



**Vegetatiekarteringen en experimenteel onderzoek voor
uitvoering van Effectgerichte Maatregelen in
oppervlaktewateren van Nederland**

Doctoraalverslag no. 355

Maaïke Raaijmakers

Februari 1993

Begeleiding: Martijn Bellemakers

**Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie
Katholieke Universiteit Nijmegen**

**© 1993 Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen en/of vermenigvuldigd
zonder schriftelijke toestemming van de Vakgroep Oecologie**

3264

INHOUDSOPGAVE

Summary	1
Samenvatting	2
Hoofdstuk 1: Inleiding	3
Hoofdstuk 2: Vegetatiekartering	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Materiaal en methoden	5
2.2.1 Kartering	5
2.2.2 Determinatie	7
2.2.3 Verantwoording van de indeling	7
2.2.4 Codering	7
2.3 De Oisterwijkse vennen	9
2.3.1 Geologie en waterhuishouding	10
2.3.2 Vegetatie ontwikkeling	11
2.3.3 Resultaten	15
2.3.4 Discussie	27
2.3.5 Conclusies	30
2.4 De Badhuiskuil	31
2.4.1 Geologie en waterhuishouding	31
2.4.2 Vegetatie ontwikkeling	31
2.4.3 Resultaten	31
2.4.4 Discussie	35
2.4.5 Conclusies	35
2.5 De poelen in de duinen van Oostvoorne	36
2.5.1 Geologie en waterhuishouding	37
2.5.2 Vegetatie	37
2.5.2 Resultaten	37
2.5.3 Discussie	42
2.5.4 Conclusie	42
Hoofdstuk3: Kiemexperiment	43
3.1 Inleiding	43
3.2 Pilotexperiment	43
3.2.1 Materiaal en methoden	43
3.2.2 Resultaten	43
3.2.3 Discussie	44
3.3 Kiemexperiment	44
3.3.1 Materiaal en methoden	44
3.3.2 Resultaten	45
3.3.3 Discussie	45
Hoofdstuk4: Cylinderexperiment	47
4.1 Inleiding	47
4.2 Materiaal en methoden	47
4.3 Resultaten	48
4.4 Discussie	53
4.5 Conclusies	54

Dankwoord	55
Literatuurlijst	56
Bijlage 1	60
Bijlage 2	64
Bijlage 3	70

SUMMARY

As a part of the research project 'Measures directed against the effects of acidification and eutrophication in nature reserves' (EGM), an investigation has been carried out in some originally poorly buffered moorland pools and some eutrophicated dune pools. The main aim of this project is to study the possibilities of restoration of acidified and/or eutrophicated surface waters.

The first study-site was the nature reserve 'The Oisterwijkse woods and moorland pools'. It includes the 'Voorste Goorven', 'Witven' and 'Van Esschenven', three acidified moorland pools with a thick organic sapropelium layer at the bottom. It is proposed to remove the organic layers of these pools and to supply buffered groundwater at the end of 1992. In 1991 the vegetation has been mapped, in order to investigate the impacts of these measurements after a few years. The vegetation consists of only a few species and is dominated by *Juncus bulbosus* and disturbing species like *Hydrocotyle vulgaris* and *Juncus effusus*. In this area the vegetation of the 'Achterste Goorven' has also been mapped. As this pool will not be restored, it can be used as a control situation.

The sapropelium layer from the Badhuiskuil and some dune pools near Oostvoorne were removed in 1990 respectively 1991. The vegetation of these pools has been mapped in order to study the impact of the measurements. In the Badhuiskuil only a few specimens of submerge waterplants occurred, due to eutrophication by a colony of seagulls. On the higher and therefore drier parts, species from the *Nanocyperion* and the *Samolo-Littorelletum* vegetation-types have developed. In the dune pools near Oostvoorne some rare species were found, such as *Potamogeton coloratus* and *Echinodorus ranunculoides*.

The Pupedobbe is a pool in the south-east of Friesland with a vegetation dominated by the rare species *Menyanthes trifoliata*. In order to study the effects of liming on the water chemistry an enclosure experiment was carried out. In the enclosures placed on organic ground, limestone caused an increase in pH, alkalinity and calcium level in the water layer. On mineral ground no clear effects of liming were found.

During fieldwork the impression had grown that at high calcium levels and low pH, *Littorella uniflora* was not overgrown by the fastgrowing *Juncus bulbosus*. Therefore a germination-experiment was carried out with seeds of *J. bulbosus* and *L. uniflora*, with different calcium levels and acidities. No clear effects of these factors on the germination of seeds of *Littorella uniflora* were found. The same observation was made for seeds of *J. bulbosus*, but a fungal infection of the used seeds has affected the results.

SAMENVATTING

In het kader van het project 'Effect Gerichte Maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in natuurlijke systemen' is onderzoek uitgevoerd in een aantal van oorsprong zwak gebufferde en/of voedselarme wateren. Dit onderzoek heeft als doel de mogelijkheden tot herstel van verzuurde en/of geëutrofiëerde wateren te bekijken.

Van het Voorste Goorven, het Van Esschenven en het Witven, allen gelegen in het natuurgebied 'De Oisterwijkse bossen en vennen' is de uitgangssituatie van de vegetatie (nul-situatie) in kaart gebracht. De vennen zijn verzuurd en er is een dikke sliblaag op de bodem aanwezig. Er bestaan plannen om eind 1992 de sliblagen uit deze vennen te verwijderen en daarna gebufferd grondwater in te laten. Dit laatste om te voorkomen dat de vennen opnieuw verzuren. Het nabijgelegen Achterste Goorven is ook gekarteerd. Dit ven wordt niet opgeschoond en kan dus worden gebruikt als controle situatie. In alle gekarteerde vennen is de vegetatie zeer soortenarm en wordt gedomineerd door Knolrus (*Juncus bulbosus*) en storingssoorten als Waternavel (*Hydrocotyle vulgaris*) en Pitrus (*Juncus effusus*).

De Badhuiskuil op Terschelling en een viertal poelen in de duinen bij Oostvoorne zijn in 1989, respectievelijk 1990 opgeschoond en in 1991 gekarteerd om de vegetatie-ontwikkeling vast te leggen. In de Badhuiskuil waren nagenoeg geen ondergedoken waterplanten meer aanwezig als gevolg van guanotrofiëring door meeuwen. De vegetatie op de hoger gelegen en daardoor drogere delen had zich wel gunstig ontwikkeld met soorten uit het *Samolo-Littorelletum* en het *Nanocyperion*. In de poelen bij Oostvoorne werden o.a. Doorschijnend fonteinkruid (*Potamogeton coloratus*), en Stijve moerasweegbree (*Echinodorus ranunculoïdes*) gevonden.

De Pupedobbe is een veenplas in zuid-oost Friesland waar de zeldzame soort Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) voorkomt. Deze soort komt vooral voor in zwak-zuur water met een relatief hoog calciumgehalte. De huidige waterkwaliteit in de Puppedobbe is verre van optimaal voor Waterdrieblad. Daarom is een cylinderexperiment uitgevoerd om de invloed van mergel op de waterkwaliteit te bepalen. Bemergeling had op de organische bodem o.a. een stijging van de pH, alkaliniteit en de calciumconcentratie in het water tot gevolg. Op de minerale bodem had bemergeling geen duidelijk effect.

Tijdens veldwerkzaamheden was de indruk ontstaan dat bij hoge calcium concentraties en een lage pH, Oeverkruid (*Littorella uniflora*) niet overwoekerd wordt door Knolrus. Daarom is er een kiemexperiment uitgevoerd met zaden van Knolrus en Oeverkruid om de effecten van de pH en de calciumconcentratie op de kieming te bepalen. Er is geen duidelijk effect van deze factoren op de kieming van de zaden gemeten. Bij de zaden van Knolrus, heeft een schimmelinfectie van de zaden de resultaten beïnvloed.

HOOFDSTUK 1 ALGEMENE INLEIDING

In Nederland komen oorspronkelijk veel voedselarme en zwakgebufferde vennen en voedselarme (duin)plassen voor. De meeste hiervan zijn tegenwoordig verzuurd en/of geëutrofiëerd. Dit komt zowel door verzurende, zwavel, stikstof- en fosfaathoudende regen als door aanvoer van voedselrijk water vanuit de landbouw. Als gevolg hiervan worden de voor deze vennen karakteristieke plantesoorten uit het *Littorellion*, zoals Oeverkruid, Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*) en Stekelbiesvaren (*Isoëtes echinospora*), in hun voortbestaan bedreigd. Bij verzuring worden deze zacht-watersoorten in eerste instantie verdrongen door Knolrus en ondergedoken veenmossoorten (Schuurkens & Leuven, 1986). Bij verdergaande verzuring verdwijnen alle ondergedoken waterplanten, als gevolg van een gebrek aan CO₂. Nymphaeïde soorten als Witte Waterlelie (*Nymphaea alba*) en Gele Plomp (*Nuphar lutea*) kunnen zich dan nog wel handhaven (Arts, 1987).

Eutrofiëring, ontstaat door een toename in het aanbod van plantenvoedingsstoffen. Dit kan optreden door de aanvoer van voedingsstoffen van buitenaf (externe eutrofiëring) of doordat in het systeem opgeslagen voedingsstoffen vrijkomen (interne eutrofiëring) als gevolg van de inlaat van kalk- en sulfaatrijk water (Bloemendaal & Roelofs, 1988). In oligotrofe milieu's leidt eutrofiëring in eerste instantie tot een toename van de biomassa en wordt de gehele waterlaag vaak opgevuld met planten met een vertikale groei-strategie. Bij extreme eutrofiëring is er sprake van concurrentie om licht tussen macrofyten en algen. De toplaag van het water kan dan begroeid zijn met planten met een horizontale groei-strategie, al dan niet bezet met epifytische algen. De algen kunnen de macrofyten ook totaal verdringen. Hieronder kan dan een zuurstofloze laag ontstaan waarin vaak giftige verbindingen accumuleren (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Zowel verzuring als eutrofiëring leiden op den duur tot een verarming van de vegetatie en een verslechtering van de waterkwaliteit.

In het kader van het project 'Effect Gerichte Maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in natuurterreinen' (EGM) is voor een aantal Nederlandse vennen en plassen onderzocht of het wenselijk en haalbaar is, de oorspronkelijke vegetatie en waterkwaliteit te herstellen dan wel terug te krijgen (Cals & Roelofs, 1990). Bij dit voorbereidende onderzoek is zoveel mogelijk informatie verzameld over de geologie, waterhuishouding, bathymetrie, fauna en de oorspronkelijke en huidige vegetatie, van de verschillende systemen. Daarnaast zijn er enkele ondersteunende experimenten uitgevoerd om het effect van bepaalde beheersmaatregelen te kunnen voorspellen.

De effectgerichte maatregelen zijn bedoeld als een tijdelijke beheersvorm die ervoor moet zorgen dat bepaalde oecosystemen niet verdwijnen alvorens de vervuiling voldoende is teruggebracht. Deze maatregelen houden bijvoorbeeld in dat gebufferd (grond) water wordt ingelaten als het ven verzuurd is, of dreigt te verzuren. Wanneer in het betreffende water een organische sliblaag op de bodem aanwezig is, dient deze eerst verwijderd te worden om te voorkomen dat er interne eutrofiëring optreedt (Bellemakers et al., 1990).

Bij een aantal vennen en (duin)plassen zijn intussen herstelmaatregelen uitgevoerd. Om te onderzoeken of het gewenste effect bereikt is, of bereikt zal worden, is biomonitoring noodzakelijk. Bij intensieve biomonitoring worden er maandelijks en bij extensieve

biomonitoring driemaandelijks, water- en bodemonsters genomen. Verder wordt er jaarlijks een vegetatiekartering gemaakt om de veranderingen in de vegetatie te volgen. De tot nu toe uitgevoerde projecten, leidden in de meeste gevallen tot een terugkeer van de oorspronkelijke vegetatie (Bellemakers et al., 1990, Cals et al., 1990, Cals et al., 1991). Deze terugkeer zal echter tijdelijk zijn indien niet ook brongerichte maatregelen worden getroffen die de milieuvervuiling doen verminderen.

In het kader van een stage op vakgroep Oecologie bij de werkgroep Milieubiologie is onderzocht hoe de vegetatie zich heeft ontwikkeld in een aantal verzuurde vennen (de Oisterwijkse vennen) en in een aantal recent opgeschoonde, geëutrofiëerde wateren (de Badhuiskuil en verscheidene poelen bij Oostvoorne). Daarnaast is een cylinderexperiment uitgevoerd in de Pupedobbe om de effecten van bemergelen op de waterkwaliteit te bepalen. Tenslotte is een kiemexperiment met zaden van Knolrus en Oeverkruid gedaan om de invloed van calcium en de pH op de kieming te bepalen.

HOOFDSTUK 2 VEGETATIEKARTERING

2.1 Inleiding

In het Oisterwijkse vennengebied zijn vier vennen gekarteerd; het Voorste Goorven, het Witven, het Van Esschenven (samen de 'Centrale vennen') en het Achterste Goorven. Het Voorste Goorven en het Witven zijn in 1950 opgeschoond (Van Dijk et al., 1960) maar dit had slechts een tijdelijk herstel van de vegetatie en waterkwaliteit tot gevolg. Er zijn nu opnieuw plannen om deze vennen, alsmede het Van Esschenven, te restaureren (Cals & Roelofs, 1990) en daarom wordt de uitgangsvegetatie in kaart gebracht. Het Achterste Goorven werd gekarteerd omdat hier al sinds lange tijd geen nauwkeurige vegetatie opnamen meer zijn gemaakt. Dit is gedaan in opdracht van en samenwerking met Dr. H. van Dam (IBN-DLO). Tenslotte is de vegetatie van de Badhuiskuil en enkele poelen in de duinen van Oostvoorne in kaart gebracht (Dekkersvallei, Kruine's tuintje, Paddepoel en Vissepit) om de effecten van het verwijderen van de sliblaag op de vegetatie te volgen (biomonitoring).

2.2 materiaal en methoden

2.2.1 kartering

Alvorens met de vegetatiekartering werd begonnen is, indien dit nog niet gedaan was, een topografisch kaartje van het te onderzoeken gebied gemaakt. Hiervoor werd eerst een meetlint over de lengte van het gebied gespannen en de hoek die het meetlint maakte ten opzichte van het noorden bepaald. Vervolgens werd een tweede meetlint loodrecht op het eerste gespannen zodat de breedte van het gebied kon worden bepaald. Door het tweede meetlint steeds over een bekende afstand langs het eerste te bewegen kon tevens de omtrek van het gebied bepaald worden. Ook andere grenzen zoals bijvoorbeeld de oeverlijn, konden zo in kaart worden gebracht.

Van de poelen bij Oostvoorne waren nog geen kaartjes aanwezig en deze zijn dus op bovenstaande manier gemaakt. Van de Oisterwijkse vennen zijn kaarten gebruikt die gemaakt waren met behulp van luchtfoto's. Doordat langs grote delen van de oevers veel bomen staan, waren enkele eilandjes niet op de kaarten aangegeven. Bovendien moest de oeverlijn hier en daar opnieuw worden ingetekend. Nadat de topografische kaart klaar was werd het gebied verkend om te zien welke plantesoorten er voorkwamen. Bij dit onderzoek zijn met name de water- en oeverplanten van belang. Hiervan is een lijst gemaakt.

Bij de kartering is gewerkt volgens verschillende methoden. Voor het karteren van de Badhuiskuil is gebruik gemaakt van de Braun-Blanquet methode (Den Held & Den Held, 1973). Het te onderzoeken gebied werd eerst op het oog grof ingedeeld in vegetatietypes. Daarna werden proefvlakken uitgezet met een homogene vegetatie en steeds van dezelfde oppervlakte. Per vegetatietype werden minimaal één, maar meestal ca. 5 opnamen gemaakt. Een proefvlak was zo groot dat het vrijwel alle soorten bevatte die in het betreffende vegetatietype voorkwamen. Bij de vegetatieopnamen werd een gecombineerde schatting gemaakt van de verschillende soorten. Dit wil zeggen dat er gekeken werd naar zowel het aantal exemplaren als de bedekkingsgraad binnen het proefvlak. Hierbij zijn de volgende codes gebruikt;

r = zeldzaam, 1-3 individuen in het proefvlak aanwezig

- + = zeer weinig tot weinig (4-20) individuen in het proefvlak aanwezig; bedekking minder dan 5 % van het proefvlak.
- 1 = veel(>20) individuen in het proefvlak aanwezig; bedekking minder dan 5 % van het proefvlak.
- 2 = aantal individuen willekeurig; bedekking tussen 5 en 25 %
- 3 = aantal individuen willekeurig; bedekking tussen 25 en 50 %
- 4 = aantal individuen willekeurig; bedekking tussen 50 en 75 %
- 5 = aantal individuen willekeurig; bedekking tussen 75 en 100 %

Bij het karteren van de Oisterwijkse vennen is gebruik gemaakt van de Tansley methode (Leys, 1978). Over het gebruik van de Tansley methode bestaat geen eenduidigheid en daarom is voor een eigen interpretatie gekozen. Er is steeds een opname gemaakt als er sprake was van een wisseling van dominantie binnen de vegetatie, of als de bedekkingsgraad van de vegetatie duidelijk veranderde.

Het begrip dominantie kan op twee manieren uitgelegd worden; een soort wordt dominant genoemd als die minstens 50% van de bodem bedekt of als het de meest voorkomende soort is. Omdat er in de gekarteerde gebieden sprake was van een bijna kale oever naast een sterk begroeide oever, is gekozen voor de eerste uitleg. Bij een lage bedekking is er dan dus nooit sprake van dominantie. Een lokaal-abundante soort is een soort die lokaal abundant en verder frequent voorkomt, of verder geheel afwezig is. Dit verschil is niet aangegeven.

Bij de Tansley methode worden de volgende codes gebruikt;

- d = dominant: soort overheerst
- c = co-dominant: soort overheerst samen met andere soorten.
- a = abundant: soort is zeer veel aanwezig, maar nooit (co-) dominant.
- f = frequent: soort is minder talrijk maar niet schaars.
- o = occasional: soort is (vrij) schaars, af en toe, hier en daar voorkomend.
- r = rare: soort is zeldzaam
- s = sporadic: soort is zeer zeldzaam, slechts enkele exemplaren aanwezig.
- l = local: soort komt alleen plaatselijk voor binnen het afgegrensde gebied.

Bij de opnames is geen onderscheid gemaakt tussen de kruid- en de moslaag en op Veenmos en Veensikkelmos na, zijn de mossen buiten beschouwing gelaten. In het Achterste Goorven zijn ook enkele monsters genomen van draadwieren. Door alle vegetatie-opnames te vergelijken is het gebied ingedeeld in plantengemeenschappen. Hiervoor is het syntaxonomisch systeem van Westhoff en Den Held (Westhoff & Den Held, 1969) als basis genomen. Vervolgens zijn de grenzen van de verschillende vegetatietypen op de kaarten aangegeven. De bijzondere en/of zeldzame soorten zijn weergegeven op stippenkaarten.

Bij het karteren van de poelen bij Oostvoorne is ook gebruik gemaakt van de Tansley methode. vanwege de lage bedekkingsgraad van de vegetatie is er geen indeling gemaakt in plantengemeenschappen. Per poeltje is één opname gemaakt van de watervegetatie en één van de oevervegetatie. Van de watervegetatie zijn stippenkaarten gemaakt, waarop alle aanwezige waterplanten zijn ingetekend.

Als oevergrens is bij de Oisterwijkse vennen de hoogwaterlijn genomen en deze is bepaald aan de hand van de voorkomende plantensoorten. Hierdoor zijn de hoger liggende polletjes met Pijpestrootje en het Gagelstruweel niet meegenomen bij de kartering, hoewel ze op het

eerste gezicht de oever lijken te domineren. Er is pas in augustus met de kartering begonnen omdat de meeste waterplanten toen pas in bloei stonden. Enkele *Carex* soorten waren toen al uitgebloeid en daardoor niet meer te determineren.

Bij de Oisterwijkse vennen is het te karteren deel van de oevers heel smal, gemiddeld twee meter. Daarom is alleen gekeken over welke lengte een bepaald type vegetatie voorkwam en indien dit karteerbaar was bij de gebruikte kaartschaal (per ven wisselend) is er een opname gemaakt. De watervegetatie in de Oisterwijkse vennen is gekarteerd vanuit een bootje. De planten die niet op het oog gedetermineerd konden worden, zijn met een hark uit het water gehaald en wanneer nodig in een plasticzak meegenomen naar het laboratorium.

2.2.2 Determinatie

Voor de determinatie van de meeste plantensoorten is gebruik gemaakt van de Flora van Nederland (Van der Meyden, 1990). Daarnaast is de determinatie van de wieren gedaan door Dr. J. Simons (Vrije Universiteit Amsterdam) en de determinatie van de veenmossen door Drs. B.G.P. Paffen.

2.2.3 Verantwoording van de indeling

Per gebied zijn alle vegetatietypen ingedeeld volgens het classificatie-systeem van Westhoff en Den Held (1969). Bij het typeren van de verschillende vegetatie-opnamen is uitgegaan van Plantengemeenschappen in Nederland (Westhoff & Den Held, 1969) en van een vergelijkende syntaxonomische en synoecologische studie in de Overasseltse en Haterse vennen bij Nijmegen (Strijbosch, 1976). Daarnaast is gebruik gemaakt van Plantengemeenschappen in Nederland 1. Littorelletea (concept van Schaminée, 1988) voor gemeenschappen binnen de klasse Littorelletea.

Door het veelvuldig voorkomen van storingssoorten als Pitrus (*Juncus effusus*) en Waternavel (*Hydrocotyle vulgaris*) was het niet altijd mogelijk om de gemeenschappen als representanten van de door Westhoff & den Held onderscheiden associaties te beschouwen. In die gevallen is overgegaan tot een eigen indeling in vegetatie-eenheden. Hierbij is de volgende naamgeving gehanteerd:

basisgemeenschap: een gemeenschap die op grond van kentaxa en differentiërende taxa wel tot een bepaalde klasse, orde of verbond kan worden gerekend, maar niet tot een bepaalde associatie (Strijbosch, 1976).

sociatie: de gemeenschap is opgebouwd uit één of meer etages, waarbij in elke etage slechts één taxon domineert. Hierbij wordt de naam direct afgeleid van het dominante taxon, of de namen van de gekoppelde dominante taxa (Strijbosch, 1976).

