

**Figuur 1.** Achteruitgang van diversiteit van kiezelwieren in verzuurde vennen.

# Kiezelwieren geven aan: zwavel en stikstof houden vennen in de greep

In het natuurbeheer is weinig aandacht voor het microscopisch waterleven, behalve als algenbloei overlast veroorzaakt. Sommige algengroepen, zoals kiezelwieren, geven niettemin waardevolle informatie over de verzurings- en eutrofiëringstoestand van vennen, niet alleen van nu, maar ook van een eeuw geleden.

— Herman van Dam (Adviseur Water en Natuur) en Adrienne Mertens (Diatomella)

> In de jaren zeventig trad in Scandinavische meren vissterfte door verzuring op. Hierdoor gealarmeerd onderzochten we toen in Nederlandse vennen de soortensamenstelling van kiezelwieren of diatomeeën, een groep van eencellige algen, die goede indicatoren zijn voor veranderingen in de waterchemie. Door hun korte levenscyclus reageren ze daar immers snel op. We bekeken monsters uit de jaren twintig en zeventig van de vorige eeuw en vonden een toename van verzuringsindicatoren ten koste van meer gevoelige en zeldzame soorten. Na de jaren zeventig namen de zwavelemissies af en om de effecten daarvan te volgen, selecteerden

wij drie vennen (zonder directe invloed van vermesting of verdroging), die we sinds 1978 jaarlijks meerdere malen bemonsterden op chemie en kiezelwieren.

Kiezelwieren of diatomeeën zijn microscopisch kleine, eencellige algen. Ze kunnen zich massaal ontwikkelen, vooral in het voorjaar, en vormen dan vaak een bruingele laag op waterplanten. De meeste soorten leven op de bodem of gehecht aan water- en overplanten en tussen (veen-) mossen. De verkieselde celwand heeft vaak fraaie vormen en structuren, waaraan de soorten herkenbaar zijn (Figuur 1).

In Nederland komen ongeveer 2000 soorten kiezelwieren voor. Veel soorten zijn karakteristiek voor zure en zwakgebufferde vennen. Kiezelwieren zijn goede milieu-indicatoren, vooral voor zuurgraad en voedselrijkdom.

In de drie vennen vonden we 132 soorten, die zijn ingedeeld in ecologische groepen. *Eunotia*

*exigua* (Figuur 1, rechts) is dé verzuringsindicator. Triviale soorten uit zuur water zijn algemeen in zure wateren. Doelsoorten zijn soorten uit (zeer) zwak gebufferde wateren en goed ontwikkelde hoogveenvegetaties. Hoe meer van deze doelsoorten voorkomen, hoe beter de venkwaliteit. Daarnaast zijn er nog soorten van geëutrofiëerde zure wateren en soorten van neutrale tot alkalische voedselrijke en/of organisch vervuilde wateren. De weinig kritische soort *Achnanthes minutissimum* komt in allerlei niet te zeer vervuilde wateren voor.

## Chemie en droogte

Om te beoordelen hoe de kiezelwieren als indicator gebruikt kunnen worden, hebben we data over chemie (Figuur 2) en droogte verzameld en die gekoppeld aan wat we aan kiezelwieren hebben gevonden. Enkele belangrijke en opvallende kenmerken van de vennen:

- In Achterste Goorven en Gerritsfles viel in de

**Tabel 1.** Morfologie van en verzurende depositie (kmol ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>) op de vennen.

Ven	Oppervl. (ha)	Diepte (m)	Zwaveldepositie		Stikstofdepositie	
			2020	kritisch	2020	kritisch
Kliplo bij Dwingeloo	0,5	1,1	0,22	0,40	0,83	0,4 - 0,7
Gerritsfles bij Apeldoorn	6,8	1,2	0,28	0,40	1,01	0,4 - 0,7
Achterste Goorven bij Oisterwijk	2,4	1,9	0,31	0,40	1,98	0,4 - 0,7

## De drie vennen

**Kliplo** (Drenthe) is een klein ven omgeven door berken, kaal zand en een trilveentje, in een dennenbos. Het ligt door reliëfomkering hoger dan zijn omgeving en blijft nat doordat regenwater op een slecht doorlatende laag stagneert. Vanouds is het ven, dat ooit als eendekooi is gebruikt, zeer zwak gebufferd. De drijvende egelskop, een Rode-Lijstsoort, gaat de laatste decennia achteruit. Het water wordt nu vaak door algenbloei vertroebeld. Drijvend fonteinkruid is de aspectbepalende waterplant.



