 1978 flink uitgediept en opgeschoond en daarbij langs een deel van de zuidgrens van de beemd doorgetrokken. De tweede sloot staat loodrecht op de eerste en doorsnijdt de beemd van west naar oost. Tot voor kort mondde deze uit in de derde sloot, die de oostgrens van de beemd vormt. Recentelijk evenwel, is hij iets vóór dit punt afgedamd. De afvoerende funktie van de tweede sloot zal echter ook vóór de afdamming minimaal geweest zijn, tengevolge van de zeer slechte onderhoudstoestand, waarin deze verkeerde. Wel moet het mogelijk geacht worden, dat via deze sloot water met de daarin aanwezige verontreinigingen, tot midden in de beemd kan komen.

De landbouwgronden ten oosten en westen van de beemd wateren af via de oostelijk langs de beemd liggende sloot.

2.4. Eutrofiëring

Aangezien in elk jaargetijde in vrijwel het hele proefgebied het niveau van het freatisch vlak hoger ligt dan in de beemd, moet geconcludeerd worden, dat een weliswaar van intensiteit wisselende, doch voortdurende grondwaterstroming uit de hele omgeving naar de beemd plaats vindt (FONCK, 1977).

In de beemd is wat betreft de vegetatie een voedselrijkdom gradiënt aanwezig van meso- tot eutroof in de oude Dommelarm onderaan de steilrand naar relatief oligotroof in het meer oostelijk gelegen

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

deel (SMEETS en TEVONDEREN, 1978). Aangezien de eutrofie toeneemt in de richting van de steilrand ligt het voor de hand te veronderstellen dat deze met name het gevolg is van via het grondwater meegevoerde plantenvoedende stoffen afkomstig van de hoge akker

Omdat de slecht doorlatende deklaag (zie par. 1.3) hier relatief dik (30-35 m) en de afstanden kort zijn mogen we aannemen, dat de grondwaterstroming naar de beemd zich geheel binnen de deklaag afspeelt.

Uit de vergelijking van de grondwaterstanden binnen het object met het open waterpeil van de Dommel blijkt dat infiltratie vanuit de Dommel alleen mogelijk is in zeer droge zomers. De weg naar de beemd is echter lang en de tijd, waarbinnen infiltratie mogelijk is kort, zodat aangenomen kan worden, dat water uit de Dommel de beemd niet zal bereiken.

2.5. G r o n d w a t e r s t r o m i n g

Uit berekening van de afstroming uit de hoge rug blijkt, dat de voor veel situaties aangewende formule van Hooghoudt hier niet kan worden gebruikt. Dit is te wijten aan het feit dat de bestaande situatie sterk afwijkt van die, waarvoor de formule is ontwikkeld, te weten stationaire en horizontale stroming en symmetrisch waterlopenstelsel.

Daarom zal op andere wijze worden getracht over de toestroming, met name van de hoge akker enige kwantitatieve uitspraken te doen.

De relatief slecht doorlatende deklaag is te verdelen in een slecht doorlatend dek met een dikte tussen 5 en 10 m en een beter doorlatende onderlaag (K $\simeq$ 5 m/etm) (DIENST GRONDWATERVERKENNING TNO).

Van belang is te weten waar het naar de beemd toestromende grondwater naar boven komt. Voor een homogeen, horizontaal gebied met gelijkmatig slotenstelsel geldt formule (2.1) (Ernst) (zie ook fig. 5). Hoewel deze voorwaarden hier niet aanwezig zijn, kan de formule met redelijke benadering ook voor de twee onderhavige sloten worden toegepast.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

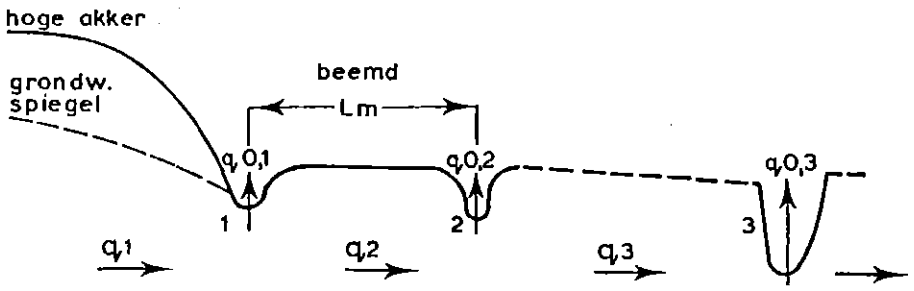


Fig. 5. Schematische dwarsdoorsnede door de beemd

$$\frac{q_{0,2}}{q_{0,1}} = \frac{q_{0,3}}{q_{0,2}} = e^{-\sqrt{\frac{L}{K_2 D_2 W_{rad}}}} \qquad (2.1)$$

L	= afstand sloten	m
K_2	= doorlatendheid goed doorlatende ondergrond	m/etm
D_2	= dikte goed doorlatende ondergrond	m
W_{rad}	= radiale weerstand	etm/m

Voor een sloot, die niet tot de goed doorlatende ondergrond reikt en waar een gering contrast in doorlatendheid aanwezig is, geldt voor W

$$K_1 W_{rad} = K_1 W' + \frac{1}{\pi} \ln \frac{\pi a}{4u} \qquad (2.2)$$

K_1	= doorlatendheid slecht doorlatende bovengrond	m/etm
u	= natte omtrek	m
$a(= D_1)$	= afstand onderkant sloot tot goed doorlatende laag	m

Voor $K_1 W'$ zijn grafieken beschikbaar (ERNST).

Indien de vertikale doorlatendheid van de slecht doorlatende bovengrond (K_v) gelijk is aan 1 m/etm en de dikte van de bovengrond 5 m bedraagt, dan vinden we met behulp van formule 2.2 voor de radiale weerstand (W_{rad}) 0,6 etm/m. Is de dikte van de bovengrond 10 m dan bedraagt de radiale weerstand 0,85 etm/m. Ernst vond voor soort-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

gelijke omstandigheden (K_{vert} = 0,1 tot 1 m/etm en K_{hor} = 1 tot 3 m/etm) in het midden van de Achterhoek waarden voor de radiale weerstand van 0,7 etm/m voor gronden met een relatief grote vertikale doorlatendheid tot 1,5 etm/m voor gronden met een kleine vertikale doorlatendheid. Een radiale weerstand van 0,7 etm/m lijkt hier aannemelijk.

Van het beter doorlatende deel van de deklaag (K ≈ 5à6 m/etm),dat hier een dikte heeft tussen 20 en 30 m, zal de kD-waarde liggen tussen 100 en 200 m^2/etm. De afstand L tussen de sloten 1 en 2 (zie fig. 5) bedraagt 75 m. Met behulp van formule 2.1 vinden we met kD = 100 m^2/etm,$q_{0,2}/q_{0,1}$ = 0,36 en met kD = 200 m^2/etm, $q_{0,2}/q_{0,1}$ = 0,48 . Dit betekent dat van het water dat van de hoge akker de beemd instroomt meer omhoog komt in de sloot onderaan de steilrand dan in de sloot langs de oostgrens van de beemd.

Bij een jaarlijks neerslagoverschot van 250 mm, zal de gemiddelde afvoer 0,7 mm/etm bedragen, q_1 (zie fig. 5) bedraagt gemiddeld $\pm$ 0,0007 x 150 = 0,1 m^2/dag (150 m is de halve breedte van de hoge rug).

We hebben bij bovenstaande berekeningen geen rekening gehouden met eventuele kwel uit diepere lagen. Vanwege verre van ideale situatie (grote hoogteverschillen binnen korte afstand, heterogene grond) en de onzekerheid van de K-waarden moeten de resultaten niet anders beschouwd dan een ruwe benadering van het stromingspatroon.

Interessant zou het zijn te weten met welke snelheid het grondwater zich beweegt. In een gemiddelde winter staat het grondwaterpeil in de hoge rug $\pm$ 70 cm hoger dan het peil in de sloot onderlangs de steilrand (FONCK). Uit fig. 6 volgt voor de stroomsnelheid ter hoogte van de steilrand de volgende betrekking

$$V_s = -\frac{k}{\varepsilon}\text{grad } h = -\frac{k}{\varepsilon}\frac{2\Delta h}{\frac{1}{2}L} = -\frac{4k\Delta h}{\varepsilon L} \qquad (2.2)$$

V_s = stroomsnelheid ter hoogte van de steilrand m/etm
Δh = opbolling grondwater m
L = breedte van de rug m
k = doorlatendheid m/etm
ε = poriëngehalte = V/V_s
V = stroomsnelheid volgens Darcy m/etm

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

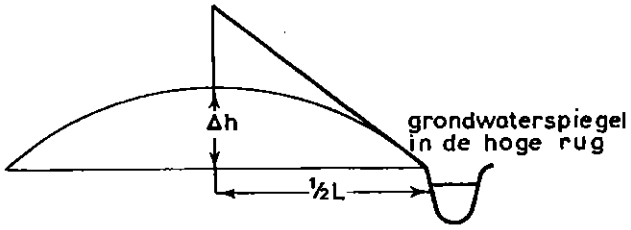


Fig. 6. Afleiding stroomsnelheid V_s ter hoogte van de steilrand

Met Δh = 0,7 m (opbolling in gemiddelde winter), k = 1,5 m/etm (hor. doorlatendheid slecht doorlatende bovenlaag bepaald m.b.v. de boorgatenmethode) en L = 300 m (breedte van de hoge rug) vinden we voor de snelheid V ter hoogte van de steilrand V = 0,014 m/etm. Bij een porositeit van 0,3 en een winterseizoen van 150 dagen betekent dit een afstand van 7 m. In de goed doorlatende onderlaag is de afstand nog veel groter. Hoewel deze snelheid alleen ter hoogte van de steilrand geldt, blijkt hier toch uit dat het grondwater, in vergelijking met de omvang van het objekt een relatief grote afstand af kan leggen. Nog sprekender is het misschien als we voor de winter de gemiddelde waarde van de gradiënt over het traject ½L (bij benadering is dit de helft van de maximale waarde) beschouwen, wat een afstand oplevert van 3,75 m.

Door het gebied tussen de beemd en de Dommel loopt globaal van zuidwest naar noordoost een hogere rug. Deze rug, die zich duidelijk manifesteert in de door FONCK (1977) getekende isohypsenkaartjes van het gebied, is evenzeer verantwoordelijk voor een (zij het geringere) grondwaterafstroming in de richting van de beemd.

Zomers zal tengevolge van de verdamping van de mais en de berging in het esdek het grondwater niet aangevuld worden (zie ook par. 3.7) en tengevolge van een kleinere opbolling zal de grondwaterafstroming aanzienlijk kleiner zijn.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

2.6. W a t e r k w a l i t e i t

Op verschillende plaatsen in de beemd zijn in zomer en najaar van 1978 aanvullende grond- en oppervlaktewatermonsters genomen. De plaatsen van monstername staan ingetekend in fig. 4. De monsters zijn geanalyseerd op chloride- en nitraatgehalte. Ook is het elektrisch geleidingsvermogen bepaald. De resultaten staan vermeld in tabel 2.1.

Tabel 2.1. Elektrisch geleidingsvermogen, nitraat- en chlorideconcentraties van watermonsters uit de beemd

Plaats	Augustus 1978			Oktober 1978		
	e.g.v. (μmho cm^{-1})	Cl (mg l^{-1})	NO_3 (mg N l^{-1})	e.g.v.	Cl	NO_3
A	520	36,6	1,66			
B	300	34,1	0,27	280	31,7	0,4
C	700	40,2	1,05	560	33,1	1,2
D	400	60,6	2,46			
E				400	29,6	0,3
F				420	36,9	0,7
G				400	26,1	0,2
H				380	32,3	1,9
I				450	29,8	2,4

De monsters E en H zijn genomen in de westelijke sloot, de monsters C en D in de oostelijke sloot en G in de sloot die de beemd doorsnijdt. De andere monsters zijn in de beemd vlak bij de sloten genomen.

Het Cl^--gehalte is bijna overal hoger dan de 15 à 25 mg/l, die in geïsoleerde natuurgebieden verwacht mag worden. Verschillen de Cl^-- en NO_3^--concentraties van het grondwater in het westelijke deel van de beemd nauwelijks van die van het water in de westelijke sloot, in het oostelijk deel van de beemd zijn de Cl^-- en NO_3^--concentraties van het grondwater duidelijk lager dan die van het water in de oos-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

telijke sloot althans op het moment van monstername. De concentraties in de sloot die de beemd doorsnijdt zijn niet opvallend hoog. Opvallend hoog zijn wel de NO_3^--concentraties in de punten A, I, H en D en de Cl^--concentratie in het punt D. Een tweede vergelijkende monstername in de winter is niet uitgevoerd in verband met de ongunstige weersomstandigheden.

Bekijken we de horizontale doorlatendheid in de beemd dan zien we dat het veen in het westelijk deel van de beemd een gemiddelde doorlatendheid heeft van 2,9 m/etm, terwijl de gemiddelde doorlatendheid in het oostelijk deel van de beemd niet groter is dan 0,13 m/etm. De doorlatendheiden zijn bepaald met behulp van de boorgatenmethode.

We kunnen geen significant verschil ontdekken tussen de Cl^-- en NO_3^--concentraties van het oostelijk en westelijk deel van de beemd, hoewel de vegetatie anders zou doen vermoeden (SMEETS en TEVONDEREN, 1978). Wel is er een duidelijk verschil aanwezig in de NO_3^--concentratie van het noordelijke en oostelijke deel. Het noordelijk deel heeft een aanzienlijk hogere NO_3^--concentratie dan het zuidelijke deel. Dat de vegetatie in het westelijk deel van de beemd het meest te lijden heeft gehad van eutrofiëring zou verklaard kunnen worden door het verschil in doorlatendheid tussen beide delen. De relatief grote doorlatendheid van het veen zou een snelle eutrofiëring in het westelijk deel van de beemd niet in de weg staan, terwijl de kleinere doorlatendheid van de rivierafzettingen in het oostelijk deel er voor zorgt dat hier het binnendringen van de voedingsstoffen veel trager verloopt, waardoor de vegetatie hier nog tamelijk ongestoord is. Immers de vegetatie heeft een relatief lange tijd nodig om zich in zijn samenstelling aan de nieuwe situatie aan te passen.

Het verschil in NO_3^--concentraties van het noordelijk en zuidelijk deel is moeilijker te verklaren.

2.7. Conclusie

Wegens de lage ligging van de beemd ten opzichte van de omringende landbouwgronden (m.n. de hoge akker) en de relatief geringe oppervlakte, waardoor de randen van het gebied geen interne bufferfunktie

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

kunnen vervullen, valt er aan de beemd weinig eer meer te behalen.

Om de snelheid van de eutrofiëring van de beemd te verkleinen lijkt het raadzaam de sloot, die de beemd van west naar oost doorsnijdt te dempen. Doch de toenemende eutrofiëring zal slechts een volledig halt toegeroepen kunnen worden indien de hoge akker geheel uit produktief landbouwkundig gebruik zou worden genomen. Maar een dergelijke rigoureuze maatregel staat in geen verhouding tot de importantie van de beemd.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

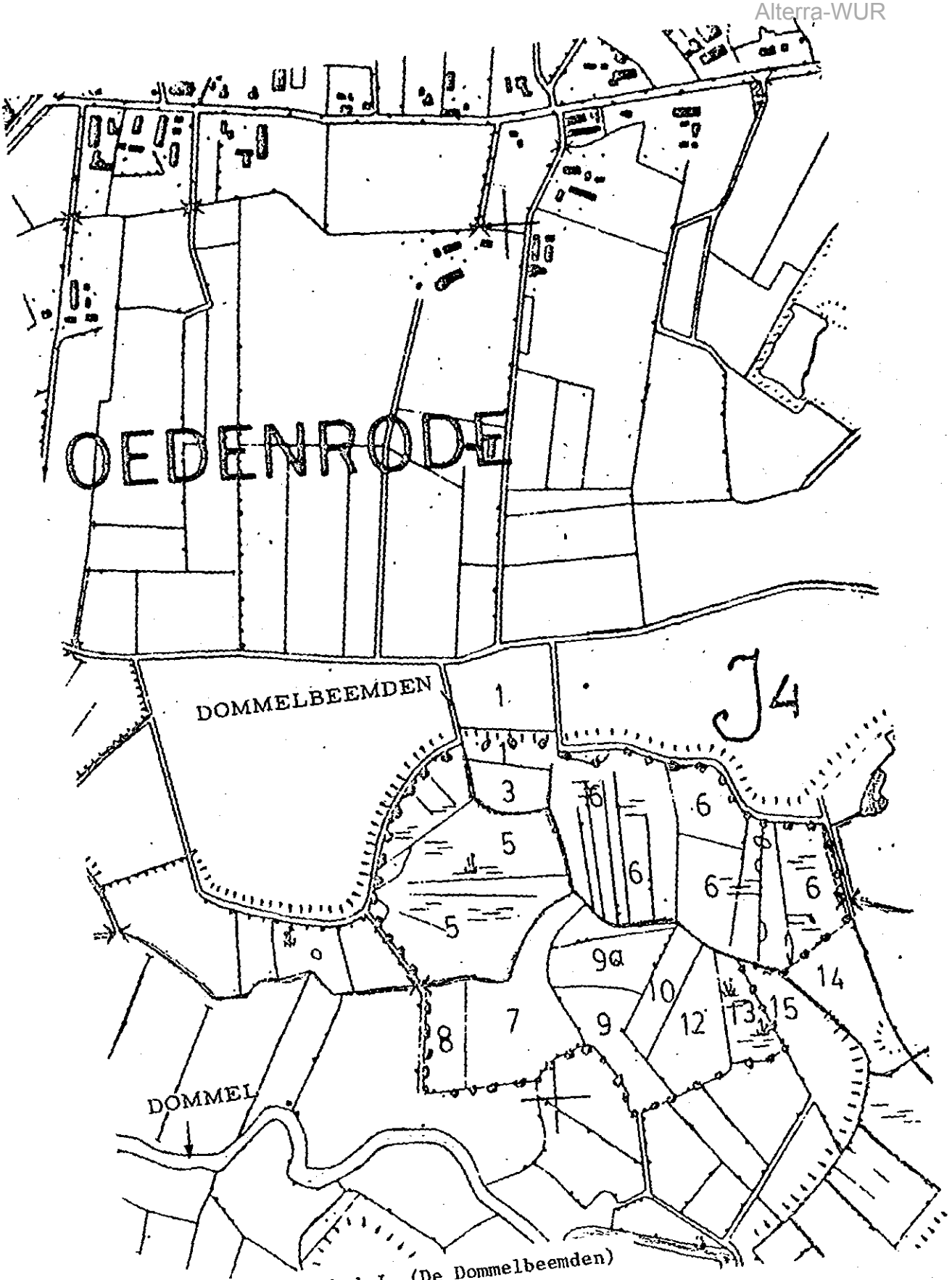


Fig. 7. Proefgebied J_4 (De Dommelbeemden)

schaal 1:5000

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

3. DOMMELBEEMDEN (J_4)

3.1. A l g e m e e n

Proefgebied J_4 is gelegen in het Dommeldal ten oosten van St. Oedenrode in de buurtschap Everse (zie fig. 1). Ter plaatse treffen we langs de rivier 'beemden' aan. Dit zijn meest schrale graslanden, blauwgraslanden genoemd, afgewisseld met elzenbroekbos. Ook komen veenputten voor. Het proefgebiedje zelf bestaat uit een aantal lager gelegen schrale graslanden, die aan de noordkant begrensd worden door een steilrand. Iets ten zuiden van het proefgebied stroomtde Dommel. Het gebiedje waar dit onderzoek zich op toespitst en dat door ons voortaan met 'beemden' zal worden aangeduid wordt gevormd door de percelen 5 en 6 (zie fig.7). Dergelijke schrale graslanden waren vroeger zeer algemeen langs de Brabantse rivieren en beken. In verband met de hoge grondwaterstand waren zij uitsluitend als hooiland in gebruik. Bemesting vond derhalve nauwelijks plaats. Daardoor kon zich hier een vegetatie ontwikkelen, kenmerkend voor voedselarme milieus.

De beemden zijn eigendom van het Ministerie van CRM en worden beheerd door Staatsbosbeheer. Ze beslaan een oppervlakte van ruim 10 ha. De ligging is vlak en bijzonder laag. De vorm is onregelmatig. Aan de noordkant grenzen de beemden aan een reeks hoge akkers, ervan gescheiden door een steilrand. Tussen de beemden en de hoge akkers ligt behalve de steilrand een gordel van bomen en struikgewas. De scheiding met ten zuiden en ten westen van de beemden gelegen cultuurgrasland bestaat uit greppels en draad. Dit cultuurgrasland is over het algemeen wat hoger gelegen, en bezit een sterk onregelmatig reliëf. In het westen en oosten bevinden zich zeer laag gelegen gronden, waarvan de oostelijke nog een natuurlijk moeras vormen. Ook vindt men daar nog enkele uitgeveende plassen,de zogenaamde moerkuilen.

Voor de beemden in de zestiger jaren door Staatsbosbeheer voor CRM zijn aangekocht bestonden zij uit zeer extensief beheerd cultuurgrasland. Het beheer hield in hooiwinning en spaarzame beweiding, waarbij maar weinig mest werd gegeven. Bij het huidige beheer wordt

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

in het geheel niet meer bemest en beperkt de exploitatie zich tot één maal per jaar maaien. Dit geschiedt altijd na 1 juli met het oog op zaadvorming van de vegetatie en ter bescherming van broedvogels. Zo zal zich naar men hoopt een blauwgraslandcomplex ontwikkelen van hoge natuurlijke kwaliteit. De hoge akkers ten noorden en de cultuurgraslanden ten zuiden van de beemden behoren tot verschillende eigenaren.

3.2. Grondgebruik en bodemkundige beschrijving van het gebied

De hoge akkers ten noorden van de beemden liggen op een dekzandrug met een esdek. Op de bodemkaart staan ze aangeduid met EZ 33. Het smalste deel van deze hoge gronden (perceel 1) ligt in grasland. In 1978 is op de akkers mais geteeld. De grond is hier tot op minstens 4 m diepte leemvrij. Slechts op één plaats en wel tegenover het meest rechtse deel van de beemden (zie fig. 8) is tussen 2,20 en 2,90 m-mv zandige leem tot lemig zand aangetroffen.

De cultuurgraslanden ten zuiden van de beemden staan op de bodemkaart aangegeven met tZg 35. Het betreft hier een beekdal-bodem met meanderruggen. In de lage delen wordt veen in de bovengrond aangetroffen. De hogere delen vertonen een humeuze zandige bovengrond, die overgaat in een zandondergrond, plaatselijk met leem, veen of grindjes.