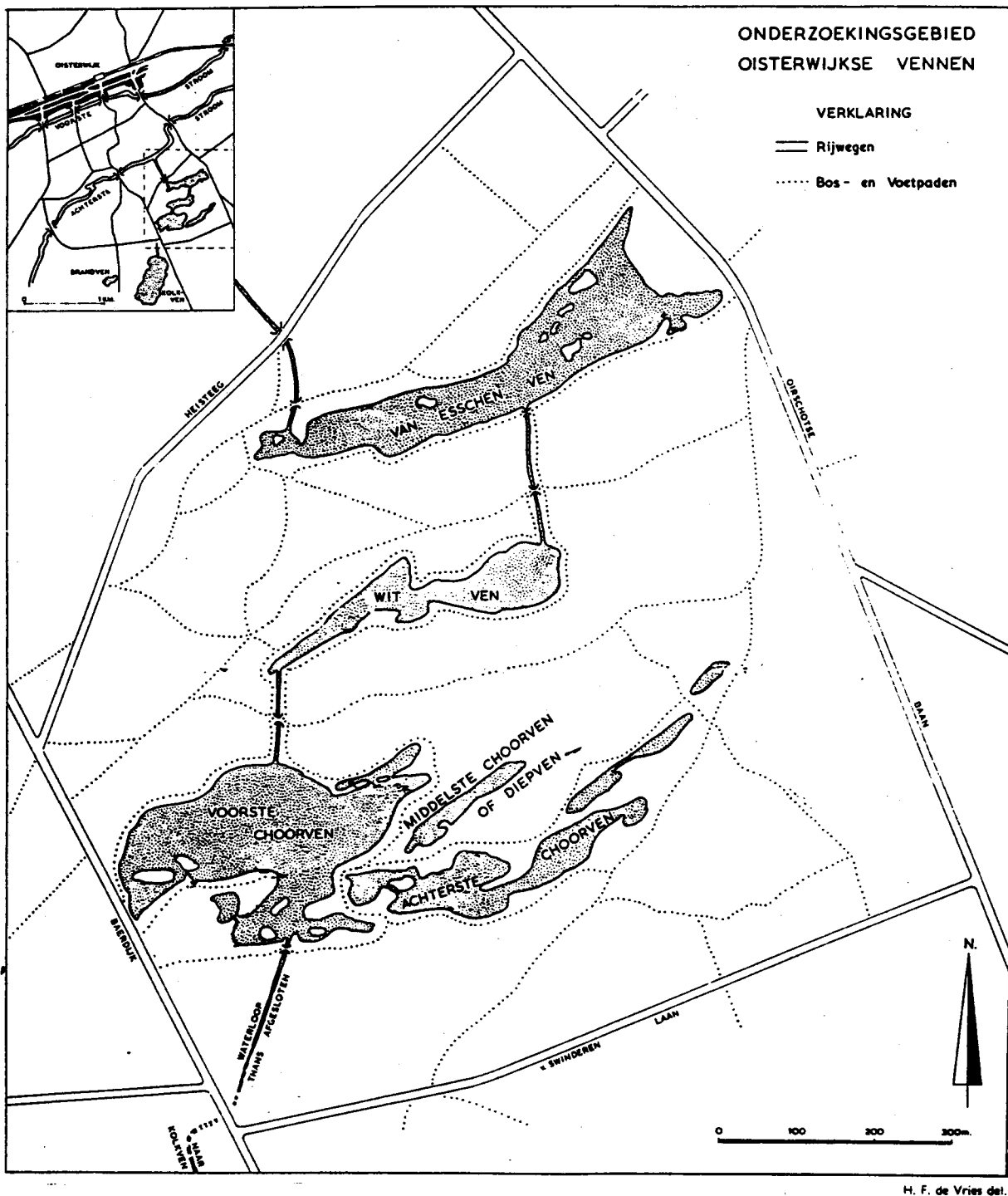
2.2.4 Codering

De verschillende vegetatie-eenheden zijn op de vegetatiekaarten met een code of arcering aangegeven. De (as)sociaties zijn aangegeven met de beginletters van de wetenschappelijke naam van de betreffende (as)sociatie. De basisgemeenschappen zijn aangegeven met de beginletters van de wetenschappelijke naam van de dominante, of meest kenmerkende soort. Wanneer er binnen een vegetatietype een duidelijk verschil was in bedekkingsgraad van de dominante soort of een andere aspectbepalende soort, is dit aangegeven met een cijfer. In de

Badhuiskuil zijn enkele vegetatie-opnamen gemaakt waarbij soortencombinaties uit drie of meer syntaxonomische eenheden aanwezig waren. In deze gevallen heeft dit vegetatietype de naam 'storingsvegetatie' meegekregen. De duinvegetatie en de plaatsen zonder vegetatie, zijn aangegeven met een arcering.

Van de poelen in de Oost-Voornse duinen is geen indeling in plantengemeenschappen gemaakt, maar zijn alle voorkomende soorten apart gecodeerd op een 'stippenkaart'. Indien een soort een voldoende groot oppervlak besloeg, is dit gebied op de kaart omcirkeld en is daarbinnen met een lettercodering de soortnaam aangegeven. Indien er slechts enkele exemplaren van een soort voorkwamen is dit aangegeven door verschillende malen hetzelfde symbool op de plaats van voorkomen te gebruiken. Het aantal symbolen is hierbij niet representatief voor het aantal exemplaren maar wel voor de grootte-orde van het voorkomen.

2.3 De Oisterwijkse vennen



Figuur 1. De ligging van de Oisterwijkse vennen.
Uit: Hydrobiologie van de Oisterwijkse vennen (van Dijk et al., 1960)

2.3.1 Geologie en waterhuishouding van de Oisterwijkse vennen.

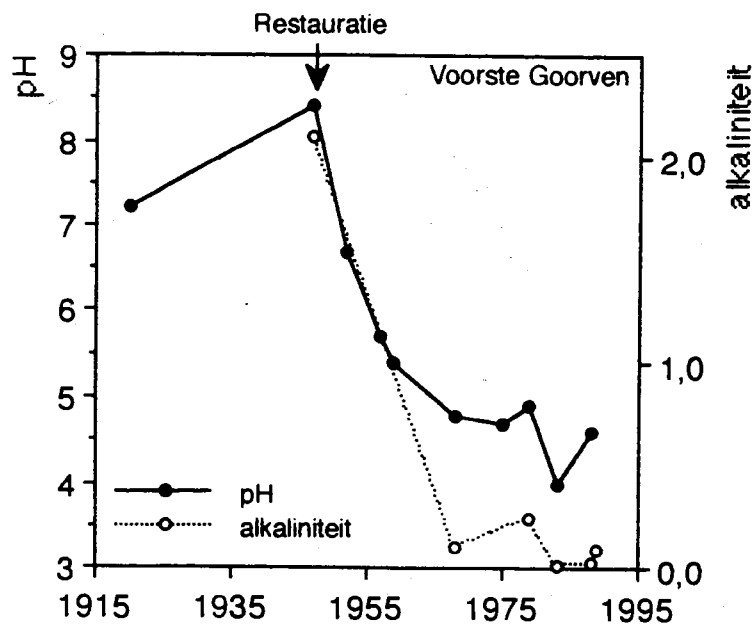
In het natuurmonument "De Oisterwijkse bossen en vennen", groot ca.300 ha, bevindt zich een groot aantal vennen. Het gebied is sinds 1906 eigendom van de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten (van Dijk et al., 1960).

De onderzochte vennen (Amersfoortse coördinaten 141-144;396-399) liggen allemaal tussen het stroomgebied van de Rosep en de Achterste stroom (Fig. 1). Het natuurterrein is gelegen op een in de laatste ijstijd gevormde kalkarme dekzandrug en uit recente slibkaarten is op te maken dat de centrale vennen (het Voorste Goorven, het Witven en het Van Esschenven) zijn ontstaan door winderosie en terreindepressies (Klinkers & Verhagen, 1991).

In 1840 lagen de Oisterwijkse vennen nog temidden van uitgestrekte heidevelden. Door de geïsoleerde ligging in mineraal zand waren het zwakzure voedselarme vennen (Klinkers & Verhagen, 1991). Ze werden gevoed met zowel grond- als regenwater. Vlak daarna is men begonnen met het ontginnen van de heide en het op grote schaal planten van Grove den (*Pinus sylvestris*). In 1841 is het grote Kolkven, dat in directe verbinding stond met de Rosep, via een sloot verbonden met het Voorste Goorven en twintig jaar later werd deze verbinding via het Witven en het Van Esschenven, doorgetrokken naar de Achterste stroom. Zo stroomde er relatief voedselrijk water vanuit de Rosep en vanuit het achterliggende ontginningsgebied via het Kolkven in de centrale vennen (van Dijk et al., 1960).

Dit had in eerste instantie een positief effect op de watervegetatie. Er ontstond een eutrofiëringsgradient over de verschillende vennen, afhankelijk van de afstand tot het Kolkven, die een verscheidenheid aan plantengemeenschappen tot gevolg had. Met name de verschillende Desmidiaceeën (sieralgen), bezorgden de Oisterwijkse vennen faam. Na verloop van tijd kreeg het water in met name het Voorste Goorven en het Witven een eutrofer karakter en werden er vooral in het stroomgebied van het water, nitrofiele plantensoorten aangetroffen. Uit onderzoek bleek toen dat er afvalwater van 'De Venkraai' en 'het Stokske' in de vennen stroomde. In 1949 waren de beide vennen dusdanig geëutrofiëerd dat besloten werd om ze uit te baggeren (van Dijk et al., 1960).

In 1950 zijn het Witven en het Voorste Goorven opgeschoond en zijn de lozingen van afvalwater op deze vennen stopgezet. Bovendien zijn de onderlinge verbindingen tussen de vennen afgesloten. Voor het opschonen van het Voorste Goorven werd het water via het Witven naar het Van Esschenven gevoerd en later weer teruggepompt om zo de oorspronkelijke micro-organismen te behouden. Verder is in datzelfde jaar de verbinding tussen het Kolkven en de centrale vennen verbroken. Na deze ingrepen daalde de pH en kregen de vennen al snel hun oligotrofe karakter terug (van Dijk et al., 1960). Dit was echter maar van tijdelijke aard want daarna zijn ze verder verzuurd. Het pH verloop in het Voorste Goorven is te zien in figuur 2. Dit is, behalve door de verzurende atmosferische depositie, waarschijnlijk veroorzaakt door de uitspoeling van nutrienten naar de Achterste stroom bij hoog water en de toevoer van voedselarm grondwater uit de omgeving (van Dam, 1980). Het Achterste Goorven wordt ook wel aangeduid als een vennencomplex omdat bij lage waterstand verschillende ven-delen van elkaar gescheiden zijn. Tot begin vorige eeuw werd het ven, dat dichtgegroeid was met veen, regelmatig uitgegraven.



Figuur 2. Alkaliniteits en pH verloop in het Voorste Goorven.

Het Achterste Goorven is al sinds het eind van de negentiende eeuw hydrologisch geïsoleerd van de centrale vennen. Voor die tijd bestond er waarschijnlijk een open verbinding tussen de beide Goorven, waardoor relatief voedselrijk water vanuit het Voorste Goorven naar het Achterste Goorven stroomde (van Dam et al., 1988). Door het aanleggen van een dam met een duikertje kon nog wel water van het Achterste Goorven naar het Voorste Goorven stromen maar niet meer andersom. In 'Hydrobiologie van de Oisterwijkse vennen' (Van Dijk et al., 1960) staat echter dat de beide Goorven nooit met elkaar in verbinding hebben gestaan. Door zijn geïsoleerde ligging heeft het Achterste Goorven lange tijd zijn voedselarme en zure karakter kunnen behouden. Tegenwoordig zijn alle vennen verzuurd en ligt er een dikke sliblaag op de bodem.

2.3.2 Vegetatie ontwikkeling van de Oisterwijkse vennen.

De omgeving

De Oisterwijkse vennen liggen in een opstand van Grove den die daar geplant is na de heideontginningen in 1840. Daarnaast is er ook een matige opslag van loofbomen zoals Zomereik (*Quercus robur*) en Zachte berk (*Betula pubescens*). De ondergroei wordt gedomineerd door Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*), Bosbes (*Vaccinium myrtillus*) en Braam (*Rubus fruticosus*). De directe omgeving van de vennen bestaat voornamelijk uit het *Myricetum gale* met Gagel (*Myrica gale*) en Pijpestrootje (*Molinea caerulea*) als dominante soorten (foto 1 t/m 4).



Foto 1: Het Van Esschenven bij de van Tienhovenbank (sept. 1991).



Foto 2: Het Witven aan de Noord-Oost zijde (sept. 1991).



Foto 3: Het Voorste Goorven aan de West-oever (sept. 1991)



Foto 4: Het Achterste Goorven bij het Oostelijk punt (okt. 1984).

Het Voorste Goorven

In het begin van deze eeuw had het Voorste Goorven nog een voedselarm karakter en kwamen er soorten voor als Teer guichelheil (*Anagallis tenella*), Lavendelheide (*Andromeda polifolia*), en Slank wollegras (*Eriophorum gracile*) (van Dijk et al., 1960). Door de lozing van afvalwater vanuit 'De Venkraai' kreeg het ven een meer eutroof karakter. In 1948 was er een vegetatie van het *Hydrocharito-Stratiotetum* ontstaan, omgeven door mesotrofe trilveen vegetaties met Rood schorpioenmos (*Scorpidium scorpioides*) en Draadzegge (*Carex lasiocarpa*). Daarnaast kwamen plaatselijk dichte plakkaten van Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) voor (van Dam, 1983). Door het stopzetten van de lozing en het opschonen van het ven in 1950, trad er weer een verschuiving op naar een meer mesotrafente vegetatie, met soorten als Vlottende bies (*Scirpus fluitans*), *Nitella translucens*, Klein blaasjeskruid (*Utricularia minor*) en Knolrus (van Dijk, 1953). Om deze soorten te beschermen werden na het uitbaggeren de Riet en Mattenbies vegetaties, die vooral langs de oevers voorkwamen, tot 1980 jaarlijks gemaaid (Hofman & Janssen, 1987). In 1961 werd naast Plat blaasjeskruid (*Utricularia intermedia*) en Waterdrieblad, al veel Knolrus gevonden (van Dijk, 1961). Door o.a. de verzurende atmosferische depositie zijn de meeste andere zacht water-soorten verdwenen en sinds 1976 zijn alleen nog maar de Witte waterlelie (*Nymphaea alba*), Gele plomp (*Nuphar lutea*), Knolrus en Veenmos (*Sphagnum spec.*) in het water gevonden (van Dam, 1983, Hofman & Janssen, 1986).

Het Achterste Goorven

Veel informatie over de historie van het Achterste Goorven is verkregen aan de hand van sieraalgen (*Desmidiaceeën*). Deze algen zijn goede indicatoren voor de pH (van Dam, 1980). Tussen 1916 en 1925 werden er 195 soorten sieraalgen gevonden in het Achterste Goorven, in 1975 was dit aantal al gedaald tot 68 (van Dam, 1980) en in 1988 zelfs tot ongeveer 20 soorten (Adamse, 1990). De tegenwoordige *Desmidiaceeën* vegetatie wijst op een wat gestoord oligotroof, duidelijk verzuurd milieu.

Tot in de veertiger jaren kwamen in het open water o.a. Witte waterlelie, Duizendknoop fonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) en Knolrus voor. Dit ging richting de oever over in Veenmos matten waarop o.a. Witte snavelbies (*Rhynchospora alba*) en Ronde zonnedaauw (*Drosera rotundifolia*) voorkwamen. Daartussen kwamen ook Klein- en Plat blaasjeskruid voor (van Dam, 1983). In 1954 werden er nog enkele exemplaren van een Sterrekroos (*Callitriche spec.*) aangetroffen (van Dijk, 1954). Bij een inventarisatie in 1976 (van Dam) waren nog steeds vegetaties uit een oligotroof milieu aanwezig, maar de beide soorten blaasjeskruid werden niet meer aangetroffen. In 1984 werden in het water dezelfde planten als die in het Voorste Goorven voorkomen, gevonden (Hofman & Janssen, 1986).

Het Witven

Het Witven was aan het begin van deze eeuw voedselarm en er kwamen soorten voor als Teer guichelheil, Drijvende waterweegbree (*Luronium natans*), Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*), Klein glidkruid (*Scutellaria minor*), en Kleine egelskop (*Sparganium minimum*) (van Dijk et al., 1960). Ook hier ontwikkelde zich, net als in het Voorste Goorven, een vegetatie

van het *Hydrocharito-Stratiotetum* in het midden van het ven. Daarnaast kwam langs de oevers een vegetatie voor van Riet en Mattenbies (van Dijk, 1949). Na het opschonen bestond de watervegetatie uit o.a. Drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*), Kleine egelskop, Teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) en een weinig Witte waterlelie. Bij een opname in 1976 (van Dam) werd in het open water naast Witte waterlelie en Drijvend Fonteinkruid ook Gele plomp gevonden. De laatste jaren raakt het open water in toenemende mate begroeid met Knolrus, dat vanuit de oever oprukt. Aan de oever komt verder nog volop Moerashertshooi (*Hypericum elodes*) voor.

Het Van Esschenven

In het begin van deze eeuw kwamen in het Van Esschenven nog Waterlobelia en Klein blaasjeskruid voor (van Dijk et al., 1960). De eutrofiëring verliep in dit ven in verhouding tot het Witven en het Voorste Goorven, langzaam. Toch was ook hier na verloop van tijd de invloed van toestromend voedselrijk water merkbaar door het voorkomen van soorten als Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), Mattenbies en Riet (van Dam, 1983). In 1948 kwamen echter nog volop soorten uit het *Potamion* en het *Littorellion* voor en er werd dan ook besloten om dit ven niet uit te baggeren. Wel is in 1949 een groot deel van het Riet en Biezenveld dat toen in het ven voorkwam, gemaaid (van Dijk et al., 1960).

In 1953 werd er o.a. Snavelzegge (*Carex rostrata*), Kleine egelskop (*Sparganium minimum*) en Knolrus aangetroffen (van Dijk, 1953). Sinds 1976 komen alleen nog maar Knolrus en Moerashertshooi voor als echte zacht water-soorten (van Dam, 1983) maar in 1984 kwam in de sloot die het van Esschenven met het Witven verbindt, nog wel veel Waterdrieblad voor (Hofman & Janssen, 1986).

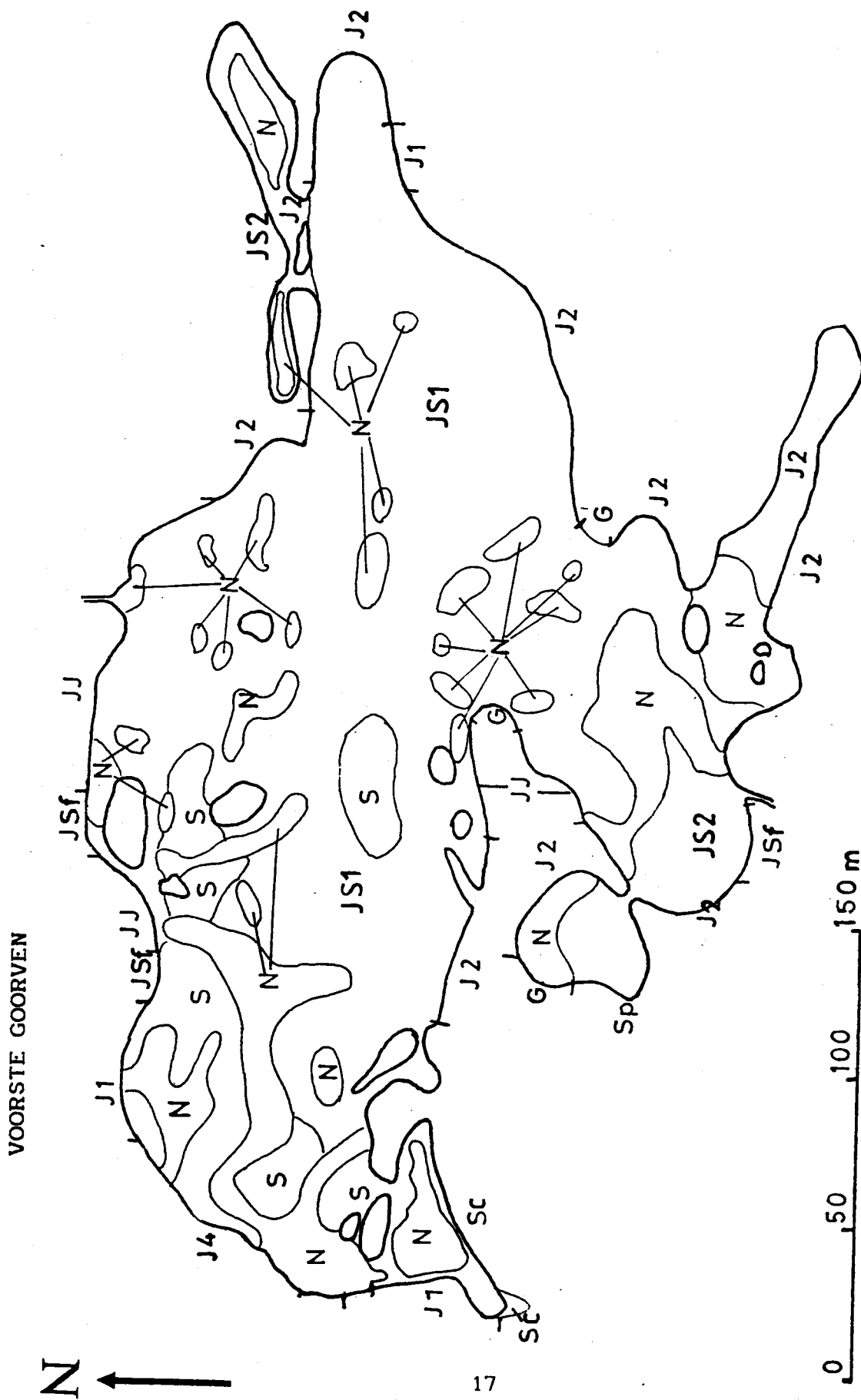
2.3.3 Resultaten

De figuren 3 t/m 6 geven de vegetatiekaarten van de Oisterwijkse vennen weer. Op de bladzijde ernaast zijn steeds de vegetatietypen die bij de gebruikte codes horen vermeld. Daarbij zijn tevens per type de meest kenmerkende soorten genoemd. Op de stippenkaarten (Fig.7 t/m 9) zijn bijzondere en/of zeldzame soorten weergegeven. In figuur 10 tenslotte is een grove plaatsbepaling van de belangrijkste wiersoorten in het Achterste Goorven aangegeven. De bijbehorende vegetatie-opnamen zijn te vinden in bijlage 1. Op alle eilandjes in de vennen kwam het *Myricetum gale*, variant met *Molinea caerulea*, voor. Dit is niet op de vegetatiekaarten weergegeven.

