

Beestjes in Boomhoek



Een Biologische, Geologische en Fysisch-Geografische evaluatie van De Vechtstreek

Beestjes in Boomhoek

Een Biologische en Aardwetenschappelijke evaluatie van
De Vechtstreek

Milieuwetenschappen
Bio-Geo Veldwerk

mei - juni 1999

Chris Evenhuis
Jennifer Grant
Farrah Henriquez
Lindske van Hulst
Maaïke Stomp
Levien van Zon

Vrije Universiteit Amsterdam

Inhoud

- Voorwoord
- 1. Inleiding
 - 1.1 Kader, doel en opzet
 - 1.2 Algemene gebiedsbeschrijving
- 2. Veldtechnieken
 - 2.1 Bodemtechnische en bodemfysische veldtechnieken
 - 2.1.1 Boortechnieken
 - 2.1.2 Gasfluxen
 - 2.1.3 Bodemfysica
 - 2.1.4 Bodemklassificatie en interpretatie
 - 2.2 Hydrologische en hydrochemische veldtechnieken
 - 2.2.1 Waterbemonstering
 - 2.2.2 Hydrochemische analyse van de genomen monsters
 - 2.2.3 Afvoer en debietmeting
 - 2.3 Oecologische veldtechnieken
 - 2.3.1 Vegetatieopname
 - 2.3.2 Opname waterfauna en Biotic Index
 - 2.4 Meteorologische veldtechnieken en Penman open water verdamping
 - 2.5 Doorgaande waterpassing
- 3. Deellandschappen
 - 3.1 Einde Gooi
 - 3.1.1 Uitvoering en resultaten
 - 3.1.2 Conclusie
 - 3.2 Tienhoven
 - 3.2.1 Uitvoering en resultaten
 - 3.2.2 Conclusie
 - 3.3 Gunterstein
 - 3.3.1 Uitvoering en resultaten
 - 3.3.2 Conclusie
 - 3.4 Petgaten: Westbroekse Zodden
 - 3.5 Petgaten: Trilveen bij Tienhoven
 - 3.5.1 Uitvoering en resultaten
 - 3.5.2 Conclusie
 - 3.6 Drinkwaterwinning en de Bethunepolder
 - 3.6.1 Uitvoering en resultaten
 - 3.6.2 Conclusie
 - 3.7 Rien van den Broeke Village
 - 3.7.1 Uitvoering en resultaten
 - 3.7.2 Conclusie
- 4. Samenhang tussen de deellandschappen
 - 4.1 Verbanden per deelgebied
 - 4.1.1 Einde Gooi
 - 4.1.2 Tienhoven
 - 4.1.3 Gunterstein
 - 4.1.4 Westbroekse Zodden
 - 4.1.5 Trilveen bij Tienhoven
 - 4.1.6 Bethunepolder
 - 4.2 Verbanden tussen de deelgebieden
 - 4.2.1 Bodem
 - 4.2.2 Hydrologie
 - 4.2.3 Vegetatie
 - 4.2.4 Waterfauna
- 5. Tot slot

Bijlagen

Bijlagen

- I. Lokaties en profiel
- II. Catena Vecht - Utrechtse Heuvelrug
- III. Analyseresultaten watermonsters
- IV. Aquatische fauna
- V. Vegetatiekaarten
- VI. Vegetatie en standplaatsbeschrijvingen
- VII. Meteorologische waarnemingen en de Penman-berekening
- VIII. Landmeetgegevens
- IX. Biotic Index
- X. Omzettingsgraad van Von Post
- XI. Determinatieschema voor venen en gyttja's
- XII. Steekmonsters, permeameter-resultaten
- XIII. Hooghoudt-berekening
- XIV. Datalogger, drukopnemer eiland en stijghoogten
- XV. Gasfluxen in Gunterstein
- XVI. Afleiding Penman-berekening
- XVII. Debietmetingen
- XVIII. Waterbalans Bethunepolder
- IXX. Boorformulieren
- XX. Literatuuropgave
- XXI. Koeien
- XXII. Meest gedenkwaardige gebeurtenissen tijdens het veldwerk

Voorwoord

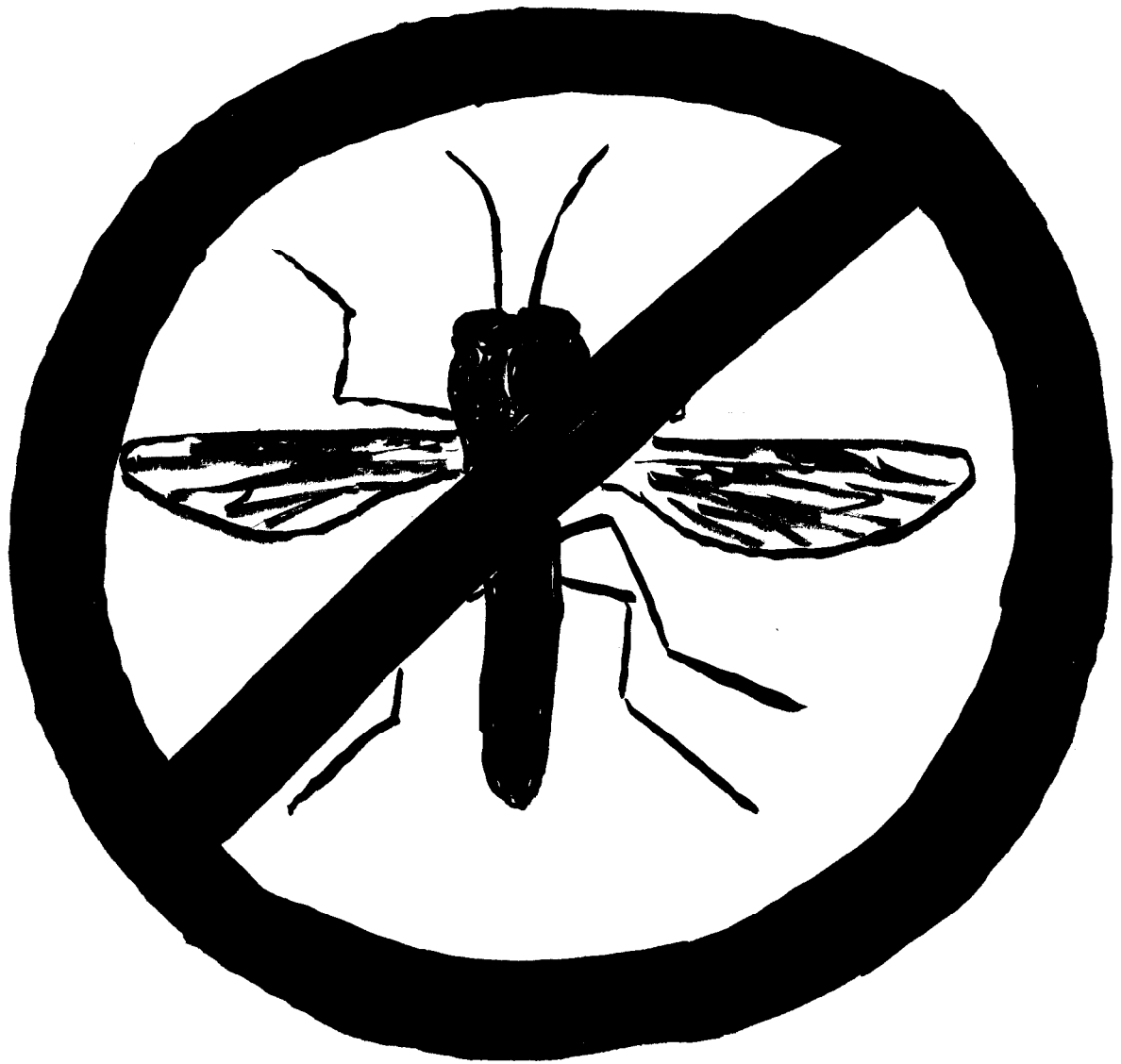
Een groep van tien milieustudenten drie weken op een eilandje in de Loosdrechtse Plassen. Opgegeten door *knutjes*, met z'n zessen in een huisje gepropt en op de fiets het hele gebied rond gejaagd. Milieuwetenschappelijk veldwerk dus. Resultaat van dit alles, behalve een hoop foto's, herinneringen aan gezellige en minder gezellige momenten en een grondige afkeer van knutjes, is dit verslag.

Dit alles had niet tot stand kunnen komen zonder Tjeerd Willem Hobma, Remco van den Bos, Jan Simons, Rik Zoomer, Matty Berg en Patrick Bogaart. We willen graag iedereen bedanken voor de inzet, het enthousiasme en de gezelligheid, en Matty in het bijzonder voor de lekkere maaltijd.



Tjeerd in actie

VERBODEN
TOEGANG



VOOR

Culicoides obsoletus

1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt eerst het kader, doel en opzet van de cursus *Veldwerk Aardwetenschappen / Biologie* (HD 641) en dit bijbehorende verslag behandeld en vervolgens wordt een globaal overzicht gegeven van het gebied dat in het kader van deze cursus onderzocht is.

1.1 Kader, doel en opzet

In het kader van het derdejaars Veldwerk Vechtstreek voor milieuwetenschappen is door tien studenten gedurende drie weken in mei 1999 onderzoek gedaan in het gebied rond de Loosdrechtse Plassen, onder begeleiding van een aantal docenten van de faculteiten Biologie en Aardwetenschappen.

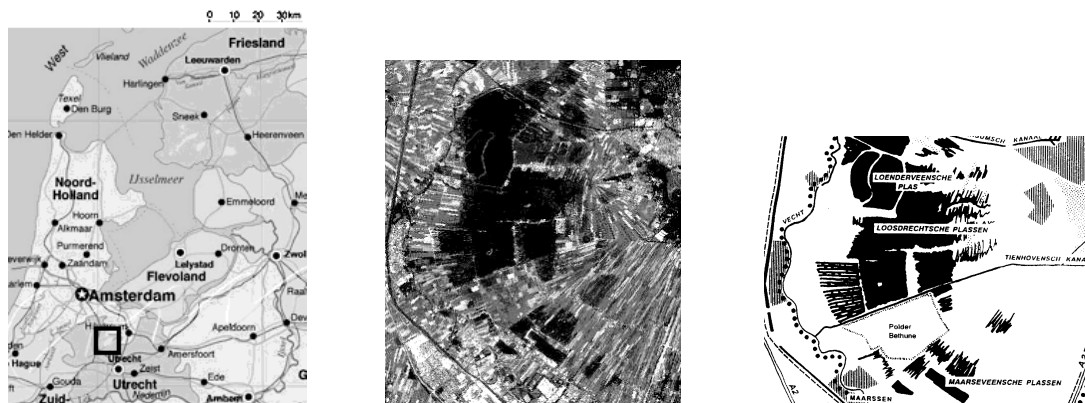
Het doel van dit veldwerk was inzicht te krijgen in hoe de geologische, hydrologische en ecologische systemen in het veldwerkgebied ruimtelijk variëren en met elkaar samenhangen. Bovendien hield het ook een kennismaking in met een aantal basistechnieken voor biologisch en aardwetenschappelijk onderzoek en de toepassing ervan in het veld. Hiertoe zijn vier deellandschappen tussen de Vecht en het Gooi in kaart gebracht met betrekking tot flora, fauna, bodem, hydrologie, geomorfologie en meteorologie. De resultaten zijn in dit verslag bij elkaar gevoegd, waarbij tenslotte ervaring is opgedaan in het groepsgewijs uitvoeren van interdisciplinair milieu-onderzoek.



Het praktische gedeelte van het veldwerk dat in dit verslag wordt behandeld, bestond uit twee delen; een algemeen deel, waarin de verscheidene basistechnieken werden behandeld en gedemonstreerd en een verdiepend deel. In het verdiepende gedeelte werd verder ingegaan op de resultaten van het algemene deel, waarbij het daarbij door ons zelfstandig uitgevoerde onderzoek vooral op de samenhang tussen de bodem, het vegetatie en de waterkwaliteit en fauna van slootkanten in de verschillende deellandschappen werd gericht.

De resultaten van beide delen zijn in dit verslag samengevoegd. Het verslag behandelt, na een globale gebiedsbeschrijving in de inleiding, eerst alle gebruikte instrumenten en technieken in hoofdstuk twee, '*Veldtechnieken*', waarna alle onderzoekslokaties aan bod komen in hoofdstuk drie, '*Deellandschappen*' en vervolgens de samenhang tussen alle onderzochte factoren beschreven wordt in hoofdstuk vier, '*Geologische, hydrologische en oecologische samenhang tussen de deellandschappen*'. In de bijlagen zijn alle schema's, resultaten en kaarten opgenomen die van belang zijn voor dit verslag.

1.2 Algemene Gebiedsbeschrijving



Figuur 1.1 De ligging, een overzichtsfoto (zichtbaar licht composiet Landsat TM, 1989) en een schematisch kaartje (uit H+N+S, 1994) van het veldwerkgebied.

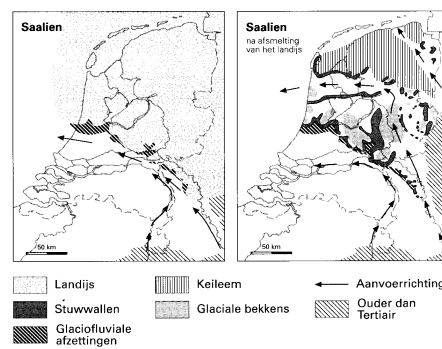
Het onderzoeksgebied strekte zich uit langs vier locaties van de rivier de Vecht in het westen tot de Utrechtse Heuvelrug in het oosten (zie *figuur 1.1*). In dit gebied bevindt zich vanwege de verschillen in ondergrond, hoogte en grondwaterstromingen een grote diversiteit aan landschappen.

Historie en geologie

Tijdens het Saalien (200000-130000 BP) werd de noordelijke helft van Nederland bedekt met ijs. Door een van deze ijslobben werd in het midden van ons land, in de omgeving van Utrecht, de ondergrond opgestuwd waardoor een vrij duidelijk reliëf ontstond. Het westelijk deel van deze opstuwing staat tegenwoordig bekend als de Utrechtse Heuvelrug (zie *figuur 1.2*).

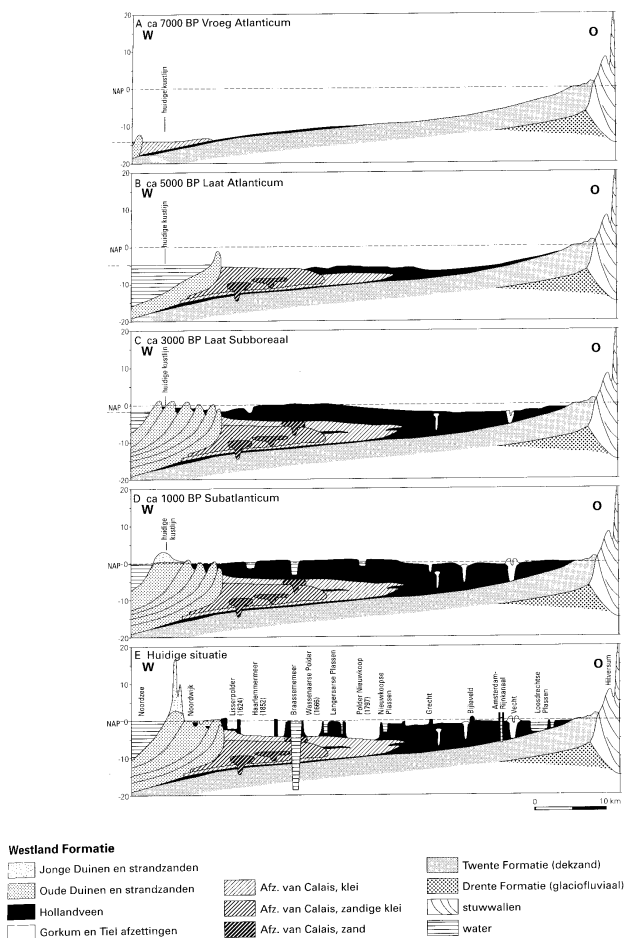
Gedurende het Weichselien (120000-10000 BP) heerste in Nederland een koud en droog (toendra-polair) klimaat. In deze periode werden stuifzandafzettingen gevormd (Formatie van Twente), die heden ten dage terug te vinden zijn in het landschap in de vorm van kleine ribbels in het aardoppervlak. Deze zanden breiden zich uit tot de westelijke voet van de Utrechtse Heuvelrug, waar ze steeds dunner worden en uiteindelijk in de ondergrond verdwijnen (Berendsen, 1997).

Tijdens het Holocene (va. 10000 BP) steeg de temperatuur, en daarmee ook de zeespiegel en het grondwaterpeil. In de loop van het Atlanticum (8000-5000 BP) werd West-Nederland onder invloed van deze stijging een stuk natter. In het Subboreaal (5000-3000 BP) werden de strandwallen aan de kust breder en nam de invloed van de zee erachter af. Onder invloed van het water van de rivieren verzoette het milieu in West-Nederland en begon veenvorming op te treden (zie *figuur 1.3*), doordat plantemateriaal in zoetwatermoerassen niet langer werd afgebroken. In de buurt van de rivieren, waarlangs broekbossen voorkwamen, ontstond voornamelijk eutroof broekveen. Achter de strandwallen en onder aan de Utrechtse Heuvelrug konden echter, door de toevoer van voedselarm kwelwater, al snel gebieden met oligotroof mosveen ontstaan. Het mosveen creëerde een eigen, verhoogde grondwaterspiegel door het vasthouden van regenwater, waardoor de mosveenpakketten een aanzienlijke dikte konden bereiken (Berendsen, 1997).



Figuur 1.2
Landijs in Nederland in het Saalien
(uit: Berendsen, 1997)

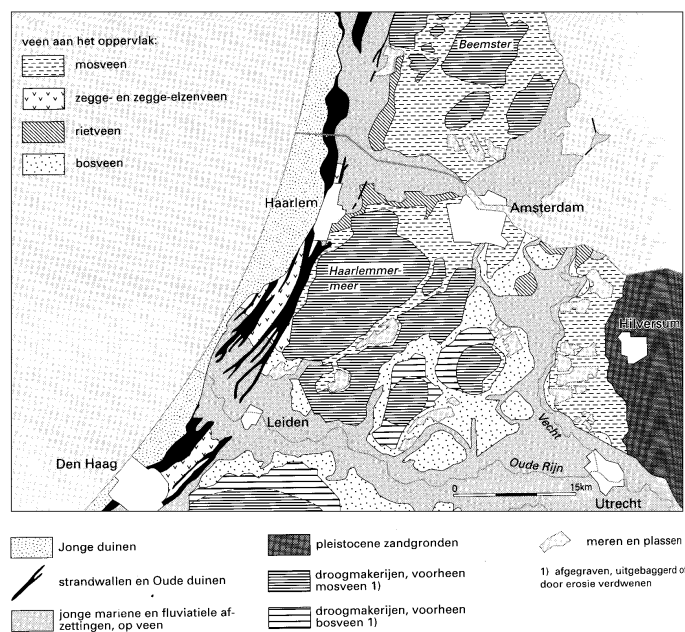
Figuur 1.3 West-Nederland in het Holoceen (uit: Berendsen, 1997)



te breed werden en de legakkers te smal, waarna door oeverafslag een groot deel van het veen in het water verdween en het gebied volstroomde. Dit gebied staat nu bekend als de Loosdrechtse Plassen en wordt tegenwoordig vooral gebruikt voor recreatie (Berendsen, 1997).

Vlak langs de rivieren vond geen veenvorming plaats maar sedimentatie, voornamelijk van klei, omdat de stroomsnelheden van de rivieren en West-Nederland onder invloed stonden van eb- en vloedbewegingen van de zee en daardoor vaak erg laag waren. Een van deze rivieren is de Vecht. Deze was vroeger een vrij afstromende tak van de Rijn en heeft, voordat de rivieren bedijkt werden, vaak zijn loop verlegd waardoor afwisselend kleiafzetting en veenvorming plaatsvonden in het stroomgebied.

De oeverwallen van de Vecht werden al vroeg bewoond (During et al., 1991), evenals het veengebied rond Loosdrecht. Reeds in de 12^e en 13^e eeuw werd het hoogveengebied ontgonnen en afwateringssloten gegraven naar riviertjes zoals de Drecht. Omdat het veen hier voornamelijk bestond uit mosveen, dat niet geschikt is voor landbouw, werd het land vooral gebruikt voor de afgraving van turf. Zo ontstonden zogenaamde *petgaten* of *trekgaten* waaruit veen werd gegraven dat vervolgens op *legakkers* te drogen werd gelegd. Daardoor ontstond in het landschap het nu nog zichtbare kenmerkende verkavelingspatroon van langgerekte stroken. Vanaf de 17^e en 18^e eeuw werd het land op grote schaal afgegraven, omdat de vraag naar brandstof vanuit de grote steden als Utrecht en Amsterdam steeds groter werd. Uiteindelijk werd zoveel veen afgegraven dat de petgaten

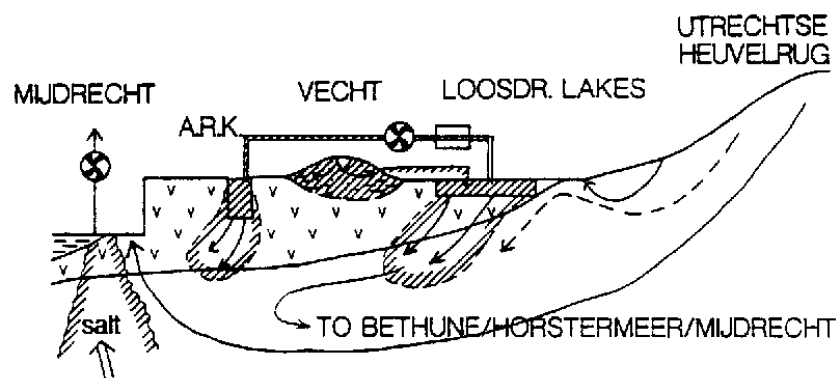


Figuur 1.4 Het voorkomen van veen in West-Midden-Nederland (uit: Berendsen, 1997)

Hydrologie

Het eerste watervoerend pakket in de Vechtstreek wordt gevormd door de pleistocene (dek)zanden van onder meer de formatie van Twente. In een groot deel van het gebied worden de zanden afgedekt door de slecht doorlatende veen- en kleigronden van de Westlandformatie. Aan de onderkant wordt de eerste scheidende laag meestal gevormd door een deel van de formatie van Kedichem. In de Vechtstreek is deze laag echter niet erg scheidend en van geringe betekenis. Het tweede watervoerend pakket wordt meestal gevormd door de formaties van Harderwijk en/of Tegelen (fluviatiel zand). De hydrologische basis wordt overal in de omgeving gevormd door de mariene klei van de formatie van Maassluis.

In de grondwaterstromingen in het gebied zijn diverse systemen te onderscheiden, waaronder een diep regionaal en een ondiep lokaal systeem. Op regionale schaal is de hoofdstroomrichting oost-west. De hooggelegen zandgronden van de Utrechtse Heuvelrug vormen een infiltratiegebied, waar vanuit het water afstroomt naar de lageregelegen delen, zoals de Loosdrechtse Plassen, de Bethunepolder en de Horstermeerpolder. De hele diepe stroombanen lopen zelfs onder de Vecht door naar bijvoorbeeld de polder Mijldrecht (Engelen et al., 1988).



Figuur 1.5 Regionale grondwaterstromingen in de Vechtstreek (naar: Engelen et al., 1988)

De Bethunepolder is op dezelfde wijze ontstaan als de Loosdrechtse Plassen, maar is eind vorige eeuw weer drooggelegd. Hierdoor is een polder ontstaan die, mede door het pleistocene zand ondiep in de ondergrond en de lage ligging, veel water uit de omgeving aanzuigt. Op lokale schaal is daardoor ook een noord-zuid stroming te onderscheiden, die vanuit de Loosdrechtse Plassen naar de Bethunepolder loopt. Door de manier van ontginning en verkaveling van het gebied tussen de Heuvelrug en de Loosdrechtse Plassen/Bethunepolder, waarbij het maaiveld trapsgewijs afloopt naar het westen toe, zijn er ook lokale stromen in oost-west richting van het ene perceel naar het andere te onderscheiden, waardoor in het gebied afwisselend stukken met infiltratie en stukken met kwel voorkomen (college Hobma, 1999).

Deellandschappen en vegetatie

Zoals eerder gezegd biedt het onderzoeksgebied een grote diversiteit aan landschappen. In het westen, op de oeverwallen langs de Vecht, staan veel (voormalige)landgoederen (locatie Gunterstein). Hier komen tussen de natuurlijke nattere bossen ook veel niet-natuurlijke, aangeplante soorten (stinzesoorten) voor. In oostelijkere richting (locatie Tienhoven) wordt het landschap gedomineerd door lageregelegen veenweide-, moeras(bos)- en grote open watergebieden (Loosdrecht). Helemaal in het oosten van het veldwerkgebied komen op de uitlopers van de Utrechtse Heuvelrug, drogere zandgronden, weer bossen en droge graslanden voor (locatie Einde Gooi). De trilveenvegetaties van Tienhoven en Westbroek vormen een uitzondering op de rest van de locaties omdat ze veel sterker beïnvloed worden door de plaatselijke kwelsituatie.

Het hele gebied tussen de Vecht en de Heuvelrug is er één met duidelijke contrasten tussen de grote openheid van de plassen en het veenweidegebied en de sterke verdichting in de ontginningsstroken, met bijbehorende contrasten in bodem, hydrologie, ecologie en menselijke activiteiten. Dit maakt het gebied dan ook interessant om milieuwetenschappelijk te onderzoeken!

2. Veldtechnieken

In dit hoofdstuk worden de technieken en apparaten die tijdens het veldwerk zijn gedemonstreerd en gebruikt besproken. Achtereenvolgens worden behandeld: 1) De bodemtechnische en bodemfysische technieken, 2) De hydrologische en hydrochemische technieken, 3) De oecologische technieken, 4) De meteorologische technieken en de Penman open-water verdamping en 5) De doorgaande waterpassing.

2.1 Bodemtechnische en bodemfysische veldtechnieken

De bodemtechnische en bodemfysische veldtechnieken worden in drie delen behandeld. Eerst worden de boortechnieken behandeld, vervolgens de technieken die betrekking hebben op de bodemfysica en als laatste de bodemklassificatie en interpretatie.

2.1.1 Boortechnieken

Om een peilbuis te plaatsen of het bodemprofiel op een bepaalde plek te bekijken, is het nodig een boring te zetten. Dat kan op verschillende manieren, afhankelijk van het doel en de ondergrond. Voorbeelden van toepasbare methoden zijn de *Edelman-boor*, de *guts*, de *pulsboor met verbuizing*, de *zuigbuis* en de *humushapper*. Met een Edelman-boor kan het bovenste laagje aarde en humus opgeboord worden, en ook droog zand komt hier makkelijk mee naar boven. De Edelman-boor is eigenlijk een soort mixerkop (een open schroefkop), waar het bodemmateriaal ingedraaid wordt. Het profiel is nog redelijk te bekijken, maar wordt wel enigszins omgewoeld door het draaien van de boor.