Van de beemden zelf wordt de bovengrond gevormd door een veenlaag van variërende dikte(van 0,6 tot meer dan 2 m). Op de bodemkaart staan deze gronden aangeduid met Vc. Aangenomen kan worden dat de beemden onderdeel uitmaken van een oude verlande stroomgeul van de Dommel. In een groot deel van de beemden komt een leemlaag voor, in dikte variërend van 10 tot 50 cm. De aard van dit materiaal kan verschillen van zeer zware blauwgrijze tot slecht ontwikkelde leem. Dit leempakket behoort niet tot de zogenaamde Brabantse leem, omdat deze in het Dommeldal is weggeërodeerd. De lokale leemafzettingen zijn vaak veel minder compact dan de Brabantse leem. Er groeien bovendien vaak rietstengels doorheen of het bevat andere plantenresten. Uit boringen is gebleken dat de leemlaag in het meest oostelijke deel van de beemden het best ontwikkeld is. De leem is hier zwaar en

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

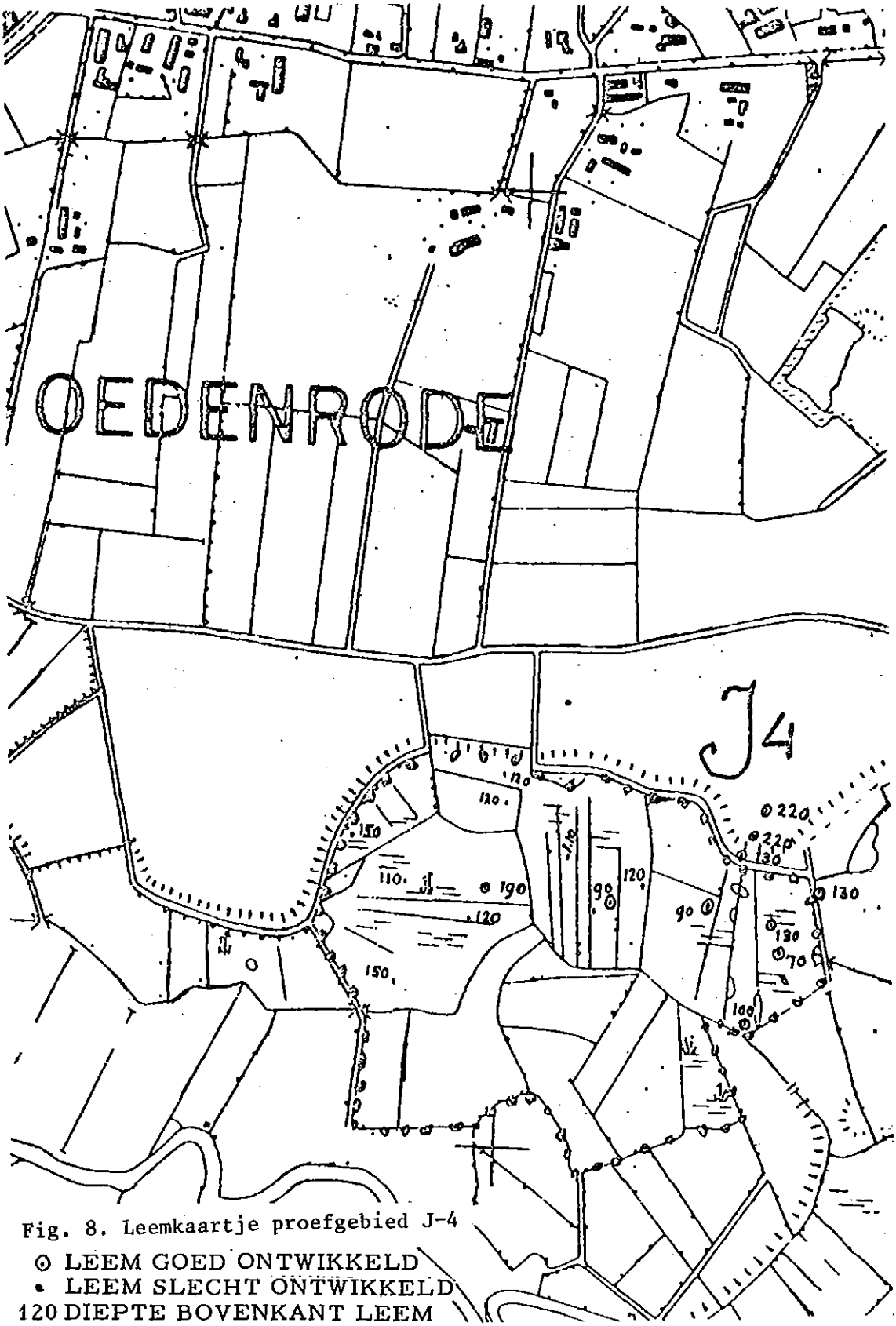


Fig. 8. Leemkaartje proefgebied J-4

⊙ LEEM GOED ONTWIKKELD
• LEEM SLECHT ONTWIKKELD
120 DIEPTE BOVENKANT LEEM

schaal 1:5000

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

compact. In het midden en westelijke deel van de beemden is de leem in het algemeen wat minder zwaar en bevat zij plantenresten. Op sommige plaatsen ontbreekt de leem zelfs geheel. In het meest oostelijke deel van de beemden op ongeveer 80 m van de steilrand is onder de leem spanningswater aangetoond. Begin november 1978 bedroeg het stijghoogteverschil tussen het freatisch water en het spanningswater onder de leemlaag 13 cm. Het is aannemelijk dat dichter bij de steilrand een groter potentiaalverschil aanwezig is. Wegens aangerichte vernielingen aan de peilbuizen zijn over het spanningswater geen verdere gegevens bekend. Ook een chemische analyse van het spanningswater kon niet uitgevoerd worden. Waar leem is aangetroffen is dit ingetekend in een overzichtskaartje (fig. 8). De aard en de diepte van de leemlaag zijn hierin vermeld. Onder de leem en/of veen bevindt zich een zandondergrond.

3.3. Bemesting en onkruidbestrijding

Van de hoge akkers zijn geen exacte bemestingsgegevens bekend. Vast staat wel dat de maisakkers gebruikt worden om grote hoeveelheden drijfmest te dumpen, soms zelfs in zulke mate dat oppervlakkige afstroming tot de mogelijkheden behoort.

Perceel 1(zie fig. 7) ontvangt 30 000 l drijfmest en 2 x 300 kg KAS, welke samen verantwoordelijk zijn voor 224 kg N/ha. Het feit dat een natuurgebied in de onmiddellijke nabijheid ligt, legt geen enkele beperking op aan het gebruik van chemicaliën voor onkruidbestrijding en onderhoud van bermen en kanten (SNIJDERS, 1977). Perceel 3 wordt zwaar bemest. In 1975 bedroeg het N-niveau rond 300 kg N/ha. Regelmatige chemische bestrijding van onkruid blijkt geboden wegens het aangrenzend areaal van de beemden van waaruit voortdurend besmetting met onder andere distels plaats heeft (landbouwkundige visie).

De percelen 9, 9a en 10 kregen in 1975 een gift van 282 kg N/ha, daarvoor 312 kg N/ha. Er wordt hier vooral tegen distels gespoten.

De percelen 7 en 8 hebben jaarlijks een mestgift ontvangen van respectievelijk 220 en 300 kg N/ha.

De percelen 12 en 13 worden niet bemest en van beheer in landbouwkundige zin is hier geen sprake.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Van de percelen 14 en 15 ontvangen de hogere delen een mestgift van ± 300 kg N/ha en de lage delen van 180 kg N/ha.Onkruidbestrijding vindt alleen plaats indien nodig, dat wil zeggen niet ieder jaar.

Van perceel 6 was het beheer vóór de aankoop door CRM duidelijk intensiever dan van perceel 5. Men heeft destijds getracht de landbouwkundige waarde te verbeteren door zware bemesting en een betere ontwatering. De daartoe gegraven sloten en greppels vindt men voor een deel nog duidelijk in het terrein terug.

Wat de kwaliteit van het freatisch water betreft, de Cl^--concentraties zijn over het algemeen iets aan de hoge kant. De NO_3^--concentraties zijn laag (STEENVOORDEN, 1977).

3.4. W a t e r h u i s h o u d i n g

Aan de zuidkant wordt de grens van de beemden gevormd door de sterk kronkelende hoofdsloot, die enkele honderden meters verder in de Dommel uitmondt (zie fig. 7). De sloot die de grens tussen de percelen 5 en 6 vormt en perceel 3 afwatert mondt in de hoofdsloot uit. Beide sloten zijn in september 1978 opgeschoond. De ten oosten van de beemden gelegen moerassen wateren ook af via de hoofdsloot. De beemden worden doorsneden door een groot aantal greppels. Alleen bij zeer hoge grondwaterstanden, die hier zeker niet zeldzaam zijn, zullen deze greppels aan de afvoer deelnemen. Bij diepere grondwaterstanden is bovengrondse afvoer onmogelijk.

De meeste percelen tussen de beemden en de Dommel worden omgeven door slootjes, die over het algemeen in zeer slechte staat van onderhoud verkeren. De sloten zijn voor zover zij nog in een zodanige toestand verkeren, dat ze aan de afvoer een bijdrage kunnen leveren ingetekend in fig. 7.

De afvoermogelijkheden van dit gebied worden sterk bepaald door het Dommelpeil. Dat de beemden zelfs vaak geheel of bijna blank staan hoeft echter geen gevolg te zijn van hoge Dommelwaterstanden, maar kan heel goed veroorzaakt worden door de geringe afvoercapaciteit van het gebied zowel bovengronds als ondergronds. (De gemiddelde doorlatendheid van het veen, bepaald m.b.v. de boorgatenmethode be-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

draagt 0,2 m/etm). De geringe afvoercapaciteit bij een toch al gemiddelde hoge grondwaterstand maakt dat het water vaak tot aan het maaiveld stijgt. Verder blijkt bij vergelijking van de Dommelpeilen met de maaiveldshoogte van de beemden, dat het Dommelpeil slechts zeer zelden een niveau bereikt dat de maaiveldshoogte van de beemden overtreft. En zo dit al voorkomt, dan is het verschijnsel slechts van korte duur.

De beemden omvatten de laagste gronden binnen het gebied. Alleen in de zomer is het mogelijk dat het grondwaterniveau in de cultuurgraslanden tussen de beemden en de Dommel lager is dan in de beemden, waardoor drainage in de richting van de Dommel mogelijk wordt (FONCK, 1977).

3.5. V e g e t a t i e

Van de Dommelbeemden is geen gedetailleerde vegetatiekartering gemaakt in het kader van de Midden-Brabantstudie zoals van de drie andere proefgebiedjes. Wel is er een vegetatiekartering van het hele studiegebied gemaakt door Brounen en Tönissen in 1974 en 1975. De Dommelbeemden worden hierin gezegd te bestaan uit vochtige schraalgraslanden van het type G_3 en G_4. G_3 is type van Festucapratensis--Eleocharis Palustris (Beemdlangbloem-Waterlies) G_4 is type van Anthoxantum Odoratum-Cirsium Dissectum (Reukgras-Spaanse ruiter).

Interessant in dit verband is ook de 'Inventarisatie van flora en vegetatie van het ruilverkavelingsgebied St. Oedenrode en vegetatie van het Dommeldal van Son en Breugel tot Boxtel' door NOOREN en SCHOUTEN (1975). Een citaat hieruit luidt: 'Het dal bevat enkele niet bemeste hooigraslanden, behorend tot het verbond Junco-Milinion. In dit verband moeten de beemden genoemd worden, een uitgestrekt complex van schraalgraslanden, waarin Junco Molinion en Caricion Curto-nigraegezelschappen elkaar afwisselen. In de randzone komen Filipendulion vegetaties voor, hoofdzakelijk de subassociatie Valeriano-Filipenduletum Veronicetosum. Dit gebied is uiterst waardevol, het herbergt zeldzame plantengemeenschappen zoals het Cirsio-Molinietum en zeldzame plantensoorten zoals Juncus filiformis (Draadrus) Veronica Longifolia (langbladige ereprijs) en Cirsium-dissectum

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

(Spaanse ruiter). Vanaf de aanliggende hoge akkers, die sterk bemest worden treedt echter een storende invloed op. Vanaf de akkerzijde dringt Phragmites Australis (riet) verder de nogal oligotrofe Junco--Molinion vegetaties binnen. Tot zover dit citaat.

De beemden sluiten aan bij de eveneens uitermate belangrijke Moerkuilen, een complex van laagveenplassen met interessante oever- en verlandingsvegetaties.

3.6. B e h e e r

De achteruitgang in ecologische kwaliteit van vele blauwgraslandreservaten wijst erop dat het gevoerde beheer, dat tot doel heeft de aanwezige kwaliteit te behouden of te vergroten,tekort schiet. Nu is het zo dat een blauwgrasland hoge eisen stelt aan zowel het uitwendig als het inwendig beheer. Het uitwendig beheer is erop gericht het reservaat te beschermen tegen storende invloeden uit de omgeving. De meeste blauwgraslanden zijn klein van oppervlak en worden omgeven door landbouwgebieden en bij vrijwel geen enkel reservaat is sprake van het handhaven van een effectieve bufferzone. Ook hier ontbreekt deze. De voornaamste storende invloeden vanuit landbouwgebieden zijn eutrofiëring en ontwatering.

Het inwendige beheer bestaat uit het maaien van het grasland, nadat de vegetatie zaad gevormd heeft, en het beheersen van de grondwaterstand binnen het objekt. Het maaien dient te gebeuren om de voedselarmoede in stand te houden en te vergroten. Bij het maaien moet gebruik gemaakt worden van trekkers op brede lagedruk banden om schade tengevolge van het diep wegzakken van de trekker in de drassige bodem te voorkomen. Verder dient er zorg voor gedragen te worden, dat het gemaaide gras afgevoerd wordt.

Wat het beheersen van de grondwaterstand binnen het objekt betreft, de planten in blauwgraslanden verlangen een zeer ondiepe grondwaterstand in de zomer. 's Winters en in het voorjaar is inundatie geoorloofd. Normaliter is in de Dommelbeemden van watertekort geen sprake. Alleen in zeer droge zomers kan verdroging optreden. In de zomer van 1976 kwamen in de beemden grondwaterstanden dieper dan 70 cm-mv voor. Het is belangrijk dat de grondwaterstand hier steeds voldoende hoog blijft, vooal omdat veengronden zeer gevoelig

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

zijn voor droogte. Als gedurende langere tijd een relatief grote grondwaterstandsdaling optreedt, zal lucht toetreden, wat oxydatie tot gevolg heeft. Het veen zal veraarden, waardoor de capillaire opstijging vermindert en de bovengrond uit kan drogen. Bovendien zal tengevolge van veraarding de horizontale doorlatendheid toenemen en zullen voedingsstoffen uit het veen vrijkomen.

Van Staatsbosbeheer mag verwacht worden dat in de Dommelbeemden een zorgvuldig beheer wordt gevoerd. In de zomer van 1978 werden onderaan de steilrand grote hopen rottend hooi van voorafgaande jaren aangetroffen. Weliswaar zouden deze (volgens SBB) spoedig worden weggehaald, maar dit had in feite direkt na het maaien moeten gebeuren. In januari 1979 lag het hooi er nog. Verder is in de zomer van 1978 schade aan het grasland aangebracht doordat een boer zonder voorkennis het gemaaide gras van de beemden heeft weggehaald, waarbij diepe sporen in de veengronden achterbleven.

3.7. Oppervlakkige en grondwaterafstroming

De hoge rug, die de Dommelbeemden in het noorden begrenst zet zich in noordelijke richting ongeveer 3 km voort. In een'gemiddeld jaar' heeft het grondwater in de rug 's winters een hoogte van $\pm$ 10,40 m+NAP, het grondwater in de beemden van $\pm$ 9,60 m+NAP en het Dommelpeil van 8,80 m+NAP (FONCK, 1977). In fig. 9 is de situatie weergegeven (niet op schaal). Ten opzichte van het Dommelpeil bezit het grondwater in de rug 's winters dus een opbolling van 10,40-8,80 = 1,60 m. 's Zomers bedraagt de opbolling nog $\pm$ 1,0 m.

De relatief slecht doorlatende deklaag heeft hier een dikte van $\pm$ 30 m. Hieronder bevindt zich de eerste watervoerende laag die hier een dikte heeft van $\pm$ 60 m (zie ook 1.3.2.4). Stel dat het grondwater alleen door de deklaag zou afstromen dan geldt bij een horizontale stroming volgens Hooghoudt

$$M_o = \frac{NL^2}{8kD} \qquad (3.1)$$

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

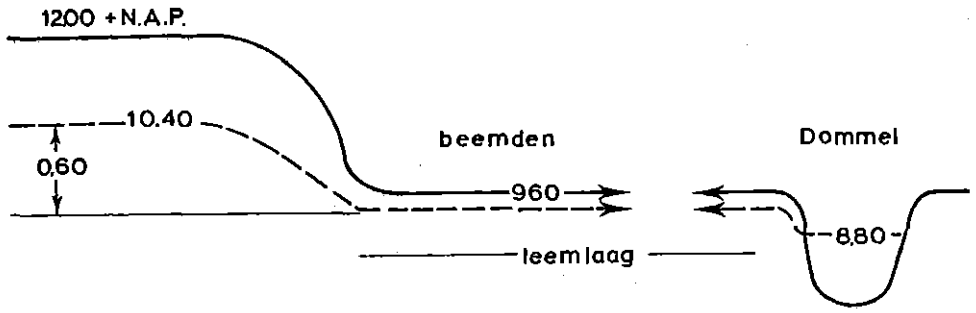


Fig. 9. Schematische dwarsdoorsnede Dommelbeemden

M_o	= opbolling	m
N	= stationaire afvoer van overtollig water	m/etm
L	= afstand tussen ontwateringsmiddelen	m
kD	= transmissiviteit doorstromende laag	m^2/etm

Bij een neerslagoverschot van 250 mm bedraagt de gemiddelde afvoer over het jaar $\pm$ 0,7 mm/etm.

Met L = 3000 (breedte van de rug), een kD-waarde van de deklaag van 125 m^2/etm (K $\simeq$ 5 m/etm en D = 25 m) en een gemiddelde opbolling ten opzichte van de Dommel van 1,30 m vinden we met behulp van formule 3.1, N = 0,14 mm/etm. Dit is lang niet voldoende om het overtollige water af te voeren. Omdat de afvoer via sloten in dit gebied vrij gering kan worden geacht, zal een groot deel van neerslagoverschot via het eerste watervoerende pakket moeten worden afgevoerd.

Omdat met name in de winter het hoogteverschil tussen de grondwaterstand in de rug en het Dommelpeil aanzienlijk is kan er kwel worden verwacht in de beemden, vooral direkt onderaan de steilrand. In fig. 10 is de situatie met vertekende schalen weergegeven. In par. 3.2 hebben we al gezien, dat er inderdaad kwel kan optreden (spanningswater onder het leem).

De deklaag wordt door de Dommel (en de zijsloten in het beekdal) gedraineerd, waardoor de stromingsrichting in de deklaag afwijkt van het diepe grondwater in het eerste watervoerende pakket (zie par. 1.3.2.4). Voert het eerste watervoerende pakket het diepere

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

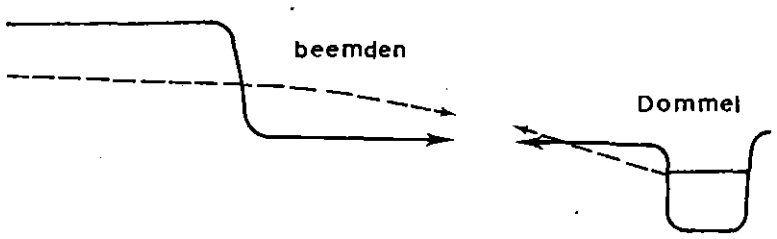


Fig. 10. Spanningswater in beemden

grondwater van zuidoost naar noordwest onder de Dommel en de beemden door, het freatisch water in de deklaag komt tot afstroming in zuidelijke richting naar de Dommel.

Omdat er geen grote verschillen zijn tussen de stijghoogten van het diepe grondwater in het eerste watervoerende pakket en die van het freatisch water, kan de afstroming in de deklaag nagenoeg onafhankelijk van de afstroming in het eerste watervoerende pakket geschieden. Voor zover er afstroming in de deklaag optreedt zal deze zich vooral afspelen nabij de steilrand en nabij de Dommel. Een deel van het water afkomstig van de hoge maisakkers, direkt ten noorden van de beemden, zal dan ook ongetwijfeld zijn weg vinden via de deklaag naar de beemden.

We zullen de overgang van de hogere gronden naar de lagere middels de steilrand wat nader bekijken. Ter hoogte van de steilrand is 's winters over betrekkelijk korte afstand (40 à 50 m) in het freatisch water een stijghoogteverschil aanwezig van $\pm$ 60 cm (FONCK, 1977). Bij een gemiddelde doorlatendheid (k) van de bovengrond van 0,4 m/etm (boorgatenmethode) en een porositeit van 0,3 vinden we voor de stroomsnelheid $V_s = \frac{-k}{\varepsilon}$ grad h $\approx$ 0,02 m/etm. Onder deze slecht doorlatende bovenste meters bevinden zich beter doorlatende zanden (k $\approx$ 5 m/etm). Hierin bedraagt de snelheid ter hoogte van de steilrand $\approx$ 0,25 m/etm. Deze snelheid is relatief hoog. Dit betekent, dat 's winters zekere hoeveelheden, in het grondwater opgeloste meststoffen, meegevoerd zullen worden in de richting van de beemden. De hieruit voortkomende eutrofiëring komt tot uiting in een rietgordel

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

onderlangs de steilrand. Verder in de beemden is het voorkomen van eutrofie op het eerste gezicht veel minder duidelijk. Dit kan een indicatie zijn, dat dit verschijnsel onder aan de steilrand vooral het gevolg is van uit de hoge akkers, boven de leemlaag, afstromend water, terwijl verderweg in de beemden de eutrofiëring afneemt door de grotere afstand tot de steilrand (verdunning) en mogelijk ook door de afschermende werking van de leemlaag voor wat betreft het geëutrofieerde grondwater daaronder. Vergelijking van de chemische samenstelling van water boven en onder de leemlaag zou dit laatste kunnen bevestigen.

Om het boven de leemlaag uit de maisakkers afstromende water te onderscheppen zou onderlangs de steilrand een sloot gegraven kunnen worden, die het water af kan voeren, voordat het de eigenlijke beemden bereikt. Bij het graven van de betreffende sloot, geldt de voorwaarde dat er op gelet moet worden de leemlaag niet te beschadigen. Voor indringing van het water uit de sloot in de beemden hoeft niet zo zeer gevreesd te worden vanwege de geringe doorlatendheid van het veen. Toch zal de sloot enige drainerende werking uitoefenen op de aangrenzende beemden, waardoor 's winters de grondwaterspiegel plaatselijk niet meer bij het maaiveld zal komen.

In de winter van 1978-1979 stroomde regen en/of smeltwater al dan niet vermengd met kort tevoren in grote hoeveelheden gedumpte drijfmest met relatief grote snelheid in de richting van de beemden. Doordat er loodrecht op de steilrand was geploegd, kon het water van ver op de akker onbelemmerd in de beemden stromen. Met name tijdens de dooi was de oppervlakkig afstromende hoeveelheid water groot (een bevroren bovengrond verhinderde het wegzakken van het smeltwater naar het grondwater).

Maar ook in een natte, vorstvrije periode kan de bovengrondse afstroming aanzienlijk zijn. Veel onheil zou al kunnen worden voorkomen als in plaats van loodrecht op de steilrand in kontoeren (dus evenwijdig aan de steilrand) wordt geploegd.

In de zomer zal op de hoge maisakkers geen regenwater doordringen tot het grondwater, omdat alle regenval gebruikt wordt voor verdamping. Vanwege de diepe grondwaterstand is het gewas hier geheel afhankelijk van het regenwater en het vocht, dat door de grond wordt

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

vastgehouden. Men spreekt hier van een hangwaterprofiel. Er heeft zich op de oorspronkelijke zandige grond een (es)dek ontwikkeld met een hoog percentage organische stof en daardoor een goed watervasthoudend vermogen.

