



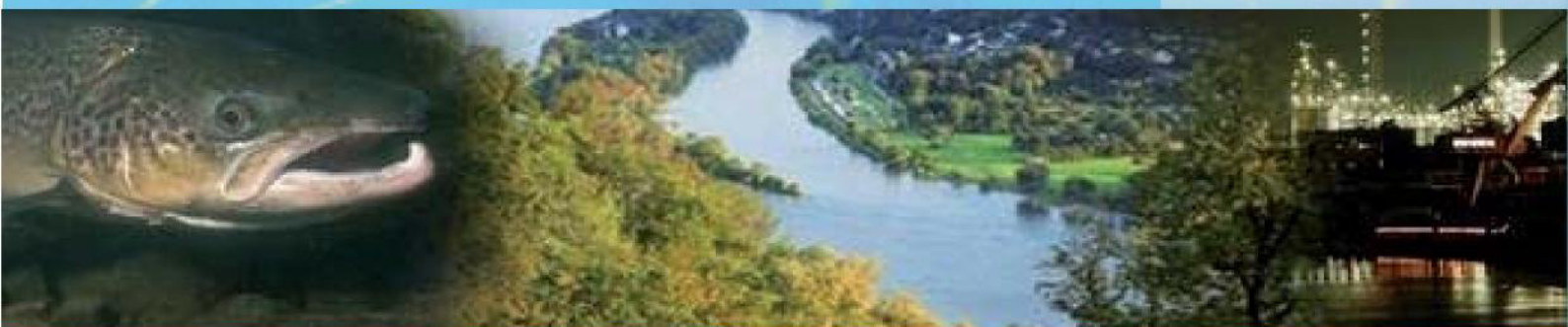
Benthische diatomeeën in de Rijn 2018/2019

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport Nr. 275



Colofon

Uitgegeven door de

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Koblenz, Duitsland

Postbus 20 02 53, 56002 Koblenz, Duitsland

Telefoon: +49-(0)261-94252-0, fax +49-(0)261-94252-52

[E-mail: sekretariat@iksr.de](mailto:sekretariat@iksr.de)

www.iksr.org

Benthische diatomeeën in de Rijn in 2018/2019

Rapportage:	David Heudre, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Grand Est, Metz
Bewerking:	Mechthild Banning, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Wiesbaden; Guillaume Demortier, Agence de l'Eau Rhin-Meuse; Karin Deutsch, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wenen; Thomas Ehlscheid, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU), Mainz; Helmut Fischer, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz; Jochen Fischer (voorzitter van de EG BMON), Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU), Mainz; Jochen Lacombe, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV), Recklinghausen; Jeroen Postema, Rijkswaterstaat- WVL, Utrecht; Yael Schindler, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern; Franz Schöll, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz; Renate Semmler-Elpers, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe;
Coördinatie en redactie:	Laura Poinsoot, Nikola Schulte-Kellinghaus, Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1. Inleiding	6
2. Methode	7
3. Taxonomie	8
3.1. Geïnteriseerde soorten	8
3.2. Soortensamenstelling in de Hoogrijn	16
3.3. Soortensamenstelling in de Duits-Franse Bovenrijn	17
3.4. Soortensamenstelling in de Middenrijn	19
3.5. Soortensamenstelling in de Duitse Nederrijn	20
3.6. Soortensamenstelling in de Rijndelta	22
4. Biologische eigenschappen	23
4.1. Milieuvariabelen (Carayon <i>et al.</i> , 2019)	25
4.2. Ecologische gilden & levenswijzen (Rimet <i>et al.</i> , 2012)	30
5. Conclusie	34
6. Bibliografie	35
BIJLAGEN	37
A. Lijst van meetlocaties en bevoegde instanties	38
B. Lijst van in de Rijn aangetroffen taxa met de trajecten waarop ze voorkomen	39

Lijst van figuren

Figuur 1: Aantal geïnventariseerde taxa per Rijntraject	13
Figuur 2: Gemiddelde diversiteit per inventarisatie op de verschillende Rijntrajecten	14
Figuur 3: Gemiddelde abundantie van de vijf meest structurerende soorten in de inventarisaties op de verschillende Rijntrajecten.....	15
Figuur 4: Foto's van de vier meest structurerende soorten op de verschillende Rijntrajecten	15
Figuur 5: Gemiddelde abundantie van <i>Achnanthydium minutissum</i> , <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> en <i>Cocconeis placentula</i> per Rijntraject	16
Figuur 6: Foto's van <i>Achnanthydium pyrenaicum</i> en <i>Achnanthydium minutissum</i>	17
Figuur 7: Gemiddelde abundantie van <i>Navicula cryptotenella</i> , <i>Nitzschia frustulum</i> en <i>Achnanthydium delmontii</i> per Rijntraject	18
Figuur 8: Foto's van <i>Navicula cryptotenella</i> en <i>Achnanthydium delmontii</i>	18
Figuur 9: Gemiddelde abundantie van <i>Pseudostaurosira brevistriata</i> , <i>Nitzschia fonticola</i> en <i>Staurosira venter</i> per Rijntraject	19
Figuur 10: Foto's van <i>Pseudostaurosira brevistriata</i> , <i>Nitzschia fonticola</i> en <i>Staurosira venter</i>	20
Figuur 11: Gemiddelde abundantie van <i>Nitzschia inconspicua</i> , <i>Nitzschia paleacea</i> en <i>Eolimna minima</i> sensu lato per Rijntraject	21
Figuur 12: Foto's van <i>Nitzschia inconspicua</i> , <i>Nitzschia paleacea</i> en <i>Eolimna minima</i> sensu lato.....	21
Figuur 13: Gemiddelde abundantie van <i>Skeletonema subsalsum</i> , <i>Discostella pseudostelligera</i> en <i>Cyclostephanos invisitatus</i> per Rijntraject.....	22
Figuur 14: Foto's van <i>Discostella pseudostelligera</i> en <i>Cyclostephanos invisitatus</i>	22
Figuur 15: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun pH-gevoeligheid (Carayon <i>et al.</i> 2019).....	25
Figuur 16: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor mineralisatie (Carayon <i>et al.</i> 2019).....	26
Figuur 17: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun zuurstofgevoeligheid (Carayon <i>et al.</i> 2019))	27
Figuur 18: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor nitraat (Carayon <i>et al.</i> 2019)	28
Figuur 19: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor fosfor (Carayon <i>et al.</i> 2019).....	28
Figuur 20: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor saprobie (Carayon <i>et al.</i> 2019).....	29
Figuur 21: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor organische stikstof (Carayon <i>et al.</i> 2019)	30
Figuur 22: Relatieve abundantie van mobiele soorten, koloniserende soorten en pioniersoorten (Rimet <i>et al.</i> 2012)	31
Figuur 23: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun aanhechting aan het substraat (Rimet <i>et al.</i> 2012)	32
Figuur 24: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun ecologische gilde (Rimet <i>et al.</i> 2012)	33

Lijst van tabellen

Tabel 1: Verdeling van het aantal meetlocaties over de Rijntrajecten	7
Tabel 2: Verdeling van het aantal taxa over het aantal monsters waarin ze voorkomen ..	8
Tabel 3: Meest frequente taxa in de Rijn	9
Tabel 4: Meest abundante taxa in de Rijn	10
Tabel 5: Classificatie van taxa op basis van hun gemiddelde abundantie op de meetlocaties waar ze voorkomen	12
Tabel 6: Gemiddelde telinspanning per Rijntraject	14
Tabel 7: Numerieke code van de meetlocaties in de Rijn	23

Samenvatting

Het onderhavige rapport geeft een geharmoniseerde samenvatting van de gegevens over bentische diatomeeën in de Rijn die zijn verzameld in het kader van het Rijnmeetprogramma biologie 2018/2019, onderdeel fyto-benthos.