Met een guts worden, in tegenstelling tot met de Edelman-boor, wel relatief onverstoorde profielen naar boven gehaald. De guts is vooral voor veen en klei makkelijk, droog zand valt er nog wel eens uit. Bovendien geeft een guts veel wrijving, waardoor een boring in sommige materialen te zwaar is. De diameter van de guts is soms beperkend voor het verkrijgen van een goed beeld van de laterale opbouw van de bodem. Er bestaan daarom gutsen met verschillende diameters.

Voor boring in losse sedimenten, gelegen onder de grondwaterspiegel, kan gebruik worden gemaakt van de pulsboor. Deze bestaat in principe uit twee delen: een zogenaamde *puls*, waarmee sediment kan worden opgebracht, en een *casing* (verbuizing), die in het boorgat wordt gebracht en instorting voorkomt. De puls wordt gevormd door een holle, stalen pijp, met aan de onderzijde een klep, die sediment binnenlaat, maar belet uit de buis terug het boorgat in te stromen. De buis wordt onderbroken door een scharnierend verbindingstuk, dat dient om de volgepompte puls makkelijk leeg te kunnen gieten. De casing bestaat uit bredere, aan elkaar te schroeven plastic pijpen, aan de onderzijde voorzien van een soort boorkop. Alvorens de pulsboor te plaatsen, moet met de edelman of guts eerst een gat worden geboord tot vlak onder de grondwaterspiegel. Hier bevindt zich het eerste water-verzadigde, dus slappe sediment. Vervolgens kan het eerste deel van de casing (met boorkop) in het gat geplaatst worden. Binnen de casing wordt nu de pulsboor geplaatst. Door krachtig op en neer bewegen van de pulsboor wordt sediment de buis ingestuwd. Door bij elke 'puls' tegelijkertijd de casing het boorgat in te duwen wordt voorkomen dat omliggend sediment het boorgat in valt. Bij elke puls wordt sediment onder de pulsboor verwijderd en de casing dieper gebracht. Wanneer de pulsboor volgelopen is met sediment, wordt deze uit de casing verwijderd en buiten het boorgat leeg gegoten. Hierna kan de procedure naar wens worden herhaald. Het is belangrijk om tijdens de boring de pulsboor niet te lang in het boorgat te laten rusten, aangezien bij los sediment het risico bestaat dat de pulsboor wordt ingesloten, en niet meer uit het gat te verwijderen is. Een nadeel van het gebruik van de pulsboor is dat het instrument zwaar is, en daarom niet erg handzaam. Ook is de methode nauwelijks geschikt om een bodemprofiel te reconstrueren, aangezien het opgeboorde materiaal te zeer verstoord wordt tijdens de pulsbooring. De methode is vooral geschikt voor de plaatsing van een peilbuis. Ook is het mogelijk om na de boring relatief onverstoorde monsters te nemen uit het sediment gelegen onder het niveau van de casing.

Met een zuigbuis is nat (verzadigd) zand boven te halen. De zuigbuis is een boorstang met een buis eraan, waarin een zich een zuiger bevindt. Deze zuiger is met behulp van een aan de zuiger bevestigd touw gefixeerd worden. Door de buis in de grond te duwen en tegelijkertijd de zuiger te fixeren, zorgt de in de buis gevormde onderdruk ervoor dat materiaal bij verwijdering uit het boorgat niet uit de buis kan vallen. Met deze methode kunnen daarom redelijk onverstoorde monsters worden genomen.

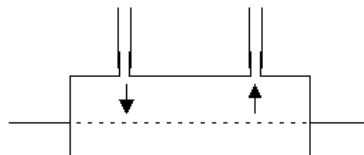
De humushapper bestaat uit twee U-vormig gevouwen stalen platen, die met een pen aan elkaar bevestigd worden, en van onderen tanden hebben. Door met de stang bovenop te 'wrikken', zaagt de humushapper zich als het ware de grond in, waardoor een breder stuk grond bovengemaakt kan worden dan met de Edelman-boor. Hierdoor is het bodemprofiel van de bovenste 50 cm beter te bekijken, aangezien de bodemopbouw intact blijft.

2.1.2 Gasfluxen

De *infrared portable gas analyser* is een draagbaar apparaat dat de concentraties meet van de gassen CO₂, O₂ en CH₄. De concentraties van deze gassen in een luchtmengsel worden uitgedrukt als volumepercentage. Tevens wordt de atmosferische druk gemeten. De meettijd en het meetinterval zijn vrij programmeerbaar.

Het apparaat is voorzien van twee aansluitingen voor luchtslangen: een invoer en een uitvoer. Lucht wordt aangezogen via de invoer, geanalyseerd en weer uitgeblazen door de uitvoer. De concentraties CO₂ en CH₄ worden gemeten door bepaling van de absorptie van infrarood licht. De O₂ concentratie wordt bepaald met behulp van een chemische cel.

De gas analyser kan gebruikt worden in het veld om de afbraaksnelheid van veen te bepalen, aan de hand van de productie van CO₂ en de consumptie van O₂ (bij aërobe afbraak van organische stof) en de productie van CH₄ (bij anaërobe afbraak). Hiervoor wordt een plastic koepel gebruikt met een diameter van 30.3 cm. De koepel wordt deels in het veen gedrukt. Vervolgens worden de twee aansluitingen op deze koepel via twee luchtslangetjes verbonden met de gas analyser. Hierdoor ontstaat een gesloten systeem waarin het gasmengsel langs de sensors kan circuleren.



Aan de hand van een meetserie kan de verandering in de volumepercentages van de diverse gassen in een bepaalde tijd bepaald worden. Een CO₂-flux kan nu als volgt berekend worden:

De verandering in vol.% CO₂ wordt omgerekend naar een verandering in volume, aan de hand van de inhoud van de koepel. Bij het bepalen van de inhoud moet rekening worden gehouden met de diepte tot waar de ring de grond in is gedrukt. Vervolgens wordt de volumeverandering omgerekend naar een massaverandering, met behulp van de molaire massa van CO₂ (44.01 g/mol) en de algemene gaswet:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

p = druk (Pa)

V = volume (m³)

n = aantal mol

R = gasconstante (8.315 J/mol/K)

T = temperatuur (K)

De zo verkregen massaflux per koepel wordt omgerekend naar een flux (massa/uur) per m², gebruik makend van de oppervlakte van de koepel. De totale berekening is nu, gebruik makend van SI-eenheden:

$$\Phi = \frac{rc \cdot V \cdot p \cdot m}{A \cdot T \cdot R \cdot 24}$$

rc = richtingscoëfficiënt van verandering gas (vol.%/24 uur)

V = volume van de koepel (m³)

p = atmosferische druk (Pa)

m = molaire massa van het gemeten gas (g/mol)

A = oppervlakte van de koepel (m²)

Φ = massaflux gas per oppervlak (g/m²/uur)

2.1.3 Bodemfysica

Er zijn verschillende methoden om de doorlatendheid van een bodem te bepalen. Voorbeelden hiervan zijn de *Hooghoudt-methode*, de *dubbele ring-infiltrometer* en de *permeameter*. Voor de permeameter zijn bodemonsters nodig, die met behulp van steekringen genomen worden.

Hooghoudt-methode

Van de Hooghoudt-methode bestaan twee varianten: de *boorgatmethode* voor water-verzadigde bodems en de *omgekeerde boorgatmethode* voor water-onverzadigde bodems. In beide gevallen wordt een gat in de grond geboord en daarin wordt een stalen filter geplaatst, om instorten bij zandige bodems te voorkomen. Bij de boorgatmethode, voor verzadigde bodems, wordt het water uit het filter gepompt met een puls en wordt met een vlotter bepaald hoe snel het waterniveau stijgt. Bij de omgekeerde boorgatmethode, voor onverzadigde bodems, wordt water in het gat gepompt en na verzadiging van de bodem bepaald hoe snel het waterniveau (z) daalt. Voor de boorgatmethode is de berekening dan:

$$K_{sat} = C \cdot \frac{\Delta z}{\Delta t}$$

waarbij C een geometrie-factor is die uit de zgn. empirische nomogrammen van Ernst wordt afgelezen. Voor de omgekeerde boorgat methode is de berekening:

$$K_{sat} = 1.15 \cdot r \cdot \frac{\log(z_{t1} + r/2) - \log(z_{t2} + r/2)}{\Delta t}$$

met: r = straal boorgat, $z_{(tx)}$ = hoogte van het waterniveau in het boorgat op tijdstip t_x , Δt = tijdsinterval.

Voordelen aan de Hooghoudt-methode zijn dat de berekening relatief eenvoudig is en dat de metingen aan een groot monster en in het veld genomen worden. Bijkomend voordeel van de boorgatmethode (en tegelijkertijd een nadeel van de omgekeerde boorgatmethode) is dat gewoon met het opkomende bodemwater gewerkt wordt en dus geen vreemd water wordt ingebracht. Een ander nadeel van de omgekeerde boorgat methode is dat veel water nodig is om het gat te verzadigen en dat de stromingscondities moeilijk te controleren zijn. Een nadeel van beide methodes is dat verstoring van de wand van het boorgat kan optreden tijdens het boren en het plaatsen van het filter, waardoor de doorlatendheid beïnvloed kan worden.

Dubbele ring-infiltrometer

De dubbele ring-infiltrometer wordt gebruikt om de verzadigde doorlatendheid van het topprofiel te bepalen, met behulp van de *constant head* methode. De dubbele ring-infiltrometer bestaat uit twee ringen, een grote (60 cm) en een kleine (30 cm), die in elkaar staan, waardoor twee ruimtes ontstaan. Deze worden deels de grond in gedrukt en beide ruimtes worden met water gevuld. De buitenste ruimte dient als een soort buffer, om te zorgen dat het water in de binnenste ring alleen naar beneden en niet naar de –anders onverzadigde– zijanten afstroomt. Als de grond goed nat is, kan met een mariottefles het waterniveau constant gehouden worden in de binnenste ring. Op de mariottefles zit een schaalverdeling, waarmee de hoeveelheid toegevoegd water binnen een bepaalde tijdsduur en dus de flux ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$) bepaald kan worden, waarna met de *wet van Darcy* de verzadigde doorlatendheid uitgerekend kan worden. Voordelen van deze methode zijn dat de metingen in het veld worden uitgevoerd, waardoor de representativiteit groot is, en dat het een relatief eenvoudige en goedkope procedure is. Nadeel is dat de grond ‘dicht kan slaan’ bij het te snel vullen en dat het moeilijk is om de situatie van alleen verticale stroming werkelijk te realiseren. Ook kan het lang duren voordat de grond goed nat is.

Permeameter

De verzadigde doorlatendheid kan ook worden bepaald met een permeameter. Deze werkt volgens de *falling head methode*. De velduitvoering van de permeameter bestaat uit een bak met water, die in verbinding staat met een overloop, zodat het waterniveau constant is. In die bak worden ringen met bodemonsters uit steekringen gehangen.

De bodemmonsters raken verzadigd met water, waarna het waterniveau boven de monsters uitstijgt. Binnen een bepaald tijdsinterval kan het stijghoogteverschil boven het verzadigde monster gemeten worden en daaruit kan de doorlatendheid bepaald worden volgens:

$$k = \frac{F_2 \cdot L}{F_1} \cdot \ln \left(\frac{h_1 / h_2}{\Delta t} \right)$$

k = doorlatendheid (m/uur)
 F_1 = oppervlak dwarsdoorsnede monster (m²)
 F_2 = oppervlak ringhouder (m²)
 L = lengte monster (m)
 h_1, h_2 = stijghoogtes op t_1 en t_2 (m)
 Δt = tijdsinterval (uren)

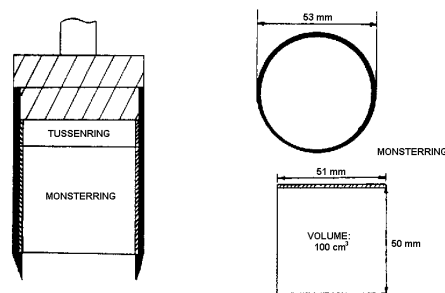
of, bij gebruik van standaardmaten ($L = 0.051$ m, $F_1 = 0.00197$ m²), volgens:

$$k = 3914.8 \cdot \ln \left(\frac{h_1 / h_2}{\Delta t} \right)$$

k = doorlatendheid (m/dag)
 h_1, h_2 = stijghoogtes op t_1 en t_2 (cm)
 Δt = tijdsinterval (s)

Voordelen van deze methode zijn dat de berekening relatief eenvoudig is, dat de monsters makkelijk meegenomen kunnen worden en later nog gebruikt voor bijvoorbeeld drooggewicht bepaling. Nadeel is dat de monsters verstoord kunnen zijn tijdens de monsternamen (zie ook *steekringen*) en dat het heel lang kan duren voordat sommige monsters (m.n. kleimonsters) verzadigd zijn.

Voor de permeameter worden monsters genomen, die met steekringen zijn genomen. Deze monsternamen gebeurt door een *steekring* in een *steekkop* te plaatsen en deze op de gewenste diepte in de grond te duwen. Hierdoor wordt de grond in de steekkop, en zo in de ring, gedruwd en blijft daarin steken. De steekkop is zo gemaakt dat de grond rond de steekkop van de ring af wordt gedruwd, zodat de grond in de ring onverstoord is. Het volume van een op deze manier gestoken monster is 100 cm³. De steekring wordt na monsternamen uit de steekkop genomen en het teveel aan grond wordt met een mesje voorzichtig verwijderd (om verstoring te voorkomen). Daarna wordt de ring afgedekt met doppen en dichtgemaakt met tape, zodat er geen grond of vocht verloren gaat. Voordeel van deze methode is dat zo een monster met een bekend volume wordt genomen, waarvan eenvoudig het vochtpercentage en de doorlatendheid kunnen worden bepaald. Ook is het een eenvoudige en goedkope methode. Nadeel is dat soms delen van het monster uit de ring vallen, doordat het los materiaal is, en dat sommige soorten bodems te compact zijn om op deze manier monsters van te kunnen steken.



Het vochtgehalte van deze bodemmonsters is te bepalen door met de balans het versgewicht (FW) van de monsters en steekringen te meten, deze te drogen in de oven en na twee dagen met de balans het drooggewicht (DW) te meten. Het verschil in gewicht gedeeld door het versgewicht geeft het vochtpercentage van het originele monster:

$$\text{vochtpercentage} = \frac{FW - DW}{FW} \cdot 100\%$$

2.1.4 Bodemklassificatie en interpretatie

Om iets over een bodem te kunnen zeggen en deze te kunnen klassificeren zijn verschillende gegevens over deze bodem nodig, zoals de kleur van de verschillende horizonten, het al dan niet aanwezig zijn van kalk (in klei), de sortering, afronding en gemiddelde diameter van (zand)korrels, het type veen en de omzettingsgraad daarvan. Kleuren van de verschillende horizonten worden bepaald met een standaard kleurenboekje, de diameter en sortering met een zandlineaal. Afronding wordt bekeken met een loupe. Met zoutzuur wordt de aanwezigheid van kalk in klei getest. Als de klei bruist (door het vrijkomen van CO_2) na toevoeging van zoutzuur, dan bevat deze kalk. Voor het aangeven van de omzettingsgraad van veen bestaat een 10-delige schaal. Dit is de *omzettingsgraad van Von Post*, die van *H1* (volkomen onverteerd veen) tot *H10* (volledig vergaan veen) loopt. Voor de gehele tabel, zie *bijlage X*. Het veentype wordt gedetermineerd aan de hand van een determinatieschema, zie *bijlage XI*. Voor bodemklassificatie zijn bodemklassificatieboekjes (Bakker en Schelling) gebruikt, waarin op grond van bodemtype, textuur, kleur, dikte en hydrologische kenmerken verschillende bodems worden onderscheiden.

2.2 Hydrologische en hydrochemische veldtechnieken

Voor de behandeling van de verschillende hydrologische en hydrochemische technieken wordt onderscheid gemaakt in: *waterbemonstering*, *analyse* van de genomen monsters, werking en toepassing van *afvoer- en debietmetingen* aan oppervlaktewater.

2.2.1 Waterbemonstering

Naast de algemene werkwijze voor het nemen van watermonsters worden drie technieken behandeld voor bemonstering van grondwater. Voor monsternamen uit de onverzadigde zone wordt gebruik gemaakt van de *cupsampler*, die middels een onderdruk actief water opneemt uit de omringende grond. Voor monsternamen uit de verzadigde zone wordt tot onder de grondwaterspiegel een *peilbuis* geplaatst, waaruit met behulp van een zogenaamde *kogelkleppomp* eenvoudigerwijze watermonsters kunnen worden genomen. Hierin kunnen met een *drukopnemer*, meestal aangesloten op een datalogger, tevens de grondwaterstanden als functie van de tijd worden bepaald. Tenslotte kan, wanneer men geïnteresseerd is in een zo goed als onverstoord monster uit de verzadigde zone de *INMOG* (INstrument voor Meting aan Ongestoord Grondwater) methode worden gebruikt.

Monsternamen en -opslag

De voorbereidingen voor monsternamen zijn afhankelijk van het soort meting dat aan het monster gedaan moet worden. Tijdens het nemen, het vervoer en de opslag van watermonsters kunnen allerlei reacties plaatsvinden tussen stoffen in het monster, tussen het monster en eventuele lucht in het flesje of tussen het monster en het flesje zelf. Ook kunnen gesuspendeerde deeltjes en micro-organismen met het water stoffen uitwisselen. Door al deze processen kan de concentratie van opgeloste stoffen in het monster veranderen, waardoor een latere analyse niet langer representatief is voor het originele monster.

Monsters van zowel oppervlakte- als grondwater dienen genomen te worden in een plastic monsterflesje van ten minste 50 ml. Voor bepaalde (laboratorium)analyses moet ook een aangezuurd monster genomen worden (PO_4^{3-} , NH_4^+ en alle ICP-AES bepalingen, waaronder Na, K, Mg, Ca, Si, Al, Fe en Mn), in een 50 ml monsterflesje (voorzien van een rode stip) met daarin 0.375 ml 70% HNO_3 .

Bemonstering van oppervlaktewater gebeurt bij niet-aangezuurde flesjes meestal eenvoudigweg door het monsterflesje vol te laten lopen met het te analyseren water. Bij de monsternamen dient het insluiten van luchtballen zoveel mogelijk vermeden te worden. Semi-anaërobe monsternamen is mogelijk door tijdens de het monsternamen het flesje enigszins samen te knijpen, zodat na afsluiten zich een onderdruk binnen het flesje bevindt.

Voor aangezuurde monsters moet het water altijd eerst gefiltreerd worden. Overigens is dit in sommige gevallen ook verstandig voor niet-aangezuurde monsters. Filtratie gebeurt met behulp van een filtreerspuit. Hiertoe wordt het monster in een injectiespuit geschonken en krachtig door een filter met gewenste porie-grootte geperst. Voor monsters met erg veel gesuspendeerd materiaal (zoals veel peilbuismonsters) wordt een vrij grof filter gebruikt. Wanneer het monster na filtratie nog niet voldoende helder blijkt, kan het filteren worden herhaald. Als het meeste gesuspendeerde materiaal is verwijderd kan het monster tenslotte over een $0,45\ \mu\text{m}$ filter worden gebracht om

extreem fijn materiaal en micro-organismen te verwijderen, waarna de vloeistof geschikt is voor eventuele tijdelijke gekoelde opslag en voor analyse.

Cupsampler

De cupsampler wordt gebruikt voor monsternamen uit de onverzadigde zone, en wordt gevormd door een PVC-buis met aan de onderzijde een keramische cup. Deze cup bevat zeer kleine poriën, waardoor water uit de onverzadigde zone in de buis kan worden aangezogen. Hiertoe wordt de buis aan de bovenzijde afgesloten met een rubberen dop, waarin zich twee leidingen bevinden. Een korte leiding (tot net onder de dop) en een langere leiding (tot in de cup). Voor gebruik wordt de cup op de gewenste diepte gebracht. Door nu de korte leiding aan te sluiten op een handpomp en de lange leiding af te sluiten met een klem, kan de buis vacuüm worden gepompt. Hierdoor ontstaat in de buis ten opzichte van de omringende grond een onderdruk, waardoor water uit de bodem de cup in stroomt. Zo kan de sampler afgesloten gedurende een periode blijven staan. Monsternamen kan geschieden op drie wijzen. Bij afname van de onderdruk kan de dop verwijderd worden en het monster uitgegoten. Ook kan na verwijdering van de klemmen druk op de korte leiding worden aangebracht, waarbij uit de lange leiding het te nemen monster kan worden opgevangen. Tenslotte kan met behulp van de handpomp het monster uit de lange leiding worden gezogen.

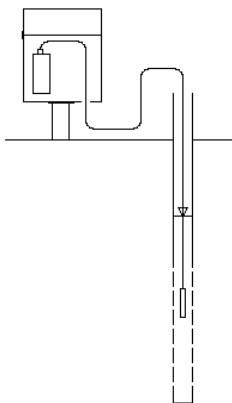
Peilbuis, drukopnemer en datalogger

De meest gebruikte methode voor monsternamen geschiedt na plaatsing van een peilbuis. Deze bestaat uit een kunststof buis (nadeel bij dit type is dat er organische verontreinigingen kunnen voorkomen in het genomen monster) of een metalen buis (nadeel is het gewicht van de buizen en –bij goedkopere typen– vatbaarheid voor corrosie), in beide gevallen aan de onderzijde uitgerust met een filter. Dit filter kan na een voldoende diepe boring op de gewenste diepte onder de grondwaterspiegel in de bodem worden gebracht. Het monster dat uit de peilbuis genomen wordt is daarom in principe afkomstig van slechts één bepaald dieptebereik. De lengte van dit bereik is gelijk aan de lengte van het filter.

Nadeel van het gebruik van de peilbuis is dat in een aantal gevallen tijdens de plaatsing al verstoring van de oorspronkelijke hydrologische situatie optreedt. Zo komen mineralen en watertypen uit bovenliggende lagen tijdens de boring in de monsternamediepte terecht.

In de peilbuis bevindt zich vóór monsternamen reeds gestagneerd water. Het is daarom belangrijk om dit ‘verouderde’ water, alvorens te bemonsteren, te verwijderen met behulp van de kogelklepslang (pulsompje bestaande uit een kunststof slang met aan de onderzijde een kogelklep, die water binnenlaat, maar terugstromen verhindert), bij voorkeur bij herhaling, totdat de EC-waarde en de temperatuur van het uit de peilbuis afkomstige water ongeveer constant blijven. Nadeel hierbij is dat grondwater uit andere (hoger / lager gelegen) delen van de bodem in de peilbuis kan komen. De daadwerkelijke bemonstering wordt uitgevoerd met eenzelfde kogelklepslang. Voor bepaling van de grondwaterstand kan een eenvoudig meetlint met peilklokje (peillood) gebruikt worden. Dit wordt in de peilbuis tot aan het waterpeil gebracht. Aan het meetlint kan het peil tot aan de rand van de peilbuis afgelezen worden. Door de hoogte van de rand ten opzichte van het maaiveld te meten, kan het grondwaterpeil ten opzichte van het maaiveld bepaald worden. De lengte van de waterkolom kan berekend worden door tevens de totale lengte van de peilbuis te meten.

Een tweede manier om het grondwaterpeil te bepalen, en die tevens de mogelijkheid biedt om de verschillende grondwaterstanden als functie van de tijd te registreren, is het gebruik van de *drukopnemer*, welke voor automatische registratie van standen als functie van de tijd meestal aangesloten is op een *datalogger*.



De datalogger is in staat om, met een bepaalde, vooraf geprogrammeerde tijdsinterval, gegevens in het veld automatisch te verzamelen en te bewaren, zodat deze na gebruik op de computer kunnen worden uitgelezen en bewerkt. Een datalogger meet slechts elektrische spanningsverschillen, daarom moet voor iedere soort meting een speciale sensor op het instrument worden aangesloten, die de gemeten waarde omzet in een voltage. De drukopnemer is eenvoudigweg een sensor die de druk van een waterkolom registreert. Hiertoe wordt de druksensor onder het (laagst te verwachten) waterpeil op een vaste diepte in de buis gebracht en aangesloten. De sensor geeft de waterdruk in de waterkolom weer als een spanning in millivolts, die geregistreerd wordt door de datalogger. Deze druk vormt een maat voor de hoeveelheid water in de kolom boven de sensor. Het gebruikte computerprogramma drukt de gemeten waarden uit in tienden millimeters ten opzichte van de sensor, welke weer kunnen worden omgerekend naar

centimeters ten opzichte van het maaiveld. De datalogger kan tevens zo worden ingesteld, dat deze over een bepaalde tijdsinterval de druk registreert en middelt.

INMOG

Met de INMOG-methode voor grondwaterbemonstering is het mogelijk om – zowel aeroob als anaeroob– een vrijwel onverstoorde watermonster binnen korte tijd uit de verzadigde zone te nemen. Deze methode levert daarom vooralsnog de meest representatieve grondwatermonsters op.

Het instrument wordt gevormd door een set holle metalen gasbuizen, die tot een gewenste lengte aan elkaar kunnen worden gekoppeld. Aan de onderzijde van de buis wordt een speciale boorkop met filter bevestigd. Op de bovenzijde wordt een slagstuk bevestigd, waarna met een boorhamer de eerste leiding de bodem in kan worden gebracht. Na verwijdering van het slagstuk kan een tweede gasbuis worden vastgeschroefd en de procedure herhaald, totdat de gewenste diepte is bereikt.

De monsternamen geschiedt nu als volgt: Het slagstuk wordt verwijderd en vervangen door een slang verbonden met een stikstofles. Deze is dusdanig gekoppeld, dat stikstofgas via de slang onder in de buis het water omhoog perst. Een klep in de boorkop zorgt ervoor dat water niet terug uit de buis in de boorkop stroomt. Wanneer het grondwater de bovenste buis heeft bereikt, moet eerst drie maal het volume van de totale gasbuis worden geleidigd alvorens het daadwerkelijke monster te nemen, aangezien het aanvankelijk opgepompte water nog enigszins verontreinigd is.

Een nadeel van INMOG is dat deze methode nogal veel materieel vereist dat vrij zwaar en niet goedkoop is, wat de methode enigszins omslachtig maakt. Tevens is vooral de boorkop gevoelig voor beschadiging en verstopping.



2.2.2 Hydrochemische analyse van de genomen monsters

Aan de in het veld genomen monsters zijn diverse hydrochemische metingen gedaan. Zo zijn de pH, temperatuur, stikstofgehalte en de geleidbaarheid (EC) bepaald. Deze zijn ook op veel locaties –voor een zo representatief mogelijke meting– reeds ter plekke in het veld gemeten en geregistreerd. Voor het grootste deel van de overige bepalingen (alkaliteit, hardheid, calcium- en chlorideconcentratie) zijn monsters genomen uit het veld en later geanalyseerd. Voor deze bepalingen zijn meerdere instrumenten beschikbaar, welke per soort bepaling zullen worden behandeld.

pH-meting

Deze wordt uitgevoerd met een sensor die de zuurgraad als de negatieve logaritme van de concentratie aan vrije H^+ -ionen (pH) in een vloeistof meet en weergeeft op een LCD-scherm. Voor gebruik dient het apparaat zorgvuldig te zijn geijkt, minimaal eens in de twee dagen. Hiertoe zijn bij de meterset twee ijkvloeistoffen bijgevoegd (pH 4 en pH 7). De pH-meter bevat tevens een sensor voor de temperatuur.