foto Herman van Dam



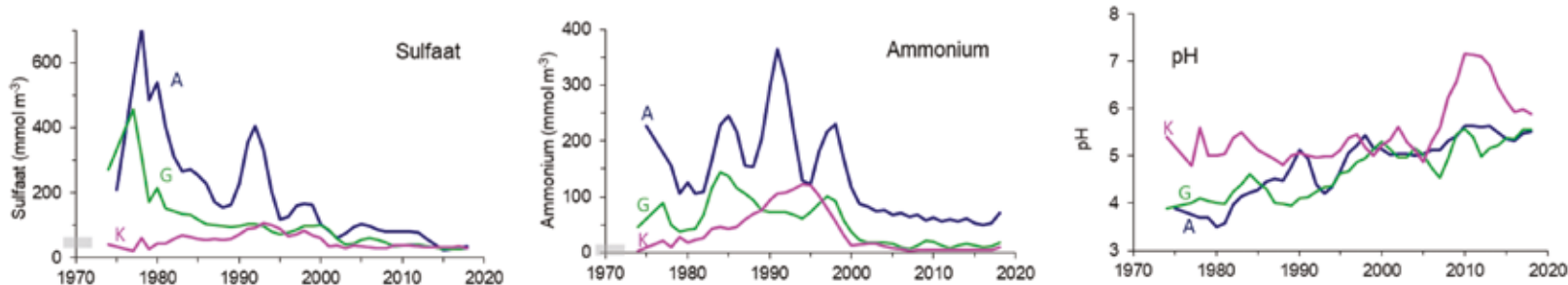
foto Hans Hop

De **Gerritsfles** (Veluwe) was rond 1800 een heideveentje. Door inwaaierend stuifzand uit het Harskamperzand steeg de waterstand in het veentje en werd tevens veel ijzer(oxide) aangevoerd. Zo kon door reductie- en oxidatieprocessen zich een hoge, opstaande en stagnerende ijzerlaag in de bodem vormen, boven het grondwater. Het wassen van schapen stimuleerde het vrijkomen van bufferstoffen, waardoor er waterlobelia kon groeien. Later sloegen dennen langs een deel van de oever op. De bodem was tot voor kort bedekt met waterveenmos, maar dit lijkt achteruit te gaan. Langs de oevers groeit veel knolrus, plaatselijk ook drijvende egelskop.

**Het Achterste Goorven** (Brabant) ligt tussen stuifheuvelds, die in de 19e eeuw met dennen zijn beplant. In 2004-2005 zijn ze tot 30 m uit de oever verwijderd. De voeding is grotendeels regenwater, maar met grondwater komt veel ammonium en sulfaat in het ven. Vanouds was er in het ven een west-oost-gradiënt van hogere naar lagere buffercapaciteit, nutriëntenconcentraties en pH, met planten uit het Oeverkruidverbond en hoogveen. Tegenwoordig is er een gagelstruweel langs de oever met in het water regelmatig waterlelie en planten uit zure vennen, zoals knolrus en geoord veenmos.

