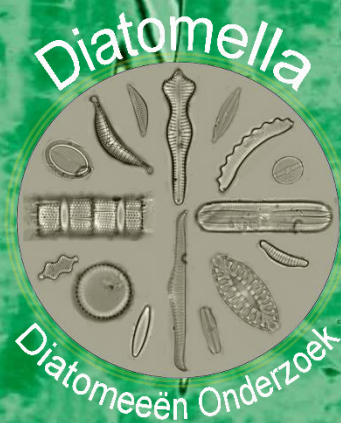


**Kiezelwieren op herbari-
ummateriaal uit het Beek-
bergerwoud**
een retrospectieve milieu-analyse

Natuur
Water *Herman van Dam*



Kiezelwieren op herbarium- materiaal uit het Beek- bergerwoud een retrospectieve milieu-analyse

Natuur
Water Herman van Dam



In opdracht van	Adviseur Water en Natuur	
Auteurs	Dr. H. van Dam (Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur), Ing. A. Mertens (Diatomella)	
Namens opdrachtgever	Dr. H. van Dam	
Rapportnummer	Code opdrachtgever	Status
AWN 1602 / Diatomella 20003	1602	Definitief
Datum	7-12-2020	

Herman van Dam
Adviseur Water en Natuur
Spyridon Louisweg 141
1034 WR Amsterdam
www.waternatuur.nl

Adrienne Mertens
Diatomella
Ijkelaarstraat 3
6611 KN Overasselt
www.diatomella.nl

Referaat

H. van Dam & A. Mertens (2020). Kiezelwieren op herbariummateriaal uit het Beekbergerwoud. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur, Amsterdam. Rapport 1602 / Adrienne Mertens, Diatomella. Rapport 20003. 34p.

Het Beekbergerwoud werd geveld in de jaren 1869-1871 en werd als grasland in gebruik genomen. De laatste decennia wordt een deel van het gebied ontwikkeld tot kwelafhankelijke natuur.

In Naturalis Biodiversity Center werd herbariummateriaal van water- en moerasplanten (inclusief mossen) uit de jaren 1834 – 1854 getraceerd. Van kleine stukjes planten werden preparaten van de erop groeiende kiezelwieren (diatomeeën) gemaakt. De soortensamenstelling hiervan werd semi-kwantitatief vastgesteld.

Er werden 107 taxa gevonden, waarvan 28 voor Nederland zeldzaam zijn. Dat betreft vooral taxa uit (zwak) gebufferde wateren, die vaak een hoofdverspreiding hebben in middelgebergte, de Alpen of Scandinavië. Er werden vijf voor Nederland nieuwe taxa gevonden. Ook dit zijn voornamelijk taxa van schone wateren.

Er zijn monsters met veel en met weinig stromingsindicatoren en er zijn verschillen in de aanwezigheid van droogte-indicatoren. De zuurgraadindicaties geven overwegend neutraal tot alkalische omstandigheden weer, maar plaatselijk zullen er ook lichtzure omstandigheden zijn geweest. De trofie-indicaties liggen in het meso- tot eutrofe gebied. De variatie in zuurstof- en saprobieindicaties hangt waarschijnlijk samen met verschillen in de aanwezigheid van verterend boomblad.

Trefwoorden

Moerasbossen, bronnen, herbariummateriaal, waterplanten, moerasplanten, kiezelwieren, diatomeeën, historische ecologie, Gelderland

Inhoud

1.	Inleiding	1
2.	Het Beekbergerwoud	3
2.1	Geologie en bodem.....	3
2.2	Hydrologie.....	4
2.3	Beïnvloeding en beheer	6
2.4	Ontginning en natuurontwikkeling	6
2.5	Plantengroei	7
2.6	Het Woud als milieu voor kiezelwieren.....	10
3.	Materiaal en methoden	11
3.1	Monsternamen en analyse.....	11
3.2	Verwerking	12
4.	Resultaten	15
4.1	Aard van de aangetroffen taxa	15
4.2	Ecologische interpretatie	17
4.3	Relatie tussen milieufactoren en kiezelwieren.....	19
5.	Samenvatting en conclusies	21
6.	Dankwoord	23
7.	Literatuur	25
7.1	Algemene literatuur	25
7.2	Determinatieliteratuur kiezelwieren	26
	Bijlagen	29
	Bijlage 1. Indeling ecologische indicatiegetallen.....	31
	Bijlage 2. Telresultaten	33

I. Inleiding

Kiezelwieren (diatomeeën) zijn eencellige microscopische algen, waarvan de bruingeel gekleurde celinhoud is omgeven door een stevige kiezelwand. De soorten zijn goed te onderscheiden naar de grootte, vorm en ornamentatie van de kiezelwandjes.

Kiezelwieren zijn zeer algemeen in allerlei milieus, vooral in meren, plassen, beken en rivieren, maar ook in moerassen en op droge bodems. In Nederland komen waarschijnlijk ongeveer 1500 soorten voor (Van Dam 2010). De meeste soorten leven op en om waterplanten, beschoeiingen of in de bovenste lagen van de bodem: in de modder of vastgehecht aan zandkorrels.

Daar de verschillende soorten verschillende eisen aan het milieu stellen kunnen door een ervaren diatomist uitspraken worden gedaan over het milieu waarin het monster is genomen. Ze worden daarom veel gebruikt als biologische indicatoren voor de waterkwaliteit. Door verontreiniging van het oppervlaktewater met organisch afbreekbaar materiaal, vermesting, verzuring en verzilting verandert de soortensamenstelling van de diatomeeën sterk en er zijn kwantitatieve methoden ontwikkeld voor het karakteriseren van deze beïnvloedingen (Van Dam e.a. 1994, Smol & Stoermer 2010).

Kiezelwieren uit het verleden blijven goed geconserveerd op water- en moerasplanten uit herbaria en zijn met succes gebruikt voor reconstructie van historische milieumomstandigheden door diverse auteurs, zoals Arzet & Van Dam (1986) in Duitse meren, Van Dam & Mertens (1991) voor het Beuven, Van Dam & Mertens (1993) in de Nieuwkoopse Plassen en Denys (2009) in de Kraenepoel bij Gent.

De botanicus E.J. Weeda heeft historische abiotische en biotische gegevens van het voormalige Beekbergerwoud gepubliceerd (Weeda 2013, 2014). Hij is thans bezig deze gegevens verder uit te werken en te interpreteren.

Aanvullend hierop geeft dit rapport een analyse van historische kiezelwieren-gegevens, waaruit de waterkwaliteit in het verleden wordt afgeleid.

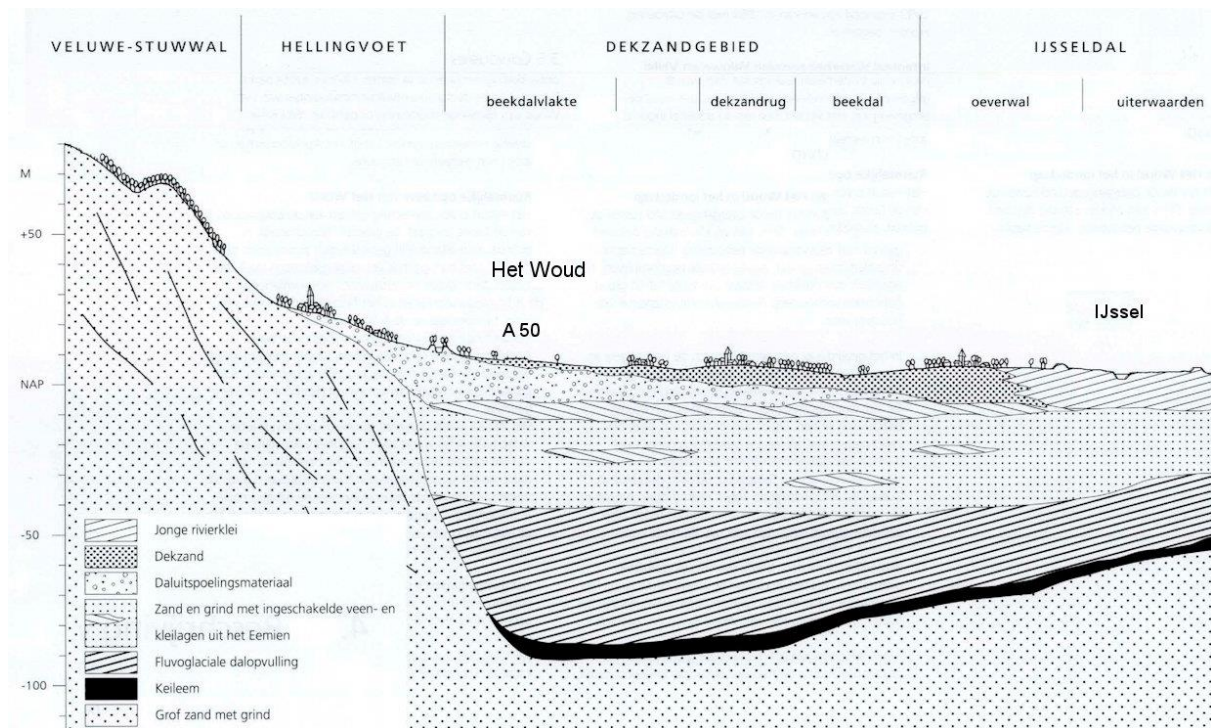
2. Het Beekbergerwoud

Dit bosch is een der merkwaardigste bosschen van ons Vaderland en misschien het eenig natuurwoud, waar nooit in geplant is of wordt. De plantengroei is er zo weelderig als ergens in ons geheele land. Het bestaat meest uit elzenbomen, die zich zelve zaaien, en soms wel een hoogte van 20 ellen bereiken. Voorts ziet men er de schoonste essen en eikenbomen, heesters van de vreemdste soort en wilde bloemen. De zwarte bezie, de framboos, de braam- en de boschbes vindt men er in overvloed. Ook nestelen er goudvinken en nachtegalen; terwijl er eenige hoge terpen, horsten genaamd, in gevonden worden, waarvan de hoogste eenige oudheden opgeleverd heeft, die waardig zijn verder nagespeurd te worden. Wegens de weeten, moerassigen grond, kan uit dit bosch niet dan bij sterke vorst gehaald worden, en is het slechts bij drooge zomers te begaan. Het is 156 bunder, 16 vierk. roeden, 20 v. ellen groot (Van der Aa 1840).

2.1 Geologie en bodem

Geologie

Het in 1869-'71 gekapte Beekbergerwoud lag in de IJsselvallei, tussen Apeldoorn en Zutphen, op slechts enkele kilometers van de oostelijke Veluwe stuwwal. Deze bestaat voor het grootste deel uit opgestuwd preglaciaal zand. De ondergrond van de stuwwalflank en de door het ijs uitgesleten bekkens zijn onderhevig geweest aan meerdere processen, waardoor er een gevarieerde gelaagdheid is ontstaan (Figuur 2.1).



Figuur 2.1 Geologische ligging van het Beekbergerwoudgebied ('Het Woud'). Oppervlaktevegetatie als rond 1970 (naar gegevens van Stiboka 1979 uit Veen 1993).

Bodem

De bodems hebben zich ontwikkeld in een dunne laag fijn, lemig dekzand op grindrijk daluitspoelingsmateriaal. Lokaal komen leemlagen in de bovengrond voor. De tegenwoordig voorkomende bodemtypen zijn van nat naar hoog: moerige eerdgronden, beekerdgronden, gooreerdgronden, veldpodzolgronden (vroeger waarschijnlijk de horsten). Met name aan de noord- en oostzijde van het Woud zijn dekzandruggen afgezet, die bekend staan als horsten. Er was een veenlaag van onregelmatige dikte, met een maximum van 2 m

Het middeldiepe Veluwesysteem treedt op twee manieren in het onderzoeksgebied uit: kleilagen uit het Eemien (het laagpakket van Zutphen, formatie van Kreftenheye) vormen het scheidende laagpakket. Een groot deel van het geïnfiltrerde water stroomt volgens Hanhart & Maljaars (2011) door het kalkrijke freatisch pakket boven de Zutphen-klei af (de oranje pijl in Figuur 2.2). Deze kalkrijke kwel bereikt met name in het zuidwestelijke deel van het gebied het freatisch grondwater. Een ander deel van het middeldiepe Veluwesysteem infiltreert tot onder de Zutphen-klei en stroomt door het eerste watervoerend pakket (de groene pijlen). Het kan op een aantal plaatsen door de Zutphen-klei heen komen, waardoor plaatselijk kwelvensters kunnen ontstaan.