Een minder nauwkeurige, maar snellere pH-meting kan worden uitgevoerd met speciale pH-strookjes. Dit zijn geplastificeerde strookjes met aan een uiteinde een tipje met indicator. Door dit uiteinde een seconde in de vloeistof onder te dompelen kan na enkele minuten de verkleuring van het indicatortipje vergeleken worden met een bijgeleverde kleurentabel (met bijbehorende pH-waarden).

EC-meting

De EC-meter wordt gebruikt om de geleidbaarheid (*electrical conductivity*) van water te bepalen. Deze geleidbaarheid wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid opgeloste ionen. Het apparaat is voorzien van een LCD-display en een sensor aan een draad. Deze sensor bevat twee elektroden, welke een stroompje door het water sturen en zo de geleidbaarheid (de inverse van de weerstand) van dit water meten. De geleidbaarheid wordt meestal uitgedrukt in microSiemens per centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$), die ongeveer de *totale* hoeveelheid opgeloste positieve of negatieve ionen (dit is hetzelfde, het water dient immers elektrisch neutraal te zijn) in milli-equivalent voorstelt, vermenigvuldigd met honderd: $100 \mu\text{S}/\text{cm} \approx 1 \text{ meq/l}$. Het voordeel van een dergelijke meting is dat het snel een indicatie geeft van de hoeveelheid ionen in oplossing. Nadeel is echter dat het slechts een *indicatie* is en bovendien puur kwantitatief; het zegt niets over welke ionen je meet.



NO_3^- -meting

Een snelle, vrij globale bepaling van het stikstofgehalte in het genomen monster is mogelijk met een stikstof-indicatorstrookje. Deze is vergelijkbaar met het eerder beschreven pH-strookje, echter, het indicatortipje reageert in dit geval op de aanwezigheid van NO_3^- . Tevens is op het stikstof-indicatorstrookje een tweede tipje aangebracht, die verkleurt bij de aanwezigheid van NO_2^- . Deze bepaling kan uiteraard ook direct in het oppervlaktewater gebruikt worden.

Alkaliteit, calciumgehalte, hardheid en chloridegehalte

Voor enkele, vrij nauwkeurige bepalingen is in een speciale koffer veldmateriaal voor een aantal soorten titraties verzameld. Door steeds 20 ml monster in een erlenmeyer te vermengen met enkele druppels indicator, kan na titratie met een reagens vanuit een speciale titreerpipet vrijwel exact het gehalte aan bepaalde elementen in het monster worden afgelezen. Omdat deze veldbepalingen uitgevoerd worden met gebruik van een indicator, maakt het voorkomen van te grote gehalten gesuspendeerde (organische) stof in een watermonster de analyse vrijwel onmogelijk, daar men dan de kleur van de indicator niet goed kan zien. Om dit te verhelpen moet een dergelijk monster voor analyse gefiltreerd worden met een grof filter ($>0.45 \mu\text{m}$).

De pipet is voorzien van een teller waarin in cijfers het aantal schaaldelen toegevoegde reagens is af te lezen. Deze waarde kan na titratie worden omgerekend naar meq/l. De titratie-techniek kan worden gebruikt voor de bepaling van de alkaliteit, de concentratie calciumionen, de hardheid en de concentratie chloride-ionen in het genomen monster. Hoewel met deze methoden in redelijk korte tijd een vrij duidelijk beeld van de watersamenstelling kan worden verkregen, is het gebruik van (sommige giftige) chemicaliën in het veld niet erg handzaam.

2.2.3 Afvoer- en debietmeting

Deze omvatten een aantal methoden om de afvoer van oppervlaktewater in een rivier, kanaal of sloot te bepalen, alsmede een manier om de snelheid van grondwaterstroming te benaderen. Te gebruiken methoden zijn de *drijfvermethode* (waarbij een drijvend voorwerp representatief is voor de stroomsnelheid), de *Ott-molen* (waarbij de omwentelsnelheid van een onder water gebracht molentje een maat is voor de stroomsnelheid) en de *rechte overlaatmethode* (waarbij de afvoer over een overlaat wordt beschouwd). Voor het berekenen van de grondwaterflux wordt de *wet van Darcy* gebruikt.

Drijfvermethode

Bij deze methode, door sommigen ook wel *Pooh-sticks* genoemd (naar een verhaal van A.A. Milne), wordt een drijver (of een vergelijkbaar drijvend object) gebruikt om de stroomsnelheid van het oppervlaktewater te bepalen. Wanneer ook de diameter van het stromende waterlichaam bekend is, kan de afvoer Q berekend worden volgens:

$$Q = v \cdot A$$

met: Q = afvoer, v = stroomsnelheid, A = diameter stromend waterlichaam.

Om deze stroomsnelheid te bepalen wordt over de lengte van het stromende water een traject met een bepaalde lengte gekozen, en vervolgens de tijd gemeten die de drijver nodig heeft om die afstand af te leggen. Omdat dit voorwerp alleen representatief is voor de bovenste laag stromend water en bovendien –afhankelijk van het soort drijver– wrijving en invloed van de wind ondervindt, is deze techniek slechts geschikt voor een zeer globale schatting. Bovendien is het in veel gevallen lastig om een waarde te geven voor de doorsnede van het waterlichaam, aangezien de bedding van een kanaal of rivier onregelmatigheden bevat en nooit over het gehele traject perfect cilindrisch of rechthoekig is.

Ott-molen

De Ott-molen maakt het mogelijk om de stroomsnelheid op verschillende diepten in het oppervlaktewater te bepalen. De molen is opgebouwd uit enerzijds een rotor, en anderzijds een vin, die ervoor moet zorgen dat steeds exact in de stroomrichting van het water wordt gemeten. Het instrument wordt bevestigd aan een metalen stok met schaalverdeling, waarmee het eenvoudig op de gewenste diepte ten opzichte van het wateroppervlak te brengen is. Aan het instrument wordt een elektronische teller met display bevestigd, waarop het aantal omwentelingen af te lezen is. Door nu een tijdsperiode te kiezen waarover wordt gemeten, kan na meting dit aantal omwentelingen worden gedeeld door het aantal seconden waarin is gemeten. Zo wordt het aantal omwentelingen per seconde (n) verkregen. De stroomsnelheid is vervolgens te bepalen met één van een tweetal formules. Per instrument is door de fabrikant een ijkingsformulier ingesloten, waarop twee formules zijn gegeven voor n -waarden kleiner dan, en n -waarden groter dan x (vastgestelde omwentelingssnelheid typerend voor het gebruikte instrument).

Voor $0 < n \leq x$:

$$v = a_1 n + b_1$$

Voor $n > x$:

$$v = a_2 n + b_2$$

v = stroomsnelheid

n = aantal gemeten omwentelingen per seconde

x = geijkt aantal omwentelingen per seconde

a, b = geijkte coëfficiënten

Nu v berekend is, kan met een bepaling van de diameter van het waterlichaam loodrecht op de richting van het instrument dezelfde formule als bij de drijvermethode voor Q worden ingevuld.

Een duidelijk voordeel van de Ott-molen boven de drijvermethode is de mogelijkheid om op verschillende diepten en afstanden ten opzichte van de zijden van het stromend waterlichaam kan worden gemeten. Ook behoeft per meting slechts de doorsnede van het waterlichaam ter hoogte van de molen te worden bepaald. Echter, evenals bij de drijvermethode, is deze doorsnede niet altijd even nauwkeurig te benaderen.

Rechte overlaat-methode

Wanneer voor de meting van de afvoer in de buurt van de gewenste locatie een rechte overlaat aanwezig is, kan deze worden gebruikt van een zeer nauwkeurige bepaling van de totale afvoer van een kanaal. Hierbij behoeft namelijk geen schatting te worden gemaakt van de doorsnede van het waterlichaam. Voor deze methode geldt:

$$Q = 2 \cdot b \cdot h^{3/2}$$

met: Q = afvoer, b = breedte van de overlaat, h = hoogte wateroppervlak boven de overlaat ($b \geq 3 \cdot h$).

De rechte overlaat-methode biedt van de drie gebruikte technieken bij het bepalen van de totale afvoer de meest nauwkeurige resultaten, omdat deze meestal het minste last heeft van lokale wrijving en turbulentie, echter, aangezien de hoogte van het wateroppervlak boven de overlaat niet overal even groot is en nogal eens sterk fluctueert, is deze parameter toch een niet te onderschatten bron voor meetfouten. Bovendien kan bij deze methode opstuwing optreden, en wordt de stroomsnelheid bepaald over de gehele doorsnede, in tegenstelling tot bij de Ott-molen, die beter in staat is de stroomsnelheid *lokaal* te meten.

Wet van Darcy

Een groffe benadering van de grondwaterflux tussen twee gebieden en daarmee de hoeveelheid kwel is mogelijk door gebruik te maken van de *wet van Darcy*. De vorm die meestal wordt gebruikt voor het bepalen van verticale kwel luidt als volgt:

$$v = -\frac{\Delta h}{c}$$

Δh = stijghoogteverschil van grondwater (m)

c = hydraulische weerstand (dagen)

v = Darcy-snelheid, in dit geval de mate van kwel (m/dag)

De hydraulische weerstand volgt uit de dikte van de semi-permeabele laag die de aquifer afdekt (D of Δx , m) en de verticale permeabiliteit van deze laag (K , m/dag), als volgt:

$$c = \frac{\Delta x}{K}$$

Als we deze twee vergelijkingen combineren, krijgen we meest bekende vorm van de wet van Darcy:

$$v = -K \cdot \frac{\Delta h}{\Delta x}$$

waarbij $\Delta h/\Delta x$ ook wel bekend staat als de drukhoogte-gradiënt.

Een voordeel van deze methode van kwelberekening is dat zij snel en makkelijk toepasbaar is, op basis van weinig gegevens. Dit maakt echter wel dat de verkregen waarde slechts een zeer globale indicatie is. Voor een exacte bepaling van de hoeveelheid kwel en de ruimtelijke verdeling hiervan zijn veel uitgebreidere berekeningen en metingen nodig, gebaseerd op veel meer parameters.

2.3 Ecologische veldtechnieken

De gebruikte ecologische veldtechnieken tijdens het veldwerk zijn per locatie een vegetatieopname binnen representatieve plots, een bijbehorende vegetatiekaart en een opname van de zich in de omringende sloten bevindende waterfauna.

2.3.1 Vegetatie-opname

Per onderzocht gebied is een opname gemaakt van de terrestrische vegetatie binnen een voor dat gebied representatief plot. Tevens is deze vegetatie uitgezet in een globale kaart.

Voor een voldoende representatieve plot worden uit de omgeving vooraf zorgvuldig alle voorkomende soorten opgenomen. Aan de hand daarvan kan een plot worden uitgezet waarin alle gevonden representatieve soorten in hun representatieve aantallen voorkomen. Het is hierbij de truuk om de kleinst mogelijke representatieve plotgrootte te vinden, hoewel dit in de praktijk uiteraard lastig is en meestal neerkomt op een '*educated best guess*'.

Wanneer de hoekpunten van het gewenste plot zijn uitgezet, kan per gevonden soort (of per vegetatietype) een waarde gegeven worden aan de bedekkingsgraad (maat voor de percentuele frequentie en gebruikte oppervlakte) van die soort binnen de plot. Deze wordt gegeven in de vorm van de *Doingse 10er schaal* (in dit verslag vaak afgekort als *D.S.*). Deze schaal verdeelt de gevonden percentages in klassen, en kent aan iedere klasse een waarde toe:

+	= 1 individu	+6	= 25-35 %
+1	= 1-2 individuen	+7	= 35-50 %
+2	= 2 individuen	+8	= 50-75 %
+3	= 1-5 %	+9	= 75-90 %
+4	= 5-10 %	+10	= 90-100 %
+5	= 10-25 %		

Door nu per locatie een plot uit te zetten en een opsomming te maken van gevonden soorten en verschillende geschatte bedekkingsgraden, kan een redelijke indruk worden gegeven van de soortenrijkdom per locatie.

2.3.2 Opname waterfauna en Biotic Index

De opname van de per locatie in de omringende sloten aanwezige waterfauna bestaat uit drie stappen: I) een globale gebiedsbeschrijving, II) Monsternamen en III) Bepaling van de waterkwaliteit aan de hand van de gevonden waterfauna via de *Biotic Index* en de mate van begroeiing door wieren en kroos.

I) Gebiedsbeschrijving

Per locatie zijn over de omgeving de volgende gegevens verzameld:

- Plaats, aan zijde van monsternamen én overzijde van het water
- Breedte van de sloot
- Breedte van de rietkraag
- Bedekking van het kroos
- Diepte sloot
- Troebelheid water: helder / matig helder / troebel
- Samenstelling van de bodem
- Overige opmerkingen

II) Monsternamen

Vlak langs de slootkant werd een emmer half gevuld met slootwater. Vervolgens werd dit water in een witte bak van $1,0 \times 0,5 \times 0,15$ m gedaan zodat de beestjes goed zichtbaar werden. Van de dieren (>2 mm) zijn de soort en het aantal bepaald.

III) Bepaling waterkwaliteit en Biotic Index

Qua voedingsstoffen zijn er drie klassen in waterkwaliteit te onderscheiden: *oligotroof* (voedselarm), *mesotroof* en *eutroof* (voedselrijk). Het zuurstofgehalte in het water hangt af van de voedselrijkdom van het water. Naarmate het water voedselrijker is, neemt de groei van algen en kroos toe. Hierdoor dringt er minder licht door tot de bodem zodat de zuurstofproductie door de waterplanten afneemt.

Veel waterdieren komen zowel in schoon als vervuild water voor, maar er zijn ook dieren waarvan het voorkomen sterk afhangt van de waterkwaliteit (*bioindicatoren*).

Het voorkomen van kwaliteitsgevoelige en ongevoelige dieren wordt vooral bepaald door het zuurstofgehalte. Als het water zuurstofarm is, komen de dieren die tolerant zijn voor dit milieu vaker voor (slakken, bloedzuigers). In een zuurstofrijk milieu komen meer aërobe soorten voor (kokerjufferlarve, zoetwaterkreeftje, kevers).

De kwaliteit van het water kan dus afgeleid worden uit de soortensamenstelling van de waterdieren. Een maat voor de waterkwaliteit wordt gevormd door de *Biotic Index*. Deze wordt als volgt bepaald: Elk type waterdier krijgt een score. Aërobe dieren krijgen een hogere score dan typen die zonder zuurstof kunnen. Door per monster de score per type te vermenigvuldigen met het aantal individuen van dat type en deze resultaten op te tellen wordt de totale score verkregen. Het indexnummer wordt verkregen door de totale score te delen door het totaal aantal individuen in het monster:

$$I = \frac{\sum I_t \cdot A_t}{A}$$

I_t = Index nummer van type t
 A_t = Aantal individuen van type t
 A = Totaal aantal individuen in het monster

Het indexcijfer ligt tussen 0 en 10. Hoe lager de score, hoe voedselrijker het water.

Een andere manier om de waterkwaliteit te bepalen is door te kijken naar de bedekkingsgraad van het kroos en het voorkomen van wieren. Hoe eutrofer het water, hoe uitbundiger de aanwezigheid van kroos en wieren. De

bedekkingsgraad werd geschat door in een vierkante meter die deels de waterkant en deels het midden van de sloot bedekt het percentage kroos te schatten.

2.4 Meteorologische veldtechnieken en Penman open-waterverdamping

Met de *Penman-formule* voor open-water verdamping kan men, aan de hand van een aantal te meten meteorologische variabelen, de potentiële maximale verdamping bepalen van een hypothetisch open wateroppervlak onder optimale omstandigheden.

De formule is gebaseerd op modellen van de energiebalans en het transport van waterdamp en warmte van het aardoppervlak naar de atmosfeer (zie *bijlage XVI*). De uiteindelijk berekende waarde is LE_0 , de 'echte' verdamping, ten opzichte van LE_a , een standaard referentieverdamping. De Penman-formule met zijn afleiding is afgedrukt in *bijlage XVI*.

De meteorologische parameters die gemeten moeten worden zijn voor de berekening van LE zijn de volgende, allen gemeten op één hoogte:

- R_n , de netto inkomende straling. Deze wordt voor dit veldwerk bepaald met behulp van een empirische expressie (zie *bijlage XVI*), waarvoor men de zonneschijnduur (n , uur/dag) dient te meten. Tevens moeten de hoeveelheid kortgolelige inkomende straling aan de rand van de atmosfeer (R_a , cal/cm²/dag) en de maximale zonneschijnduur (N of D , uur/dag) voor het te bepalen gebied in de te gebruiken periode bekend zijn. De gebruikte waarden voor R_a en N tijdens dit veldwerk gelden voor het gebied in de maand mei: $R_a = 905$ cal/cm²/dag, $N = 15.94$ uur.
- De gemiddelde temperatuur (T_2 , °C). Deze wordt in dit geval berekend uit de minimum- en maximumtemperaturen.
- De gemiddelde dampspanning (e_2) of de relatieve vochtigheid (e_2/e_{sat} , %).
- De gemiddelde windsnelheid (U_2 , m/s).

De gebruikte meethoogte is 2 m boven maaiveld.

Een belangrijk nadeel van de Penman-formule is dat de berekende verdamping slechts de *potentiële* verdamping is, onder *optimale* omstandigheden, en dat deze bovendien geldt voor een *open wateroppervlak*.

De omstandigheden in het veld zijn meestal verre van ideaal, en bovendien wil men vaak de verdamping weten van een gebied dat niet geheel of geheel niet bestaat uit open water. Vegetatie, heeft bijvoorbeeld afsluitbare huidmondjes en een ander effectief verdampingsoppervlak dan open water, en alleen al daardoor verschilt de verdamping van vegetatie van die van open water onder verder dezelfde meteorologische omstandigheden. Een eenvoudige correctie van de Penman-verdamping voor vegetatie is mogelijk door gebruik van een vegetatiefactor (*crop factor*):

$$E_{act} = g \cdot E_0$$

$$E_{act} = \text{actual evapotranspiration (eigenlijke verdamping)}$$

$$g = \text{crop factor}$$

$$E_0 = \text{Penman-verdamping (zie bijlage XVI)}$$

E_{act} is nu de potentiële verdamping van de vegetatie onder optimale omstandigheden. Crop factors zijn voornamelijk bekend voor cultuurgewassen en corrigeren de Penman-verdamping voor invloeden als interceptie en het huidmondjesoppervlak. De crop factor voor gras in het jaargetijde waarin dit veldwerk plaatsvindt bedraagt 0.8 (zie *bijlage VII*).

Gedurende de eerste twee veldwerkweken werd op het eiland een meteorologisch station opgezet, waarmee de benodigde variabelen voor berekening van de Penman open-waterverdamping werden gemeten.

Voor de meting van de meteorologische parameters is gebruik gemaakt van de volgende instrumenten.

Stevenson-hut en thermometers

De temperatuur en luchtvochtigheid werden gemeten in een Stevenson-hut. Deze wordt gevormd door een houten hut met ventilatie-openingen, die de apparatuur moet beschermen tegen neerslag en zonlicht. In de hut bevinden zich, naast een thermohygrograaf, drie thermometers: een verticaal geplaatste stationsthermometer, en een horizontaal geplaatste minimum- en een maximumthermometer.

De stationsthermometer meet de actuele temperatuur in de hut. Bij aflezing van wordt dan ook altijd de datum en tijd van aflezing genoteerd.

De minimumthermometer bevat een index (klein zwart, verschuifbaar staafje). Aan de bovenzijde (hogere temperatuur) van deze index bevindt zich een vloeistof; aan de onderzijde een gas. Door temperatuurschommelingen verschuift het evenwicht tussen het gas en de vloeistof. Wanneer de temperatuur daalt, wordt hierbij de index naar beneden verschoven. Deze blijft hangen bij de laagst voorkomende temperatuur. Na elke meetperiode wordt daarom de index weer teruggebracht tegen het grensvlak.

In de maximumthermometer bevindt zich een vloeistof, die uitzet bij een stijgende temperatuur, maar niet inkrimpt bij een eventuele daaropvolgende temperatuurdaling. Na elke meetperiode moet de thermometer worden afgeslagen naar een zo laag mogelijke waarde.

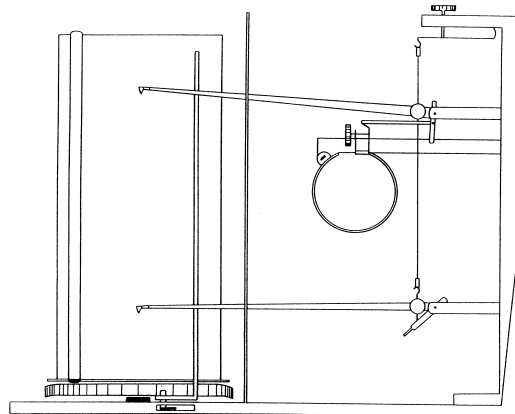
Thermohygrograaf en slingerpsychrometer

De thermohygrograaf legt continu het verloop van temperatuur (tussen -30 en $40\text{ }^{\circ}\text{C}$), luchtvochtigheid (tussen 0 en 100%) en luchtdruk gedurende een bepaalde periode vast op diagrampapier.

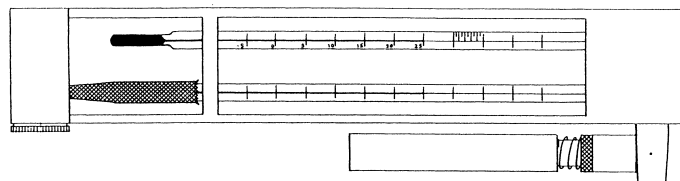
De temperatuur wordt gemeten door een sensor, een tot ring gebogen strook bimetaal, wat is opgebouwd uit twee metalen met verschillende uitzetting. De buiging van deze strook als gevolg van een veranderende temperatuur wordt geregistreerd door een aan de ring bevestigde penarm.

De luchtvochtigheid wordt gemeten aan de hand van een aan de penarm bevestigde hangende haarbundel, die bij toenemende luchtvochtigheid in lengte toeneemt, en bij daling korter wordt.

De luchtdruk wordt gegeven door het evenwicht tussen de kracht op de buitenwand van de reservoirs (luchtdruk) en de tegengestelde veerkracht van het metaal waaruit de reservoirs zijn vervaardigd. De compressie van het pakket reservoirs, als gevolg van schommelingen in dit evenwicht vormen een maat voor de luchtdruk. De penarm is aan een zijde van het pakket bevestigd, en registreert deze compressie.



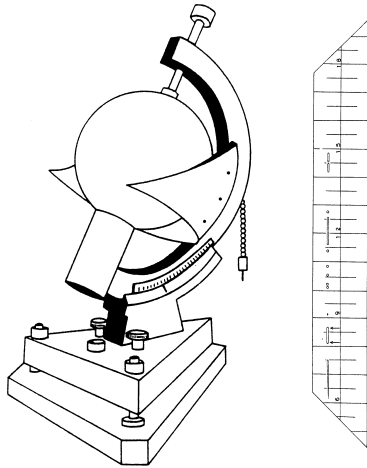
Naast de thermohygrograaf werd voor bepaling van de luchtvochtigheid gebruik gemaakt van de zakslingerpsychrometer. Deze wordt gevormd door een frame met daarin bevestigd twee parallel gelegen thermometers. Een thermometer meet de temperatuur van de lucht (droge thermometer). Om het reservoir van de andere thermometer is een nat stukje katoen gewikkeld (natte thermometer). De psychrometer wordt met behulp van het aan de meter bevestigde handvat ter ventilatie geslingerd en afgelezen, totdat de droge en natte temperaturen niet meer veranderen. Door verdamping van water uit het katoen aan de lucht zal de natte thermometer sneller afkoelen. Hierdoor geeft de natte thermometer bij aflezing een lagere temperatuur dan de droge thermometer. Met een bijbehorend schuiflineaaltje kan uit de twee temperaturen de luchtvochtigheid omgerekend worden.



Zonneschijnautograaf

De zonneschijnautograaf registreert de periode waarin op een dag de zon op de plaats van de autograaf het aardoppervlak bereikt. Het instrument bestaat uit een in een frame geklemde massief glazen bol. Onder de bol wordt een papieren strook met uursindeling geschoven. Wanneer nu de zon op de glazen bol schijnt, brandt de bol als een brandglas een gaatje in de strook. Op deze wijze kan op de strook worden afgelezen tijdens welke periode van de dag en hoelang de zon op de plaats van opstelling heeft geschinen.

De autograaf moet zo worden opgesteld, dat het geen hinder ondervindt van obstakels in de omgeving, en het brandpunt de juiste tijd aangeeft. Voor de verschillende seizoenen (met verschillende hoogten van de zon) zijn op diverse hoogten in het frame groeven aangebracht, waarin de strook kan worden bevestigd.



Cup-anemometer

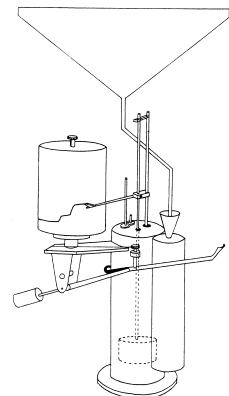
Voor bepaling van de windsnelheid is een cup-anemometer gebruikt, bestaande uit een verticaal georiënteerde windmolen, met aan het uiteinde van de drie wieken een cup. Onder invloed van de wind gaat de anemometer roteren, waarbij het aantal omwentelingen per tijdseenheid een maat is voor de windsnelheid. Deze wordt op het instrument weergegeven als de afgelegde weg van de rotor in 10^2 m.

Ook voor de anemometer geldt dat het instrument zo moet worden opgesteld dat het geen hinder ondervindt van de directe omgeving, tenzij men de verandering in windsnelheid als gevolg van de aanwezigheid van deze obstakels wil meten.

Regenmeter en pluviograaf

Om de hoeveelheid neerslag te bepalen werd gebruik gemaakt van twee typen neerslagmeters. De standaard regenmeter werd gebruikt om de totale hoeveelheid neerslag te meten over een bepaalde tijdsperiode (dag). Deze neerslag wordt uitgedrukt in mm ($= \text{liter/m}^2$). De meter wordt gevormd door een ongeveer 27 cm hoge cylinder, met daarin een trechter (met aan de bovenzijde een opening van 200 cm^2) en een verzamelkolom met schaalverdeling, waaraan de neerslag in mm kan worden afgelezen.

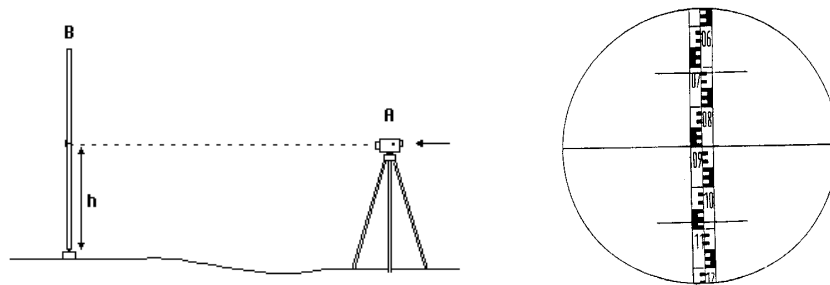
Voor de bepaling van de neerslag als functie van de tijd werd gebruik gemaakt van de pluviograaf (*tipping bucket*). Dit instrument is voorzien van een roterende registreertrommel en penarm om de neerslag over een bepaalde tijd te registreren. Het regenwater wordt met een trechter (oppervlak 40 cm^2) opgevangen in een reservoir. De toename van de inhoud van het reservoir wordt door een aan de zijkant in het reservoir gelegen vlotterstang-penarm geregistreerd op diagrampapier. Wanneer het reservoir helemaal gevuld is, ledigt het instrument zichzelf automatisch, waarna de penarm weer terugkeert naar zijn oorspronkelijke stand.