foto Herman van Dam



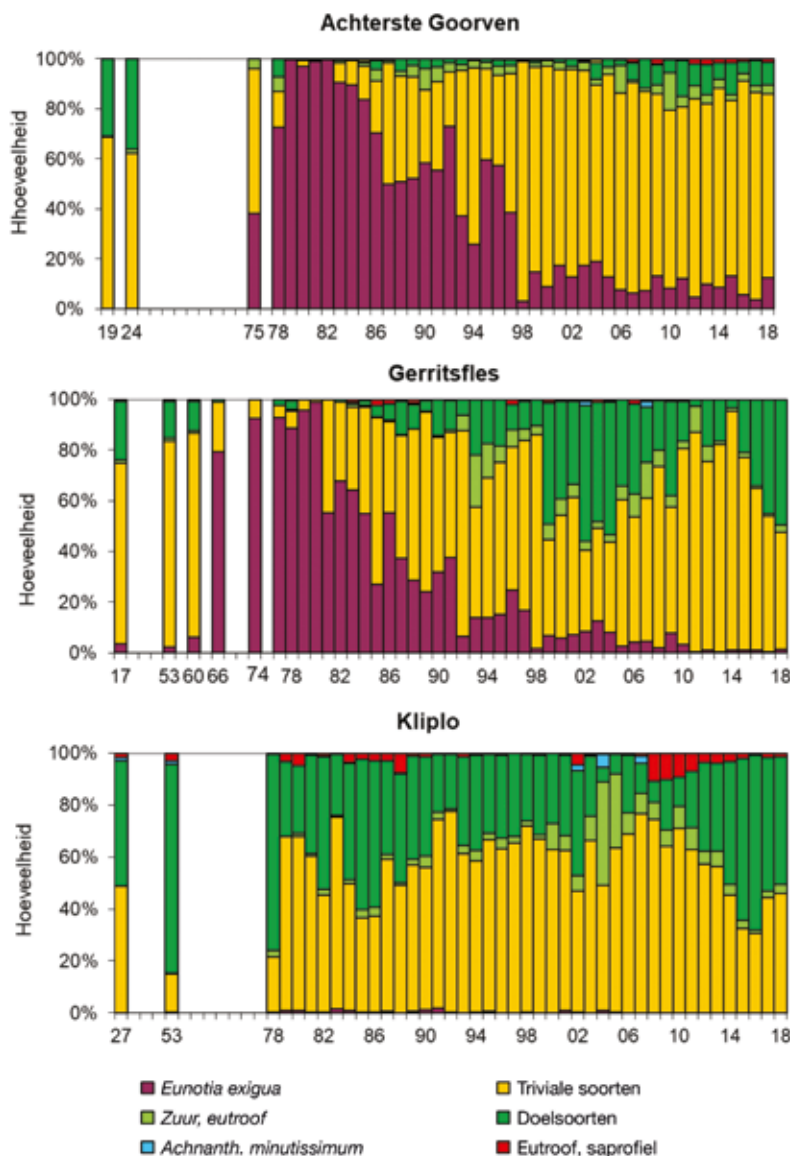


**Figuur 2.** Driejaars voortschrijdende gemiddelden (4 monsters per jaar) van enkele variabelen in Achterste Goorven (A), Gerritsfles (G) en Kliplo (K). Grijs blokjes geven de aantoonbaarheidsgrenzen aan.

extreem droge zomer van 1976 een groot deel van de bodem droog, waardoor de gereduceerde zwavelverbindingen, die zich in de decennia daarvoor in de venbodems hadden opgehoopt, oxideerden en de sulfaatconcentraties piekten. De concentraties namen weer af door sulfaatreductie en door afvoer van sulfaat met het neerslagoverschot naar het grondwater. In het Achterste Goorven volgden na droge jaren opnieuw sulfaatpieken. Na de droogten van 2003 en later was de bodemzwavelvoorraad zo gering dat er geen pieken meer optraden. In de Gerritsfles was de sulfaatafname meer monotoon, doordat hier een geringer deel van de bodem droogviel. In Kliplo, waar nauwelijks bodem droogviel was na 1976 geen sulfaatpiek. Sulfaat werd hier juist gereduceerd tot sulfiden.

- De ammoniumconcentraties zijn halverwege de onderzoeksperiode maximaal, de Gerritsfles iets eerder en Kliplo iets later. Sinds 2000 blijft ammonium laag. In het Achterste Goorven zijn de concentraties nog steeds verhoogd. De pieken en dalen van voor 2000 vallen vaak samen met die van sulfaat, waarbij de ammoniumconcentratie als eerste stijgt.
- 2008 was een breukjaar in de trend van Kliplo. De gemiddelde pH steeg tot 6,9 en groene planktonalgen namen enorm toe. Die veranderingen zijn gestimuleerd door de hoge temperaturen in 2006 en 2007, destijds de warmste jaren sinds het begin van de Nederlandse temperatuurmetingen (1735). Hierdoor namen sulfaatreductie en alkaliniteit toe, samen met de pH. Dit bevorderde het vrijkomen van fosfaat, als voedingsstof voor algen, uit het sediment.
- De afname van de zwaveldepositie tot ruim beneden de kritische depositie heeft, in combinatie met droogval, gunstige gevolgen voor de voedselrijkdom van het Achterste Goorven en de Gerritsfles. De zwavelreductie vermindert, waardoor fosfaat zich aan het in de venbodem aanwezige ijzer hecht: de ijzersulfiden maken plaats voor ijzer-fosfaat-verbindingen. In Kliplo, waar door het ontbreken van droogval, weinig zwavel wordt afgevoerd, draait de zwavelreductie echter op volle toeren door.
- De kritische depositie van vermestende stikstofverbindingen wordt nog ruim overschreden. Bovendien wordt bij de hiermee samen-

**Figuur 3.** Veranderingen van ecologische groepen van kiezelwieren in de laatste eeuw. Vanaf 1980 zijn de kolommen steeds gemiddelden van een voor- en een najaarsmonster. De kolommen vóór 1980 zijn gemiddelden van 1 – 11 monsters.



hangende denitrificatieprocessen organisch materiaal afgebroken, waarbij andere voedingsstoffen vrijkomen die deze vermisting nog versterken

#### Reacties van kiezelwieren

In het Achterste Goorven bevonden zich in vier monsters uit 1919-1920 (aangegeven als 1919) alleen doelsoorten en triviale soorten uit zure vennen (Figuur 3). Na het extreem droge jaar 1921 (zes monsters uit 1921 – 1928) bleef dat zo. We vonden

de oude monsters in de Naturaliscollectie. In 1975 bevatte het monster al bijna 40% van de verzuringsindicator *Eunotia exigua* en na de droogte van 1976 bijna 100%. Daarna nam deze verzuringsindicator af, ongeveer parallel met de sulfaatconcentratie. De laatste decennia vinden we wat meer doelsoorten, maar ook indicatoren van zuur, voedselrijk water. Soms zijn er zelfs soorten die een hoge afbraak van organisch materiaal indiceren (eutroof, saprofiel).