De kwaliteit van het diepere grondwater is door Hanhart & Maljaars (2011), met gegevens uit 2009, gemeten en benoemd als zwak lithoclien. Daar waar de regionale kwel tot aan de wortelzone doordringt, is het echter sterk verrijkt met kalk en bicarbonaat uit zandlagen in de formatie van Kreftenheye. Daardoor is het basenrijk tot zeer basenrijk.

Lokale kwel

De lokale kwel beperkt zich tot de grondlagen boven de Zutphen-kleilaag. De sturende factor bij deze kwelstromen (blauwe pijlen in Figuur 2.2) zijn hoogteverschillen tussen dekzandruggen en tussengelegen laagtes. Ook micro-systemen zijn van wezenlijk belang bij de aanwezigheid en afwezigheid van basenrijk grondwater tot hoog in het bodemprofiel (Hanhart & Maljaars 2011).

Vóór de grootschalige ontginning in 1869-'70 kwamen er meerdere horsten en slenken voor. Dit zijn hoger gelegen dekzandkopjes, afgewisseld met laagten, die voor aanvullende grondwaterstromingen en daardoor voor een grotere variatie aan standplaatscondities zorgden. Door leemlagen in de bodem, stagnatie van regenwater en plaatselijke invloed van basenrijke kwel was er veel variatie in standplaatscondities.

De lokale kwelstromen kunnen bijzonder basenrijk zijn (Hanhart & Maljaars 2011). De oorzaak hiervan is dat er kalkrijke zandgronden relatief dicht onder het maaiveld voorkomen, waardoor kalk kan worden opgenomen in het grondwater. De oorsprong van de kwel (regionaal of lokaal) is daarom in mindere mate bepalend voor de basenrijkdom.

Gelet op het snelle droogvallen van het Beekbergerwoud in de afgelopen jaren zijn lokale systemen vermoedelijk belangrijker dan eerder is onderkend (R. Ketelaar, pers. med.).

In het Woud waren er gradiënten in de watersamenstelling: in de ruggen (kopjes) was het water vrij zuur (regenwater), en in de slenken was er sprake van uittredend basenrijk kwelwater en permanent natte omstandigheden (Hanhart & Maljaars 2011).

Neerslag

Hoogteverschillen in het landschap en slecht doorlatende lagen in de bodem zorgen voor de vorming van regenwaterlenzen of stagnerend regenwater (Hanhart & Maljaars 2011). De plaatselijke aanwezigheid van atmosferisch water zorgt voor zuurdere en basenarme standplaatsen.

Oppervlaktewater

Het Woud werd alleen gevoed door sloten die water aanvoerden dat ten zuiden, zuidwesten en westen van het Woud opkwelde. Het water werd afgevoerd door voorden of onder primitieve bruggen in de Elsbosweg, naar de Groote en Kleine Leijgraaf (Hanhart & Maljaars 2011).

In het verleden kwamen er in het Beekbergerwoud geen sloten voor. Delen van het Woud werden gevoed door basenrijk grondwater, dat plaatselijke uit

de bodem opwelde en vooral in het westelijk deel over maaiveld via een stelsel van vertakte slenken naar een vlak gebied aan de oostzijde van het Woud stroomde: het *Zomp* (Hanhart & Maljaars 2011).

In de lengte van het woud (twee kilometer) was een verval van ruim twee meter. Langs de noordzijde was een strook droge grond met een veldweg (de huidige Elsbosweg), twee tot drie voet hoger dan de lage vlakke van het bos. In de weg waren een paar laagten, waar het water een uitweg kon vinden (Bosker 1874).

Vóór de kap van Het Woud varieerde de waterstand in het gebied zeer sterk. In de winter was het hele bos, met uitzondering van de horsten, geïnundeerd en in warme zomers kon de waterstand vrij diep wegzakken, maar de bosbodem bleef over grote oppervlakten drassig, waardoor het gebied slecht toegankelijk was. Aan alle zijden, behalve de noordzijde, was Het Woud omgeven door ruggen.

2.3 Beïnvloeding en beheer

Het Woud was alleen in zeer droge zomers en in winters met veel vorst toegankelijk. ‘Gedurende dezen tijd heeft het woud een geheel eigenaardig aanzien. Het is alsdan met menschen opgevuld, een ieder is werkzaam, overal heerscht drukte, terwijl de groote vuren, omringd van lieden, welke zich in en uitwendig zoeken te verwarmen, een geheel eigenaardig beeld opleveren. Valt de dooi schielijk in, dan moet er veel van het gehakte hout achterblijven, hetwelk door het ijs zakt en voor den eigenaar voor altijd verloren is’ (Wttewaall (1836). De bomen werden op ongeveer drie voet boven de grond (vlak boven de ijsvloer) gekapt.

Vanaf de 17^e eeuw zijn er gegevens over het gebruik van Het Woud. De houtkap werd gereguleerd door de Marke. Het werd gebruikt als timmerhout, voor palen (dijkwerken), vaten, klompen, productie van houtskool en als brandhout. In het Woud werden turf en plaggen gestoken. Op de horsten werden soms eiken aangeplant. Verder werden er in het bos koeien ‘geweid’¹. Bij ‘De Zomp’ was een reigerkolonie, die voor lokale bemesting gezorgd zou kunnen hebben (Moerman & Van Zinderen Bakker 1950, Van Lohuizen 1980).

2.4 Ontginning en natuurontwikkeling

Nog op de topografische kaart van 1869 staat ‘Het Woud’ aangegeven als ‘ontoegankelijk moeras met hoge Steenboomen’ (Figuur 2.3).

¹ ‘Als men vroeger ‘s morgens de koeien de stallen uit de weg op dreef (die weg: thans de Lierderstraat) dan was ook altijd een geweldige "bul" van de partij. Met de onbetwiste leider vooraan, trok de kudde onder de hoede van de koejongen richting "Het Woud". Op een dag (het moet rond 1800 zijn geweest) kwam de stier na het blazen op de hoorn niet naar de koejongen. In arren moede keerde de jongen met de kudde huiswaarts. Lieren van streek natuurlijk: Een flinke strop, het verlies van zo'n beest. Omdat het te gevaarlijk was zich diezelfde avond nog naar het Woud te spoeden, begon men de zoekactie eerst de volgende morgen. En wie schetst de verbazing van de boeren, toen ze de stier bij de Hooiland(s)wal aantroffen met een dode wolf op de horens. De stier had "in z'n eentje" afgerekend met een van de laatste wolven uit de omgeving.’ (Van Lohuizen 1980)

12 hektaren dicht bezet met zwaar opgaand hout werd boom voor boom uitgerooid, waarbij de wortels zodanig werden losgehakt, dat alle boomen in dezelfde rigting van het werk afvielen; ruim 100 arbeiders werkten naast elkander, krakende en dreunende viel boom na boom, onder vrolijk gezang der welgezinde arbeiders, de een op den ander, zonder dat er het geringste ongeluk bij te betreuren viel.’

Hier moet ik doen opmerken, dat aan de arbeiders ten strengste verboden was sterken drank bij het werk te gebruiken, hetwelk tot de goede orde voorzeker zeer veel heeft bijgedragen, en ofschoon de arbeiders gedurende den geheelen winter slechts één halven dag hebben verzuimd, en dag op dag in den moerassigen grond moesten werken, hebben wij nog koortsen noch ziekten onder het volk waargenomen

(Bosker 1874)

In de jaren 1869-1971 werd Het Woud geveld, en het waterpeil drastisch verlaagd, om de grond te kunnen gebruiken voor de landbouw. De eerste klus was de drooglegging. Daartoe liet Bosker een ringsloot om Het Woud heen graven. De ringsloot werd aangesloten op de Kleine en de Grote Leigraaf. Hiertoe moest de smalle zandrug die Het Woud aan de noordkant afsloot, worden doorgraven. Toen de laatste dam in de ringsloot werd doorgestoken, stroomde het water ‘met ongelooflijke kracht’ af, Vervolgens werd een weg door het bos heen aangelegd, en werden kruissloten gegraven om het water uit het midden van Het Woud af te voeren. Om de honderd meter werden kavelsloten gegraven. In hoog tempo werd daarna het hele bos leeggekapt. Op sommige momenten werkten er niet minder dan 150 arbeiders op het terrein. Kavel na kavel werd gespit of geploegd en geëgaliseerd. Van de horsten bleef zo weinig over. Op 10 juni 1871 is de laatste boom van Het Woud geveld en datzelfde jaar is de eerste boerderij gebouwd (Veen 1993).

Aanvankelijk werden allerlei akkerbouwgewassen uitgeprobeerd, maar dit had weinig succes: doordat in de bodem nog veel plantenzaden uit het woud aanwezig waren, werden de akkers soms overwoekerd met ‘kruipend struikgewas’². Diepploegen was bovendien onmogelijk omdat er nog te veel wortelhout in de grond zat. Uiteindelijk werd het land, volgens het oorspronkelijke plan, in gebruik genomen als weiland en hooiland. Daartoe werden in elke kavel nog drie greppels gegraven. In de jaren dertig en veertig is de bodem in het kader van werkverschaffing verbeterd. De laatste oneffenheden (horsten) zijn toen gladgestreken en Het Woud heeft er zijn huidige vlakke karakter aan overgehouden (Veen 1993).

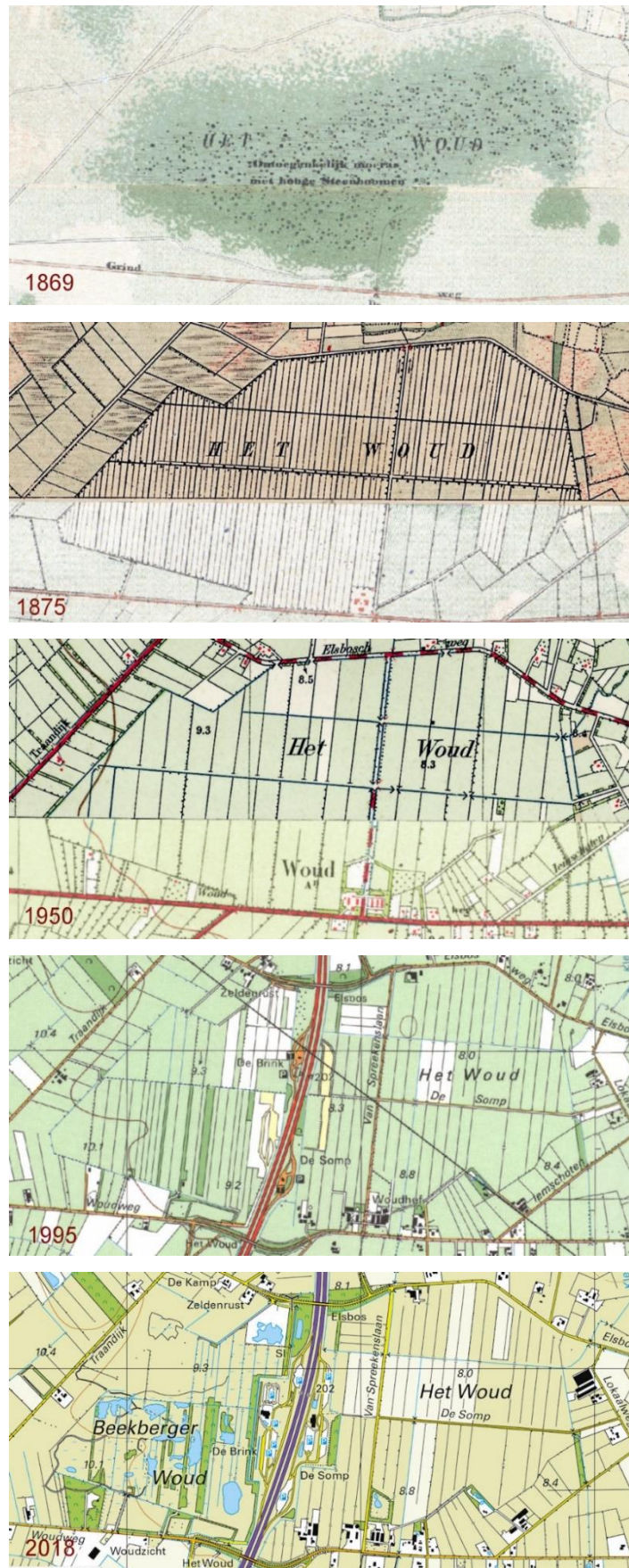
Het gebied werd doorsneden door Rijksweg 50, die in 1972 werd geopend. In de jaren negentig schonken de erven Van Spreekens 20 ha grond ten westen van de snelweg aan Natuurmonumenten en begon de vereniging met de aankoop van gronden, met het doel om weer natuurlijk bos tot ontwikkeling te brengen. Dat werd kansrijk geacht, vanwege de sterke kwel en de aanwezigheid van nog enkele ‘oude’ soorten in houtwallen (Veen 1993). Daartoe werd de waterhuishouding aangepast en werd bovengrond afgevoerd. Doordat toch nog veel fosfaat in het gebied is achtergebleven is het helaas niet gelukt om het volgens plan te ontwikkelen (Van Santen 2009).