Tussen augustus 2015 en oktober 2018 zijn er in totaal 340 taxa geïnventariseerd op de 41 onderzochte meetlocaties, wat zelfs voor een grote rivier als de Rijn neerkomt op een aanzienlijke taxonomische diversiteit. Veel soorten komen echter alleen op een klein aantal meetlocaties voor (234 soorten zijn maar op één tot vijf locaties aangetroffen), terwijl slechts 25 taxa op meer dan 50% van de onderzochte locaties voorkomen en de lokale gemeenschappen dus als het ware structuur geven.

De bestudering van de structuur van de gevonden gemeenschappen (aanwezigheid van soorten en dominantieverhoudingen) levert ecologische informatie op waaruit conclusies kunnen worden getrokken in verband met de ontwikkeling van de milieumomstandigheden in de loop van de Rijn.

Zo zijn de levensgemeenschappen in de Hoogrijn typisch voor snel stromende milieus die weinig worden beïnvloed door nutriënten, oxideerbaar organisch materiaal of mineralisatie. Hoe verder stroomafwaarts hoe duidelijker deze situatie wordt. Vanaf de Duits-Franse Bovenrijn nemen soorten die kenmerkend zijn voor meso-eutrofe milieus een belangrijke plaats in. In de tweede helft van de Rijn verschijnen er eutrofe tot hypereutrofe soorten in opmerkelijke abundanties. De opeenvolging van de soortengemeenschappen in de rivier drukt uit dat de hoeveelheid organisch materiaal en de mineralisatie minder sterk en snel toenemen.

De soorten in de Rijndelta indiceren een milieu met bijzondere hydromorfologische kenmerken: immers, er verschijnen aanzienlijke hoeveelheden soorten van planktonische oorsprong.

Kortom, de diatomeeëngemeenschappen volgen elkaar Rijnafwaarts keurig op naarmate de stroomsnelheid af- en de voedselrijkdom toeneemt.

1. Inleiding

Diatomeeën zijn microscopisch kleine, eencellige, heterokonte algen waarvan de grootte varieert van enkele micrometer (μm) tot meer dan 500 μm . Ze hebben enkele bijzondere eigenschappen, waaronder een uitwendig skelet van kiezelzuur, genaamd frustule. Het onderzoek van de bouw, de vorm en het patroon van dit kiezelwandje vormt de basis van hun taxonomie.

Diatomeeën komen in alle natte milieus voor, maar ontwikkelen zich vooral in waterlopen, waar ze een biofilm vormen op oppervlakken onder de waterlijn, d.w.z. een zelfgevormde matrix van extracellulaire polymere substanties waarin de diatomeeën leven. Hun grote specifieke diversiteit, brede geografische verspreiding en gevoeligheid voor de fysisch-chemische kenmerken van hun leefgebied maken van hen uitstekende bio-indicatoren. Ze zijn met name indicatief voor de milieuv variabelen pH-waarde, geleidingsvermogen, trofie (d.w.z. voedselrijkdom) en saprobie (d.w.z. organische belasting) (Van Dam *et al.* 1994, Rott *et al.* 1997, 1999). Op veranderingen in deze variabelen reageren ze met zowel kwalitatieve als kwantitatieve veranderingen in de lokale soortensamenstelling. Dankzij voortschrijdend inzicht in de ecologische voorkeuren van de taxa konden er eenvoudige methodes voor de beoordeling van de oppervlaktewaterkwaliteit worden ontwikkeld en gaandeweg verbeterd.

Diatomeeën maken in de EU-Kaderrichtlijn Water (richtlijn 2000/60/EG, KRW) een belangrijk deel uit van het biologische kwaliteitselement "macrofyten en fytobenthos", dat wordt gebruikt voor de beoordeling van de toestand van wateren (Europese Unie, 2000). De ecologische kwaliteit van een meetlocatie in een waterloop wordt bepaald door de aanwezige gemeenschap te vergelijken met de referentiegemeenschap die wordt verwacht in een waterloop van dat type (geologie, typologie, grootte, hydro-ecoregio, ...). De beoordeling is dus niet langer beperkt tot een simpele kwantificering van de drukken, maar omvat een evaluatie van de vastgestelde afwijking ten opzichte van de referentietoestand.

Het onderhavige rapport geeft een geharmoniseerde samenvatting van de gegevens over benthische diatomeeën in de Rijn die tussen augustus 2015 en oktober 2018 zijn verzameld door verschillende instanties en diensten die meewerken in de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR). De bestudering van de structuur van de gevonden gemeenschappen (aanwezigheid van soorten en dominantieverhoudingen) levert ecologische informatie op waaruit conclusies kunnen worden getrokken in verband met de ontwikkeling van bijvoorbeeld de trofie of de saprobie in de loop van de Rijn.

In de Oostenrijkse methode (Richtlijnen voor de verzameling van biologische kwaliteitselementen, deel A3 - fytobenthos, Lebensministerium Wenen, 2010) wordt er niet alleen rekening gehouden met diatomeeën, maar ook met andere fytobenthosalgen. Deze gegevens zijn niet verwerkt in het onderhavige rapport, omdat er is afgesproken om in het Rijnmeetprogramma biologie 2018/2019 alleen diatomeeën te inventariseren en evalueren. Er zij opgemerkt dat er ook een Duitse methode bestaat ("Phylib") waarin rekening wordt gehouden met andere fytobenthosalgen (deelgroep van fytobenthosorganismen zonder diatomeeën).

2. Methode

De beschikbare gegevens die in het onderhavige rapport worden gepresenteerd, zijn het resultaat van de analyse van monsters van benthische diatomeeën die zijn genomen op 41 meetlocaties, verdeeld over vijf Rijntrajecten (zie onderstaande tabel 1). De enige meetlocatie aan de Alpenrijn, Fußach, is in het onderhavige rapport om redenen van ecologische coherentie samengevoegd met de locaties aan de Hoogrijn. Immers, Fußach ligt in een antropogeen veranderd gebied (gekanaliseerde "Nieuwe Rijn"), wordt beïnvloed door het Bodenmeer en bevindt zich ver benedenstrooms op het traject in kwestie (op rivierkm 88 van 92), waardoor deze locatie wellicht niet representatief is voor de omstandigheden in het bovenstroomse deel van het Alpenrijntraject.

