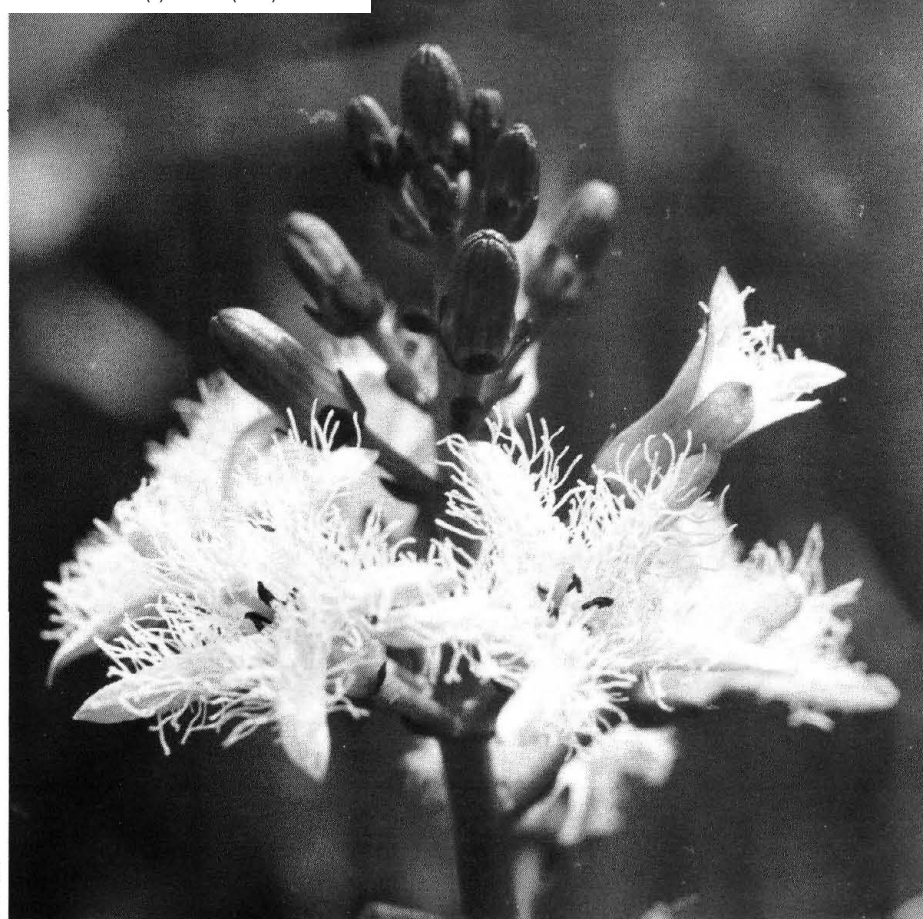


Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*)

## Is er nog toekomst voor trilvenen?

Trilvenen zijn botanisch waardevolle laagveenmoerassen met een op het water drijvende wortelmat. De soortenrijke plantengemeenschappen die in goed ontwikkelde trilvenen worden aangetroffen worden steeds schaarser, omdat karakteristieke laagproductieve plantesoorten worden verdrongen door hoogproductieve (ruigte)kruiden. Dit artikel houdt zich bezig met de vragen of dit het gevolg is van een toename van de toevoer van voedingsstoffen uit het omringend veenweidegebied, en of via een maaibeheer de beschikbaarheid van voedingsstoffen in laagveenmoerassen beperkt kan worden. Het perspectief voor voedselarme laagveenmoerassen blijkt in belangrijke mate te worden bepaald door de waterhuishouding in het gebied.

Willem Koerselman

In Nederland worden aan natte en schrale omstandigheden gebonden plantesoorten en plantengemeenschappen sterk in hun voortbestaan bedreigd (De Molenaar, 1980; Van Wirdum, 1986). Dit wordt vaak toegeschreven aan de intensivering van de landbouw, die heeft geleid tot verdroging, versnippering en verrijking met voedingsstoffen van relatief voedselarme natte en vochtige standplaatsen.

Het instellen van natuurreservaten maakt aan deze dreiging geen einde. Immers, het omheinen van natuurgebieden verhindert niet dat grondwater wegstroomt naar het omringende gedraineerde landbouwgebied, evenmin als de toevoer van met voedingsstoffen verrijkt

grond- en oppervlaktewater en de atmosferische depositie van stikstofverbindingen.

Kortom, het tegengaan van verdroging en verrijking met voedingsstoffen van oecosystemen vergt duidelijk een meer omvattende benadering, waarin de positie van het oecosysteem in het landschap in aanmerking wordt genomen. Dit geldt met name voor zijn positie in het hydrologische systeem.

In dit artikel wordt dit geïllustreerd voor kleine voedselarme moerassen in een agrarisch veenlandschap ten noorden van Utrecht (Zuidelijk Vechtplassengebied). Het artikel gaat in op de vraag op welke wijze deze moerassen worden beïnvloed door de externe toevoer van voedingsstoffen, en welke rol de waterhuishouding daarbij speelt. De centrale vraag daarbij is wat het toekomstperspectief is voor voedselarme moerassen in ons huidige cultuurlandschap, en welke rol het natuurbeheer en het waterbeheer kunnen spelen bij het beschermen van dergelijke oecosystemen tegen (verdere) aantasting. Voor een uitgebreider overzicht van het hierna besprokene wordt de lezer verwezen naar het onlangs over dit onderwerp verschenen proefschrift (Koerselman, 1989).

### Eutrofiëring van trilvenen in het Zuidelijk Vechtplassengebied

Trilvenen zijn moerassen met een op het water drijvende wortelmat, de kragge. Ze zijn ontstaan op die plaatsen waar vroeger ten behoeve van de winning van turf petgaten zijn gegraven. In botanisch opzicht behoren trilvenen tot de soortenrijkste oecosystemen die in ons land voorkomen, waarbij soms tientallen soorten hogere planten en mossen per vierkante meter kunnen worden aangetroffen. Goed ontwikkelde trilvenen worden gekarakteriseerd door plantengemeenschappen als het *Scorpidio-Caricetum diandrae*, met bijvoorbeeld Ronde zegge (*Carex diandra*), Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), Slank wollegras (*Eriophorum gracile*) en Schorpioenmos (*Scorpidium scorpioides*), en het *Sphagno-Caricetum lasiocarpae*, gekarakteriseerd door o.m. Draadzegge (*Carex lasiocarpa*), Sterzegge (*Carex echinata*) en Malaxis (*Hammarbya paludosa*) (Westhoff & Den Held, 1969). De relatief voedselarme trilvenen zijn meestal klein en gesitueerd in een bemest agrarisch veenlandschap. Het totale areaal aan trilvenen in Nederland beslaat