Vegetatietypen

Voorste Goorven

- JS1= Sociatie van *Juncus bulbosus* en *Sphagnum cuspidatum*
met lage bedekking.
- JS2= Sociatie van *Juncus bulbosus* en *Sphagnum cuspidatum*
met hoge bedekking.
- J1 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met lage bedekking.
- J2 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met hoge bedekking.
- J4 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met veel
Hydrocotyle vulgaris.
- JJ = Complex van de basisgemeenschap van *Juncus bulbosus*
en de sociatie van *Juncus effusus*.
- JSf= Complex van de basisgemeenschap van *Juncus bulbosus*
en het *Scirpetum fluitantis*, kentaxa; *Juncus bulbosus*
Scirpus fluitans en *Hypericum elodes*.
- N = *Nymphaeion kentaxa*; *Nymphaea alba* en *Nuphar lutea*.
- S = *Sparganietum minimi*, kentaxon; *Sparganium minimum*.
- Sc = Sociatie van *Sphagnum cuspidatum*.
- G = geen vegetatie



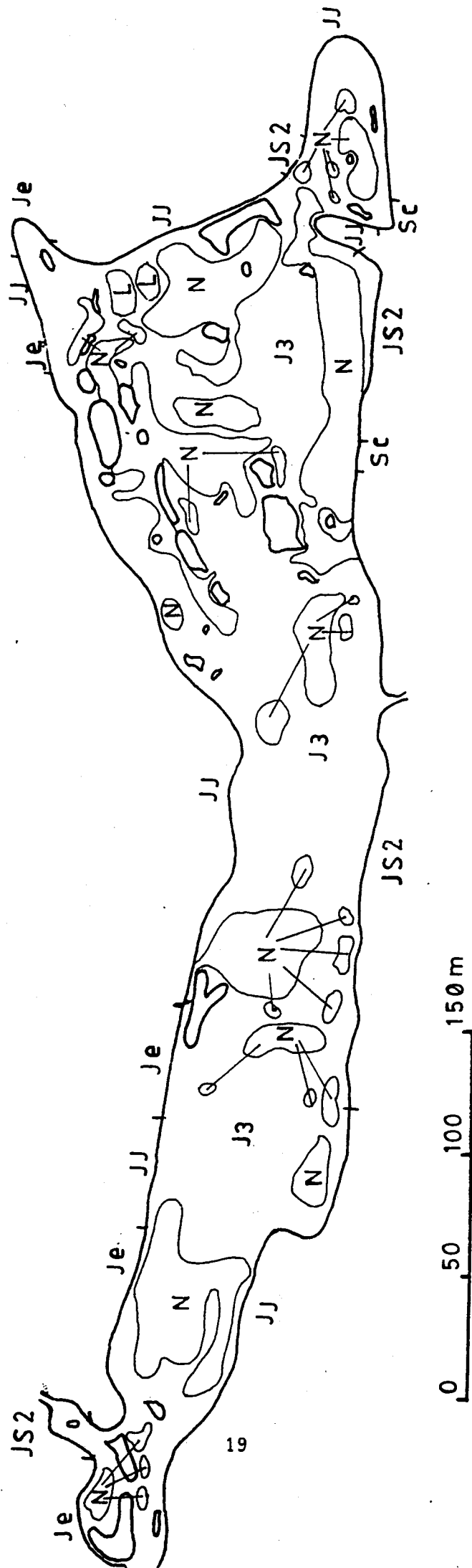
Figuur 3. Vegetatiekaart Voorste Goorven.

Van Esschenven

- JS2= Sociatie van *Juncus bulbosus* en *Sphagnum cuspidatum* met hoge bedekking.
- J3 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met *Drepanoclades fluitans* en *Sphagnum cuspidatum*.
- J4 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met veel *Hydrocotyle vulgaris*.
- JJ = Complex van de basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* en de sociatie van *Juncus effusus*, lage bedekking.
- Je = Sociatie van *Juncus effusus* kentaxa; *Hydrocotyle vulgaris* en *Juncus effusus*.
- L = Basisgemeenschap van *Luronium natans* met frequent voorkomen van *Luronium natans*.
- N = *Nympheion* kentaxa *Nymphaea alba* en *Nuphar lutea*.
- Sc = Sociatie van *Sphagnum cuspidatum*.

N

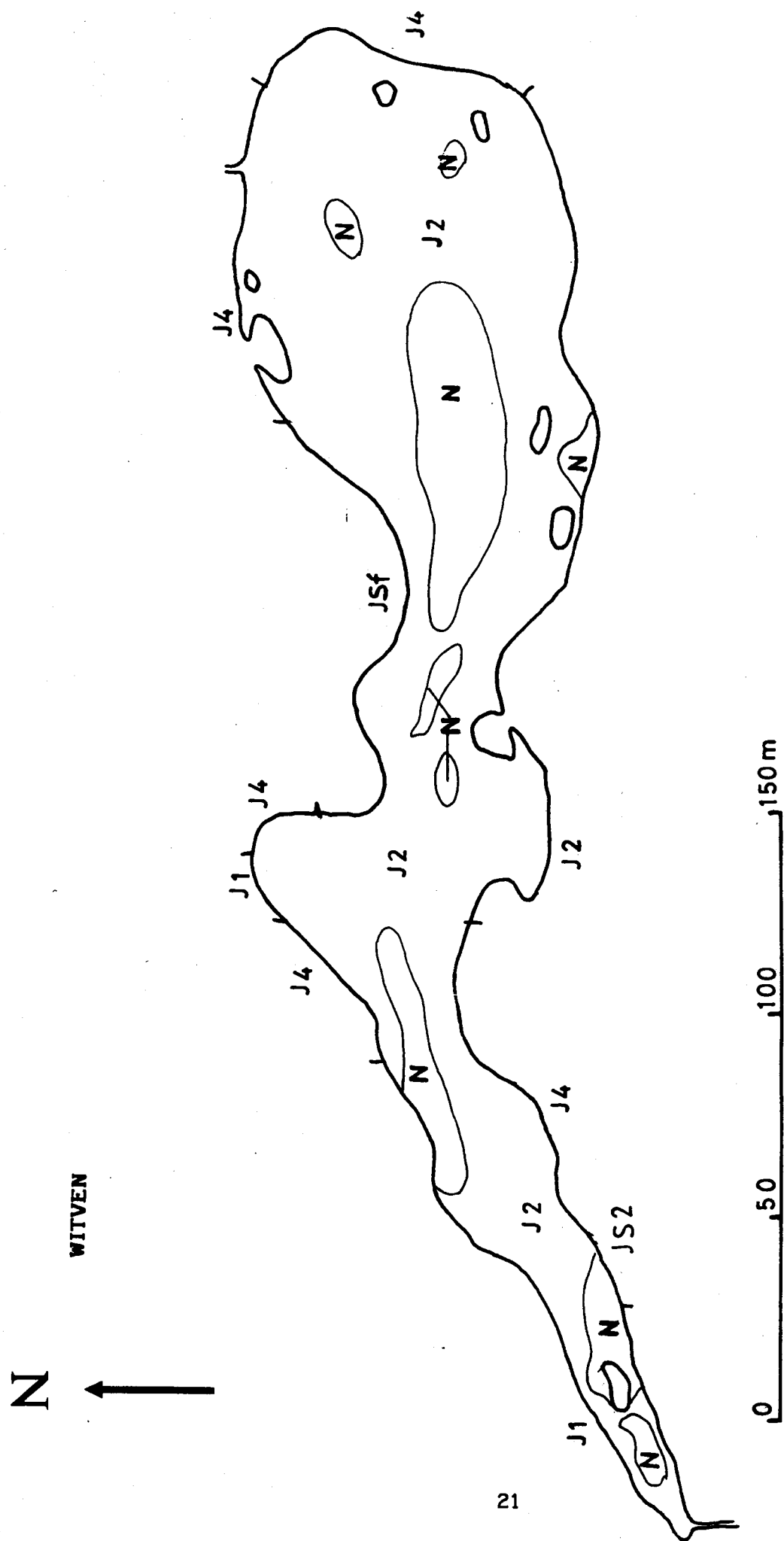
VAN ESSCHENVEN



Figuur 6. Vegetatiekaart Van Esschenven.

Witven

- JS2= Sociatie van *Juncus bulbosus* en *Sphagnum cuspidatum*
met lage bedekking.
- J1 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met lage bedekking.
- J2 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met hoge bedekking.
- J4 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus*
met veel *Hydrocotyle vulgaris*.
- JSf= Complex van de basisgemeenschap van *Juncus bulbosus*
en het *Scirpetum fluitantis*, kentaxa; *Juncus bulbosus* en
Hypericum elodes.
- N = *Nymphaeion* kentaxon *Nymphaea alba*.



Figuur 5. Vegetatiekaart Witven.

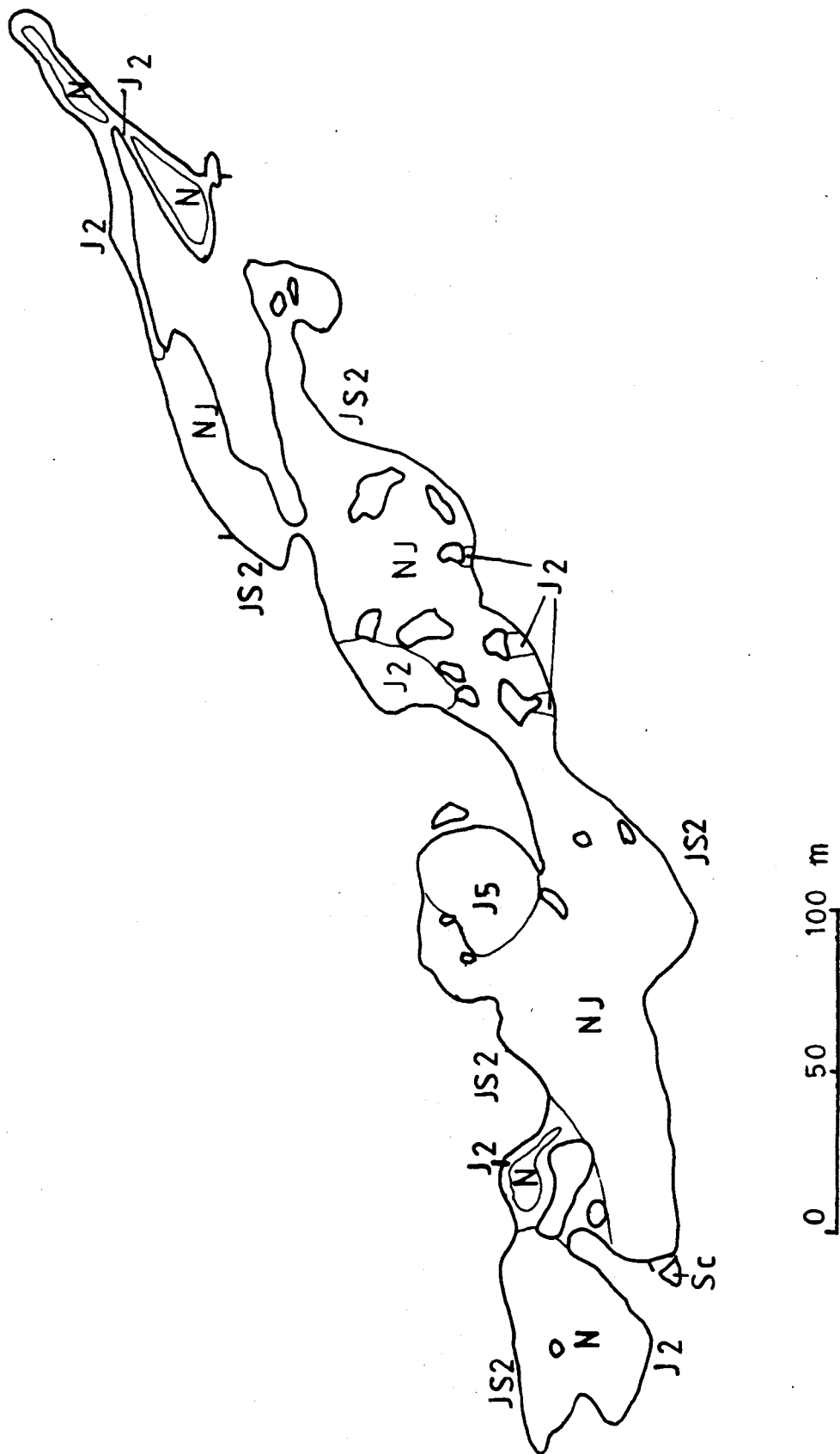
Achterste Goorven

- JS2= Sociatie van *Juncus bulbosus* en *Sphagnum cuspidatum*
met hoge bedekking.
J2 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met hoge bedekking.
J5 = Basisgemeenschap van *Juncus bulbosus* met frequent voorkomen
van *Potamogeton polygonifolius*.
N = *Nymphaeion* kentaxon *Nymphaea alba*.
NJ = complex van het *Nymphaeion* en de basisgemeenschap van *Juncus*
bulbosus
Sc = Sociatie van *Sphagnum cuspidatum*.

N



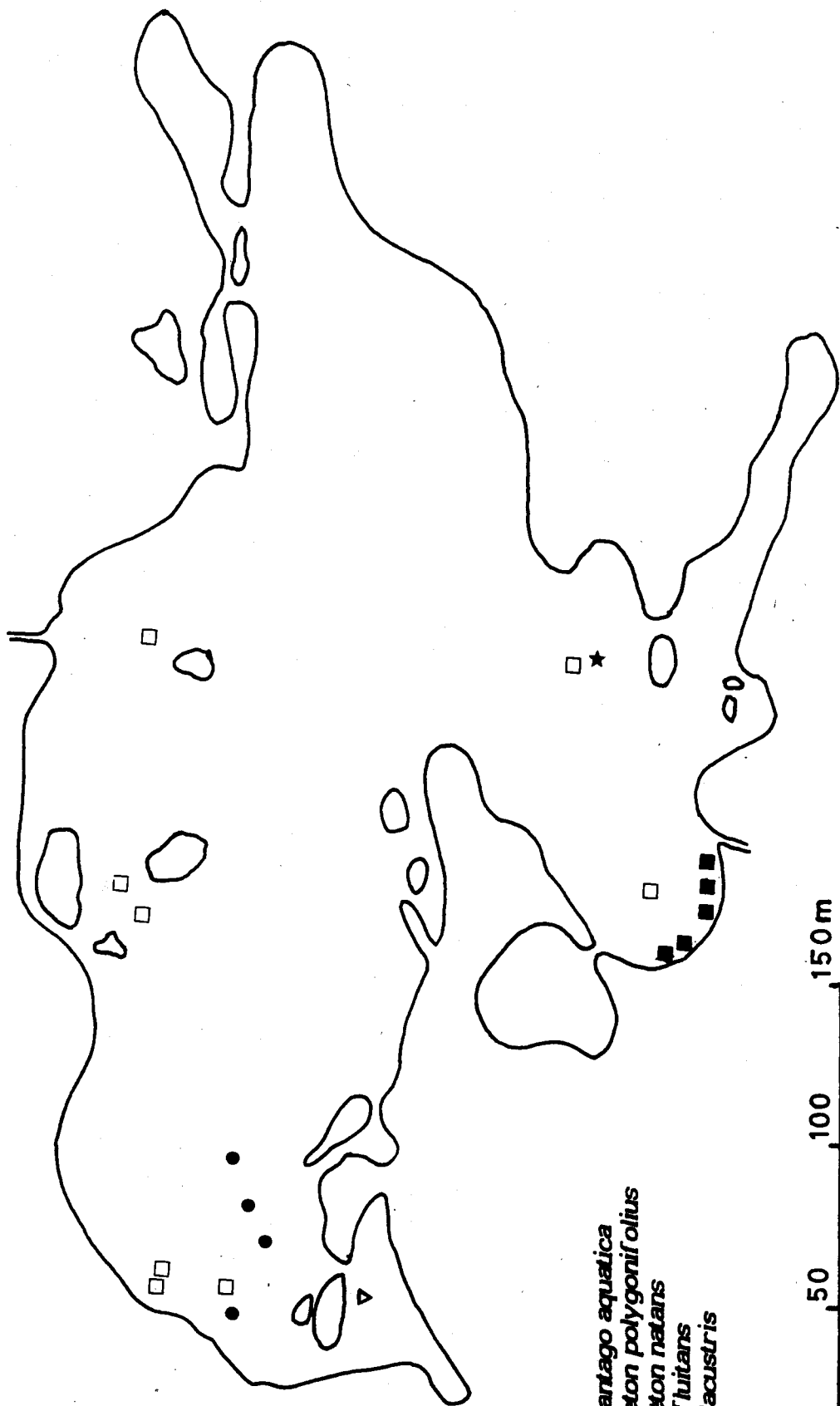
ACHTERSTE GOORVEN



Figuur 4. Vegetatiekaart Achterste Goorven

VOORSTE GOORVEN

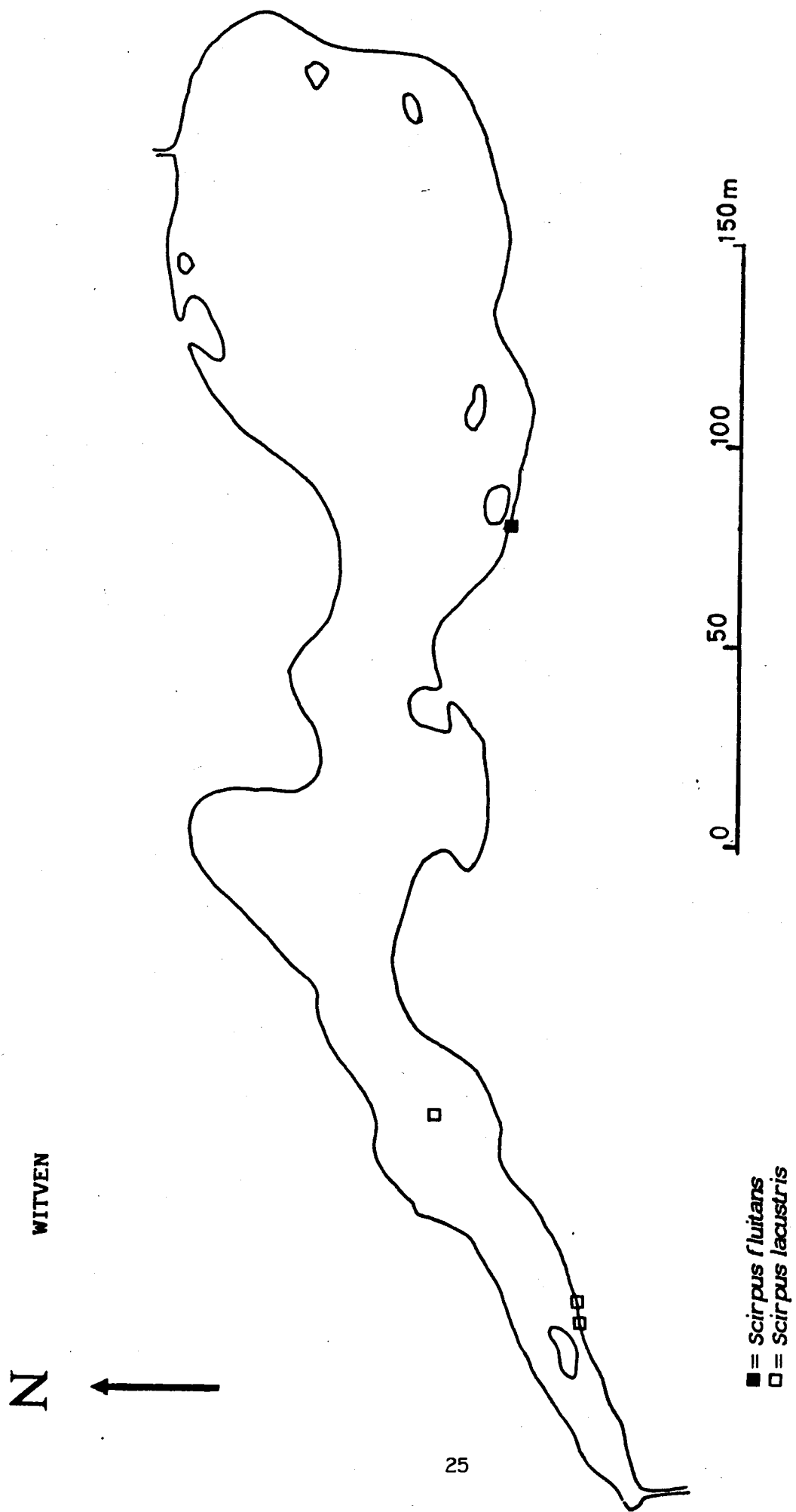
N



- ▽ = *Alisma plantago aquatica*
- ★ = *Potamogeton polygonifolius*
- = *Potamogeton natans*
- = *Scirpus fluitans*
- = *Scirpus lacustris*

0 50 100 150 m

Figuur 7. Stippenkaart Voorste Goorven.

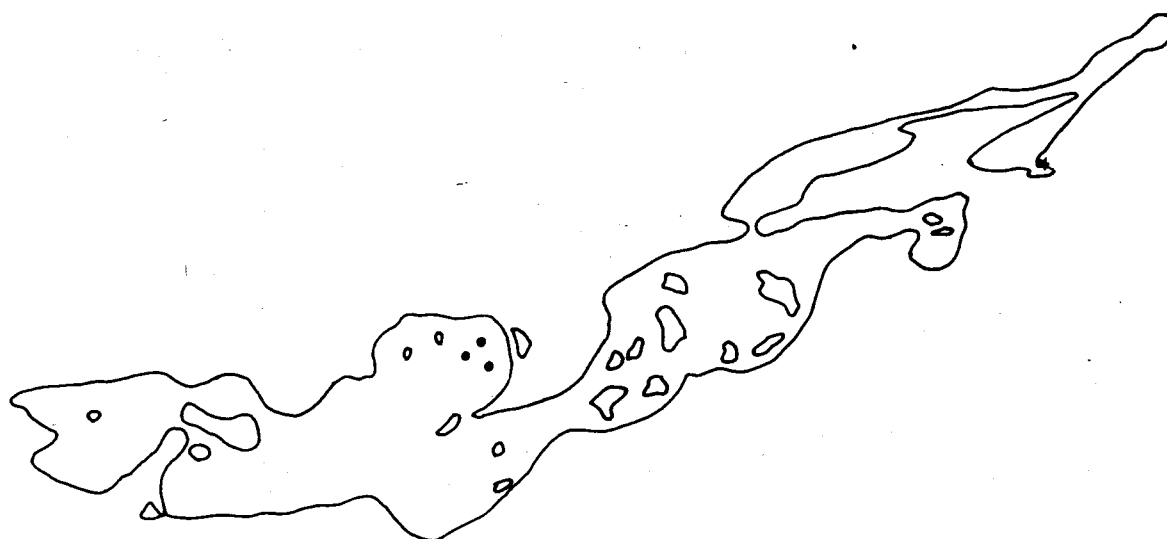


Figuur 8. Stippenkaart Witven.