Tabel 1: Verdeling van het aantal meetlocaties over de Rijntrajecten

Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
5	23	4	3	6

De lijst van meetlocaties en bevoegde instanties is weergegeven in bijlage A. De meetlocaties dekken het gebied af van de Alpenrijn in Oostenrijk tot en met de Rijndelta in Nederland en zijn bemonsterd tussen augustus 2015 en oktober 2018, hoewel 66% van de monsters tussen mei en oktober 2018 is genomen. Dit is een lange periode, gelet op de korte tijd die diatomeeën nodig hebben om te reageren op veranderingen in het milieu; de grote spreiding van de bemonsteringsdata dwingt er dus toe de conclusies in het onderhavige rapport te relativeren.

Over het bemonsterde substraat is maar weinig bekend: de meeste monsters lijken te zijn genomen op voorwerpen die in het zomerbed zijn geplaatst (stenen, kiezels, blokken). Echter, in Nederland zijn de monsters genomen op de verticale delen van rietstengels onder de waterlijn, gelet op de bijzondere hydromorfologische kenmerken van de Rijndelta.

Wat de taxonomische naamgeving betreft, zijn de gegevens voornamelijk gestandaardiseerd met behulp van het referentiewerk van Lange-Bertalot *et al.* (2017). Deze standaardisatie bleek nodig te zijn om de waargenomen variabiliteit te corrigeren die resulteert uit de verscheidenheid van betrokken actoren en de diversiteit van gebruikte determinatiewerken. Immers, hoewel bepaalde delegaties hun determinaties lijken te hebben gebaseerd op recente naslagwerken, zoals Hofmann *et al.* (2011) of Lange-Bertalot *et al.* (2017), worden in de helft van de geleverde lijsten oude benamingen gebruikt, die waarschijnlijk zijn gebaseerd op Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a & 1991b). De meeste naamsveranderingen zijn niet van belang, omdat soorten alleen bij een ander geslacht zijn ingedeeld. Echter, voor bepaalde taxonomische groepen zijn veranderingen wel bijzonder problematisch, omdat voor een groot aantal soorten de diagnose de afgelopen decennia aanzienlijk verder is ontwikkeld, waardoor er soms nieuwe gevalideerde soorten zijn onderscheiden.¹

De gegevens zijn verwerkt met de software Omnidia 6, Microsoft Excel 2007, en R 3.5.

¹ Een niet exhaustieve lijst van naamsveranderingen: *Amphora lybica* is vervangen door *Amphora copulata* sensu lato (zie Hofmann *et al.* 2011 of Lange-Bertalot *et al.* 2017); *Caloneis bacillum*, een mariene soort, is vervangen door *Caloneis lancettula* (zie Hofmann *et al.* 2011 of Lange-Bertalot *et al.* 2017); *Discostella woltereckii* is opgenomen in *Discostella pseudostelligera* emend Genkal (zie Genkal 2015); *Planothidium rostratum* is vervangen door *Planothidium rostratoholarcticum* (zie Bak & Lange-Bertalot 2014, Lange-Bertalot *et al.* 2017 of Wetzel *et al.* 2019); *Surirella brebissonii* var. *brebissonii*, een zeldzaam, groot taxon, is vervangen door *Surirella lacrimula*, dat veel vaker voorkomt (zie English & Potapova 2012)... *Cocconeis placentula* is in het onderhavige rapport *sensu lato*, omdat er geen onderscheid kon worden gemaakt tussen de *Cocconeis placentula* sensu Jahn *et al.* 2009, die door sommige delegaties zijn gedetermineerd, en het concept van *Cocconeis placentula*, een onbepaalde variëteit die door andere delegaties is geleverd (de meest voorkomende variëteiten van deze soort worden vandaag de dag als aparte soorten erkend). Er bestaat ook onzekerheid over *Achnanthes ploenensis* (wordt in het onderhavige rapport *Kolbesia ploenensis* genoemd), die in sommige inventarisaties ook als "onbepaalde variëteit" lijkt te zijn gebruikt, omdat ze in de loop van de Rijn, afhankelijk van welke delegatie de gegevens heeft geleverd, afwisselend wordt gevonden met haar vroegere variëteit *gessneri* (wordt in het onderhavige rapport *Kolbesia gessneri* genoemd).

3. Taxonomie

3.1. Geïnteriseerde soorten

Op alle onderzochte meetlocaties samen zijn er 340 taxa van 82 geslachten geïnteriseerd, wat zelfs voor een grote rivier als de Rijn neerkomt op een aanzienlijke taxonomische diversiteit. In bijlage B is de volledige lijst van de taxa opgenomen, met de Rijntrajecten waar ze zijn gevonden.

Deze grote diversiteit moet echter worden gerelativeerd, omdat er veel taxa in zijn begrepen die niet wijd verspreid zijn in de Rijn: 234 taxa zijn slechts in 1 à 5 monsters gevonden, waarbij er 125 alleen in een enkel monster zijn aangetroffen (zie onderstaande tabel 2).

Tabel 2: Verdeling van het aantal taxa over het aantal monsters waarin ze voorkomen

Aantal taxa	Aantal monsters
234*	1-5
51	6-10
18	11-15
12	16-20
10	21-25
9	26-30
3	31-35
3	36-40

*: waarvan 125 in één enkel monster.

Daartegenover staat dat een klein aantal taxa de plantengemeenschappen op het grootste deel van de Rijn lijkt te structureren: 25 taxa zijn in meer dan 50% van de monsters gevonden (zie onderstaande tabel 3).

Tabel 3: Meest frequente taxa in de Rijn

(O = procentueel voorkomen van een taxon ten opzichte van alle monsters)

Taxon	O
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	98%
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	95%
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	93%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg sensu lato	78%
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	76%
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve en Möller	76%
<i>Achnanthis minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	73%
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	73%
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald sensu lato	71%
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	71%
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	71%
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	68%
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	66%
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	66%
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	63%
<i>Melosira varians</i> Agardh	61%
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck	61%
<i>Planothidium rostratoholarcticum</i> Lange-Bertalot & Bąk	61%
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	59%
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	59%
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow in Van Heurck) Williams & Round	59%
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	56%
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	56%
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	56%
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	56%

Gelet op het voorgaande wordt in de onderstaande tabel 4 verduidelijkt dat de taxa die het wijdst verspreid zijn over de verschillende meetlocaties (m.a.w. die een grote kans van voorkomen hebben) niet altijd de taxa zijn met de grootste populaties. De taxa zijn geclassificeerd op basis van de gecumuleerde relatieve abundantie om de vertekening te voorkomen die zou ontstaan zijn als er gebruik was gemaakt van de werkelijke abundantie (immers, de telinspanning verschilt tussen de monsters).