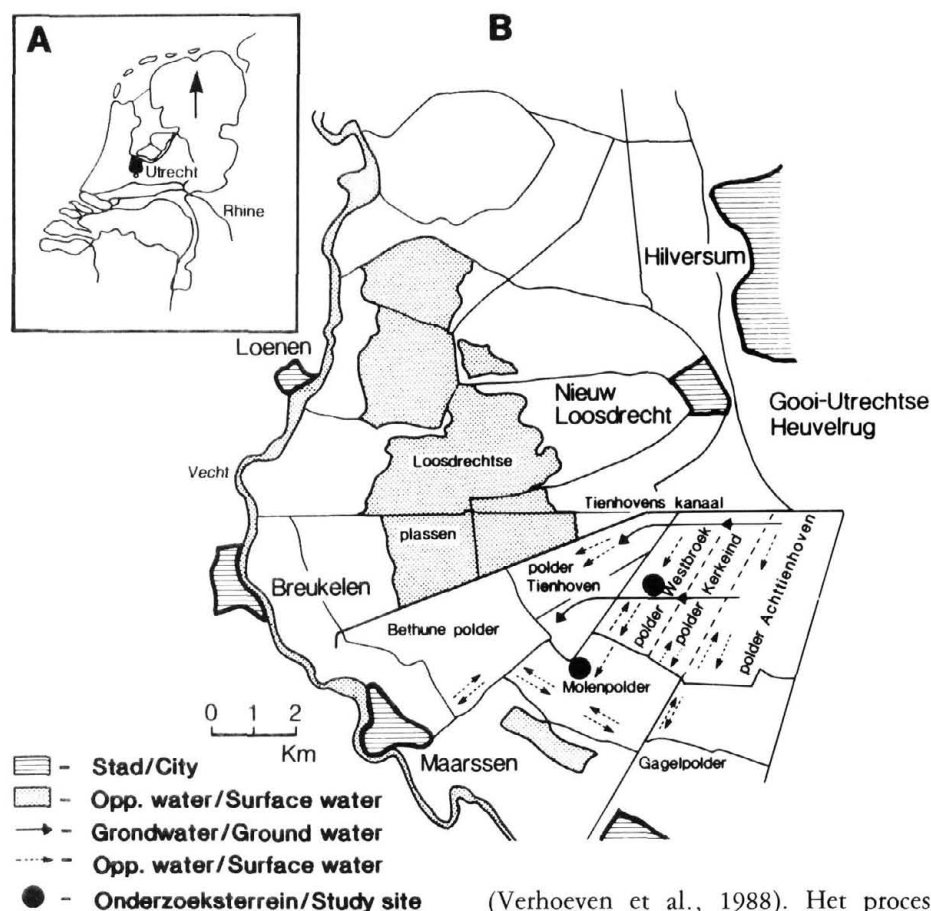


Fig. 1. Overzicht van het Vechtplassengebied. Stromingsrichting van grondwater (dekzandpakket) en oppervlaktewater (open watergangen) is met pijlen aangegeven. De ligging van beide onderzoeksterreinen is weergegeven met een zwarte stip. Naar Verhoeven et al. (1988).

Location of the study area in the Netherlands (A) and overview of the Vechtplassen area (B). Main direction of groundwater flow (sandy aquifer) and surface water flow (ditches and canals) indicated by arrows. Location of the study sites indicated by black dots. After Verhoeven et al. (1988).

slechts enkele tientallen hectaren. Vanwege hun grote botanische waarde zijn de meeste trilvenen aangekocht door natuurbeschermingsorganisaties. Het beheer bestaat uit het in de zomer maaien van de vegetatie en het afvoeren van het maaisel (foto 1). Dit beheer dient in de eerste plaats om de opslag van bomen en de (natuurlijke) successie naar Elzenbroekbos te verhinderen.

In een aantal trilvenen zijn verschuivingen in de soortensamenstelling van de vegetatie opgetreden, waarbij karakteristieke, aan relatief voedselarme omstandigheden aangepaste plantesoorten zijn vervangen door soorten die zijn aangepast aan een voedselrijk milieu

(Verhoeven et al., 1988). Het proces waarbij het milieu steeds rijker wordt aan voedingsstoffen heet eutrofiëring of vermessing. Dit proces, dat heeft geleid tot een sterke afname van de natuurwaarde van de trilvenen en het lokaal uitsterven van een aantal karakteristieke soorten van de hierboven genoemde trilveenplantengemeenschappen, wordt vooral waargenomen in trilvenen die zijn gelegen in polders met een neerwaartse grondwaterbeweging (wegzijging). In wegzijgingsgebieden wordt het 's zomers optredende watertekort aangevuld door middel van aanvoer van sterk vervuild water uit de rivier de Vecht (Verhoeven et al., 1988). De aanvoer van rivierwater vindt plaats ten behoeve van de landbouw, die gebaat is bij relatief hoge waterpeilen gedurende de zomer, zodat droogteschade aan landbouwgewassen wordt voorkomen. Trilvenen in polders waar een continue aanvoer plaatsvindt van kalkrijk grondwater (kwel) en aanvoer van Vechtwater zelden plaatsvindt, zijn veel minder sterk door eutrofiëring aangetast (Verhoeven et al., 1988).

Het voorgaande heeft geleid tot de veronderstelling dat wegzijgingsvenen sterker door eutrofiëring zijn aangetast dan kwelvenen ten gevolge van de relatief sterke invloed van voedselrijk

Vechtwater. De in kwelgebieden gelegen trilvenen zouden voornamelijk worden gevoed door kwel van relatief schoon grondwater. In 1984 werd een vierjarig onderzoek gestart om deze hypothese te toetsen.

### Opzet van het onderzoek

Voor het onderzoek zijn twee trilvenen geselecteerd die sterk verschillen in vegetatiesamenstelling en hydrologie. Een trilveen is gelegen in een wegzijgingspolder (Molenpolder) die sterk wordt beïnvloed door vervuild en voedselrijk Vechtwater. Het andere trilveen (foto 2) is gelegen in een kwelpolder (polder Westbroek) waar ten gevolge van een aanzienlijke kwelintensiteit slechts bij hoge uitzondering aanvoer van Vechtwater plaatsvindt (fig. 1). Beide trilvenen worden karakteristiek geacht voor twee trilveentypen die in het Zuidelijk Vechtplassengebied worden aangetroffen, en die op grond van de vegetatiestructuur kunnen worden gekarakteriseerd als geëutrofiëerd (wegzijgingsveen in de Molenpolder) respectievelijk relatief ongestoord (kwelveen in de polder Westbroek).

Voor beide trilvenen zijn voedingsstoffenbalansen opgesteld voor de drie voor de plant belangrijkste voedingsstoffen, te weten stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Tevens is een studie gemaakt van de mineralensamenstelling van het bodemwater (foto 3). Omdat de waterhuishouding een cruciale rol speelt bij het transport van voedingsstoffen en mineralen is veel aandacht besteed aan het opstellen van een goede waterbalans.