2.5 Plantengroei

Al is geen volledige inventarisatie van de plantengroei bekend, Het Woud behoort met 160 vermelde en/of verzamelde soorten tot de best doorvorste gebieden van de 19e eeuw (Weeda 2014). De kern van het bos bestond uit zeer hoge zwarte elzen, vaak met klimop begroeid, hier en daar met essen. Daar omheen lag een zone elzenhakhout. Op enkele hogere plekken (horsten) groeiden (deels aangeplante) eiken (Veen 1993).

‘Het Beekberger Woud is mij uit een kruidkundig oogpunt om twee redenen als hoogstbelangrijk voorgekomen: in de eerste plaats, omdat hetzelfde door de kruidkundigen nog geheel onbezocht schijnt te zijn, en er evenwel zeer vele, voor ons land althans, zeldzame planten gevonden worden; ten andere, omdat hier de planten nog in haren oorspronkelijken staat aangetroffen worden, daar dit woud, met regt, tot de in ons land schaars geworden aloude bosschen (Urwälder) mag gerekend worden’ schreef Wttewaall in 1836. De na de kap achtergebleven stammen vermeerderden het wilde aanzien van het

² Waarschijnlijk wordt hier bedoeld ‘kruipend struisgras’.



Figuur 2.3 Topografische ontwikkeling van het Beekbergerwoud sinds 1869 (topotijdreis.nl).

woud. De gehakte stoven liepen later weer uit, waardoor er meestal meerdere stammen op een stof stonden. Wttewaall vond een keer een stoof met zeven stammen, van 70 tot 90 cm doorsnede en 20 – 25 m lengte.³ Op de vaak half-verteerde stoven (drie tot vier voet hoog) groeiden heesters als Zwarte bes, Kardinaalsmuts, Kornoelje en slingerde zich Klimop ('eiloof'). Op de bodem vond hij door het 'gansche woud' Waterviolier en Gewoon bronmos⁴), maar minder in droge zomers als 1834 en 1835. Daarnaast veel planten van voedselrijke waterkanten en moerassen als Liesgras, Gele lis, Watermunt en Moerasvergeet-mij-nietje.

Waterviolier is voor zijn koolstofvoorziening afhankelijk van vrij koolzuur en wordt daardoor vaak op kwelplekken aangetroffen. Het is een van de beste kwelindicatoren (Weeda e.a. 1987) en groeit goed in regelmatig opdrogende broekbossen (Brock e.a. 1989). Gewoon bronmos kan uitdroging verdragen, mits niet te langdurig en is gevoelig voor de waterkwaliteit; het geeft de voorkeur aan niet verontreinigd, matig voedselrijk water (www.verspreidingsatlas.nl). Behalve vrij koolzuur assimileert de soort ook bicarbonaat en kan daarom in hardere wateren voorkomen (Peñuelas 1985).

Volgens Molkenboer (1847) was de bodembegroeiing met vaatplanten van het broekbos tamelijk eentonig. Het merendeel van de planten groeide op de elzenstobben en de meer open plekken. Wttewaall maakt in zijn beschrijving geen melding van de Bosbies, hoewel hij daarvan in 1833 en 1834 overvloedig herbariummateriaal heeft verzameld (Weeda 2014). Dit is een soort van lichte plekken in bronbossen, waar diep grondwater uittreedt. Ook Paardehaarzegge (een soort van moerassen met regelmatige toevoer van basenrijk grondwater) is in het herbariummateriaal van Wttewaall aangetroffen (Weeda 2014).

Er zijn in het Beekbergerwoud wel planten van het elzenbronbos, maar er waren geen echte bronnen. Het bos ligt op een drassige helling. Het was geen bronbos, maar een bos met zeer sterke kwel. Dat maakte voor de begroeiing echter weinig uit (Weeda 2013). Op open en moerassige plaatsen kwamen typische bronbossoorten als Boswederik en Paarbladig goudveil 'in groote menigte' voor (Wttewaall 1836).

Het grootste deel van het woud bestond dus uit elzenbroekbos, met als hoofdbestanddelen van de ondergroei moeras- en waterplanten. Merendeels gaat het

³ Tijdens de kap in 1870 hadden "acht werklieden een vuur in een stomp aangelegd en allen zitten in den zelfden stomp met den rug tegen de acht boomen op dien wortel" (Van Lohuizen 1980).

⁴ 'De *Fontinalis antipyretica* L. [Bronmos] neemt haren oorsprong uit den voet der stoven, drijft bij aanwassing van het water, spreidt zich bij droogte op den vochtigen bodem uit en hecht zich dam aan stukken hout of rottende boomtakken, om van daar zich weder te vertakken en tot eenen nieuwen bundel van planten uit te stoelen. Deze soort, welke overigens in ons land niet zeldzaam voorkomt, doch in de slooten zeldzaam en in de duinpannen slechts karig vruchten draagt, is in dit bosch zóó weelderig, dat ik aan ééne vertakking van dit mos tot 20 en meer vruchten telde. Waarschijnlijk zal tot deze vruchtbaarheid, behalve door den ongestoorden groei en ouderdom der voorwerpen, ook veel bijgedragen worden door het afloopen van het water en de niettemin altijd vochtige standplaats, welke bij de sterkste droogte toch nog drassig is en waarvan de dampkring evenzeer door de lommerrijkheid als door den uitwasemenden bodem met waterdeelen bezwangerd is: omstandigheden waaronder de ontwikkeling dezer waterplant begunstigd wordt en waaronder tevens de bevruchtiging der vrouwelijke bloemen door de antheridia der mannelijke bevorderd schijnt te worden', aldus Molkenboer (1847). Op het grootste deel van de bodem trof hij behalve Bronmos, Fijn laddermos en Watervorkje geen andere mossen aan.

om soorten met een grote lichtbehoefte, die hun prominente positie mede aan houtkap te danken hadden. De houtkap gaf aanleiding tot het ontstaan van vervangingsgemeenschappen, met name grote-zeggenmoerassen. Het spectrum aan grote zeggen liep van de eutrafente Scherpe zegge via Blaaszegge en Moeraszegge naar de mesotrafente Snavelzegge (Weeda 2014).

Omstreeks 1850 trad het Harig wilgenroosje op de voorgrond, een baseminnende ruigteplant die op grote voedselrijkdom wijst. Zij wijst enerzijds op veraarding van de bovengrond, anderzijds op blijvende aanvoer van baserijk grondwater, en doet vermoeden dat 's zomers in toenemende mate oppervlakkige uitdroging plaatsvond (Weeda 2014).

Na de ontginning van Het Woud werden in de sloten soorten uit hard water aangetroffen, zoals Paarbladig fonteinkruid (massaal) en Watertorkruid (Kok Ankersmit 1879, Weeda 2014).

2.6 Het Woud als milieu voor kiezelwieren

Het gebied van Beekbergerwoud ligt aan de voet van de oostelijke Veluwe stuwwal en wordt gevoed door regionale kwel, lokale kwel en neerslag. De regionale kwel is alkalisch en kalkrijk. Dat is ook het geval met de lokale kwel. Daarnaast waren er – vooral vóór de ontginning - vanuit de horsten en ruggen microgradiënten met zuurder en kalkarmer water, afkomstig uit de neerslag. Het door de kwel aangevoerde water moest ook weer worden afgevoerd. Hierdoor heeft het water in elk geval plaatselijk behoorlijk gestroomd. Dat blijkt ook uit de aanwezigheid van soorten als Boswederik, Paarbladig goudveil en Bosbies.

De seizoensfluctuatie van de waterstanden was met meerdere decimeters groot. De meest voorkomende waterplanten, zoals Gewoon bronmos en Winterviolier kunnen zulke peilfluctuaties verdragen. Vooral de laatste soort is een sterke kwelindicator.

In het moerasbos waren de elzenbomen het meest algemeen. Strooisel van elzen is gemakkelijk afbreekbaar en bevat in verhouding veel fosfaat (E. Brouwer, pers. med.). Daarnaast was er plaatselijk verrijking met vogelmest (reigers). De trofiecondities varieerden van mesotroof naar eutroof, zoals door verschillende zeggesoorten wordt geïndiceerd.

Doordat er regelmatig bomen werden gehakt bereikte er voldoende licht de bodem voor een goede ontwikkeling van water- en moerasplanten, die als substraat voor de kiezelwieren fungeerden.

3. Materiaal en methoden

3.1 Monstername en analyse

Monstername

Aan de hand van Tabel 1 uit Weeda (2014) werd een selectie gemaakt van geschikt herbariummateriaal van water- en moerasplanten. In de collectie van Naturalis Biodiversity Center (Leiden) werden de planten uit Tabel 3.1 opgezocht (Figuur 3.1)⁵. Van elke plant werd een klein beetje (naar schatting enkele tienden van grammen) materiaal verzameld (Figuur 3.2).

Tabel 3.1 Bemonsterd herbariummateriaal. . Tussen vierkante haken precisering van verzameldata aan de hand van overeenkomstige collecties.

Wetenschappelijke naam	Verzamelaar / collectienummer	Locatie	Datum	materiaal	Nederlandse naam
<i>Scirpus sylvaticus</i>	Wttewaall, L. 3146054	Beekbergerwoud	[mei/juni] 1834	uitgeklopt wortelmateriaal	Bosbies
<i>Calliergonella cuspidata</i>	Molkenboer	Beekbergerwoud	[september] 1846	mostakjes	Gewoon puntmos
<i>Fontinalis antipyretica</i>	Molkenboer	Beekbergerwoud	september 1846	takjes + debris	Gewoon bronmos
<i>Menyanthes trifoliata</i>	Kok Ankersmit, WAG. 1102936	Beekbergerbroek	[28] mei 1853	rizoom	Waterdrieblad
<i>Fontinalis antipyretica</i>	Van der Sande Lacoste	In het Beekbergerwoud	[2] augustus 1854	takjes + debris	Gewoon bronmos
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	Vlieger, WAG. 1530912	t Woud bij Beekbergen	12 mei 1941	bodemmodder tussen worteltjes	Verspreidbladig goudveil

Volgens Weeda (2013) waren de verzameljaren 1834 en 1846 respectievelijk het op één na warmste en het warmste jaar van de eerste helft van de 19^e eeuw. Het waren ook droge jaren, waarin Het Woud goed toegankelijk was (Wttewaall 1836; Molkenboer 1847).



Figuur 3.1 (links) Opzoeken van materiaal door Barbara Gravendeel in het herbarium van Naturalis Biodiversity Center (Foto: Herman van Dam)



Figuur 3.2 Bemonsteren van Waterdrieblad door Herman van Dam en Christel Schollaardt (Foto: Barbara Gravendeel).