2.5 Doorgaande waterpassing

Tijdens het veldwerk zijn op verschillende plaatsen peilbuizen geplaatst. Hiermee werd het mogelijk om de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld op eenvoudige wijze te bepalen. Echter, wanneer men geïnteresseerd is in bijvoorbeeld de grondwaterstand ten opzichte van NAP of een maaiveldhoogte, moet van deze punten het relatieve hoogteverschil, of, in geval van een punt met reeds bekende hoogte t.o.v. NAP, de absolute hoogte worden bepaald. Voor dit soort metingen kan onder andere de doorgaande waterpassing worden gebruikt. Deze wordt uitgevoerd door drie personen met een combinatie van twee instrumenten, het *waterpas-instrument* en de zogenaamde *baak*. Twee personen hanteren elk een instrument; de derde fungeert als registrator.

Het waterpas-instrument is opgebouwd uit een op een statief bevestigde volledig draaibare kijker, die voorzien is van een waterpas en drie stelschroeven. Hiermee kan de kijker zo worden opgesteld, dat deze in alle richtingen precies horizontaal is georiënteerd. Het beeld van de kijker is voorzien van drie horizontale lijnen: een middelste *middendraad*, en aan boven- en onderzijde gelegen *afstandsdraden*. Voor de daadwerkelijke landmeting (het bepalen van een hoogteverschil) is ook de baak benodigd, een soort opvouwbare plank die is voorzien van een centimeter-schaal.

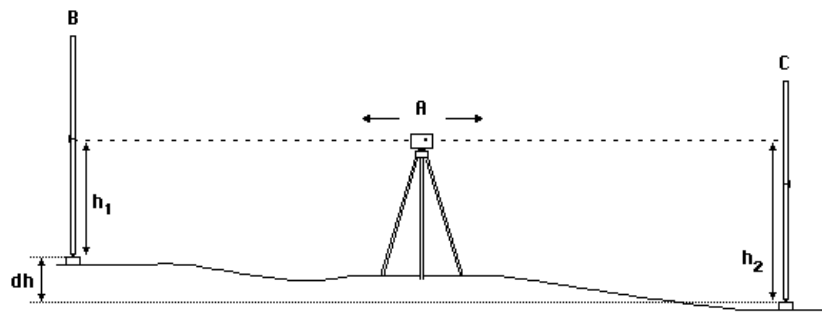


Om het hoogteverschil tussen twee punten te meten, wordt het statief met kijker tussen deze twee punten (bij voorkeur in het midden) geplaatst en zo ingesteld, dat de kijker in alle richtingen horizontaal gericht staat. De baak wordt geplaatst op een van de twee te meten punten. Wanneer de kijker correct is opgesteld, kan hiermee ten opzichte van de baak de middendraad afgelezen worden. Deze waarde wordt genoteerd als hoogte van de baak ten opzichte van het maaiveld waar de kijker is opgesteld. Ter controle worden ook de twee afstandsdraden afgelezen en worden deze waarden gemiddeld. Bij correcte aflezing moet dit gemiddelde gelijk zijn aan de afgelezen waarde bij de middendraad.

Vervolgens wordt de baak verplaatst naar het tweede punt. De kijker blijft staan, maar wordt geroteerd in de richting van het tweede punt. Na controle van de kijker (staat deze nog precies horizontaal?) kan wederom de baak worden afgelezen ten opzichte van de middendraad en beide afstandsdraden. Deze waarde wordt eveneens genoteerd als hoogte van de baak ten opzichte van het maaiveld waar de kijker is opgesteld. Het verschil tussen deze twee waarden vormt het hoogteverschil tussen de twee gemeten punten.

Nu het hoogteverschil tussen twee punten bekend is, kan ook het verschil tussen het eerste punt en een derde punt worden bepaald. Hiervoor wordt de kijker tussen het tweede en derde punt geplaatst (de baak blijft staan), en de baak bij het tweede punt opnieuw afgelezen. Daarna wordt de baak verplaatst naar dit derde punt. De kijker wordt weer gecontroleerd en de baak afgelezen. Nu is het hoogteverschil tussen het tweede en derde punt bekend. Door deze op te tellen bij het reeds gemeten hoogteverschil tussen de eerste twee punten, kan het hoogteverschil tussen het eerste en derde punt worden berekend.

Deze reeks metingen kan in principe eindeloos worden herhaald (uiteraard met verlies van nauwkeurigheid). Zo'n reeks metingen wordt *doorgaande waterpassing* genoemd; elke afzonderlijke meting tussen twee punten heet een *slag*; de afstand tussen elk gemeten punt is de *slaglengte*. Bij zo'n doorgaande waterpassing is het gebruik van een *pot*, een voetstuk waarop de baak komt te staan, handzaam, zodat de baak zich bij beide metingen van elk punt op dezelfde hoogte bevindt.



Bij een meting over een zeer lang traject (kilometers) wordt bij ongeveer elke kilometer een vast punt gekozen (dit kan van alles zijn; een steen of een paaltje) en zo het traject verdeeld in secties, die elk in heen- en teruggang kunnen worden gecontroleerd en afzonderlijk gecorrigeerd.

Als nu een punt beschikbaar is waarvan de NAP-hoogte precies bekend is, dan kan van elk ander punt de hoogte ten opzichte van NAP met vrij grote nauwkeurigheid worden gemeten. Bij beschikbaarheid van eventuele meerdere punten met bekende hoogte, kan een zijslag in het traject worden ingebouwd, teneinde een nog nauwkeuriger meting mogelijk te maken. Punten met een bekende hoogte zijn meestal ingemeten en geregistreerd door de meetkundige dienst van Rijkswaterstaat en zijn vaak aangegeven met een bout, bevestigd in een muur van een huis of in een andere stabiele structuur. Deze *peilmerken* vormen een *landelijk meetnet* voor hoogtebepalingen. Hiervan is een kaart beschikbaar met de locaties van peilmerken en hun bijbehorende nummers. Op een aparte lijst staat de benodigde informatie voor elk nummer.

3. Deellandschappen

In dit hoofdstuk wordt van elke onderzoekslocatie een globale beschrijving gegeven, gevolgd door een presentatie van de resultaten van eventuele metingen en waarnemingen en de daaruit te trekken conclusies.

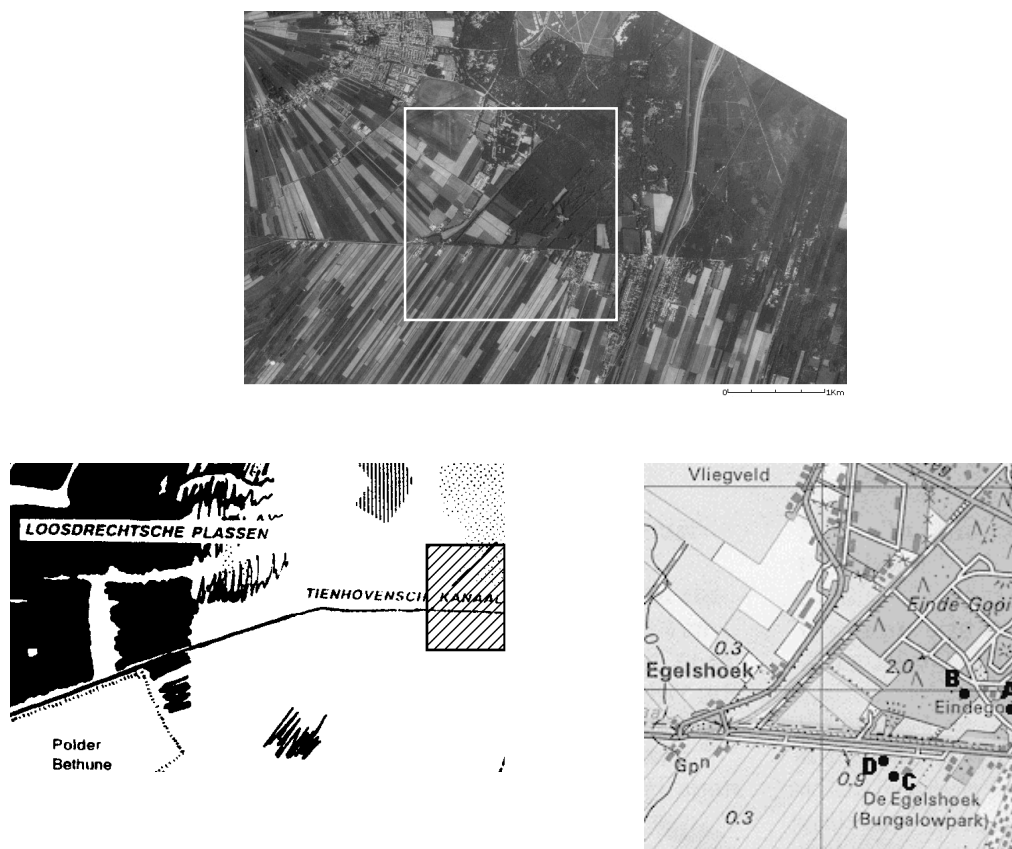
3.1 Einde Gooi

De locatie Einde Gooi bevindt zich op de flanken van de Utrechtse Heuvelrug en de ondergrond bestaat dus uit arme, pleistocene zanden.

Op deze locatie zijn gebieden met twee verschillende soorten vegetatie bezocht; een bosgebied en een weilandgebied (zie *figuur 3.1*). Het bos is oorspronkelijk een gedeelte van een landgoed geweest, wat nog duidelijk te zien is aan de beuken die langs de oude oprijlaan staan. Er komen twee soorten bos voor; een eiken-berkenbos en een dennenbos. Beiden worden nu door Natuurmonumenten beheerd.

In het bos zijn het eiken-berkenbos en het dennenbos met elkaar vergeleken aan de hand van flora- en faunaopnames en boringen.

De weilanden worden gebruikt voor veeteelt. Op één van de bezochte weilanden (*figuur 3.1, punt D*) zijn opnames van slootvegetatie en -fauna gemaakt en zijn cupsamplers geplaatst. Op het andere weiland (*figuur 3.1, punt C*) is een aantal hydrologische meettechnieken toegepast: Hooghoudt-methode, dubbele ringinfiltrometer en cupsampler met omgekeerde fietspomp. Met een steekkop zijn bodemonsters genomen waarvan later met een permeameter de permeabiliteit is bepaald. Verder is een peilbuis geplaatst en bemonsterd, en tenslotte is er gewerkt met pulsboor en INMOG. Helaas was het watermonster dat met de INMOG is genomen, te troebel om te analyseren. Voor een beschrijving van de gebruikte technieken wordt verwezen naar *hoofdstuk 2*.



Figuur 3.1 De ligging van het gebied rond Einde Gooi. De punten A en B op de kaart zijn bezochte locaties in respectievelijk het eiken-berkenbos en het dennenbos. De punten C en D zijn de bezochte weilandlocaties. De foto is een panchromatisch satellietbeeld (SPIN-2) van de omgeving.

3.1.1 Uitvoering en resultaten

Bodem

In het bos zijn op drie verschillende plaatsen boringen gezet (zie *bijlage II*). Alle drie de boringen bleken podzolen op te leveren, maar afhankelijk van het reliëf verschilde de subgroep van een veldpodzol (in de lagergelegen gedeelten) tot een haarpodzol (op de hogere gronden). Duidelijk is in ieder geval dat deze locatie op zandgronden gelegen is. Het podzoleringsproces verloopt erg goed op deze gronden, omdat het moedermateriaal zand relatief grof is en arm aan verweerbare mineralen. In het weiland (*figuur 3.1, punt C*) zijn wel boringen gezet, maar hiervan zijn geen beschrijvingen gemaakt.

Uit de berekeningen van de permeabiliteit die gemeten is in het steekkopmonster komt een waarde van 2.55 m/dag (zie voor informatie over de steekmonsters *bijlage XII*).

Water

De bemonsterde peilbuis lag in een depressie van ongeveer 20 cm ten opzichte van de rest van het weiland. De onderkant van het filter bevond zich op 6.34 meter, de afstand tussen de bovenkant van de buis en het maaiveld was 17 cm en de waterspiegel bevond zich op 64.5 cm van de bovenkant van de buis. De lengte van de waterkolom is dus $6.34 - 0.645 = 5.70$ m. Aangezien de diameter van de buis 0.025 m was, valt met de formule oppervlakte $\times$ lengte $\times$ 1000 uit te rekenen hoeveel liters water er in een buis zitten. Dit komt op $(\pi \times 0.125 \times 0.125) \times 5.70 \times 1000 = 2.80$ liter water in de buis.

Van elke opgepompte emmer water zijn de watertemperatuur en de EC-waarde bepaald (zie *hoofdstuk 2*):

Emmer nr.	T_{water} (°C)	EC (µS/cm)
1	12.0	643
2	10.4	665
3	10.4	659
4	11.4	672

Met behulp van de Hooghoudt-methode is op deze locatie een gemiddelde K_{sat} gevonden van 5.13 m/dag. Voor de berekening van deze waarde zie *bijlage XIII*.

Met cupsamplers zijn monsters genomen van het bodemvocht (bij *punt D* op *figuur 3.1*, zie ook *bijlage V*). Hiervan is de hydrochemie bepaald, voor zover mogelijk:

Diepte	EC (µS)	pH	Ca^{2+}	Cl^-	HCO_3^-	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	(meq/l)
30 cm		5.94					
60 cm	570	6.30	2.67	3.95	(7.38)	5.44	

In een duidelijk geëutrofiëerde sloot langs één van de weilanden (figuur 3.1, punt D) is een opname gemaakt van de voorkomende bodemfauna en op grond hiervan is de *Biotic Index* bepaald.

Plaats: sloot tussen weiland en zandpad
 Breedte sloot: 1.5 m
 Diepte sloot: 30 cm
 Troebelheid water: troebel (zwart)
 Breedte rietkraag: 25 cm
 Bedekkingsgraad kroos: 95 %
 Samenstelling bodem: zwarte modder
 Overige: ruikt naar H₂S

Waterfauna: Er komen veel typen dieren voor tolerant zijn voor een zuurstofarm milieu, zoals bloedzuigers en slakken (zie *bijlage IV*). De *Biotic Index* viel daarom ook laag uit met een waarde van 3.74 (zie *bijlage IX*). Dit is, op de sloot in de Bethunepolder na, de laagste waarde (zie § 3.6).

Hydrochemie:

Plaats	EC	pH	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺ + Mg ²⁺
in schone sloot	350-380	6.68	1.74	1.44	(1.57)	2.97
in geëutrofiëerde sloot	643-672					



Een huis van de waargenomen
Gewone Schijfhoornslak

Vegetatie

In het eiken-berkenbos is een plot van acht bij tien meter uitgezet, waarbinnen de bedekkingsgraad van de vegetatie op de *Doing-schaal* (D.S., zie § 2.3.1) is opgenomen. De resultaten staan in onderstaande tabel.

Laag	Doing Schaal	Bedekking (%)
boomlaag	8	60
struiklaag	3	3
kruidlaag	2	enkele individuen
moslaag	2	enkele individuen

Een totale lijst van soorten is te vinden in *bijlage VI*.

Van het dennenbos is vanwege tijdsgebrek geen volledige vegetatieopname gemaakt. De totale bedekking in het dennebos op de schaal van Doing was 7, en aanwezige soorten waren onder andere Bochtige smelevens (Deschampsia flexuosa), Grove den (Pinus sylvestris), Kamperfoelie (Lonicera spec.) en Adelaarsvaren (Pteridium aquilinum). De laatste soort is een indicator voor een zure ondergrond. Langs de paden groeiden nog een aantal soorten die niet in de plots zijn aangetroffen. Onder boomstammen was vaak Sterrenmos te vinden, bij de beuken van de oprijlaan groeide veel Kussentjesmos en tenslotte was ook de stinzeplant Lelietje van Dalen (Convallaria majalis) te zien.

De soorten die in het weiland (punt D, figuur 3.1) zijn aangetroffen zijn wel in kaart gebracht en staan in *bijlage V*.



Berk

Fauna in het eiken-berkenbos

De aangetroffen bodemorganismen zijn in te delen in drie groepen. Onder de eerste groep, die van de detrituseters, vallen miljoenpoten (*Polydesmus angustum*), wormen, pissebedden (De vijf algemene groepen; *Oniscus asellus* — zat dieper in de grond om uitdroging te voorkomen, *Porcellio scaber*, *Philoscia muscorum*, *Trichoniscus pusillus*, *Armadillidium vulgare*) en springstaarten. De tweede groep is die van de alleseters. Van deze groep werden kniptorren, ritnaalden en kortschildkevers aangetroffen. Tenslotte zijn er nog de predatoren. Hieronder vallen de loopkevers en spinnen.

De meeste dieren werden aangetroffen op donkere, vochtige plaatsen, bijvoorbeeld onder en in het strooisel en in grote aantallen onder dode boomstronken. Hier troffen we ook een kleine salamander aan.



3.1.2 Conclusie en discussie

De verschillende soorten podzolen die gevonden zijn laten het verschil in reliëf en dus in vochtregime goed zien; veldpodzolen behoren tot de hydropodzol- (dus nattere) gronden en haarpodzolen tot de xeropodzolen, dus drogere gronden. Verder kunnen we uit de redelijk goede sortering en afronding en de vrij constante diametergrootte van de zandkorrels afleiden dat het hier om door de wind geërodeerde pleistocene dekzanden zou kunnen gaan. Als alleen de uitkomst van de permeameter wordt bekeken (2.55 m/dag), lijkt deze een, ook ten opzichte van andere locaties (variërend van rond de 0 in de kleigrond van Gunterstein tot ongeveer 20 in het zand van de Bethunepolder, zie ook *bijlage XII*), vrij lage waarde voor de permeabiliteit te geven. Dit terwijl zand in principe toch vrij doorlatend materiaal is. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn, dat het zand slecht gesorteerd en goed gecompacteerd is, waardoor de permeabiliteit sterk wordt verlaagd. Ook toen het monster werd genomen was al te merken dat de steek-kop zeer moeilijk de grond in te krijgen was. Bovendien is het zand in het monster vrij fijn (rond de 210 μm), dit zou de compactie verhoogd kunnen hebben. Als we echter het resultaat van de permeameter vergelijken met de uitkomsten van de Hooghoudt-methode (5.13 m/dag), zien we dat de permeabiliteits-waarden ongeveer twee keer hoger uitvallen. Deze waarden zaten echter helemaal aan de rand van het nomogram en lijken dus wel weer erg hoog te zijn. Een conclusie is in dit geval moeilijk te trekken, omdat er twee verschillende methoden op twee verschillende weilanden met elkaar worden vergeleken. De waarde die in de literatuur te vinden is is voor fijn zand een K-waarde tussen de 0.017 en 17.28 m/dag (college Hydrochemie, 1999). Dit is natuurlijk een vrij groot interval, en hiermee vergeleken liggen de twee gevonden waarden nog redelijk bij elkaar in de buurt.

Bij meting aan de peilbuis, is globaal te zien dat de temperatuur afneemt en de EC toeneemt met toenemende diepte. Dat de temperatuur afneemt, is te verwachten omdat de oppervlakte door de zon wordt verwarmd, maar deze invloed afneemt met de diepte. Dat de EC toeneemt, wordt veroorzaakt door het feit dat Einde Gooi een infiltratiegebied is. Het regenwater zakt dus door de grond naar beneden en neemt onderweg de opgeloste voedingsstoffen van de bovenste lagen mee. Na hydrochemische bepaling is te zien dat de EC-waarde en het gehalte aan opgeloste stoffen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-) toenemen met toenemende diepte. De verklaring hiervoor, namelijk dat we hier met een infiltratiegebied te maken hebben, is ook al gegeven. De pH is met waarden tussen de 6 en de 7 ietwat aan de zure kant. Dit zou de invloed van het (zurige) regenwater kunnen zijn.

De slootkantvegetatie in het weiland heeft nogal uiteenlopende standplaatspreferenties, maar over het algemeen zou er gezegd kunnen worden dat het hier om een relatief vochtig, voedselarm tot -rijk milieu gaat. De variatie wordt natuurlijk ook in de hand gewerkt omdat het hier een slootkant betreft, waar over een klein stuk grond vrij grote variaties in hoogte en ondergrond bestaan. Dit is ook in de kartering te zien (bijlage V).

Uit de standplaatsbeschrijvingen van de loofbosvegetatie blijkt dat de meeste planten een matig voedselrijke, zure grond met vochtige tot vrij droge omstandigheden prefereren. De grote variatie in vochtregime preferenties kan worden verklaard door het feit dat op microschaal de topografie vrij veel varieerde, waardoor er vochtige en droge plaatsen aanwezig waren, die beide zijn meegenomen in de vegetatieopname.

Als we de vegetatie van het loofbos met dat van het dennenbos vergelijken, zien we dat in het dennenbos meer soorten van een zure bodem voorkomen, zoals de Adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*).

Bij vergelijking van de bodemfauna uit de twee soorten bos zien we duidelijk de verschillen in bodem naar voren komen. In de bodem van het loofbos waren humus en zand goed gemengd tot een moder. Er bevonden zich dan ook veel wormen en pissebedden. Dit in tegenstelling tot het dennenbos, dat een zure ondergrond heeft en voornamelijk springstaarten en geen wormen bevat.

Uit het lage indexcijfer voor de biologische waterkwaliteitsbepaling in het weiland (B.I. 3.74), de hoge EC (643-672 $\mu\text{S}/\text{cm}$), de uitbundige groei van kroos en de H_2S -lucht blijkt dat het water behoorlijk eutroof is.



Na beschouwing van het bos in Einde Gooi kan vooral uit de bodem- en vegetatiegegevens de conclusie te getrokken worden dat we hier met een milieu te maken hebben dat plaatselijk vrij grote verschillen in topografie en daarmee samenhangend ook in vochtregime laat zien. De bodem is matig voedselrijk tot zuur en bestaat uit pleistocene zanden. De vegetatie is kenmerkend voor de hogergelegen, arme zandgronden van het Gooi.

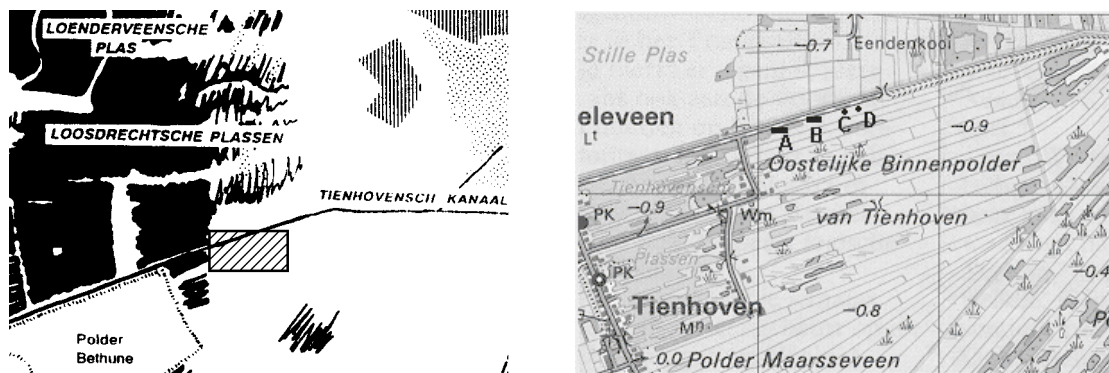
De gegevens over het weiland geven een nogal wisselend beeld van dit milieu. Uit de lage waarden van de hydrochemische parameters –ten opzichte van bijvoorbeeld locatie Gunterstein, waar het slootwater gedeeltelijk afkomstig is uit de (vuilere) Vecht– en de lage EC (behalve in de eutrofe sloot) blijkt duidelijk dat dit een infiltratiegebied is en dus niet al te rijk aan voedingsstoffen. Toch blijkt weer uit de biologische waterkwaliteitsbepaling van de sloot dat het oppervlaktewater erg eutroof kan zijn. De vegetatie laat uiteenlopende standplaatspreferenties zien. Een conclusie zou hier kunnen zijn, dat de natuurlijke omstandigheden ietwat verstoord zijn door de agrarische activiteiten die hier plaatsvinden, welke vaak in meer of mindere mate tot vermessing leiden.

3.2 Tienhoven

Het gebied rond de Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven ligt tussen de Utrechtse heuvelrug en de Bethunepolder, net ten zuidoosten van de Loosdrechtse Plassen en aan de zuidkant van het Tienhovens kanaal (zie *figuur 3.2*). De Tienhovense dijk, die langs het kanaal loopt, is voor een deel natuurgebied in beheer van de stichting Natuurmonumenten. Het gebied is een mozaïek van sloten, petgaten en weilanden waarop veeteelt wordt bedreven.

Volgens de bodemkaart (Stiboka 1976) bestaat een groot deel van de polder uit zandige poldzolgronden en koopveengronden op zand. In het gebied komen nog stukjes moerasbroekbos waarin de Zwarte Els (*Alnus glutinosa*) de belangrijkste soort is, typerend voor het eindstadium van een verlandingsproces. In dit moerasbroekbos leeft de stikstof-fixerende bacterie *Frankia alni*, die rode knolletjes vormt op wortels van de Zwarte els. In deze bolletjes worden door de bacteriën vrij grote hoeveelheden stikstof vastgelegd met behulp van de stof *leghemoglobine*. De planten gebruiken een groot deel van deze stikstofverbindingen voor de groei, wat ook blijkt uit een vrij hoog stikstofgehalte in de bladeren (Simons, 1999).

Broekbossen komen gewoonlijk voor in vrij vochtige gebieden, maar de laatste jaren is het gebied enigszins aan het verdrogen, wat leidt tot aantasting van de moerasbosvegetatie en oxidatie van het bosveen in de bovengrond. Overigens wordt het grondwaterpeil in de weilanden expres laag gehouden, anders worden ze te nat voor veeteelt (Van den Bos, 1999).



Figuur 3.2 De ligging van het gebied rond polder Tienhoven en de locaties van de vegetatieopnames en boringen. De punten A en B zijn respectievelijk de vegetatieopnames in het elzenbroekbos en langs het weiland onder aan de dijk. Op de punten C (lager) en D (hoger) zijn boringen gezet.

3.2.1 Uitvoering en resultaten

Flora

Langs de Tienhovense dijk zijn twee vegetatieopnames gemaakt, waarvan één in het elzenbroekbos (*punt A*, *figuur 3.2*) en de ander iets ten oosten hiervan, tussen de dijk en het weiland (*punt B*, *figuur 3.2*).