### De waterhuishouding

In de waterbalans van een trilveen zijn de volgende posten te onderscheiden: neerslag, verdamping, kwel, wegzijging, zijwaartse aanvoer van oppervlaktewater en zijwaartse afvoer van bodemwater uit het trilveen naar open watergangen (fig. 2). Ten einde waterbalansen op te stellen zijn op een groot aantal punten in en om de trilvenen waterstanden bepaald.

Uit figuur 3 blijkt, dat de stijghoogte van het grondwater in het onder het kwelveen gelegen dekzandpakket, zoals die werd gemeten in grondwaterbuizen, meestal hoger is dan de waterstand in het kwelveen zelf. Dit betekent dat de waterdruk in het dekzandpakket hoger is dan in het trilveen. Ten gevolge van dit drukverschil stroomt grondwater



Foto 1. De trilveen vegetatie wordt 's zomers gemaaid om opslag van elzen tegen te gaan en een hoge soortendiversiteit te handhaven. Met het hooi worden bovendien aanzienlijke hoeveelheden voedingsstoffen uit het trilveen verwijderd.

Summer harvesting of fen vegetation prevents natural succession to alder woodland and helps to maintain a high species diversity. With the hay, considerable quantities of nutrients are removed from the fen.

vanuit het dekzand naar het trilveen (kwel). De waterstand in het trilveen is op zijn beurt weer hoger dan die in een aan het trilveen grenzende sloot, wat wijst op een overwegend zijdelingse afvoer van water vanuit het trilveen naar de sloot. Infiltratie van slootwater komt zelden voor. Het kwelveen is in feite een 'bron' van grondwater, dat via de sloot wordt afgevoerd.

De waterbalans van beide trilvenen is weergegeven in tabel 1. Het kwelveen blijkt voornamelijk gevoed door opwellend grondwater en de neerslag. De instroom van oppervlaktewater was verwaarloosbaar gedurende 1985 en 1987, terwijl in 1986 bijna 300 mm oppervlaktewater in het kwelveen infiltreerde. Op de oorzaak van deze verschillen wordt later ingegaan. Het wegzijgingsveen wordt 's winters uitsluitend gevoed door regenwater, terwijl 's zomers een aanzienlijke aanvoer van oppervlaktewater uit een aangrenzend petgat optreedt. Dit petgat wordt op zijn beurt gevoed door de Vecht.

Het door het Waterschap Drecht en Vecht gevoerde peilbeheer blijkt van grote invloed op de hydrologie van het kwelveen. Ten gevolge van het inlaten van grote hoeveelheden Vechtwater in de droge zomer van 1986 werd de waterstand in open watergangen in polder Westbroek zo sterk verhoogd, dat deze de waterstand in het dekzand overtrof (fig. 3). Daarmee verdween het waterdrukverschil tussen het dekzand en het trilveen, waardoor de natuurlijke toevoer van kwelwater in het trilveen vrijwel geheel tot stilstand kwam. Enige tijd was er zelfs sprake van wegzijging. Het kwelveen was niet langer een bron voor water, maar een put: gedurende de droge zomer van 1986 werd een grote hoeveelheid vervuild oppervlaktewater (289 mm) aangevoerd naar het kwelveen.

### De voedingsstoffenbalans

In de voedingsstoffenbalans van de trilvenen is een aantal aanvoerposten ('in-

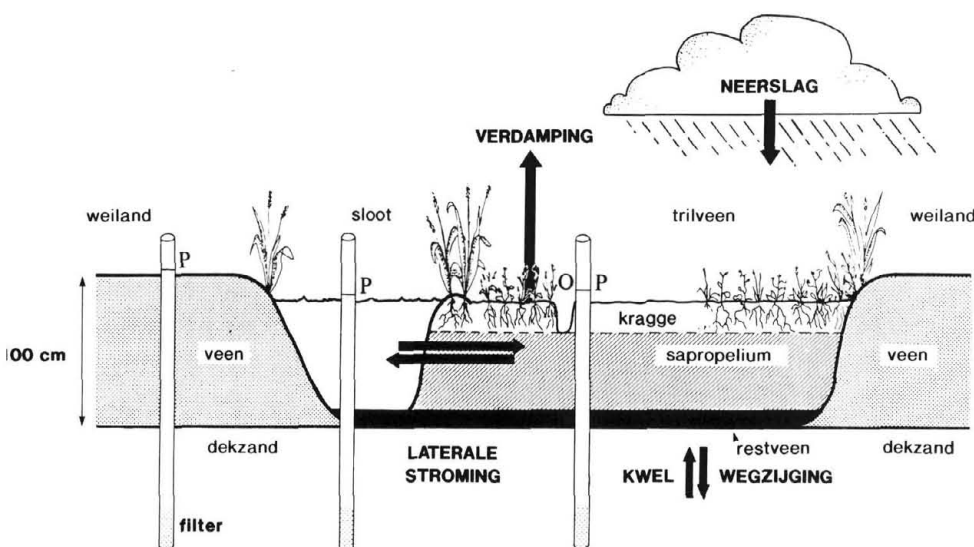


Fig. 2. Schematische dwarsdoorsnede door een trilveen waarop weergegeven de bodemopbouw, de verschillende inputs en outputs van water, en de locatie van boorgaten (o) en grondwaterbuizen (p).

A schematic illustration of the fen cross section, depicting soil stratification, major water flow direction and position of open wells (o) and piezometers (p).

| Terrein | Periode | N   | K    | Aan | W  | Af   | Et  |
|---------|---------|-----|------|-----|----|------|-----|
| Wegz    | zomer   | 418 | 0    | 247 | 36 | 215  | 412 |
|         | winter  | 456 | 0    | 62  | 22 | 378  | 109 |
|         | jaar    | 874 | 0    | 309 | 58 | 593  | 521 |
| Kwel    | zomer   | 423 | 427  | 115 | 26 | 494  | 450 |
|         | winter  | 442 | 574  | 0   | 0  | 880  | 113 |
|         | jaar    | 865 | 1001 | 115 | 26 | 1374 | 563 |

Tabel 1. Waterbalans (mm) voor zomer (april-oktober) en winter (november-april) periodes en voor een geheel jaar voor het wegzijgingsveen en het kwelveen. De waarden zijn gemiddelden van 3 jaar (1985-1987).

N - Neerslag, K - Kwel, Aan - Laterale aanvoer van oppervlaktewater, W - Wegzijging, Af - Laterale afvoer van bodemwater naar open watergangen, Et - Evapotranspiratie. Hydrologic budgets (mm) for summer (April-October) and winter (November-April) periods and for one year periods for the recharge fen ('Wegz') and the discharge fen ('Kwel'). Figures are means over a three year period.

N - Precipitation, K - Groundwater inflow, Aan - Lateral inflow of surface water, W - Groundwater outflow, Af - Lateral outflow of water, Et - Evapotranspiration.