N



ACHTERSTE GOORVEN



0 50 100 m

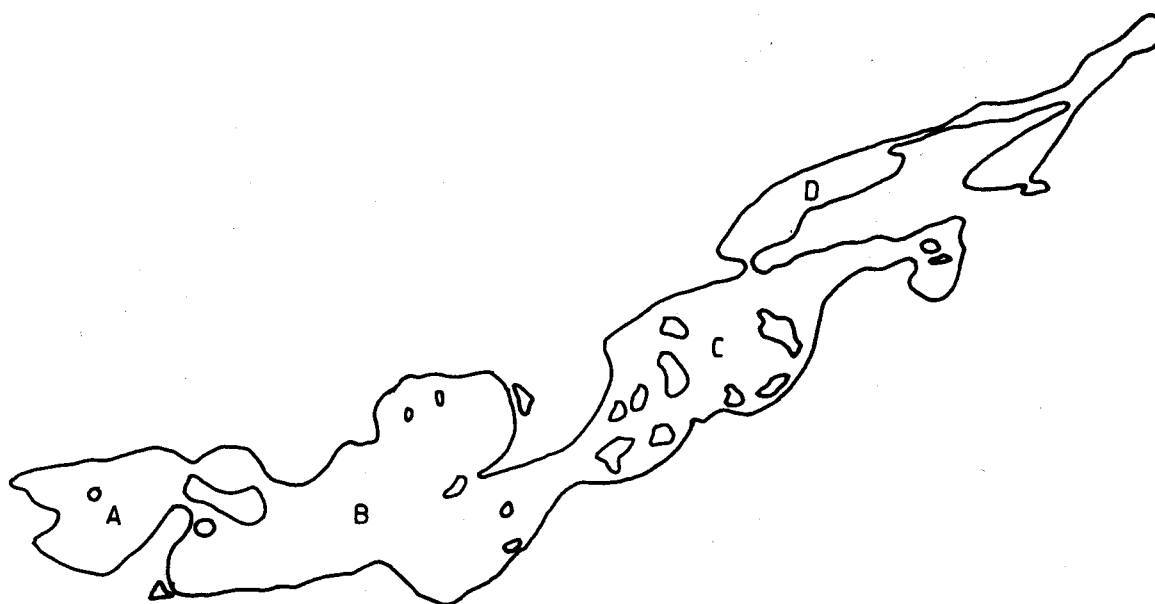
* = *Eriophorum angustifolium*
● = *Potamogeton polygonifolius*

Figuur 9. Stippenkaart Achterste Goorven.

N



ACHTERSTE GOORVEN



0 50 100 m

Figuur 10. De belangrijkste wiersoorten in het Achterste Goorven.

- A : *Zygogonium ericetorum* dominant.
- B : *Batrachospermum spec.* dominant en *Zygogonium ericetorum* lokaal, voorkomend.
- C : *Batrachospermum spec.* frequent voorkomend.
- D : *Batrachospermum spec.* lokaal voorkomend

2.3.4 Discussie

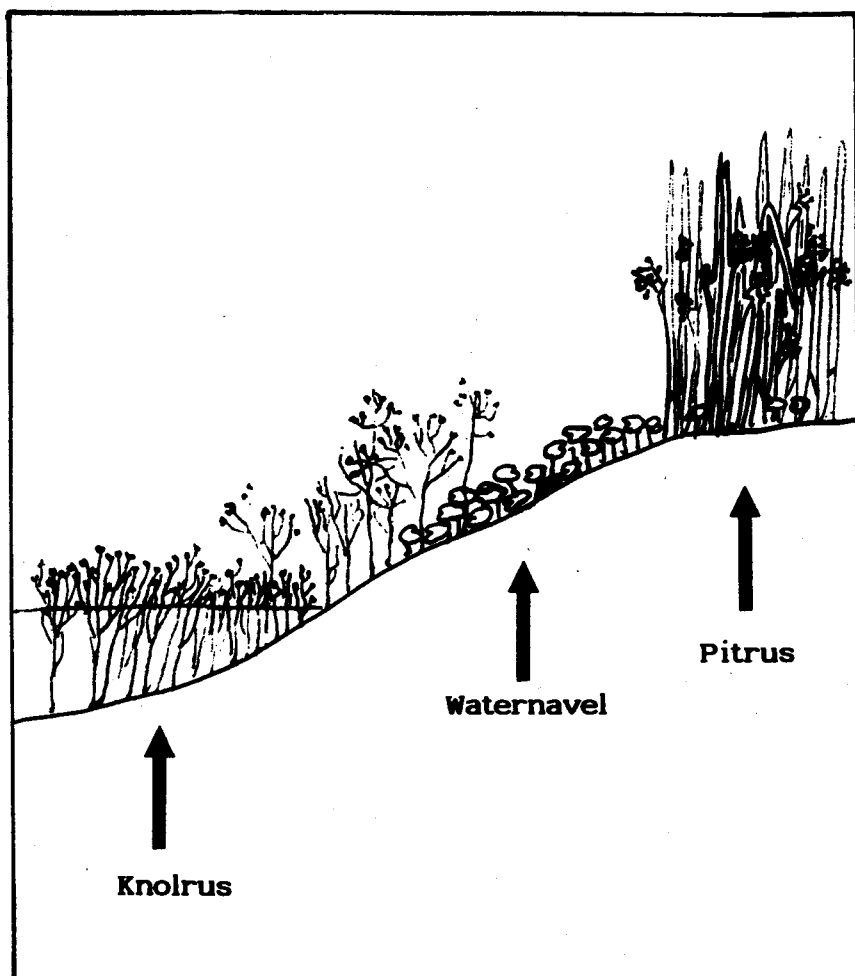
Door verzuring en eutrofiëring zijn de meeste zacht water-soorten uit de Oisterwijkse vennen verdwenen en komen er alleen nog enkele resten van verarmde associaties van het *Littorellion* en het *Potamion* voor (Foto 1 t/m 4). In alle onderzochte vennen heeft zich een *Nymphaeion*-vegetatie ontwikkeld, een vegetatietype dat het eindstadium vormt van zowel verzuring als eutrofiëring (Arts, 1987). Vanuit de oevers ontwikkelt zich nu een vegetatie waarin *Knolrus* domineert. In het Witven, dat het minst diep is van de vier onderzochte vennen, bedekt deze soort bijna de gehele venbodem.

Waarschijnlijk doordat tijdens het veldwerk gebruik is gemaakt van een bootje, zijn er nu meer soorten waargenomen in het water dan enkele jaren geleden. Zo werden in het Voorste Goorven nog Vlottende bies en enkele exemplaren van Drijvend fonteinkruid, aangetroffen. In het Witven werd ook nog één exemplaar van Vlottende bies gevonden. In het Van Esschenven was de grote hoeveelheid *Veensikkelmos* (*Drepanocladus fluitans*) opvallend. Waterdrieblad werd echter niet meer gevonden in de sloot waar hij in 1984 nog volop voorkwam (Hofman & Janssen, 1986). Mogelijk is deze soort alleen tijdelijk verdwenen omdat zijn standplaats droog stond.

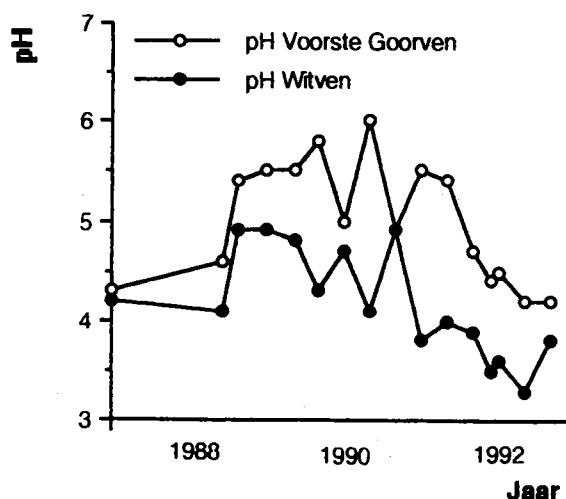
Uit het Achterse Goorven zijn verscheidene exemplaren van Duizendknoop fonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) meegenomen, die op het eerste gezicht van verschillende soorten afkomstig leken te zijn. Het is daarom ook best mogelijk dat het bij eerder beschreven vondsten van Drijvend fonteinkruid in werkelijkheid exemplaren van Duizendknoop fonteinkruid betrof en dat Drijvend fonteinkruid nooit in het Achterse Goorven is voorgekomen. In het Achterse Goorven is verder ook naar de wieren gekeken. De meest voorkomende soorten zijn *Batrachospermum spec* (een kikkerdrilwier) en *Zygogonium ericetorum* (bruine flap). *Zygogonium ericetorum* is een groenwier dat vooral in viltige plakken op vochtige heidebodems, maar soms ook in zure-ondiepe wateren, wordt gevonden (van Dam, mond. med., 1991). Van de delen van het water die noch met het bootje noch te voet bereikbaar waren konden geen nauwkeurige vegetatie-opnamen gemaakt worden. De sapropelium laag was hier zo dik dat er geen submerse waterplanten voorkwamen.

Aan de oever van het Van Esschenven is een groot aantal eutrofe soorten te vinden, de oevers van de andere vennen zijn echter zeer soortenarm. Grote delen zijn zelfs nagenoeg kaal (bedekkingsgraad < 5%) door overhangende bomen. Door het gebruik van de Tansley methode en door de smalle oeverzone is op de vegetatiekaarten vaak niet te zien dat de oevervegetatie niet homogeen is. Ook in horizontale richting (vanaf het water tot aan het pad) vertoonde de oeverzone een zonering die niet op de vegetatiekaarten weergegeven kon worden. Zo kwam er vaak eerst een zone met *Knolrus* voor, gevolgd door Waternavel en weer daarachter *Pitrus*. In de moslaag van deze zones was steeds *Veenmos* aanwezig (fig.11).

Op verschillende plaatsen zijn de vennen aan het verlanden. In het Voorste Goorven zijn de plaatsen die niet opgeschoond zijn nagenoeg drooggefallen en begroeid met dikke matten van *Veenmos*, waarop lokaal nog *Zonnedaauw* (*Drosera intermedia*) voorkomt. In de andere vennen zijn deze matten vooral tussen de eilandjes langs de oever aanwezig. Bij het opschonen zouden enkele van deze eilandjes verwijderd kunnen worden om zo het proces van verlanding tegen te gaan.



Figuur 11. Schematische weergave van het oeverprofiel van de Oisterwijkse vennen.



Figuur 12. pH verloop in de waterlaag van het Voorste Goorven en het Witven.

Wanneer de vennen niet opgeschoond worden zullen de Veenmos-matten waarschijnlijk overgaan in de variant van het *Myricetum gale*, die nu al de oeverzone domineert en die het volgende vegetatietype in de successie reeks naar verlanding vormt (Westhof & Den Held, 1975).

In figuur 12 is te zien dat er eind jaren tachtig een lichte pH stijging optrad in het Witven en het Voorste Goorven. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door reductieprocessen in de bodem (Bellemakers & Maessen, 1990) waarbij bicarbonaat is gevormd, waardoor zowel de alkaliniteit als de pH stegen. De laatste jaren treedt juist een daling van de pH op. Dit is mogelijk veroorzaakt door de droge zomers van de laatste drie jaar. Door de lage waterstand zat er meer zuurstof in de bodem. Hierdoor werden opgeslagen gereduceerde verbindingen geoxideerd en zwavelzuur en koolzuur gevormd (van Dam et al., 1988). Met name in het Witven heeft deze verzuring geleid tot een enorme woekering van Knolrus, een snelgroeiende soort die profiteert van het verhoogde CO_2 aanbod.

Er zijn nu opnieuw plannen om de sliedlagen uit de centrale vennen te verwijderen. Om te voorkomen dat de vennen vervolgens weer verder verzuren zal externe bufferstof aangevoerd worden. Het inlaten van lokaal opgepompt grondwater wordt hiervoor het meest geschikt geacht. Om de oorspronkelijke gradient van een mesotroof, matig alkalisch ven naar een zwakzuur, oligotroof ven terug te krijgen is het bovendien nodig om de centrale vennen opnieuw met elkaar te verbinden (Cals & Roelofs, 1990). Daarnaast is het de bedoeling dat er rondom de centrale vennen een boomvrije zone komt, die per ven verschillend is. Dit om eutrofiëring als gevolg van in het water vallend plantenmateriaal te beperken en de verhoogde invang van atmosferische depositie door boomkronen te voorkomen. Deze zone wordt dan tevens afgesloten voor

wandelaars (Hofman & Janssen, 1987). In oktober 1991 is de definitieve aanvraag voor goedkeuring en subsidiëring van geplande EGM in de Oisterwijks vennen ingediend. Gestreefd wordt naar uitvoering in het najaar van 1992 (Cals et al., 1992)

2.3.5 Conclusies

De in 1950 uitgevoerde herstelmaatregelen in het Voorste Goorven en het Witven hadden een tijdelijke terugkeer van de oorspronkelijke vegetatie tot gevolg. Door de verzurende depositie zijn de vennen verder verzuurd en soortenarm geworden. Voor een langdurige terugkeer van de oorspronkelijke vegetatie zijn aanvullende maatregelen, zoals de inlaat van gebufferd grondwater, nodig. Voor de blijvende terugkeer van de oorspronkelijke vegetatie dienen zowel de eutrofiërende als de verzurende bronnen weggenomen te worden.

2.4 De Badhuiskuil

2.4.1 geologie en waterhuishouding van de Badhuiskuil.

De Badhuiskuil (Amersfoort-coördinaten 146.3- 601.2) is een duinplas van $\pm$ 3 ha, die ligt in de duinen op Terschelling vlakbij West aan Zee. Het is een secundaire duinplas die ongeveer 300 jaar geleden door uitstuiving is ontstaan en er zijn aanwijzingen dat er pas de laatste 40 jaar permanent water in staat (van Gemert & Maessen, 1987). De plas is weinig gevoelig voor verzuring doordat hij wordt gevoed met zowel grond- als regenwater. Hierdoor en door de wisseling in hoogteligging zijn er zowel een droog-nat gradiënt als een zoet-zout gradiënt op de bodem aanwezig. Voor een uitgebreide geologische beschrijving wordt verwezen naar van Beers en Kurstjens (1991).

2.4.2 vegetatie ontwikkeling in de Badhuiskuil.

De Badhuiskuil is van oorsprong een voedselarme plas waar uitgebreide *Littorellion* vegetaties voorkwamen. In droge jaren was bijna de hele bodem bedekt met Oeverkruid (*Littorella uniflora*). Tot 1977 kwamen er nog uitgebreide *Littorellion* vegetaties voor met soorten als; Oeverkruid, Stijve moerasweegbree en Veelstengelige waterbies. Sindsdien zijn deze soorten, door eutrofiëring, sterk in aantal afgenomen of zelfs verdwenen (van Gemert & Maessen, 1987). In 1984 werden er nog slechts enkele exemplaren Oeverkruid gevonden en was de begroeiing met Holpijp (*Equisetum fluvatile*), Riet en Teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) aanzienlijk. Daarnaast was er submers een gigantische mat Bronmos (*Fontinalis antipyretica*) aanwezig (van Gemert & Maessen, 1987).

In 1989 is de Badhuiskuil opgeschoond, waarbij de sliblaag en een groot deel van de vegetatie zijn verwijderd. Er ontstond hierdoor opnieuw een voedselarm milieu en in 1990 werden al weer daarbij horende soorten als Ongelijkbladig- en Duizendknoopfonteinkruid, Stijve moerasweegbree en de zeldzame kranswiersoort *Nitella opaca* gevonden (van Beers & Kurstjens, 1991).

2.4.3 Resultaten

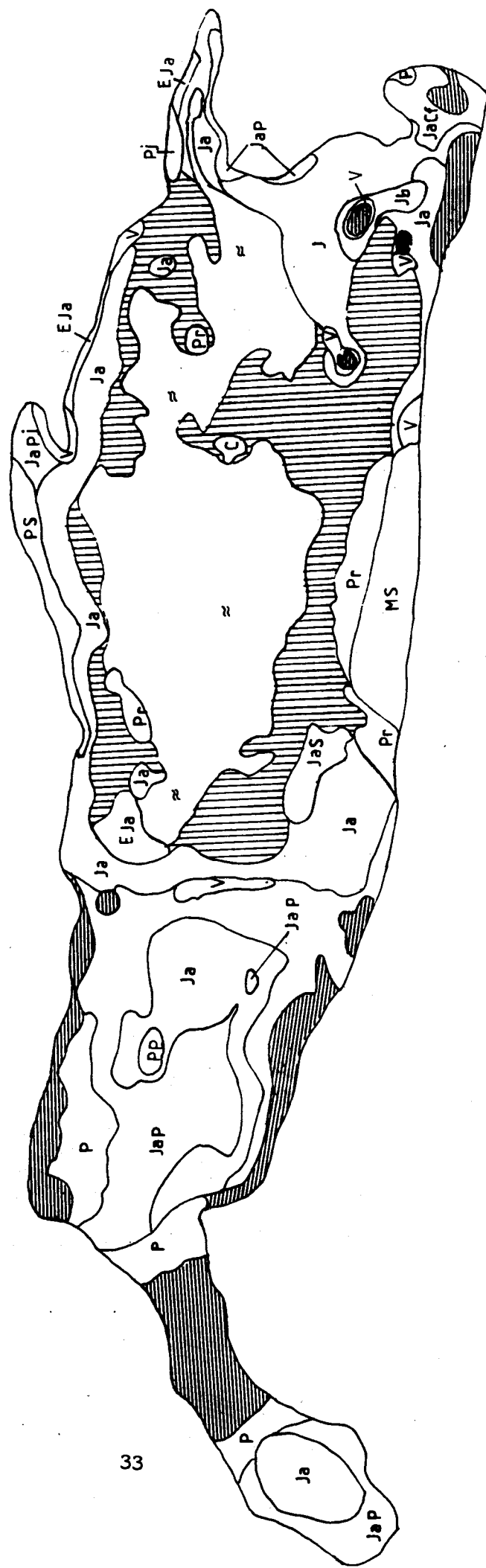
In figuur 13 is de vegetatie van de Badhuiskuil weergegeven. Op de bladzijde ernaast worden de gebruikte codes verklaard. Bovendien worden de meest kenmerkende soorten vermeld. Zowel de vegetatieloze gebieden als de gebieden waar een typische duinvegetatie voorkwam, met soorten als Zandzegge en Struikheide, zijn gearceerd. De bijbehorende vegetatie -opnamen zijn te vinden in bijlage 2. In figuur 14 zijn alleen de bijzondere en/of zeldzame soorten aangegeven die te gering in aantal waren om bij een vegetatietype genoemd te worden.

Vegetatietypen Badhuiskuil

- Cf: *Cicendietum filiformis*
 subassociatie: *Juncetosum mutabilis*
 diff.taxon: *Juncus pygmaeus*
- PJ: *Parnassio-Juncetum atricapilli*
 kentaxon: *Juncus alpino-articulatus* ssp. *atricapillus*
- M: *Myricetum gale*
 kentaxon: *Myrica gale*
- MS: Complex van het *Myricetum gale* en het *Scirpo-Phragmitetum*
- P: *Puccinellietum distans*
 subassociatie: *Juncetosum*
 diff.taxon: *Juncus bufonius* ssp. *ambiguus*
- PS: complex van het *Puccinellietum distans* en het *Scirpo-Phragmitetum*
- Pp: Gemeenschap van *Potamogeton polygonifolius*
- Ja: Gemeenschap van *Juncus articulatus* met *Carex oederi* en *Juncus bulbosus*.
- J: co-dominantie van *Juncus articulatus* en *Juncus bulbosus*
- Jb: basisgemeenschap van *Juncus bulbosus*
 kentaxon: *Juncus bulbosus*
- JaCf: complex van het *Samolo Littorelletum* en het *Cicendietum filiformis*
- JaP: complex van het *Samolo Littorelletum* en het *Puccinellietum distans*
 co-dominantie van *Juncus articulatus* en *Juncus bufonius* ssp. *ambiguus*
- JaPj: complex van het *Samolo Littorelletum* en het *Parnassio-Juncetum atricapilli*
 co-dominantie van *Juncus articulatus* en *Juncus alpino-articulatus* ssp. *atricapillus*
- E: *Eleocharitetum multicaulis*
 kentaxon: *Eleocharis multicaulis*
- EJa: complex van het *Eleocharitetum multicaulis* en het *Samolo Littorelletum*.
- S: *Scirpo-Phragmitetum*
 kentaxon: *Phragmites australis*
- Pr: Rietvegetatie met lage bedekking
- JaS: complex van het *Samolo Littorelletum* en het *Scirpo-Phragmitetum*
- C: *Cladietum marisci*
 kentaxon: *Cladium mariscus*
- V: Verstoringsvegetatie a.g.v. guanotrofiëring door meeuwen.
- ||||: geen vegetatie
- ====: duinvegetatie

BADHUISKUIL

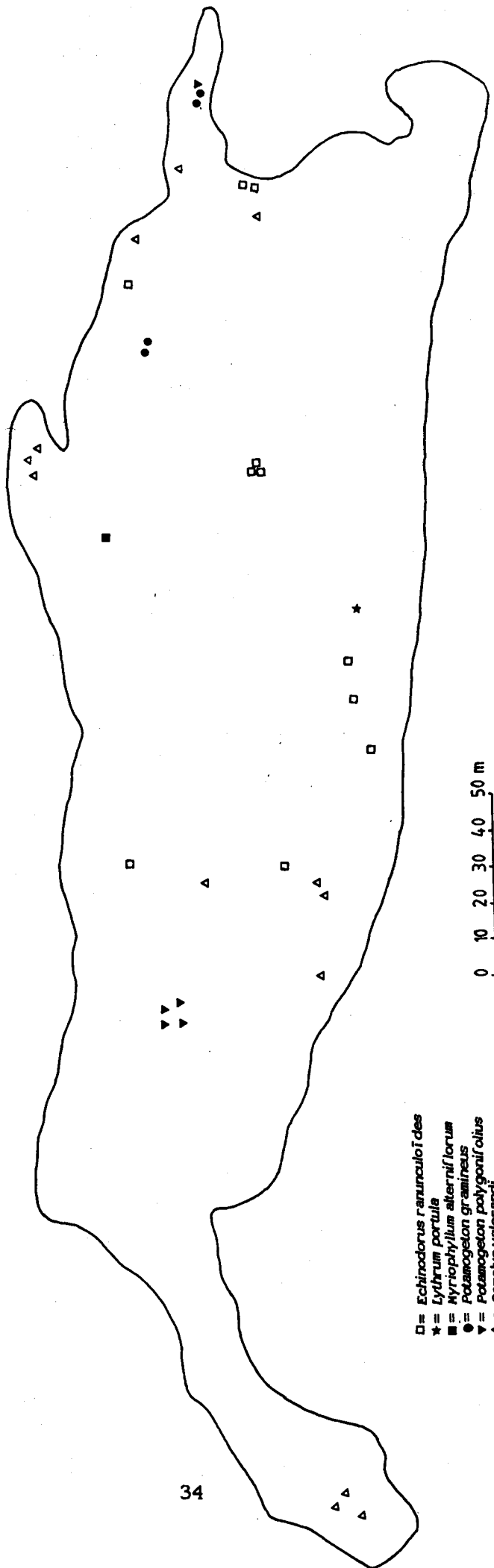
N ↑



Figuur 13. Vegetatiekaart Badhuiskuil.