Voor de opname in het elzenbroekbos werd een plot gebruikt van 6 × 12 m. In de bomenlaag, waarvan we de bedekkingsgraad op 60 – 70 % hebben geschat (D.S. 8), komt alleen de Zwarte Els (*Alnus glutinosa*) voor. De struiklaag met bedekkingsgraad van 15 – 20% (D.S. 5) bestaat uit Wilde Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), hoge Braamstruiken (*Rubus* sp.) en een jonge Grauwe Wilg (*Salix cinerea*). In de kruidlaag, welke samen met de moslaag een bedekkingspercentage had van ongeveer 15 % (D.S. 5), vinden we Brede Stekelvaren (*Dryopteris dilatata*), Gewoon Riet (*Phragmites australis*), Moerasgras (*Thelypteris palustris*), Hennegras (*Calamagrostis canescens*), een paar spruiten van de Zomereik (*Quercus robur*), Gewone Moeraswederik (*Lysimachia thyrsoflora*), kiemplantjes van de Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), jonge Braamstruiken (*Rubus* sp.), langs de waterkant Pluimzegge (*Carex paniculata*), tegen de dijk Engelwortel (*Angelica sylvestris*) en in een depressie en

langs het water Gele Lis (*Iris pseudacorus*). Op de grond zien we aan mossen voornamelijk Gewoon Sterrenmos, Klauwtjesmos, Pluisjesmos en Levermos. Een aantal plantensoorten uit het broekbos zijn indicatoren voor een nat voedselrijk systeem. Het betreft voornamelijk Zwarte els, Hennegras, Pluimzegge en Engelwortel. Voor een uitgebreidere standplaatsbeschrijving wordt verwezen naar *bijlage VI*.

De plantensoorten die gevonden werden bij de tweede vegetatieopname, tussen de dijk en het weiland, zijn o.a. Rode klaver (*Trifolium pratense*), Ridderzuring (*Rumex obtusifolius*) en de Gewone engelwortel (*Angelica sylvestris*). De bedekkingsgraden van de soorten zijn hier echter niet bepaald. Al deze soorten zijn indicatoren voor een nat voedselrijk systeem. Een compleet overzicht van de plantensoorten die op dit weiland voorkomen hun standplaatsen is te vinden in *bijlage VI* en op de vegetatiekaart van de tweede opname in *bijlage V*.



Zwarte Els

Bodem

Uit een gutsboring in het broekbosje blijkt dat de bodem hier tot 70 cm diep uit organisch materiaal / bosveen bestaat, van 90 tot 100 cm uit zand en van 70 tot 90 cm is een overgang tussen deze twee bodemtypen te zien. Het gevonden veen ruikt niet meer erg 'gereduceerd' (d.w.z. het stinkt niet meer zo erg), wat er op duidt dat het langzaam aan het oxideren is als gevolg van verdroging.

In het weiland direkt ten zuiden van de dijk zijn lokale hoogteverschillen zichtbaar. Deze worden waarschijnlijk veroorzaakt door hoogteverschillen in het pleistocene zand in de ondergrond, waarschijnlijk door oude zandduintjes. Door differentiële klink in de bovenliggende laag worden deze hoogteverschillen ook zichtbaar in het huidige landschap (Hobma, 1999).

Uit een boring die op een hoog deel van het weiland (*punt D, figuur 3.2*) is gezet (zie *bijlage IXX*), blijkt het voorkomen van een Veldpodzol. Dit betekent dat we hier te maken hebben met een podzolbodem in een zandgrond.

In een lager deel van het weiland (*punt C, figuur 3.2*) werd een Moerpodzol aangetroffen. Het laagje klei dat hier voorkomt is afgezet door de Vecht en de hieronder liggende moerige laag met organisch materiaal is ontstaan toen als gevolg van een stijging van de zeespiegel ook de grondwaterspiegel steeg, waardoor veenvorming mogelijk werd (zie *hoofdstuk 1*). Deze moerige (tussen)laag maakt dat de bodem een hydropodzol is, die dus geassocieerd wordt met natte condities. Hetzelfde geldt overigens voor de Veldpodzol.

Van steekmonsters, op twee diepten genomen onder aan de dijk (*punt B, figuur 3.2*, zie ook *bijlage V*), is de permeabiliteit bepaald:

<i>plaats</i>	<i>diepte (cm)</i>	<i>k (m/dag)</i>
Tienhovense Dijk	30	13.48
Tienhovense Dijk	60	0.09

De permeabiliteit is op 30 cm diepte veel hoger dan op 60 cm, wat verklaard zou kunnen worden uit het voorkomen van zand in de bovengrond (beter doorlatend) of meer veen in diepere delen (slecht doorlatend). Het is ook mogelijk dat één van de twee monsters verstoord is geraakt en dat de bepaling met de permeameter daarom een afwijkende waarde geeft.

Water

Ter hoogte van de locatie van de tweede vegetatieopname (*punt B, figuur 3.2*) zijn in het kanaal en in de sloot die hier aan de zuidkant van de dijk parallel aan loopt EC en pH gemeten. Tevens zijn langs de slootkant op twee dieptes cupsamplers geplaatst en is van het kanaal een watermonster genomen en geanalyseerd.

De EC en pH in het kanaal waren respectievelijk 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 6.55, en in de rietkraag van het kanaal was de EC 302 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De EC in de sloot was 449 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en de pH was 6.2. De resultaten van de wateranalyses zijn weergegeven in de tabel hieronder en tevens in *bijlage III*.

<i>Locatie</i>	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Ca ²⁺ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	HCO ³⁻ (meq/l)	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (meq/l)	NO ³⁻
Tienhovens Kanaal	260	6,55	1.97	0.63	2.12	2.25	
cupsampler, 60 cm diepte			2,99	1,15	0.74	8,27	100

Naast de hydrochemische bepalingen is een gedetailleerde beschrijving gemaakt van het kanaal en de sloot en de waterfauna die hierin voorkomt:

Plaats: Tienhovens Kanaal
 Breedte kanaal: 6 m
 Diepte (aan de kant): 30 cm
 Troebelheid water: helder
 Breedte rietkraag: 3 m
 Bedekkingsgraad kroos: 10 %
 Samenstelling bodem: klei (weinig sediment)

Waterfauna: Er kwamen in het kanaal vrij veel soorten voor die alleen in een zuurstofrijk milieu voorkomen, zoals het Bootsmannetje en de larven van Kokerjuffer en Eendagsvlieg (zie *bijlage IV*). Er kwamen ook soorten voor die met heel weinig zuurstof kunnen leven, maar deze waren niet in grote aantallen aanwezig. De *Biotic Index* viel met 4.76 vrij hoog uit (zie *bijlage IX*).

Plaats: Slootje tussen dijk en weiland
 Breedte sloot: 1 m
 Diepte sloot: 20 cm
 Troebelheid water: helder
 Breedte rietkraag: 5 cm
 Bedekkingsgraad kroos: 10 %
 Samenstelling bodem: kleiig
 Overige: Slootje ligt lager dan kanaal

Waterfauna: De dieren die niet zonder zuurstof kunnen overheersen (zie *bijlage IV*). De belangrijkste indicatoren voor schoon water waren hier het Bootsmannetje, de Watermijt en wederom de larven van de Eendagsvlieg. De *Biotic Index* lag met 4.28 niet ver van die van het kanaal (zie *bijlage IX*). Er kwamen wel veel minder soorten voor dan in het kanaal. Dit kan komen doordat de rietkraag erg dun was, wat weinig bescherming biedt tegen predatie van de waterdieren.

In zowel de sloot als het kanaal was de aanwezigheid van soorten die duiden op water van slechte kwaliteit gering. Voor een compleet overzicht van de waterfauna en bijbehorende *Biotic Index* wordt verwezen naar de *bijlagen IV* en *IX*.



Een larve van de Kokerjuffer en een Bootsmannetje

3.2.2 Conclusie

Als we kijken naar de in het weiland aangetroffen bodemtypen (Veldpodzol en Moerpodzol), dan zien we dat deze hydromorfe kenmerken vertonen. Dit duidt op vrij vochtige condities in het weiland. Ook in het broekbos, wat op zich al een vochtige omgeving impliceert, werden veel vochtminnende plantesoorten aangetroffen. Het gebied wordt de laatste jaren echter wel steeds droger, wat was te zien aan het voorkomen van veel sterrenmos (Simons, 1999) en de afname van het aantal gevonden rode wortelknolletjes in vergelijking met vorige jaren (Van den Bos, 1999).

De gevonden waarde voor permeabiliteit is vrij hoog voor het monster van 30 cm diepte, en vrij laag voor het monster van 60 cm. Een dergelijk afname van permeabiliteit met toenemende diepte is ook te zien in de Bethunepolder (zie *bijlage XII*). Dit betekent ofwel dat de grond op 30 cm diepte meer zand en / of minder organisch materiaal bevat dan op 60 cm diepte, of dat het monster van 30 diepte verstoord ('lek') is geraakt. Als we er van uit gaan dat de monsters niet zijn verstoord tijdens de boring, dan kan een hoger gehalte aan zand in de bovengrond, wat dus zorgt voor een hogere permeabiliteit, wellicht afkomstig zijn van de dijk, toen deze werd aangelegd of eventueel opgehoogd.

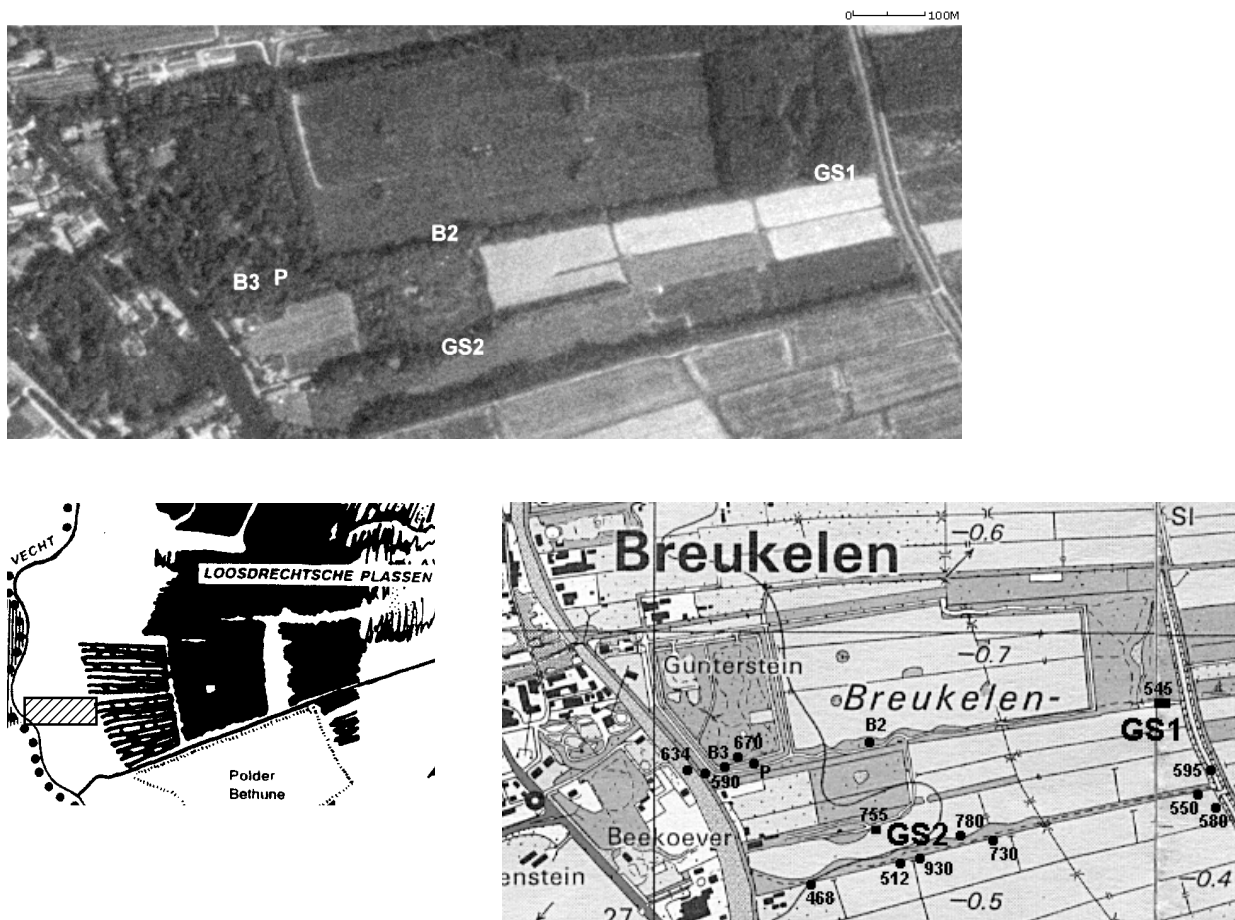
Zowel de lage EC, de waterbeschrijving als de wateranalyses duiden op vrij schoon, mesotroof en zuurstofrijk water in het kanaal en het slootje. In beiden was helder water met weinig kroos aanwezig en was de *Biotic Index* hoog. De waterkwaliteit in het slootje kwam redelijk overeen met die van het kanaal, wat er op kan duiden dat veel water onder de dijk door van het hoger gelegen kanaal naar het lager gelegen slootje stroomt (kwel). Het is ook mogelijk dat het water in het kanaal en het slootje van dezelfde bron afkomstig is. De lage EC waarden doen denken aan kwelwater van de Utrechtse Heuvelrug, of eventueel aan schoon regenwater. In figuur 3.12 uit paragraaf 3.6 is te zien dat de EC van het Tienhovens Kanaal toeneemt naarmate de afstand tot de Vecht kleiner wordt. Dit zou te verklaren zijn als men aan zou nemen dat het water in het kanaal, of in ieder geval in het oostelijk deel van het kanaal, van de Utrechtse heuvelrug in de richting van de Vecht stroomt en onderweg steeds meer opgeloste stoffen verzamelt. Het kanaal kan echter niet afwateren op de Vecht, omdat het water in de rivier hoger staat en van het kanaal wordt gescheiden door een sluis. Wellicht stroomt het water van beide zijden van het kanaal naar een punt of naar verschillende punten waar het ergens anders op afwatert, wellicht op de Vinkeveense plassen. Op de topografische kaart (Topografische Dienst, 1981) lijkt dit het geval te zijn.

Vrijwel alle waargenomen plantesoorten groeien gewoonlijk op vochtige tot natte voedselrijke bodems. In het elzenbroekbos is dit ook logisch, vanwege het voorkomen van stikstof bindende bacteriën. In het bodemwater uit de cupsampler langs de slootkant werd ook een vrij hoog gehalte aan nitraat aangetroffen. Blijkbaar is de grond hier ook vrij stikstofrijk, wat het voorkomen van de waargenomen plantesoorten verklaart. Of dit stikstof hier ook afkomstig is van bacteriën is niet duidelijk. Wel is aannemelijk dat het niet veroorzaakt wordt door overmatige bemesting van het weiland, anders zou dit waarschijnlijk gepaard gaan met een hoge EC in het slootwater. Dit is niet het geval, al is de EC in de sloot wel hoger dan de EC in het kanaal.



De Gele Lis, veel aangetroffen in het kanaal.

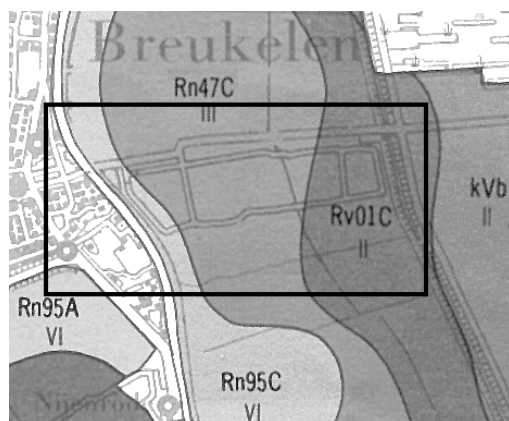
3.3 Gunterstein



Figuur 3.3 De ligging van het landgoed Gunterstein. Aangegeven zijn de onderzochte locaties GS1 (dit is tevens de locatie van boring B1) en GS2, de overige boringen (B2, B3), de plaats van de peilbuis (P) en EC-waarden van het oppervlaktewater (in μS). De satellietfoto is een panchromatisch SPIN-2 beeld.

Het landgoed Gunterstein ligt aan de rivier de Vecht, aan de oostzijde ter hoogte van Breukelen. Het bos rondom dit landgoed is een Essen-hakhout bos dat vroeger diende als productiebos, met een klein stukje Iepen-hakhout bos. Door het hakken en het geveerde blad van de Es (*Fraxinus excelsior*) is het Essen-hakhout relatief lichtdoorlatend, zodat in de kruidenlaag veel hogere plantensoorten voorkomen. Echter een paar jaar na stopzetting van het kappen zien we dat de bedekking van het kroondek weer kan oplopen tot zo'n 90%. Beheer in de vorm van kappen is dus noodzakelijk voor behoud van de soortenrijkdom.

Het westelijk gedeelte van het landgoed ligt op de oostelijke oeverwal van de Vecht. Het terrein loopt naar het oosten af richting het veengebied. In het gebied vinden we voornamelijk kalkloze vaaggronden met rivierklei (zie *figuur 3.4*). De westzijde van het landgoed wordt begrensd door het huidige waterleidingkanaal, dat water uit de Bethunepolder transporteert naar de drinkwaterzuivering ter hoogte van Loenen (zie ook *paragraaf 3.6*). Dit kanaal ligt iets hoger dan de omgeving, om instroom van water uit de omgeving te voorkomen. De sloten in en rond Gunterstein ontvangen voornamelijk water van de Vecht, dat vrij rijk is aan nutriënten.



Rn95A	Kalkhoudende poldervaaggrond, zware zavel en lichte klei
Rn95C	Kalkloze poldervaaggrond, lichte zavel en lichte klei
Rn47C	Kalkloze poldervaaggrond, zware klei
RV01C	Drechtvaaggrond, kalkloos
kVb	Waardveengrond, bosveen, eutroof broekveen

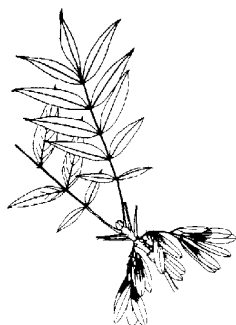
Figuur 3.4 Bodemtypen in de omgeving van het landgoed Gunterstein (uit: 1:50000 Bodemkaart v. NL, Stiboka 1970).

3.3.1 Uitvoering en resultaten

Bosflora

In het bos zijn veel soorten te zien: Heksenkruid (*Circaea*), Kluwenzuring (*Rumex conglomeratus*), Bosveldkers (*Cardamine flexuosa*), Hondsdraf (*Glechoma hederacea*), Robertskruid (*Geranium robertianum*), Witte dovenetel (*Lamium album*), Speenkruid (*Ranunculus ficaria*), Reuzefestuca (*Festuca gigantea*), Penningkruid (*Lysimachia nummularia*), Smeewortel (*Symphytum officinale*), Kruldistel (*Carduus crispus*). Voor een volledige lijst van waargenomen soorten, zie *bijlage VI*. Naast de Es en de Iep (*Ulmus*) komen bomen als Paardekastanje (*Aesculus*), Noorse Esdoorn (*Acer platanoides*) voor. Op holle boomstammen in het bos vindt men Poederschotel en op veel omgevallen bomen zitten tussen hout en bast de zwarte draden van Rhizomorfen.

Van de plantensoorten die in het bos voorkomen zijn Heksenkruid, Kluwenzuring, Hondsdraf, Robertskruid, Speenkruid, Penningkruid en Smeewortel indicatoren voor natte bodems. Hierbij zijn Robertskruid, Speenkruid en Penningkruid ook indicator voor voedselrijke bodems. De Es stelt hoge eisen aan de habitat, namelijk een vrij vochtige bodem met een goede zuurstof voorziening en de bodem moet een ruim kalk- en fosfaatgehalte hebben.



Es (Fraxinus excelsior)

Bepaalde soorten die ook in het bos op Einde Gooi te vinden zijn, zoals Brede Stekelvaren (*Dryopteris dilatata*), Gewoon Sterrenmos en Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), groeien hier eveneens. Omdat het een oud

landgoed betreft, vinden we relatief veel *stinseplanten*, zoals Gelderse Roos (*Viburnum opulus*), Vogelmelk (*Ornithogalum*) en Prachtframboos (*Rubus spectabilis*). Ook een tuinplant als Rhododendron komt voor.

Langs de paden komen we planten als Brandnetel (*Urtica dioica*), Kleefkruid (*Galium aparine*), Vogelmuur (*Stellaria media*) en Ruw Beemdgras (*Poa trivialis*) tegen. Dit zijn allen indicatoren voor een voedselrijke omgeving. In de bosrand komen Hop (*Humulus lupulus*), Meidoorn (*Crataegus*), Prunus (*Prunus*), Haagbeuk (*Carpinus betulus*), Gewone Ereprijs (*Veronica chamaedrys*), Mannetjesereprijs (*Veronica officinalis*) en Dagkoekoeksbloem (*Silene dioica*) eveneens algemeen voor.

Sommige soorten die je meestal ziet op veengrond komen ook nu nog in het bos voor. Hoewel het bos gezien kan worden als het eindstadium van verlanding groeien er, vooral aan de bosrand, nog wel soorten als Rietgras (*Phalaris arundinacea*) en Riet (*Phragmites australis*). Dit zijn uiteraard indicatoren voor een vochtige situatie. Van de zeggen waren Moeraszegge (*Carex acutiformis*) en Verwijderde Zegge (*Carex remota*) aanwezig.

Bosfauna

Wat de fauna betreft waren er veel springstaarten (*Orchesella cincta*, *Tomocerus*), mijten en potwormen te zien. Hiernaast zijn ook de algemene soorten pissebedden aanwezig, waarvan we *Philoscia muscorum* hebben gezien. Onder de bodemfauna in het bos vinden we relatief veel predatoren. Opvallend is ook dat er relatief weinig strooisel ligt.

Weilandflora

In het weiland groeiden diverse grassen, waaronder voornamelijk Schaduwgras (*Poa nemoralis*), Straatgras (*Poa annua*), Veldbeemdgras (*Poa pretensis*) en Ruw Beemdgras (*Poa trivialis*). Hiernaast vonden we ook nog Beekpunge (*Veronica beccapunga*) en Scherpe Boterbloem (*Ranunculus acris*). Gewone Paardebloem (*Taraxacum officinale*) en Ereprijs (*Veronica chamaedrys*) geven aan dat de bodem zeker voedselrijk is, al dan niet door bemesting. Verder vonden we Geknikte Vossestaart (*Alopecurus geniculatus*), Gewone Vossenstaart (*Alopecurus pratensis*) en Blaartrekkende Boterbloem (*Ranunculus sceleratus*). Deze laatste soort geeft aan dat de bodem slibbig en voedselrijk is en bovendien rijk aan ammonium. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door bemesting van het weiland. Zie voor een overzicht van alle waargenomen weilandflora: *bijlage VI*.

Bodem

Om het verloop van het bodemprofiel met de afstand tot de Vecht in kaart te kunnen brengen hebben we een drielat boringen gezet (zie *figuur 3.3*) op een oost-west lijn aan de zuidkant van het landgoed. Voor de kleiige bovengrond is een *Edelman*-boor gebruikt, voor de rest een gutsboor (zie *hoofdstuk 2*). De resultaten van de boringen zijn weergegeven in de catena in *bijlage II*, en op de boorformulieren in *bijlage IXX*. Bij B1 (GS1, *figuur 3.3*) vonden we een Drechtvaaggrond, met slechts een dunne kleilaag en een opeenvolging van verschillende soorten veen. Halverwege het landgoed, bij B2, is de kleilaag beduidend dikker en het veenpakket dunner en dieper. Hier troffen we een kalkarme Poldervaaggrond aan. Bij B3, het dichtst bij de Vecht, vonden we een Nesvaaggrond. Hier was de kleilaag het dikst, en bovendien kalkrijk en zandiger dan bij B2. Bij alle drie de boringen waren hydromorfe kenmerken zichtbaar, in de vorm van een moerig laagje (B1) of gleyverschijnselen (B2, B3). In westelijke richting werd de bodemlaag met gleyverschijnselen dikker. Dit komt ook overeen met de grondwatertrappen op de bodemkaart (*figuur 3.4*). Boring B1 valt nog in het gebied met grondwatertrap II, B2 en B3 in grondwatertrap III.

Later is nog een vierde boring gezet, op locatie GS2 in een weiland iets ten zuiden van het landgoed. Hier troffen we eveneens een Poldervaaggrond aan, maar dit maal zonder duidelijke veenlaag en met relatief weinig klei.

Op lokaties GS1 en GS2 zijn ook steekmonsters van de bovengrond genomen, op 30 en 60 cm diepte (zie *bijlage XII*). De permeabiliteit hiervan bleek zo laag dat deze vrijwel niet meer meetbaar was met de beschikbare apparatuur. Dit is ook wel te verwachten bij rivierklei.

Water

Plaats: Gunterstein GS1, bosrand / weiland
Breedte sloot: 2 m
Diepte sloot: 25 cm
Helderheid water: matig
Breedte rietkraag: 75 cm
Bedekkingsgraad kroos: 80 %
Samenstelling bodem: dikke sedimentlaag

Waterfauna: Er komen redelijk veel beesten voor die tegen een zuurstof arm milieu kunnen. De *Biotic Index* is 3.7 (zie *bijlage IX*).

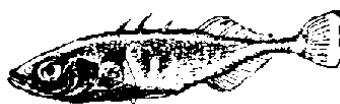
Waterkwaliteit: Het water is matig eutroof gezien de *Biotic Index*. Dit is ook wel te verwachten aangezien de bedekkingsgraad van het kroos vrij hoog is.

Plaats: Gunterstein GS2, weiland / bosrand
Breedte sloot: 3 m
Diepte sloot: 50 cm
Helderheid water: redelijk
Breedte rietkraag: 15 cm
Bedekkingsgraad kroos: 10 %
Samenstelling bodem: klei

Waterfauna: De *Biotic Index* is vrij hoog: 4.25 (zie *bijlage IX*). Er komen dus beesten voor die van niet te vervuild water houden. Dat dit schoon water is wordt bevestigd door het voorkomen van de kleine watersalamander.

Waterkwaliteit: Er is weinig kroos en de *Biotic Index* is vrij hoog. Het water is dus mesotroof.

Bij GS1 komen vrij veel slakken, watervlooien en watermijten voor (zie *bijlage IV*). Bij GS2 vinden we minder soorten, met relatief veel watermijten en bootsmannetjes. Opvallend is de aanwezigheid van de driedoornige stekelbaars op beide locaties. Deze soort is in geen van de andere gebieden waargenomen.



Driedoornige Stekelbaars (Gasterosteus aculeatus)

Het water in het waterleidingkanaal is relatief voedselarm. Hier vinden we dan ook soorten als Tenger Fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*) en Kikkerdrilwier, van de familie der roodwieren. Dit zijn indicatoren voor schoon water.