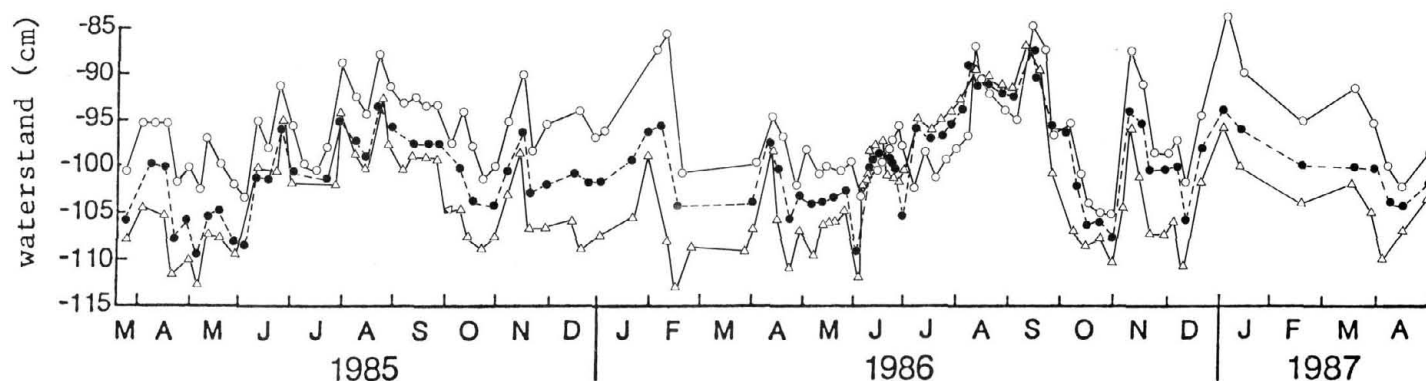


Fig. 3. Waterstanden (cm t.o.v. NAP) in het kwelveen (●), in het dekzand onder het kwelveen (○) en in de aan het kwelveen grenzende sloot (Δ) gedurende de periode maart 1985 tot mei 1987.

Water levels at central points in the fen (●), in the sandy aquifer (○) and in the ditch (Δ) during the period of March 1985 to May 1987.

puts') en afvoerposten ('outputs') te onderscheiden (tabel 2). Een aanzienlijk deel daarvan hangt samen met het watertransport. Daarnaast is er voor N sprake van uitwisselingen met de atmosfeer waarbij micro-organismen betrokken zijn: denitrificatie en stikstof-fixatie. Tenslotte worden er voedingsstoffen afgevoerd ten gevolge van het gevoerde maaibeheer.

Opvallend is dat, hoewel beide trilvenen sterk verschillen in waterhuishouding, de voedingsstoffenbalansen grote overeenkomsten vertonen. Weliswaar ontvangt het wegzijgingsveen een aanzienlijke input van voedingsstoffen via infiltrerend vervuild Vechtwater, in het kwelveen worden daarentegen grote hoeveelheden voedingsstoffen aangevoerd via opwellend grondwater. De in het opwellende grondwater aanwezige voedingsstoffen zijn afkomstig van bemeste landbouwpercelen die stroomopwaarts van het kwelveen zijn gelegen (Verhoeven et al., 1988). Voor het element N bleek de neerslag (natte en droge depositie) de belangrijkste input.

#### Verhoogde toevoer van voedingsstoffen?

De in tabel 2 weergegeven voedingsstoffenbalans roept de vraag op of er sprake is van een verhoogde input van voedingsstoffen in vergelijking met vroeger, toen eutrofiëring nog nauwelijks optrad. De voor beide trilvenen vastgestelde input voor de elementen N en K is duidelijk hoger dan die welke werd vastgesteld voor een relatief ongestoord moeras in de Verenigde Staten (Urban & Eisen-

reich, 1988; Verry & Timmons, 1982). Voor N is de input in beide trilvenen 4 tot 5 maal zo hoog, voor K ongeveer 2 maal zo hoog. De input voor P is daarentegen vergelijkbaar met die in het ongestoorde moeras. Helaas is verder vergelijkingsmateriaal niet voorhanden, omdat studies naar het voedingsstoffenbudget van vergelijkbare moerassen bijzonder schaars zijn.

Een andere benadering is het schatten van inputs uit het verleden, gebaseerd op relevante parameters voor de voedingsstoffenbalans. De stikstofdepositie via neerslag was in de dertiger jaren 3 tot 5 kg N. ha<sup>-1</sup>. jaar<sup>-1</sup> (Minderman & Leeftang, 1968), terwijl voor de berekening van de N-input via kwel de N-gehalten in het diepere grondwater in het gebied kunnen worden gehanteerd (geen invloed van de landbouw). Op deze wijze berekend bedraagt de totale input voor N in het kwelveen zo'n 20 kg N. ha<sup>-1</sup>. jaar<sup>-1</sup> in de dertiger jaren, tegen bijna 75 kg N. ha<sup>-1</sup>. jaar<sup>-1</sup> nu. Het verschil, ongeveer 55 kg N. ha<sup>-1</sup>. jaar<sup>-1</sup>, moet worden toegeschreven aan intensivering van de landbouw en emissies afkomstig van industrieën en verkeer, die hebben geleid tot eutrofiëring van de atmosfeer en van het (ondiepe) grondwater.

#### Een verschralend maaibeheer

Uit tabel 2 blijkt, dat via het gevoerde zomermaaibeheer grote hoeveelheden voedingsstoffen worden afgevoerd. In beide terreinen is de afvoer van maaisel veruit de belangrijkste output voor voedingsstoffen. Ten gevolge van het gevoerde maaibeheer treedt een verlies van de elementen P en K op uit beide trilvenen: de totale output voor deze voedingsstoffen overtreft de totale input ruimschoots (tabel 2). Op de lange termijn zal dit naar verwachting leiden tot een uitputting van de bodemvoorraad van P en K, en daarmee tot een afname van de beschikbaarheid van deze ele-

menten voor de vegetatie. Voor N blijft dit niet het geval. Ondanks het feit dat het gevoerde maaibeheer leidt tot een aanzienlijke afvoer van N, is deze afvoer onvoldoende om verschraling te bewerkstelligen vanwege de enorm hoge externe input voor dit element.

Bemestingsexperimenten hebben aangetoond, dat in trilvenen die relatief kort (< dan 25 jaar) in maaibeheer zijn de groei van planten beperkt is door het element N. Slechts het toedienen van N leidde tot een verhoogde groei van de vegetatie, het toedienen van P of K had geen effect op de groei (Verhoeven & Schmitz, 1990; Vermeer, 1986). We spreken in dat geval van een N-limitatie. Op grond van de uitkomsten van het onderzoek naar de voedingsstoffenbalans lijkt de verwachting gerechtvaardigd, dat op de lange termijn een verschuiving optreedt van N-limitatie naar P- (of K-) limitatie. Immers, de hoeveelheid N in de bodem blijft ongeveer gelijk, terwijl de hoeveelheid P en K gestaag afneemt. Inmiddels zijn in andere studies aanwijzingen gevonden die deze hypothese ondersteunen. In een al meer dan 40 jaar gemaaid trilveen in Het Hol bleek de groei van de vegetatie inderdaad beperkt door P (Verhoeven & Schmitz, 1990).