N ↑

BADHUISKUIL



Figuur 14. Stippenkaart Badhuiskuil.

2.4.4 Discussie

De vegetatiesamenstelling in de Badhuiskuil is door het recentelijke opschonen nog erg veranderlijk. De soorten die een voedselarm milieu kenmerken en die in 1990 in de Badhuiskuil zijn gevonden waren in 1991 deels al weer verdwenen en deels in aantal afgenomen. *Nitella opaca* dat in 1990 in het water in grote hoeveelheden werd gevonden was in 1991 totaal verdwenen. Van Ongelijkbladig fonteinkruid (*Potamogeton gramineus*) werden nog slechts vier exemplaren, aan de rand van het water, gevonden. Het verdwijnen van deze soorten kan worden geweten aan het feit dat de Badhuiskuil nog steeds door meeuwen als drink- en rustplaats wordt gebruikt, waardoor het water sterk geëutrofeerd is. Dit geldt zeker voor *Nitella opaca*, een pioniersoort die vooral in zeer helder voedselarm water voorkomt. Vrijwel de hele onderwaterbodem was bedekt met een groene sliblaag die op sommige plaatsen wel een halve meter dik was. Het is dan ook niet verwonderlijk dat hier geen waterplanten meer voorkwamen.

Ook het drooggevalen gebied binnen de hoogwaterlijn was, op enkele rietstoppels en de eerder genoemde exemplaren van Ongelijkbladig fonteinkruid na, vegetatieloos. In het westen van de Badhuiskuil lag een geïsoleerd plasje water waar nog frequent Duizendknoop fonteinkruid voorkwam. Dit water was aanmerkelijk schoner en werd blijkbaar niet door de meeuwen gebruikt.

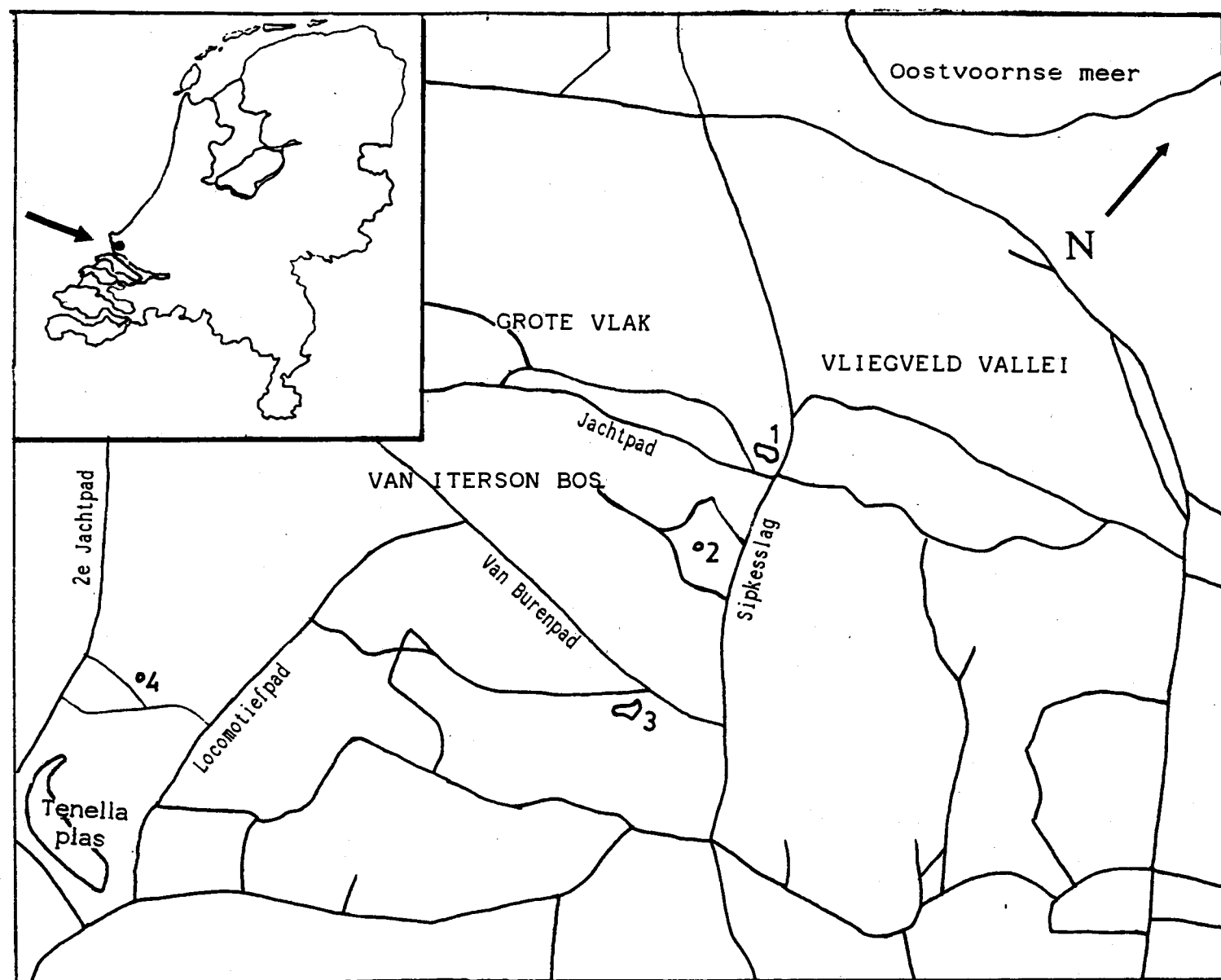
Op de hoger gelegen delen van de Badhuiskuil, die waarschijnlijk het hele jaar droog staan, werden nog wel interessante soorten gevonden. De vondst van Dwerggras (*Juncus pygmaeus*) wijst op een mogelijke terugkeer van het zeldzame *Cicendietum filiformis* (Draadgentiaan associatie). In de jaren '70 kwamen op de drooggevalen oevers ook enkele elementen van deze gemeenschap voor met naast Dwerggras, de kensoort Draadgentiaan (*Cicendia filiformis*). Dwerggras is een pioniersoort die door zijn dwerggroei goed is aangepast aan de sterk wisselende milieu-omstandigheden op kale bodems (Segal, 1991). Ook bij Greppelrus (*Juncus bufonius*) is dwerggroei waargenomen. Deze is ontstaan doordat veel zaden dicht bij elkaar op de bodem terecht zijn gekomen (Segal, 1991).

De determinatie van *Juncus*-soorten gaf soms problemen. Van dit geslacht zijn in het totaal acht soorten gevonden waarvan enkele, mede door de dichte bedekking, moeilijk van elkaar te onderscheiden waren. Bovendien vertonen sommige van deze soorten een grote variatie in verschijningsvorm. Vergeleken met 1990 was in 1991, Knolrus sterk in aantal afgenomen en het oppervlak met Zomprus (*J. articulatus*) en Greppelrus toegenomen.

2.4.5 Conclusies

Door guantrofiëring zijn de meeste submerse macrofyten verdwenen. Op de hoger gelegen droge delen van de Badhuiskuil, heeft de vegetatie zich wel gunstig ontwikkeld met soorten uit het *Samolo-Littorelletum* en het *Cicendietum filiformis*. Hoe de vegetatie zich in de toekomst zal ontwikkelen is in grote mate afhankelijk van de waterstand en het al dan niet aanwezig blijven van de meeuwenkolonie.

2.5 De poelen bij Oostvoorne



Figuur 15. De ligging van de poelen in de duinen van Oostvoorne.

- 1 Paddepoel
- 2 Kruine's tuintje
- 3 Vissepit
- 4 Dekkersvallei

2.5.1 Geologie en waterhuishouding

De onderzochte poelen zijn allen gelegen in secundaire duinvalleien in het binnenduingebed van Oostvoorne (Amersfoortse coördinaten 63-65, 435-437) (Fig.15). Een gebied dat sinds 1957 eigendom is van de stichting Zuid-Hollands Landschap (Boot & van Dorp, 1986). Binnen dit gebied is er een grote verscheidenheid in bodemgesteldheid, reliëf en waterhuishouding aanwezig waardoor er veel verschillende, vaak zeldzame, planten voorkomen. Dankzij de buffercapaciteit van de bodem zijn de poelen weinig verzuringsgevoelig, hoewel ze vrijwel uitsluitend door regenwater gevoed worden. (Cals & Roelofs, 1990).

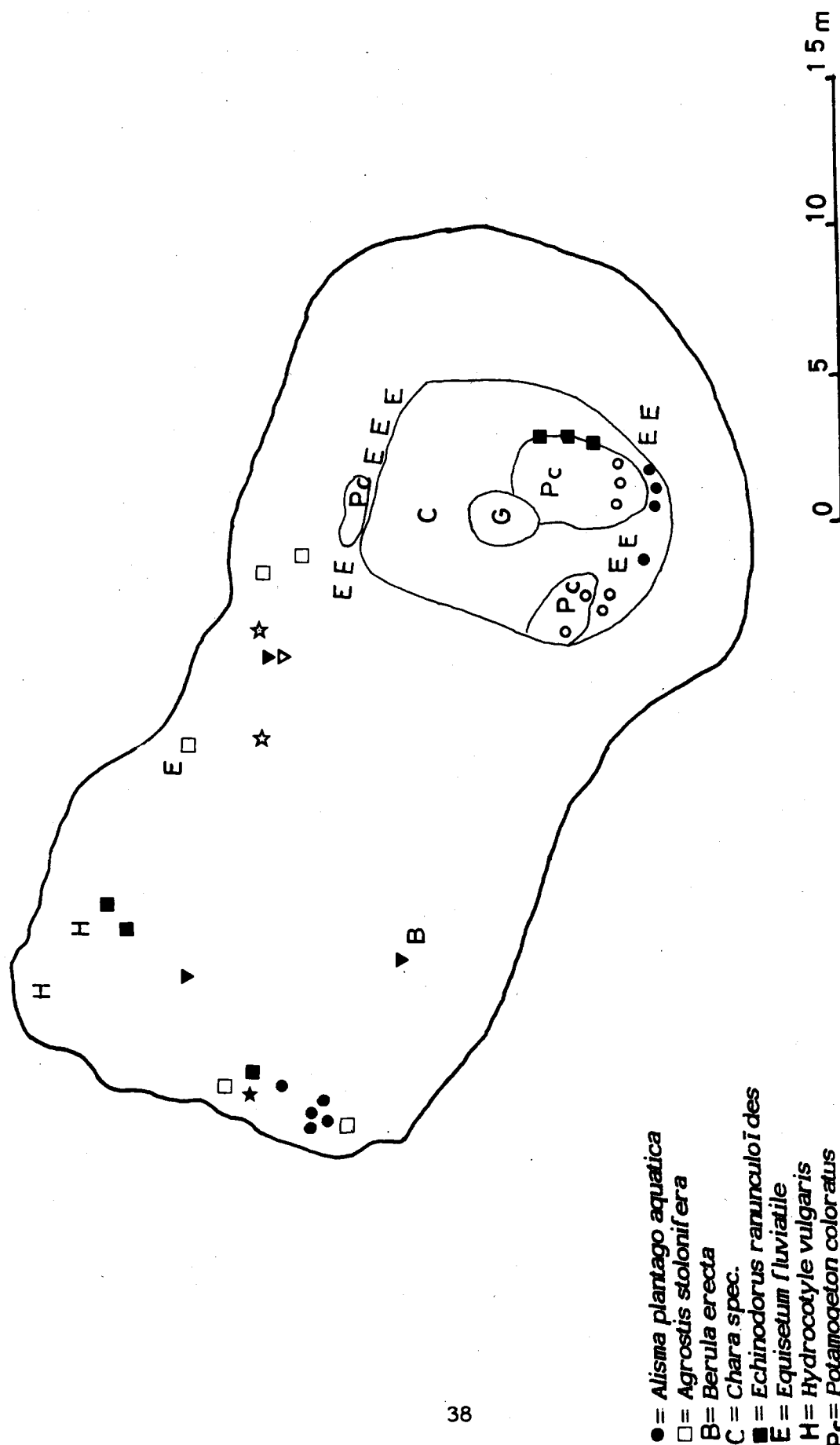
De Paddepoel en de Vissepit zijn ontstaan door zandafgravingen tijdens de tweede wereldoorlog. De Dekkersvallei is aan het begin van deze eeuw gegraven als drinkput. Na de oorlog graasde er vee in het gebied en werden ook de andere poelen gebruikt als drinkput (van de Hoef & de Weijer, 1976).

2.5.2 Vegetatie

In en rondom de poelen bij Oostvoorne komen verscheidene zeldzame soorten voor zoals Doorschijnend fonteinkruid (*Potamogeton coloratus*), Fijne waterranonkel (*Ranunculus trichophyllus*) en Oeverkruid. Veel van deze oorspronkelijke soorten worden echter in hun voortbestaan bedreigd doordat de natuurlijke successie sterk versneld wordt door de eutrofiërende stikstofdepositie vanuit de lucht (Cals & Roelofs, 1990). Daarom is in 1990 de sliblaag uit de meest waardevolle poelen verwijderd.

2.5.3 Resultaten

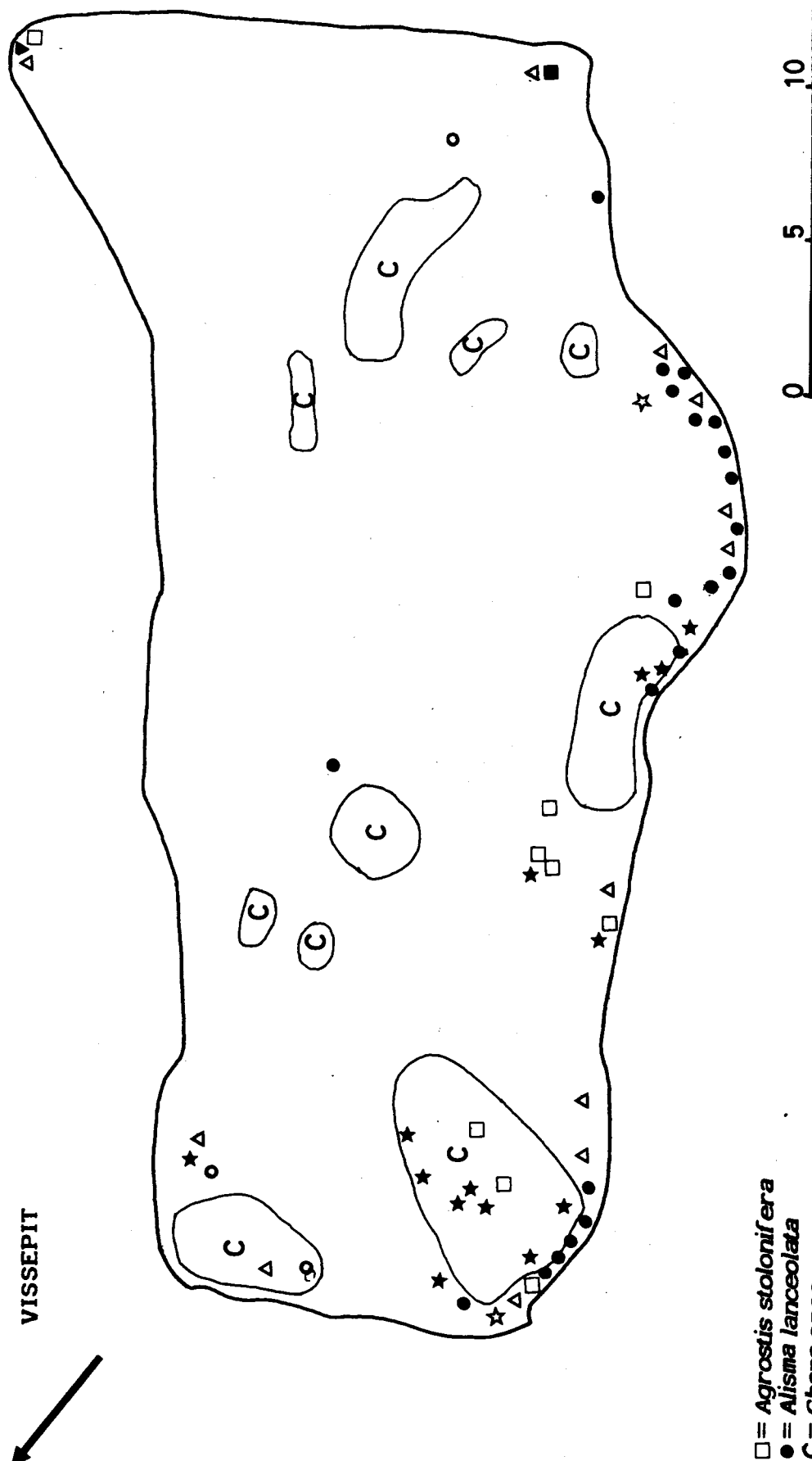
In de figuren 16 t/m 18 is de watervegetatie van de Paddepoel, de Vissepit en de Dekkersvallei weergegeven. Er zijn ook Tansley-opnamen gemaakt van de water en de oever vegetatie. Het overzicht hiervan is te zien in tabel 1. De vegetatie van het Kruine's Tuintje is niet in kaart gebracht omdat er alleen maar *Chara spec.* in het water voorkwam.



Figuur 16. Vegetatiekaart Paddepoel.

N

VISSEPIIT



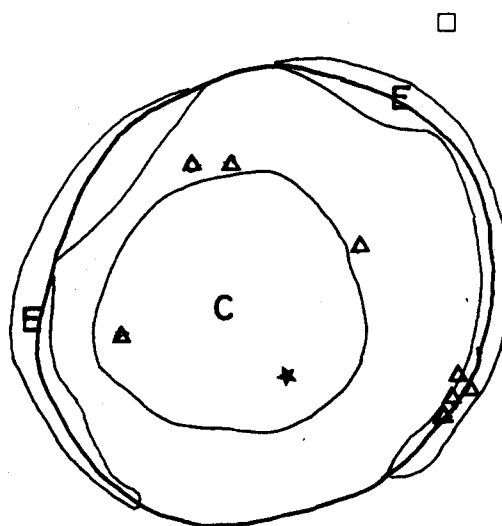
- = *Agrostis stolonifera*
- = *Alisma lanceolata*
- C = *Chara spec*
- ▼ = *Eleocharis palustris*
- ★ = *Myosotis laxa*
- = *Phragmites australis*
- = *Potamogeton gramineus*
- ★ = *Ranunculus baudotii*
- Δ = *Veronica catenata*

Figuur 17. Vegetatiekaart vissepit.

N



DEKKERSVALLEI



- Δ = *Agrostis stolonifera*
- C = *Chara spec*
- E = *Equisetum palustre*
- ★ = *Ranunculus baudotii*
- = *Teucrium scordium*

0 5 10 m

Figuur 18. Vegetatiekaart Dekkersvallei.

Tabel 1

Tansley-opnamen van de Vissepit, de Dekkersvallei en de Paddepoel in het duingebied van Oostvoorne.

	Vissepit			Dekkersvallei		Paddepoel		
	'81	'89	'91	'89	'91	'81	'89	'91
<i>Agrostis stolonifera</i>			r		r			
<i>Alisma lanceolata</i>			f					
<i>Alisma plantago-aquatica</i>				s		r		f
<i>Berula erecta</i>								s
<i>Callitriche spec.</i>						r		
<i>Chara spec.</i>	lc	a	ld		ld	ld	ld	ld
<i>Echinodorus ranunculoides</i>		f		s	s	lc	f	r
<i>Eleocharis palustris</i>	f		s					
<i>Equisetum fluviatile</i>					f	r		f
<i>Galium palustre</i>	f					r		
<i>Hippurus vulgaris</i>	ld	r				r	s	
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	f					r		
<i>Hypericum quadrangulum</i>				s				
<i>Iris pseudacorus</i>				s				
<i>Lycopus europaeus</i>	f					f		
<i>Mentha aquatica</i>	f					r		
<i>Myosotis laxa</i>	f		s	s		r		
<i>Phragmites australis</i>			s				s	
<i>Potamogeton coloratus</i>						ld	f	ld
<i>Potamogeton gramineus</i>	ld	r	r			ld	f	la
<i>Ranunculus flammula</i>	f			s		r		
<i>Ranunculus sceleratus</i>				s				
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	f	f	f	s	s	f	r	
<i>Scirpus maritimus</i>	f					r		
<i>Scirpus tabernae-montani</i>						r		r
<i>Typha angustifolia</i>						r	lcd	
<i>Veronica catenata</i>			f					

2.5.4 Discussie

Doordat de poelen pas in 1990 zijn opgeschoond, was in 1991 nog niet te zien of het gewenste resultaat, terugkeer van de oorspronkelijke vegetatie, zal worden bereikt. In de Dekkersvallei was het aantal submerse macrofyten ten opzichte van de vorige inventarisatie (in 1989), afgenomen (tabel 1). In het Kruine's Tuintje, waar alleen *Chara spec.* werd gevonden, was nog maar nauwelijks genoeg water om een watermonster te nemen. Wanneer er nog meer droge zomers volgen zal dit plasje, met een doorsnede van ongeveer een meter, weer snel dichtgroeien.

In de Vissepit werden wel enkele nieuwe soorten gevonden waaronder *Ranunculus baudotii* en *Alisma lanceolata*. In de Paddepoel werd het zeer zeldzame en bedreigde Doorschijnend Fonteinkruid (*Potamogeton coloratus*), opnieuw gevonden. Bij de inventarisatie van de oever van de Dekkersvallei werd Moerasgamander gevonden, een soort die op Voorne zijn enige Nederlandse standplaats heeft. Deze soort is gevoelig voor droogte en voor struweelgroei en daarom worden de valleitjes op Voorne jaarlijks gemaaid (Weeda et al., 1988).

2.5.5 Conclusies

Door het recente opschonen is nog niet te zeggen of alle elementen van de oorspronkelijke vegetatie zullen terugkeren. Enkele voor dit milieu typische soorten, zoals Stijve moerasweegbree en verschillende soorten kranswieren, werden al wel weer gevonden. De vegetatie ontwikkeling van de submerse macrofyten zal in sterke mate afhangen van de waterstand.

HOOFDSTUK 3: KIEMEXPERIMENT

3.1 Inleiding

Bij het verzuren van vennen verandert de chemische samenstelling van het water en daardoor verandert tevens de water vegetatie (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Oeverkruid (*Littorella uniflora*) kan goed overleven in zuur water (Arts & van de Heyden, 1990) maar wordt in deze situatie vaak overwoekerd door de snelgroeiende soort Knolrus (*Juncus bulbosus*) (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Hiervoor zijn verschillende redenen aan te voeren. Het CO₂ gehalte in het water en de concentratie ammonium in verhouding tot nitraat, nemen beide toe bij verzuring. Knolrus is goed in staat om zijn voedingsstoffen uit het water op te nemen en kan dus profiteren van het verhoogde C-aanbod, terwijl Oeverkruid zijn voedingsstoffen voornamelijk via de bodem opneemt. In de tweede plaats kan Knolrus ammonium als stikstofbron gebruiken terwijl Oeverkruid een nitraat gebruiker is.