Tabel 4: Meest abundante taxa in de Rijn

(ARC = gecumuleerde relatieve abundantie van een taxon ten opzichte van alle monsters)

Taxon	ARC
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	435%
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	290%
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg sensu lato	234%
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	215%
ACHNANTHIDIUM Kützing	164%
<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge	128%
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki sensu lato	123%
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	114%
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve en Möller	89%
<i>Melosira varians</i> Agardh	85%
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal	82%
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	75%
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck	75%
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	66%
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow in Van Heurck) Williams & Round	65%
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu & Barthes	63%
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	58%
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	57%
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	56%
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	52%
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow sensu lato	50%
<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & Möller	49%
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	47%
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	46%
<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (Hohn & Hellerman) Theriot, Stoermer & Håkansson	45%
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	43%
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot in Moser & al. sensu lato	43%
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald sensu lato	43%
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	43%
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	40%
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	39%
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	33%
NITZSCHIA A.H. Hassall	33%
<i>Planothidium rostratoholarcticum</i> Lange-Bertalot & Båk	29%
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	28%
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) Williams & Round	28%
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round	27%
<i>Navicula germainii</i> Wallace	27%
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	22%
<i>Achnantheidium atomoides</i> Monnier, Lange-Bertalot & Ector	22%
<i>Nitzschia filiformis</i> var. <i>conferta</i> (Richter) Lange-Bertalot	22%
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G.Mann in Round, Crawford & Mann	21%
LUTICOLA D.G. Mann	20%
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	20%
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow in Cl. & Grun.) Bukhtiyarova var. <i>clevei</i>	20%
<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman	19%
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	18%
<i>Achnantheidium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	15%

De soorten die het wijdst verspreid zijn in de Rijn zijn dus *Nitzschia dissipata*, *Amphora pediculus* en *Navicula cryptotenella*, die op nagenoeg alle meetlocaties worden aangetroffen. *Cocconeis placentula* sensu lato, *Navicula antonii*, *Nitzschia fonticola*, *Achnantheidium minutissimum* sensu lato, *Navicula tripunctata* en *Cocconeis pediculus* komen ook vaak voor in de inventarisaties.

De bovengenoemde taxa behoren veelal tot de groep met de hoogste populatiedichtheden: *Nitzschia dissipata* (28% in Mannheim), *Amphora pediculus* (46% in Schwanau), *Navicula cryptotenella* (20% in Gamsheim), *Cocconeis placentula* sensu lato (25% in Karlsruhe), *Nitzschia fonticola* (16% in Bacharach), *Achnantheidium minutissimum* sensu lato (48% in Fußach).

Zoals in het Rijnmeetprogramma van 2012/2013 komt de soort *Nitzschia palea*, die zeer tolerant is voor vervuiling, in 68% van de inventarisaties voor. Deze constatering moet evenwel worden gerelativeerd: de abundantie in de inventarisaties is laag - de relatieve abundantie bedraagt gemiddeld 2,7% - (een klein aantal exemplaren is met inkomende organische stofstromen in het milieu terechtgekomen) en het is mogelijk dat de variëteit *debilis*, die gevoeliger is voor vervuiling, niet altijd is gevonden bij de inventarisaties.

Ook de aanwezigheid van enkele zeer frequente soorten, zoals bijvoorbeeld *Diatoma vulgare* en *Navicula tripunctata*, kan worden gerelativeerd. De onderstaande tabel 5 maakt namelijk duidelijk dat deze soorten weliswaar in 66% dan wel 76% van de inventarisaties voorkomen, maar dat hun gemiddelde abundantie kleiner of gelijk is aan slechts 2%. Het gaat hier dus veeleer om ubiquitaire soorten in de Rijn die de gemeenschappen niet echt structuur geven.

Tabel 5: Classificatie van taxa op basis van hun gemiddelde abundantie op de meetlocaties waar ze voorkomen

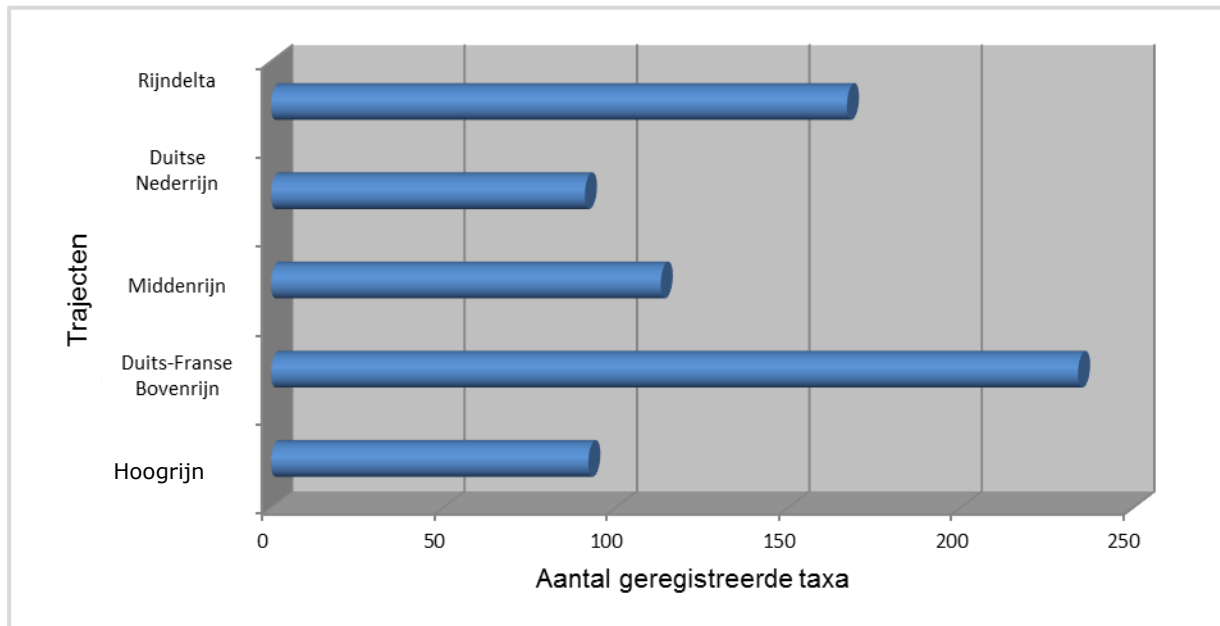
(N: aantal monsters waarin het taxon voorkomt (totaal = 47);

AMP: gemiddelde abundantie in de monsters waarin het taxon voorkomt)