In de sloten in en rond Gunterstein zijn diverse EC- en pH-metingen gedaan, en enkele hydrochemische bepalingen (zie *bijlage III*). De pH-waarden zijn vrij gemiddeld en liggen steeds tussen 6.3 en 7.6. In de EC-

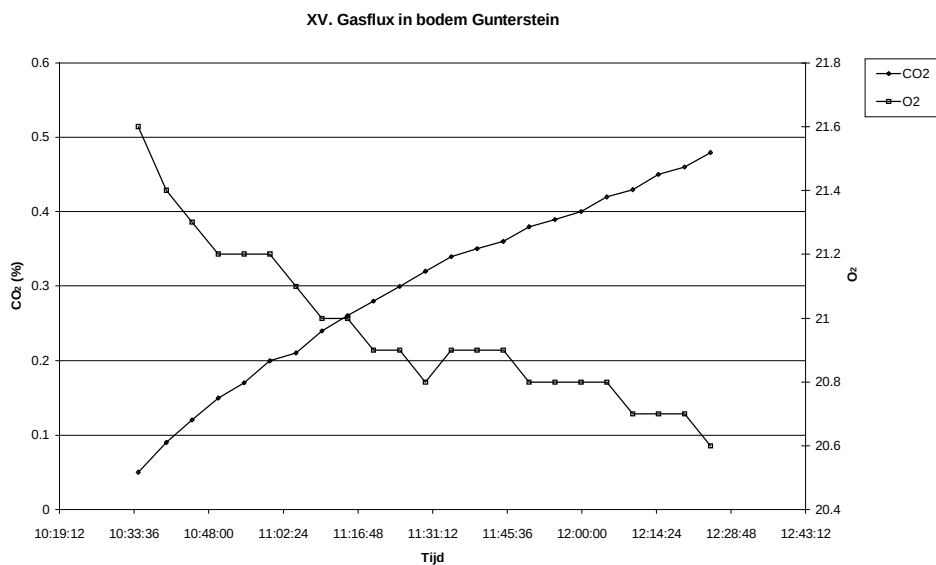
waarden is erg veel lokale variatie. In dit vrij kleine gebied variëren ze van 468 tot 930 μS (zie *figuur 3.3*). Het water in het gehele gebied bevat relatief veel kalk en magnesium.

Op één plaats is grondwater bemonsterd (punt P, *figuur 3.3*) en geanalyseerd (zie *bijlage III*). Het grondwater heeft een extreem hoge EC van 1732 μS en bevat erg veel calcium (11.19 meq Ca^{2+}/l) en ook vrij veel chloride. Overigens is ofwel de bepaling van hardheid, ofwel de calciumbepaling incorrect, aangezien de hardheid ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) lager is dan de concentratie calcium. Gezien de hoge EC is het waarschijnlijk dat de hoge calciumconcentratie correct is.

Afbraak van veen

In het verleden heeft in het gebied rond Gunterstein veenvorming plaatsgevonden, als gevolg van een hoge grondwaterspiegel en de invloed van de Vecht. In de bodem vonden we dan ook onder meer rietveen, zeggeveen en bosveen.

Veengebieden vormen ongeveer een derde van de totale koolstofpoel op aarde. Daardoor kunnen ze een belangrijke bron (bij afbraak) of *sink* (bij vorming) zijn voor atmosferisch CO_2 . In Gunterstein hebben we de afbraaksnelheid van de veenlaag onder het kleidek gemeten met behulp van de infrarood gasanalyser (zie *hoofdstuk 2*) boven een boorgat. De resultaten zijn weergegeven in *bijlage XV* en in *figuur 3.5*. Zoals verwacht bij de oxidatie van organisch materiaal is de stijging van de CO_2 -concentratie ongeveer evenredig met de daling van de concentratie O_2 . De gemiddelde waargenomen CO_2 -gasflux bedraagt 242.71 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{uur}$.



Figuur 3.5 Verandering van de gehalten CO_2 en O_2 in een boorgat in Gunterstein gedurende ongeveer twee uur, door oxidatie van de ondergrondse veenlaag.

3.3.2 Conclusie

In het Essen-hakhoutbos hebben we bijna met een *Fraxino-Ulmetum* te maken. Door de ruwheid en de gunstige pH van de bast van deze bomen kunnen korstmossen zich makkelijk vestigen.

De Es transporteert veel stikstof naar zijn bladeren. Reallocatie hiervan in de herfst treedt niet op, dus het strooisel bevat veel stikstof en bovendien weinig tanninen en fenolen en is dus voedselrijk en makkelijk afbreekbaar. Dit was onder meer te zien aan de dunne strooisellaag met relatief veel bodemfauna. Een gevolg hiervan is een grote soortenrijkdom in de kruidenlaag, die ook wordt bevorderd door de mineraalrijke klei.

Veel van de plantensoorten in zowel het bos als op het weiland duiden op een voedselrijke en vochtige bodem. In het weiland zou dit overigens ook deels het gevolg kunnen zijn van bemesting.

Dat we met een vochtige bodem te maken hebben, blijkt ook uit de hoge grondwaterstand, te zien aan de gleyverschijnselen (roest- of reductieplekken) in de bodem. Aan de oostzijde van het landgoed is de bodem kalkarm. Echter, in tegenstelling tot wat de bodemkaart (Stiboka, 1970) beweert, vinden we in het westelijke deel wel dergelijk kalk in de klei. Ook het grond- en oppervlaktewater bevat relatief veel kalk, waarschijnlijk afkomstig van de klei. Door de lage permeabiliteit van de klei is de verblijftijd van het grondwater vrij lang, waardoor relatief veel uitwisseling of oplossing van ionen kan plaatsvinden. Dit kan de hoge EC-waarde van het water uit de peilbuis verklaren.

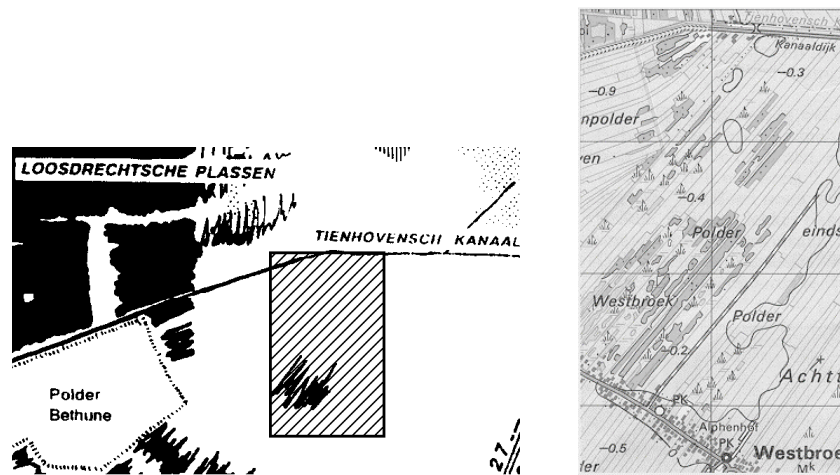
Kwaliteit en samenstelling van het oppervlaktewater vertonen nogal veel variatie binnen het gebied. Het water in de sloten rond de weilanden is matig eutroof tot mesotroof, wat meevalt gezien de nabijheid van de rivier en de mogelijkheid dat de weilanden bemest worden. Wellicht is bemesting afwezig of gering en staan de sloten niet in directe verbinding met het Vechtwater. Dit is overigens wel het geval voor veel van de sloten op het landgoed zelf, die via de slotgracht water ontvangen van de Vecht.

Een opmerkelijk geval van grote lokale verschillen in hydrochemie was te zien bij twee sloten even ten zuidoosten van lokatie GS2 (zie *figuur 3.3*). Deze "X-File"-sloten liggen in elkaars verlengde en worden slechts gescheiden door een aarden wal. De westelijke sloot had een EC van 512 μS , de oostelijke sloot 930 μS . In de westelijke sloot bestond de bodem uit een vrij dikke laag relatief grof organisch materiaal. In de oostelijke sloot was het organisch materiaal fijner (verder afgebroken) en bovendien afgedekt door een dunne kleilaag. Dit doet vermoeden dat vrij recentelijk ofwel klei van de (nogal steile) slootkant in het water is gekomen (b.v. afgraving), of dat de bodem van de sloot is omgeploegd of gebaggerd. In beide gevallen kunnen ionen uit de klei zijn opgelost in het water van de oostelijke sloot. In de westelijke sloot is de klei afgedekt door organisch materiaal, wat vrij goed ionen bindt. Dit kan mogelijk het grote verschil in de hoeveelheid opgeloste stoffen tussen beide sloten verklaren.



Bodemonderzoek in de westelijke X-File-sloot

3.4 Westbroekse Zodden (Staatsbosbeheer)



Figuur 3.6 De ligging van de Westbroekse Zodden

We hebben twee gebieden met petgaten bezocht: een trilveengebied in bezit van Staatsbosbeheer (*de Westbroekse Zodden*) en een trilveengebied bij Tienhoven onder beheer van Natuurmonumenten (zie paragraaf 3.5). Beide gebieden zijn onderhevig aan een beheersvorm waarbij petgaten worden gegraven om weer opnieuw trilveen te laten ontstaan. Dit ontstaat van trilveen is mogelijk dankzij hun geografische ligging in de kwelzone langs de Utrechtse Heuvelrug. Het opkwellende grondwater is hier mesotroof en vrij goed gebufferd tegen verzurings- en eutrofiëringsinvloeden, wat eerste vereisten zijn voor het ontstaan van dit vegetatietype. Tegenwoordig worden beide gebieden bedreigd met uitdroging doordat er veel water in de vorm van kwel richting de lager gelegen polders verloren gaat.

In het gebied van Staatsbosbeheer werd ons in een rondleiding verteld over het gebied (hydrologie, bodem, flora en fauna) en het beheer ervan, maar hebben we verder geen onderzoek gedaan.

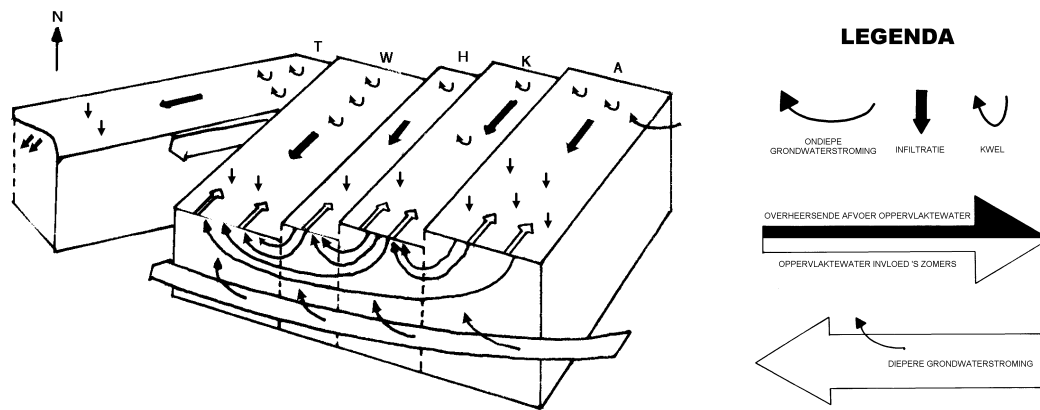
Het natuurreservaat De Westbroekse Zodden (157 ha) ligt ten oosten van de Utrechtse Heuvelrug en is onderdeel van een poldersysteem. Tot de tweede wereldoorlog was het gebied onderhevig aan agrarisch beheer dat bestond uit baggeren, maaien en kappen. De petgatenstructuur is ontstaan als gevolg van turfwinning. Na WOII was dit gebied niet meer agrarisch rendabel zodat het beheer wegviel en de petgaten dichtgroeiden met als eindstadium moerasbos. Dit ging gepaard met een verarming van de biodiversiteit.

Sinds 1991 probeert Staatsbosbeheer daarom de verlandings-successie opnieuw op gang te krijgen door weer petgaten te graven. Er is sprake van een cyclische beheersvorm waardoor alle stadia van de verlanding steeds gelijktijdig in het gebied aanwezig zijn. Elk jaar wordt er ca. 1 hectare veen uitgegraven.

Hydrologie

Er zijn in de Westbroekse Zodden twee kwelstromen aanwezig: lokale kwel van het noord-oosten en regionale kwel van oost naar west. De kwel uit het oosten is afkomstig van de hoger gelegen stuwwalcomplexen van het Gooi en de Utrechtse Heuvelrug. Dit kwelwater is mesotroof en relatief goed gebufferd tegen verzuringsinvloeden en eutrofiërings- en vermestingsinvloeden (B. Bos et al). Door de aanwezigheid van de Maarssenveense plassen en de dieper gelegen Bethunepolder is de hoeveelheid kwel afgenomen.

De kwelstroom uit het noord-oosten wordt veroorzaakt doordat het gebied een lagere waterpotentiaal heeft dan de hoger gelegen polders. Dit kwelwater is eutroof vanwege uitspoeling van nitraten op de landbouwgebieden als gevolg van overbesteding.



Figuur 3.7 De hydrologische situatie in het gebied rond de Westbroekse Zodden, met de stroombanen van grond- en oppervlaktewater. De verschillende "blokken" zijn van links naar rechts: polder Tienhoven (T), polder Westbroek (W), polder Huis ter Hart (H), polder Kerkeind (K) en polder Achttienhoven (A). De Westbroekse Zodden liggen in polder Westbroek. (naar: Beltman et al., 1988)

In de jaren zestig is er vanwege een watertekort verontreinigd Vechtwater ingelaten. Dit had tot gevolg dat de waterkwaliteit afnam. Tegenwoordig wordt er bij een watertekort water ingelaten vanuit de Breukeleveense plassen. Dit water passeert voor de inlaat een helofyten-filter. Dit filter neemt voedingsstoffen op uit het water zodat het inlaatwater uiteindelijk van redelijke kwaliteit is.

Beheer

De waterkwaliteit in het gebied wordt, zoals al gezegd, bepaald door een mesotrofe en een eutrofe kwelstroom en door verontreiniging veroorzaakt door de inlaat van Vechtwater. Ook zure regen speelt een belangrijke rol; hierdoor treedt versterkte verzuring en een verhoogde stikstofdepositie op.

Op verschillende manieren wordt getracht de waterkwaliteit op peil te houden. Er wordt geen Vechtwater meer ingelaten, de verontreinigde bodem is gebaggerd (jaren tachtig) en aan de oostkant is een stuk rietland gerealiseerd dat een gedeelte van de voedingsstoffen afkomstig van de hoger gelegen polders opneemt (helofytfilter). Het regenwater wordt in de winter via een duiker naar de poldersloten afgevoerd. In de zomer kan dit niet omdat dan met Vechtwater vervuild polderwater binnen kan stromen.

Elk jaar wordt 1 hectare veen uitgegraven en samen met boomstronken uit het gekapte moerasbos op een legakker gedeponeerd. De boomstronken maken de legakkers stevig zodat er met zware voertuigen zoals trekkers gereden kan worden. Een nadeel is dat de stronken aan de waterkant uitgroeien, wat het verlandingsproces versnelt.

Het trilveen wordt elke zomer gemaaid en geoogst om het gebied mesotroof te houden zodat de mesotrofe flora (Waterdrieblad, Rietorchis, Zonnedaauw) niet verdrongen wordt door soorten als Haarmos en Veenmos. In het trilveen zit veel zaad van planten die de basis kunnen vormen voor vegetatie in de nieuwe petgaten. De rietlanden worden in de winter gemaaid en geoogst zodat veel voedingsstoffen uit het systeem genomen worden.

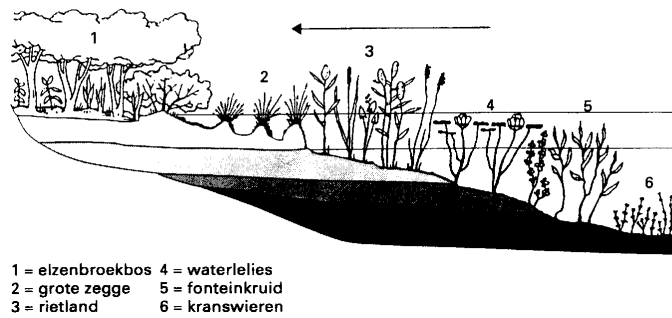
In het verleden werd er veel broekbos gekapt, maar omdat er op den duur weinig broekbos overbleef, heeft men het kapbeheer aangepast. Er wordt nu nauwelijks meer gekapt.

Flora en fauna

De schone kwelstroom afkomstig van de Utrechtse Heuvelrug en het Gooi maakt het ontstaan van een mesotrofe verlandingsreeks mogelijk. Het verlandingsproces kan men grofweg onderverdelen in de volgende fasen:

1. Open water
2. Rietlanden
3. Veenmostrilvenen
4. Ruige gronden
5. Moerasbossen

Elk van de stadia heeft een eigen karakteristieke flora zodat een grote biodiversiteit ontstaat wanneer, zoals hier, een cyclische beheersvorm wordt gehanteerd.



Figuur 3.8 Een typische verlandingsreeks, echter zonder trilveen-stadium

In het open water komen waterplanten voor als Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), Krabbescheer (*Stratiotes aloides*), en Fonteinkruid-, Waterlelie- en Kranswiersoorten. De waterkant loopt geleidelijk over in de ondiepe petgatbodem wat ten goede komt aan de biodiversiteit.

In het trilveen bevinden zich, zoals reeds gezegd, soorten als Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), Rietorchis (*Dactylorhiza majalis* subsp. *praeternissa*) en Zonnedauw (*Drosera*), echter deze worden enigszins verdrongen door soorten als Haarmos en Veenmos. Dit is nadelig, want deze mossen zorgen ervoor dat het systeem grotendeels gevoed wordt door regenwater zodat er gevaar is voor verzuring en eutrofiëring.

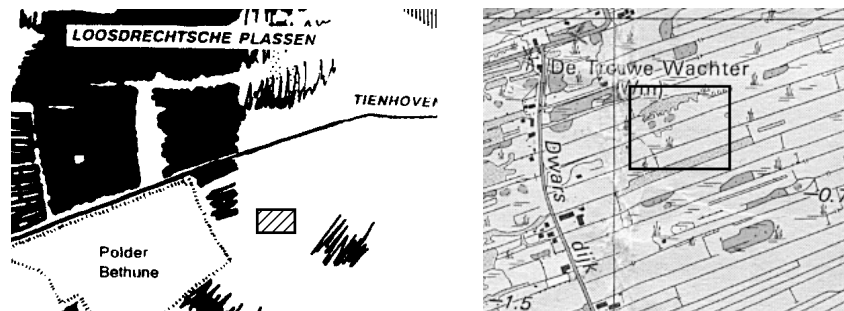
De rietlanden worden gedomineerd door Riet (*Phragmites australis*) en Gele Lis (*Iris pseudacorus*). Het riet vormt een habitat voor veel watervogels zoals de Rietzanger, Roerdomp en Purperreiger.

De ruige gronden bestaan vooral uit distels en riet, wat veel insecten aantrekt. De Zwarte Els domineert in de moerasbossen.



Rietzanger (*Acrocephalus spec.*)

3.5 Petgaten: Trilveen bij Tienhoven



Figuur 3.9 De ligging van het trilveen bij Tienhoven

Het trilveen bij Tienhoven ligt ten noordwesten van de Westbroekse Zodden. Het verschil tussen de twee gebieden is dat bij Tienhoven in het verleden nooit op grote schaal turf is gestoken omdat het veenpakket hier te dun was om dit rendabel te maken. Twee jaar geleden zijn er echter in opdracht van de *Vereniging voor behoud van Natuurmonumenten* nieuwe petgaten in een weiland gegraven om de soortenverarming die optreedt bij verlanding tegen te gaan.

Wat de hydrologie betreft heeft dit gebied te maken met dezelfde kwelstromen als de Westbroekse Zodden. De eerste stroomt van oost naar west en is eutroof. De ander gaat van noordoost naar west en is mesotroof. Door de aanwezigheid van de Maarsseveense plassen en de dieper gelegen Bethunepolder is de hoeveelheid kwel afgenomen. De Bethunepolder zuigt zelfs zo veel water weg dat dit trilveen dreigt te verdrogen en over een aantal decennia misschien zelfs niet eens meer bestaat. Een mogelijke oplossing hiervoor is het onder water zetten van een stuk in het oosten van de Bethunepolder, waardoor de wegzijging vanuit het trilveen minder wordt. De lokale boeren zijn het hier echter uiteraard niet mee eens.

Bij het trilveen van Natuurmonumenten bij Tienhoven is naast de rondleiding ook onderzoek gedaan (permeabiliteitsbepaling, chemische samenstelling water, vegetatieopname en een bepaling van de waterkwaliteit in een trekpat).

3.5.1 Uitvoering en resultaten

Op deze locatie is naar twee verschillende stukken trilveen gekeken, die van elkaar waren gescheiden door een weiland en een sloot. Van beide stukken is een vegetatiebeschrijving gemaakt. Op het eerste stuk is een bodemonmonster gestoken, zijn een biologische zowel als een hydrochemische waterkwaliteitsbepaling gedaan en is de vegetatie in kaart gebracht.

Op het tweede stuk is een opname van de vegetatie gemaakt en is het grondwater in een peilbuis bemonsterd. Dit water is echter te troebel gebleken om er analyses op uit te kunnen voeren, er zijn dus geen resultaten van beschikbaar.

Bodem

De bodem bestaat voornamelijk uit broekbosveen, vermengd met wat organisch materiaal en (waarschijnlijk) mest. Dit veenpakket drijft op het water, een boring zetten is daarom niet mogelijk. Wel is een steekmonster genomen van de bodem, waarvan de permeabiliteit is gemeten met behulp van een permeameter. Dit kwam uit op 26.75 m/dag. Ook in vergelijking met de waarden van andere locaties is dit een nogal hoge uitkomst voor een veenbodem. Bij het meten is waarschijnlijk een lek opgetreden waardoor deze waarde te hoog is uitgevallen.

Water

In een petgat is met behulp van de aanwezigheid van waterplanten- en dieren een schatting gemaakt van de waterkwaliteit. Bovendien is er een hydrochemische bepaling gedaan.

Waterbeschrijving:

Plaats: grasland/bosje
Breedte petgat: 5 m
Diepte: 15 cm
Helderheid water: helder
Breedte rietkraag: 5 cm
Bedekkingsgraad kroos: 2 %
Samenstelling bodem: zandig



Waterpissebed

Waterfauna: Waterpissebedden en de larven van de kokerjuffer overheersen (zie *bijlage IV*). Beide soorten zijn een indicator voor schoon, zuurstofrijk water. De *Biotic Index* is vrij hoog: 4.5 (zie *bijlage IX*).

Hydrochemische bepaling: In een vrij recent afgegraven trekpat (eerste locatie) zijn de volgende waarden voor het water gevonden:

<i>EC</i>	<i>pH</i>	<i>Ca²⁺</i>	<i>Cl⁻</i>	<i>Alk.</i>	<i>Hardh.</i>	
317µS	6.0-7.6	2.4	0.65	2.46	2.7	meq/l

Vegetatie

Voor een uitgebreide lijst van aangetroffen soorten en de gemaakte vegetatiekaart van het gebied, zie respectievelijk *bijlagen V* en *VI*.

Foto orchideeën

Figuur 3.10 Een detail van de vegetatie op het eerste stuk trilveen. Te zien zijn onder meer diverse zeggesoorten en in het midden de *Gevlekte Rietorchis* (*Dactylorhiza majalis*).

3.5.2 Conclusie

De permeabiliteit van een veenbodem is in het algemeen erg laag. Samen met klei vormt veen vaak een ondoordringbare laag in de ondergrond. De op deze locatie gevonden waarde is zoals hierboven al gezegd, vrij hoog. Het ligt in dezelfde orde van grootte als de waarde die (ook op 30 cm diepte) in de zandige ondergrond van de Bethunepolder is gevonden. Aangezien zand een stuk permeabeler is dan veen, is het hier aannemelijk dat er tijdens het meten een lek is opgetreden.

Het water is te klassificeren als mesotroof. De redenen hiervoor zijn de hoge *Biotic Index* en de geringe algen- en kroosgroei. De lage EC- en pH-waarden van het water laten zien dat we hier inderdaad met mesotroof, goed gebufferd water te maken hebben. Wat de chemische analyse betreft, zijn alle waarden vrij laag. Dit laat duidelijk zien dat het water inderdaad voornamelijk uit regenwater bestaat (we hebben ook met een infiltratiegebied te maken) en misschien wat grondwater afkomstig van de armere gronden van het Gooi / de Utrechtse Heuvelrug. Regenwater bevat weinig nutriënten en tijdens het doorlopen van de arme zandpakketten in de ondergrond zijn voor het grondwater ook weinig stoffen mee te nemen. De waarde voor chloride is bovendien opvallend laag, waaruit een tweede conclusie kan worden getrokken, namelijk dat de invloed van de landbouw gering is.

Uit de standplaatsbeschrijvingen blijkt dat de meeste planten een voorkeur hebben voor natte, zure grond. Het veen dat de basis van dit trilveen vormt, bestaat vooral uit veenmos, dat erom bekend staat veel vocht vast te houden en een lage pH in zijn omgeving te veroorzaken. De aanwezigheid van veenmos is dan ook een van de duidelijkste aanwijzingen dat er hier inderdaad sprake is van natte en zure omstandigheden. Opvallend op beide stukken trilveen is het grote aantal soorten zeggen (*Carex spec.*) dat wordt aangetroffen. Hieraan is te zien dat het hier niet slechts een slappe drijvende moerasbodem betreft ('kragge') maar een meer specifiek vegetatietype, namelijk een echt trilveen.

Binnen beide trilvenen zijn door verschillen in maaiveldhoogte nattere en minder natte plekken ontstaan. Deze verschillen zijn duidelijk terug te vinden in de vegetatie. Ook te zien (vegetatiekartering eerste trilveen in *bijlage V*) is hoe de planten met een voorkeur voor wat voedselrijkere omstandigheden (Veldzuring, Hondsdraf) meer naar de kant van het weiland groeien.

Uit zowel bodem, vegetatie als hydrologie blijkt dat we hier met een zeer natte, vrij zure omgeving te maken hebben. De voornaamste bron van water is het infiltrerende regenwater, dat relatief arm is aan voedingsstoffen. Door de verdergaande groei van Veenmos verzuurt het veen echter langzaam. Op het moment is deze locatie dankzij de mesotrofe kwel uit de Utrechtse Heuvelrug, een ideale omgeving voor het ontstaan van een model-trilveen. Wel is aan de vegetatie al een beetje te zien dat de weilandsoorten in opmars zijn. Dit zou een indicatie kunnen zijn voor het feit dat het hier langzaam verdroogt omdat de Bethunepolder het grootste gedeelte van de kwel wegzuigt. Ook belangrijke rol van regenwater zou er op kunnen duiden dat de invloed van kwel is afgenomen.