Tijdens veldwaarnemingen is de indruk ontstaan dat bij hoge calciumgehalten in het water, Oeverkruid niet overwoekerd wordt door Knolrus. Het is nog niet bekend of calcium een rol speelt bij de kieming en/of bij de vestiging van deze soorten. Daarom is er zowel een kiemings- als een vestigingsexperiment uitgevoerd. Daarbij is gekeken naar de invloed van het calciumgehalte en de pH, op de kieming en vestiging van Knolrus en Oeverkruid. Bovendien is er een pilotexperiment gedaan om te kijken hoeveel kiemkrachtige zaden er in de voor het vestigingsexperiment te gebruiken bodems, aanwezig waren.

3.2 Pilotexperiment

3.2.1 Materiaal en methode

De bodemonsters zijn genomen uit het Ven bij Schaijk (Amersfoortse coördinaten 168.5-417.4) en op twee plaatsen in de Keyenhurk (Amersfoortse coördinaten 144-383). Het bodemonster van het Ven bij Schaijk is op een plaats genomen waar Knolrus massaal groeit. In de Keyenhurk is behalve op een plaats waar Knolrus domineert, ook een monster genomen op een plaats waar naast Knolrus veel Oeverkruid voorkomt. Van elk monster is een bak behandeld met gibberelline om het kiemingspercentage te verhogen en een bak niet behandeld om het normale kiemingspercentage te bepalen. In totaal zijn zes bakken gebruikt. De behandeling met gibberelline hield in dat de bodem twee keer gespoeld werd met een gibberelline oplossing van 1 gram per liter. Per 200 gram bodem is 50 ml oplossing gebruikt. Twee dagen na de eerste spoeling met gibberelline werd gespoeld met het basismedium (tien keer verdund kraanwater) na de tweede spoeling werd opnieuw het basismedium toegevoegd.

3.2.2 Resultaten

Er zijn geen zaden van Oeverkruid gekiemd. In de bodems van het Ven bij Schaijk kiemden meer zaden van Knolrus dan in de bodems van de Keyenhurk, maar in beide bakken was dit aantal laag. Er is in geen van de bakken een duidelijk effect van gibberelline waargenomen.

3.2.3 Discussie

Gibberelline is een plantenhormoon dat in staat is om de kiemrust van zaden te doorbreken (Salisbury & Ross, 1985). De spoeling met de gibberelline oplossing zou voldoende moeten zijn om de aanwezige zaden binnen het tijdsverloop van het experiment te laten kiemen. (Duynstee & Willems, 1992). Het geringe aantal gekiemde zaden van Knolrus kan verklaard worden aan de hand van het feit dat deze soort een transiënte zaadbank heeft. Hierdoor zijn er in bepaalde periodes van het jaar, geen of nauwelijks, kiemkrachtige zaden in de bodem aanwezig.

Oeverkruid heeft een persistente zaadbank (Wynhoff, 1988), die echter vele malen kleiner is dan de zaadbank van Knolrus. Bovendien is de bodem tijdens de gibberelline behandeling omgewoeld. Het is daarom mogelijk dat er geen zaden aan de oppervlakte van het sediment zaten, zodat eventueel gekiemde zaden niet zichtbaar waren.

Vanwege het geringe aantal gekiemde zaden, is afgezien van een vestigings experiment.

3.3 Kiemexperiment

3.3.1 Materiaal en methoden

De gebruikte kiembakken bestaan uit veertig kleine vakjes (5-5-2 cm). Elk vakje is voorzien van een stukje filtreerpapier en vervolgens zijn in ieder vakje twintig zaden gelegd. De zaadjes van Knolrus zijn uit de kas gehaald en de zaadjes van Oeverkruid uit de Nulandsche heide (Amersfoortse coördinaten 157-416). Aan elk kiembakje is ongeveer een milliliter basismedium (tabel 2) toegevoegd. De zaadjes zijn ingezet bij zes verschillende calciumconcentraties (0, 50, 100, 200, 500 of 1000 μmol) en twee verschillende pH's (pH4 of pH5). Per soort zijn 1000 zaadjes gebruikt zodat elke meting in viervoud uitgevoerd kon worden.

Elke kiembak is met een glasplaat bedekt en langs de randen is parafilm geplakt om de verdamping te beperken. Wanneer de vloeistof toch verdampte werd deze aangevuld met, op pH gebrachte, bidest.

De zaden zijn steeds 8 uur in het donker en vervolgens 16 uur in het licht gezet. De gekiemde zaadjes zijn met wisselende tussenpozen verwijderd.

Het experiment met de zaden van Knolrus is ingezet op 27 mei en het experiment met de zaden van Oeverkruid op 7 juni. Beide experimenten zijn beëindigd op 10 oktober.

Om de significantie van de gevonden verschillen te testen zijn twee toetsen uitgevoerd; De 'Kruskal-Wallis test', om de invloed van de pH te berekenen en de 'Wilcoxon toets voor onafhankelijke waarnemingen', om de invloed van de verschillende calciumconcentraties op het kiemingspercentage te berekenen.

Tabel 2:

Het basismedium (van der Heijden, 1988) bevatte per liter;

1 l	bidest
50 mg	zeezout
10 μg	KNO ₃
42 mg	NAHCO ₃ (alk.= 0.5)

3.3.2 Resultaten

De zaden van Oeverkruid zijn voor het grootste gedeelte gekiemd binnen twee weken na het inzetten van de proef. Bij pH4 is 14 % van de zaden gekiemd, bij pH5 is 11 % gekiemd. De invloed van de pH op het kiemen van de zaden is niet significant bevonden. De invloed van calcium is alleen bij pH5 in enkele gevallen significant. Bij een calciumconcentratie van 50 $\mu\text{mol/l}$ kiemen significant meer zaden dan bij 100 of 1000 $\mu\text{mol/l}$ (tabel 3).

Veel van de zaden van Knolrus zijn in de loop van het experiment beschimmeld. In de bakjes met schimmel zijn alleen in het begin enkele zaden gekiemd. In de andere bakjes zijn er gedurende de hele proefperiode zaden gekiemd. Bij pH4 is in het totaal 22 % van de zaden gekiemd. Bij pH5 is 27 % van de zaden gekiemd. De invloed van de pH en van de calciumconcentratie op het kiemen van de zaden is niet significant.

Tabel 3: De invloed van verschillende Calciumconcentraties op de kieming van zaden van Oeverkruid bij pH5

Ca($\mu\text{mol/l}$)	0	50	100	200	500	1000
0	-	-	-	-	-	-
50		*	-	-	-	*
100			-	-	-	-
200				-	-	-
500					-	-

* = $p < 0.05$

- = $p > 0.05$

3.3.3 Discussie

De kieming van zaden is afhankelijk van een aantal factoren waaronder kiemrust, licht, verdroging en hormonen (Salisbury & Ross, 1985). Er is nog weinig bekend over de functie van uitwendige voedingsstoffen bij kieming. Het is mogelijk dat alle voor de kieming noodzakelijke voedingsstoffen in het zaad zelf aanwezig zijn en dat calcium en/of de pH geen effect op de kieming hebben. Dit kan de reden zijn voor het feit dat er nauwelijks significante verschillen a.g.v de behandeling worden gevonden.

Doordat veel zaden van Knolrus beschimmeld zijn is er bij deze soort geen uitspraak te doen over de invloed van de pH en/of de Ca-concentratie op de kieming. Sommige van de gebruikte zaadjes waren mogelijk niet meer kiemkrachtig en al in de kas door kiemen van schimmels, die tijdens het experiment tot ontwikkeling kwamen, geïnfecteerd.

Van de zaden van Oeverkruid is bekend dat ongeveer 10% per jaar kiemt (Arts & van de Heyden, 1990). Gezien de resultaten kan dus worden aangenomen dat alle gebruikte zaden kiemkrachtig waren. Bij pH 5 kiemen de meeste zaden bij 50 $\mu\text{mol/l}$. Dit is significant meer dan bij 100 of 1000 $\mu\text{mol/l}$. Maar omdat dit niet significant meer is t.o.v 0, 200 en 500 $\mu\text{mol/l}$ is niet zeker dat deze lage calciumconcentratie gunstig is voor de kieming.

Om te weten te komen of calcium of de pH van invloed is op de

kieming, zal het experiment herhaald moeten worden. Hierbij kunnen enkele veranderingen aan de proefopstelling de spreiding tussen de metingen verkleinen, waardoor de kans op het vinden van een significant verschil groter wordt. Omdat niet bekend is hoeveel van het medium door de zaden wordt opgenomen en er veel verdamping optreedt, is het moeilijk om de calciumconcentraties in de verschillende bakjes constant te houden. Doordat het medium steeds aangevuld is met op de juiste pH gebrachte bidest zonder calcium, heeft er een verdunning van het medium plaatsgevonden. Het zou beter zijn om het medium een aantal keren te verversen en daarbij steeds dezelfde hoeveelheid medium aan ieder bakje toe te voegen. Bovendien zouden afsluitende glazen deksels gebruikt moeten worden om de verdamping nog meer te beperken. Tenslotte moet het filtreerpapier vooraf gesteriliseerd worden om alle voedingsstoffen eruit te verwijderen. Wanneer het kiemexperiment met *Knolrus* herhaald wordt is het aan te raden om zaden te gebruiken die direct uit een zaadbank komen, om de kans op schimmelinfecties te verkleinen. Dit monster kan bovendien het beste in de winter genomen worden, wanneer de kans op zaden in de bodem het grootst is.

HOOFDSTUK 4. CYLINDEREXPERIMENT

4.1 Inleiding

De Papedobbe (Amersfoort-coördinaten 215-566) is een veenplas met een zwak zuur karakter. De omgeving wordt gevormd door een heideterrein, gedeeltelijk met een hoogveen- en gedeeltelijk met een zand-bodem (Bastiaansen & Verhoeven, 1959). De noordzijde van de plas wordt gekenmerkt door een hoogveenontwikkeling met drijftillen terwijl aan de zuidzijde van de plas, behalve een Pitrusgordel, ook een uitgebreide zone met het zeldzame Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) aanwezig is. Waterdrieblad is een soort die vooral voorkomt in zwak zuur water met een relatief hoog calciumgehalte en een alkaliniteit van minimaal 0.2 meq.l^{-1} (De Lyon & Roelofs, 1986). Omdat de huidige chemische watersamenstelling verre van optimaal is voor waterdrieblad, ligt het in de verwachting dat deze soort bij ongewijzigd beheer op den duur uit de Papedobbe zal verdwijnen (Cals et al., 1991). Om te achterhalen of een verhoging van de alkaliniteit en het calciumgehalte een gunstig effect heeft op de waterkwaliteit, is een cylinderexperiment uitgevoerd, waarbij het calciumgehalte en de pH door middel van bemergeling gevarieerd zijn.

4.2 Materiaal en methode

Het cylinderexperiment in de Papedobbe is in enkelvoud uitgevoerd. Er zijn vier cylinders geplaatst, twee op minerale bodem (achter de zone met *Menyanthes trifoliata*) en twee op organische bodem. De gebruikte cylinders hebben een doorsnede van 1,00 meter en een hoogte van 1,50 meter.

Aan een cylinder geplaatst op minerale bodem en aan een cylinder geplaatst op organische bodem, werd een hoeveelheid mergel toegevoegd om de buffercapaciteit te verhogen. Aan de hand van de doorsnede van een cylinder en de laatst gemeten waterstand in de Papedobbe werd de hoeveelheid toe te voegen mergel in het laboratorium bepaald. Er is zoveel mergel toegevoegd dat de alkaliniteit maximaal 2 meq.l^{-1} kon worden.

watermonsters

Met wisselende tussenpozen maar gemiddeld één keer per maand zijn er watermonsters genomen. In totaal is er zes keer gemonsterd. Bij de aanvang van het experiment zijn er twee watermonsters genomen, één boven organische bodem en één boven minerale bodem. Daarna zijn er steeds zes monsters genomen; van elke cylinder één en twee van het open water. Alleen in september (19-9) is maar één open-watermonster genomen boven minerale bodem. De meetwaarden van dit monster zijn ook ingevuld voor de (ontbrekende) waarden van het open-watermonster op organische bodem. Dit is gedaan omdat er voor de meeste parameters weinig verschil was tussen het open water boven organische en dat boven minerale bodem en omdat er anders een vertekend beeld van het verloop zou ontstaan.

statistische berekeningen

Om de significantie van de gevonden verschillen, tussen de blanco- en de bemergelde-cylinders, te toetsen is de t-toets voor gepaarde waarnemingen uitgevoerd. Deze toets onderzoekt per tijdstip of het verschil tussen twee waarnemingen die bij elkaar horen, significant is.

De t-waarde geeft de kans aan dat de gevonden verschillen (van alle tijdstippen samen) toevallig kunnen zijn. Als grens voor significantie is 5% ($t = 0.05$) genomen. Om deze toets te gebruiken moeten de verschillen tussen de gepaarde waarnemingen normaal verdeeld zijn. Indien dit niet het geval was werd er een transformatie toegepast.

4.3 Resultaten

pH, alkaliniteit en aciditeit (fig. 1&2)

De pH van het water in de organische cylinder stijgt na bemergeling van pH 4,5 tot pH 7.0. Er treedt echter al snel weer een daling op en gedurende de rest van het experiment blijft de pH schommelen rond de 6.0. Dit is significant hoger ($P = 0.0165$) dan de pH in de overige cylinders en de pH van het open water. Ook het alkaliniteitsverloop in de organische cylinder geeft een duidelijke piek te zien na bemergeling en blijft steeds significant hoger ($P = 0.0343$) dan in de blanco cylinder. De pH in de minerale cylinder stijgt na bemergeling wel enigszins, maar er is geen duidelijke piek te zien en er is geen alkaliniteitsverhoging gemeten. Het verloop van de aciditeit is tegengesteld aan het verloop van de pH. Dit wil zeggen dat de aciditeit daalt als de pH stijgt. De primaire meetresultaten zijn te vinden in bijlage 3.

magnesium

De magnesium concentratie stijgt alleen in de behandelde organische cylinder sterk aan het begin van het experiment. Vervolgens treedt een daling op tot op het niveau van de andere cylinders en het open water. Het magnesium gehalte blijft daarna ongeveer constant.

aluminium

In de organische behandelde cylinder is een snelle daling gemeten gevolgd door een geleidelijke stijging. In de minerale cylinder is geen effect van de bufferstof op de aluminium concentratie waargenomen.

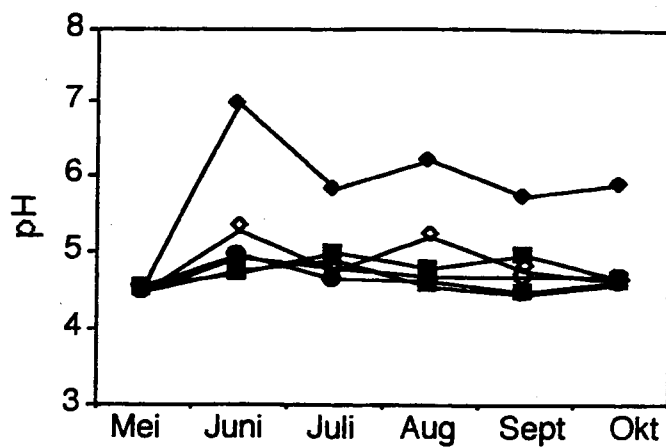
natrium, kalium, chloor en ijzer

Er is geen invloed van bemergelen gemeten op het concentratie-verloop van natrium, kalium, chloor of ijzer. Opvallend is wel dat de natrium en kalium concentraties, in alle cylinders, aan het einde van het experiment iets hoger liggen dan die van het open water. Het chloor gehalte stijgt aanvankelijk zowel in alle cylinders als in het open water, maar het minst in de beide organische cylinders.

seston, kleur en turbiditeit

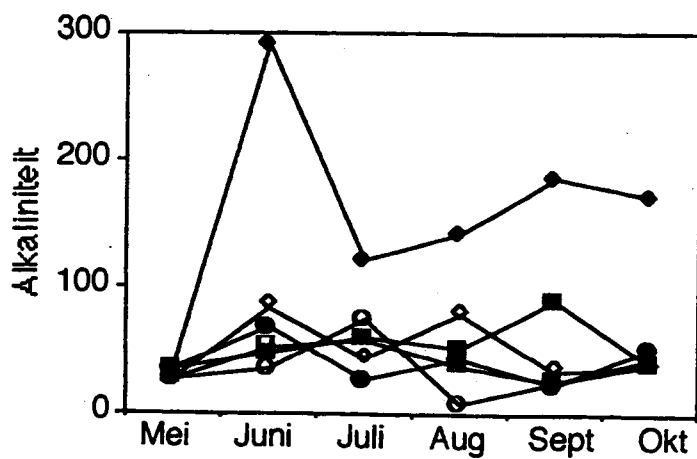
Het seston gehalte blijft in alle cylinders ongeveer constant tot eind juli. Daarna stijgt het sestongehalte in de organische cylinders tot extreme hoogte. In de blanco cylinder tot 150 mg.l^{-1} , in de bemergelde tot 42 mg.l^{-1} .

De turbiditeit daalt in het begin van de zomer maar verloopt daarna evenredig met het seston gehalte. De kleur van het water neemt aanvankelijk zowel in het open water als in alle cylinders toe. Vanaf eind juli neemt de kleur boven minerale bodem af.



Figuur1.

De pH van de waterlaag van verschillende (on)behandelde cylinders en het open water van de Puppelobbe. O: open water, mineraal; □: controle, mineraal; ◇: bemergeld, mineraal; ●: open water, organisch; ■: controle, organisch; ◆: bemergeld, organisch.



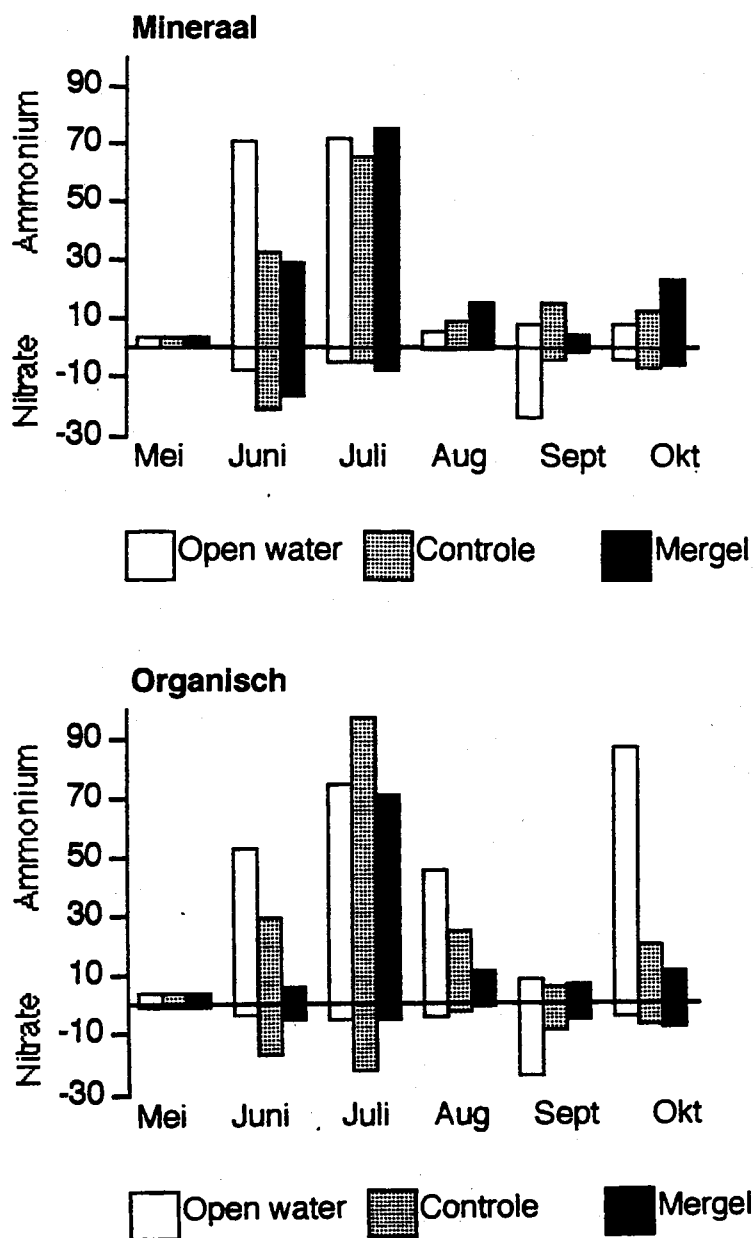
Figuur2.

De alkaliniteit (in $\mu\text{eq/l}$) van de waterlaag van verschillende (on)behandelde cylinders en het open water van de Puppelobbe. O: open water, mineraal; □: controle, mineraal; ◇: bemergeld, mineraal; ●: open water, organisch; ■: controle, organisch; ◆: bemergeld, organisch.

nitraat en ammonium (fig.3)

Het ammonium gehalte stijgt na aanvang van het experiment in het open water en in alle cylinders. Gedurende het hele experiment blijft het ammoniumgehalte in de behandelde-organische cylinder, significant lager ($P = 0.0500$) dan in de blanco cylinder.

Bij het verloop van de nitraatconcentraties is opvallend dat het nitraat gehalte in september in het open water sterk stijgt maar niet in de cylinders.



Figuur3.

Het ammonium- en nitraatgehalte (in $\mu\text{mol/l}$) van de waterlaag van verschillende (on)behandelde cylinders en het open water van de Puppelobbe.

ortho-fosfaat en totaal-fosfor (fig.4)

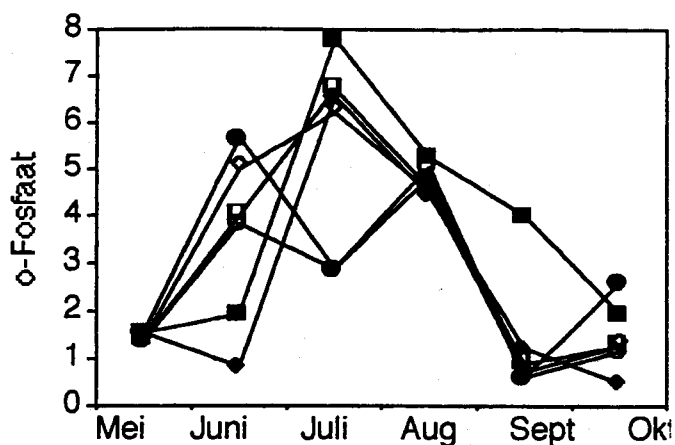
Het ortho-fosfaat gehalte stijgt aan het begin van het experiment in alle cylinders behalve in de organische bemergelde, daar treedt eerst een kleine daling op. Over het hele experiment bekeken is het ortho-fosfaat gehalte in de behandelde-organische cylinder significant lager ($P=0.0206$) dan in de blanco cylinder. Dit komt niet overeen met het verloop van het totale fosfor gehalte, dit laat een duidelijke piek zien in juli, in de behandelde organische cylinder.

calcium (fig.5)

In de organische cylinder stijgt het calciumgehalte na de bemergeling tot 324 meq.l^{-1} , het daalt vervolgens tot 60 meq.l^{-1} en stijgt daarna weer tot 140 meq.l^{-1} . In de minerale cylinder is geen effect van bemergelen op de calcium concentratie waargenomen.