Taxon	AMP	N
<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge	26%	5
LUTICOLA D.G. Mann	20%	1
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	11%	38
ACHNANTHIDIUM F.T. Kützing	9%	19
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal	8%	10
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg sensu lato	7%	31
<i>Achnantheidium atomoides</i> Monnier, Lange-Bertalot & Ector	7%	2
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	7%	39
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu & Barthes	7%	9
<i>Gomphonema saphophilum</i> (Lange-Bertalot & Reichardt) Abarca Jahn Zimmermann & Enke	7%	1
<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (Hohn & Hellerman) Theriot Stoermer & Håkansson	6%	7
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	6%	37
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	5%	24
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	5%	11
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	5%	10
<i>Achnantheidium druartii</i> Rimet & Couté in Rimet & al.	5%	1
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow sensu lato	5%	11
<i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst	4%	1
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki sensu lato	4%	29
<i>Melosira varians</i> Agardh	3%	25
<i>Encyonopsis minuta</i> Krammer & Reichardt	3%	3
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck	3%	25
<i>Nitzschia liebethruthii</i> Rabenhorst var. <i>liebethruthii</i>	3%	4
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve & Möller	3%	30
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow in Van Heurck) Williams & Round	3%	24
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle et Heimdal	3%	4
NITZSCHIA A.H. Hassall	3%	11
<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & Möller	3%	18
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	3%	28
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	3%	15
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	3%	2
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	3%	26

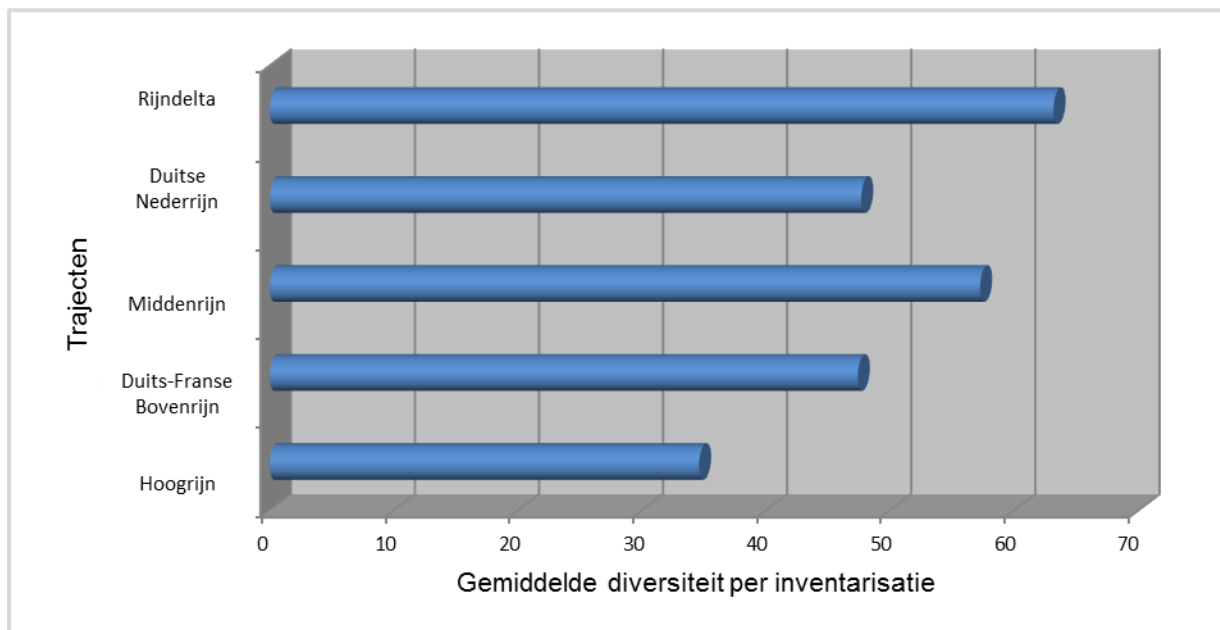
De onderstaande figuur 1, waarin de verdeling van deze specifieke diversiteit over de Rijntrajecten is weergegeven, maakt duidelijk dat het aantal aangetroffen taxa in de Hoogrijn, de Middenrijn en de Duitse Nederrijn vrij vergelijkbaar is. Alleen de Rijndelta en de Duits-Franse Bovenrijn springen eruit.

Deze bijzonderheid moet echter worden gerelativeerd, gezien het grote aantal bemonsterde meetlocaties aan de Duits-Franse Bovenrijn (zie tabel 1), omdat hierdoor de kans stijgt dat er een specifieke microhabitat wordt bemonsterd die verband houdt met de natuurlijke variabiliteit van het milieu, en dus ook de kans dat er nieuwe soorten worden aangetroffen. Evenzo is de Rijndelta een complex ecosysteem, bestaande uit verschillende takken die zeer verschillende microhabitats en eigen levensomstandigheden kunnen vertonen, hetgeen de diversiteit kan verhogen, net als het feit dat er op de locaties verschillend substraat kon worden bemonsterd.



Figuur 1: Aantal geïnventariseerde taxa per Rijntraject

Ook de gemiddelde diversiteit per monster, die is weergegeven in de onderstaande figuur 2, levert een vergelijkbaar beeld op: het gemiddelde aantal taxa per inventarisatie wijkt nauwelijks af tussen de Rijntrajecten. Alleen de Hoogrijn onderscheidt zich door een diversiteit van gemiddeld 10 tot 25 taxa minder per monster. Dit kan misschien worden verklaard door de homogener milieu- en stromingsomstandigheden. Hoewel er in de Duitse Nederrijn en de Rijndelta een veel grotere telinspanning is geleverd dan op de andere trajecten (zie onderstaande tabel 6), vertonen deze trajecten toch geen diversiteit die erg verschilt van de andere trajecten. De Duits-Franse Bovenrijn is dan wel het traject met het grootste aantal taxa (zie onderstaande figuur 1), hij blijft in het middenveld wat het gemiddelde aantal taxa per inventarisatie betreft (zie figuur 2 hieronder). Dit toont aan dat het geen homogeen traject is, maar wel kan bogen op een grote totale diversiteit, want de vele monsters die er zijn genomen hebben zeer verschillende taxonomische samenstellingen. Tot slot dient er te worden vermeld dat de waarde van de gemiddelde telinspanning voor de Hoogrijn niet zeer representatief is, omdat alle locaties op dit traject goed zijn voor een telinspanning van 400 individuen, behalve de locatie Fußbach (de enige locatie aan de Alpenrijn, die ten behoeve van het onderhavige rapport is samengevoegd met de locaties aan de Hoogrijn), waar 578 diatomeeën zijn geïdentificeerd, omdat er een andere analysemethode is toegepast. Hieraan kan worden toegevoegd dat de registratie van 400 schaalpjes per inventarisatie overeenkomt met de eisen van de Duitse LAWA-instructie.