Prepareren

In het laboratorium van de Plantentuin Meise is het materiaal geoxideerd door het een dag te laten inweken in waterstofperoxide (30%), waarna het gedurende 2 uur werd opgekookt. Daarna is de oxidatie-reactie beëindigd door toevoeging van kaliumpermanganaat. Vervolgens is zoutzuur (10%) toegevoegd om mogelijk aanwezig ijzer te verwijderen (Van der Werff 1955). Na

⁵ Bij de monstername was ons nog niet bekend dat het Beekbergerbroek een ander gebied is dan het Beekbergerwoud. Het Broek ligt aan de noordwestzijde van Het Woud en was destijds een schraallandgebied met als meest bijzondere soort de basenindicator Tweehuizige zegge (E.J. Weeda, pers. med.).

de oxidatie is het mengsel driemaal gewassen en gecentrifugeerd (3500 rpm gedurende 10 minuten). Elk schoongemaakt monster is in een 25-ml PVC-scintillatieflesje bewaard na toevoeging van gedestilleerd water om een te grote concentratie aan diatomeeën te vermijden en enkele druppels ethanol om schimmelvorming te voorkomen.

Van de schoongemaakte diatomeeën zijn per monster vervolgens twee permanente preparaten gemaakt waarbij Naphrax (brekingsindex 1.7) als insluithars is gebruikt. Elk preparaat is gelabeld met de noodzakelijke identificatiegegevens. De preparaten worden bewaard bij de BR-collectie van Agentschap Plantentuin Meise.

Analyse

De vervaardigde preparaten zijn bekeken onder een Zeiss Axioskop 40 microscoop met fase-contrastbelichting bij een vergroting van 1000 x (n.a. 1,30). Er zijn zo mogelijk 200 schaaltes in aselect gekozen beeldvelden gedetermineerd en geteld. Als het aantal schaaltes zeer gering was zijn er 50 geteld. Daarnaast zijn soms nog soorten buiten de telling genoteerd. Er is gebruik gemaakt van de in de literatuurlijst genoemde determinatieliteratuur. Voor de individuele taxa is deze aangegeven in Bijlage 2. Daarbij zijn de taxonomische indeling en naamgeving van [Taxa Waterbeheer Nederland](#) (TWN) gebruikt.

De resultaten van de tellingen zijn ingevoerd in de @lantis Ecological Database.

3.2 Verwerking

In sommige monsters bevonden zich zo weinig kiezelwieren dat de standaardtelling van 200 schaalhelften niet gehaald kon worden. Daarom zijn de getelde aantallen omgerekend naar percentages van het totaal aantal getelde exemplaren in een monster, voordat verdere verwerking plaatsvond.

Ecologische groepen

Alle soorten uit de monsters zijn ingedeeld in ecologische groepen volgens Tabel 3.2. De indeling is geïnspireerd door die van Van Dam & Arts (1993) voor vennen. De grootste aanpassing is die van een categorie rheofiel tot rheobiont. Dat zijn soorten die vrijwel alleen in stromende wateren voorkomen. De gegevens van de individuele soorten werden ontleend aan Van Dam & Arts (1993), aangevuld met gegevens uit latere publicaties, zoals Lange-Bertalot e.a. (2017) en eigen ervaring.

Tabel 3.2 Indeling in ecologische groepen.

Afk.	Omschrijving	Toelichting
X	Verzuringsindicator	Het kiezelwier <i>Eunotia exigua</i>
T	Triviale soorten uit zuur water	Soorten uit zure wateren
D	Soorten uit zwak gebufferde wateren	Soorten die vaak zeldzaam zijn in Nederland en de rest van Europa
R	Rheofiel - rheobiont	Soorten die (vrijwel) alleen in stromende wateren voorkomen
A	Ubiquist	<i>Achnanthydium</i> -soorten, uit niet al te sterk verontreinigde wateren
E	Trofie-indicatoren	Algemene soorten uit voedselrijke wateren
S	Saprofiet	Soorten van organisch belaste, vaak zuurstofarme wateren
O	Onbekend	Soorten met onbekende ecologie

Per monster werd berekend welk percentage van de getelde individuen tot de vermelde ecologische groepen behoorde.

Ecologische indicatiegetallen

De (abundantie-gewogen) gemiddelde ecologische indicatiegetallen voor zuurgraad, zoutgehalte, organisch gebonden stikstof, zuurstof, saprobie, trofie

Geografische verspreiding en zeldzaamheid

en vocht volgens de indeling uit Bijlage 1 werden berekend. Zuurgraad-indifferente en trofie-indifferente taxa zijn daarbij niet meegerekend. De gegevens van de verschillende soorten werden zoveel mogelijk ontleend aan Van Dam e.a. (1994). Voor de hierin niet opgenomen soorten werden de indicaties zo goed mogelijk geschat op grond van literatuur- en ervaringsgegevens.

Bij soorten met een montane, alpiene of noordelijke-alpiene verspreiding is dit genoteerd in Bijlage 2. Montaan betekent hier met een verspreidingsaccent in de middelgebergten van aangrenzende landen. De gegevens zijn voornamelijk aan de gebruikte literatuur ontleend, met name Lange-Bertalot e.a. (2017).

In Nederland zeldzame taxa en voor het eerst in Nederland aangetroffen taxa zijn als zodanig aangegeven. De gegevens zijn gebaseerd op eigen ervaring.

4. Resultaten

4.1 Aard van de aangetroffen taxa

Aantal taxa

De resultaten van de determinaties en tellingen zijn aangegeven in Bijlage 2. In totaal zijn er 157 taxa aangetroffen, waarvan 109 in de tellingen (Tabel 4.1). In de monsters van de 19^e eeuw zijn in de tellingen 84 taxa en daarbuiten nog eens 23 taxa aangetoond. Dat zijn normale aantallen voor monsters uit matig voedselarm tot (matig) voedselrijk milieu. In het ene monster van 1941 zijn in totaal liefst 73 taxa gevonden. Dat is niet uitzonderlijk voor monsters uit voedselrijke omgeving.

Tabel 4.1 Aantallen taxa per deelgebied en periode.

periode gebied aantal monsters	19 ^e eeuw			20 ^e eeuw	19 ^e + 20 ^e eeuw
	Woud	Broek	Woud + Broek	'Woud'	Woud + Broek
	4	1	5	1	6
taxa in telling	67	26	84	35	109
taxa buiten telling	20	9	23	38	48
taxa totaal	87	35	107	73	157

In het Bosbiesmonster uit 1834 en het Puntmosmonster uit 1846 zijn de dichtheden van de kiezelwieren zeer laag, zodat er slechts 50 exemplaren gedetermineerd en geteld konden worden. Vooral in het Bronmosmonster van 1854 komen veel misvormde exemplaren voor. Dat is in mindere mate het geval in het Goudveilmonster uit 1941. Het monster van 1854 heeft van de 19^e-eeuwse monsters het hoogste aantal soorten en ook het hoogste aantal zeldzame soorten.

Tabel 4.2 Aantallen kiezelwieren en taxa per monster. ++ = veel, + = vrij veel.

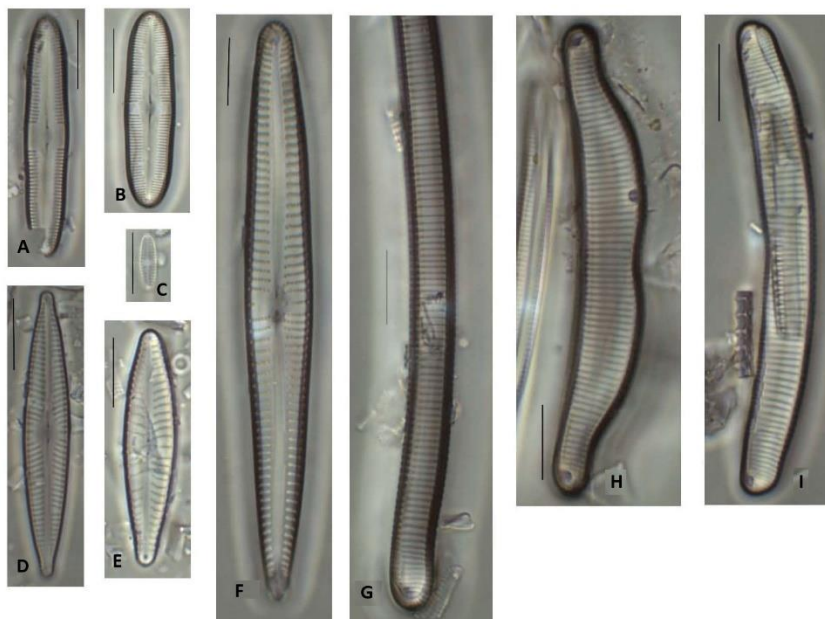
eigenschap	substraat	Bosbies	Puntmos	Bronmos	Bronmos	Waterdrieblad	Goudveil
	jaar maand	1834 mei/jun.	1846 aug.	1846 sept.	1854 aug.	1853 mei	1941 mei
geteld aantal schalen		50	50	200	200	200	200
misvormingen					++		+
aantal taxa in telling		9	24	24	40	26	35
totaal aantal taxa		10	24	38	57	35	73
aantal nieuwe taxa in telling		0	0	1	2	2	0
totaal aantal nieuwe taxa		0	0	1	2	2	0
aantal zeldzame en nieuwe taxa in telling		2	3	6	16	8	1
totaal aantal zeldzame en nieuwe taxa		2	3	9	18	11	3

Voor Nederland 'nieuwe' taxa

Eunotia glacialispinosa (Figuur 4.1a) is bekend van dystrofe, ionenarme (maar niet ombrotrofe) laagvenen, maar ook in een kalkrijke Alpenbron met een geleidingsvermogen van 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Lange-Bertalot e.a. 2011). Wij vonden de soort in enkele monsters, zowel in Het Woud als in Het Broek.

Eunotia islandica (Figuur 4.1h) is een acidofiele soort van oligo-dystroof, ionenarm water. Door taxonomische problemen (lijkt op *E. diodon*) is er weinig

bekend over de verspreiding. Sinds de soort wordt onderscheiden is deze frequent aangetroffen in diverse Europese berggebieden (Lange-Bertalot e.a. 2011). Door ons is de soort aangetroffen op Waterdrieblad van Het Broek.



Figuur 4.1 Foto's van enkele soorten kiezelwieren uit het Beekbergerwoud en het Beekbergerbroek. De maatstrepen komen overeen met 10 μm . **A.** *Caloneis* sp., **B.** *C.* sp., **C.** *Selaphora vekhovii*, **D.** *Navicula* cf. *cantonatii*, **E.** *Gomphonema bozenae*, **F.** *G. pratense*, **G.** *Eunotia glacialispinosa* (fragment), **H.** *E. islandica*, **I.** *E. pomeranica*.

Eunotia pomeranica (Figuur 4.1i) komt voor in oligosaprob, niet noodzakelijk oligotroof, circumneutraal water met laag tot gemiddeld ionengehalte. Op de Poolse locus typicus is de soort gevonden in een Galigaan-associatie in een laag Fraai veenmos, zonder contact met de kalkrijke minerale ondergrond. Behalve van Pommeren is de soort ook bekend uit Albanië (Lange-Bertalot e.a. 2011). Er werd een enkel exemplaar aangetroffen in het soortenrijke Bronmosmonster van 1854.

Gomphonema bozenae (Figuur 4.1e) is een soort van oligo-dystrofe Finse, Scandinavische en Duitse meren en een Pools veenmoeras (Reichardt 1999). Intussen is de soort ook aangetroffen in de Vlaamse Rode Loop en in de bovenloop van de Strijper Aa in Noord-Brabant (A. Mertens, ongepubl.). Wij vonden meerdere exemplaren in het soortenrijke Bronmosmonster van 1854.

De ecologie van *Gomphonema pratense* (Figuur 4.1f) is weinig bekend. Het type stamt uit een gegraven waterloop met stilstaand, matig voedselrijk water in de Moenchsbruch-Wiesen bij Frankfurt/M. Intussen is de soort in Nederland aangetroffen in de Watergang Stadskanaal, Ott. Dwarsgracht (Drenthe), de Beneden Regge, de Slenke en bij Archem (Overijssel). Wij vonden enkele exemplaren in de beide Bronmosmonsters (1846, 1854).

Zeldzame en 'AMN'-taxa

In alle monsters samen zijn 32 voor Nederland zeldzame taxa aangetroffen, vooral in het Bronmosmonster van 1854 (18 stuks) en het Waterdriebladmonster uit Het Broek (11 stuks). Het zijn vooral taxa uit (zwak) zure wateren, met vaak een hoofdverspreidingsgebied in de Europese middelgebergten, de Alpen of Scandinavië, zoals *Humidophila perpusilla*, *Achnanthydium caledonicum* en *Eunotia neoscandinavica*.