Een goed gesloten gewas met een onbelemmerde vochtvoorziening verdampt ongeveer evenveel als een wateroppervlak. De verdampingssnelheid van een open wateroppervlak bedraagt in Nederland in de zomermaanden maximaal 4 mm/etm. (Onder optimale omstandigheden kan dit voor mais zelfs nog iets hoger zijn). Gedurende de vier maanden mei tot en met augustus (groeiseizoen mais) komt dit neer op max. ± 500 mm. Het vochtgehalte van het humeuze dek van een oude bouwlandgrond zal bij veldcapaciteit ongeveer 40 vol. % bedragen en bij het verwelkingspunt (pF = 4,2) 13 vol. %. De in de bovengrond beschikbare hoeveelheid bodemvocht bedraagt dus 27 vol. %. Bij een esdek van 90 cm, zoals hier het geval is, betekent dit 243 mm. Bovendien bedraagt in een normaal jaar gedurende 4 zomermaanden mei tot en met augustus de neerslag 250 mm. In totaal is dus gemiddeld 495 mm beschikbaar voor verdamping.

Bij een voldoende dik esdek zal de vochtvoorziening van het gewas dus geen problemen opleveren. Het water wordt in het esdek als hangwater geborgen en later weer door de planten verdampt. Zomers zal er dan ook bij hoge verdamping geen afstroming plaatsvinden naar de beemden. Het zou daarom aanbeveling verdienen om zo laat mogelijk in het voorjaar te bemesten.

3.8. C o n c l u s i e

Ten oosten van St. Oedenrode, in de buurtschap Everse heeft het Dommeldal een hoge ecologische waarde. Het Ministerie van CRM heeft dit gebied tot natuurreservaat bestemd. De aanwezigheid van zeldzaam wordende blauwgraslanden noopt tot een beheer dat gericht is op het in stand houden en vergroten van de aanwezige kwaliteiten. Het weghalen van het gemaaide gras behoort hier bij.

Eutrofiëring door met het grond- en oppervlaktewater meegevoerde plantenvoedende stoffen doet zich vooral gelden onderaan de steilrand. Een ondiepe sloot boven de leemlaag zal wellicht een groot

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

deel van het door de bovengrond afstromende water af kunnen voeren en ook de oppervlakkige afvoer die soms plaats vindt opvangen. Door kontoerploegen zal bovendien deze bovengrondse afstroming tegengegaan kunnen worden. Het verdient voorkeur zo laat mogelijk in het voorjaar te bemesten. Op verschillende plaatsen verderweg in de beemden verhindert de leemlaag waarschijnlijk dat van elders aangevoerd eutroof water naar de oppervlakte stijgt. Het lijkt de moeite waard na te gaan of er een positieve correlatie bestaat tussen de aard van de leemlaag en de vegetatie. Hierbij moet bedacht worden, dat het beheer van complex 6 vóór de verkoop aan CRM anders was dan in complex 5. Dit feit zou mede oorzaak kunnen zijn van het huidige verschil in vegetatie. Hierbij zou ter vergelijking van het freatische met het spanningswater een chemische analyse van beide uitgevoerd moeten worden.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

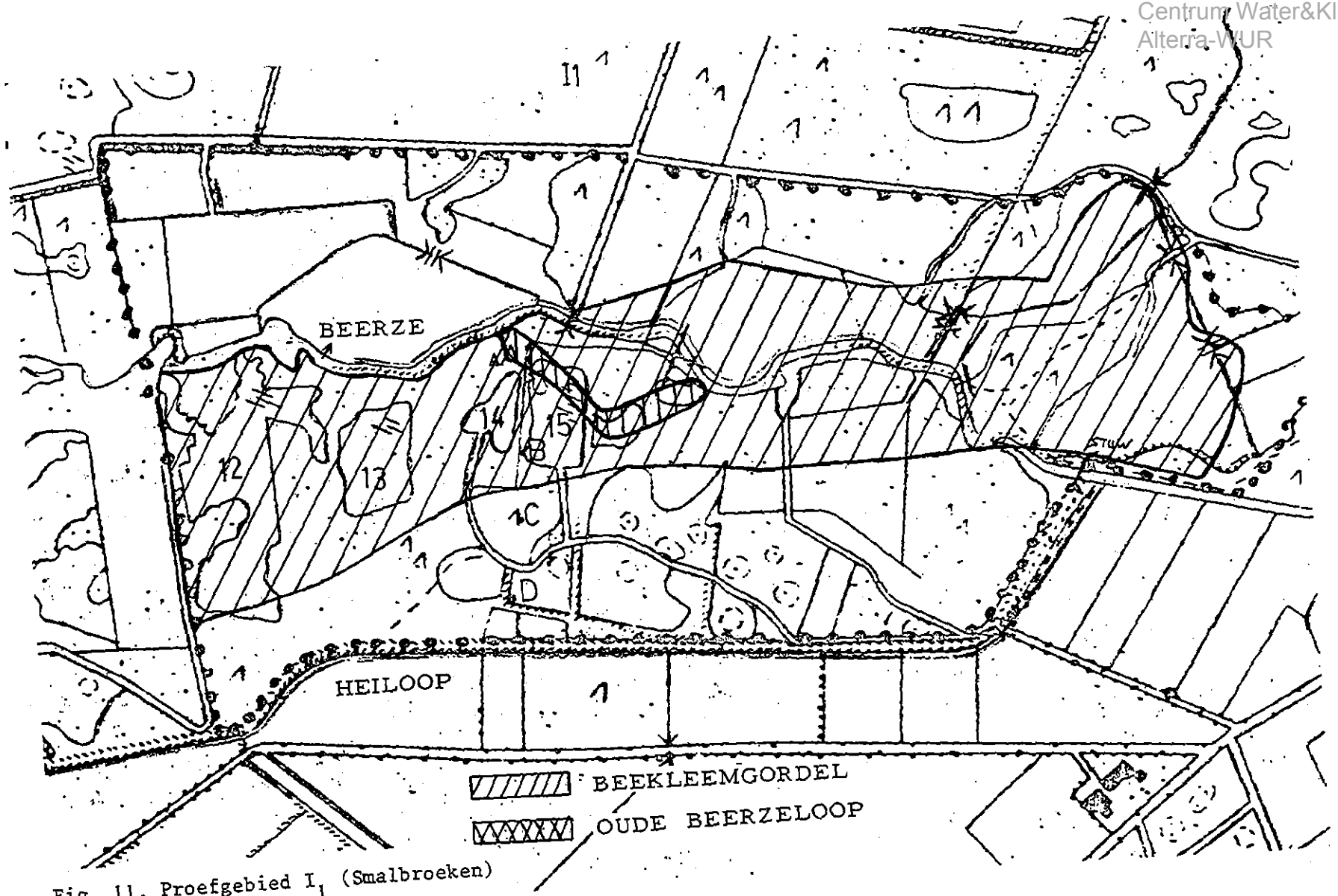


Fig. 11. Proefgebied I_1 (Smalbroeken)
schaal 1:5000

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

(zie fig. 11). Deze is met een dik kleipakket opgevuld, terwijl de dikte van de leem in de bovengrond elders meestal niet meer dan 30 cm bedraagt. Onder de leem en klei bevindt zich zand.

Tengevolge van het slecht doorlatende leemdek is het perceel vaak drassig. Plaatselijk komen direkt onder het leemdek oerlagen of ijzerconcreties in de bodem voor. In een aantal gevallen bleek de oerbank zo hard dat men er met de boor of schop niet doorheen kan komen. In het noorden van perceel 15 komt soms humeus zand in de ondergrond voor.

In fig. 12 is een aantal profielbeschrijvingen van perceel 15 gegeven; de boorpunten staan ingetekend in fig. 13. Door de plotselinge overgang van het leemdek naar de zandondergrond is de wortelzone hier beperkt tot ± 30 cm.

Het gedeelte van het proefgebied ten noorden van de Beerze bestaat uit cultuurgrasland, dat door de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten verpacht wordt aan boeren.

4.3. Waterhuishouding

Midden door het objekt stroomt in de lengterichting de Beerze. Waar deze het proefgebied verlaat bevindt zich een stuw. (fig. 11). De Heiloop, die de zuidgrens van het gebied vormt en een landbouwgebied ten zuiden van Kampina afwatert mondt even beneden de stuw in de Beerze uit.

Het cultuurgrasland ten noorden van de Beerze watert via een aantal sloten af op een leiding, die zich aan de noord-westgrens van het gebied bevindt. Enige honderden meters verder mondt deze uit in de kleine Aa, een afsplitsing van de Beerze. Het slotenpatroon in het deel van het proefgebied ten noorden van de Beerze is ingetekend in fig. 11.

4.4. Beerze en Beerzedal

De grote Beerze ontspringt als Aa in de Riebosserheide, ongeveer 1 km ten zuiden van de Nederlands-Belgische grens. Na het opnemen van een aantal stroompjes, waaronder de kleine Beerze, splitst de rivier zich bij de Roond in het Smalwater en de kleine Aa. Na ca. 2 km

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

mondt het Smalwater bij Boxtel uit in de Dommel. De kleine Aa vloeit na ca. 4 km, ± 1 km ten zuiden van Esch samen met de Esche stroom. Vanaf het punt waar de kleine Beerze zich verenigt met de grote Beerze, draagt het riviertje de naam Beerze.

In een rapport uit 1949 inzake het wetenschappelijke beheer van de terreinen aan beide zijden van de Beerze, in het natuurmonument Kampina staat het volgende.'Het stroomgebied van de Beerze mag wel een van de meest natuurlijke stroomdalen van ons land worden genoemd. Tot dusverre heeft de mens weinig of niet ingegrepen in de natuurlijke gang van zaken en meandert de Beerze door een tamelijk uitgestrekte vlakte tussen Spoordonk en Kampina Reeds laat in het najaar worden grote oppervlakten overstroomd en vaak tot diep in het voorjaar blijft het water in de lagere delen staan. Het Beerze dal is uniek voor Brabant en tevens voor geheel Nederland', einde citaat.

In de 40-er jaren was de Beerze een van de laatste, zoniet de laatste, grotere laagland-beek, die over lange trajekten een organisch geheel met zijn stroomdal vormde. Vooral in het gebied tussen Spoordonk en Boxtel kwamen veel onbemeste hooilanden en ruigten langs de nog niet vergraven beek voor. Thans is het grootste deel van de Beerze genormaliseerd, alleen in het landgoed 'De Baest' en in de Kampina hebben enkele stukken hun natuurlijke profiel gehouden. Enkele van de weinige schraalgraslanden, die nog overgebleven zijn, liggen in de Smalbroeken binnen het natuurreservaat Kampina. Deze verdienen dan ook met de uiterste omzichtigheid behandeld te worden.

Door de vroeger frequent voorkomende inundaties in het Beerzedal, werd de toestand, landbouwkundig gezien, onhoudbaar. Grote delen van de Beerze zijn sinds 1950 genormaliseerd. Hierbij behield het trajekt in het natuurreservaat Kampina zijn oorspronkelijke loop.

Tijdens de ruilverkaveling Spoordonk werd een groot deel van het gebied ter weerszijden van de Beerze ontgonnen. Een gedeelte van het Beerzedal kreeg de status van reservaat. Het reservaat zelf alsmede het trajekt van de Beerze bovenstrooms van het reservaat werden omkaad, opdat de omringende landbouwgronden geen wateroverlast zouden ondervinden. Ten einde toch de in het beekdal gelegen lage gronden ten zuidwesten en ten oosten van het reservaat te kunnen ontwateren en ontginnen werd de Heiloop gegraven, die om het reser-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

vaat heenloopt en beneden strooms van het reservaat in de Beerze uitmondt. Even boven deze uitmonding, aan de grens van het natuurreservaat, werd voorts een stuw geplaatst om het Beerzewater naar behoefte in het reservaat te kunnen opstuwen. De ontwatering van het gebied rondom het reservaat zal naar valt aan te nemen toch gevolgen hebben gehad voor de grondwaterstand binnen het reservaat, dat zoals we in par. 4.14 zullen zien niet alleen van het Beerze peil afhankelijk is.

De Heiloop is ten zuiden van het reservaat met een syphon onder de Beerze doorgeleid, zodat de afvoer onafhankelijk van het Beerze peil kan plaatshebben.

4.6. Eutrofiëring en grondwaterstandsdaling

Neemt men het Beerze peil bij de stuw ten oosten van het objekt als op zichzelf staand verschijnsel in beschouwing dan valt het volgende op te merken. Steeg dit peil tot 1967 herhaaldelijk gedurende relatief lange tijd tot ca. 8,00 m + NAP, vanaf 1967 komen zulke hoge waterstanden nog maar zelden voor. Ze zijn dan van relatief korte duur. Een uitzondering vormt de winter 1974-1975. Hetzelfde doet zich voor bij peilschaal 42, even ten zuiden van het reservaat, waar na 1967 langdurige hoge pieken niet meer zijn waargenomen.

Volgens SMEETS en TEVONDEREN (1978) werd het noordelijke deel van perceel 15 tot 1970 frequent overstroomd met eutroof Beerze water. Hier doen zich dan ook aan de vegetatie duidelijke verschijnselen van eutrofiëring voor, terwijl volgens de auteurs in het zuidelijke en hogere deel van perceel 15 de vegetatie constant blijft. Hun vegetatiekartering in 1977 bracht een duidelijke verschuiving aan het licht. Planten, die onder drogere omstandigheden gedijen bleken te zijn toegenomen ten koste van soorten, die natte milieus verkiezen. Verder zijn nu ook in het zuidelijke deel sterke eutrofiëringsverschijnselen aangetroffen, naar men aanneemt als gevolg van een betere doorluchting van de bodem onder invloed van de dalende grondwaterstand, waardoor een versnelde mineralisatie plaats vindt. Daarmee worden alle geconstateerde veranderingen in de vegetatie

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

door auteurs geacht een gevolg te zijn van een daling van de grondwaterstand binnen het objekt.

In dit verband moet de relatie tussen het Beerze peil en de grondwaterstand binnen de Smalbroeken van belang worden geacht. Voor hier verder op in te gaan zullen nu eerst de mogelijke oorzaken van de verlaging van het Beerze peil in de loop der tijden en de eventuele invloed van de onttrekking van diep grondwater op de grondwaterstand besproken worden.

4.7. Mogelijke oorzaken van verlaging van het Beerze peil en de grondwaterstanden binnen het reservaat in de laatste tientallen jaren

Tijdens de ruilverkaveling Spoordonk ± 1952, werd de Heiloop gegraven om het gebied in de direkte omgeving van het reservaat te kunnen ontwateren. Hierdoor nam het stroomgebied van de Beerze af met 1400 ha. Het gedeelte van de Beerze, dat door het reservaat stroomt, voert dan nog het water af van 13 000 ha. Toch zal toen de totale waterafvoer ongeveer gelijk gebleven zijn door verdere ontginning en ontwatering van woeste gronden binnen deze 13 000 ha.
Wel zal de wateraanvoer tengevolge van de vele ontginningen waarschijnlijk minder gelijkmatig zijn geworden dan vóór de ruilverkaveling. Daar het Beerzeprofiel binnen het reservaat onveranderd is, zal daar het gemiddelde peil na de ruilverkaveling ongeveer gelijk zijn aan dat van voor de ruilverkaveling.

De grondwaterstroming hangt echter niet alleen af van het peil in de Beerze. Er is weinig twijfel aan dat de ontwatering van de omgeving van het reservaat invloed heeft gehad op de grondwaterstand in een gedeelte van het reservaat. Ter Hoeve en Schimmel merken in 1953 reeds op: 'Het gedeelte om het uitgespaarde reservaat werd rond 1950 in de ruilverkaveling 'Spoordonk I' ontgonnen. Door randontwatering gaat de vegetatie in het gespaarde deel snel achteruit'(einde citaat). Het zal duidelijk zijn, dat bij een reservaat van grotere omvang de mogelijkheden tot behoud van de oorspronkelijke waterhuishouding groter zouden zijn geweest.

In het eind van de jaren '60 en het begin van de jaren '70 vin-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

den verdere normalisaties van de Beerze en ruilverkavelingen plaats, bovenstrooms van het reservaat. Cultuurtechnische werken benedenstrooms van het reservaat hebben geen invloed op het B e e r z e-peil in het gebied vanwege de stuw aan de oostgrens hiervan. Wel zal een diepere grondwaterstand beneden de stuw een (sterk) drainerende werking uitoefenen op een deel van het reservaat in de nabijheid van de stuw. Maatregelen bovenstrooms van de Beerze waaronder normalisaties, zullen wèl invloed hebben op het Beerzepeil binnen het reservaat.

Ten gevolge van bovenstroomse normalisaties zou men een hoger peil binnen het objekt verwachten. Immers bij snellere afstroming door het verbeterde profiel kan er in het ongewijzigde profiel binnen het objekt stagnatie ontstaan. Daarentegen zien we, met name in de laatste 10 jaar, een duidelijke afname van de afvoer en verlaging van het Beerzepeil binnen het reservaat. Een mogelijke verklaring is dat tijdens de ruilverkavelingen de slootlengte per ha kleiner is geworden (perceelsvergroting) en de resterende sloten breder en dieper met een lager peil, waardoor de berging in de grond is toegenomen en de afvoer gelijkmatiger geschiedt.

Daarnaast kan de peildaling ook een meteorologische oorzaak hebben. Het laatste decennium voor 1978 was immers relatief droog ten opzichte van het voorafgaande decennium (zie tabel 4.1).

Toch kan de grondwaterdaling niet geheel aan meteorologische veranderingen toegeschreven worden. Waren de zeventiger jaren, uitgezonderd de extreem natte winter van 1974/'75, droog ten opzichte van de zestiger jaren, dit was niet het geval ten opzichte van de jaren tussen 1950 en 1960 (zie tabel 4.1). In deze laatste periode was de winterneerslag vergelijkbaar met die in de laatste 10 jaar en toch zien we hier hogere Beerzepeilen dan in de laatste 10 jaar.

In tabel 4.1 staan de neerslaghoeveelheden van het 'winterseizoen' (sept. t/m april) gedurende de jaren 1950 tot en met 1978. We beperken ons hier tot de winterperiode, omdat in deze periode de meeste overtollige neerslag valt en afgevoerd moet worden.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Tabel 4.1. Neerslaghoeveelheden gedurende winterseizoen (sept.-mei) en afwijking ten opzichte van neerslag in normaal jaar (1950 tot en met 1962 gemiddelde neerslag gemeten in omgeving Gemert; 1963 tot en met 1978 neerslag gemeten te Boxtel)

Winter-seizoen	Neerslag (mm)	Afwijking t.o.v. normaal jaar	Winter-seizoen	Neerslag (mm)	Afwijking t.o.v. normaal jaar
1950-1951	608	+158	1964-1965	519	+239
1951-1952	444	- 6	1965-1966	689	+239
1952-1953	468	+ 18	1966-1967	566	+116
1953-1954	267	-183	1967-1968	478	+ 38
1954-1955	474	+ 24	1968-1969	420	- 30
1955-1956	428	- 22	1969-1970	490	+ 40
1956-1957	436	- 14	1970-1971	421	- 29
1957-1958	531	+ 81	1971-1972	352	- 98
1958-1959	462	+ 12	1972-1973	362	- 88
1959-1960	360	- 90	1973-1974	419	- 31
1960-1961	734	+286	1974-1975	672	+222
1961-1962	501	+151	1975-1976	312	- 38
1962-1963	345	-105	1976-1977	471	+ 21
1963-1964	332	-118	1977-1978	443	- 7

4.8. Invloed van grondwateronttrekking

Ten noorden van de Kampinasche Heide bij Haaren ligt een pompstation van de WOB, ongeveer 5,5 km van de Smalbroeken verwijderd. Reeds 25 jaar wordt hier grondwater onttrokken. Met het oog op de verwachte toename van het waterverbruik is door de WOB een verhoging van de onttrekking aangevraagd van 6½ naar 8 miljoen m^3 per jaar. Door een aantal boeren in het gebied rond het pompstation die schade van de onttrekking verwachten, is tegen een eventuele toename van de onttrekking beroep aangetekend. Dit beroep dat uit 1977 dateert, heeft ertoe geleid dat de onttrekking nog steeds (december 1978) 6½ miljoen m^3/jaar bedraagt.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Verband tussen de grondwaterstandsdaling in de Kampinasche Heide (i.c. de Smalbroeken) en de grondwateronttrekking is niet aangetoond (WOB). De grondwaterstandsdaling zou een gevolg zijn van meteorologische veranderingen.

4.9. Invloed van het Beerze peil op de grondwaterstand binnen de Smalbroeken

Bij vergelijking van het peil van de Beerze bij peilschaal 43 (boven de stuw bij Lennisheuvel waar deze stroom het reservaat verlaat) met dat bij peilschaal 42 (aan de zuidgrens van het reservaat bij de Logt) blijken de pieken, die ter hoogte van peilschaal 42 optreden bij peilschaal 43 nagenoeg verdwenen dan wel sterk in hoogte afgenomen te zijn.Er treedt dus een sterke demping op in het nog meanderende deel binnen het reservaat. Het hoogteverschil tussen het peil bij peilschaal 42 en 43 bedraagt minimaal 70 cm, meestal echter één meter of meer.

Afvoeren van beken en rivieren zijn vaak sterk seizoensafhankelijk. We zien meestal hoge afvoeren in de winter en lage in de zomer. Als we de waarnemingen van de open waterpeilen bij peilschaal 42 en 43 uitzetten tegen de tijd krijgen we de peilverlooplijnen. Fig. 14 toont de afvoerverlooplijn van 1954 bij peilschaal 42. Een periodieke beweging van de waterhoogten is duidelijk te herkennen. Trekken we door deze waarnemingen op het oog een redelijk nauwkeurige sinusvormige kromme dan kunnen de amplitudo's worden gemeten. Bij peilschaal 43 vinden we een gemiddelde amplitudo van $\pm$ 30/2 = 15 cm en bij peilschaal 42 een van $\pm$ 70/2 = 35 cm.

Hoe wordt de grondwaterstand binnen het reservaat nu beïnvloed door het Beerzepeil? Treedt er infiltratie vanuit, en drainage naar de Beerze op bij hogere respectievelijk lagere waterstand van de Beerze ten opzichte van het grondwaterpeil binnen het omringende gebied? Voor een nadere berekening van de grondwaterstroming, die hierbij een rol speelt zijn de volgende gegevens nodig:

- transmissiviteit (kD) m^2/etm
- vertikale weerstanden (C) etm
- radiale weerstanden (W_{rad}) etm/m
- bergend vermogen (μ)

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

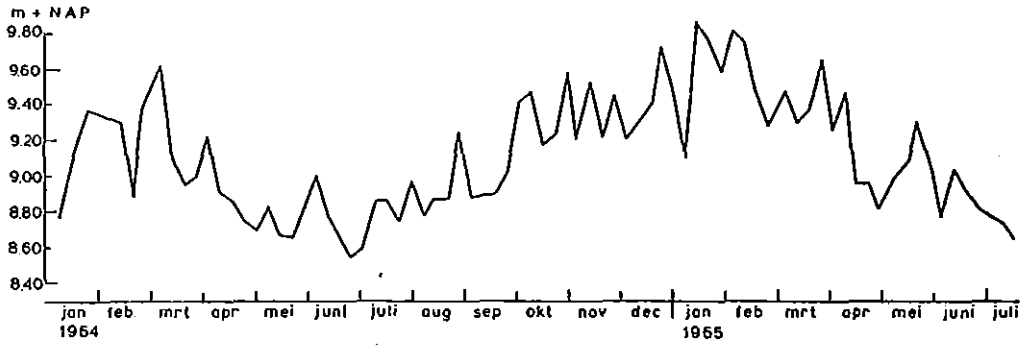


Fig. 14. Beerzepeilen ter hoogte van peilschaal 42 van januari 1954 tot juli 1955

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Hoewel voor een exacte oplossing een zeer gedetailleerde kennis van alle bodemlagen en bodemconstanten nodig is behoeft het geen betoog, dat men in de praktijk alleen de belangrijkste grootheden in de berekening zal kunnen opnemen en voor deze grootheden de gemiddelde waarden zoekt.