Figuur 2: Gemiddelde diversiteit per inventarisatie op de verschillende Rijntrajecten

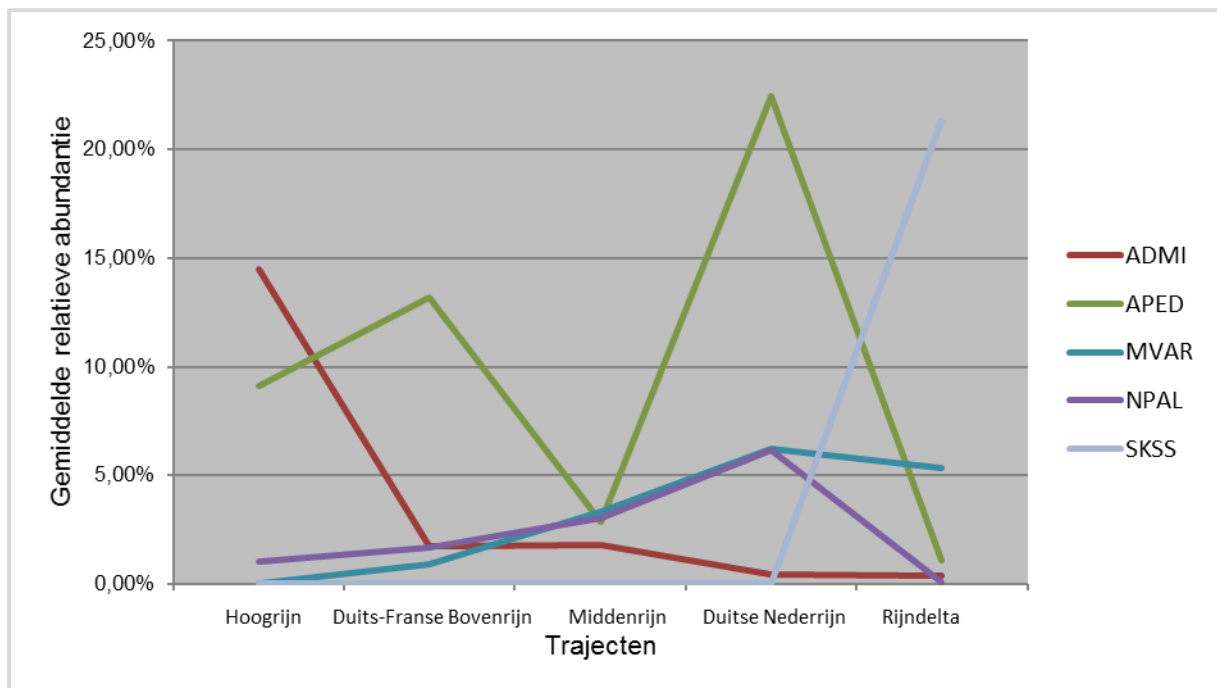
Tabel 6: Gemiddelde telinspanning per Rijntraject

Rijntraject	Hoogrijn	Duits-Franse Boverrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
Gemiddelde aantal schaaltes in de telling	436	406	426	511	500

Vijf van de geïnventariseerde soorten lijken vrij representatief te zijn voor de verschillende Rijntrajecten en deze structuur te geven, te weten: *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki sensu lato, *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow, *Melosira varians* Agardh, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith en *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge.

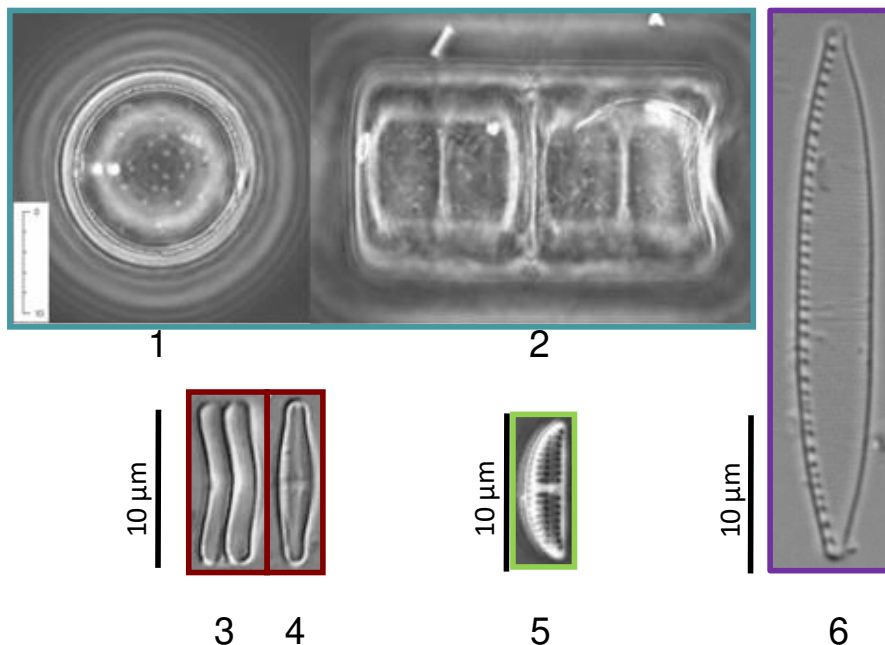
Hun gemiddelde abundantie op de verschillende trajecten is weergegeven in figuur 3 (zie foto's in figuur 4):

- ✓ *Achnantheidium minutissimum* sensu lato is typisch voor de Hoogrijn en komt op de andere trajecten slechts sporadisch voor.
- ✓ *Amphora pediculus* is weliswaar op alle trajecten waargenomen, maar in de Duitse Nederrijn is de abundantie het grootst. De lage abundantie in de Middenrijn is bijzonder vergeleken met het vorige onderzoek in 2014.
- ✓ De gemiddelde abundantie van *Melosira varians* en *Nitzschia palea* neemt toe in de loop van de rivier. *Melosira varians* is een bentische tychoplanktonsoort die typisch is voor eutrofe, traag stromende wateren en daarom verbaast het niet dat ze een belangrijke plaats inneemt in de inventarisaties in de benedenloop van de rivier. De geleidelijke toename van de gemiddelde abundantie van *N. palea*, een taxon dat zeer resistent is tegen vervuiling, loopt parallel met de toevoer van organische stofstromen en bijgevolg de geleidelijke toename van de organische en trofische belasting van de Rijn. Dat *N. palea* in de Rijndelta verdwijnt, heeft wellicht meer te maken met de zeer lentiche omstandigheden, die ongunstig zijn voor de soort, dan met een verbetering van de waterkwaliteit.
- ✓ *Skeletonema subsalsum* is typisch voor de Rijndelta. De bijzondere, zeer lentiche omstandigheden op dit traject zijn uitermate bevorderlijk voor sedimentatie, hetgeen de grote abundantie van deze planktonsoort in het benthos verklaart.



ADMI: *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki sensu lato; APED: *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow; MVAR: *Melosira varians* Agardh; NPAL: *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith; SKSS: *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge.