#### De beschikbaarheid van voedingsstoffen

De beschikbaarheid van voedingsstoffen wordt natuurlijk niet alleen bepaald door de externe toevoer, maar tevens door de snelheid waarmee voedingsstoffen vrijkomen uit afgestorven plantresten die zich in de bodem bevinden (mineralisatie). De mineralisatiesnelheid van voedingsstoffen wordt onder meer bepaald door de totale hoeveelheid voedingsstoffen die zich in dode plantresten in de bodem bevindt, de afbreekbaarheid van deze plantresten en de milieuomstandigheden (bodemtemperatuur, zuurgraad enz.).

In beide trilvenen overtreft de



Foto 2. Het voorjaarsaspect van het kwelveen wordt bepaald door bloeiende dotterbloemen (*Caltha palustris*).  
In early spring the aspect of the discharge fen is dominated by flowering *Caltha palustris*.

|                        | N              |              | P               |                 | K               |                 |
|------------------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                        | kwel           | wegz         | kwel            | wegz            | kwel            | wegz            |
| INPUT                  |                |              |                 |                 |                 |                 |
| Neerslag               | 42.0           | 43.7         | 0.69            | 0.54            | 6.2             | 6.1             |
| Kwel                   | 19.6           | 0.0          | 0.50            | 0.00            | 5.9             | 0.0             |
| Laterale aanvoer       | 1.3            | 7.3          | 0.08            | 0.52            | 3.9             | 18.5            |
| N <sub>2</sub> Fixatie | 12.7           | 2.1          | —               | —               | —               | —               |
| Totaal                 | 75.6           | 53.1         | 1.27            | 1.06            | 16.0            | 24.6            |
| OUTPUT                 |                |              |                 |                 |                 |                 |
| Denitrificatie         | 1.1            | 1.4          | —               | —               | —               | —               |
| Laterale afvoer        | 20.9           | 9.3          | 0.66            | 0.95            | 13.4            | 22.0            |
| Wegzijging             | 0.3            | 1.0          | 0.02            | 0.09            | 0.1             | 2.0             |
| Maaibeheer             | 65.9           | 37.6         | 5.58            | 3.92            | 44.0            | 32.1            |
| Totaal                 | 88.2           | 49.3         | 6.26            | 4.96            | 57.5            | 56.1            |
| NETTO<br>(% van input) | -12.6<br>(-17) | +3.8<br>(+7) | -4.99<br>(-393) | -3.90<br>(-368) | -41.5<br>(-259) | -31.5<br>(-128) |

Tabel 2. Voedingsstoffenbalansen voor N, P en K (kg.ha<sup>-1</sup>.jaar<sup>-1</sup>) voor het kwelveen en het wegzijgingsveen. Waarden zijn gemiddelden over 3 jaar.  
Nutrient budgets for N, P and K (kg.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>) for the discharge fen ('kwel') and the recharge fen ('wegz'). Figures are means over a three year period.

| bron                        | kwelveen |      | wegzijgingsveen |      |
|-----------------------------|----------|------|-----------------|------|
|                             | N        | P    | N               | P    |
| externe inputs              | 56.2     | 1.00 | 40.0            | 0.71 |
| mineralisatie <sup>1)</sup> | 78.0     | 2.3  | 243.0           | 34.1 |

Tabel 3. Het aandeel van externe voedingsstoffen inputs en bodemmineralisatie op de beschikbaarheid van anorganische N en P in het kwelveen en het wegzijgingsveen (kg.ha<sup>-1</sup>.jaar<sup>-1</sup>). 1) Naar Verhoeven & Arts (1987).  
The contribution of external inputs and mineralization to the availability of inorganic N and P in the discharge fen ('kwelveen') and the recharge fen ('wegzijgingsveen') (kg.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>).

hoeveelheid via bodemmineralisatie vrijgemaakte voedingsstoffen de externe inputs. De waargenomen verschillen in voedselrijkdom tussen beide onderzoeksterreinen zijn het gevolg van verschillen in mineralisatiesnelheid (tabel 3). Naar verwachting echter zal het gevoerde maaibeheer, via een uitputting van de bodemvoorraad voor met name P, leiden tot een op termijn aanzienlijke reductie van de P-mineralisatie. Daarmee zal ook de P-beschikbaarheid voor de vegetatie afnemen.

Helaas voor de natuurbeheerder zijn gunstige effecten van het maaibeheer op de beschikbaarheid van voedingsstoffen pas op lange termijn te verwachten. In trilvenen is namelijk een enorme hoeveelheid voedingsstoffen (98 procent van de totale voorraad N en P in het oecosysteem) opgeslagen in organische vorm in de bodem, en de verblijftijd van voedingsstoffen in dit bodemkompartiment bedraagt ongeveer 100 jaar. Het zal dus lange tijd duren voordat het gevoerde maaibeheer leidt tot een merkbare afname van de mineralisatiesnelheid, en daarmee tot een afname van de beschikbaarheid van P.

Vechtwater aanvoer: effecten op de vegetatie in trilvenen

De aanvoer van Vechtwater in de zomermaanden, ten behoeve van de landbouw, heeft een aantal effecten op trilvenen. Al eerder zagen we, dat de aanvoer van Vechtwater kan leiden tot het wegvallen van de kweldruk, en dat met het voedselrijke Vechtwater belangrijke hoeveelheden voedingsstoffen worden aangevoerd (tabel 2). Wellicht nog belangrijker is, dat de chemische samenstelling van Vechtwater sterk afwijkt van die van 'gebiedseigen' water (tabel 4). Vechtwater is relatief rijk aan het zout natriumchloride en aan sulfaat. De infiltratie van Vechtwater in trilvenen leidt dan ook tot een dramatische verandering van de chemische samenstelling van het bodemwater (Koerselman & Verhoeven, 1989).

Deze verandering van de waterkwaliteit die optreedt bij infiltratie van Vechtwater heeft mogelijk een belangrij-

ke invloed op allerlei processen in de trilveenbodem. Uit experimenteel onderzoek is gebleken dat Vechtwater de mineralisatie van P in de bodem van trilvenen versnelt, en in zijn algemeenheid de beschikbaarheid van dit element voor de vegetatie sterk bevordert (Koerselman et al., 1990). Tevens kan het hoge zoutgehalte van Vechtwater leiden tot processen in de bodem waarbij bepaalde voor de plant belangrijke voedingsstoffen (K,  $\text{NH}_4$ ) beter beschikbaar komen voor de plant.

Kortom, Vechtwater zorgt voor de toevoer van voedingsstoffen ('externe eutrofiëring'), maar daarnaast maakt het mogelijkwerijs voedingsstoffen vrij uit de bodem in een voor de plant opneembare vorm ('interne eutrofiëring'). Naar dit laatste aspect is tot nu toe slechts fragmentarisch onderzoek verricht, maar nader onderzoek daarnaar is op dit moment in uitvoering.