Stellen we het sinusvormige beekpeil voor door

$$h_o = A \cos \frac{2\pi t}{T} + \bar{h}_o \qquad (4.1)$$

en nemen we aan dat de verandering in capillaire opstijging (V_z) gelijk is aan 0 evenals de radiale weerstand (W) dan kan de voortplanting van een golfbeweging van het open waterpeil van de beek in de grondwaterspiegel benaderd worden met de volgende formule:

$$h(x,t) = A\, e^{-\frac{x}{g}} \cos\left(-\frac{x}{g} + \frac{2\pi t}{T}\right) \qquad (4.2)$$

$$\text{met } g = \sqrt{\frac{kDT}{\pi\mu}} \qquad (4.3)$$

h(x,t)	= hoogteverandering grondwaterstand op afstand x van de beek en tijd t ten gevolge van sinusvormig beekpeil	m
A	= amplitude van golfbeweging in het beekpeil	m
x	= afstand van de Beerze	m
T	= omlooptijd (hier 365 dagen)	etm
t	= tijd	etm
kD	= transmissiviteit	m^2/etm
μ	= bergend vermogen	
$\bar{h}_o$	= gemiddeld beekpeil	m

Uit form. (4.2) volgt, dat de naijling (ook wel fasevertraging genoemd) afhankelijk is van x (lopende golf) en dat deze gelijk is aan $\frac{xT}{2\pi g} = x\sqrt{\frac{\mu T}{4\pi kD}}$. Deze vertraging neemt toe met groter wordende afstand tot het open water. Een belangrijke grootheid is de damping $e^{-x/g}$. Deze geeft aan hoeveel de amplitudo van de golfbewegingen afneemt met toenemende afstand tot het open water.

Voor een nauwkeuriger aanpassing van de sinusoïde aan de optredende golfbeweging dan formule (4.1) is een Fourier-analyse nodig. Zo'n analyse is voor de onderhavige beschouwing echter veel te nauw-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

keurig en tijdrovend.

We zullen nu als voorbeeld een bepaalde situatie onder de loep nemen. Via vochtgehaltebepalingen is een gemiddelde bergingscoëfficiënt(μ) berekend van 0,2. Voor de kD-waarde wordt de gemiddelde kD--waarde van de deklaag aangehouden, 100 m^2/etm (zie par. 1.3.2.4). Voor een punt 100 m verwijderd van het open waterpeil (x = 100) vinden we voor de fasenvertraging ($\frac{xT}{2\pi g}$), 24 dagen. Voor de demping ($e^{-\frac{x}{g}}$) vinden we 0,66, dat wil zeggen dat er zich op 100 m van de beek een demping van 34% voordoet in de golfbeweging, die zich voortplant in de grondwaterspiegel, terwijl het 24 dagen duurt voor de golfbeweging hier merkbaar wordt. Het bovenstaande geldt voor een jaarlijkse golfbeweging.

4.10. O p s t u w i n g

Het ligt voor de hand te veronderstellen dat de grondwaterstanden in de omgeving van een beek verhoogd kunnen worden door opstuwing van de betreffende beek. Wat zou nu het effekt zijn van opstuwing van de Beerze?

Enkele belangrijke vragen, waarmee men bij het opstuwen van beken te maken krijgt zijn de volgende:

1. Welke grondwaterstandsverhoging wordt verlangd en kan deze verhoging bereikt worden?
2. Hoe lang duurt het voor deze grondwaterstandsverhoging bereikt is?
3. Welk gedeelte van het water wordt nuttig gebruikt (gewasverdamping) en welk gedeelte stroomt door de grond weg naar gebieden met een lagere grondwaterstand?

Vraag 1 is in de vorige paragraaf (4.9) al aan de orde geweest en zal in deze paragraaf nadere aandacht krijgen. Het eerste deel van vraag 3 zal in par. 4.13 aan bod komen. We beginnen met vraag 2.

Opstuwing zou beperkt kunnen blijven tot een bepaalde periode in het zomerhalfjaar dan wel gedurende het hele jaar kunnen worden gehandhaafd. Wanneer het beekpeil in het winterhalfjaar onveranderd blijft en gedurende het zomerhalfjaar met een constant bedrag h_o wordt verhoogd kan het nieuwe beekpeil met een zekere benadering

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

berekend worden door een peilverhoging met $h_o/2$ gedurende het hele jaar aan te nemen (fig. 15 D_1) en een sinusvormige peilverhoging met amplitude $h_o/2$ (fig. 15 D_2). In fig. 15A staat de oude toestand (zonder opstuwing) en de nieuwe toestand(met opstuwing in het zomerhalfjaar) ingetekend. De verandering, die is weergegeven in fig. 15B kan worden geschematiseerd tot fig. 15C. De benadering in fig. 15C kan dan worden vervangen door de som van de fig. 15 D_1 en 15 D_2. Fig. 15 D_2 kan worden behandeld met Fourieranalyse en vervolgens met formule 4.2.

Als het beekpeil plotseling wordt verhoogd en vervolgens gedurende lange tijd op dit constante niveau blijft, kan de voortplanting van deze verhoging in de grondwaterspiegel berekend worden met de volgende formule:

$$\frac{h}{h_o} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{x\sqrt{\mu}}{2\sqrt{kDt}}}^{\infty} e^{-z^2}\, dz \qquad (4.4)$$

h_o = constante peilverhoging m
h = grondwaterstandsverhoging op afstand x van de beek en tijd t na de peilverhoging m
kD = transmissiviteit m^2/etm
μ = bergend vermogen

Ook hier wordt aangenomen dat er geen verandering is in de capillaire opstijging (Δv_z=0) en de radiale weerstand gelijk is aan 0.

In fig. 16 is met behulp van formule 4.4 de relatieve grondwaterstandsverhoging (h/h_o) uitgezet tegen de afstand (x) tot de beek voor verschillende tijden (t) vanaf het begin van de opstuwing. De bergingscoëfficiënt (μ) bedraagt hier (zoals we eerder gezien hebben) 0,2 en het doorlaatvermogen (kD) 100 m^2/etm.

Voor x = 100 m en t = 24 dagen vinden we voor h/h_o = 0,55. Dat is dus iets minder dan de waarde 0,66 voor de relatieve grondwaterstandsverhoging (h/h_o), die we in par. 4.9 vonden.
De situatie zoals fig. 15 D_2 die geeft, kan ook worden benaderd met een oneindige reeks van termen, elk gelijk aan formule 4.4 met een geschikte opschuiving in de tijd (niet aan te raden).

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Zowel uit de berekeningen hier boven als uit de waarnemingen (zie par. 4.14) blijkt dat de voortplanting van de grondwaterstandsverhoging vrij snel verloopt tot enkele honderden meters afstand. Dit betekent dat met opstuwing alleen gedurende de zomer voldoende verbetering zal worden bereikt. Om extra wateroverlast in het winterhalfjaar te vermijden lijkt het daarom raadzaam de opstuwing te beperken tot het zomerseizoen.

We vervolgen nu met vraag 1.

De gewenste grondwaterstand hangt af van de eisen van de vegetatie, de aard van de bodem en de topografische gesteldheid. De belangrijkste bodemeigenschappen zijn in dit verband de dikte van de humushoudende bovengrond en de grofheid van de zandondergrond. De grofheid van de zandondergrond is van betekenis voor de gewenste grondwaterstand in verband met het vermogen tot capillaire nalevering vanuit het grondwater (zie par. 4.13).

De topografische gesteldheid is van belang, omdat het bij eventuele hoogteverschillen niet mogelijk is de grondwaterspiegel hier volmaakt bij aan te passen. In dit geval zal de meest gunstige gemiddelde grondwaterdiepte moeten worden gekozen. Over de optimale grondwaterstand van blauwgraslanden, is nog weinig bekend. Het onderzoek naar de relaties bodemontwikkeling, grondwaterstand en vegetatietype is nog in volle gang. Vast staat wel dat er in de winter en voorjaar zoniet inundatie dan toch wel een hoge grondwaterstand vereist is. Hoewel moeilijk is aan te geven welke grondwaterstand in de zomer is vereist om droogteschade te voorkomen, mag men aannemen dat deze niet zal optreden zolang het blauwgrasland potentiëel kan blijven verdampen. Dit impliceert, dat de gewasverdamping ongeveer achttiende van de open waterverdamping moet bedragen ($E_{pot} = 0{,}8\ E_o$). Als eerste benadering kan worden gesteld dat blauwgrasland en cultuurgrasland nagenoeg dezelfde verdamping hebben. Die wordt immers vrijwel geheel bepaald door de energiebalans en slechts weinig door de aard van de graslandvegetatie, indien de watervoorziening voldoende is.

Voor de kennis van blauwgraslanden is van belang dat een registratie plaats vindt in bestaande blauwgraslandpercelen van waterstanden, het gevoerde beheer en de ontwikkeling van de vegetatie. Om het inzicht in droogteschade aan de vegetatie in natuurgebieden

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

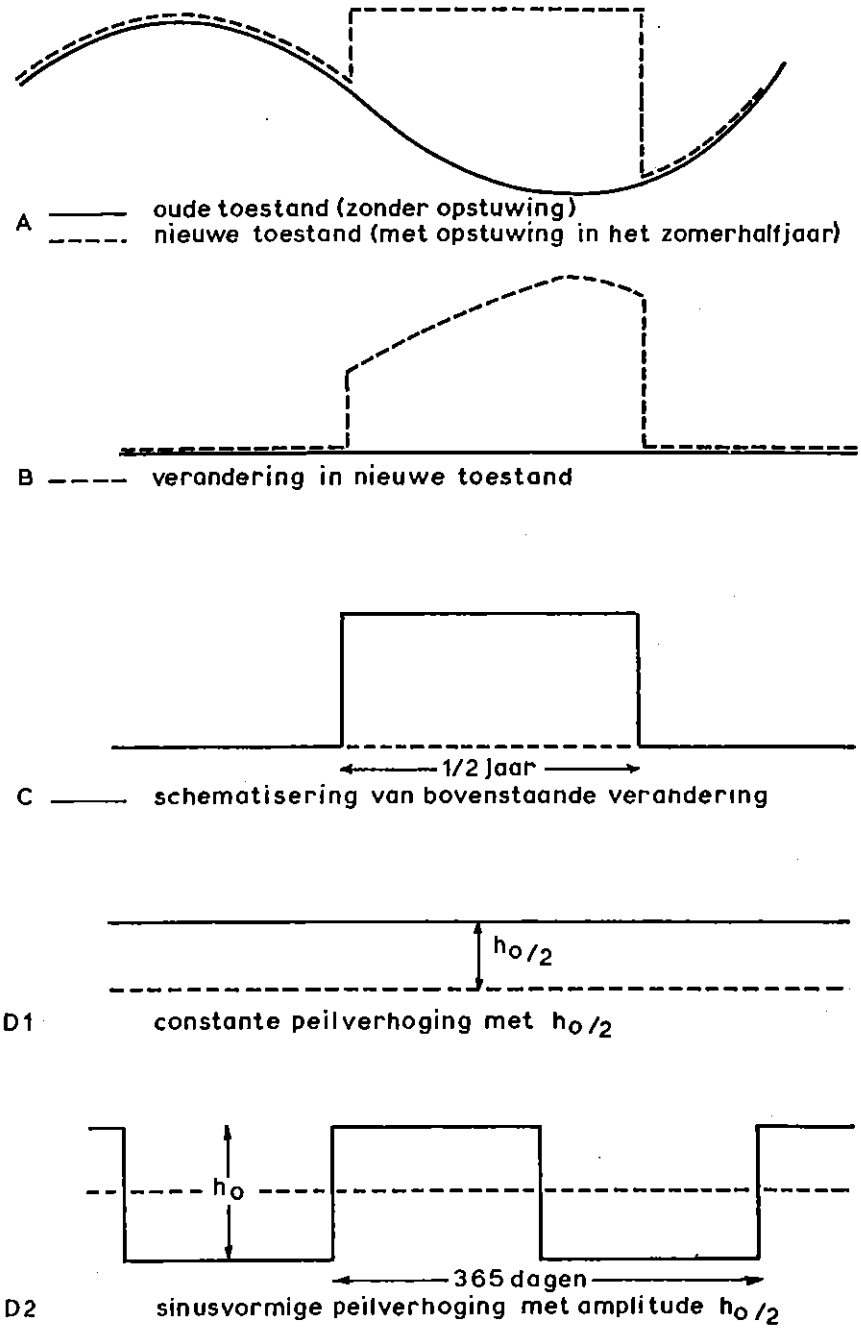


Fig. 15. Verandering in het beekpeil t.g.v. opstuwing in het zomerhalfjaar

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

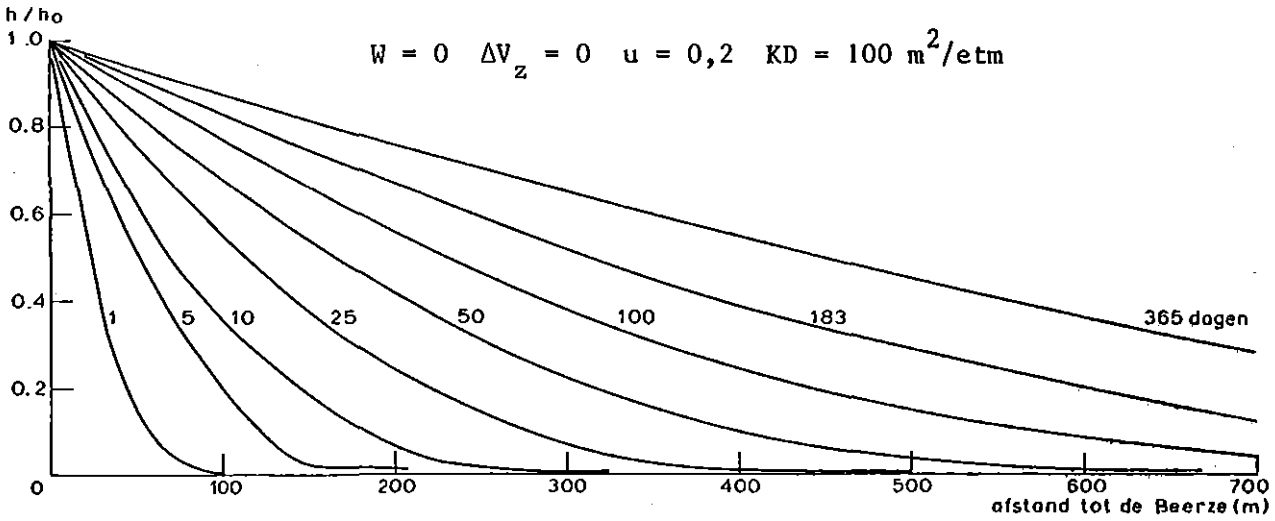


Fig. 16. Voortplanting in de grond van een plotselinge peilverandering in de Beerze volgens formule 4.4

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

te verdiepen kan wellicht gerefereerd worden aan de ervaring, opgedaan met landbouwgewassen.

Over de hoeveelheid water, die door de grond weg zal stromen naar gebieden met lagere grondwaterstanden is weinig met zekerheid bekend. Vast staat wel dat vooral in de onmiddellijke nabijheid van de stuw een afstroming plaats vindt onder invloed van de drainerende werking van de Beerze beneden de stuw, waar het open waterpeil (niet aanzienlijk) lager is dan boven de stuw.

4.11. Invloed van de opstuwing in bovenstroomse landbouwgebieden

Wat zullen de gevolgen zijn van opstuwing van het Beerze water voor de verder stroomopwaarts gelegen landbouwgebieden en voor de cultuurgraslanden ten noorden van de Beerze binnen de Smalhoeken? De invloed van deze opstuwing kan verwaarloosd worden voor landbouwgebieden bovenstrooms van de Kampinasche Heide. Tengevolge van de grote weerstand in het nog meanderende deel van de Beerze binnen het reservaat zal de invloed van de opstuwing waarschijnlijk voor het punt waar de Beerse Kampina binnenkomt uitgewerkt zijn. Bovendien is het deel van de Beerze stroomopwaarts van Kampina tot de volgende stuw een transportleiding, dat wil zeggen dat dat deel van de Beerze geen ontwaterende funktie heeft. Het omringende landbouwgebied wordt ontwaterd door de Heiloop.

Wat betreft de cultuurgraslanden ten noorden van de Beerze in de Smalbroeken, deze zijn voor het grootste deel nu al te nat en zullen bij verdere verhoging van het Beerzepeil nog natter worden. De opbrengst zal daardoor verminderen en de beweidbaarheid nog verder afnemen. Zoals in zoveel gevallen zien we ook hier weer dat een bepaalde maatregel i.c. grondwaterstandsverhoging, die een bepaalde aktiviteit (natuurbehoud) tot voordeel strekt, in het nadeel van een andere aktiviteit (landbouw) kan werken. In dergelijke gevallen dienen tegenstrijdige belangen tegen elkaar afgewogen te worden.

4.12. Capillaire opstijging algemeen

Een goed inzicht in het mechanisme van de capillaire opstijging op een bepaald moment wordt gegeven door de zogenaamde stijghoogtetabellen. Deze tabellen laten voor een bepaald profiel zien welke

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

capillaire stijghoogten bereikt kunnen worden bij een bepaalde vochtspanning en capillaire stijgsnelheid.

Er bestaan reeds enige tijd stijghoogtetabellen voor standaardprofielen, ontwikkeld door Rijtema. Inpassen van de beschikbare textuur kenmerken in een van de (20) stijghoogtetabellen is echter weinig bevredigend, omdat veel van de waarnemingsnauwkeurigheid verloren gaat. Bovendien worden de profielen geacht homogeen te zijn, wat slechts sporadisch voorkomt. Nu is door BLOEMEN een methode ontwikkeld om voor meerlagige profielen op basis van de textuur en het humusgehalte van de grond en rekening houdend met de profielopbouw, stijghoogtetabellen te berekenen. De stijghoogtetabellen worden hierbij berekend voor een bepaalde grondwaterstandsdiepte. De hoogte boven het grondwater van de overgangen tussen de opeenvolgende lagen moet in de berekening betrokken worden.
Zoals we zullen aantonen kan de bepaling van de vochtspanningscurve, die over het algemeen gebruikt wordt voor de bepaling van de capillaire doorlatendheid als funktie van de vochtspanning, achterwege blijven, evenals de bepaling van de luchtintreewaarden Ψ_a (vochtspanning, waarbij lucht in de poriën doordringt) en de verzadigde doorlatendheid (K_s). Hierdoor kan veel tijd bespaard worden.

Voor het berekenen van de onverzadigde doorlatendheid (ook wel capillair geleidingsvermogen genoemd) is door BLOEMEN gebruik gemaakt van de volgende formule, ontwikkeld door BROOKS en COREY (1964):

$$K(\Psi) = K_s \left(\frac{\Psi_a}{\Psi}\right)^n \qquad (4.5)$$

$K(\Psi)$	= capillair geleidingsvermogen bij vochtspanning Ψ	cm/etm
K_s	= verzadigde doorlatendheid	cm/etm
Ψ_a	= zuigspanning, waarbij lucht in de poriën doordringt (luchtintreewaarde)	cm
n	= maat voor de poriëngrootteverdeling in de grond, die tevens aangeeft hoe snel $K(\Psi)$ afneemt, als Ψ toeneemt	

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Zolang de zuigspanning (Ψ) kleiner is dan de luchtintreewaarde (Ψ_a) is de doorlatendheid gelijk aan K_s (verzadigde doorlatendheid).

Om deze formule te kunnen gebruiken zijn passende waarden nodig voor de constanten K_s, Ψ_a en n. Deze parameters kunnen nu berekend worden uit de textuureigenschappen en het humusgehalte van het betreffende profiel door middel van simpele funkties, die empirisch bepaald zijn.

Uit de granulaire samenstelling wordt de mediaan bepaald. Bovendien wordt een faktor f, de korrelgrootteverdelingsindex,berekend, waarin de korrelgrootteverdeling van de minerale bestanddelen tot uitdrukking komt. Uit deze korrelgrootteverdelingsindex f en het humusgehalte kan de exponent n in de formule van Brooks en Corey berekend worden. De verzadigde doorlatendheid (K_s) en de luchtintreewaarde (Ψ_a) kunnen berekend worden als een funktie van f en het mediaancijfer.

Voor de bepaling van de stijghoogten (z) is een computerprogramma ontwikkeld. Hierbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$dz = \frac{v}{\frac{v_z}{k} + 1} d\Psi \qquad \text{voor } \Psi > \Psi_a \tag{4.6}$$

v_z =	verticale stroomsnelheid	cm/etm
k =	onverzadigde doorlatendheid	cm/etm
Ψ =	vochtspanning	cm
z =	afstand tot het freatisch vlak	cm

Voor $\Psi < \Psi_a$ wordt k vervangen door k_s, de verzadigde doorlatendheid.

Omdat de k-Ψ relatie bekend is (formule 4.5) kan z met behulp van formule 4.6 als funktie van Ψ berekend worden bij verschillende waarden van de capillaire stijgsnelheid (v) van het bodemvocht. Deze formule vormt de basis van het computerprogramma, waarmee tenslotte de stijghoogtetabellen berekend worden. De berekening geschiedt door numerieke integratie.

Hoewel de capillaire opstijging van het bodemvocht van het grondwater naar de wortelzone in feite een niet stationaire (onverzadigde) stroming is, wordt dit stromingsproces voldoende benaderd als veron-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

dersteld wordt dat de opstijging naar de wortelzone een successie van stationaire stromingstoestanden doorloopt (de z.g. quasi stationaire beschouwingswijze).

4.13. Capillaire opstijging perceel 15

Graag zouden we willen weten bij welke grondwaterstand nog net geen droogteschade aan de vegetatie optreedt, dat wil zeggen: zodat het grasland zomers potentieel kan blijven verdampen (zie par. 4.10). In een normaal jaar is in de zomermaanden, bij een reduktiefaktor voor de potentiële verdamping van gras van 0,8 (E_{pot} = 0,8 E_o) een verdampingsoverschot aanwezig van 115 mm. Voor het gemak stellen we dat de potentiële verdamping van gras in de zomermaanden gelijk is aan 3 mm/etm. De grondwaterdiepte moet dus zodanig gekozen worden, dat de capillaire nalevering vanuit het grondwater voldoende groot is om een verdamping van 3 mm/etm te doen plaatsvinden.

Van een profiel, dat representatief geacht wordt voor perceel 15 heeft een uitgebreide granulaire analyse plaatsgevonden met behulp waarvan op de wijze die we in de vorige paragraaf gezien hebben stijghoogtetabellen berekend kunnen worden. Om een goed inzicht te krijgen in het capillaire potentieel van het profiel zullen de stijghoogtetabellen berekend moeten worden bij verschillende grondwaterstanden. In tabel 4.2 zijn voor verschillende lagen van het profiel onder de humeuze bovengrond de gegevens verschaft, die nodig zijn om de stijghoogtetabellen te berekenen. De stijghoogtetabellen voor grondwaterstanden van 100 respectievelijk 80 cm-m.v. zijn gegeven in de tabellen 4.3 en 4.4.