Figuur 3: Gemiddelde abundantie van de vijf meest structurerende soorten in de inventarisaties op de verschillende Rijntrajecten



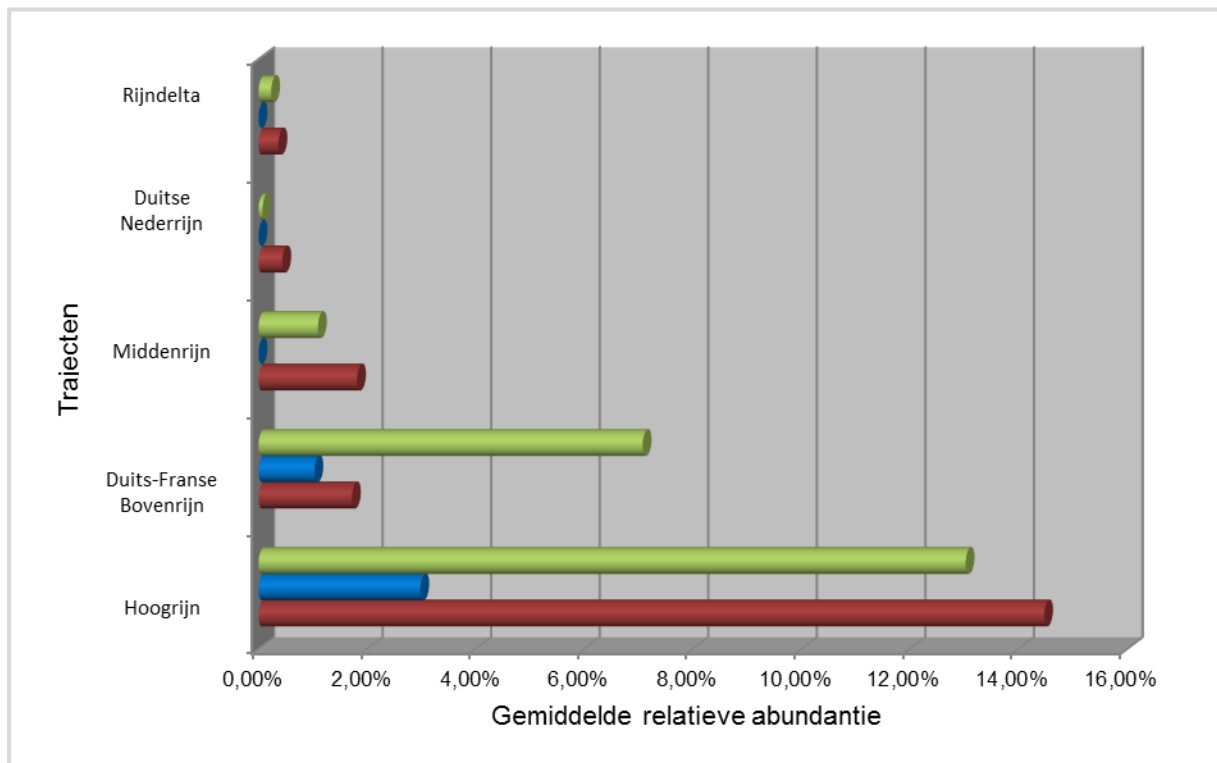
Figuur 4: Foto's van de vier meest structurerende soorten op de verschillende Rijntrajecten

(1-2: *Melosira varians* valvazijde (1) en pleurazijde (2); 3-4: *Achnantheidium minutissimum* sensu lato pleurazijde (3) en valvazijde (4); 5: *Amphora pediculus*; 6: *Nitzschia palea*. Foto's: D. Heudre)

De specifieke samenstelling en abundantie kan nauwkeuriger worden geanalyseerd door middel van een diepgaande beschouwing per Rijntraject.

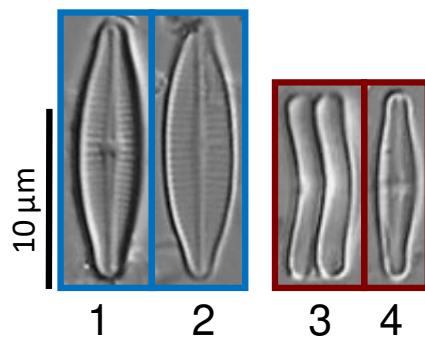
3.2. Soortensamenstelling in de Hoogrijn

Met een gemiddelde van 35 taxa per inventarisatie en een totaal van 92 geïnventariseerde soorten is de Hoogrijn veel minder divers dan de andere trajecten (zie figuur 5 en foto's in figuur 6). De drie soorten die het vaakst voorkomen, zijn *Achnanthydium minutissimum sensu lato* en *Cocconeis placentula sensu lato* evenals een soort van het geslacht *Achnanthydium*, die deels niet kon worden geïdentificeerd of gecodeerd. Waarschijnlijk gaat het om *Achnanthydium delmontii*. *Achnanthydium minutissimum* is een stromingsminnende soort die tamelijk gevoelig is voor vervuiling, wat haar tot een typische vertegenwoordiger van alpiene rivieren met een goede waterkwaliteit maakt. *Achnanthydium delmontii* komt daarentegen veeleer in voedselrijkere wateren voor. Zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven, is het moeilijk om conclusies te trekken voor *C. placentula*. De wellicht zeer ruime conceptie van het taxon bij de identificatie (*C. placentula* var. niet-gedetermineerd) en het feit dat tal van variëteiten duidelijk erkende, eigen soorten zijn geworden, maken van *C. placentula* waarschijnlijk een groep van soorten die zeer verschillende ecologische eigenschappen kunnen hebben. Hoewel de ecologische eigenschappen van *C. placentula* sensu stricto moeilijk te bepalen zijn als gevolg van de identificatieproblemen van de afgelopen decennia, lijkt het een soort te zijn die de voorkeur geeft aan eutrofe, traag stromende wateren met een gemiddeld tot hoog gehalte aan minerale stoffen (zie bijv. Jahn 2009 of Lange-Bertalot *et al.* 2017), hetgeen niet correspondeert met de omstandigheden in de Hoogrijn.



- *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki
- *Achnanthydium pyrenaicum* (Hustedt) Kobayasi
- *Cocconeis placentula* Ehrenberg sensu lato

Figuur 5: Gemiddelde abundantie van *Achnanthydium minutissimum*, *Achnanthydium pyrenaicum* en *Cocconeis placentula* per Rijntraject



Figuur 6: Foto's van *Achnantheidium pyrenaicum* en *Achnantheidium minutissimum*
(1-2: *Achnantheidium pyrenaicum*; 3-4: *Achnantheidium minutissimum* sensu lato; foto's: D. Heudre)

Tot de bijkomende, kenmerkende soorten van dit traject behoren *Amphora pediculus*, *Nitzschia dissipata* en *Navicula cryptotenella*. Er zij op gewezen dat een soort van het geslacht *Achnantheidium* in vergelijkbare abundanties als *A. minutissimum* (gemiddeld > 14%) voorkomt, maar niet kon worden geïdentificeerd of gecodeerd. Het zou om *Achnantheidium delmontii* Peres, Le Cohu en Barthes kunnen gaan, een soort die doorgaans goed aanwezig is in de Duits-Franse Bovenrijn (zie ICBR-rapport 226, 2014). Na onderzoek is gebleken dat het taxon *Achnantheidium delmontii* inderdaad in Baden-Württemberg wordt geregistreerd en in de genoemde orde van grootte wordt aangetroffen in de door Baden-Württemberg geanalyseerde monsters van de Hoogrijn. Om gegevenstechnische redenen was het taxon als het geslacht *Achnantheidium* gecodeerd; de soort was in het veld "opmerkingen" aangegeven. Deze informatie was echter niet bekend op het moment dat de gegevens zijn verwerkt.