3.6 Drinkwaterwinning en de Bethunepolder

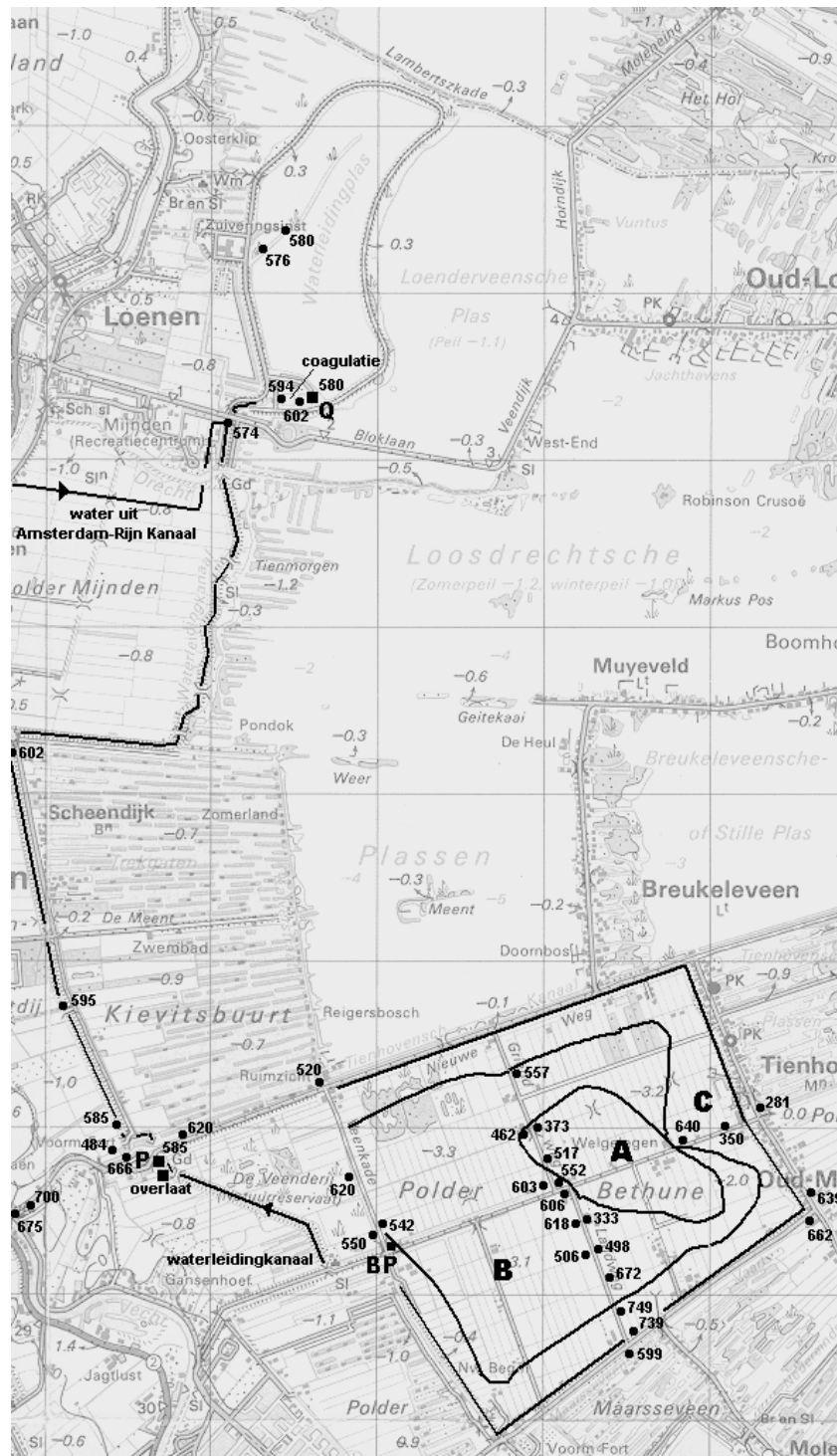
Een belangrijke reden om de Vechtstreek te kiezen voor dit veldwerk is waarschijnlijk het feit geweest dat zich hier vlak bij elkaar duidelijke infiltratie- en kwelgebieden bevinden. De Utrechtse heuvelrug, een 'ice pushed ridge' voornamelijk bestaande uit zandig materiaal en keileem, ligt veel hoger dan de rest van de omgeving. Dit maakt het een belangrijk infiltratiegebied voor regenwater. De regionale grondwaterstromen aan de kant van de Vechtstreek worden nog eens versterkt doordat in het gebied veenaafgraving heeft plaatsgevonden en hierdoor een aantal plassen is ontstaan, waarvan sommige zijn drooggemalen tot vrij diepe polders.



Figuur 3.11 De ligging van de Bethunepolder en de bodemtypen die er voorkomen (uit: 1:50000 Bodemkaart, Stiboka 1970).

Een van die polders is de Bethunepolder (-3 m NAP). De polder is rond 1880 in opdracht van de graaf van Bethune drooggelegd. Echter, omdat de ondergrond van deze polder bestaat uit zand (formatie van Twente, een aquifer) met daarop een dun, naar het westen toe steeds dikker wordend laagje veen (zie *figuur 3.11*), en omdat deze polder dus deel uitmaakt van het kwelwatersysteem van de Utrechtse heuvelrug, is de hoeveelheid kwel die hier optreedt behoorlijk groot. Dit is niet gunstig voor de landbouw, maar maakt het gebied echter wél vrij geschikt gebied voor waterwinning, omdat dit regionale kwelwater vrij schoon en makkelijk beschikbaar is. Om deze reden gebruikt de Gemeentewaterleiding Amsterdam de Bethunepolder dan ook als gebied voor drinkwaterwinning voor de gemeente Amsterdam, naast de Amsterdamse Waterleidingduinen en het Amsterdam-Rijnkanaal. Het (kwel)water wordt uit het midden van de Bethunepolder naar het waterleidingkanaal gepompt. Dit kanaal ligt iets verhoogd ten opzichte van de rest van de omgeving, waardoor toevoer van grondwater uit de omgeving naar het kanaal voorkomen wordt. Via het kanaal wordt het opgepompte water getransporteerd, onder het Tienhovens Kanaal door, naar de waterzuiveringsinstallatie bij Loenen. Hier wordt het water gezuiverd in een aantal stappen.

Vóór de zuivering wordt het ijzerrijke water uit de Bethunepolder gemengd met Rijnwater uit het Amsterdam-Rijnkanaal. De eerste stap in de zuivering is coagulatie, het laten neerslaan van bepaalde opgeloste stoffen en gesuspendeerd materiaal, door toevoeging van ijzerchloride. Na toevoeging wordt het water door een basin met drijvende schotten geleid zodat het materiaal neer kan slaan. De schotten dienen om de afgelegde weg van het water te vergroten. Het neergeslagen materiaal op de bodem van het basin wordt regelmatig afgebaggerd en opgeslagen in reservoirs en kan na indikking gebruikt worden voor diverse doeleinden, aangezien het meestal niet ernstig is vervuild. Het water aan het eind van het bezinkingsbasin wordt naar de waterleidingplas gepompt, waar het vervolgens 100 dagen verblijft. In deze plas voltrekt zich een natuurlijk reinigingsproces, voornamelijk als gevolg van oxidatie en bacteriële afbraak. De pH van het water in de plas wordt iets verlaagd door toevoeging van geconcentreerd zoutzuur. Na het verblijf in de plas wordt het water door een aantal snelfilterbakken met zand (met afnemende korrelgrootte) geleid. Vervolgens wordt het door buizen naar Weesperkarspel gepompt. Daar worden de laatste zuiveringsstappen uitgevoerd. Door ozonatie worden micro-organismen gedood, waarna het water verder wordt gefiltreerd over een koolfilter en een langzaam zandfilter. Gebruikt spoelwater wordt gereinigd voor hergebruik. Het gezuiverde water, vooral bestemd voor Amsterdam-Zuidoost, wordt uiteindelijk opgeslagen voor distributie.



Figuur 3.12 Deze kaart geeft het traject weer van de drinkwaterwinning uit de Bethunepolder. De zwarte lijn die van linksonder naar linksboven loopt geeft de ligging aan van het waterleidingkanaal, dat water transporteert van de Bethunepolder (onder) naar de waterzuiveringsinstallatie (boven). De aangegeven punten met waarden zijn EC-metingen. Bij de punten **P** (buizen en overlaat bij fort Tienhoven) en **Q** (invoer waterleidingplas) zijn tevens debietmetingen verricht (zie *bijlage XVII*). Bij het punt **BP** is een vegetatieopname gemaakt en een boring gezet. De gebieden **A**, **B** en **C** in de Bethunepolder zijn ongeveer de gebieden met respectievelijk diep kwelwater afkomstig van de Utrechtse Heuvelrug, diep kwelwater afkomstig van elders en ondiep kwelwater uit de lokale omgeving. De weergegeven grenzen zijn naar Moorman et al., 1993 (uit: Veldwerkhandleiding, 1999).

3.6.1 Uitvoering en resultaten

Bethunepolder

In een boring die in een berm langs de sloot is gezet werd alleen zand gevonden.

Waterbeschrijving:

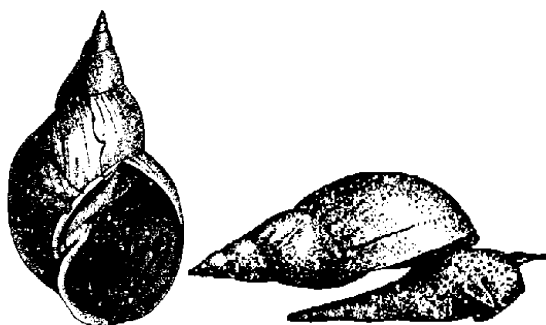
Plaats: brede berm/weiland
Breedte sloot: 5 m
Diepte: 50 cm
Helderheid water: redelijk helder
Breedte rietkraag: 15 cm
Bedekkingsgraad kroos: 5 %
Samenstelling bodem: blubber
Overige: draadwier, groene drab (goede indicator voor eutroof water)

Waterfauna: De *Biotic Index* is aan de lage kant: 3.6 (zie *bijlage IX*). De slakken overheersten (Poelslak, Posthoornslak; zie *bijlage IV*). Dit is kenmerkend voor een zuurstof arm en eutroof milieu.

Hydrochemische bepaling:

Plaats	EC (μ S)	pH
kant van weiland	542	6.8
kant van natuurgebied	550	6.8

Voor de soortenlijst en kartering van de vegetatie op deze locatie, zie *bijlagen V* en *VI*



De Poelslak (Lymnea spec.)

Drinkwaterwinning

Tijdens het veldwerk is de weg van het water uit de Bethunepolder, via het kanaal naar de waterleidingplas zover mogelijk gevolgd (op de fiets — niet zwemmend). Langs de route zijn EC- en pH-metingen genomen en is op twee plaatsen het debiet bepaald (zie *figuur 3.12* en *bijlages III* en *XVII*). Rond het midden van de Bethunepolder werd op een aantal plaatsen een relatief lage EC gecombineerd met een iets hogere pH gevonden. Dit zou kunnen duiden op relatief "schoon", voedselarm water, afkomstig uit diepe kwel vanaf de Utrechtse heuvelrug. Ook zijn kwelverschijnselen waargenomen, zoals een olieachtig laagje op het water, waarschijnlijk veroorzaakt door ijzerbacteriën.

Uit metingen in het waterleidingkanaal valt op te maken dat de EC van het weggepompte water varieert tussen de 550 en 600 μ S/cm, en de pH meestal tussen 7.5 en 8 is. Na de toevoeging van FeCl in de waterzuivering lijkt de EC iets te stijgen en de pH te dalen. Eenmaal in de waterleidingplas daalt de EC weer en stijgt de pH. De zichtdiepte van het water neemt zeer duidelijk toe op de route van de inlaat van het bezinkingsbasin naar de uitlaat van de waterleidingplas.

De eerste bepaling van het debiet vond plaats nabij fort Tienhoven, waar zich een overloop bevindt en het water uit het waterleidingkanaal via twee buizen onder de weg en het Tienhovens kanaal door wordt geleid. De overloop dient er waarschijnlijk toe de wateronttrekking te beperken. Een overschot aan water loopt over de constructie naar het Tienhovens kanaal. De waargenomen waterhoogte boven de 34 m brede overloop was ongeveer 1 cm tijdens pompen. Als er niet gepompt werd was het waterverlies verwaarloosbaar klein. Het debiet door de twee genoemde buizen op deze locatie werd bepaald met een Ott-molen voor het midden van de ingang van de buis.

De tweede locatie waar de afvoer bepaald werd is bij de overgang van het bezinkingsbasin naar de waterleidingplas. Hier passeert het water eerst een 8.6 m brede overlaat (waterhoogte was 11 cm) en gaat vervolgens door een grote buis naar de waterleidingplas. Bij deze buis is wederom het debiet bepaald met een Ott-molen, aan beide kanten van de buis. De resultaten van de debietmetingen zijn te vinden in *bijlage XVII*.

Waterbalans

In *bijlage XVIII* is een grove waterbalans opgenomen voor de Bethunepolder. Deze is berekend uit de volgende posten:

- Kwel, bepaald met de wet van Darcy
- Neerslag, gemeten (zie *bijlage VII*)
- Verdamping, berekend (zie *bijlage VII*)
- Onttrekking van drinkwater, uit debieten gemeten bij fort Tienhoven (zie *bijlage XVII*)

Andere posten, zoals de inlaat van Vechtwater, zijn niet meegenomen in de balans omdat hiervan geen gegevens zijn verzameld.

3.6.2 Conclusie

Bethunepolder

Als we onze boring vergelijken met wat er volgens de Bodemkaart van Nederland (1:50000) in de Bethunepolder ligt (zand met een dun laagje veen erop), zien we dat we in principe veen in onze boring hadden moeten vinden. Het feit dat dit niet is gebeurd kan komen door het feit dat onze boring in de berm is gezet en er op deze plek opgebracht zand van de weg zou kunnen liggen, of het veen wat er lag verwijderd is. Het zou ook kunnen dat de bodemkaart te grof is.

De groene drab en het lage index cijfer van de biologische waterkwaliteitsbeschrijving geven aan dat het water eutroof is. Deze conclusie is ook terug te vinden in de vegetatie; er komen voornamelijk soorten voor die het liefst op voedselrijke gronden groeien. Dat het ook voornamelijk soorten betreft die in vochtige milieus voorkomen, is hier uiteraard te verwachten. Het feit dat het water eutroof is zou een gevolg kunnen zijn van de landbouwactiviteiten in de polder. De waargenomen eutrofiëring is overigens niet echt zichtbaar in de gemeten EC- en pH-waarden.

Drinkwaterwinning

Het verschil tussen de gemeten afvoer bij de overlaat en de buis bij de waterzuivering is vrij groot, zo'n 35%. Dit is waarschijnlijk te wijten aan fouten in de metingen, maar kan ook deels duiden op 'ingebouwde' verschillen tussen de beide meetmethoden. Waarschijnlijk is de meting van de overlaat nauwkeuriger, door het ontbreken van turbulentie en de slechte bepaling van de doorsnede van de afvoerbuis. Bovendien zal de meting van de Ott-molen aan de afvoerkant van de buis beter zijn dan die aan de invoerkant. Dit komt omdat aan de invoerkant meer turbulentie en lokale verschillen in stroomsnelheid optreden.

Het verschil tussen de afvoer (buis) van het bezinkingsbasin en het debiet in het waterleidingkanaal bedraagt zo'n $9.4 \cdot 10^6$ m³/jaar. Dit zou dan, met enige speling als gevolg van onnauwkeurige metingen, ongeveer de hoeveelheid water moeten zijn die wordt toegevoegd uit het Amsterdam-Rijnkanaal.

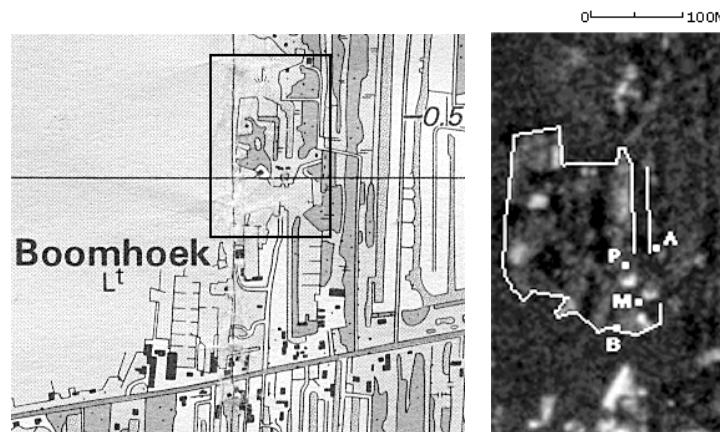
Waterbalans

De berekende kwel en neerslag bedragen respectievelijk 3.33 en 1.42 mm/dag. Verdamping en drinkwater-onttrekking zorgen voor een waterafvoer van respectievelijk 2.45 en 2.96 mm/dag. De afvoerposten zijn groter dan de invoerposten. De resterende invoerstroom bedraagt dus $2.45 + 2.96 - 3.33 - 1.45 = 0.65$ mm/dag. Deze wordt waarschijnlijk verzorgd door de invoer van Vechtwater.

Enige voorzichtigheid is geboden bij het interpreteren van bovengenoemde waarden. Ze zijn niet veel meer dan een indicatie. De meetfout in de verschillende posten is vrij groot, en er zijn veel aannames gedaan die niet zijn gecontroleerd. De getallen zijn dus mogelijk niet representatief.

3.7 Rien van den Broeke Village (Eiland)

Het bungalowpark Rien van den Broeke Village is gelegen in Boomhoek, Nieuw-Loosdrecht, aan de zuid-oostoever van de Loosdrechtse Plassen. De bungalows die dienden als verblijf tijdens dit veldwerk liggen op een klein schiereiland in de noord-westpunt van het bungalowpark. Op het eiland bevinden zich drie bungalows en nog enkele andere kleine gebouwen.



Figuur 3.13 De ligging van het "Eiland" in de zuid-oosthoek van de Loosdrechtse plassen. Op het satellietbeeld zijn de bungalows zichtbaar als witte vlekken. Ook aangegeven zijn de locaties van de peilbuis (P), de meteo-apparatuur (M) en de punten A (lichtpaal) en B (houten havenpaal) van de landmeting.

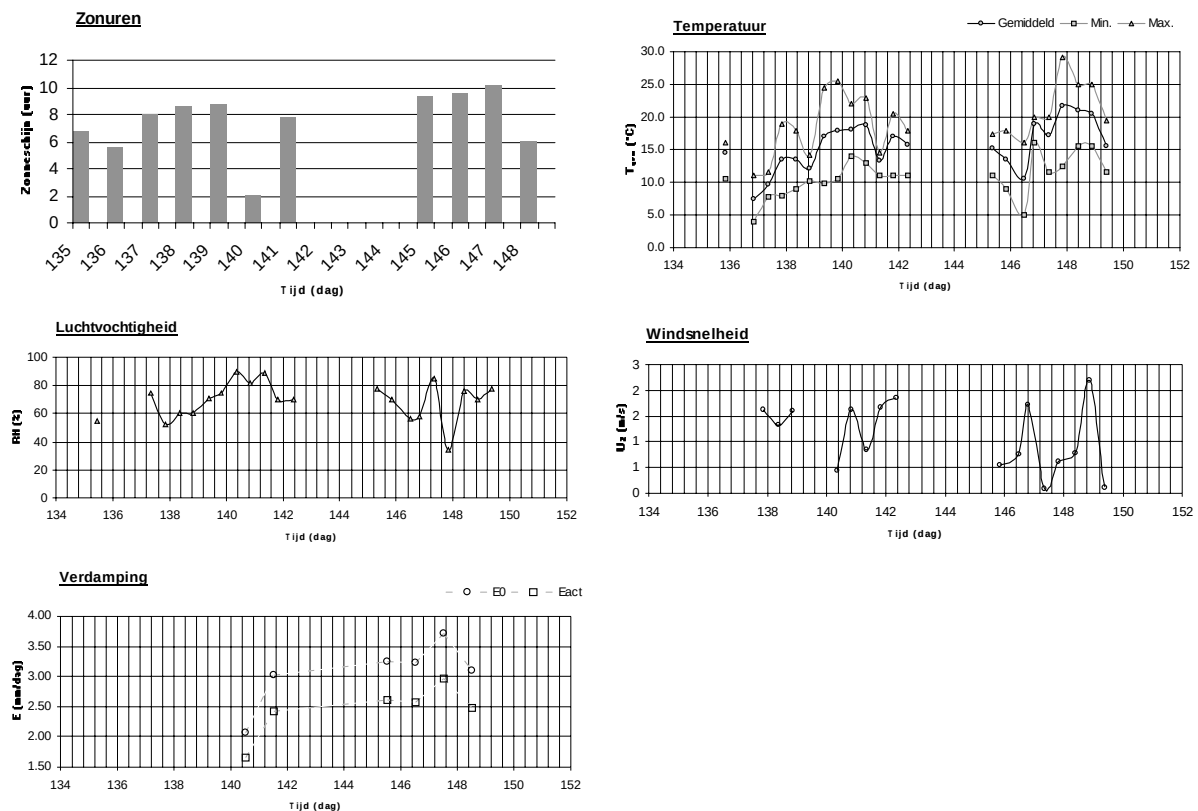
3.7.1 Uitvoering en resultaten

Het eiland

De vegetatie op het zuidoostelijk deel van het eiland bestaat voornamelijk uit gras, een aantal aangeplante struiken en een grote wilg. Op het noordwestelijk deel bevindt zich beduidend meer vegetatie, zowel dichter begroeid als meer soorten, waaronder veel bomen en struiken. Tevens heeft deze zijde van het eiland een rietkraag, in tegenstelling tot de rest van het eiland waar het meer direct grenst aan de beschoeiing. Achter een van de bungalows is een peilbuis geplaatst tot op 1,68 m diepte. De materialen die in de bodem op deze plek achtereenvolgens werden aangetroffen zijn: humeus materiaal, zand, gemengd zandig/organisch materiaal, grove onverteerde rietresten en sterk gereduceerd, slecht verteerd rietveen.

Micro-meteorologie

Op het veld voor de bungalows is een aantal instrumenten geplaatst voor meteorologische waarnemingen. Het instrumentarium bestond uit een Stevenson-hut, een cup-anemometer en een zonnescijnautograaf (allen geplaatst op 2 m hoogte), een plastic regenmeter en een pluviograaf. De Stevenson-hut bevatte een minimum-, een maximum- en een stationsthermometer, een min./max. thermometer van Blokker en een thermohygrograaf. Tevens werd gebruik gemaakt van een slinger-psychrometer. De micro-meteorologische waarnemingen werden verricht gedurende de eerste twee weken van het veldwerk. Echter, de metingen met slinger-psychrometer zijn pas begonnen na vijf dagen, de maximum-thermometer heeft het na vier dagen begeven, de pluviograaf-meting is niet geheel gelukt omdat het draaimechaniek in de trommel niet tijdig werd opgewonden, en de minimum- en maximum-temperatuursmetingen zijn niet altijd even betrouwbaar, onder meer omdat het afslaan van de thermometers niet altijd zonder problemen verliep. De waarnemingen zijn weergegeven in *bijlage VII* en in *figuur 3.14*. De bijlage bevat ook de waarden van de open-water verdamping, berekend met behulp van de Penman-formule. Onbetrouwbare meetwaarden zijn in de bijlage gemarkeerd, bijvoorbeeld als de waarden van de beide minimum-thermometers teveel verschillen.



Figuur 3.14 De resultaten van de meteorologie-waarnemingen en de Penman-verdamping. Op de dagen 143 en 144 is niet gemeten.

Landmeting

Door middel van een doorgaande waterpassing is het hoogteverschil bepaald tussen twee punten op het eiland, te weten de top van een houten havenpaal aan de westoever en een lantaarnpaaltje ten noorden van de bungalows (zie *figuur 3.13*). Het resultaat van de landmeting is vermeld in *bijlage VIII* en in *tabel 3.1*. De oorzaak van grote verschil tussen de metingen van beide groepen is niet bekend en niet na te gaan door het ontbreken van een derde controlemeting.

Tabel 3.1 De resultaten van de hoogtemeting tussen punt 1 en punt 4

Punten:

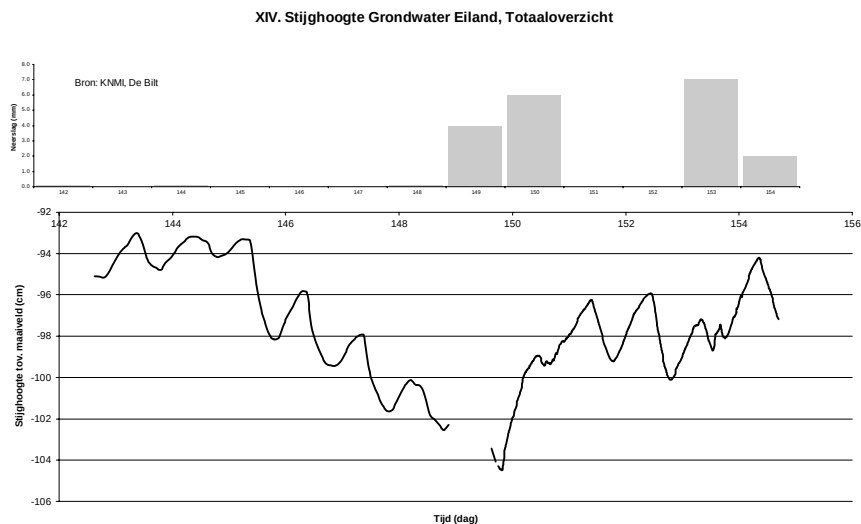
1. Lichtpaaltje (punt A in *figuur 3.13*)
4. Houten havenpaal (punt B in *figuur 3.13*)

Punt		boven/onder		middel		afwijking		dh	correctie
		achter	voor	achter	voor	achter	voor		
2. Ter hoogte van huisje	boven	649	1522						
	onder	481	1365						
	gem.	565	1443.5	564	1445	1	1.5	881	2.5
3. Ter hoogte van boom	boven	1477	573						
	onder	1341	360						
	gem.	1409	466.5	1407	466	2	0.5	-941	2.5
									60 ±5 mm

Hoogteverschil tussen punt 1 en 4: min. 5.5 cm
max. 6.5 cm

Peilbuis

Zoals gezegd is achter een van de bungalows een ondiepe peilbuis geplaatst (1.68 m diep). In deze peilbuis is een drukopnemer gehangen, verbonden met een datalogger. Met deze opstelling zijn drie meetseries gemaakt. De eerste serie besloeg 6 dagen, met een meetinterval van 2 uur. De tweede serie bevat slechts twee metingen, eveneens met een interval van 2 uur. De derde serie heeft een meetinterval van 15 minuten en beslaat 5 dagen. De gegevens zijn weergegeven in *bijlage XIV* en in *figuur 3.15*.



Figuur 3.15 De bovenste grafiek is de neerslag in de omgeving in mm per dag (bron: KNMI).
De onderste grafiek geeft de stijghoogte in de peilbuis op het eiland.