Tabel 4.2. Enige gegevens over het bodemprofiel van perceel 15

Diepte (cm)	% humus	Md	f	k_s (cm/etm)	ψ_a (cm)	n
30- 45	0,8	135	1,12	238	29	-3,3
45- 55	0,4	135	1,32	210	33	-4,0
55- 65	0,1	125	1,60	158	41	-5,7
65- 75	0,0	125	1,76	146	38	-6,3
75- 85	0,0	165	1,61	268	31	-5,7
85-100	0,1	135	1,36	206	33	-4,8

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

CALCULATION OF CAPILLARY RISE 06/02/79

SMALBROEKEN

KE = 103.000 LAYER 1 PSIE = 7.3 A = 3.70 ZMAX = 15.
2 7.1 5.60 25.
3 7.8 4.86 35.
4 8.5 4.37 45.
5 7.4 3.07 55.
6 7.0 3.21

GROUND WATER LEVEL = -100 CM

V IN CM/DAY	.500	.400	.300	.200	.150	.100	.060	.040	.020	.010
PSI IN CM				Z IN CM						
20.	17.8	18.1	18.4	18.8	19.0	19.3	19.6	19.7	19.8	19.9
30.	19.6	20.2	21.0	22.1	23.0	24.1	25.5	27.2	28.7	29.3
40.	19.9	20.5	21.4	22.8	23.9	26.4	30.9	33.5	36.8	38.3
50.	19.9	20.6	21.6	23.0	24.1	28.2	33.6	38.8	44.6	47.3
60.	19.9	20.6	21.6	23.1	24.2	28.9	34.7	43.0	53.3	56.9
100.	20.0	20.7	21.6	23.1	24.2	29.6	38.3	62.3	80.3	88.9
200.	20.0	20.7	21.6	23.1	24.2	29.7	39.2	76.7	104.7	126.8
300.	20.0	20.7	21.6	23.1	24.2	29.7	39.3	79.6	118.2	137.1
500.	20.0	20.7	21.6	23.1	24.2	29.7	39.3	80.9	112.9	142.4
1000.	20.0	20.7	21.6	23.1	24.2	29.7	39.4	81.4	113.9	144.4
10000.	20.0	20.7	21.6	23.1	24.2	29.7	39.4	81.6	114.2	145.0
16000.	20.0	20.7	21.6	23.1	24.2	29.7	39.4	81.6	114.2	145.0

Tabel 4.3. Stijghoogtetabel Smalbroeken bij grondwaterstand 100 cm-m.v.

KE = 0,5 KS

KS = verzadigde doorlatendheid m/s

PSIE $\simeq 0{,}22\ \Psi_a$

Ψ_a = luchtintreepunt cm

A = omgewerkte waarde van n

Z_{MAX} = hoogte onderkant laag boven grondwaterspiegel cm

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

N OF CAPILLARY RISE 06/02/79

GROUND WATER LEVEL = -80 CM

100	LAYER 1	PSIE = 6,8	A = 5,60	ZMAX = 5,		
	2	7,4	4,86	15,		
	3	8,0	4,37	25,		
	4	6,7	3,07	35,		
	5	6,2	3,21			

IN CM/DAY	.500	.400	.300	.200	.150	.100	.060	.040	.020	.010
PSI IN CM				Z IN CM						
20,	19,1	19,3	19,4	19,6	19,7	19,8	19,9	19,9	20,0	20,0
30,	25,6	26,7	27,4	28,1	28,8	29,1	29,5	29,6	29,8	29,9
40,	31,8	33,5	34,7	36,2	37,0	37,9	38,6	39,0	39,5	39,8
50,	36,0	37,6	39,3	41,5	43,1	44,9	46,5	47,6	48,7	49,3
60,	38,0	40,0	42,2	45,3	47,6	50,4	53,2	55,1	57,3	58,6
100,	41,8	43,7	47,0	52,1	56,0	61,7	68,9	74,5	83,1	89,8
200,	42,3	45,3	49,1	55,1	60,0	67,5	78,1	87,5	105,4	125,0
300,	42,5	45,5	49,4	55,6	60,7	68,5	79,8	90,0	110,3	134,2
500,	42,6	45,7	49,6	55,9	61,0	69,0	80,6	91,2	112,7	138,9
1000,	42,6	45,7	49,6	55,9	61,1	69,2	80,9	91,6	113,6	140,7
10000,	42,6	45,7	49,7	56,0	61,2	69,2	80,9	91,8	113,8	141,2
16000,	42,6	45,7	49,7	56,0	61,2	69,2	80,9	91,8	113,8	141,2

. Stijghoogtetabel Smalbroeken bij grondwaterstand 80 cm-m.v.; zie ook tabel 4.2

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

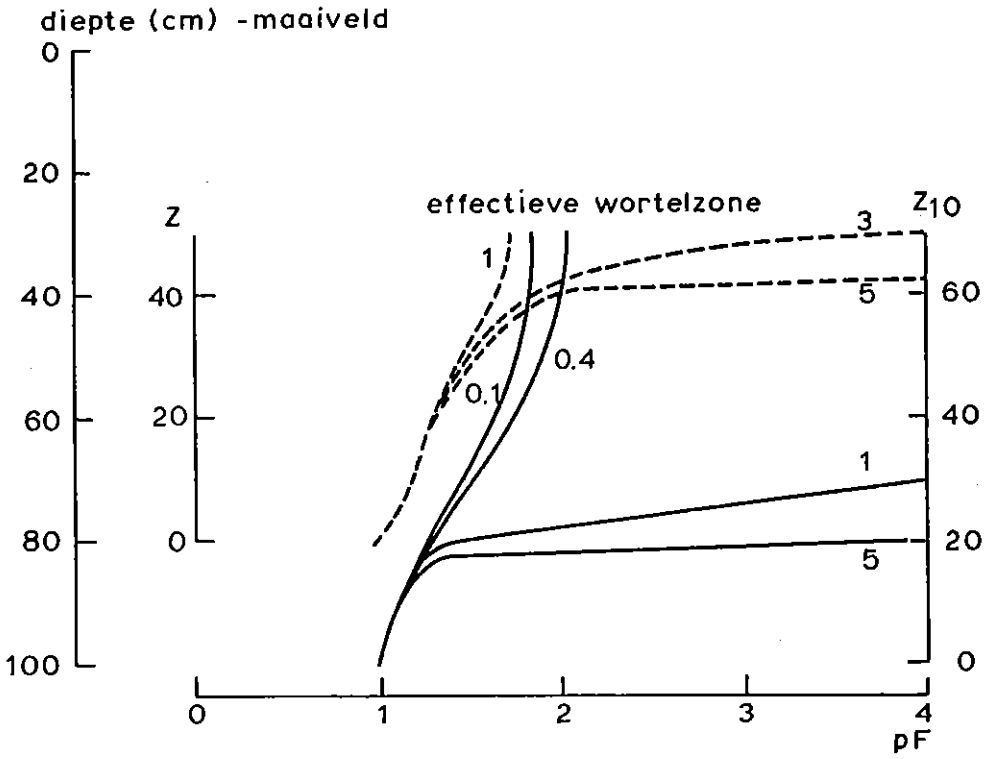


Fig. 17. Vochtspanningsprofielen perceel 15

Smalbroeken

- - - - grondwaterstand 80 cm-m.v.

——— grondwaterstand 100 cm-m.v.

0,4 capillaire stijgsnelheid (mm/etm)

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

De stijghoogten zoals die in de tabellen zijn samengevat kunnen ook grafisch weergegeven worden. We spreken dan over de zogenaamde vochtspanningsprofielen. In fig. 17 zijn enkele van deze profielen getekend voor grondwaterstanden van 100 respectievelijk 80 cm-m.v.

We zien hier bijvoorbeeld dat er bij een grondwaterstand van 100 cm-m.v., een vochtstroom van 0,4 mm/etm een voldoende groot capillair potentieel (81,6 cm zie tabel 4.3) heeft om de onderkant van de effektieve wortelzone te bereiken, dat wil zeggen dat de maximale capillaire stijghoogte van een vochtstroom van 0,4 mm/etm groter is dan 70 cm, de hoogte boven de grondwaterspiegel waar de effektieve wortelzone begint.Een vochtstroom van 0,4 mm/etm en lager heeft onder deze omstandigheden dus geen moeite om de wortelzone te bereiken, in tegenstelling tot een vochtstroom van bijvoorbeeld 1 mm/etm waarvan het capillair potentieel slechts 29,7 cm bedraagt.

Het blijkt dat het betreffende profiel zeer slechte capillaire eigenschappen heeft. Eerst bij een grondwaterstand van iets boven 80 cm-m.v. kan een vochtstroom van 3 mm/etm de effektieve wortelzone bereiken. Wil een zo hoge grondwaterstand in het groeiseizoen aanwezig zijn, dan dient er voor gezorgd te worden dat er een voortdurende toevoer van water vanuit de Beerze optreedt om de onder invloed van de verdamping dalende grondwaterstand aan te vullen.

De gemiddelde maaiveldshoogte van perceel 15 is $\pm$ 8,30 m + NAP. Een opstuwing van de Beerze tot 8,00 m + NAP ter hoogte van perceel 15 zal waarschijnlijk voldoende zijn (de optimale opstuwingshoogte moet mede uit de praktijk blijken).

Het gemiddelde hoogteverschil tussen de peilen bij de peilschalen 42 en 43 bedraagt ongeveer 1,00 m. Dit blijkt uit vergelijking van de waterhoogten bij de beide peilschalen. Gedurende piekafvoeren kan dit verschil echter oplopen tot boven de 2,00 m. De afstand tussen de beide peilschalen is 3600 m. Wanneer we aannemen dat het verval (stijghoogteverschil) tussen de 2 peilschalen een lineair verloop heeft betekent dit dat bij een opstuwing ter hoogte van perceel 15 tot 8,00 m de waterhoogte bij de stuw $\pm$ 7,80 m + NAP zou moeten bedragen.

De zeggingskracht van de stijghoogtetabellen kan in aanzienlijke mate vergroot worden indien bekend is welke vochtspanning er aanwe-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

zig is aan de onderkant van de wortelzone in een bepaalde situatie. Immers van de vochtspanning aan de onderkant van de wortelzone hangt het af hoe groot de potentiële stijghoogte van een bepaalde vochtstroom is.

De vochtspanning aan de onderkant van de wortelzone kan, indien een pF-curve aanwezig is, bepaald worden via een vochtgehaltebepaling van de bovengrond. Het onderhavige profiel is eind september 1978 bemonsterd, waarna een vochtbepaling heeft plaatsgevonden. Met behulp van de pF-curve van leemgrond, ontleend aan door Rijtema afgeleide pF-curven voor een 20-tal standaardprofielen (zie ook par. 5.10), blijkt dat de vochtspanning aan de onderzijde van de wortelzone gelijk was aan $\pm$ 160 cm (pF $\simeq$ 2,2). Omdat de laagste grondwaterstand in 1978 in de 2e helft van augustus opgetreden is, is deze vochtspanningswaarde niet van veel waarde. Immers de grootste vochtleverantieproblemen zullen zich voordoen bij de laagste grondwaterstand.

Omdat de vochtbepaling niet heeft plaatsgevonden tijdens de laagste grondwaterstand en er over het uitdrogingsproces weinig bekend is, kan een berekening van de totale vochtleverantie in het zomerhalfjaar van 1978 niet uitgevoerd worden.

Opgemerkt dient nog te worden, dat de capillaire stijgsnelheid, niet constant is, zoals boven aangenomen was. In het begin van het groeiseizoen zal de capillaire stijgsnelheid bepaald worden door de verdamping en zal de vochtleverantie de vochtonttrekking als gevolg van de gewasverdamping nog wel bij kunnen houden. Deze kan in ieder geval niet groter zijn dan de verdampingsintensiteit. Later in het seizoen kunnen allerlei andere faktoren als beschikbaar vocht en vochtspanningsgradiënt invloed uitoefenen op de grootte van de capillaire opstijging.Zodra aan de onderzijde van de(effectieve)wortelzone de vochtspanning $\Psi > \Psi_a$ wordt,neemt het capillair geleidingsvermogen af als funktie van de vochtspanning,waardoor de capillaire aanvoer terug zal lopen.

4.14. Relatie tussen Beerzepeil en grondwaterstand in de praktijk

Oostelijk van perceel 15 zijn een viertal grondwaterstandsbuizen A, B, C en D geplaatst in een lijn loodrecht op de Beerze (zie fig.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

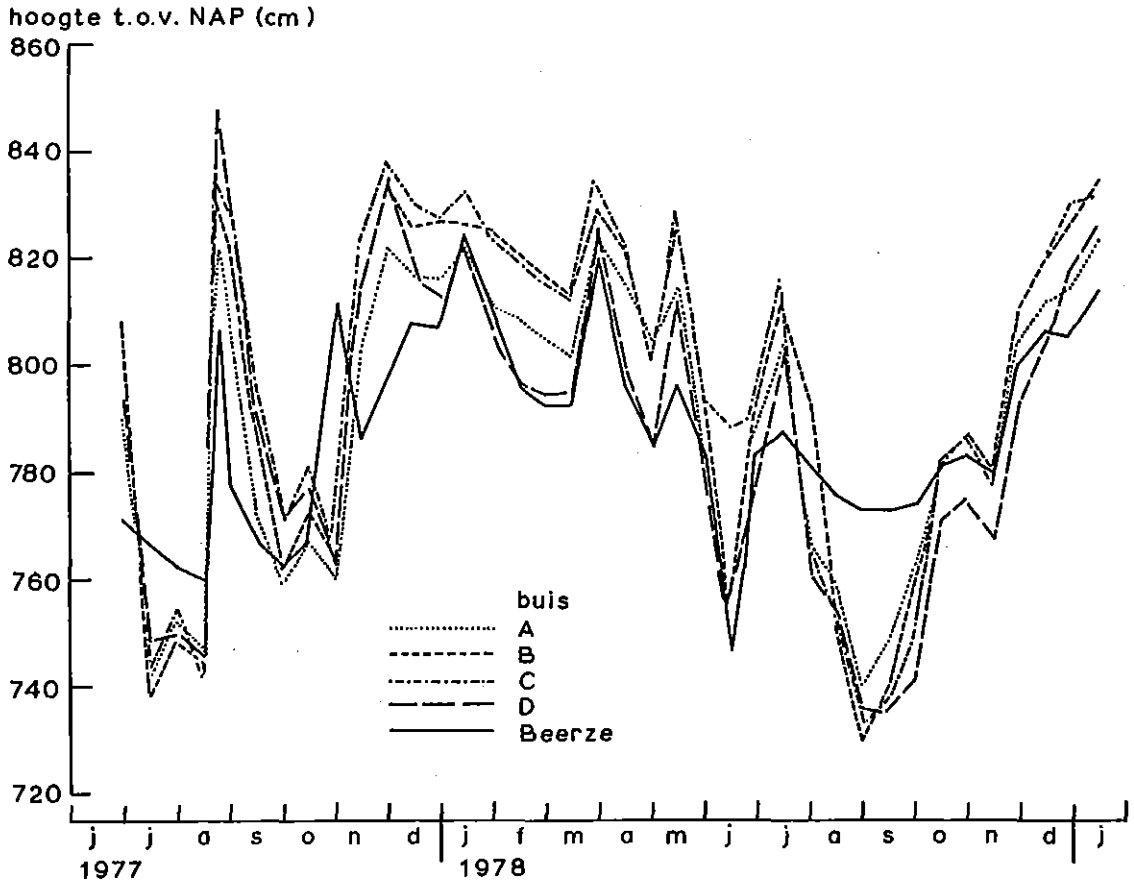


Fig. 18. Tijdstijghoogte diagram objekt I

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

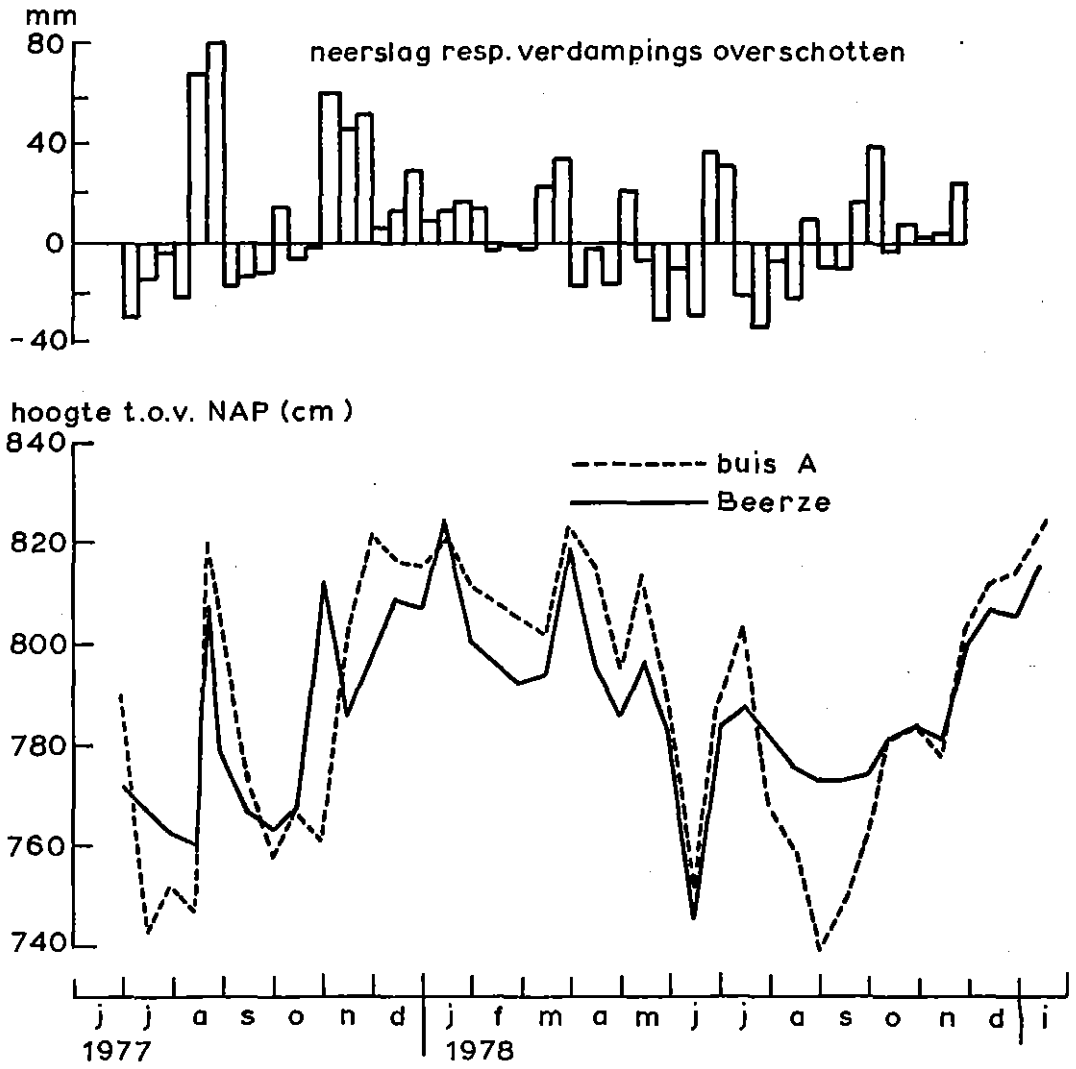


Fig. 19. Tijdstijghoogtediagram buis A en Beerzepeil en neerslag- en verdampingsoverschotten

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

11). Sinds 28 juni 1977 is in deze buizen om de twee weken de grondwaterstand gemeten (BEYE, Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten) evenals de Beerzepeilen ter hoogte van deze raai.

Los hiervan wil ik graag signaleren, dat de overeenkomst tussen de waargenomen grondwaterstanden in de buizen A, B, C en D en de isohypsenpatronen voor het gebied van FONCK (1977) groot is. Wij zullen nu de theoretische beschouwingen in de vorige paragrafen toetsen aan deze waarnemingen in het veld.

In fig. 18 zijn de grondwaterstanden, gemeten in de buizen A tot en met D, uitgezet tegen de tijd. In fig. 19 zijn voor de overzichtelijkheid nog eens de grondwaterstand in buis A en het Beerzepeil gegeven, samen met de neerslag respectievelijk verdampingsoverschotten.

De grondwaterstanden binnen het reservaat volgen op eerste gezicht in grote lijnen het Beerzepeil. Bij nadere bestudering van de verschillende waterhoogten kunnen enkele conclusies getrokken worden.

In de tweede helft van augustus 1977 vertonen de grondwaterstanden en het Beerzepeil een sterke stijging. De stijging is uitsluitend het gevolg van het grote neerslagoverschot in de maand augustus. Van infiltratie vanuit de Beerze kan hier geen sprake zijn, deze staat immers lager dan het grondwater.

In de periode november 1977 tot half februari 1978 is er een voortdurend neerslagoverschot. Het grondwater stijgt dan ook aanvankelijk, maar in december 1977 en januari en februari 1978 is ondanks het neerslagoverschot sprake van een daling. Dit is het gevolg van drainage door de Beerze, welke nu een aanzienlijk lager peil heeft dan het grondwater. Blijkbaar is er enige tijd nodig, voor de drainerende werking van de Beerze merkbaar wordt, variërend van 3 tot 4 weken, al naar gelang de afstand tot de Beerze.

De pieken rond eind maart en het midden van de maanden mei en juli zijn weer het gevolg van overtollige neerslag in deze periode, waarop alle 4 de buizen nagenoeg identiek reageren. De snelle reaktie op neerslag (en verdamping) is het gevolg van het relatief kleine bergend vermogen van de grond. Uit de waarden voor neerslagoverschot voor perioden met duidelijke grondwaterstandsveranderingen en vervolgens daaraan toegevoegd gemiddelde bedragen voor afvoer kan worden afgeleid dat de bergingscoëfficiënt ongeveer 0,15 moet zijn. Dat is lager

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

dan de waarde, die gevonden is uit de vochtgehaltebepalingen (zie eind par. 4.9).

De daling van de grondwaterspiegel in midden juni 1978 is hoofdzakelijk gevolg van het verdampingsoverschot in deze periode. Omdat tussen het peil van de Beerze en de grondwaterspiegel nauwelijks verschil is zal van een drainerende werking van de Beerze hier geen sprake kunnen zijn.

Vanaf half juli beginnen de grondwaterstanden snel te dalen ten gevolge van het aanwezige verdampingsoverschot. Er ontstaat een aanzienlijk hoogteverschil tussen het Beerzepeil en de grondwaterstanden in het gebied. Toch duurt het nog tot eind augustus voor de infiltratie vanuit de Beerze merkbaar wordt en de grondwaterstanden weer gaan stijgen. Omdat pas in de tweede helft van september het verdampingsoverschot omslaat in een neerslagoverschot zal de stijging in hoofdzaak gevolg zijn van infiltratie vanuit de Beerze. Vanaf het moment waarop infiltratie mogelijk is tot het moment,waarop de infiltratie merkbaar wordt en de grondwaterstanden weer gaan stijgen, zijn gemiddeld 4 weken verstreken. Omdat de waterhoogten slechts 1 x in de 2 weken zijn opgenomen, is het moeilijk deze tijdsduur per buis nader te specificeren. Maar aangenomen mag worden dat de verandering in de grondwaterstand langer uitblijft naarmate de afstand tot de Beerze groter is. Buis A reageert sneller op het Beerze peil dan de verder van de Beerze verwijderde buizen B en C. Buis D, die het dichtst bij de Heiloop staat, reageert weer duidelijk anders onder invloed van drainerende werking van de Heiloop (Eind jan. '78 was de waterspiegeld van de Heiloop 4 cm beneden de grondwaterspiegel in buis D).