Het aantal Alpiene, montane en noordelijke taxa per monster is vermeld in Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Aantal taxa met hoofdverspreiding buiten Nederland in de verschillende monsters.

	Bosbies 1834	Puntmos 1846	Bronmos 1846	Bronmos 1854	Waterdrieblad 1853	Goudveil 1941
Alpien	-	-	1	2	1	-
Montaan	1	1	2	2	3	1
Noordelijk	-	-	-	2	1	-

De aanwezigheid van soorten die nog niet eerder in Nederland zijn aangetroffen en van diverse andere zeldzame soorten, met name van soorten uit de bergen en noordelijk Europa, geeft het bijzondere karakter van het gebied aan.

Meest algemene taxa

De meest algemene taxa zijn vermeld in Tabel 4.4. Van de 19^e-eeuwse monsters staat ruim 90% van de gevonden exemplaren in de tabel, van het 20^e-eeuwse monster krap de helft, omdat hier veel diatomeeën uit voedselrijk of organisch verontreinigd water aanwezig zijn.

4.2 Ecologische interpretatie

Ecologische groepen

De ecologische spectra van de beschikbare monsters zijn zeer verschillend (Tabel 4.5). In het Bosbiesmonster komen de aan stroming gebonden (rheofiele en rheobionte) taxa met 40% van het totaal veel voor. In dit monster is ook de procentuele hoeveelheid voor indicatoren van voedselrijk water hoog. In de andere monsters uit de 19^e eeuw zijn er veel minder kiezelwieren uit voedselrijk water, maar meer ubiquisten en taxa uit zuur en/of zwakgebufferd water. Het Waterdriebladmonster uit Het Broek heeft het laagste percentage aan indicatoren voor voedselrijkdom en de hoogste aandelen van taxa uit zuur en zwak gebufferd water.

Ecologische indicatiewaarden

Met betrekking tot ecologische indicatiewaarden van de monsters tonen het Waterdriebladmonster uit Het Broek van 1853 en het Goudveilmonster van 1941 uit het ontgonnen Woud de sterkste contrasten (Tabel 4.6). Het Waterdriebladmonster heeft over de hele linie, afgezien van vocht, de laagste indicatiegetallen en het Goudveilmonster juist de hoogste. Het Broek was een deels moerassig hooiland waar voortdurend nutriënten werden verwijderd en waar een geringe organische belasting was. De omgeving van het Goudveilmonster werd in 1941 kennelijk al sterk bemest, gezien de hoge indicatiewaarden voor trofie en saprobie.

De ecologische indicatiewaarden van de vier monsters uit Het Woud van 1834 tot 1854 liggen tussen beide extremen in. De getallen voor zuurgraad in de vier monsters wijzen op neutraal tot alkalisch milieu. Het water is hier niet uitgesproken zoet en de zuurstofhuishouding is meestal goed op orde. Er zijn verschillen tussen de monsters, met name in de waarden voor zuurstof en saprobie. Die zullen vooral te maken hebben met de aanwezigheid en de vertering van de elzenbladpakketten op de bodem. De diatomeeën indiceren meso- tot eutroof water.

Droogte-indicaties

De gemiddelde ecologische indicatiewaarden voor vocht wijzen erop dat regelmatig droogval kan plaatsvinden. De verschillen in vochthuishouding worden nog duidelijker uit Tabel 4.7. Vooral in de monsters uit 1846 en 1854 bereiken de droogte-indicatoren relatief hoge procentuele abundanties.

Resultaten

Tabel 4.4 Procentuele hoeveelheden van de meest voorkomende kiezelwiersoorten. *: zeldzaam, **: nieuw voor Nederland, **vet**: berggebieden (montaan), grijs: noordelijke gebieden, onderstreept: droogtetolerant (aerofiel).

Ecologische groep	substraat jaar	Bosbies 1834	Puntmos 1846	Bronmos 1846	Bronmos 1854	Waterdrieblad 1853	Goudveil 1941	Gemiddeld 1834-'54
Soort	maand	mei/jun.	aug.	sept.	aug.	mei	mei	-
Zuur, voedselarm								
<i>Eunotia bilunaris</i>				4,5	6,0	7,0	0,0	3,5
<i>Eunotia botuliformis</i>						4,5		0,9
<i>Eunotia implicata</i>				15,5	4,0	8,5		5,6
<i>Eunotia incisa</i>						17,0		3,4
<u><i>Eunotia minor</i></u>			8,0	15,0	9,0	0,5	0,0	6,5
* <i>Eunotia neoscandinavica</i>						2,0		0,4
<i>Pinnularia viridiformis</i>					0,5	2,0		0,5
Zwak gebufferd								
** <i>Eunotia glacialispinosa</i>				5,0	2,0	1,0		1,6
** <u><i>Eunotia islandica</i></u>						3,0		0,6
<i>Eunotia juettnerae</i>						13,0		2,6
* <i>Eunotia metamonodon</i>				2,0		0,0		0,4
<i>Gomphonema exilissimum</i>				0,5	1,0	7,5		1,8
<i>Gomphonema productum</i>			6,0					1,2
<i>Gomphonema sarcophagus</i>			8,0		0,5			1,7
* <u><i>Humidophila perpusilla</i></u>				4,0				0,8
* <i>Psammothidium daonense</i>		4,0						0,8
Stromend (rheofiel) †								
<i>Eunotia soleirolii</i>				0,0	0,0	2,5		0,5
* <i>Hannaea arcus</i>		34,0						6,8
<i>Meridion circulare</i>		6,0	6,0		0,0		0,0	2,4
Ubiquisten								
<i>Achnanthydium jackii</i>						9,0	2,5	1,8
<i>Achnanthydium microcephalum</i>		2,0	12,0	30,0	29,0	17,5		18,1
Voedselrijk, neutraal - alkalisch								
<i>Achnanthydium nanum</i>				2,5	7,5	1,0		2,2
<i>Aulacoseira granulata</i>			4,0					0,8
<i>Encyonema ventricosum</i>		6,0	4,0		0,5			2,1
<i>Fragilaria pectinalis</i>		2,0		1,0			0,5	0,6
<i>Gomphonema angustatum</i>			4,0		0,5			0,9
<i>Gomphonema brebissonii</i>			2,0	0,0	1,5			0,7
<i>Gomphonema capitatum</i>			4,0	2,5				1,3
<i>Gomphonema minutum</i>		6,0						1,2
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>rigidum</i>		38,0						7,6
<i>Gomphonema subclavatum</i>			4,0	5,0	0,0		0,0	1,8
<i>Navicula cryptocephala</i>					2,5			0,5
<u><i>Navicula lundii</i></u>		2,0		1,0	0,5			0,7
<i>Nitzschia fonticola</i>							6,5	0,0
<i>Ulnaria ulna</i>			2,0	0,5	0,0		0,0	0,5
Saprofiel								
<i>Navicula gregaria</i>							16,0	0,0
<i>Navicula slesvicensis</i>							20,0	0,0
<i>Nitzschia amphibia</i>			8,0	1,0	2,0			2,2
<i>Sellaphora atomoides</i>				1,0	2,0		2,5	0,6
<i>Sellaphora saugerresii</i>			4,0				0,0	0,8
Onbekende ecologie								
<i>Eunotia ambivalens</i>			2,0	3,0				1,0
* <i>Gomphonema bozenae</i>					2,5			0,5
<i>Gomphonema insigniforme</i>			4,0		0,5			0,9
* <i>Gomphonema pratense</i>				2,0	1,5			0,7
<i>Nitzschia soratensis</i>			4,0					0,8
Overige taxa		0,0	14,0	4,0	17,5	13,0	52,0	9,7

†*Hannaea arcus* komt vrijwel exclusief in sterk stromende wateren voor, *Meridion circulare* komt soms ook in (vrijwel) stilstaand water voor, bij *Eunotia soleirolii* is dit laatste vaker het geval.

Kiezelwieren op herbariummateriaal uit het Beekbergerwoud

Tabel 4.5 Procentuele hoeveelheid van de ecologische groepen in de verschillende monsters.

Ecologische groep	Bosbies	Puntmos	Bronmos	Bronmos	Waterdrieblad	Goudveil
	1834	1846	1846	1854	1853	1941
Verzuringindicator	-	2	-	-	-	-
Zuur water	-	8	36	21	48	0
Zwak gebufferd	4	14	13	10	28	6
Rheofiel - rheobiont	40	6	0	0	3	1
Ubiquist	2	12	30	38	18	3
Eutroof	54	28	14	20	2	39
Saprotiel	0	18	3	5	-	51
Onbekend	-	12	5	7	3	2

Tabel 4.6 Gewogen gemiddelde ecologische indicatiewaarden per monster.

Indicatie	substraat	Bosbies	Puntmos	Bronmos	Bronmos	Waterdrieblad	Goudveil
	jaar	1834	1846	1846	1854	1853	1941
	maand	-	aug.	sept.	aug.	mei	mei
Zuurgraad		3,8	3,5	3,1	3,3	2,6	3,9
Zoutgehalte		2,0	2,0	1,6	1,8	1,4	2,4
Org. gebonden stikstof		1,2	2,1	1,7	1,9	1,4	2,2
Zuurstof		1,6	2,1	1,3	1,5	1,1	2,7
Saprobie		2,0	2,3	1,6	1,9	1,5	2,8
Trofie		3,7	4,3	3,7	4,0	2,3	4,8
Vocht		2,8	2,6	3,2	3,0	2,8	2,8

Tabel 4.7 Droogte-indicatoren (ecologische indicatietallen M4 en M5) in de verschillende monsters.

	Bosbies	Puntmos	Bronmos	Bronmos	Waterdrieblad	Goudveil
	1834	1846	1846	1854	1853	1941
aantal droogte-indicatoren in telling	1	1	4	3	2	5
totaal aantal droogte-indicatoren	1	1	5	6	4	14
abundantie droogte-indicatoren (%)	2	8	21	10	4	5

Misvormingen

In het Goudveilmonster van 1941, maar vooral in het soorten- en individuenrijke Bronmosmonster van 1854 komen veel misvormde diatomeeën (teratologieën) voor. In de uitgebreide literatuur over misvormingen bij kiezelwieren (zie Falasco e.a. 2009 en Lavoie e.a. 2017 voor overzichten) wordt vooral verontreiniging door zware metalen en organische toxicanten als oorzaak genoemd. Dat was in het Beekbergerwoud van 1854 niet aan de orde. Teratologische vormen zijn ook bij andere suboptimale milieuomstandigheden gevonden, zoals droogte-, osmotische of mechanische stress, te veel licht, nutriëntentekort en te lage of juist hoge pH. Het is niet goed in te schatten wat in het Beekbergerwoud precies de oorzaak zou kunnen zijn, behalve misschien droogte.

4.3 Relatie tussen milieufactoren en kiezelwieren

Zoals bleek uit § 2.6 was het regionale kwelwater alkalisch en kalkrijk, maar vooral bij de horsten waren er locaties met zuurder en kalkarmer water. Plaatselijk was er een behoorlijke stroming en in het hele gebied was de waterstand in de zomer aanzienlijk lager dan in de winter. De voedselrijkdom varieerde van meso- tot eutroof en door de bladval van de elzen werden er jaarlijks nutriënten naar het water toegevoerd. Door de frequente kap was er voldoende lichtval.

Resultaten

Deze milieucondities worden gereflecteerd in de soortensamenstelling van de kiezelwieren. Er zijn monsters met veel en met weinig stromingsindicatoren en er zijn verschillen in de aanwezigheid van droogte-indicatoren. De zuurgraadindicaties geven overwegend neutraal tot alkalische omstandigheden weer, maar plaatselijk zullen er ook lichtzure omstandigheden zijn geweest. De trofie-indicaties liggen in het meso- tot eutrofe gebied. De variatie in zuurstof- en saprobieindicaties hangt waarschijnlijk samen met verschillen in de aanwezigheid van verterend boomblad.