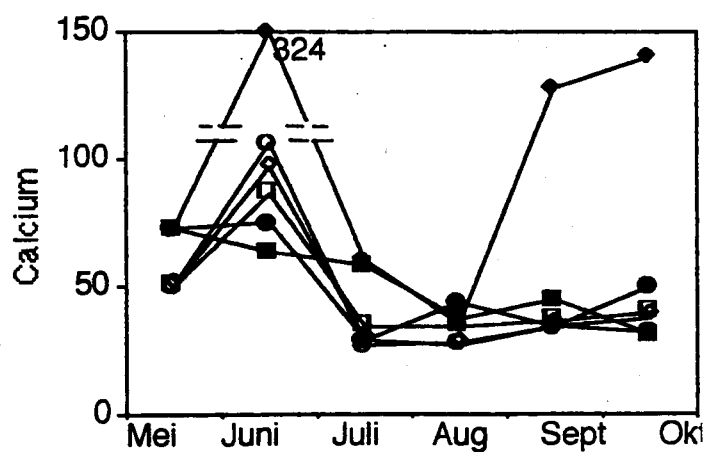
sulfaat en totaal-zwavel

Er is alleen maar naar het totale zwavel gehalte gekeken omdat het sulfaat gehalte door de sterke kleuring van het water niet colorimetrisch te bepalen was. Het totale zwavel gehalte wordt niet duidelijk beïnvloed door bemergelen. Opmerkelijk is wel de stijging van het zwavel gehalte in september in het open water, deze stijging blijft uit in de cylinders.



Figuur4.

Het ortho-fosfaatgehalte (in $\mu\text{mol/l}$) van de waterlaag van verschillende (on)behandelde cylind-
ders en het open water van de Puppelobbe. O: open water, mineraal; □: controle, mineraal; ◇: be-
mergeld, mineraal; ●: open water, organisch; ■: controle, organisch; ◆: bemergeld, organisch.



Figuur5.

Het calciumgehalte (in $\mu\text{mol/l}$) van de waterlaag van verschillende (on)behandelde cylind-
ders en het open water van de Puppelobbe. O: open water, mineraal; □: controle, mineraal; ◇: be-
mergeld, mineraal; ●: open water, organisch; ■: controle, organisch; ◆: bemergeld, organisch.

4.4 Discussie

Uit eerder uitgevoerde experimenten is al bekend dat een cylinder experiment beperkingen heeft door het zogenaamde 'cylinder effect'. Dit zijn alle veranderingen die optreden in de waterkolom en bodem, door de aanwezigheid van de cylinder. In een cylinder staat de waterkolom stil en wordt het water niet ververst, bovendien werkt de cylinder lichtbeperkend. Bij dit experiment was het cylinder effect voor nitraat en zwavel groter dan het effect van de bemergeling. In september waren zowel het nitraat gehalte als het zwavel gehalte, veel hoger in het open water dan in de cylinders. Dit kan veroorzaakt zijn door oxidatie processen die optraden aan de, door de dalende waterstand drooggevalen, oevers (van Dam, 1988).

Omdat het experiment in enkelvoud is uitgevoerd, is het moeilijk om de significantie van de gevonden verschillen aan te tonen. Het is nu niet altijd te zeggen in hoeverre deze zijn veroorzaakt door de behandeling en in hoeverre door meet-onnauwkeurigheid, of plaatselijke verschillen in de bodemsamenstelling of diepte. Bij een experiment dat, eerder, in duplo is uitgevoerd, bleek namelijk dat de verschillen tussen de twee behandelde cylinders onderling, groter waren dan de verschillen als gevolg van de behandeling (Klinkers & Verhagen, 1991).

Behalve een kleine stijging van de pH en een daling van de aciditeit is er geen duidelijk effect van bemergelen waargenomen in de minerale cylinder. Het is mogelijk dat de mergel in de minerale cylinder niet, of nauwelijks, is opgelost, doordat er zich een laagje van het slecht oplosbare $\text{Al}(\text{OH})_3$ rondom de mergel heeft gevormd. Dat dit alleen in de minerale cylinder gebeurt komt mogelijk omdat de aluminium concentratie daar hoger is dan in de organische bodem. Ook Klinkers en Verhagen (1991) constateerden geen effect van mergel op minerale bodem en zij suggereerden dat het oplossen van mergel onder invloed staat van bodemprocessen.

In de organische cylinder traden wel duidelijk effecten op na de bemergeling. De stijging van de pH en alkaliniteit zijn waarschijnlijk niet alleen een direct gevolg van de bemergeling. De alkaliniteits- en pH-verhoging die optreden wanneer mergel oplost, activeren microbiële reductieprocessen in de sliblaag. Bij deze processen wordt H^+ geconsumeerd waardoor de pH nog verder stijgt (Theunissen, 1990).

Er trad echter al weer snel een daling van de alkaliniteit en pH op, doordat aan het bodem-adsorptiecomplex gebonden H^+ ionen, met Ca^{2+} ionen werden uitgewisseld. Dit wordt het zuurnaleverend vermogen van de bodem genoemd (Bellemakers et al., 1990). Dit verklaart tevens de snelle daling in de calcium concentratie nadat deze eerst was gestegen door het oplossen van de mergel.

De hoge seston waarden die gemeten zijn in september vallen samen met de piek in de turbiditeitsmeting. Waarschijnlijk zijn deze veroorzaakt door een sterke algenbloei welke weer veroorzaakt is door de hoge temperatuur gedurende de voorafgaande periode. Omdat de cylinders beschermd zijn tegen waterbewegingen, is daar de temperatuur nog hoger dan in het open water.

Het nitrificatieproces waarbij ammonium wordt omgezet in nitraat, komt door de pH stijging weer op gang (Houdijk & Kok, 1984). Dit verklaart de daling van het ammonium gehalte in de organische bemergelde cylinder. Een verhoogd nitraat gehalte wordt niet gemeten omdat het gevormde nitraat door denitrificatie voor een deel wordt omgezet in het vluchtige N_2 .

De stijging van het magnesium gehalte aan het begin van het experiment, wordt veroorzaakt doordat mergel, die voor 1% uit magnesium bestaat (Mans, 1989), oplost.

Er is geen invloed van de bufferstof op de concentratie van natrium, kalium of chloor gemeten. Dit is ook bij andere cylinderexperimenten naar voren gekomen (van Beers & Kurstjens, Klinkers & Verhagen, 1991) dus mogelijk blijft de concentratie van deze stoffen onveranderd na bemergeling.

Het is te verwachten dat door het bemergelen van de organische sliblaag, organisch materiaal afgebroken wordt waardoor er voedingsstoffen in het water terechtkomen (Bloemendaal & Roelofs, 1988). Er zijn echter geen duidelijke aanwijzingen voor interne eutrofiëring gevonden in de behandelde cylinders. In juni bereikte het totale-P gehalte in de organische cylinder wel een piekwaarde van 30 meq.l^{-1} , maar de ortho-fosfaat concentratie was gedurende het hele experiment significant lager in de organische bemergelde cylinder dan in de blanco cylinder. Waarschijnlijk is een groot deel van het vrijgekomen fosfaat opgenomen door algen (Birch & Spyridakis, 1981).

Voor het behoud van de zône met Waterdrieblad is het in ieder geval nodig dat uitbreiding van de Pitrusgordel wordt voorkomen, door deze te maaien of eventueel te verwijderen. Daarnaast kan indien blijkt dat deze soort toch achteruitgaat, een beperkte hoeveelheid bufferstof worden toegevoegd om de alkaliniteit en het calciumgehalte te verhogen. Dit zal vanwege het zuurnaleverend vermogen van de sliblaag regelmatig moeten gebeuren. Het verwijderen van de sliblaag is niet wenselijk omdat hiermee waardevolle hoogveenresten zouden verdwijnen.

Uit een ander experiment is naar voren gekomen dat bemergeling van de zuidelijke oever, die soms overstroomd wordt, een stijging van de pH en het calciumgehalte teweeg brengt. Mogelijk is dit voldoende om de zône met Waterdrieblad tegen achteruitgang te beschermen (Cals, mond. med.). Beter is het natuurlijk als de verzurende depositie wordt teruggedrongen zodat bemergelen niet meer nodig is.

4.5 Conclusies

Het toevoegen van mergel op organische bodem leidt tot een verhoging van de alkaliniteit de pH en het calciumgehalte. Bovendien heeft het een significante verlaging van het ammonium- en het ortho-fosfaat gehalte tot gevolg. Voor een blijvende hoge pH, alkaliniteit en calciumconcentratie zal het nodig zijn om regelmatig te bemergelen en/of de verzurende depositie terug te dringen.

Dankwoord

Een hoop mensen hebben mij geholpen bij de uitvoering en verslaglegging van dit onderzoek. Ik wil hen allen daarvoor hartelijk bedanken. Daarnaast wil ik nog een aantal mensen specifiek bedanken:

- In de eerste plaats Martijn Bellemakers, voor de begeleiding waarbij hij mij alle vrijheid gaf die ik wenste en voor het grote geduld waarmee hij dit verslag heeft afgewacht.

- Mario Maessen voor de hulp bij het praktisch werk en het werken met de computer.

- Germa Verheggen voor de hulp bij de chemische analyses en allerlei praktische zaken.

- Herman van Dam voor de hulp bij het praktisch werk en het leveren van literatuur en foto's.

- Jelle Eygenstein voor de hulp bij de chemische analyses.

- Bart Peters, Willeke van den Hoek, Carla Mutsaers en Anne-Marie Weel voor de hulp bij het praktisch werk.

- Ben Paffen voor de determinatie van de veenmossen.

- Peter Verbeek, Peter van Beers en Gijs Kurstjens voor de hulp bij het praktisch werk en het determineren van planten.

- Jan Roelofs en Marita Cals voor het geven van literatuur en adviezen.

- Jan Simons (Vrije Universiteit Amsterdam) voor het determineren van de wieren.

Tenslotte wil ik prof. dr. C. den Hartog bedanken voor het bieden van een stageplaats op de vakgroep Oecologie, bij de werkgroep Milieubiologie.

LITERATUURLIJST

- Adamse, A., 1990. Een inventarisatie van het fytoplankton van vier Oisterwijkse vennen in 1988. Doctoraalverslag nr. 297a. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Arts, G., 1987. Geschiedenis van de verzuring van zwak gebufferde wateren in Nederland onder invloed van atmosferische depositie. Rapport 28-1 Dutch priority programme on acidification. In opdracht van het ministerie van VROM, 62 pp.
- Arts, G.H.P. & A.J.M. van der Heijden, 1990. Germination ecology of *Littorella uniflora* (L.) Aschers. Aquat. Bot. 37, p 139-151.
- Beers, P.W.M. van, & G.H.S. Kurstjens, 1991. Onderzoek naar de restauratiemogelijkheden van zwakgebufferde wateren in Nederland. Voorbereidend onderzoek en biomonitoring. Doctoraalverslag no 321. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit te Nijmegen 125 pp.
- Bellemakers, M.J.S., M. Maessen & G.M. Verheggen, 1990. Restauratie van verzuurde en geëutrofiëerde zwak gebufferde ondiepe oppervlaktewateren; mogelijkheden tot herstel. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen, 96 pp.
- Bloemendaal, F.H.J.L. & J.G.M. Roelofs, 1988. Waterplanten en Waterkwaliteit (Bloemendaal en Roelofs red.). Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, 189 pp.
- Bastiaansen, C.A. & Verhoeven, H.J., 1959. Oostelijke plas in het Heideterrein de 'Scheperij' ten oosten van Bakkeveen. Excursierapport. Natuurwetenschappelijk archief. Dossier 11F. Biogeografisch Informatie Centrum (B.I.C.) Utrecht.
- Boot, R.G.A. & D. van Dorp, 1986. De plantengroei van de Duinen van Oost-Voorne in 1980 en veranderingen sinds 1934. Stichting Het Zuidhollands Landschap, 119 pp.
- Birch, P.B. & Spyridakis, D.E., 1981. Nitrogen and phosphorus recycling in Lake Sammamish, a temperate mesotrophic lake. Hydrobiologia 80: 129-138.
- Cals, M.J.R. & J.G.M. Roelofs, 1990. Prae-advies effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen 95 pp. + bijlagen.
- Cals, M.J.R., J.G.M. Roelofs, M.J.S. Bellemakers, M. Maessen, M.C.C. de Graaf, P.J.M. Verbeek, 1991. Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren en heide-schraallanden. Interim Rapport. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen 57 pp.

- Dam, H. van, 1980. Veranderingen in de vennen bij Oisterwijk tussen 1840 en 1976. *Natura* 1977, blz. 88-111.
- Dam, H. van, 1983. Vennen in Midden-Brabant. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Rapport nr. 83/23.
- Dam, H. van, B. van Geel, A. van der Wijk & H.D. Dickman, 1988. Beheer van vennen in historisch perspectief. *De Levende Natuur*, 66-72.
- Dam, H. van & A. Mertens, 1990. Lange termijn onderzoek naar verzuring van vennen. *De Levende Natuur*, blz. 184-191.
- Dijk, J van, 1949. Notitieboekje nr. 14. Archief Natuurmonumenten.
- Dijk, J van, 1953-1954. Notitieboekje nr. 20. Archief Natuurmonumenten.
- Dijk, J van, 1961. Notitieboekje nr. 37. Archief Natuurmonumenten.
- Dijk, J van, Fr. De Graaf, W Graafland, A.A De Groot, J.Heimans, J. TH. Koster, A. P.C. De Vos, H.F. De Vries, A. Van Der Werff en V. Westhoff. 1960. *Hydrobiologie van de Oisterwijkse vennen*.
- Duynstee, I, Willems, N, 1992. Herstelmogelijkheden van de zachtwaterflora en effecten van buffering en sliblaagverwijdering op de waterchemie in De Bergvennen. Doctoraalverslag nr. 345. Vakgroep Aquatische Oecologie, K.U. Nijmegen.
- Gameren, M van & J.P.W. Geenen, 1990. Buffering van een ecosysteem; een kweek en kiemexperiment met enkele Littorellion soorten. Effecten op waterkwaliteit, biomassavorming en kieming. Doctoraalverslag nr. 289. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Geenen, J.W.P., 1991. De vegetatie van de Banen. Doctoraalverslag nr. 312. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Gemert, R.L.E.M. van & M. Maessen, 1987. Een onderzoek aan abiotische factoren en waterplanten in zes duinplassen op Terschelling in relatie tot zure neerslag. Verslag nr. 232. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Gelder, J van, 1990. Computergebruik en statistiek 2. Studentenhandleiding. K.U. Nijmegen.
- Gloudemans, E.A.J.M., 1989. Effecten van bekalking op verzuurde vennen; een veldexperiment met enclosures. Verslag nr. 275a+b. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Held, A.J den & J.J den Held, 1973. Beknopte handleiding voor

vegetatiekundig onderzoek. Wetenschappelijke Mededelingen K.N.N.V. nr. 97.

Heijden, R. van der, 1988. Oecofysiologische pilot-experimenten naar het kiemgedrag van *Lobelia dortmanna* (L.) en *Littorella uniflora* (L.) Aschers. Doctoraalverslag nr. 239, Laboratorium voor Aquatische Oecologie K.U. Nijmegen.

Hoef, J.C.M. van de & W.M.M.M. de Weijer, 1976. Poelen in het kustgebied van Voorne. Instituut voor Oecologisch Onderzoek afd. Duinonderzoek. Rijks Universiteit Utrecht.

Hofman, K & M.P.G. Janssen, 1986. Historische ontwikkelingen van vennen in Midden-Brabant; qua vegetatie en waterchemie en een beschrijving van de huidige toestand. Verslag nr. 210. K.U. Nijmegen in samenwerking met het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Hofman, K & M.P.G. Janssen, 1987. Het beheer van vennen nader bekeken, in het bijzonder de Oisterwijkse en Kampinase vennen. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.

Houdijk, A, Kok, H, 1984. Invloed van pH, HCO_3^- , en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ op de afbraak van organisch materiaal en op de N-, C-, en S-huishouding in bodem-water kolommen. Verslag nr. 172. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen, 41 pp. + bijlagen.

Klinkers, L.D.H.M. & E.P.M. Verhagen, 1991. Een voorbereidend onderzoek naar de mogelijkheden tot restauratie van de Oisterwijkse vennen. Doctoraal verslag nr. 308. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen, 80 pp.

Krabbendam, H, 1988. De invloed van Ammonium en Ammoniak op aquatische oecosystemen. Doctoraalscriptie nr. 90. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.

Leys, H.N., 1978. Handleiding ten behoeve van vegetatiekarteringen. Wetenschappelijke mededelingen K.N.N.V. nr. 130.

Loon, H van & W. Timmers, 1987. Onderzoek naar de ontwikkelingen van de vegetatie, water en bodemkwaliteit in Duinplassen. Verslag nr. 220. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.

Lyon, M.J.H. & J.G.M. Roelofs, 1986. Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid Deel 1 en 2.

Maenen, M.M.J., 1987. Fysisch-chemische en biotische karakteristieken van zwak gebufferde wateren in relatie tot de zuurgraad. Rapport nr. 1987-1.

Meyden, R. van der, 1990. Heukels' Flora van Nederland.

Wolters-Noordhoff, Groningen, 662 pp.

- Peeters, G.M.T., 1990. De vegetatie van het Grootmeer (Vessem). Verslag nr. 290. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Salisbury & Ross, 1985. Plant Physiology. 540p.
- Schaminée, J.H.J., 1988. Plantengemeenschappen van Nederland. 1. Littorelletea (concept 1988). Intern rapport 88/37, Rijksinstituut voor Natuurbeheer Arnhem, Leersum en Texel 33 pp.
- Segal, S. 1991. Dwerggroei bij planten. Hugo de Vries-laboratorium, Amsterdam.
- Schoof, M.M. van Pelt, 1973. Littorelletea. A study of the vegetation of some amphiphitic communities of Western Europe. Proefschrift K.U. Nijmegen.
- Schuurkens, J.A.A.R. & Leuven, R.S.E.W. 1986. Verzuring van oppervlaktewateren. Min. van V.R.O.M. Publicatiereeks Lucht 53. 85 pp.
- Stolle, F., 1989. Nitraat en Fosfaat flux tussen water en bodem. Doctoraalscriptie nr. 109. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Strijbosch, H., 1976. Een vergelijkend syntaxonomische en synoecologische studie in de Overasseltse en Hatertse vennen bij Nijmegen. Proefschrift K.U. Nijmegen.
- Theunissen, J.W.M., 1990. Onderzoek naar de effecten van nitrificatie, denitrificatie en sulfaatreductie op de waterkwaliteit in Beuven-Zuid. Verslag nr. 291. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Verheggen, G.M., 1991. Herstel van de oorspronkelijke vegetatie in verzuurde vennen. Verslag nr. 314. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen.
- Weeda, E.J.R.R. Westra, C. Westra & T. Westra, 1988. Nederlandse Oecologische Flora, deel 3. De Lange/ Van Leer, Deventer, 304 pp.
- Westhoff, V. & A.J. den Held, 1969. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme & Cie, Zutphen, 324 pp.
- Wynhoff, I., 1988. Kieming en vegetatie ontwikkeling in beregenings experimenten met vensedimenten. Verslag nr. 248. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U. Nijmegen, 177 pp + bijlagen.

BIJLAGE 1
Van Esschenven

opname:	oever vegetatie											water vegetatie
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
vegetatie-type:	JJ	JS2	Sc	JJ	M	JJ	Je	JS2	J4	JJ	Je	
soorten:												
<i>Agrostis canina</i>	lf						f					
<i>Agrostis stolonifera</i>	l											
<i>Alnus glutinosus</i>					r							
<i>Betula pubescens</i>					r							
<i>Bidens cernua</i>	r											
<i>Carex acuta</i>							l					
<i>Carex elata</i>	lf											
<i>Carex spec.</i>		s		f	f						l	
<i>Chamerion angustifolium</i>	s											
<i>Drepanocladus fluitans</i>												la
<i>Dryopteris dilatata</i>	l	s										
<i>Frangula alnus</i>					r							
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	lf	f		f			f		a	f	a	
<i>Hypericum elodes</i>		s					s				s	
<i>Iris pseudacoris</i>	s	s					r				r	
<i>Juncus articulatus</i>	r											
<i>Juncus bulbosus</i>	lf	a	r	f		f		f	d			f
<i>Juncus effusus</i>	lf	lf		r		r	d	f	f	a	a	
<i>Lemna minor</i>				r								
<i>Luronium natans</i>		s		r								
<i>Lycopus europaeus</i>	r	r		a		f	o		l	l	lf	
<i>Lysimachia vulgaris</i>	lf	r	r	la		f	r				r	
<i>Lythrum salicaria</i>	r									l		
<i>Nolinia caerulea</i>	lf		f		c		f	f	f		f	
<i>Nymphaea alba</i>												a
<i>Nyrica gale</i>	r		f		c		f	f			f	
<i>Nuphar lutea</i>												f
<i>Osmunda regalis</i>							s					
<i>Peucedanum palustre</i>	r	r		f		r	r				r	
<i>Phragmites australis</i>	s						lf					l
<i>Polygonum hydropiper</i>	l											
<i>P. polygonifolius</i>		r										
<i>Potentilla palustris</i>	s	r										
<i>Ranunculus flammula</i>	s	s										
<i>Rubus saxatilis</i>					r							
<i>Salix cinerea</i>							r					
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	f	la	d			f	r	a			r	f
<i>Soianum dulcamare</i>					s							
<i>Vaccinium myrtillus</i>					f							

Als aanvulling op de soortenlijst worden de volgende soorten vermeld, die zijn waargenomen door leden van de Characeae werkgroep op 13 augustus 1991.