Het is niet gemakkelijk om directe oorzakelijke verbanden aan te tonen tussen de inlaat van Vechtwater en de soortensamenstelling van de vegetatie in trilvenen. Uit correlatief onderzoek (Barendregt et al., 1986; Wassen et al., 1989) komt echter naar voren, dat het voorkomen van tal van karakteristieke plantengemeenschappen in trilvenen (waaronder *Scorpidio-Caricetum diandrae*, *Calthion palustris*, *Caricion curto-nigrae*; Westhoff & Den Held, 1969) sterk zal afnemen indien Vechtwater wordt ingelaten. De kans om dergelijke plantengemeenschappen aan te treffen is het grootst in situaties waar het water kalkrijk en arm aan voedingsstoffen, natriumchloride en sulfaat is (Barendregt et al., 1986; Wassen et al., 1989).

Er zijn sterke aanwijzingen, dat infiltratie van Vechtwater zal leiden tot het verdwijnen van een aantal zeldzame en karakteristieke plantesoorten uit trilvenen, terwijl meer algemene (ruigte)kruiden het aspect van de vegetatie zullen gaan bepalen. De mechanismen die hieraan ten grondslag liggen worden samengevat in figuur 4.

### Is er nog toekomst voor trilvenen?

De voedingsstoffenhuishouding van trilvenen wordt in sterke mate beïnvloed door menselijke handelingen. Meestal leiden deze handelingen tot een toename van het voedingsstoffenaanbod. Daarbij kan, zoals eerder vermeld, een onderscheid worden gemaakt tussen 'externe eutrofiëring' en 'interne eutro-

| Component              | Vecht | Polder Westbroek | Kwelveen | Molenpolder | Wegzijgingsveen |
|------------------------|-------|------------------|----------|-------------|-----------------|
| $\text{NH}_4\text{-N}$ | 0.77  | 0.41             | 1.05     | 4.06        | 0.54            |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ | 2.26  | 0.20             | 0.04     | 0.43        | 0.04            |
| $\text{PO}_4\text{-P}$ | 0.46  | 0.03             | 0.04     | 0.25        | 0.09            |
| K                      | 5.00  | 1.60             | 0.92     | 5.97        | 2.49            |
| Ca                     | 70.0  | 17.5             | 41.8     | 20.6        | 26.5            |
| Cl                     | 230.0 | 20.9             | 21.9     | 48.0        | 33.1            |
| Na                     | 110.0 | 12.2             | 11.3     | 22.0        | 16.8            |
| $\text{SO}_4$          | 60.0  | 5.5              | 7.5      | 14.8        | 10.7            |
| $\text{HCO}_3$         | 135   | 112              | 142      | 105         | 75              |
| EGV                    | 716   | 288              | 270      | 408         | 247             |
| IR                     | 0.35  | 0.78             | 0.77     | 0.66        | 0.58            |
| pH                     | 7.5   | 7.7              | 6.3      | 8.3         | 6.0             |

Tabel 4. Fysisch-chemische samenstelling van oppervlaktewater van de Vecht, gebiedseigen water uit open watergangen in polder Westbroek en de Molenpolder, en bodemwater verzameld op 20 cm diepte in het kwelveen (polder Westbroek) en het wegzijgingsveen (Molenpolder). Concentraties in  $\text{mg.l}^{-1}$ , Elektrisch Geleidings Vermogen (EGV) in  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  (20°C), Ionen Ratio (IR) berekend als  $2 [\text{Ca}] / (2 [\text{Ca}] + [\text{Cl}])$  (concentraties in  $\text{mol.l}^{-1}$ ; Van Wirdum 1981).

Chemical and physical characteristics of water from the river Vecht, water from open water bodies in polder Westbroek and the Molenpolder, and soil water collected at a depth of 20 cm below the soil surface in the discharge fen ('kwelveen') located in polder Westbroek and in the recharge fen ('wegzijgingsveen') located in the Molenpolder. Concentrations in  $\text{mg.l}^{-1}$ , Electrical Conductivity ('EGV') in  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  (20°C), Ionic Ratio (IR) calculated as  $2 [\text{Ca}] / (2 [\text{Ca}] + [\text{Cl}])$  (concentrations in  $\text{mol.l}^{-1}$ ; Van Wirdum 1981).

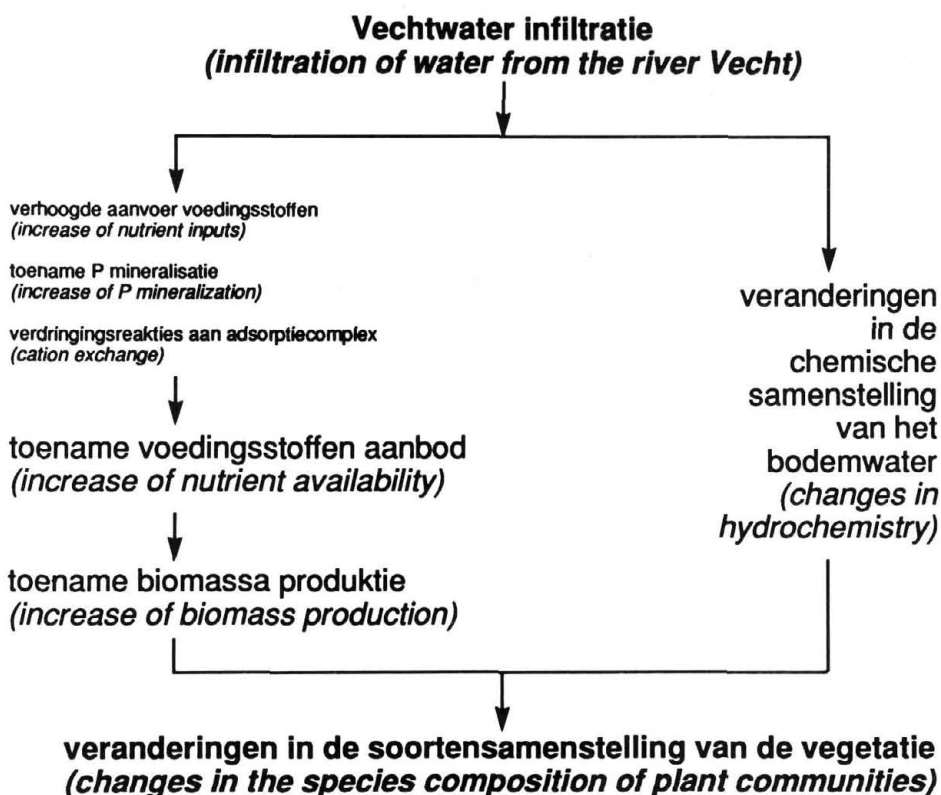


Fig. 4. Conceptueel model van de wijze waarop Vechtwater infiltratie de trilveenvegetatie beïnvloedt.