5. Samenvatting en conclusies

Het Beekbergerwoud ligt ten zuidoosten van Apeldoorn, in het IJsseldal, aan de flank van de hoge gronden van de Veluwe. Het bos werd geveld in de jaren 1869-1971, nadat het waterpeil drastisch was verlaagd. Nadien werd het gebied voornamelijk als grasland gebruikt. In de jaren negentig startte Natuurmonumenten met de aankoop van gronden om natuurlijk bos tot ontwikkeling te brengen. Dat werd kansrijk geacht, o.a. vanwege de sterke kwel.

Het Beekbergerwoud was het laatste bos in Nederland, dat ‘altijd’ bos is geweest. Het was vanwege menselijke activiteit, voornamelijk houtkap, geen oerwoud meer. Het bestond voornamelijk uit elzenbroekbos. Op hogere plekken (horsten) groeiden eiken.

Het regionale kwelwater was alkalisch en kalkrijk, maar vooral bij de horsten waren er locaties met zuurder en kalkarmer water. Uit oude beschrijvingen blijkt dat er plaatselijk een behoorlijke stroming was en dat in het hele gebied de waterstand in de zomer aanzienlijk lager was dan in de winter. De voedselrijkdom varieerde van meso- tot eutroof en door de bladval van de elzen werden jaarlijks nutriënten naar het water toegevoerd. Er was voldoende lichtval, zodat planten als Waterviolier (kwelindicator) en Gewoon bronmos zich goed konden ontwikkelen.

De botanici J. Wttewaall, J.H. Molkenboer en C.M. van der Sande Lacoste verzamelden in de periode 1834 – 1854 bij diverse excursies materiaal van Bosbies, Puntmos en Bronmos, dat in de collectie van Naturalis Biodiversity Center bewaard is gebleven en is geselecteerd voor onderzoek naar de soortensamenstelling van kiezelwieren (diatomeeën). Uit 1853 is nog materiaal geselecteerd van Waterdrieblad uit het aangrenzende Beekbergerbroek (een nat schraalland), verzameld door H.J. Kok Ankersmit. De periode na de sloop van het Woud wordt vertegenwoordigd door een collectie van Verspreidbladig goudveil van J. Vlieger uit 1941.

Van de gedroogde planten en de daarop nog aanwezige ingedroogde bodemmodder werden enkele tienden van grammen materiaal verzameld, waarvan preparaten werden vervaardigd, waarin de microscopische kiezelwieren zijn gedetermineerd en geteld.

In de 19^e-eeuwse monsters van Woud en Broek werden 107 taxa gevonden, waarvan 28 voor Nederland zeldzaam zijn. Dat betreft vooral taxa uit (zwak) gebufferde wateren, die vaak een hoofdverspreiding hebben in middelgebergte, de Alpen of Scandinavië. Er werden vijf voor Nederland nieuwe taxa gevonden. Ook dit zijn voornamelijk taxa van schone wateren. In het monster van 1941 werden 73 taxa gevonden. Veel hiervan zijn kenmerkend voor ge-eutrofiëerde en vervuilde wateren.

Er zijn monsters met veel en met weinig stromingsindicatoren en er zijn verschillen in de aanwezigheid van droogte-indicatoren. De zuurgraadindicaties geven overwegend neutraal tot alkalische omstandigheden weer, maar plaatselijk zullen er ook lichtzure omstandigheden zijn geweest. De trofie-indicaties liggen in het meso- tot eutrofe gebied. De variatie in zuurstof- en saprobieindicaties hangt waarschijnlijk samen met verschillen in de aanwezigheid van verterend boomblad.

6. Dankwoord

Christel Schollaardt (Naturalis Biodiversity Center) gaf toestemming voor het gebruik van herbariummateriaal en Barbara Gravendeel (Naturalis Biodiversity Center) was behulpzaam bij opzoeken en het verzamelen daarvan.

Bart Van de Vijver (Plantentuin Meise) vervaardigde de preparaten.

Karel Hanhart (Eelerwoude) en Eddy Weeda verstrekten informatie over het gebied. Colinda van der Molen (Natuurmonumenten) gaf hulp bij het inzien van literatuur.

Robert Ketelaar (Natuurmonumenten) en Eddy Weeda gaven commentaar op het manuscript.

7. Literatuur

7.1 Algemene literatuur

- Aa, A.J. van der (1840): Aardrijkskundig woordenboek der Nederlanden. Noorduy, Gorinchem. 865p.
- Arzet, K. & H. van Dam (1986): Assessment of changes in pH by the study of diatoms in cores and old samples. In: Ricard, M. (Ed.) Proceedings of the Eight International Diatom Symposium. Paris, August 27- September 1, 1984. Koeltz, Koenigstein. p. 748-749.
- Bosker, H. (1874): Het Beekberger Woud voor en tijdens de ontbossing en het cultiveren van den grond. Bijblad van de Landbouw Courant 11(16): 245-262.
- Brock, T.C.M., H. Miel & G. Oostermeijer (1989): On the life cycle and germination of *Hottonia palustris* L. in a wetland forest. Aquatic Botany 35: 153-166.
- Dam, H. van (2010): Bacillariophyceae - Kiezelwieren. In: J. Noordwijk, R.M.J.C. Kleukers, E.J. van Nieukerken & A.J. van Loon (red.). De Nederlandse biodiversiteit. Nederlandse Fauna 10. Nederlands Centrum voor Biodiversiteit Naturalis & European Invertebrate Survey - Nederland, Leiden. p. 87-89.
- Dam, H. van & A. Mertens (1989): Diatoméeën van oude en recente aquatische macrofyten uit het Beuven in relatie tot het beheer. Diatomedelingen 8: 15-23.
- Dam, H. van & A. Mertens (1993): Kiezelwieren op herbariummateriaal als referentie voor waterkwaliteit. De Levende Natuur 94: 22-227.
- Dam, H. van & G.H.P. Arts (1993): Ecologische veranderingen in Drentse vennen sinds 1900 door menselijke beïnvloeding en beheer. Provincie Drenthe, Assen / DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Leersum / Grontmij Advies en Techniek, De Bilt. 144p.
- Dam, H. van, A. Mertens & J. Sinkeldam (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28: 117-131.
- Falasco, E., F. Bona, G. Badino, L. Hoffmann & L. Ector (2009): Diatom teratological forms and environmental alterations: a review. Hydrobiologia 623: 1-35.
- Gortworst, P. & R. Hoften (2018): Potenties voor de graslanden van het Beekbergerwoud. Studentenverslag. Van Hall Larenstein / Natuurmonumenten, Velp / 's-Graveland.
- Hanhart, K., G. Maljaars (2011): Eco-hydrologisch onderzoek Beekbergerwoud. Hanhart Consult, Lochem. 144p. + bijl.
- Heldring, O.G. (1841): Het Beekberger Woud.. In: O.G. Heldring & R.H. Graadt Jonckers. De Veluwe. Eene wandeling. Van Eldik Thieme, Arnhem. p. 203-211.
- Kok Ankersmit, H.J. (1879): Naamlijst van planten binnen de gemeente Apeldoorn tusschen de jaren 1850 en 1878 waargenomen. Nederlandsch Kruidkundig Archief (Serie 2) 3(2): 175-213.
- Lavoie, I., P.B. Hamilton, S. Morin, S.K. Tiam, M. Kahlert, S. Gonçalves, E. Falasco, C. Fortin, B. Gontero, D. Heudre, M. Kojadinovic-Sirinelli, K. Manoylov, L.K. Pandey & J.C. Taylor (2017): Diatom teratologies as biomarkers of contamination: Are all deformities ecologically meaningful?. Ecological Indicators 82: 539-550.

- Lohuizen, H. van (1980): Het Beekberger Woud. De geschiedenis van een verloren oerbos. Oudheidkundige Vereniging De Marke, Eerbeek. 87p.
- Moerman, J.D. & E.E. van Zinderen Bakker (1950): Het Beekberger Woud, ontstaan en verleden. Nederlandsch Kruidkundig Archief (Serie 3) 57: 363-384.
- Molkenboer, J.H. (1847): Schets der mos-vegetatie van het Beekbergerwoud. Nederlandsch Kruidkundig Archief 1: 260-271.
- Peñuelas, J. (1985): HCO₃⁻ as an exogenous carbon source for aquatic bryophytes *Fontinalis antipyretica* and *Fissidens grandifrons*. Journal of Experimental Botany 164: 441-448.
- Santen, H. van (2009): Mislukte natuur. NRC Handelsblad 28 maart.
- Smol, J.P. & E.F. Stoermer (Eds) (2010): The diatoms. Applications for the environmental and earth sciences (second edition). Cambridge University Press, Cambridge. 667p.
- Veen, P. (1993): Het Beekbergerwoud: natuurontwikkeling in een voormalig oerbos. Vereniging Natuurmonumenten, 's-Graveland. 86p.
- Weeda, E.J. (2013): Productie-oerwoud op z'n negentiende-eeuws I. Mensen, planten en dieren in en om het Beekbergerwoud. Stratiotes 45: 29-50.
- Weeda, E.J. (2014): Productie-oerwoud op z'n negentiende-eeuws II. Plantenvondsten en vegetatie-elementen in en om het Beekbergerwoud. Stratiotes 46: 57-85.
- Weeda, E.J., R. Westra, C. Westra & T. Westra (1987): Nederlandse oecologische flora: wilde planten en hun relaties 2. Instituut voor Natuurbeschermingseducatie, Amsterdam. 304p.
- Werff, A. van der (1955): A new method of concentrating and cleaning diatoms and other organisms. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 12: 276-277.
- Wittewaall, J. (1836): Het Beekbergerwoud. Tijdschrift voor Natuurlijke Geschiedenis en Physiologie 3: 1-6.

7.2 Determinatieliteratuur kiezelwieren

- 34 Krammer, K. & H. Lange-Bertalot (1997-2004) Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1-4. Gustav Fischer Verlag.
- 36 Krammer, K. (1997) Die Cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* Part. Bibliotheca Diatomologica Band 36, Cramer, Berlin. 382p.
- 39 Krammer, K. (2000) The genus *Pinnularia*. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. 1. Gantner Verlag Ruggell. 703p.
- 41 Krammer, K. (2003) *Cymboplectra*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. 4. Gantner Verlag Ruggell. 530p.
- 43 Lange-Bertalot, H. & G. Moser (1994) *Brachysira* Monographie der Gattung. Bibliotheca Diatomologica Band 29, Cramer, Berlin. 212p.
- 46 Lange-Bertalot, H. & S.I. Genkal (1999) Diatomeen aus Siberien I. Inseln im Arktischen Ozean (Yugorsky-Shar Strait). Iconographia Diatomologica 6. Gantner Verlag Ruggell. 271p.
- 47 Lange-Bertalot, H. (1993) 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa Vol. 2/1-4. Bibliotheca Diatomologica, Band 27, Cramer, Berlin. 454 p.
- 48 Lange-Bertalot, H. (2001): *Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu lato, *Frustulia*. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. 2. Gantner Verlag Ruggell. 526p