De volgens de formules 4.2 en 4.4 berekende tijd, die zou verstrijken, vóór de verandering van het Beerzepeil zich manifesteert in verandering van de grondwaterspiegel op verschillende afstanden van de Beerze, is korter dan de tijd, die we in werkelijkheid waarnemen. Dit is het gevolg van het feit dat bij het opstellen van deze formules is aangenomen, dat de capillaire opstijging zomede de radiale- en intreeweerstand gelijk zijn aan nul, wat natuurlijk niet het geval is.

4.15. C o n c l u s i e

In veel natuurgebieden zijn de hydrologische omstandigheden van grote betekenis voor flora en fauna. Over de onderlinge relaties is evenwel nog weinig bekend, terwijl schade moeilijk is te kwantifice-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

ren. Bij natuurterreinen zal grondwaterstandsverlaging kunnen leiden tot zowel verdroging, als tot mineralisatie van organische stoffen. Hierdoor komen voedingsstoffen vrij hetgeen tot eutrofiëring leidt.

In tegenstelling tot de schade in natuurterreinen is de schade in landbouwgebieden tengevolge van opbrengstdaling veelvuldig onderzocht. De bij het onderzoek in landbouwgebieden ontwikkelde methodieken kunnen wellicht van dienst zijn bij de bepaling van schade aan natuurgebieden. Hierbij moet echter niet uit het oog verloren worden, dat het bij landbouwgewassen in de eerste plaats om de opbrengst gaat. Het is wenselijk om voor objekten waar zich veranderingen in de milieu-omstandigheden (b.v. grondwaterstandsdaling) voorgedaan hebben, na te gaan of en op welke wijze de vegetatie zich onder invloed daarvan wijzigt.

Met behulp van formules is een poging gedaan het stromingsproces van het grondwater in het gebied te beschrijven. Hierbij moet in gedachte worden gehouden, dat analytische rekenmethoden alleen toepasbaar zijn bij eenvoudige gevallen. Bij een meer gecompliceerde opbouw van het beschouwde gebied (b.v. plaatselijke variaties in transmissiviteit (kD) en/of bergingscoëfficiënt (μ)) moet men in de regel (zoals hier ook gebeurd is) deze variaties verwaarlozen, terwijl ingewikkelde situaties tot eenvoudiger voorwaarden moeten worden geschematiseerd.

De voortplanting van de hoogte van het Beerzepeil in het grondwaterpeil van de aanliggende percelen wordt redelijk beschreven door de formules 4.2 en 4.4, waarbij in gedachte moet worden gehouden, dat de radiale- en intreeweerstand en de verandering in de capillaire opstijging zijn verwaarloosd, en de situatie dus (iets) te gunstig wordt weergegeven.

Het grondwater blijkt snel en sterk te reageren op neerslag en verdamping. Dit is het gevolg van de kleine berging. De grondwaterstand reageert derhalve op regen- en verdampingsoverschotten met grote stijging en respectievelijk dalingen.

Om potentiële verdamping van de vegetatie gedurende het groeiseizoen mogelijk te doen zijn mag de grondwaterspiegel niet verder dalen dan 80 cm-m.v. Dit betekent dat om het grondwaterpeil in het groeiseizoen op dit hoge niveau te kunnen handhaven, een voortdurende aanvoer vanuit de Beerze in stand dient te worden gehouden, opdat

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

ook bij hoge verdampingsoverschotten een capillaire aanvoer van 3 mm/etm gewaarborgd blijft.

Het huidige Beerzepeil is zomers vrijwel altijd te laag om de grondwaterspiegel voldoende hoog te houden. Bij opstuwing van de Beerze zal dit wél mogelijk zijn. De opstuwing zou ruim vóór het begin van het groeiseizoen plaats moeten vinden, omdat de grondwaterspiegel enige tijd nodig heeft om zich aan het nieuwe Beerzepeil aan te passen. Gemakkelijk zou het zijn om de Beerze gedurende het hele jaar op te stuwen. Dit zou echter een zekere mate van wateroverlast in het winterhalfjaar tot gevolg hebben. Landbouwgronden stroomopwaarts van het reservaat zullen geen hinder ondervinden van de opstuwing, omdat deze daar al uitgewerkt zal zijn.

Bij opstuwing van de Beerze zal de grondwaterstand in het gebied een vorm aannemen als in fig. 16. Deze laat zien dat met toenemende afstand tot de Beerze de grondwaterstand meer zal afwijken van het opgestuwde beekpeil. Bovendien moet rekening gehouden worden met de drainerende werking van de Heiloop, het wegzijgen van water door de grond naar gebieden met lagere grondwaterstand zoals het gedeelte van het Beerzedal beneden de stuw, en het onregelmatig reliëf van het terrein. Een grondwaterstand, waarbij de laagste delen van het terrein niet of nauwelijks onder water staan lijkt een compromis. Hogere grondwaterstand betekent rechtstreeks kontakt van het eutrofe Beerzewater met de vegetatie, terwijl lagere grondwaterstand schade aan de vegetatie tot gevolg heeft door verdroging en minderalisatie tengevolge van betere doorluchting van de bovengrond.

Bij een opstuwing van de Beerze tot $\pm$ 30 cm lager dan het maaiveld ter hoogte van perceel 15, zal het Beerzepeil bij de stuw 7,80 m + NAP bedragen.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

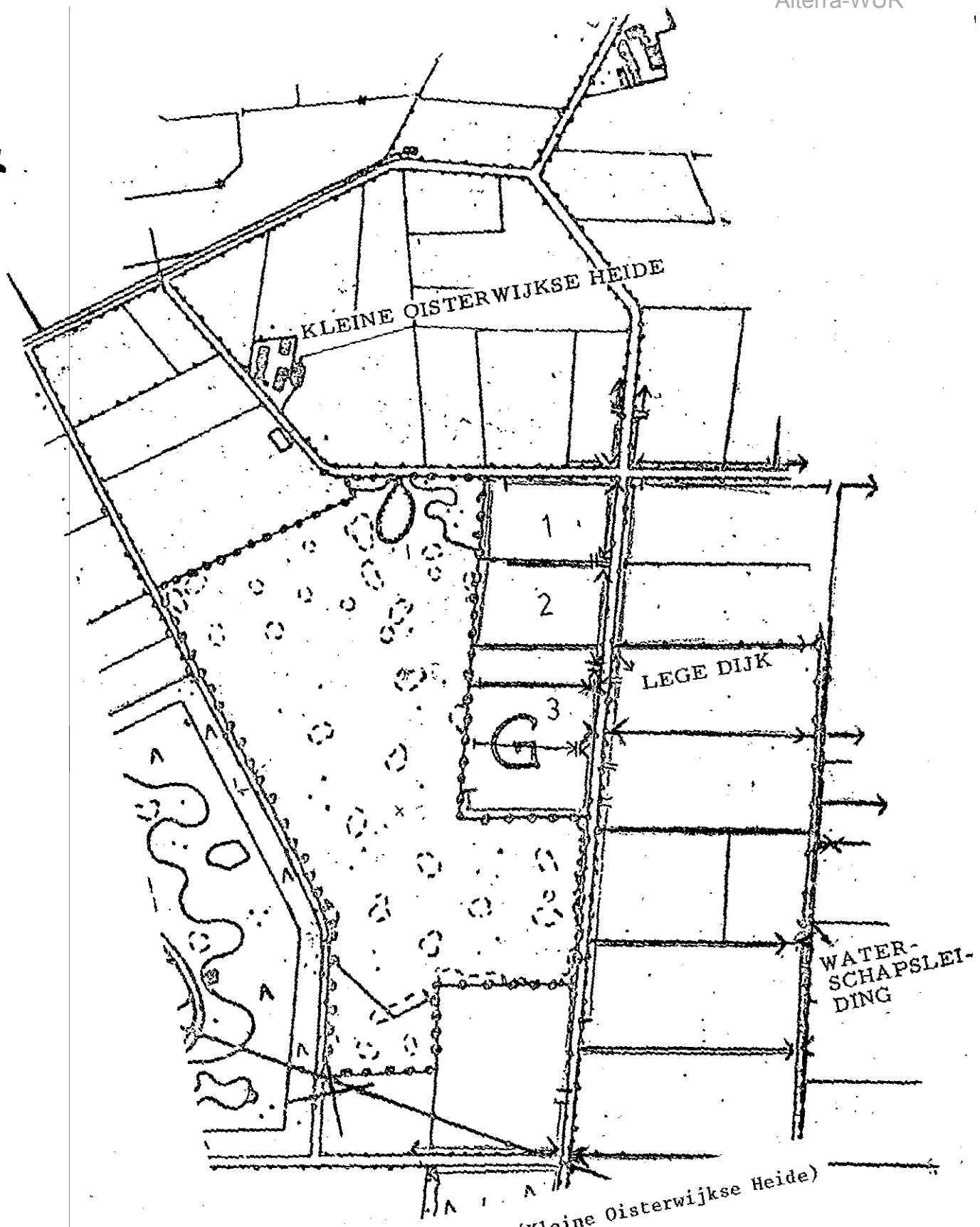


Fig. 20. Proefgebied G_1 (Kleine Oisterwijkse Heide)

schaal 1:5000

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

5. KLEINE OISTERWIJKSE HEIDE

5.1. A l g e m e e n

De Kleine Oisterwijkse Heide is gelegen ten oosten van de weg Oisterwijk-Oirschot ten ZW van proefgebied I_1 (zie fig. 1). Het is een heiderestand van ongeveer 20 ha, een overblijfsel van een veel groter heidecomplex, dat door ontginning aan de landbouw is toegevallen.

Het gebied wordt gekenmerkt door een hogere zandrug, die in de lengte over het terrein loopt. In het noordelijke deel is een kleine zandafgraving gesitueerd, die als vuilstortplaats is gebruikt. Het gehele objekt heeft een zeer onregelmatig reliëf. Uit de hoogtelijnenkaart blijkt dat zich in het westen hogere gronden bevinden dan in het oosten.

De plantengroei wordt hoofdzakelijk bepaald door de relatieve hoogteligging. Zo vinden we op de hogere delen voornamelijk struikhei en opslag van grove den, met daarnaast nog onder andere berken en zomereiken. De lagere delen worden gekenmerkt door een begroeiing van onder andere pijpstrootje, dopheide en plaatselijk klokjesgentiaan. Op sommige plaatsen wordt gagel aangetroffen. Zie voor verdere details betreffende de vegetatie SMEETS en TEVONDEREN (1978).

De Kleine Oisterwijkse Heide wordt beschermd als vogelreservaat. Er zijn een 20-tal soorten broedvogels waargenomen, waaronder het korhoen.

Het gebied is eigendom van één familie maar wordt doorsneden door smalle stroken, die in bezit zijn van landbouwers.

De heide lijkt in zijn huidige vorm de gevolgen te ondervinden van verlaging van de grondwaterstand in de direkte omgeving.

5.2. G e s c h i e d e n i s

De landbouwgronden rondom het natuurgebiedje zijn in de dertiger jaren ontgonnen. Vóór de ontginning was het gebied buitengewoon nat. Daarna is er sprake van een toenemend drogere ligging van heide en cultuurgrond. Rond 1952 heeft een ruilverkaveling plaatsgevonden van een landbouwgebied aan de overzijde van de 'Lege Dijk', die de

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

heide oostelijk begrenst (zie fig. 20). Uit deze tijd stamt de waterschapsleiding, die op een afstand van ± 300 m evenwijdig aan de oostgrens van de heide loopt. De percelen 1, 2 en 3 tussen de heide en de Lege Dijk plus de percelen direkt ten noorden van de heide waren niet bij de ruilverkaveling in 1952 betrokken. Het staat niet vast hoe groot de gevolgen van deze ruilverkaveling zijn geweest voor de hydrologie van het natuurgebied.

De gebruikers hebben in 1968 in eigen beheer een duiker onder de 'Lege Dijk' gelegd ter hoogte van perceel 3. Overtollig water van de percelen 1, 2 en 3 kan nu naar de ruilverkavelingssloot aan de overkant van deze weg worden afgevoerd. De percelen ten noorden van de heide zijn nog steeds zeer nat.

5.3. Bodemkundige beschrijving

De Kleine Oisterwijkse Heide en direkte omgeving bestaat uit een vlakte van ten dele verspoelde dekzanden met daarin dekzandruggen. In de heide zelf bevinden zich uitsluitend (meestal zeer goed ontwikkelde) veldpodzolprofielen (Hn 33 en Hn 35). De percelen 1, 2 en 3 staan op de bodemkaart aangeduid met vWp (podzolgronden met moerige bovengrond), evenals een deel van de gronden in het noorden.

Het bodemprofiel binnen de heide is vrij eenvormig van opbouw (zie ook 5.8). Het direkt onder maaiveld beginnende leemarme zand zet zich tot minimaal 2 m-m.v. voort. Wel neemt de grofheid van het zand naar beneden iets toe. Dieper dan 2 m is er op verschillende plaatsen in de heide een laagje zwart lemig, vast veraard veen aangetroffen. Op een overzichtskaartje (fig. 21) staan de punten ingetekend waar het veenlaagje is aangetroffen met daarbij de diepte van de bovenzijde.

Als op een bepaalde plaats deze laag niet is aangetroffen wil dat niet zeggen, dat deze er dan ook niet is. Vaak was het door het inkalven van het boorgat beneden de grondwaterspiegel niet mogelijk tot voldoende diepte te boren.

In de percelen 1, 2 en 3 zit de laag ondieper dan in de heide zelf. Maar deze weilanden liggen duidelijk lager dan de heide. Het lijkt er op dat deze laag een ongeveer horizontale afzetting vormt

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

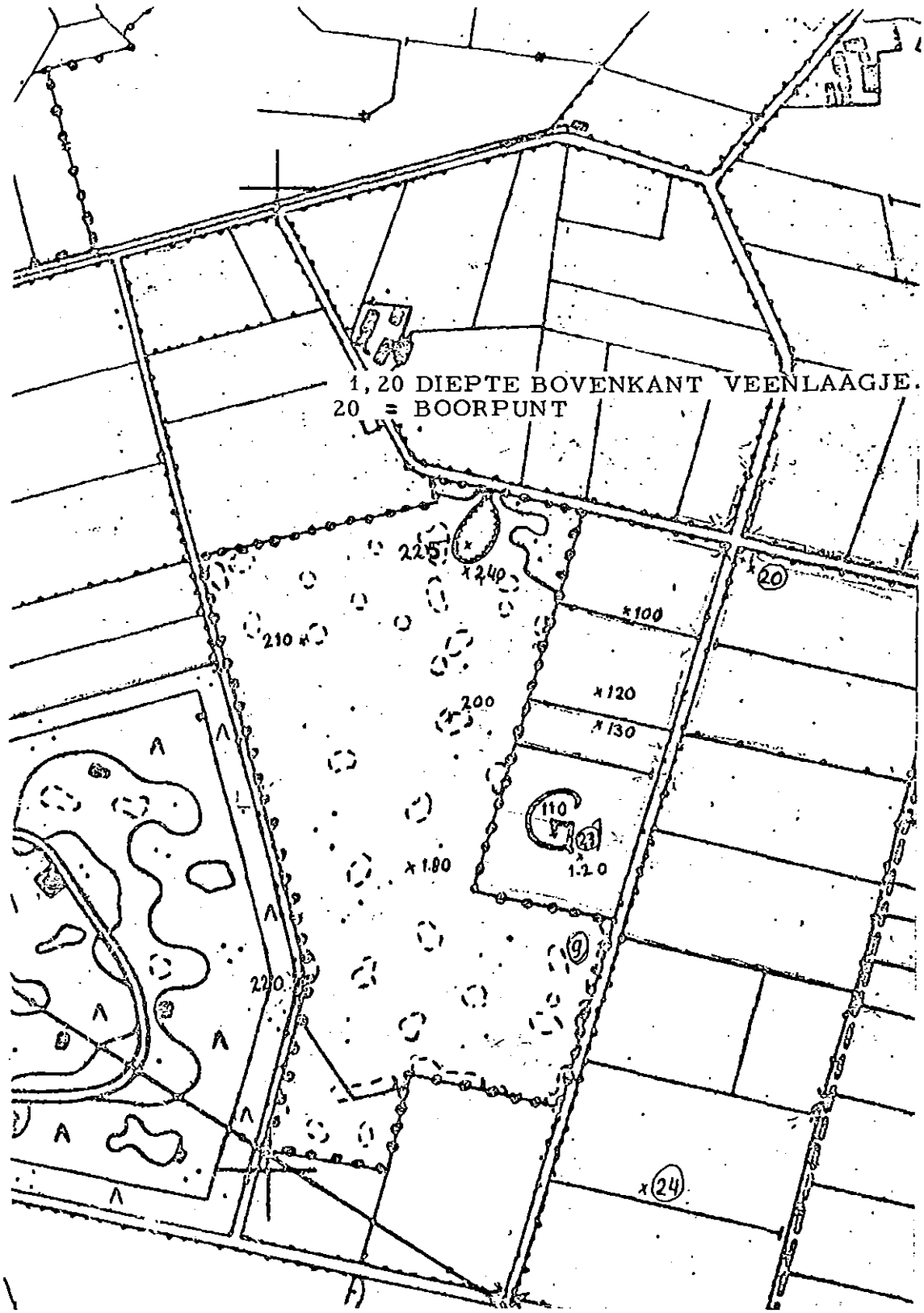


Fig. 21. Plaats boorpunten en diepte veenlaagje Kleine Oisterwijkse Heide

schaal 1:5000

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

in een groot deel van het gebied, mogelijk ontstaan in een relatief warme vochtige periode gedurende het pleistoceen. Waar de betreffende laag is aangeboord, varieert de dikte tussen 5 en 15 cm. Deze laag lijkt op het eerste gezicht ondoorlatend, maar is het niet zoals we verderop zullen zien. Wegens technische onvolkomenheden en weersomstandigheden is het niet gelukt de veenlaag te bemonsteren.

Boorpunt 9 (zie fig. 21) is de enige plaats in de heide waar (bruin brokkelig) veen in de ondergrond is aangetroffen. Van het grootste deel van de percelen 1, 2 en 3 is de bovengrond zandig, plaatselijk komt brokkelig veen dieper dan 120m-m.v. voor.

In de punten 23 en 24 komt in de ondergrond zwart zandig respectievelijk bruinkorrelig veen voor. Op punt 23 is leem aangetroffen van 2,30 tot 4,00 m-m.v. en op punt 20 van 2,30 tot 2,50 m-m.v.

In de weilanden tussen de Lege Dijk en de ruilverkavelingssloot komt in de bovenste 4 m voornamelijk leemarm zand voor. In punt 24 is tussen 1,20 m en 1,80 m en tussen 2,60 en 3,00 m-m.v. leem aangetroffen.

5.4. W a t e r h u i s h o u d i n g

Afstroming uit het heidegebied via een slotenstelsel is niet mogelijk. Vooral in het noorden van de heide bevindt zich een aantal ondiepe smalle sloten, mogelijk een restant van een vroegere ontginningspoging. Bovengrondse afvoer via deze greppels lijkt niet plaats te vinden, behoudens bij zeer overvloedige regenval. Ondergrondse afvoer naar de waterschapsleiding oostelijk van de heide moet aannemelijk worden geacht (FONCK, 1977).

Zoals al opgemerkt in par. 5.2 wateren de percelen 1, 2 en 3 sinds 1968 af via een duiker onder de Lege Dijk. Het patroon van waterlopen van het gebied tussen de heide en de waterschapsleiding staat ingetekend in fig. 20.

Via de waterschapsleiding en de Heiloop komt het water tenslotte in de Beerze.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

5.5. Grondwateronttrekking

Niet ver van de Kleine Oisterwijkse Heide, halverwege Spoordonk is door de Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant (WOB) het pompstation 'Oirschot' gepland dat in 1980 in bedrijf moet komen. Daarbij zal alleen aan de tweede watervoerende laag (afzettingen van het Icenien) (zie 1.3.2.4) water worden onttrokken.
Er is voor dit pompstation door de WOB een capaciteit aangevraagd van 8 miljoen m^3/jaar. Deze aanvraag ligt (dec. '78) voor advies bij de Commissie Grondwateronttrekking Waterleidingbedrijven (COGROWA). Of de landbouw en de natuurlijke kwaliteiten van het gebied schade zullen ondervinden van deze onttrekking is moeilijk zo te zeggen. Van betreffende rapporten kon geen inzage worden verkregen, gezien het vertrouwelijke karakter ervan.

De deklaag heeft hier een dikte van $\pm$ 20 m met een slecht doorlatend dek van $\pm$ 5 m. Op ca. 20 m-maaiveld bevinden zich fijnzandige afzettingen en/of klei. Het tussenliggend pakket bezit blijkens diverse pompproeven in dit gebied, een doorlaatvermogen kD van 100 m^2/dag en de weerstand c van de zich op ca. 20 m diepte bevindende laag bedraagt 400 dagen.

5.6. Invloed grondwaterstandsverlaging in de omgeving op het grondwaterpeil in het heidereservaat

SMEETS en TEVONDEREN (1978)zijn van mening dat, ondanks het voorkomen van een aantal voor natte heide kenmerkende soorten,toch sprake is van een nivellering van de vegetatie in het gehele gebied, als gevolg van grondwaterstandsdaling. Gedacht moet worden dat de feitelijke oorzaak van een storing in de vegetatie moeilijk is vast te stellen vooral omdat het vaak lange tijd kan duren voor zich een nieuw evenwicht heeft ingesteld.

Wegens het ontbreken van grondwaterstandsgegevens uit vroegere jaren kan niets met zekerheid gezegd worden over de mate van grondwaterstandsdaling in het verleden. De stelling, dat de Kleine Oisterwijkse Heide vroeger uitgesproken nat moet zijn geweest wordt niet gesteund door bodemkundige gegevens. Nergens komt veen in de boven-

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

grond voor, uitgezonderd in het meest oostelijke gelegen deel van de heide. Ook andere aanwijzingen ontbreken. Veen is ook aangetroffen in de lager gelegen percelen tussen de heide en de Lege Dijk. Dat verveningen zou hebben plaatsgevonden lijkt niet waarschijnlijk. Overal zijn namelijk ongestoorde podzolen aangetroffen.

Zal de heide tot 1952 en wellicht tot 1968 vrij nat zijn geweest, de ruilverkaveling in 1952(toen is de waterschapsleiding gegraven) en de ontwatering van de percelen 1, 2 en 3 in 1968 zullen de grondwaterstand in de heide stellig hebben beïnvloed. Grondwaterstandsdaling stoort zich nu eenmaal niet aan begrenzing van natuurgebieden.

Omdat de drie percelen tussen de heide en de Lege Dijk niet bij de ruilverkaveling van 1952 betrokken waren, hebben zij tot in 1968 als een hydrologische buffer gefungeerd.

5.7. Afvoer uit het reservaat

Om te weten te komen hoeveel water kan of moet afgevoerd worden uit de heide bekijken we de waterbalans van het reservaat. De toestroming van grondwater van elders naar het objekt stellen we gelijk aan nul (FONCK, 1977) en we veronderstellen dat binnen het tijdsinterval van één jaar geen verandering in de berging optreedt. Zoals we in par. 5.4 zagen, komt oppervlakkige afstroming niet voor. De waterbalans voor een jaar ziet er dan als volgt uit:

$$N = E + A \qquad (5.1)$$

N = neerslag mm
E = evapotranspiratie mm
A = ondergrondse afvoer mm

In tabel 5.1. staan zowel de maandelijkse neerslag- als verdampingsgegevens van een 'normaal' jaar. De neerslaggegevens zijn afkomstig uit het nabijgelegen Oirschot, de verdampingsgegevens zijn de met behulp van de formule van Penman berekende open waterverdampingswaarden ter plaatse van het KNMI-station Gemert. Voor de reduktiefaktor van de potentiële verdamping wordt 0,8 aangenomen.