Schematic diagram of the effects of infiltration of water from the river Vecht on the vegetation in fens.



fiëring'. Dit roept de vraag op welk toekomstperspectief er is voor voedselarme trilvenen in het Vechtplassengebied, en welke rol beheersmaatregelen daarbij kunnen spelen.

Eutrofiëring van trilvenen kan worden voorkomen, maar daarvoor is een aantal (beheers)maatregelen noodzakelijk. Centraal daarbij staat een goed beheer van waterkwaliteit en waterkwantiteit. Essentieel daarbij is het handhaven en zo mogelijk versterken van de kweldruk. Dit punt kan niet genoeg worden benadrukt. De chemische samenstelling van het kwelwater leidt tot een afname van de beschikbaarheid van voedingsstoffen (met name voor P), terwijl de continue aanvoer van grondwater de trilvenen isoleert van vervuild oppervlaktewater. Inlaat van gebiedsvreemd water leidt tot een afname van de kweldruk en dient dan ook zoveel mogelijk te worden vermeden. De vraag naar wateraanvoer door de landbouw kan worden verminderd door in het voorjaar minder gebiedseigen water uit te slaan dan gebruikelijk is. Indien aanvoer van gebiedsvreemd water noodzakelijk is, moet dit water arm aan voedingsstoffen, natriumchloride en sulfaat zijn, en zoveel mogelijk die eigenschappen hebben die karakteristiek zijn voor schoon en oud grondwater (vgl. Van Wirdum, 1989). Vechtwater voldoet niet aan deze eisen, maar in het Zuidelijk Vechtplassengebied zijn andere suppletiebronnen aanwezig die eerder in aanmerking komen, zoals grondwater uit de Bethunepolder (Wassen et al., 1989). Naast een goed waterbeheer is ook een jaarlijks maaibeheer van groot belang, omdat dit op termijn leidt tot een uitputting van de bodemvoorraad van P en K.

Essentieel voor het bereiken van natuurbeschermingsdoelen is inzicht in (hydrologische) relaties tussen de trilvenen en andere oecosystemen in het landschap. Het is duidelijk, dat een alomvattende aanpak nodig is om verdere eutrofiëring te voorkomen. Dit kan betekenen, dat maatregelen noodzakelijk blijken in verafgelegen (landbouw)gebieden, wanneer deze als infiltratiegebied fungeren voor water dat in de trilvenen opwelt. Daarnaast zijn maatregelen nodig in de directe omgeving van de trilvenen, zoals een aangepast extensief agrarisch beheer.

Indien aan deze voorwaarden wordt voldaan, kunnen ook in kleine trilveen-reservaten in een agrarisch land-

schap duurzaam soortenrijke laagproductieve plantengemeenschappen voortbestaan.



Foto 3. Op meerdere dieptes in de veenbodem werden watermonsters genomen waarin de gehalten aan voedingsstoffen en mineralen werden bepaald. Water samples were collected at several depths in the peat and analyzed for their nutrient and mineral content.

### Literatuur

- Barendregt, A., M. J. Wassen, J. T. de Smidt & E. Lippe, 1986. Ingriep-effect voorspelling voor waterbeheer. *Landschap* 3: 40-55.
- Koerselman, W., 1989. Hydrology and nutrient budgets of fens in an agricultural landscape. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht. Als handelseditie uitgegeven door Thesis Publishers, Amsterdam.
- Koerselman, W., M. B. Schmitz & J. T. A. Verhoeven, 1990. Release of N, P and K in peat soils. II. Effect of water chemistry and water level. *Biogeochemistry* (in voorbereiding).
- Koerselman, W. & J. T. A. Verhoeven, 1989. Effecten van infiltratie van gebiedsvreemd water op trilvenen in het Noorderpark. In: *Aanvoer van Gebiedsvreemd Water: Omvang en Effecten op Oecosystemen*. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit van Nijmegen: 32-51.
- Minderman, G. & K. W. F. Leeftang, 1968. The amounts of drainage water and solutes from lysimeters planted with either oak, pine or natural dune vegetation, or without any vegetation cover. *Plant and Soil* 28: 61-80.
- Molenaar, J. G. de, 1980. Bemesting, waterhuishouding en intensivering in de landbouw en het natuurlijk milieu. RIN, Leersum.
- Urban, N. R. & S. J. Eisenreich, 1988. Nitrogen cycling in a forested Minnesota

bog. *Canadian Journal of Botany* 66: 435-449.

Verhoeven, J. T. A. & H. H. M. Arts, 1987. Nutrient dynamics in small mesotrophic fens surrounded by cultivated land. II. N and P accumulation in plant biomass in relation to the release of inorganic N and P in the peat soil. *Oecologia (Berlin)* 72: 557-561.

Verhoeven, J. T. A., W. Koerselman & B. Beltman, 1988. The vegetation of fens in relation to their hydrology and nutrient dynamics; a case study. In: *Vegetation of Inland Waters. Handbook of Vegetation Science* 15: 249-282.

Verhoeven, J. T. A. & M. B. Schmitz, 1990. Control of plant growth by nitrogen and phosphorus in mesotrophic fens. *Oikos*, in druk.

Vermeer, J. G., 1986. The effect of nutrients on shoot biomass and species composition of wetland and hayfield communities. *Oecologia Plantarum* 7: 31-41.

Verry, E. S. & D. R. Timmons, 1982. Waterborne nutrient flow through an upland-peatland watershed in Minnesota. *Ecology* 63: 1456-1467.

Wassen, M. J., E. van Donk, W. Koerselman & G. A. den Hartogh, 1989. Ecologische effecten van alternatieve vormen van waterbeheer voor het Noorderpark. In: *Integraal waterbeheer in het Goois/Utrechts stuwwallen- en plassengebied*. CHO-TNO, Den Haag: 280-299.

Westhoff, V. & A. J. den Held, 1969. *Plantengemeenschappen in Nederland*. Thieme, Zutphen.

Wirdum, G. van, 1981. Linking up the natec subsystem in models for the water management. CHO-TNO, Den Haag. Verslagen en Mededelingen 27: 108-128.

Wirdum, G. van, 1986. Water related impacts on nature protected sites. CHO-TNO, Den Haag. Verslagen en Mededelingen 34: 27-57.

Wirdum, G. van, 1989. Ecohydrologische aspecten van waterinlaat in laagvenen. In: *Aanvoer van Gebiedsvreemd Water: Omvang en Effecten op Oecosystemen*. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit van Nijmegen: 52-71.

### Summary

Is there a future for fens? A study of the hydrology and nutrient budgets of nutrient-poor wetlands in an agricultural landscape. In the Vechtplassen area of The Netherlands small fens occur scattered in an agricultural landscape used for dairy production. Some of the fens have been seriously affected by eutrophication, whereas others have not. In general, fens located in groundwater discharge areas have been less affected than those located in groundwater recharge areas, where supply of polluted water from the river Vecht for agricultural purposes is common practice.