- 52 Levkov, Z. (2009) *Amphora* sensu lato. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. 5. Gantner Verlag Ruggell. 916p.
- 65 Nagumo, T. (2003) Taxonomic studies of the subgenus *Amphora* Cleve of the genus *Amphora* (Bacillariophyceae) in Japan. Bibliotheca Diatomologica Band 49. Cramer, Berlin. 265p.
- 69 Reichardt, E. (1997) Taxonomische Revision des Artenkomplexes um *Gomphonema pumilum* (Bacillariophyceae). Nova Hedwigia 65: 99-129.
- 70 Reichardt, E. (1999) Zur Revision der Gattung *Gomphonema*. Die Arten um *G. affine*, *G. angustatum/micropus*, *G. acuminatum* sowie gomphonemoide Diatomeen aus dem Oberoligozän in Böhmen. Iconographia Diatomologica 8. Gantner Verlag Ruggell. 203p.
- 71 Reichardt, E. (2001) Revision der Arten um *Gomphonema truncatum* und *G. capitatum*. In Lange-Bertalot-Festschrift, Studies on Diatoms. Dedicated to Prof. Dr. h.c. Horst Lange-Bertalot On the occasion of his 65th Birthday. Edited by Regine Jahn, John P. Kociolek, Andrzej Witkowski & Pierre Compère. Gantner Verlag Ruggell. 187-224.
- 90 Van de Vijver, B., L. Beyens & H. Lange-Bertalot (2004) The genus *Stauroneis* in the Arctic and (Sub-) Antarctic Regions. Bibliotheca Diatomologica Band 51, Cramer, Berlin. 317p
- 94 Witkowski, A. & H. Lange-Bertalot (1993) Established and new diatom taxa related to *Fragilaria schultzei* Brockmann. Limnologica 23: 59-70.
- 96 Witkowski, A., H. Lange-Bertalot & D. Metzeltin (2000) Diatom Flora of Marine Coasts 1. Iconographia Diatomologica 7. Gantner Verlag Ruggell. 925 p.
- 103 Lange-Bertalot, H. (1988) Die Gattung *Tabellaria* unter besonderer Berücksichtigung von *Tabellaria ventricosa* Kützing (Bacillariophyceae). Nova Hedwigia 46: 413-431
- 111 Houk, V. (2003) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions Part I. Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae Czech Phycology Supplement:27p.
- 112 Houk, V. & R. Klee (2007) Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions Part II. Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement to Part I) Fottea 7 (2):85-225
- 117 Kulikovskiy, M.S., H. Lange-Bertalot, A. Witkowski, N.I. Dorofeyuk & S.I. Genkal (2010) Diatom assemblages from *Sphagnum* bogs of the world. I. Nur bog in northern Mongolia. Bibliotheca Diatomologica Band 55. Cramer, Berlin. 326p.
- 118 Hofmann, G., M. Werum & H. Lange-Bertalot (2011) Diatomeen in Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. H. Lange-Bertalot (Ed.) Gantner Verlag Ruggell. 908 p.
- 124 Lange-Bertalot, H., M. Bak & A. Witkowski (2011) *Eumotia* and some related genera. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Water and Comparable Habitats. 6. Gantner Verlag Ruggell. 747p.
- 128 Potapova, M.G. (2012) New species and combinations in monoraphid diatoms (family Achnanthesiaceae) from North America. Diatom Research 27: 29-42
- 130 Morales, E.A. (2005) Observations of the morphology of some known and new fragilaroid diatoms (Bacillariophyceae) from rivers in the USA. Phycological Research 53: 113-133
- 135 Van de Vijver, B., A. Mertens & G. Verweij (2013) 4th NVKD taxonomic workshop fragilaroid diatoms. Additional notes. National Botanic Garden Belgium.
- 159 Trobajo, R., L. Rovira, L. Ector, C.E. Wetzel, M. Kelly & D.G. Mann (2013) Morphology and identity of some ecologically important small *Nitzschia* species. Diatom Research 28(1):37-59
- 160 Kulikovskiy, M, H. Lange-Bertalot & D. Metzeltin (2010) Specific rank for several infraspecific taxa in the genus *Pinnularia* Ehrenb. Algologia: 20 (3): 357-367

- 163 Jüttner, I, L. Ector, E. Reichardt, B. van de Vijver, A. Jarlman, J. Krokowski & E. Cox (2013) *Gomphonema varioireduncum* sp. nov., a new species from northern and western Europe and a re-examination of *Gomphonema exilissimum*. *Diatom Research* 28 (3):303-316
- 168 Lange-Bertalot, H. & S. Ulrich (2014) Contributions to the taxonomy of needle-shaped *Fragilaria* and *Ulnaria* species. *Lauterbornia* 78:1-73.
- 180 Wetzel, C.E., L. Ector, B van de Vijver, P. Compère & D. Mann (2015) Morphology, typification and critical analysis of some ecologically important small naviculoid species (Bacillariophyta) *Fottea Olomouc* 15(2): 203-234
- 181 Morales, E.M., C.E. Wetzel, B. Van de Vijver and L. Ector (2015) Morphological studies on type material of widely cited araphid diatoms (Bacillariophyta). *Phycologia* 54 (5), 455–470
- 185 Wetzel, C.E. & L. Ector (2015) Taxonomy and ecology of *Fragilaria microvaucheriae* sp. nov. and comparison with the type materials of *F. uliginosa* and *F. vaucheriae*. *Cryptogamie Algologie* 36 (3): 271-289
- 190 Tuji, A. & D.M. Williams (2006) Typification of *Conferva pectinalis* O. F. Müll. (Bacillariophyceae) and the identity of the type of an alleged synonym, *Fragilaria capucina* Desm. *Taxon* 55(1):193-199
- 198 Lowe, R.L., P. Kociolek, J.R. Johansen, B. Van De Vijver, H. Lange-Bertalot & K. Kopalová (2014) *Humidophila* gen. nov., a new genus for a group of diatoms (Bacillariophyta) formerly within the genus *Diadesmis*: species from Hawaii, including one new species. *Diatom Research* 29: 351-360.
- 218 Lange-Bertalot, H. & A.Z. Wojtal (2014) Diversity in species complexes of *Placoneis clementis* (Grunow) Cox and *Paraplaconeis placentula* (Ehrenberg) Kulikovskiy, Lange-Bertalot & Metzeltin. *Nova Hedwigia* 143:403–420
- 222 Van de Vijver, B., A. Mertens, C. Wetzel & L. Ector (2018) 9th NVKD taxonomic workshop *Achnantheidium minutissimum*. National Botanic Garden Belgium / Universiteit Antwerpen / Luxembourg Institute of Science and Technology / Diatomella Overasselt.
- 223 Novais, M.H., I. Jüttner, B. Van de Vijver, M.M. Morais, L. Hoffmann & L. Ector (2015) Morphological variability within the *Achnantheidium minutissimum* species complex (Bacillariophyta): comparison between the type material of *Achnanthes minutissima* and related taxa, and new freshwater *Achnantheidium* species from Portugal. *Phytotaxa* 224 (2): 101-139.
- 227 Novis, P.M., Braidwood, J. & Kilroy, C. (2012): Small diatoms (Bacillariophyta) in cultures from the Styx River, New Zealand, including descriptions of three species. *Phytotaxa* 64: 11-45
- 239 Reichardt, E. (2018) Die Diatomeen im Gebiet der Stadt Treuchtlingen. Band 1 & 2. Bayerische Botanische Gesellschaft München.
- 250 Van de Vijver, B., A. Mertens, C.E. Wetzel & L. Ector (2019) *Fragilaria capucina* & co. 10th NVKD Taxonomic Workshop. 304 p.

Bijlagen

Bijlage I.

Indeling ecologische indicatiegetallen

R pH	1	Acidobiont	optimaal bij pH < 5,5		
	2	acidofiel	voornamelijk bij pH < 7		
	3	circumneutraal	voornamelijk bij pH ~ 7		
	4	alkalifiel	voornamelijk bij pH > 7		
	5	alkalibiont	uitsluitend bij pH > 7		
	6	indifferent	geen duidelijk pH-optimum		
H Zoutgehalte			Cl ⁻ (mg/l)	Saliniteit (‰)	
	1	Zoet	< 100	< 0,2	
	2	zoetbrak	< 500	< 0,9	
	3	brakzoet	500 - 1000	0,9 - 1,8	
	4	Brak	1000 - 5000	1,8 - 9,0	
N Stikstofopname	1	stikstofautotrofe soorten, tolerant voor zeer geringe concentraties organisch gebonden stikstof			
	2	stikstofautotrofe soorten, tolerant voor hogere concentraties organisch gebonden stikstof			
	3	facultatief stikstofheterotrofe soorten, hebben periodiek hogere concentraties organisch gebonden stikstof nodig			
	4	obligaat stikstofheterotrofe soorten, hebben voortdurend hogere concentraties organisch gebonden stikstof nodig			
O Zuurstofbehoefte	1	voortdurend hoog (ca 100% verzadiging)			
	2	vrij hoog (boven 75% verzadiging)			
	3	matig (boven 50% verzadiging)			
	4	laag (boven 30% verzadiging)			
	5	zeer laag (ca 10% verzadiging)			
S Saprobie			waterkwaliteitsklasse	O ₂ -verzadiging (%)	BOD ₅ ²⁰ (mg/l)
	1	oligosaproob	I, I-II	> 85	< 2
	2	β-mesosaproob	II	70- 85	2 - 4
	3	α-mesosaproob	III	25 - 70	4 -13
	4	α-meso-/ polysaproob	III-IV	10 - 25	13- 22
	5	polysaproob	IV	< 10	> 22
T Trofie	1	oligotrafent			
	2	oligo-mesotrafent			
	3	mesotrafent			
	4	meso-eutrafent			
	5	eutrafent			
	6	hypereutrafent			
	7	indifferent			
M Vocht	1	nooit of slechts zeer zelden buiten het water voorkomend			
	2	voornamelijk in het water, maar soms ook op vochtige plaatsen voorkomend			
	3	voornamelijk in het water, maar regelmatig ook op natte en vochtige plaatsen voorkomend			
	4	voornamelijk op natte en vochtige of tijdelijk droogvallende plaatsen voorkomend			
	5	bijna uitsluitend buiten het water voorkomend			

Uit: Van Dam e.a. (1994)

Bijlage 2. Telresultaten

De nummers van de determinatieliteratuur zijn vermeld in § 7.2. De legenda van de ecologische groepen is vermeld in Tabel 3.2 en die van de ecologische indicatiewaarden in Bijlage 1 (0 = indicatiewaarde onbekend). Versp. = verspreiding (A: alpien, M: montaan, N: noordelijk). De getallen zijn procentuele hoeveelheden.