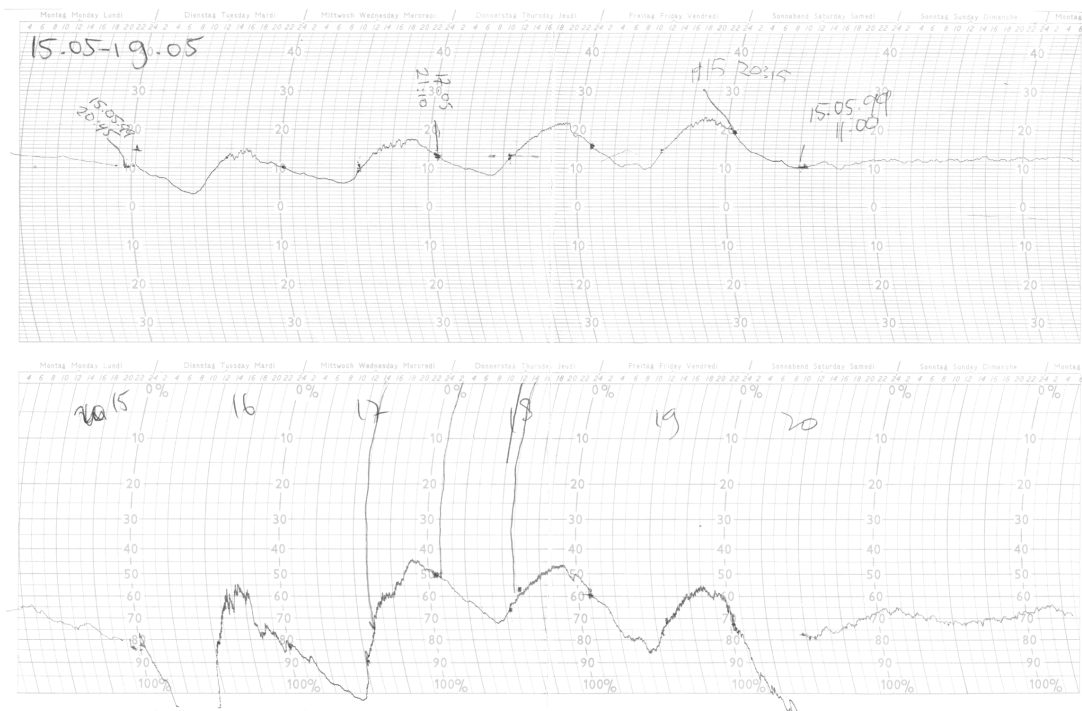
3.7.2 Conclusie

Bodem

De opeenvolging van materialen in de bodem doet vermoeden dat dit deel van het eiland is ontstaan door opspuiting van zand, ten minste deels op een (voormalige) rietkraag. Dit zand is waarschijnlijk daarna afgedekt met een laag zwarte aarde en een grasmat. De grootte van sommige bomen op het eiland duidt erop dat dit ofwel minstens enige decennia geleden is gebeurd, of dat het eiland al bestond en slechts is vergroot door het opspuiten van zand.

Meteo

Op de *plots* van de thermohygrograaf (o.a. *figuur 3.16*) is duidelijk de dagelijkse gang in temperatuur en luchtvochtigheid te zien. Na zonsopgang begint de temperatuur te stijgen. Aan het begin van de middag is het maximum bereikt en aan het eind van de middag zal de temperatuur weer gaan dalen. Te zien is dat het verloop van de luchtvochtigheid meegaat met de temperatuur. Als de temperatuur stijgt dan wordt het vochtiger, waarschijnlijk als gevolg van meer verdamping. Deze reactie van de relatieve luchtvochtigheid op de temperatuur verloopt met een kleine vertraging. Vermoedelijk is dit omdat het opwarmen en verdampen van (oppervlakte)water enige tijd kost, want water heeft een grote warmtecapaciteit.



Figuur 3.16 De metingen van de thermohygrograaf tussen 15 en 19 mei.

De meeste andere metingen van de meteo-opstelling vinden slechts tweemaal per dag plaats. Hierdoor is het verband tussen de verschillende parameters minder duidelijk dan bij een continue meting, als op de thermohygrograaf. De waarden voor luchtvochtigheid en temperatuur lijken bij de tweemaal-dagelijkse metingen eerder een omgekeerd-evenredige relatie te vertonen dan andersom, zoals we eerder zagen. Maar veel valt er niet over te zeggen. Dat geldt ook voor de windsnelheid. Deze lijkt over het algemeen iets toe te nemen bij slechter weer (lagere temperatuur, minder zon). Wellicht hangen beide samen met de aanwezigheid van grotere drukverschillen in de omgeving (lage-drukgebieden, meer wolkvorming, minder zon, lagere temperatuur).

Het temperatuursverloop is voor een groot deel afhankelijk van de hoeveelheid zonuren. Dit gaat echter niet altijd op, zoals onder meer te zien is op dag 148. De relatief hoge temperatuur is mogelijk een gevolg van het feit dat bewolking na een warme periode de warmte boven het aardoppervlak vast kan houden. Of dit effect meespeelt is echter niet zeker, want in dat geval zou je niet verwachten dat de temperatuur nog veel toeneemt.

De berekende Penman-verdamping hangt voornamelijk af van de inkomende netto-straling. Windsnelheid en luchtvochtigheid lijken, hoewel meegenomen in de berekening, beduidend minder invloed te hebben op de verdamping.

Grondwater

Er is een duidelijk verband tussen de op het eiland gemeten meteorologische variabelen en de grondwaterstand. In de gegevens van de grondwaterstand zijn twee trends te zien. Allereerst een dagelijkse gang in de vorm van een sinusoïde fluctuatie met een piek rond het midden van de dag, gevolgd door een dal rond middernacht. Dit kan verklaard worden door de stijging van de temperatuur in de loop van de dag. Hierdoor vermindert de capillaire druk in de onverzadigde zone, waardoor capillair water terugvalt naar de grondwaterspiegel die hierdoor stijgt. Echter, in de loop van de dag neemt ook de evapotranspiratie toe, door een toename in temperatuur en lichtintensiteit. Hierdoor neemt de stijging van de grondwaterspiegel al snel af en wordt een daling in gang gezet als gevolg van de toegenomen evapotranspiratie. Deze daling neemt af door een afname van de verdamping en fotosynthese-activiteit tegen het eind van de dag, waarna de cyclus weer opnieuw begint. Hierbij moet wel vermeld worden dat de reactie van de grondwaterstand op de meteorologische omstandigheden waarschijnlijk enigszins vertraagd is. De onregelmatigheden in de dagelijkse gang zijn vrijwel zeker veroorzaakt door neerslag.

In de gegevens is ook een duidelijke globale trend zichtbaar, namelijk een daling van de grondwaterstand bij hogere temperatuur, veel zon en vooral het uitblijven van regen. Deze daling bereikt zijn dieptepunt vlak voor een grote onweersbui op dag 149 (za. 29-5). Hierna stijgt de grondwaterspiegel snel, tot enige tijd na de regenbui, waarna de dagelijkse gang weer wordt hervat, tot de volgende onweersbui op dag 153 (wo. 2-5), waarna de globale grondwaterspiegel weer iets stijgt.

Het dagelijkse verloop van temperatuur en evapotranspiratie zorgt dus voor een dagelijkse gang in de grondwaterstand, en de weersomstandigheden op grotere schaal hebben een globaal verloop van de grondwaterstand tot gevolg, waarbij het grondwater zakt in droge periodes en weer stijgt na een regenbui.

4. Samenhang tussen de deellandschappen

In dit hoofdstuk worden de verbanden tussen de bodem, de hydrologie, de oecologie en de antropogene invloeden in de verschillende deelgebieden besproken. Vervolgens worden de verbanden tussen de deelgebieden besproken.

4.1 Verbanden per deelgebied

In deze paragraaf wordt per deellandschap nog eens kort samengevat hoe dit deellandschap getypeerd kon worden aan de hand van bodemtypes, hydrologische omstandigheden, oecologie en antropogene invloeden.

4.1.1 Einde Gooi

Het landgoed Einde Gooi ligt net ten westen van de Utrechtse Heuvelrug, een complex van stuwwallen ontstaan tijdens het Saalien. De ondergrond bestaat uit zand, waarin zich podzolprofielen ontwikkeld hebben. In het bos zijn op de heuveltjes haarpodzolen en in de dalletjes veldpodzolen te vinden. Het oppervlaktewater heeft over het algemeen niet zo'n hoge EC, maar aan de waterfauna is te zien dat het water zuurstofarm is. Het grondwater heeft een hogere EC en hogere concentraties opgeloste stoffen, wat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door het feit dat het een infiltratiegebied is. In het bos groeien vooral eiken en berken, met hier en daar een struik. Ook zijn een aantal stinzeplanten en een dennenbosje te vinden. Langs de slootkant in het weiland groeien met name planten die een vochtig, voedselarm tot voedselrijk milieu prefereren. In het bos komt het verschil in strooisellaag tussen het dennen en het eiken/berkenbos duidelijk naar voren in de bodemfauna. In de strooisellaag van het eiken/berkenbos leven met name regenwormen, in het dennenbos veel meer springstaarten.

De stinzeplanten zijn een duidelijke teken van menselijke invloeden op het gebied. Het landgebruik (weilanden) en de vegetatie zijn de factoren waarop de mens de duidelijkste invloed heeft (gehad).

4.1.2 Tienhoven

Langs het Tienhovens kanaal ligt de polder Tienhoven. Het oppervlak is licht golvend, een weerspiegeling van het oude oppervlak in de ondergrond. In de bodem zit met name zand, maar in de lagere delen is ook klei en veen te vinden. De waterkwaliteit is vrij goed in dit gebied. De EC is laag en de *Biotic Index* hoog, beiden een indicatie voor mesotroof water.

In het elzenbroekbos naast de dijk groeien planten die zure, vrij vochtig tot droge, voedselarme tot voedselrijke omstandigheden prefereren. De grote variaties komen door de verdroging van het broekbosje. In het gras langs de berm groeien vooral planten die veel voorkomen in vochtige, voedselrijke grasland.

De vegetatie hier is een duidelijke 'berm'-vegetatie, een vegetatie op plaatsen waar door menselijke invloeden de grond in voedingsstoffen verrijkt is (mest, organische afval). De verdroging van het elzenbroekbosje is het gevolg van het wegstromen van water uit dit gebied naar de Bethunepolder, wat ook als een antropogene invloed kan worden beschouwd.

4.1.3 Gunterstein

Het landgoed Gunterstein ligt op een oeverwal van de Vecht. De bodem bestaat uit een naar het oosten toe dunner wordend kleidek met daaronder veen. De waterkwaliteit varieert sterk binnen het gebied. Op veel plaatsen is de EC hoog en de *Biotic index* laag. Er is echter ook een lokatie bekeken waar de *Biotic Index* hoog was.

In het essenhakhoutbos en langs de paden kwamen veel soorten voor die met name in een nat, voedselrijk loofbos groeien. Ook hier duiden de stinzeplanten en de bermplanten op menselijke invloeden op de vegetatie.

4.1.4 Westbroekse zodden

In de Westbroekse Zodden zijn alle stadia van verlanding terug te vinden. In het eerste stadium, open water, komen vooral waterplanten voor, daarna ontstaan rietlanden en vervolgens veenmostrilvenen. Als deze niet regelmatig gemaaid worden ontstaan hieruit ruige gronden en daarna moerasbossen. Trilvenen hebben zich alleen kunnen vormen door menselijk handelen. Het afgraven van veen heeft de ruimte voor het ontstaan van een trilveen gecreëerd en het maaien van de trilvenen heeft ervoor gezorgd dat de successie naar een broekbos veel langzamer of niet verliep.

4.1.5 Trilveen Natuurmonumenten

Dit trilveen bij Tienhoven wordt voornamelijk door regenwater gevoed, waardoor het water een lage EC heeft. Door de groei van veenmos is de pH laag en komen er vooral vocht- en zuurminnende planten voor. De *Biotic Index* van het water is hoog, wat ook wijst op een lage EC en mesotroof water. De verdroging van dit trilveen, te zien aan de verruiging, is te wijten aan het 'leeglopen' van dit gebied naar de lageregelegen Bethunepolder toe. De menselijke invloeden zijn hier dus zowel merkbaar in het ontstaan van het trilveen als bij de verdwijning ervan, die zal volgen als er geen (antropogene !!) maatregelen genomen worden.

4.1.6 Bethunepolder

In de Bethunepolder komt in principe veen voor in de bodem, maar in onze boring troffen we zand aan. Mogelijk is dit opgebracht tijdens de aanleg van de weg, waarlangs we geboord hebben. De vegetatie bestond met name uit riet, met hier en daar een vocht- en voedselminnende plant. De *Biotic Index* is laag, maar de EC is niet zo ontzettend hoog. De Bethunepolder is een oud veenwingebied, wat door de veenwinning onder NAP is komen te liggen en is volgelopen met water. Deze plas is later weer drooggelegd, waardoor de polder ontstond.

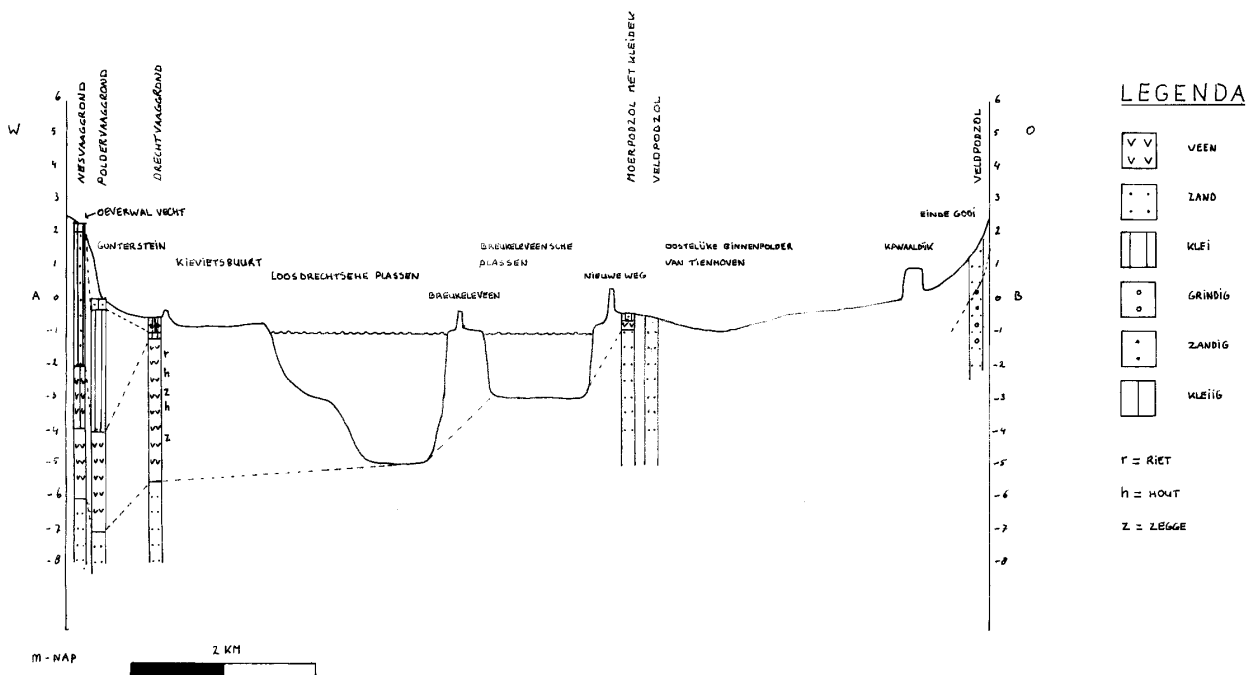
Door dit menselijk handelen hebben grote veranderingen in met name de hydrologie van het hele gebied plaatsgevonden, waarvan de resultaten over het hele gebied merkbaar zijn, heel duidelijk bij de trilvenen bijvoorbeeld.

4.2 Verbanden tussen de deelgebieden

De Vechtstreek bestaat niet uit een paar deellandschappen, maar uit één landschap, waarin de deellandschappen in elkaar overlopen. De bodem is een continuüm, waarin onderscheid gemaakt wordt op grond van criteria die belangrijk zijn het landgebruik, en ook al het water staat direct of indirect met elkaar in verbinding. Flora en fauna op een bepaalde lokatie zijn onder andere het resultaat van de bodem, de plaatselijke hydrologische omstandigheden en menselijk handelen. In deze paragraaf wordt eerst de verbanden tussen de bodems en de waterkwaliteit en vervolgens de invloed van deze twee factoren op de vegetatie en waterfauna besproken.

4.2.1 Bodem

Het bodemprofiel verloopt van oost naar west van vaaggronden langs de Vecht naar veldpodzolen in het midden en oosten van het gebied. Bijna alle gevonden bodems zijn bodems met hydromorfe kenmerken. Omdat het grootste gedeelte van het gebied laag ligt, en Nederland eigenlijk een grote delta is, is dit geen verbazingwekkend resultaat. Het hele profiel is te zien in de *Catena traject Vecht - Utrechtse Heuvelrug* (bijlage II en figuur 4.1).



Figuur 4.1 *Catena traject Vecht - Utrechtse heuvelrug*

Langs de Vecht zijn vaaggronden gevonden. Vaaggronden zijn gronden waarin de bodemvorming nog niet lang bezig is. De Vecht is een relatief laat in de wordingsgeschiedenis doorgebroken in de hoogveenpakketten die in dit gebied gelegen hebben, en dus een relatief jonge rivier. De oeverwallen zijn ontstaan door afzetting van zand en klei tijdens overstromingen van de Vecht. Het voorkomen van vaaggronden in deze relatief jonge afzettingen is dus niet opmerkelijk. Alle drie de gevonden vaaggronden (de Nesvaaggrond, de Poldervaaggrond en de Drechtvaaggrond) behoren tot de hydrokleivaaggronden. Het zijn dus natte relatief ongerijpte kleigronden. Het verste van de Vecht af ligt de Drechtvaaggrond, die van de andere twee hydrokleivaaggronden onderscheiden wordt op basis van het veen dat op dikker is dan 40 cm en op 40 - 80 cm diepte begint. Deze boring ligt naast de echte oeverwal van de Vecht en dit profiel is ontstaan doordat het fijnst materiaal bij overstroming van de Vecht het verste van de oever af, dus op het reeds aanwezige veen waar de Vecht is doorgebroken, bezonk. Helemaal op de

oeverwal is een Nesvaaggrond gevonden, die op basis van een ongerijpte ondergrond wordt onderscheiden. Deze boring ligt het dichtste bij de Vecht en heeft dus ook invloed van kleinere overstromingen gehad en bovendien is het kleipakket hier hoger. Rijping zal hier dus langzamer (zijn) verlopen dan in het dunner kleidek van de Drechtvaaggrond. Tussen deze twee boringen in ligt een Poldervaaggrond die onderscheiden wordt van de andere twee vaaggronden doordat hij aan geen van beide criteria (ongerijpte ondergrond en veenondergrond) voldoet. Dit is het profiel dat de overgang van de Nesvaaggrond naar de Drechtvaaggrond typeert. Het kleipakket is dunner dan van de Nesvaaggrond, maar zo dik dat het veen te diep ligt voor een Drechtvaaggrond.

Vanaf de Vecht naar het oosten toe bestaat de bodem uit veen. Hierin hebben we geen boring gezet, maar uit de bodemkaart en uit geologische profielen blijkt dat het pakket veen naar het oosten toe steeds dunner wordt en het zand dat onder dit veen ligt steeds dichterbij het oppervlak komt, totdat de bodem bijna volledig uit zand bestaat, met hier en daar een beetje veen. Hier beginnen de podzolgronden.

Van de podzolen die meer naar het oosten gevonden zijn (Moerpodzol met een kleidek, Veldpodzol en Haarpodzol) behoren de eerste twee tot de hydropodzolgronden. Podzolering is een uitspoelingsproces dat sterker verloopt naarmate het moedermateriaal armer is aan verweerbare mineralen en het materiaal grover is. De zandgronden die in het oosten gevonden worden zijn zeer geschikt voor podzolering. De Haarpodzol die bij Einde Gooi gevonden is behoort tot de xeropodzolgronden. De Moerpodzol met kleidek en de Veldpodzol worden van elkaar onderscheiden op basis van een al dan niet aanwezige moerige bovengrond of tussenlaag. Beide podzolen zijn gevonden bij Tienhoven, in een weiland met een golvend oppervlak. De Veldpodzol is op de hogere stukken en de Moerpodzol met kleidek in de lage delen gevonden. Het golvende oppervlak van het weiland wordt veroorzaakt door het oude golvende oppervlak van de stuifzandvlakte dat nog in de ondergrond ligt. Toen de zeespiegel steeg was in de lagere delen veenvorming mogelijk en daar bovenop kwam nog materiaal wat afgezet werd tijdens overstromingen van bijvoorbeeld de Vecht. Hierdoor is een Moerpodzol met een kleidek ontstaan. De Veldpodzol is te vinden in een hoger gedeelte, dat te hoog lag voor zowel veenvorming als sedimentatie van fijn materiaal, en bestaat dus alleen uit het stuifzand.

Bij Einde Gooi is het oppervlak zo golvend dat er van heuveltjes gesproken kan worden. Bovenop de heuveltjes, waar de grondwaterspiegel heel diep zit, werd inderdaad een xeropodzolgrond, namelijk een Haarpodzol, gevonden. In de depressies, waar de grondwaterspiegel veel dichterbij het maaiveld ligt werd een hydropodzol gevonden, namelijk een Veldpodzol. In de Veldpodzol werd ook grind gevonden, wat een resultaat van de stuwing of eolische activiteit kan zijn.

4.2.2 Hydrologie

Het grondwatersysteem is op te delen in een regionale en lokale stromen. De regionale stroom is vooral water dat in de Utrechtse heuvelrug infiltreert en in lagergelegen delen opkwelt. Dit is mesotroof water. Lokaal bestaan er door hoogteverschillen tussen bijvoorbeeld de Loosdrechtse Plassen en de Bethunepolder ook waterstromen. Dit water is over het algemeen eutroof doordat het voor een deel vervuild oppervlaktewater is, dat geïnfiltreerd is en voor een ander deel is het water dat uit landbouwgebieden komt.

De pH van het oppervlaktewater ligt voor het hele gebied tussen de 6 en de 7,6. Dit is dus matig zuur tot matig basisch water. De EC waarden van het oppervlaktewater variëren van 260 μS in het Tienhovens kanaal en 316 μS in het water naast het trilveen van Natuurmonumenten tot maximaal 930 μS in een van de slootjes in de buurt van de Vecht. Er zitten grote verschillen tussen de EC waarden van het oppervlaktewater in het gebied. De EC wordt erg beïnvloed door bijvoorbeeld de aanwezigheid van landbouwgrond in de omgeving, waaruit meststoffen lekken, en in de kwelgebieden ook door de herkomst van het kwelwater. De hydrochemische analyses geven net zo'n onduidelijk beeld als de EC metingen. De enige bepaling van Einde Gooi geeft voor alle parameters (calcium, chloride, alkaliteit en hardheid) vrij lage concentraties. Aangezien Einde Gooi een infiltratie gebied is, is dit wel te verwachten. Ook het trilveen bij Natuurmonumenten heeft vrij lage concentraties, wat zelfs noodzakelijk is voor het ontstaan van een trilveen. Bij Gunterstein, dicht langs de Vecht, zijn de hoogste concentraties gemeten. Dit is waarschijnlijk de invloed van de klei in de ondergrond en eventueel het vervuilde Vechtwater. Alle analyse-resultaten zijn terug te vinden in *bijlage III*.

4.2.3 Vegetatie

De invloeden van het bodemtype en de hydrologie zijn duidelijk terug te vinden in de vegetatie. Op de vochtige, zandige gronden staan loof- en gemengde bossen, op de natte, venige en kleiige gronden staat hier en daar een elzenbroekbosje.

De vochtige, zandige vegetatie bij Einde Gooi wordt gekenmerkt door een Eiken/Berkenbos, beide bodem die een voedselrijke, vochtige bodem prefereren. Verder groeit hier Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*) en Hulst (*Ilex aquifolium*), maar praktisch geen ondergroei.

Ook vochtig, maar kleiiger is het landgoed Gunterstein, waar een essenhakhoutbos aangeplant is, en waar soorten als Robertskruid (*Geranium robertianum*), Smeewortel (*Symphytum officinale*) en Reuzenzwenkgras (*Festuca gigantea*) veel te vinden zijn.

Beide gebieden zijn landgoederen, waar ook stinzeplanten, bijvoorbeeld Lelietje-van-Dalen (*Convallaria majalis*), Gelderse Roos (*Viburnum opulus*) en Prachtframboos (*Rubus spectabilis*), te vinden zijn.

In het veenweidegebied, veel natter en een meer venige en kleiige ondergrond, vinden we nog maar weinig bomen. Dit komt doordat de meeste van deze gebieden als weiland in gebruik zijn, zodat er vooral veel grassen als Gestreepte Witbol (*Holcus lanatus*) en kruiden, zoals Rode Klaver (*Trifolium pratense*) en Gewone Engelwortel (*Angelica sylvestris*) voorkomen. Dit zijn allen planten die met name in voedselrijke, vochtige graslanden voorkomen. In het broekbos naast de dijk staat als enige boom Zwarte Els (*Alnus glutinosa*), een typische moerasbosboom en verder soorten als Hennegras (*Calamagrostis canescens*) en Moeraswederik (*Lysimachia thysiflora*) die veel in moerassen voorkomen.

Op plaatsen waar het mesotrofe kwelwater uit de Utrechtse Heuvelrug naar boven komt en vroeger petgaten gegraven zijn, komen trilvenen voor, waar soorten die typisch zijn voor hele natte, zure, mesotrofe omstandigheden als de Gevlekte Rietorchis (*Dactylorhiza majalis*), de Egelboterbloem (*Ranunculus flammula*) en het Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) gevonden kunnen worden.

4.2.4 Waterfauna

Het voorkomen van de verschillende soorten waterfauna wordt duidelijk beïnvloed door de waterkwaliteit. Bij Einde Gooi, de eerste lokatie op landgoed Gunterstein en in de Bethunepolder was de *Biotic Index* laag en de EC redelijk hoog. Dit geeft aan dat het eutroof water is. In deze sloten kwamen vooral veel slakken voor. Bij het Tienhovens kanaal en de sloot langs de Tienhovense dijk, de tweede lokatie op Gunterstein en in het petgat van Natuurmonumenten was de *Biotic Index* vrij hoog. Ook hier was het verband met de EC niet eenduidig, maar over het algemeen was de EC vrij laag. In dit water kwamen veel dieren voor die zuurstofrijk water nodig hebben, zoals de larve van de Kokerjuffer en het Bootsmannetje.

4.2.5 Antropogene invloeden

Over het gehele gebied gekeken valt op dat met name de lagere delen van het landschap, in het midden van het traject, geheel of voor een groot deel gevormd zijn door menselijk handelen. Op de hoger gelegen delen, in het westen langs de Vecht en in het oosten op de Utrechtse Heuvelrug, zijn sporen van menselijke invloeden eigenlijk alleen terug te vinden in de vegetatie, met name door de stinzeplanten op de landgoederen Gunterstein en Einde Gooi.

De Bethunepolder echter is door mensen gemaakt en datzelfde geldt voor de Loosdrechtse Plassen. De sporen van veenwinning in en om deze plassen en polder zijn nog te zien in het verkavelingspatroon, het landgebruik en de trilveen-vegetaties die hier en daar nog voorkomen. De Bethunepolder heeft ook de hydrologische situatie in het hele gebied sterk verandert, wat al beschreven is in de inleiding (zie paragraaf 1.2).

5. Tot Slot

Dit veldwerk heeft een duidelijk beeld gegeven van zowel de verscheidenheid aan landschappen die in de Vechtstreek te vinden is, als de invloed van de bodem, hydrologie en oecologie op het landschap en op elkaar. Door het veldwerk zijn de verbanden tussen de omgevingsfactoren duidelijker geworden en hebben we bovendien kennis kunnen maken met een groot aantal nuttige veldtechnieken, die milieuwetenschappelijk onderzoek mogelijk maken.

Heb je wel
DoorGETrokken?