To study man's impact on the nutrient budget of fens, and the role of the hydrologic regime in this respect, a hydrologic and nutrient (nitrogen-N, phosphorus-P, potassium-K) mass balance study was performed in one undisturbed discharge fen and one eutrophied recharge fen.

Although nutrient inputs, especially for nitrogen, were severely enhanced due to agricultural activities, summer harvest of aboveground vegetation resulted in a net loss of potassium and phosphorus from the fens. Nitrogen inputs and outputs were in balance. Vegetation harvest provided an effective tool to reduce phosphorus and potassium availability. In the long run, a shift from nitrogen limitation towards phosphorus or potassium limitation is to be expected in the fens.

Differences between the fens in respect of their overall nutrient budgets were small. Annual differences in biomass production and in nutrient uptake by the vegetation were the result of differences in mineralization rate.

If conservation goals are to be reached, annual harvest operations are necessary to prevent the increase of nutrient availability in fens. Moreover, the supply of polluted water from the river Vecht has to be stopped. The nutrient load of this water is high, and its chemical composition may cause an acceleration of the nutrient cycling (especially of P) within the fen ecosystem, resulting in an increase of nutrient availability. Furthermore, management plans need to take into account the position of protected fens in the overall hydrologic and nutrient budgets of the landscape that they are part of, and should include land-use regulations that prevent eutrophication of groundwater and surface water that discharges in fen complexes.

Under these conditions, there may still be a future for small species-rich fen ecosystems in agricultural landscapes.

## Dankwoord

Marjan Blom, Steven Bakker, Domien Claessens, Paul ten Den, Erik van Winden en Hannie de Caluwe worden hartelijk bedankt voor hun hulp bij het verzamelen en uitwerken van de in dit artikel gepresenteerde gegevens. Medewerkers van de vakgroep Botanische Oecologie & Evolutiebiologie worden bedankt voor hun commentaar op een eerdere versie van het manuscript. Marjolein Smit-huis verzorgde het tekenwerk.

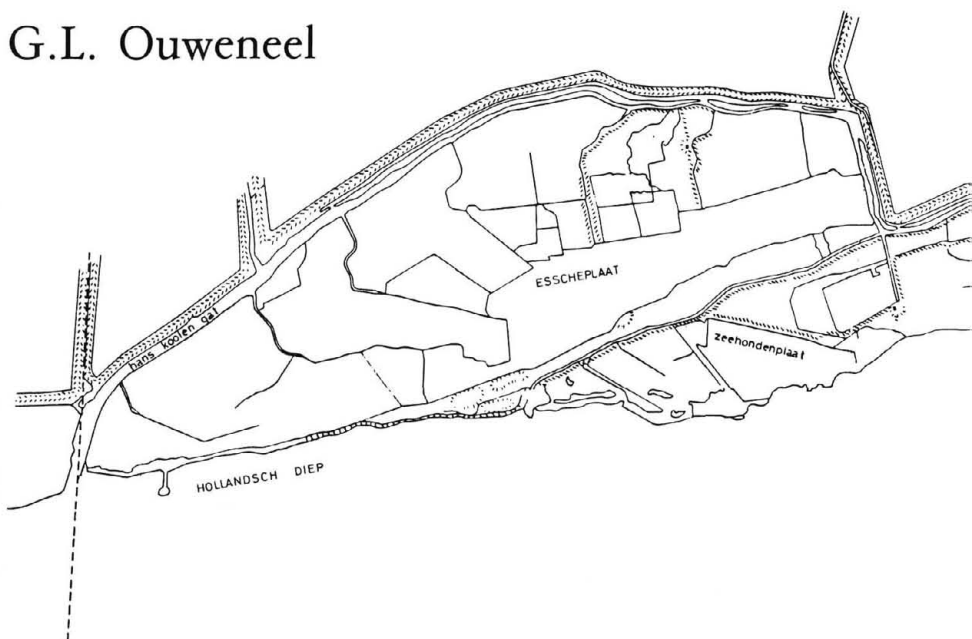
Dr. W. Koerselman\*

Vakgroep Botanische Oecologie & Evolutiebiologie,  
Rijksuniversiteit Utrecht,  
Lange Nieuwstraat 106  
3512 PN Utrecht

\* huidig adres: KIWA N.V., Postbus 1072,  
3430 BB Nieuwegein

# De ontwikkeling van een voormalig

G.L. Ouweneel



Twintig jaar geleden werd het Haringvliet afgesloten van de Noordzee. Beheerders van natuurterreinen in de Biesbosch, het Hollandsch Diep en het Haringvliet zagen zich geconfronteerd met volslagen andere beheersvraagstukken. Hierbij was nauwelijks ervaring aanwezig met vergelijkbare veranderingen eerder en elders in het land. Men stelde zich tot doel zo veel mogelijk bestaande natuurwaarden te behouden en daarnaast nieuwe waarden toe te voegen.

De Plaat van het Land van Essche (Esscheplaat) ligt in de Hoeksche Waard ten westen van Strijensas, langs de noordoever van het Hollandsch Diep (fig.1). Met de Zeehondenplaat en Sasseplaat vormt de Esscheplaat een ruim vijf kilometer lange strook van voormalige getijdengrienden. In het westen gaat het complex over in het open buitendijkse gebied van de Hoogezandsche Gorzen.

Tot 1970 was de Esscheplaat (97 ha) een getijdengriend. Een drietal authentieke griendwerkersketen herinnert aan het schilderachtige maar harde griendwerkersbestaan, waarin eb en vloed de arbeidstijden dicteerden. Op de Esscheplaat raakte het griendbedrijf lang voor de sluiting van het Haringvliet in verval. In 1965 verkreeg het gebied zijn huidige status van natuurreservaat. Tot verwerving werd besloten, omdat de verwachting was dat het gebied na de afsluiting van het Haringvliet via de Dordtse Kil, het Spui, de Oude Maas en de Nieuwe Waterweg onder invloed zou

blijven staan van het getij. Daardoor zou de Esscheplaat zijn karakteristieke vloedbos met een kenmerkende flora en fauna kunnen behouden. De belendende Zeehondenplaat (50 ha) werd in het kader van de Natuurbeschermingswet aangewezen als Staatsnatuurmonument.

## Waterhuishoudkundige gevolgen afsluiting

Grienden vormen een sterk door de mens beïnvloed milieutype. Om te bevorderen dat de wilg zich als aspectbepalende soort kan manifesteren, regelt de mens de waterhuishouding met behulp van kaden en greppels en worden de hogere ruigtekruiden regelmatig verwijderd. Op de Esscheplaat werd het waterhuishoudkundig onderhoud in 1949 gestaakt.

Nadien beperkte men zich tot het 'wieden' van de ruigtekruiden en het hakken van het griendhout. Met een gemiddelde getijamplitudo van ca 2 m was voor 1970 de waterhuishouding de belangrijkste sturende faktor voor het abio-