Taxon	Determin. lit.	Ecol. groep	Ecologische indicatiewaarden							zeldzaam	opmerkingen	substraat	datum preparaat	1834	1846	1848	1854	1853	1941	Gemiddelde 1834-1853
			R	H	N	O	S	T	M											
Achnanthydium caledonicum	118	D	3	2	1	1	1	1	0	1	A									0,3
Achnanthydium exiguum	34	E	4	2	2	1	2	7	3											0
Achnanthydium jackii	118	A	4	2	2	1	2	5	3											1,8
Achnanthydium microcephalum	222	A	4	2	2	1	2	5	3											18,1
Achnanthydium nanum	223	E	3	2	0	0	0	0	0			2	12			30	29	17,5		2,2
Actinocyclus normanii	34	E	4	3	2	3	3	5	1											0,1
Adlafia bryophila	48; 118	D	3	1	1	1	1	3	5	1										0
Amphora copulata	52; 65; 118	E	4	2	2	2	2	5	1											0,2
Anomoeoneis sphaerophora	34; 118	E	5	3	2	4	3	5	3											0
Aulacoseira granulata	34; 111; 112	E	4	2	2	3	2	5	1											0,8
Bacillaria paxillifer	34; 118	S	5	4	2	4	3	5	3											0,4
Brachysira neoexilis	43; 118	D	6	2	1	2	1	2	2											0,2
Caloneis amphibaena	34; 96; 118	E	4	3	2	3	3	5	3											0
Caloneis sp.		O	0	0	0	0	0	0	0											0
Cavinula variostrata	34; 118	D	2	1	1	1	1	1	4	1										0
Chamaepinnularia evanida	34; 118	R	3	2	1	1	1	3	4											0,5
Craticula molestiformis	48; 118	S	4	2	3	4	4	5	3											0
Ctenophora pulchella	34; 96; 118	S	4	4	2	3	3	5	3											0
Cymatopleura librile	34; 118; 239	E	4	2	2	3	2	5	1											0
Cymbella lanceolata	118	E	4	2	1	1	2	7	1											0
Cymbella naviculiformis	41; 118	E	3	2	2	2	2	5	2											0
Encyonema minutum	36; 118	D	3	2	0	0	0	3	0											0
Encyonema neogracile	36; 118	D	2	1	1	1	1	2	3		M									0,1
Encyonema ventricosum	36; 118	E	3	2	3	3	3	5	1			6	4			0,5		0,5		2,1
Eucocconeis laevis	34; 118	D	3	1	1	1	1	1	3	1	A					0,5	1	0		0,3
Eunotia ambivalens	124	O	6	2	0	0	0	7	0											1
Eunotia bilunaris	34; 118; 124	T	6	2	2	2	2	7	3											3,5
Eunotia botuliformis	47; 118; 124	T	2	1	1	1	0	1	0											0,9
Eunotia exigua	34; 118	X	1	2	2	2	3	7	3											0,4
Eunotia flexuosa	34; 118	D	2	1	1	1	1	2	3											0,1
Eunotia glacialispinosa	124	D	4	1	1	1	1	1	0	1										1,6
Eunotia implicata	34; 118; 124	T	2	1	0	0	1	7	3											5,6
Eunotia incisa	34; 118	T	2	1	1	1	1	1	2											3,4
Eunotia islandica	34; 124	D	2	1	1	1	1	1	4	1	M									0,6
Eunotia juettnerae	124	N	6	2	0	0	2	7	0											2,6
Eunotia meisteri	34; 118	N	2	1	1	1	1	1	4											0
Eunotia metamonodon	118; 124	D	2	1	1	1	1	2	0	1										0,4
Eunotia minor	34; 118; 124	T	2	1	0	0	1	2	4											6,5
Eunotia neoscandinavica	34; 124	T	2	1	1	1	1	1	3	1	N									0,4
Eunotia pectinalis	34; 118; 124	T	2	1	2	1	2	3	3											0,4
Eunotia pomeranica	124	O	3	2	1	1	1	3	0	1										0,1
Eunotia rhomboidea	34; 118	T	2	1	1	1	1	1	3											0,4
Eunotia soleirolii	34; 118; 124	R	3	1	2	1	2	1	3											0,5
Eunotia subarcuatoidea	34; 118	T	1	1	1	1	1	1	3	1	M									0,2
Fragilaria pectinalis	185; 190; 250	E	3	2	0	0	2	5	0											0,6
Fragilaria saxoplanctonica	168	E	6	2	0	0	0	7	1											0,4
Fragilaria sopotensis	94; 96	E	4	4	2	1	2	4	1											0
Fragilaria spec. 12450		O	0	0	0	0	0	0	0	1										0,2
Fragilaria vaucheriae	34; 118; 185; 250	E	4	2	2	3	3	5	3											0
Frustulia crassinervia	48; 118	T	1	1	1	1	1	1	3											0,4
Frustulia saxonica	48; 118	T	1	1	1	1	1	1	3											0
Frustulia vulgaris	48; 118	E	4	2	2	1	2	4	3											0
Geissleria paludosa	34; 48	O	3	1	1	1	1	0	4	1										0,1
Gomphonema acuminatum	70; 118	E	4	2	1	2	2	5	2											0,2
Gomphonema angustatum	70; 118	E	3	2	2	2	3	4	0											0,9
Gomphonema bozenae	70	O	2	2	0	0	0	0	0	1										0,5
Gomphonema breibissonii	70; 118	E	4	2	1	2	2	5	2											0,7
Gomphonema capitatum	71; 118	E	4	2	1	2	2	5	2											1,3
Gomphonema exilissimum	34; 70; 118; 163	D	2	1	1	1	1	2	3											1,8
Gomphonema graciledictum	239	O	3	2	0	0	0	5	0	1										0,3
Gomphonema innocens	34; 70; 118	S	4	2	0	0	3	4	2											0
Gomphonema insigniforme	70	O	0	2	0	0	0	0	0											0,9
Gomphonema micropus	70; 118	E	4	2	2	2	2	7	3											0,2
Gomphonema minutum	34; 118	E	3	2	0	0	2	5	3											1,2
Gomphonema olivaceum	34; 118; 239	S	5	2	2	2	2	5	1											0
Gomphonema parvulum	34; 70; 118	S	3	2	3	4	4	5	3											0
Gomphonema pratense	70	O	0	2	0	0	0	0	0	1										0,7
Gomphonema productum	34; 70; 118	D	3	2	2	1	2	7	3	1	M									1,2
Gomphonema pumilum var. rigidum	69	E	4	2	1	2	2	5	3											7,6

Literatuur

Taxon	Determin. lit.	E	R	H	N	O	S	T	M	zeldz.	nieuw verspr.	1834	aug. 1846	sept 1846	aug. 1854	mei 1853	12-5-1941	gem.	
Gomphonema sarcophagus	34; 70; 118	D	4	2	0	0	2	3	3	1			8		0,5			1,7	
Gomphonema subclavatum	34; 70; 118	E	3	2	1	1	1	5	3				4	5	0		0	1,8	
Gomphonema utae	70; 118	E	3	2	2	2	3	5	4					1			1,5	0,2	
Hannaea arcus	34; 118	R	4	2	1	1	2	2	3	1	M	34						6,8	
Hantzschia amphioxys	47; 118	O	3	2	2	2	3	7	4								0	0	
Hippodonta capitata	48; 118	E	4	2	2	3	3	4	3								2,5	0	
Humidophila perpusilla	34; 118; 198	D	3	2	1	1	1	5	1	1	M			4				0,8	
Mayamaea alcimonica	48	E	4	2	0	0	0	5	3							0		0	
Mayamaea atomus	48; 118	S	4	2	4	2	4	6	4								0,5	0	
Mayamaea excelsa	48; 118	S	3	2	3	1	3	6	4								1,5	0	
Mayamaea fossalis	48; 118	E	3	2	2	1	2	5	4								1	0	
Mayamaea permitis	48; 118	S	4	2	3	4	4	5	3								6	0	
Melosira varians	34; 111; 112; 118	E	4	2	3	3	3	5	2								1	0	
Meridion circulare	34; 118	R	4	2	2	2	2	7	1			6	6		0		0	2,4	
Navicula cantonatii cf.	125	O	0	0	0	0	0	0	0					0				0	
Navicula cryptocephala	48; 118	E	3	2	2	3	3	7	2						2,5			0,5	
Navicula gregaria	48; 118	S	4	3	2	4	3	5	3								16	0	
Navicula heimansioides	48	D	2	1	1	1	1	2	0	1						0,5		0,1	
Navicula lanceolata	48; 118	E	4	3	2	3	3	5	3								0	0	
Navicula lundii	48	E	4	2	2	2	2	5	4			2		1	0,5			0,7	
Navicula menisculus	48; 118	E	4	2	2	3	3	5	2								0,5	0	
Navicula radiosa	48; 118	E	3	2	2	2	2	4	3					0	1,5			0,3	
Navicula reinhardtii	48; 118	E	5	2	2	2	2	7	2								0,5	0	
Navicula rhynchotella	48; 118	S	4	3	0	0	3	5	0								0	0	
Navicula stesvicensis	48; 118	S	4	3	2	2	2	5	3								20	0	
Navicula tenelloides	48; 118	D	4	2	1	1	1	5	4						0			0	
Navicula veneta	48; 118	E	4	3	2	4	4	5	3						0,5		0	0,1	
Neidium affine	34; 118	E	3	2	1	1	1	4	1						0			0	
Nitzschia acidoclinata	34; 118	D	3	1	1	1	2	3	3						0,5	0	0	4,5	0,1
Nitzschia adamata	118	S	4	3	3	4	5	6	2								0	0	
Nitzschia amphibia	34; 118	S	4	2	3	3	3	5	3				8	1	2			2,2	
Nitzschia dissipata var. media	34; 118	E	4	2	2	2	2	7	3						0		0	0	
Nitzschia filiformis var. conferta	34	S	4	4	0	0	3	0	0				2					0,4	
Nitzschia fonticola	34; 118	E	4	2	3	3	4	5	1								6,5	0	
Nitzschia inconspicua	159	S	4	3	3	3	3	5	3				2					0,4	
Nitzschia linearis	34; 118	E	4	2	2	2	2	4	3								3	0	
Nitzschia palea	34; 118	S	3	2	4	4	5	6	3						0		0	0	
Nitzschia pusilla	34; 118	S	3	2	2	2	2	7	3								1	0	
Nitzschia sigmoidea	34; 118	E	4	2	2	3	2	5	2					0				0	
Nitzschia soratensis	159	O	0	2	0	0	0	0	0				4					0,8	
Nitzschia supralitorea	34; 118	S	3	2	3	2	3	5	4								0	0	
Nitzschia tenuis	34; 118	E	3	2	2	1	2	5	2								1	0	
Nitzschia terrestris	34	O	3	2	0	1	0	0	4								0	0	
Opephora mutabilis	96	O	5	5	0	0	0	0	4								0	0	
Parlibellus protractoides	96; 118	E	0	4	0	0	0	0	0								1,5	0	
Pinnularia bertrandii	39	O	0	2	0	0	0	0	0	1							2	0	
Pinnularia macilenta	39	T	2	1	1	1	1	1	0							0		0	
Pinnularia nanomicrotauron	39; 160	T	2	1	1	1	1	1	3								0	0	
Pinnularia neomajor var. inflata	39	T	2	1	1	1	1	1	4	1	M					0		0	
Pinnularia peracuminata	39	O	2	1	0	0	0	0	3							1,5		0,3	
Pinnularia schoenfelderii	39; 118	T	3	1	2	1	2	1	3							1		0,2	
Pinnularia subrupestris var. cuneata	39	T	2	1	1	1	1	1	0	1	N				0,5			0,1	
Pinnularia viridiformis	39; 118	T	3	2	0	0	0	1	0						0,5	2		0,5	
Placoneis anglica	118	O	0	2	0	0	0	0	0								0	0	
Placoneis nanoclementsii	218	E	4	3	0	0	2	5	0								1,5	0	
Placoneis paraelginensis	118	E	4	2	0	0	0	5	0						0		0	0	
Planothidium frequentissimum	118	E	4	2	2	3	4	7	3								4	0	
Planothidium lanceolatum	118	E	4	2	2	3	3	5	3						0,5		4	0,1	
Planothidium victori	227	E	4	2	2	3	4	5	3								3	0	
Platessa oblongella	118	E	3	2	2	2	3	7	3					0				0	
Psammothidium bioretii	118	D	3	2	1	1	1	3	4	1							0	0	
Psammothidium daonense	118	D	3	1	1	1	1	1	3	1		4						0,8	
Psammothidium lauenburgianum	118	D	3	2	0	0	0	2	0								1	0	
Psammothidium sacculus	34	D	3	2	1	1	1	1	0	1	N				1			0,2	
Pseudostaurosira parasitica	34; 118; 181	E	4	2	1	1	2	4	2								0	0	
Rossthidium anastasiae	118; 128	D	3	1	1	1	1	3	0	1				0				0	
Rossthidium pusillum	24; 118	D	3	2	1	1	1	1	0	1					1			0,2	
Sellaphora atomoides	180	S	4	2	3	4	4	5	3						1	2		0,6	
Sellaphora disjuncta	34	D	3	2	1	1	1	4	3	1					1,5			0,3	
Sellaphora laevisissima	118	O	3	1	1	1	1	3	2	1			2					0,4	
Sellaphora nigri	34; 118; 180	S	4	2	3	4	4	5	3						0,5		0,5	0,2	
Sellaphora pupula	118	E	3	2	2	3	3	4	2						0,5		0,5	0,1	
Sellaphora saugerresii	180	S	3	2	3	4	4	5	3				4				0	0,8	
Sellaphora vekhovii	117; 46	O	2	1	0	0	0	0	0	1					0			0	
Stauroneis anceps	90; 118	D	2	1	1	1	1	7	2						0,5			0,1	
Stauroneis gracilis	90; 118	E	3	2	2	3	2	4	2								0	0	
Stauroneis kriegeri	118	E	3	2	2	2	2	4	3						1		0	0,2	
Stauroneis thermicola	118	O	3	2	2	1	2	7	4						0		0	0	
Staurosira venter	118	E	4	2	2	1	2	4	1								1,5	0	
Staurosirella pinnata	118; 130	E	4	2	2	1	2	7	3								0,5	0	
Surirella brebissonii var. kuetingii	34; 118	S	4	2	2	3	3	5	3								0	0	
Surirella linearis var. constricta	34	O	3	2	0	0	2	2	3						0			0	
Surirella terricola	34; 118	O	3	2	0	0	0	0	5								0	0	
Tabellaria fenestrata	103; 118	E	3	1	1	1	2	2	0							1		0,2	
Tabellaria flocculosa	103; 118	D	2	1	1	1	2	3	3						0		0,5	0,1	
Ulnaria acus	34; 118; 135	E	4	2	2	3	2	5	2								0	0	
Ulnaria biceps	34; 135	E	4	2	2	3	4	7	2				2				1	0,4	
Ulnaria ulna	34; 118; 135	E	4	2	2	3	3	5	2				2	0,5	0		0	0,5	