Carex rostrata
Calamagrostis canescens
Glyceria fluitans
Hypochaeris radicata
Juncus acutiflorus

Witven

	water									
	oever vegetatie					vegetatie				
opname:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
vegetatie-type:	J4	J4	J4	JSf	JS2	J1	J4	J2	J4	
soorten:										
<i>Eleocharis multicaulis</i>	r									
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	la	a	a	a	f	r	a	f	d	
<i>Hypericum elodes</i>	r	lf	lf	lf				f		
<i>Juncus bulbosus</i>	f	a	a	a	f	f	d	a	a	ld
<i>Juncus effusus</i>	lf	f	f	l	r		o	lf	lf	
<i>Lysimachia vulgaris</i>		s	s							
<i>Molinea caerulea</i>	f			f	r		f	f	f	
<i>Kyrica gale</i>		r		f				f	f	
<i>Nuphar lutea</i>										lf
<i>Nymphaea alba</i>										f
<i>Phragmites australis</i>										
<i>Potentilla palustris</i>	s	r								
<i>Scirpus fluitans</i>										s
<i>Scirpus lacustris</i>										r
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	r	la		lf		r	f	f		l

Voorste Goorven

	water														water
	oever vegetatie														vegetatie
opname:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
vegetatie-type:	JS2	JS1	JS1	Sc	J1	JJ	JSf	J2	M	JJ	JSf	J4	J2	J2	
soorten:															
<i>Agrostis spec.</i>										lf					
<i>Alismo plantago aquatica</i>															o
<i>Carex elata</i>														l	
<i>Carex rostrata</i>				s					r						
<i>Dryopteris dilatata</i>				o	o										
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	a	o		o	f	f		f	f	cd	f	a	f		
<i>Hypericum elodes</i>	f							lf		lf	a		f		
<i>Juncus bulbosus</i>	a	f	f	f	a	la		d	f	cd	a	a	d	d	f
<i>Juncus effusus</i>	f	o		o	f	a		l	f	cd	f	f	l		
<i>Lycopus europaeus</i>				lf	r							r			
<i>Lysimachia vulgaris</i>				lf											
<i>Molinia caerulea</i>				lf	f			lf	f		f		lf		
<i>Kyrica gale</i>					o				d						
<i>Nuphar lutea</i>															lf
<i>Nymphaea alba</i>	r													lf	f
<i>Phragmites australis</i>														o	l
<i>Potamogeton natans</i>															r
<i>P. polygonifolius</i>															s
<i>Potentilla palustris</i>												la			
<i>Scirpus fluitans</i>									f						r
<i>Solanum dulcamare</i>															
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	f	f	f	d	f			lf	a	f			f	f	f
<i>Sparganium minimum</i>															f

Achterste Goorven

	oever vegetatie								water vegetatie
opname:	1	2	3	4	5	6	7	8	10
vegetatie-type:	J2	JS2	J2	J2	Sc	J2	J2	J2	

soorten:

<i>Agrostis canina</i>	l	o							
<i>Carex rostrata</i>	l	l							
<i>Eriophorum angustifolium</i>		s							
<i>Juncus bulbosus</i>	d	d	d	d		a	a	d	a
<i>Juncus effusus</i>		r	f						
<i>Molinia caerulea</i>	f	f		f	f	f			
<i>Myrica gale</i>	f	o	f		f	f			
<i>Nymphaea alba</i>									f
<i>Phragmites australis</i>	f	o	l			l		f	l
<i>P. polygonifolius</i>									l
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	f	a		f	a	f	f	l	l
<i>Sphagnum spec.</i>									l

De vegetatie in de omgeving van de Oisterwijkse vennen.

Alnus glutinosus

Betula pubescens

Deschampsia flexuosa

Dryopteris spec.

Frangula alnus

Molinia caerulea

Myrica gale

Pinus silvestrus

Poa annua

Quercus robur

Quercus rubra

Salix cinerea

Sorbus aucuparia

Vaccinium myrtillus

vegetatie indeling Oisterwijkse vennen:

Littorelletea

basisgemeenschap van *Juncus bulbosus*

Littorelletalia

Hydrocotylo Baldellion

Scirpetum fluitantis

Utricularietalia intermedio-minoris

Scorpidio Utricularion

Sparganietum minimi

Potametea

Nymphaeion

Plantaginetea

Plantaginetea majoris

Agropyro-Rumicion crispi

Juncus effusus

Franguleta

Salicetalia auritae

Salicion cinereae

Myricetum gale, variant met *Molinea caerulea*

Scheuchzerietea

Scheuchzerietalia palustris

Rhynchosporion albae

Sphagnum cuspidatum

BIJLAGE 2

Badhuiskuil

opname:	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
bedekkings percentage:	60	40	40	20	40	50	60	40	70	40	90	90	<5
vegetatie-type:	Ja	JaP	JaP	P	JaP	P	Ja	P	JaP	Ja	V	JaS	EJa

soorten:

<i>Agrostis canina</i>									1		1		
<i>Calamagrostis canescens</i>													
<i>Calamagrostis epigejos</i>													
<i>Carex arenaria</i>				+	+								
<i>Carex oederi</i>		+	1		1	1	1	2	1				
<i>Carex pseudocyperus</i>													
<i>Chenopodium rubrum</i>													
<i>Cladium mariscus</i>													
<i>Echinodorus ranunculoides</i>										+	1		
<i>Eleocharis multicaulis</i>		r							+	1			1
<i>Eleocharis palustris</i>			+										
<i>Equisetum fluviatile</i>													
<i>Holcus lanatus</i>			r	1					1			1	
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>		1			+				1		1		
<i>Juncus alpino articulatus</i>						1	1		1				
<i>Juncus articulatus</i>	3	3	2		3	1	4	2	2	3	3	3	1
<i>Juncus bufonius ssp. ambiguus</i>		2	3	2	2	3	1	3	4		3		
<i>Juncus bulbosus</i>	2	1								2			
<i>Juncus conglomeratus</i>	+	+	1										
<i>Juncus effusus</i>							1				1		
<i>Juncus pygmaeus</i>	1				1	+	1			+	1		
<i>Juncus spec.</i>									1			1	
<i>Leontodon spec.</i>													1
<i>Lotus uliginosus</i>													
<i>Lycopus europaeus</i>		r										1	
<i>Lythrum portula</i>													
<i>Lythrum salicaria</i>									+			1	
<i>Mentha aquatica</i>												1	
<i>Myosotis palustris</i>													
<i>Myrica gale</i>													
<i>Phragmites australis</i>											2	3	
<i>Plantago coronopus</i>													
<i>Potamogeton gramineus</i>													
<i>Potamogeton polygonifolius</i>													
<i>Potentilla palustris</i>													
<i>Ranunculus flammula</i>							+				+		
<i>Ranunculus sceleratus</i>													
<i>Rorippa palustris</i>											+	1	
<i>Salix repens</i>	1	1			1	1	1	1			1	1	
<i>Samolus valerandii</i>	r	r									r		
<i>Senecio silvaticus</i>													1
<i>Solanum dulcamara</i>													
<i>Sparganium erectum</i>													
<i>Typha latifolia</i>				+						1			

opname:	43	44	45	46	47	48	51	52	53	60	61	70	27
bedekkings percentage:	20	20	<5	<5	5	30	50	40	60	10	30	100	50
vegetatie-type:	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Pr	JaP	Ja	JaP	Ja	JaP	C	Ja
soorten:													
<i>Agrostis stolonifera</i>						1							1
<i>Calamagrostis canescens</i>													
<i>Calamagrostis epigejos</i>													
<i>Callitriche spec.</i>													r
<i>Carex arenaria</i>													
<i>Carex oederi</i>							1		1		1		
<i>Carex pseudocyperus</i>													
<i>Chenopodium rubrum</i>													
<i>Ciadium mariscus</i>												5	
<i>Echinodorus ranunculoides</i>												1	
<i>Eleocharis multicaulis</i>	1			+									
<i>Equisetum fluviatile</i>													
<i>Holcus lanatus</i>													
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>						1						1	1
<i>Juncus alpino articulatus</i>						1							
<i>Juncus articulatus</i>	2	1		+		3	2	3	3	2	3		3
<i>Juncus bufonius ssp. ambiguus</i>							3		3		2		1
<i>Juncus bulbosus</i>													1
<i>Juncus conglomeratus</i>													
<i>Juncus effusus</i>											+		
<i>Juncus pygmaeus</i>									1		2		1
<i>Juncus spec.</i>													
<i>Leontodon spec.</i>													
<i>Lotus uliginosus</i>													
<i>Lycopus europaeus</i>						+						1	
<i>Lythrum portula</i>													
<i>Lythrum salicaria</i>	1	2				+							+
<i>Mentha aquatica</i>													
<i>Myosotis palustris</i>													
<i>Myrica gale</i>													
<i>Phragmites australis</i>		1	1	1	1	1							
<i>Plantago coronopus</i>													
<i>Potamogeton gramineus</i>													
<i>Potamogeton polygonifolius</i>			+										
<i>Potentilla palustris</i>													
<i>Ranunculus flammula</i>									+				+
<i>Ranunculus sceleratus</i>													
<i>Rorippa palustris</i>					1	1							
<i>Rumex crispus</i>													
<i>Salix cinerea</i>													r
<i>Salix repens</i>						1					1		
<i>Samolus valerandii</i>													
<i>Senecio silvaticus</i>													
<i>Solanum dulcamara</i>						r						2	
<i>Sparganium erectum</i>													
<i>Typha latifolia</i>			+						r				

opname:	100	101	102	104	105	109	110	120	130	140
bedekkings percentage:	20	100	60	25	50	40	40	<5	<5	50
vegetatie-type:	Ja	V	PS	Ja	JaP	Pr	Ja	Ja	Pj	JaPj

<i>Agrostis canina</i>										
<i>Calamagrostis canescens</i>										
<i>Calamagrostis epigejos</i>										
<i>Carex arenaria</i>		+	+		1					
<i>Carex oederi</i>	+	1	1		1		+		1	1
<i>Carex pseudocyperus</i>										
<i>Chenopodium rubrum</i>										
<i>Cladium mariscus</i>										
<i>Echinodorus ranunculoides</i>										
<i>Eleocharis multicaulis</i>				+						
<i>Equisetum fluviatile</i>										
<i>Erica tetralix</i>		+	r							
<i>Holcus lanatus</i>		+	+	+						
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	1	3	1		+	1	+		1	2
<i>Juncus alpino articulatus</i>		2	+				+		3	3
<i>Juncus articulatus</i>	2	2	1	2	3		3	1	1	1
<i>Juncus bufonius ssp. ambiguus</i>	1	3	2	1	2		1			
<i>Juncus bulbosus</i>							1	1		
<i>Juncus conglomeratus</i>										
<i>Juncus effusus</i>										
<i>Juncus pigmaeus</i>							+			
<i>Juncus spec.</i>										
<i>Leontodon spec.</i>										
<i>Lotus uliginosus</i>		+	r							r
<i>Lycopus europaeus</i>		+	+							1
<i>Lythrum portula</i>										
<i>Lythrum salicaria</i>	+	1								
<i>Mentha aquatica</i>			r							
<i>Myosotis palustris</i>										
<i>Myrica gale</i>										
<i>Phragmites australis</i>		3	2			1		1		+
<i>Plantago coronopus</i>										
<i>Poa spec.</i>		+								
<i>Potamogeton gramineus</i>										
<i>Potamogeton polygonifolius</i>										
<i>Potentilla palustris</i>										
<i>Ranunculus flammula</i>										
<i>Ranunculus sceleratus</i>										
<i>Rorippa palustris</i>	r	+								
<i>Salix cinerea</i>		+								
<i>Salix repens</i>		+	+	1	1		1	1	1	1
<i>Samolus valerandi</i>										
<i>Senecio silvaticus</i>		+	r					+		+
<i>Solanum dulcamara</i>										
<i>Sonchus maritimus</i>		r								
<i>Sparganium erectum</i>										
<i>Typha latifolia</i>										

opname:	1r	2r	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13
bedekkings percentage:	100	100	30	30	30	30	40	10	<5	50	40	10	30
vegetatie-type:	MS	MS	Ja	Pj	Pj	JaP	JaP	Ja	Ja	V	Ja	J	Ja

<i>Agrostis canina</i>													
<i>Calamagrostis canescens</i>													
<i>Calamagrostis epigejos</i>													
<i>Carex arenaria</i>		1											
<i>Carex oederi</i>			2	1	1	1		1			1		1
<i>Carex pseudocyperus</i>													
<i>Chenopodium rubrum</i>													
<i>Cladium mariscus</i>													
<i>Echinodorus ranunculoides</i>													
<i>Eleocharis multicaulis</i>				+						2			
<i>Equisetum fluviatile</i>													
<i>Holcus lanatus</i>			+						+				
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	1	3	2	1	1	1				1			+
<i>Juncus alpino articulatus</i>			1	3	2	1	1				r		
<i>Juncus bufonius ssp. ambiguus</i>				2	2	1	2						
<i>Juncus articulatus</i>			2	1	1	2	3	2	1	2	3	2	3
<i>Juncus bulbosus</i>			+	1	1	+	1	1			+	2	
<i>Juncus conglomeratus</i>													
<i>Juncus effusus</i>		1								2			
<i>Juncus pignus</i>							+						+
<i>Juncus spec.</i>													
<i>Leontodon spec.</i>													
<i>Lotus uliginosus</i>													
<i>Lycopus europaeus</i>	r		+							+			
<i>Lythrum portula</i>													
<i>Lythrum salicaria</i>										1			
<i>Mentha aquatica</i>	+	2											
<i>Myrica gale</i>	3	2											
<i>Phragmites australis</i>	2	2							1	1			
<i>Plantago coronopus</i>													
<i>Potamogeton gramineus</i>													
<i>Potamogeton polygonifolius</i>													
<i>Potentilla palustris</i>													
<i>Ranunculus flammula</i>													
<i>Ranunculus sceleratus</i>													
<i>Rorippa palustris</i>													
<i>Salix repens</i>			1	1	1	1	1			1			+
<i>Samolus valerandii</i>			r										
<i>Senecio silvaticus</i>	+		1							+		1	
<i>Solanum dulcamara</i>	1		+										
<i>Sparganium erectum</i>													
<i>Typha latifolia</i>													

opname:	14	15	16	17	18	19
bedekkings percentage:	60	40	40	40	80	20
vegetatie-type:	JaCf	P	J	J	Jb	Ja

<i>Agrostis canina</i>			+			
<i>Calamagrostis canescens</i>						
<i>Calamagrostis epigejos</i>					+	
<i>Carex arenaria</i>					+	
<i>Carex oederi</i>	+	1	1			

<i>Carex pseudocyperus</i>							
<i>Chenopodium rubrum</i>							
<i>Cladium mariscus</i>							
<i>Echinodorus ranunculoides</i>				+			
<i>Eleocharis multicaulis</i>			1	1	1	1	
<i>Equisetum fluviatile</i>							
<i>Holcus lanatus</i>		r			2		
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	1	1		1	1		
<i>Juncus alpino articulatus</i>			+		1	+	
<i>Juncus articulatus</i>	2	1	3	2	1	2	
<i>Juncus bufonius ssp. ambiguus</i>		3				1	
<i>Juncus bulbosus</i>	1		1	3	4		
<i>Juncus conglomeratus</i>							
<i>Juncus effusus</i>							
<i>Juncus pimeus</i>	3		+			+	
<i>Juncus spec.</i>							
<i>Leontodon spec.</i>							
<i>Lotus uliginosus</i>							
<i>Lycopus europaeus</i>					+		
<i>Lythrum portula</i>						r	
<i>Lythrum salicaria</i>					1	+	
<i>Mentha aquatica</i>				r	r		
<i>Myosotis palustris</i>							
<i>Phragmites australis</i>							
<i>Plantago coronopus</i>							
<i>Potamogeton gramineus</i>							
<i>Potamogeton polygonifolius</i>							
<i>Potentilla palustris</i>							
<i>Ranunculus flammula</i>					r		
<i>Ranunculus sceleratus</i>						+	
<i>Rorippa palustris</i>							
<i>Salix repens</i>	+	r	+		r	r	
<i>Samolus valerandii</i>							
<i>Senecio silvaticus</i>				1			
<i>Solanum dulcamara</i>	r						
<i>Sparganium erectum</i>							
<i>Typha latifolia</i>						+	

vegetatietypen Badhuiskuil

Littorelletea

Littorelletalia

Littorelion

Samoio-Littorelletum

Eleocharetum multicaulis

Phragmitetea

Phragmitetalia

Phragmition

Scirpo-phragmitetum

Magnocaricetalia

Magnocaricion

Cladietum marisci

Franguletea

Salicetalia auritae

Salicion cinereae

Myricetum gale

Parvocaricetea

Tofieldietalia

Caricion Davallianae

Parnassio-Juncetum atricapilli

Isoeto-Nanojuncetea

Nanocyperetalia

Nanocyperion Flavescentis

Cicendietum filiformis

Juncetosum mutabilis

Asteretea tripolii

Glauco-Puccinellietalia

Puccinellio_spergularion saline

Puccelietum distans

juncetosum

De primaire meetresultaten van het cilinderexperiment

LOCATIE	DAG	MAAND	JAAAR	PH	ALK	ACID	KLEUR	TU	SES	AL	CA	MG	FE	TP	TS	NA	K	NH4	NO3	OP	CL	SO4
Open water organisch	17	5	91	4.56	0.034	0.243	0.046	19	2.4	8.0	72.0	81	5.2	4	94	371	46	3.7	1.1	1.60	699	148
Open water organisch	3	6	91	4.95	0.067	0.289	0.143	15	18.0	7.0	75.0	63	5.5	7	83	442	54	53.0	3.3	6.11	1747	300
Open water organisch	26	6	91	4.64	0.026	0.220	0.128	12	9.0	7.0	29.0	43	4.5	8	69	333	41	72.0	5.0	3.30	1391	160
Open water organisch	25	7	91	4.60	0.043	0.152	0.143	20	19.0	9.0	43.0	35	9.6	8	56	305	22	45.0	4.4	5.26	810	171
Open water organisch	19	9	91	4.46	0.022	0.203	0.111	13	31.0	6.8	34.0	40	12.0	9	4208	421	31	8.0	24.0	0.96	1067	214
Open water organisch	25	10	91	4.63	0.052	0.240	0.210	26	4.0	13.0	49.0	35	14.0	9	55	395	31	87.0	4.0	2.36	748	183
Controle organisch	3	6	91	4.72	0.047	0.199	0.133	13	32.0	7.0	63.0	52	5.1	3	86	397	52	29.0	17.0	2.36	748	183
Controle organisch	26	6	91	5.00	0.060	0.190	0.126	10	1.8	6.0	58.0	55	5.7	7	84	336	43	97.0	22.0	8.15	662	168
Controle organisch	25	7	91	4.80	0.052	0.128	0.161	16	7.0	8.8	37.0	40	10.0	7	59	309	24	25.0	2.2	5.77	761	186
Controle organisch	19	9	91	4.95	0.089	0.372	0.218	52	150.0	12.0	44.0	44	12.0	11	99	523	68	6.0	9.0	4.68	1004	1375
Controle organisch	25	10	91	4.64	0.038	0.175	0.113	20	10.0	7.4	31.0	42	9.8	6	82	502	55	20.0	7.0	2.28	846	155
Bemergeld organisch	3	6	91	6.98	0.744	0.129	0.106	10	1.1	7.2	324.0	109	4.2	7	64	327	43	71.0	5.5	6.96	662	160
Bemergeld organisch	26	6	91	5.83	0.120	0.200	0.129	10	3.6	8.5	60.0	33	6.0	7	62	431	26	11.0	1.1	4.91	699	190
Bemergeld organisch	25	7	91	6.20	0.140	0.064	0.156	15	3.6	8.5	35.0	35	8.9	30	62	381	42	7.0	5.0	1.88	965	292
Bemergeld organisch	19	9	91	5.74	0.184	0.186	0.203	40	44.0	10.0	12.8	50	11.0	5	82	481	51	11.0	8.0	1.15	965	312
Bemergeld organisch	25	10	91	5.90	0.170	0.262	0.212	20	3.4	11.0	140.0	42	11.0	4	76	493	48	3.7	0.0	1.51	681	139
Bemergeld organisch	17	5	91	4.49	0.026	0.295	0.047	20	8.0	10.0	50.0	74	4.3	2	95	375	48	3.7	7.7	4.23	1526	197
Open water mineraal	3	6	91	4.92	0.034	0.209	0.136	13	20.0	7.0	106.0	90	60.0	5	143	433	54	71.0	5.0	3.30	1391	153
Open water mineraal	26	6	91	0.074	0.078	0.190	0.135	12	23.0	8.9	27.0	45	6.4	7	63	328	41	72.0	5.0	3.30	1391	153
Open water mineraal	25	7	91	4.70	0.008	0.144	0.178	21	15.0	6.8	28.0	29	8.2	7	41	314	24	5.7	1.1	5.60	687	183
Open water mineraal	25	10	91	4.70	0.042	0.192	0.100	20	7.0	6.1	32.0	35	9.5	5	48	404	34	8.0	4.0	1.46	759	155
Controle mineraal	3	6	91	4.77	0.051	0.249	0.131	12	24.0	8.1	86.0	53	4.0	8	103	406	52	33.0	21.0	4.40	1390	152
Controle mineraal	26	6	91	4.58	0.057	0.220	0.136	16	8.3	6.8	34.0	32	8.7	7	45	327	28	9.6	1.1	5.09	859	175
Controle mineraal	25	7	91	4.53	0.036	0.136	0.150	16	51.0	7.0	36.0	38	11.0	5	65	447	36	16.0	4.0	1.27	838	179
Controle mineraal	19	9	91	4.43	0.025	0.244	0.131	20	11.0	7.8	39.0	36	10.0	5	150	455	40	13.0	7.0	1.59	783	262
Bemergeld mineraal	25	10	91	4.58	0.083	0.179	0.132	14	8.2	7.0	96.0	72	4.9	5	90	384	50	29.0	17.0	5.43	1587	93
Bemergeld mineraal	3	6	91	4.75	0.042	0.210	0.129	11	8.3	7.4	27.0	32	8.9	7	43	314	24	16.0	1.1	5.09	761	186
Bemergeld mineraal	26	6	91	5.20	0.078	0.128	0.173	14	51.0	7.5	34.0	39	11.0	5	66	459	31	5.0	2.0	1.06	830	161
Bemergeld mineraal	25	7	91	4.76	0.033	0.190	0.120	28	51.0	7.9	37.0	38	10.0	5	52	451	44	24.0	6.0	1.66	830	161
Bemergeld mineraal	19	9	91	4.60	0.036	0.201	0.118	18	2.2	7.0	85.0	134	0.9	5	197	464	43	27.0	32.0	0.32	748	179
Bemergeld mineraal	25	10	91	4.29	0.009	0.179	0.039	1	50.0	12.0	89.0	58	1.1	0	141	490	48	55.0	20.0	0.32	1612	164
Schoapedobbe	17	5	91	4.43	0.023	0.119	0.008	6	22.0	7.9	41.0	39	0.4	0	127	424	41	57.0	4.0	0.49	1059	168
Schoapedobbe	3	6	91	4.20	0.005	0.128	0.068	24	5.8	7.9	40.0	35	0.8	1	84	600	46	87.0	19.0	0.15	996	606
Schoapedobbe	25	7	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	19	9	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0.039	0.130	0.118	18	11.0	7.9	2202.0	223	2.0	0	457	137	42	8.0	2.0	0.05	1154	399
Schoapedobbe	25	10	91	4.60	0																	