De waarde van 0,8 E_o voor de potentiële verdamping van een nat

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Tabel 5.1. Berekening van neerslag- en verdampingsoverschotten in de buurt van Oirschot

N = neerslag gemeten te Oirschot (mm)

E_o = verdamping van open water te Gemert, berekend volgens Penman (mm)

Maand	N (mm)	E_o (mm)	N - 0,8 E_o (mm)
januari	66	5	+ 62
februari	52	17	+ 38
maart	46	42	+ 12
april	44	77	- 18
mei	43	108	- 43
juni	56	124	- 43
juli	71	116	- 22
augustus	78	69	+ 23
september	61	60	+ 13
oktober	63	27	+ 41
november	63	10	+ 55
december	58	4	+ 55
	701	659	+173

heidegebied is discutabel. Doch nauwkeurige gegevens hieromtrent zijn niet voorhanden. Aangezien naar zal blijken de aktuele verdamping kleiner is dan de potentiële, (zie par. 5.8) is het neerslagoverschot groter dan de in tabel 5.1 berekende. We rekenen verder met een neerslagoverschot van 250 mm. De gemiddelde afvoer zal dan $\pm$ 0,7 mm/etm bedragen. Omdat de afvoer het grootst zal zijn bij grote neerslagoverschotten (winterhalfjaar) mag men er wel van uitgaan, dat er gedurende die periode 1 mm/etm via het grondwater wordt afgevoerd.

Het is niet gelukt de vertikale doorlatendheid van de vaste veraarde veenlaag in de ondergrond (zie par. 5.3) te bepalen. Om toch een uitspraak hieromtrent te kunnen doen beschouwen we de afvoer uit het heidegebied in het geval de veenlaag ondoorlatend is en in heel

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

het heidegebied voorkomt.

In een buis (zie punt 9 fig. 21), in het meest oostelijke en laagste deel van het heidereservaat, zal de grondwaterstand nauwelijks verschillen met die van de aangrenzende graslandpercelen. Beschouwen we dit peil gelijk aan het grondwaterpeil direkt buiten de heide, dan volgt uit de gemiddelde hoogste grondwaterstanden(GHG)dat 's winters in de heide een gemiddelde opbolling aanwezig is van 45 cm ten opzichte van het grondwaterpeil direkt buiten de heide. Zomers is in de heide van enige opbolling geen sprake (FONCK, 1977).

Volgens Darcy geldt $q = - kD \text{ grad } h$ (m^2/etm), waarbij q = afstroming uit de heide in oostelijke richting (m^2/etm), k = doorlatendheid van het doorstroomde medium (m/etm), D = dikte van de doorstroomde laag (m) en grad. h = de aanwezige potentiaalgradiënt. Bij een potentiaal gradiënt in de heide van $\frac{0,45}{300} = 0,0015$, een doorlatendheid van de grond boven de leemlaag (volgens de boorgatenmethode) van 1,5 m/etm en een hoogte van het grondwater boven de leemlaag van 1,50 m vinden $q \simeq 0,0035$ m^2/etm. De minieme afvoer uit de heide in westelijke richting wordt verwaarloosd.

Uit een eenvoudige beschouwing volgt dat $q = U.\frac{1}{2}L$. Hier is U de afvoercapaciteit (die zoals we hierboven gezien hebben gelijk zou moeten zijn aan 0,001 m/etm) en $\frac{1}{2}L$ ($\simeq$300 m) de gemiddelde afstand tussen de plaatsen met de hoogste opbolling en de rand van de heide. De afvoer q moet gelijk zijn aan de bovenberekende waarde van 0,0035 m^2/etm. Hieruit volgt, dat N uit de 2e formule gelijk is aan 0,0035/300 = 0,00001 m/etm.Dit betekent dat de afvoermogelijkheid boven de veenlaag niet bij benadering voldoende is om het neerslagoverschot van 0,001 m/etm in de winter af te voeren, zodat een groot deel van het neerslagoverschot wordt afgevoerd beneden de veenlaag.Gegeven de oppervlakte, waarover de vaste veenlaag in het gebied aanwezig is zal deze laag van variërende doorlatendheid zijn. Als het potentiaal verschil tengevolge van de vertikale weerstand van de veenlaag (Δh_v) 0,1 m zou bedragen, hetgeen een redelijke veronderstelling lijkt, gegeven het totale stijghoogteverschil t.a.v. het peil in de waterschapsleiding van $\pm$ 1 m (zie par. 5.9) en de relatief grote hoeveelheid water die onder de leemlaag afgevoerd wordt, dan bedraagt $c = \Delta h_v/N = 0,1/0,0007 = \pm$ 150 dagen. Hiermee is langs indirecte weg een waarde gevonden voor de verticale weerstand van de leem. De uitkomst is in vergelijking met wat in andere gebieden gevonden is wat aan de lage kant. Dit kan duiden op een relatief hoge K-waarde, een geringe dikte of het onderbroken zijn van de leemlaag.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

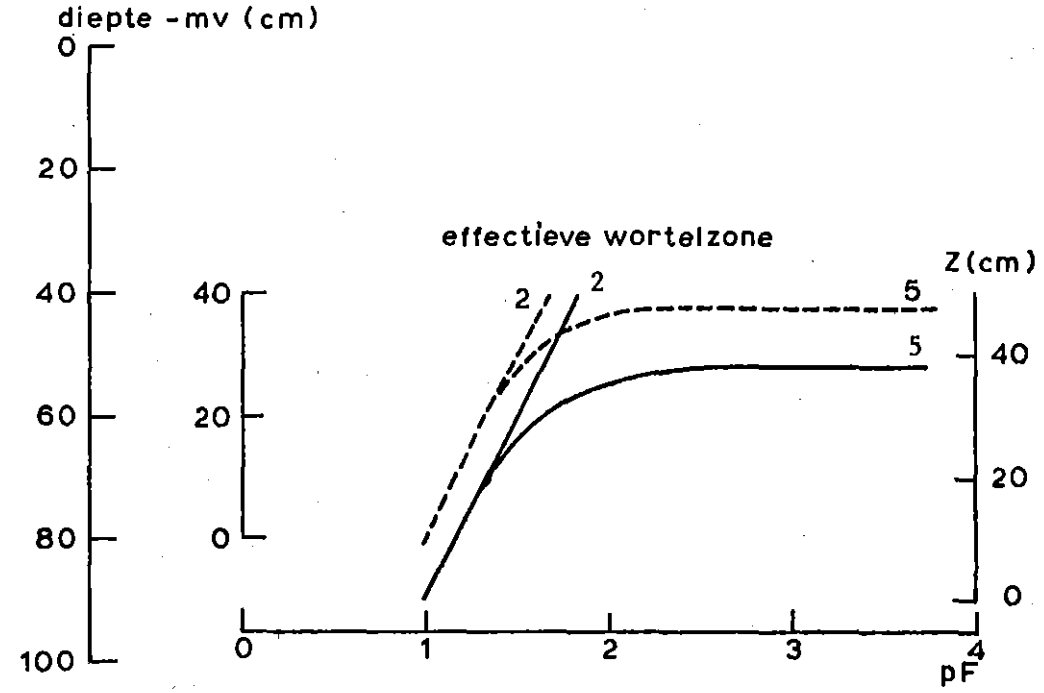


Fig. 23. Vochtspanningsprofielen Kleine Oisterwijkse Heide

- - - grondwaterstand 80 cm-m.v.

——— grondwaterstand 90 cm-m.v.

2 capillaire stijgsnelheid (mm/etm)

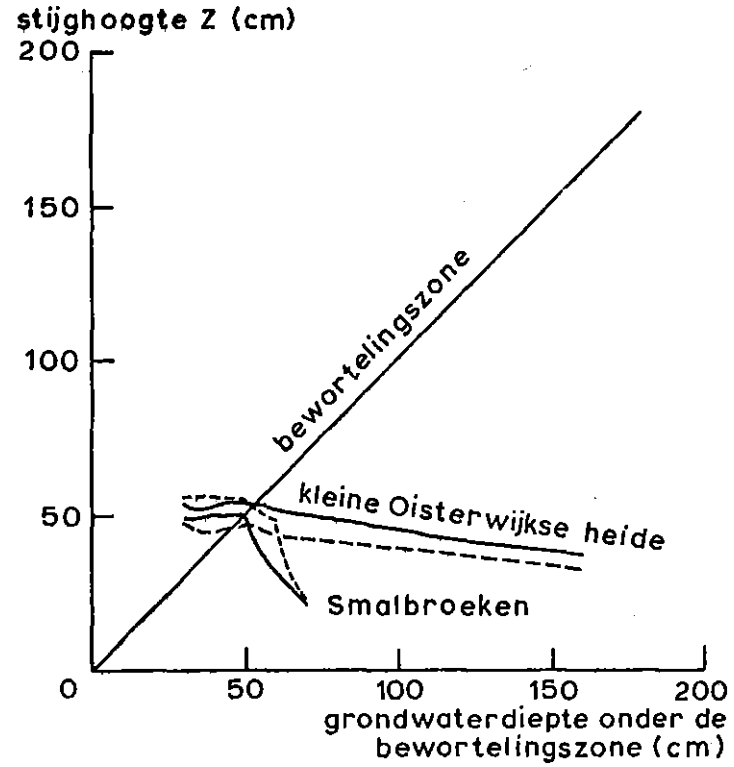


Fig. 24. Samenhang tussen stijghoogte t.o.v. het grondwater en de grondwaterdiepte in 2 bodemprofielen uit de Smalbroeken resp. de Kleine Oisterwijkse Heide voor een capillaire vochtstroom van 3 mm/etm (———) en van 2 mm/etm (- - -)

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

CALCULATION OF CAPILLARY RISE 26/02/79

KLEINE OISTERWYKSE HEIDE

KE = 93.000 LAYER 1 PSIE = 8.6 A = 4.70 ZMAX = 25.
2 9.3 4.59 45.
3 9.9 4.59 60.
4 7.6 3.55 85.
5 8.2 3.99 95.
6 7.7 3.38 120.
7 7.5 3.55 140.
8 8.0 3.45

GROUND WATER LEVEL = -200 CM

V IN CM/DAY	.500	.400	.300	.200	.150	.100	.060	.040	.020	.010
PSI IN CM				Z IN CM						
20.	19.1	19.3	19.4	19.6	19.7	19.8	19.9	19.9	20.0	20.0
30.	24.7	25.3	26.4	27.3	27.9	28.6	29.1	29.4	29.7	29.8
40.	27.5	28.9	30.6	32.5	33.7	35.4	36.9	37.8	38.8	39.4
50.	28.7	30.4	32.4	35.1	36.9	39.4	42.2	44.2	46.6	48.1
60.	29.2	31.0	33.3	36.3	38.4	41.6	45.3	48.5	53.0	55.9
100.	29.7	31.6	34.1	37.5	40.0	43.9	49.9	55.6	69.5	81.7
200.	29.6	31.7	34.2	37.7	40.3	44.3	50.9	56.4	82.6	93.8
300.	29.8	31.7	34.3	37.7	40.3	44.3	51.0	56.5	84.7	95.3
500.	29.8	31.7	34.3	37.7	40.3	44.3	51.0	56.5	85.1	98.7
1000.	29.8	31.7	34.3	37.7	40.3	44.3	51.0	56.5	85.2	99.9
10000.	29.8	31.7	34.3	37.7	40.3	44.3	51.0	56.5	85.2	100.2
16000.	29.8	31.7	34.3	37.7	40.3	44.3	51.0	56.5	85.2	100.2

Tabel 5.3. Stijghoogtetabel Kleine Oisterwijkse Heide bij grondwaterstand 200 cm-m.v.. zie ook tabel 4.3

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

CALCULATION OF CAPILLARY RISE 89/02/79

KLEINE OISTERWIJKSE HEIDE

KE = 89.000 LAYER 1 PSIF = 10.0 A = 4.59 ZMAX = 10.
2 7.6 3.55 35.
3 8.3 3.99 45.
4 7.8 3.38 70.
5 7.6 3.55 90.
6 8.1 3.45

GROUND WATER LEVEL = -150 CM

V IN CM/DAY	.500	.400	.300	.200	.150	.100	.060	.040	.020	.010
PSI IN CM				Z IN CM						
20.	19.3	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0
30.	26.5	27.1	27.7	28.3	28.7	29.1	29.5	29.6	29.8	29.9
40.	31.6	32.1	33.4	35.0	35.9	36.9	38.0	38.5	39.2	39.6
50.	33.5	35.0	36.5	38.6	40.1	42.0	44.3	45.7	47.8	49.0
60.	34.6	36.2	37.9	40.6	42.5	45.3	50.6	53.2	56.4	58.2
100.	35.9	37.4	39.6	43.0	46.6	56.1	65.7	71.5	79.1	86.1
200.	36.2	37.7	40.0	43.6	50.2	61.2	72.1	78.4	92.8	115.3
300.	36.2	37.8	40.0	43.7	50.8	62.0	72.8	79.4	96.3	122.0
500.	36.2	37.8	40.0	43.7	51.0	62.3	73.1	79.8	97.8	124.9
1000.	36.2	37.8	40.0	43.7	51.1	62.4	73.2	79.9	98.2	125.9
10000.	36.2	37.8	40.0	43.7	51.1	62.5	73.2	79.9	98.4	126.1
15000.	36.2	37.8	40.0	43.7	51.1	62.5	73.2	79.9	98.4	126.1

Tabel 5.4. Stijghoogtetabel Kleine Oisterwijkse Heide bij grondwaterstand 150 cm-m.v.; zie ook tabel 4.3

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

CALCULATION OF CAPILLARY RISE 06/02/79

KLEINE OISTERWIJKSE HEIDE

KL = 112,000 LAYER 1 PSIE = 7,3 A = 3,38 ZMAX = 20,
2 7,1 3,55 40,
3 7,5 3,45

GROUND WATER LEVEL = -100 CM

V IN CM/DAY	.500	.400	.300	.200	.150	.100	.060	.040	.020	.010
PSI IN CM				Z IN CM						
20.	19,4	19,5	19,6	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	20,0	20,0
30.	26,7	27,2	27,7	28,4	28,8	29,1	29,5	29,6	29,8	29,9
40.	31,1	32,1	33,4	35,0	36,0	37,1	38,1	38,7	39,3	39,7
50.	33,5	35,0	36,9	39,5	41,3	43,6	45,9	47,2	48,5	49,2
60.	34,9	36,7	39,0	43,0	45,8	49,1	52,5	54,7	57,1	58,5
100.	36,7	38,9	43,0	49,4	53,8	59,8	67,4	73,3	82,1	89,0
200.	37,3	39,7	44,7	51,9	57,0	64,6	75,1	84,1	101,1	119,7
300.	37,4	39,8	44,9	52,2	57,5	65,3	76,3	85,9	104,5	126,4
500.	37,5	39,8	45,0	52,4	57,7	65,6	76,8	86,7	106,0	129,3
1000.	37,5	39,9	45,1	52,4	57,8	65,7	76,9	86,9	106,5	130,3
10000.	37,5	39,9	45,1	52,4	57,8	65,7	77,0	87,0	106,7	130,6
16000.	37,5	39,9	45,1	52,4	57,8	65,7	77,0	87,0	106,7	130,6

Tabel 5.5. Stijghoogtetabel Kleine Oisterwijkse Heide bij grondwaterstand 100 cm-m.v.; zie ook tabel 4.3

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

CALCULATION OF CAPILLARY RISE 05/02/79

KLEINE OISTERWYKSE HEIDE

GROUND WATER LEVEL = -100 CM

KE = 112.000 LAYER 1 PSIE = 7.3 A = 3.38 ZMAX = 20.
2 7.1 3.55 40.
3 7.6 3.45

V IN CM/DAY	1.000	.900	.800	.700	.600	.500	.400	.300	.200	.100
PSI IN CM				Z IN CM						
20.	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
30.	24.6	25.0	25.4	25.7	26.2	29.9	29.9	30.0	30.0	30.0
40.	27.5	28.1	28.7	29.4	30.2	39.7	39.8	39.9	39.9	40.0
50.	28.9	29.6	30.4	31.3	32.3	49.4	49.5	49.7	49.8	49.9
60.	29.6	30.4	31.3	32.3	33.5	58.7	59.0	59.4	59.7	59.8
100.	30.6	31.5	32.5	33.6	35.0	90.8	92.7	94.8	97.3	98.6
200.	30.9	31.8	32.8	34.1	35.5	125.9	133.9	145.1	162.6	176.8
300.	30.9	31.8	32.9	34.1	35.6	134.1	144.5	160.1	188.4	217.2
500.	31.0	31.9	32.9	34.1	35.6	137.8	149.4	167.4	202.3	242.8
1000.	31.0	31.9	32.9	34.1	35.6	139.0	151.1	169.8	207.2	252.5
10000.	31.0	31.9	32.9	34.1	35.6	139.3	151.5	170.4	208.4	254.7
16000.	31.0	31.9	32.9	34.1	35.6	139.3	151.5	170.4	208.4	254.7

Tabel 5.6. Stijghoogtetabel Kleine Oisterwijkse Heide bij grondwaterstand 100 cm-m.v.; zie ook tabel 4.3

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

CALCULATION OF CAPILLARY RISE 69/02/79

KLEINE OISTERWIJKSE HEIDE

GROUND WATER LEVEL = -90 CM

KE = 112.000 LAYER 1 PSIE = 7.3 A = 3.38 ZMAX = 10.
2 7.1 3.55 30.
3 7.6 3.45

V IN CM/DAY	.500	.400	.300	.200	.150	.100	.060	.040	.020	.010
PSI IN CM				Z IN CM						
20.	19.3	19.4	19.6	19.7	19.8	19.6	19.9	19.9	20.0	20.0
30.	26.5	27.0	27.6	28.3	28.7	29.1	29.4	29.6	29.8	29.9
40.	31.1	32.4	33.9	35.4	36.5	37.5	38.4	38.9	39.4	39.7
50.	34.4	36.2	38.4	40.9	42.7	44.6	46.4	47.5	48.7	49.3
60.	36.3	38.5	41.3	44.7	47.2	50.1	53.1	55.0	57.2	58.5
100.	39.2	42.0	45.8	51.1	55.1	60.8	66.0	73.6	82.3	89.1
200.	40.2	43.3	47.4	53.5	58.4	65.6	75.6	84.5	101.2	119.8
300.	40.4	43.5	47.7	53.9	58.9	66.3	76.8	86.2	104.7	126.5
500.	40.4	43.5	47.8	54.1	59.1	66.6	77.3	87.0	106.2	129.4
1000.	40.4	43.6	47.8	54.1	59.1	66.7	77.5	87.2	106.7	130.4
10000.	40.4	43.6	47.8	54.1	59.1	66.7	77.5	87.3	106.8	130.7
16000.	40.4	43.6	47.8	54.1	59.1	66.7	77.5	87.3	106.8	130.7

Tabel 5.7. Stijghoogtetabel Kleine Oisterwijkse Heide bij grondwaterstand 90 cm-m.v.; zie ook tabel 4.3

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

CALCULATION OF CAPILLARY RISE 09/02/79

KLEINE OISTERWYKSE HEIDE

KE = 133.400 LAYER 1 PSIE = 6.8 A = 3.55 ZMAX = 4M. GROUND WATER LEVEL = -80 CM
2 7.2 3.45

V IN CM/DAY	.500	.400	.300	.200	.150	.100	.060	.040	.020	.010
PSI IN CM				Z IN CM						
20.	19.3	19.4	19.6	19.7	19.8	19.8	19.9	19.9	20.0	20.0
30.	25.5	27.0	27.7	28.3	28.7	29.1	29.4	29.6	29.8	29.9
40.	31.0	32.0	33.4	35.0	35.9	37.1	38.1	38.7	39.3	39.7
50.	33.4	35.0	36.9	39.5	41.4	43.6	45.9	47.2	48.5	49.2
60.	34.8	36.7	39.0	43.0	45.8	49.1	52.5	54.6	57.0	58.4
100.	36.7	39.0	43.0	49.3	53.7	59.7	67.3	73.1	81.9	88.9
200.	37.3	39.7	44.7	51.7	56.9	64.4	74.8	83.8	100.7	119.3
300.	37.4	39.8	44.9	52.1	57.4	65.1	76.0	85.6	104.1	125.9
500.	37.5	39.9	45.0	52.3	57.6	65.4	76.5	86.3	105.6	128.8
1000.	37.5	39.9	45.0	52.3	57.6	65.5	76.6	86.6	106.1	129.8
10000.	37.5	39.9	45.0	52.3	57.6	65.5	76.7	86.6	106.2	130.0
16000.	37.5	39.9	45.0	52.3	57.6	65.5	76.7	86.6	106.2	130.0

Tabel 5.8. Stijghoogtetabel Kleine Oisterwijkse Heide bij grondwaterstand 80 cm-m.v.; zie ook tabel 4.3

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

bereik daarvan kunnen komen. Eerst bij een grondwaterstand van 100 cm-m.v. zal een capillaire vochtstroom van 1 mm/etm de wortelzone kunnen bereiken. Gaan we ervan uit, dat de heidevegetatie minimaal 2 mm/etm moet kunnen verdampen, dan volgt uit de stijghoogtetabellen, dat er een grondwaterstand vereist is tussen 100 en 90 cm-m.v.

Omdat de heide een zeer onregelmatig reliëf vertoont varieert de gemiddelde laagste grondwaterstand in een 'normaal' jaar tussen 180 cm-m.v. voor de hogere delen en 80 cm-m.v. voor de laagste stukken. Hieruit blijkt dat in een gemiddeld jaar een verdamping van 2 mm/etm slechts op enkele plaatsen gehaald wordt.

In de zomer van 1978 toen de grondwaterstand ongeveer op z'n laagst stond -200 m-m.v. is het profiel in de heide bemonsterd en heeft een vochtgehaltebepaling plaatsgevonden. Aan de onderkant van de wortelzone bedroeg het vochtgehalte 5%. In dit geval komt dat overeen met een vochtspanning aan de onderkant van de wortelzone van $\pm$ 1300 cm (pF = 4,1) (zie par. 5.10). Uit de betreffende stijghoogtetabel (zie tabel 5.3 en fig. 22) volgt dat onder deze omstandigheden een vochtstroom van $\pm$ 0,03 mm/etm de wortelzone heeft kunnen bereiken. Hoe de profielopbouw de capillaire eigenschappen van de grond en daardoor de toelaatbare grondwaterdiepte beïnvloedt wordt duidelijk gedemonstreerd in een diagram waarin de stijghoogte van een gegeven capillaire vochtstroom wordt uitgezet tegen de diepte van het grondwater onder de bewortelingszone. De onderkant van de bewortelingszone kan worden voorgesteld door een lijn van 45^{o}. Nu kan voor een willekeurig profiel direkt worden afgelezen bij welke grondwaterdiepte een bepaalde capillaire vochtstroom niet meer tot aan de bewortelingszone reikt. In fig. 24 is dit voor 2 capillaire stijgsnelheden (2 en 3 mm/etm) gedemonstreerd voor het profiel in de Kleine Oisterwijkse Heide en tevens voor het profiel in perceel 15 van de Smalbroeken uit het vorige hoofdstuk. Duidelijk wordt in dit figuur geïllustreerd hoe laag de kritieke grondwaterstand in beide profielen is.