In de Gerritsfles kwamen in 1960, vlak na het extreem droge jaar 1959, de doelsoorten nog voor. Het effect van deze droogte was pas goed zichtbaar in 1966: de doelsoorten waren verdwenen en 80% behoorde tot de verzuringsindicator. Eerst na 1980 nam de verzuringsindicator hier af. Sinds de jaren tachtig zijn er meer doelsoorten dan in het Achterste Goorven, maar soms ook soorten uit zuur, eutroof water. Soorten die wijzen op de afbraak van organisch materiaal ontbreken vrijwel. Na de verzuring in de jaren zestig tot tachtig is de kwaliteit verbeterd. De doelsoorten van de laatste tien jaar zijn echter anders dan in 1916-1918 en duiden op meer moerassige omstandigheden, wellicht samenhangend met de stijging van de waterstand.

In de oudste en meest recente monsters van Kliplo komen vooral doelsoorten voor. In de oudste monsters ontbreken soorten uit zuur, eutroof water. In nogal wat monsters komen van oudsher indicatoren voor van voedselrijk water of water met organisch, afbreekbaar materiaal. Na 1978 wordt dat waarschijnlijk veroorzaakt door de voortdurende afbraak van organisch materiaal door reductieprocessen en in de oudste monsters door het gebruik als eendenkooi of het wassen van schapen. In de laatste tien jaar lijkt weer enig herstel op te treden van de sterke interne eutrofiëring sinds 2008.

### Kiezelwieren als indicatoren

Kiezelwieren worden in het beheer maar weinig als indicatoren gebruikt, hoewel ze heel geschikt zijn om de chemische toestand, ook in het verleden te indiceren. Zo blijkt uit ons onderzoek dat de extreme droogte van 1921 geen toename van verzuringsindicatoren veroorzaakte, terwijl dat bij de extreme droogte van 1976 wel in hoge mate gebeurde. Zo leren zij ons dat droogte in een gezond watersysteem geen negatieve gevolgen hoeft te hebben, maar dat die er wel zijn bij een overmaat aan zwavel- en/of stikstofverbindingen. Omdat kiezelwieren anders dan de meeste wateren oeverplanten alleen afhankelijk zijn van de samenstelling van het oppervlaktewater en niet van die van de waterbodem, reageren ze directer op de veranderingen in de watersamenstelling dan de overige plantengroei. Dat wordt bevestigd door de grote veranderingen in de soortensamenstelling tussen 1978 en 2000, terwijl er toen geen grote veranderingen optraden in de soortensamenstelling van de water- en oeverplanten, afgezien van de enorme pieken en dalen van knolrus kort na 1976. Bij verdere temperatuurstijging vallen veranderingen van de kiezelwierensoortensamenstelling te verwachten.

### Beheer

Het onderzoek in deze drie en vele andere vennen leert dat de reacties van de vennen op de

dalingen van de depositie van zwavel- en stikstofverbindingen sterk worden beïnvloed door hun vorm en diepte. De sulfaatconcentraties in geïsoleerde vennen met vlakke oevers, zoals het Achterste Goorven waren na de ernstige droogte van 1976 torenhoog, maar sindsdien heeft veel zwavel het ven verlaten, waardoor de verzuring is afgenomen. In vennen met steile oevers, zoals Kliplo blijft veel zwavel in de venbodem achter en zorgen reductieprocessen voor eutrofiëring. In vennen met een intermediaire morfologie, zoals de Gerritsfles is de zwavelhuishouding weer in balans, dankzij de brongerichte maatregelen. Dat is voor stikstof nog lang niet het geval, ondanks de sterke daling van de depositie in de afgelopen decennia. Beheerders hebben weinig instrumenten om hier wat aan te doen. Baggeren is hier dweilen met de kraan open, zolang de stikstofdepositie nog hoger is dan de kritische depositie. Wel kan het zinvol zijn om in vennen met toevoer van grondwater bos in het intrekgebied te verwijderen, om de lokale stikstofdepositie te verminderen.<

[herman.vandam@waternatuur.nl](mailto:herman.vandam@waternatuur.nl)

*Meer informatie: 'Monitoring herstel verzuring en klimaatverandering vennen 1978-2018' (edepot.wur.nl/509123)*



foto Ronald Bijkerk



foto Herman van Dam

**Boven: de drijvende egelskop in Kliplo neemt af. Rechtsboven: in Kliplo komt drijvend fonteinkruid veel voor.**

foto Hans Hop