Het profiel in de Kleine Oisterwijkse Heide benadert een homogeen profiel. Immers voor een homogene grond zou de lijn voor een bepaalde capilaire nalevering horizontaal zijn. Het profiel in de Smalbroeken wijkt hier aanzienlijk vanaf, omdat dieper in het profiel het

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

capillair potentieel duidelijk minder wordt.

5.9. B u f f e r z o n e

Hoe breed moet een bufferzone zijn, opdat de grondwaterstand in het heidereservaat niet de invloed ondergaat van diepere ontwatering in aangrenzende landbouwgebieden ten oosten ervan.

Het debiet dat vanuit het reservaat naar buiten toe wegstroomt zal evenredig zijn met de potentiaal gradiënten bij het gegeven peilverschil dus ongekeerd evenredig met de breedte van de bufferzone. De breedte van de bufferzone dient dus evenredig te zijn met het gewenste peilverschil. Hoe doorlatender de grond hoe moeilijker het is om een zeker peilverschil te handhaven.

De breedte van een bufferzone kan berekend worden met de formule van Hooghoudt:

$$N = \frac{8kDM_o}{L^2} \qquad (5.2)$$

kD = transmissiviteit m^2/etm
M_o = opbolling m
N = stationaire afvoer m/etm
L = afstand tussen evenwijdige ontwateringsmiddelen m

We zullen eerst de huidige situatie eens in ogenschouw nemen, dat wil zeggen een gemiddelde afvoer over het jaar van $\pm$ 0,7 mm/etm en in de winter van $\pm$ 1 mm/etm. Het punt van hoogste opbolling valt ongeveer samen met de westgrens van de heide.

We nemen aan dat de grondwaterstroming, die in de richting van de waterschapsleiding plaatsvindt, zich grotendeels in het watervoerend pakket binnen de deklaag afspeelt (vanwege de slecht doorlatende laag op 20 m -mv is dit zeer waarschijnlijk (zie par. 5.5). 's Winters bedraagt in een normaal jaar de opbolling in de heide ten opzichte van het peil in de waterschapsleiding ongeveer 1 m (bepaald met behulp van grondwaterstands- en open waterpeilgegevens). In de zomer is deze opbolling $\pm$ 0,3 m. De gemiddelde opbolling bedraagt

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

dus 0,65 m. In fig. 25 is de situatie geschematiseerd weergegeven (met vertekende schalen).

Met kD = 100 m^2/etm (zie par. 5.5), N = 0,0007 m/etm en M_o = 0,65 m vinden we met behulp van formule 5.2 voor L = 860 m, dat wil zeggen dat er een breedte van de bufferzone nodig is van 860/2-300 = 130 m wil de waterbalans in evenwicht zijn (/2 omdat slechts één symetrie helft van belang is (zie fig. 25) en -300, omdat de heide zelf niet tot de bufferzone behoort). Bij een grotere afvoer dan 0,7 mm/etm kan de bufferzone natuurlijk smaller zijn.

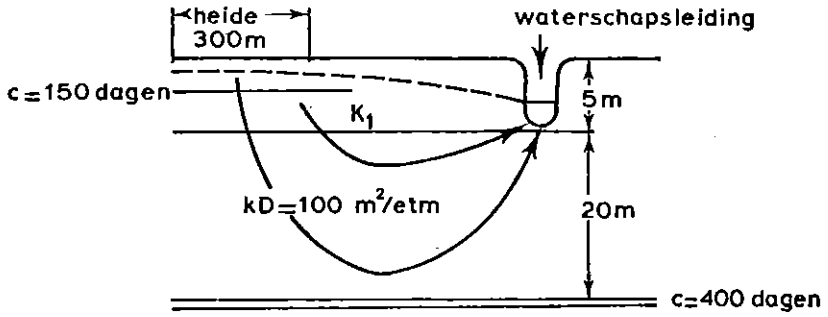


Fig. 25. Geohydrologische situatie heide

Omdat onder de huidige omstandigheden een dergelijke bufferzone ontbreekt, is de grondwaterstand de laatste jaren waarschijnlijk aanzienlijk gedaald.

Het gebruik van de formule van Hooghoudt vereist een horizontale stroming en een homogene ondergrond. Willen we ook een vertikale- en radiale stromingscomponent in rekening brengen (wat hier verstandig lijkt, i.v.m. de aanwezige veenlaag in de bovengrond), dan verdient het de voorkeur de drainage formule van Ernst te gebruiken. Deze formule luidt:

$$\Delta h_t = \frac{NL^2}{8kD} + NLW_{rad} + N\frac{D_1}{K_1} \qquad (5.3)$$

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Δh_t = stijghoogteverschil tengevolge van horizontale-, vertikale- en radiale weerstand — m
kD = transmissiviteit goed doorlatende ondergrond — m^2/etm
N = stationaire afvoer — m/etm
D_1 = doorstroomde dikte slecht doorlatende bovengrond — m
K_1 = doorlatendheid slecht doorlatende bovengrond — m/etm
W_{rad} = radiale weerstand — etm/m

We krijgen zo een vierkantsvergelijking, waaruit L berekend kan worden.

De horizontale stroming speelt zich af in de watervoerende laag tussen 5 en 20 m-m.v. De vertikale stroming speelt zich af door de slecht doorlatende bovengrond en de radiale nabij de sloot.

In dit geval geldt voor de radiale weerstand:

$$W_{rad} = W' + \frac{1}{\pi K_1} \ln \frac{\pi a}{4U} \qquad (5.4)$$

W_{rad} = radiale weerstand — etm/m
W' = rekengrootheid (tabellen zijn beschikbaar voor K_1W')
K_1 = doorlatendheid slecht doorlatende bovengrond — m/etm
a = afstand sloot tot goed doorlatende laag — m
U = natte omtrek — m

De radiale weerstand blijkt hier gelijk te zijn aan $\pm$ 0,37 etm/m (U $\simeq$ 2,5 m, a = 3,5 m en K_1 = 1,5 m/etm (volgens boorgatenmethode)).

We beschouwen ook hier weer een gemiddelde afvoer van 0,7 mm/etm bij een gemiddelde opbolling van 0,65 m. De (gemiddelde) c-waarde van het afdekkende pakket stellen we op 150 dagen (zie 5.7). Formule 5.4 levert dan als resultaat L = 660 m. De breedte van de bufferzone, die in dit geval dus gelijk zou zijn aan 660/2-300 = 30 m, is aanzienlijk smaller dan de eerder berekende. Voor meer exacte berekening van de breedte van de bufferzone moet de vertikale doorlatendheid van de vaste veenlaag in de bovengrond nauwkeuriger worden bepaald.

Wat zou het resultaat zijn, wanneer ontwatering van de percelen 1, 2 en 3 achterwege zou worden gelaten? De drie percelen vormen dan een buffer met een breedte van 150 m. De waarde van L in de formules 5.2 en 5.3 bedraagt dan (150 + 300) x 2 = 900 m. Als de gemiddelde

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

afvoer 0,7 mm/etm bedraagt, welke opbolling moet er dan in de heide aanwezig zijn? De formules 5.2 en 5.3 leveren respectievelijk 0,7 en 1,0 m. De laatste waarde is het meest waarschijnlijk omdat deze ook een vertikale stromingscomponent in rekening brengt. Dit betekent een aanzienlijke verbetering ten opzichte van de bestaande toestand.

In par. 5.8 is aangetoond dat, wil in het groeiseizoen een aktuele verdamping van 2 mm/etm mogelijk zijn, een grondwaterstand van minstens tussen 100 en 90 cm-m.v. vereist is. In feite zou deze zelfs hoger moeten beginnen, omdat het grondwater ten gevolge van het verdampingsoverschot direkt zal beginnen te dalen. Dit zou betekenen dat er ook in de zomer tussen de heide en het omringende landbouwgebied i.c. de waterschapsleiding een niet onaanzienlijk peilverschil aanwezig is, waardoor er ook in het zomerhalfjaar afvoer van betekenis gaat optreden. Omdat de totale hoeveelheid, die jaarlijks afgevoerd mag worden gelijk blijft (of kleiner wordt), moet de afvoer in de winter kleiner worden. Om dit te bereiken zal de bufferzone breder moeten zijn dan boven is berekend.

Zo de gemiddelde grondwaterstand in het groeiseizoen niet minder mag bedragen dan 90 cm-m.v., dan zal in de zomer in de heide een opbolling van ca. 0,8 m ten opzichte van het peil in de waterschapsleiding in stand gehouden moeten worden (de gemiddelde opbolling in een normale zomer bedraagt nu $\pm$ 30 cm). De grondwaterstand bedraagt dan ongeveer 9,80 m + NAP. Gaat de opbolling in de winter 1,20 m bedragen (tegen 1,0 m nu) dan is de gemiddelde opbolling over het jaar 1,00 m. Bij een afvoer van 0,7 mm/etm vinden we met behulp van de formules 5.2 en 5.3 voor de breedte van de bufferzone respectievelijk 235 en 140 m, de tweede waarde is bij benadering gelijk aan de breedte van de drie percelen tussen de heide en de Lege Dijk.

Omdat tengevolge van een hogere grondwaterstand in het hierboven genoemde geval de verdamping toe zal nemen en dientengevolge de afvoer moet afnemen, is de situatie iets te gunstig voorgesteld.(Bij een neerslagoverschot van 200 mm/jaar (0,55 mm/dag) leveren de beide formules (5.2 en 5.3) achtereenvolgens 300 en 210 m voor de bufferzone). Bovendien moet in de nieuwe situatie ook rekening gehouden worden met afstroming in andere richtingen dan alleen naar het oosten.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

5.10. Vochtleverantie

De vochtleverantie kan opgedeeld worden in twee gedeelten. Het ene deel bestaat uit de hoeveelheid vocht, die in de effektieve wortelzone wordt opgenomen, het andere uit de hoeveelheid, die via capillair transport vanuit de ondergrond naar de onderzijde van de wortelzone wordt aangevoerd.

De beide onderscheiden onttrekkingen staan natuurlijk niet los van elkaar. Tengevolge van vochtonttrekking aan de effektieve wortelzone zal de zuigspanning hier toenemen. Hierdoor ontstaat er een potentiaalgradiënt, die verantwoordelijk is voor een capillaire aanvoer vanuit de ondergrond naar de wortelzone.

Als geen kwel optreedt is de vochtleverantie van de grond gelijk aan het verschil in vochtinhoud aan het begin en eind van het groeiseizoen. Als begin van het groeiseizoen is het tijdstip genomen, waarop het evenwichtsvochtgehalte geldt. Dat is het moment waarop neerslag en verdamping met elkaar in evenwicht zijn. Dit houdt in dat op elk punt in het bodemprofiel zoveel vocht aanwezig is als overeenkomt met de vochtspanning, gelijk aan de lengte in cm van een waterkolom, die overeenkomt met de hoogte van dat punt boven het freatisch vlak. Ten einde het tijdstip van optreden van het evenwichtsvochtgehalte te kunnen vaststellen dient men te beschikken over de werkelijke verdamping en de hoeveelheid neerslag. Deze gegevens vindt men in tabel 5.9. De aktuele verdamping is gelijkgesteld aan 0,8 E_o, waarbij E_o weer de open waterverdamping te Gemert is, berekend volgens Penman. De neerslaggegevens zijn van het nabij gelegen Oirschot. Hieruit blijkt dat het evenwichtsvochtgehalte in 1978 is opgetreden in het begin van april. Een vochtinhoud is op dit moment nauwkeurig vast te stellen als men de beschikking heeft over pF-curven. Van het onderhavige profiel in de Kleine Oisterwijkse Heide is geen pF-curve aanwezig. Om toch enig idee van de grootte van de vochtleverantie te krijgen is geprobeerd het betreffende profiel in te passen in een van de 20 standaardprofielen van Rijtema, waar de pF-curven wel van bekend zijn.

Een vochtinhoud aan het eind van het groeiseizoen is met behulp van de pF-curve minder eenvoudig vast te stellen, omdat op dit tijdstip

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Tabel 5.9. Neerslag en verdamping (1978)

Maand	Decade	Neerslag (mm)	0,8 E_o (mm)
januari	I	16,1	1,6
	II	15,7	1,6
	III	14,5	3,2
februari	I	19,1	2,4
	II	1,6	3,2
	III	2,5	5,6
maart	I	6,7	8,8
	II	25,0	12
	III	50,1	14,4
april	I	0	17,6
	II	14,8	16,8
	III	9,0	23,2
mei	I	42,2	21,6
	II	18,1	24
	III	1,5	31,2

geen evenwichtstoestand geldt. Hier kan echter een vochtbepaling uitkomst bieden.

In het midden van augustus, ongeveer op het tijdstip dat de grondwaterstand op z'n laagst was (-200 cm) is het profiel uit par. 5.8 bemonsterd, ten einde een vochtbepaling uit te voeren. Het resultaat van de vochtbepaling is gegeven in tabel 5.10.

Tabel 5.10. Vochtgehalten profiel Kleine Oisterwijkse Heide (aug. 1978)

Diepte (cm-m.v.)	Vol. % vocht	Diepte (cm-m.v.)	Vol. % vocht
0- 20	4,4	100-120	13,7
20- 40	6,6	120-140	17,9
40- 60	5	140-160	25,6
60- 80	5,4	160-180	28,9
80-100	11,6	180-200	28,6

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Het evenwichtsvochtgehalte treedt op bij de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand. Voor gebruik in de praktijk kan het volgende verband aangehouden worden (V.D. SLUYS, 1976).

$$GVG = 0{,}2(GLG - GHG) + GHG + 12 \qquad (5.6)$$

Hierin zijn GLG en GHG respectievelijk de gemiddelde laagste en de gemiddelde hoogste grondwaterstand. Deze vormen het gemiddelde van de jaarlijks gemeten laagste respectievelijk hoogste drie grondwaterstanden over een groot aantal jaren. In 1978 bedroeg de GVG (gem. voorjaarsgrondwaterstand) volgens formule 5.6 135 cm-m.v. Met behulp van de pF-kromme van het meest geschikte standaardprofiel van Rijtema kan nu de vochtleverantie over het groeiseizoen berekend worden. Deze is in tabel 5.11 weergegeven. Omdat het profiel vrij homogeen is (zie par. 5.8) kan het redelijk nauwkeurig ingepast worden in een van de standaardprofielen van Rijtema. In het voorjaar is de grond dieper dan 135 cm-m.v. verzadigd. De vochtspanning verandert dan in een hydrostatische druk.

Tabel 5.11. Bepaling vochtleverantie profiel Kleine Oisterwijkse Heide 1978

Diepte (cm)	Voorjaar 1978			Najaar 1978	
	Ψ (cm)	θ (vol. %)	Vochtinhoud (mm)	θ (vol. %)	vochtinhoud (mm)
0- 20	125	3,4	6,8	4,4	8,8
20- 40	105	3,2	6,4	6,6	13,2
40- 60	85	4,8	9,6	5,0	10
60- 80	65	7,0	14	5,4	10,8
80-100	45	9,1	18,2	11,6	23,2
100-120	25	13,8	27,6	13,7	6,9
120-135	7,5	26,6	39,9	17,9	20,6
135-140	verz.	39,5	19,75	17,9	35,8
140-160	verz.	39,5	79	25,6	51,2
160-180	verz.	39,5	79	28,9	57,8
180-200	verz.	39,5	79	28,6	57,2
			379,25		295,5

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

Het verschil in vochtinhoud tussen voor- en najaar 1978 bedraagt dus 379,25-295,5 ≈ 84 mm. Een aanzienlijk deel hiervan wordt afgevoerd en komt dus niet ten goede aan de vegetatie (VAN HEESEN en VAN DER SLUYS, 1974). Hiertegenover staat een potentieel verdampingsoverschot in de zomer van 1978 van 130 mm (met $E_{act} = 0,8\ E_o$). Hiermee worden de resultaten uit par. 5.8 nog eens bevestigd.

De gekozen pF-curve geldt niet helemaal voor de humeuze bovengrond. Het zand is hier iets fijner en humeuzer dan de diepere lagen en heeft daardoor betere capillaire eigenschappen. Voor de vochtgehalte bepaling heeft dit echter geen grote gevolgen (er zal in de bovengrond iets meer vocht beschikbaar zijn voor de vegetatie), maar als we willen weten welke zuigspanning aan de onderkant van de wortelzone heerst moet hier wel degelijke rekening mee worden gehouden. Het vochtgehalte aan de onderkant van de wortelzone dat in het midden van augustus 1978 6,5 vol. % bedroeg komt volgens een geschikte pF-curve overeen met een vochtspanning van ± 13 000 cm, dat wil zeggen pF = 4,1.

5.11. Conclusie

Er is een groot aantal formules en rekentechnieken bekend, waarmee de gevolgen van grondwaterstandsverlaging met een redelijke mate van nauwkeurigheid kunnen worden beschreven. Het knelpunt wordt vooral gevormd door het feit dat veelal te weinig gegevens beschikbaar zijn, met name over grondwaterstanden in het verleden.

Het graven van de waterschapsleiding in 1952 en de ontwatering van de percelen 1, 2 en 3 hebben ongetwijfeld invloed gehad op de grondwaterstand in de heide.Om de afvoer uit de heide beperkt te houden tot gemiddeld 0,7 mm/etm blijkt indien de waarden van de (geo)hydrologische grootheden voldoende nauwkeurig zijn bij opbolling van het grondwater in de heide ten opzichte van het waterpeil in een leiding buiten de heide van gemiddeld 0,65 m (huidige situatie) een bufferzone met een breedte van maximaal 130 m nodig. Dat betekent dat in een dergelijke zone ontwatering achterwege moet blijven. Door de afwezigheid van zo'n bufferzone is de grondwaterstand de laatste jaren waarschijnlijk gedaald. Tengevolge van de vertikale weerstand

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

van het afdekkende slecht doorlatende pakket (met name de vaste veenlaag) zal de daling evenwel beperkt zijn gebleven.

Wil men de grondwaterstand in het heidegebied verhogen, dan zal er zorg voor moeten worden gedragen dat de jaarlijkse afvoer uit de heide beperkt blijft. Dit is te bereiken door een bufferzone in te stellen, waarvan de breedte afhangt van de opbolling van het grondwater in de heide ten opzichte van het aangrenzende ontwaterde landbouwgebied. Bij de verhoging van de grondwaterstand tot 90 cm-m.v. in het groeiseizoen (voldoende hoog om een verdamping van 2 mm/etm in stand te houden) is wederom met inachtneming van de onzekerheid in de (geo)hydrologische grootheden een bufferzone nodig van minimaal 210 m (bij een c-waarde van de veenlaag in de bovengrond van 150 dagen) ten oosten van de heide.

Voor een preciesere berekening van de breedte van de bufferzone is het nodig de vertikale doorlatendheid van het afdekkende pakket i.c. de veenlaag die zich in de heide op $\pm$ 2 m diepte bevindt, nauwkeuriger te bepalen.

Bij een verhoging van de grondwaterstand in de heide dient er rekening mee gehouden te worden, dat nu ook afstroming in andere richtingen dan het oosten kan gaan optreden.

Tot slot kunnen we vaststellen dat, hoewel het handhaven van een bufferbreedte van 150 m (door de percelen 1, 2 en 3 niet langer te ontwateren) onvoldoende is om van de heide een'natte' heide te maken, deze maatregel toch een aanzienlijke verbetering zal betekenen in vergelijking met de huidige toestand.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

LITERATUUR

BINK, F.A. Voorlopige richtlijnen voor het beheer van blauwgrasland-reservaten. Leersum RIN, 1978.

BLOEMEN, G.W. Calculation of capillary conductivity and capillary rise from grain size distribution.

I. Real and theoretical values of the exponent in a formula of Brooks and Corey for the calculation of hydraulic conductivities. Nota 952, ICW 1977.

II. Assesment of the n values in a formula of Brooks and Corey for the calculations of hydraulic conductivities from grain size distribution. Nota 962, ICW 1977.

III. Air entry pressure and saturated conductivity calculated from grain size distribution and median grain size. Nota 990, ICW 1977.

IV. Capillary rise in soil types and soil profiles. Nota 1013, ICW 1977.

V. Comparison with the Brooks and Corey method. Nota 1064, ICW, 1978.

——— Over de berekening van capillaire opstijging in dekzandgronden. De Buffer, contactorgaan van het Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw. Nr 2 jrg. 24, 1978.

BROUNEN, J.M.J., P.J.A. TIMMERMAN en C.TÖNISSEN. Vegetatiekundige kartering van Midden-Brabant. De Dorschkamp, rapport 115, 1977.

ERNST, L.F. Verhoging van grondwaterstanden en vermindering van afvoer door opstuwing van beken. Verslag Meded. Comm. Hydrol. Onderz. TNO nr. 3, 1958 en Meded. ICW 8, 1959.

FONCK, H. Hydrologisch onderzoek in de proefgebieden voor de relatie landbouw-natuur van de projektstudie Midden-Brabant.

Deel I. Grondwaterstanden en -stroming. Nota 979, ICW 1977.

Deel II. Een kwantitatieve analyse van de vochtleverantie gedurende het groeiseizoen. Nota 1032, ICW 1978.

GEENEN, H.G.M. Bodemgesteldheid van Midden-Brabant. Toelichting bij de bodem- en grondwatertrappenkaart, schaal 1:25 000, 1977.

ICW-nota 1125
Team Integraal Waterbeheer
Centrum Water&Klimaat
Alterra-WUR

HEESEN, H.C. VAN en P. VAN DER SLUYS. De vochtleverantie van een grond aan het gewas. Interne Mededeling 29. Stiboka 1974.

HOEVE, J. TER en H. SCHIMMEL. Het stroomdal van de Beerze ten zuiden van de brug bij Balsvoort. Rapport van de afd. 'Natuur en Landschap' van het Staatsbosbeheer te Utrecht.

LEKAHEMA, E.G. en G.A.G. NELISSE. Grondwaterkaart van Nederland, kaartbladen 45 oost + 45 west. Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft 1974.

——— Grondwaterkaart van Nederland, kaartbladen 51 oost + 52 west. Dienst Grondwaterverkenning TNO, 1973.

LIER, H.N. VAN. Algemene opzet van de projektstudie Midden-Brabant. Deelrapport nr 1 van de projektstudie Landinrichting Midden-Brabant 1974.

——— en Th. MICHELS. Keuze en begrenzing studiegebied. Deelrapport nr 4 van de projektstudie Landinrichting Midden-Brabant 1976.

MOLEN, W.H. VAN DER. Agrohydrologie. Collegedictaat Cultuurtechniek L.H., Wageningen.

——— Waterbeheersing. Idem.

——— Beheer van grondwatervoorraden. Idem.

——— Stroming in de onverzadigde zone. Idem.

RIJTEMA, P.E. Soil moisture forecasting. Nota 513, ICW 1969.

NOOREN, M.J. en M.G.G. SCHOUTEN. Inventarisatie van flora en vegetatie van het ruilverkavelingsgebied St. Oedenrode en vegetatiekartering van het Dommeldal van Son en Breugel tot Boxtel. Doctoraal verslag, afd. Geobotanie Katholieke Universiteit, Nijmegen.

SMEETS, P. en T. TEVONDEREN. Relatie-onderzoek Landbouw-Natuur, grensoverschrijdende effekten, 1978.

SNIJDERS, J.H. Relatie-onderzoek Landbouw-Natuur, samenvallende funkties. Deelrapport nr 9 van de Projektstudie Landinrichting Midden-Brabant, Wageningen 1977.

STEENVOORDEN, J.H.A.M. en G. VAN DAM. De chemische samenstelling van bodemvocht en grondwater in een aantal proefgebiedjes van Midden-Brabant. Relatie onderzoek Landbouw/Bosbouw-Natuur. Nota 976, ICW 1977.