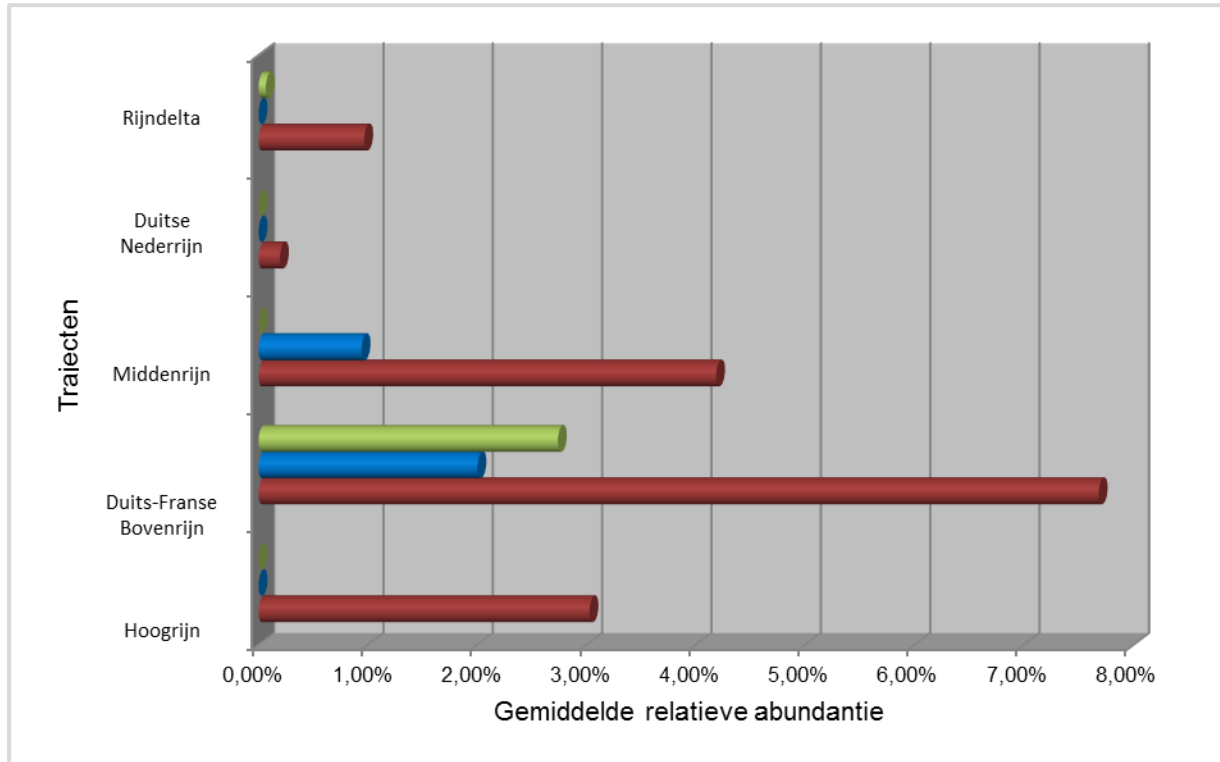
De hoge abundantie (21%) van *Achnantheidium atomoides* Monnier, Lange-Bertalot & Ector op de Oostenrijkse locatie *Fußach* is verbazingwekkend. Immers, het betreft een soort die tolerant is voor zware trofische en organische belastingen en de voorkeur geeft aan wateren met een hoge geleidbaarheid (Monnier *et al.* 2004).

3.3. Soortensamenstelling in de Duits-Franse Bovenrijn

Met gemiddeld 47 taxa per inventarisatie ligt de Duits-Franse Bovenrijn met betrekking tot de soortensamenstelling in het middenveld. Het totale aantal van 234 geïnventariseerde soorten maakt van de Duits-Franse Bovenrijn bovendien het traject waar verreweg de meeste taxa zijn aangetroffen. Deze vaststelling houdt wellicht deels verband met het feit dat dit het traject is met het dichtste bemonsteringsnetwerk (23 meetlocaties), en met het waarschijnlijk grotere "medewerkerseffect", aangezien er verschillende actoren een bijdrage hebben geleverd (de gegevens van dit traject komen van vier delegaties).

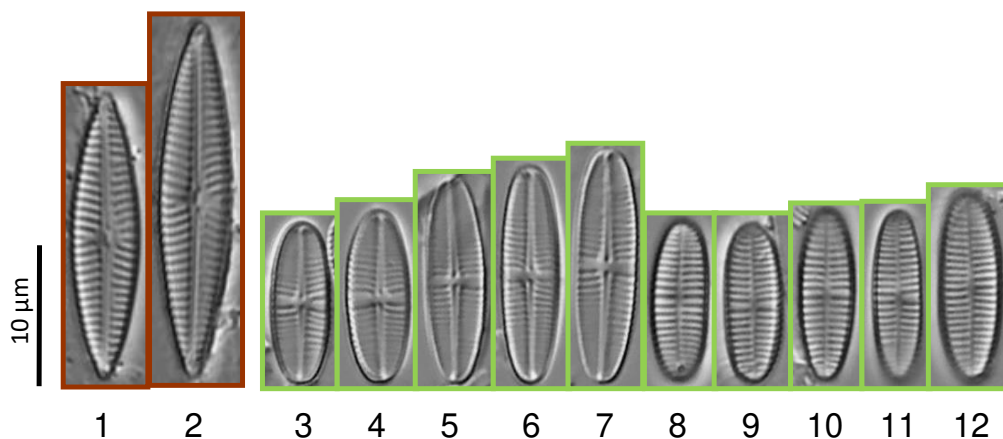
Hoewel *Amphora pediculus* en *Nitzschia dissipata* in het overgrote deel van de inventarisaties in soms aanzienlijke abundanties zijn aangetroffen, zijn het toch niet de meest kenmerkende soorten van dit traject (zie figuur 3 voor *A. pediculus*). Deze rol is eerder weggelegd voor *Navicula cryptotenella* en *Nitzschia frustulum* sensu lato. Echter, de lage gemiddelde abundantie van deze soorten (zie onderstaande figuur 7 en foto's in figuur 8) en het hieruit resulterende kleine verschil ten opzichte van de andere trajecten zijn geen tekenen van een robuuste representativiteit. Bovendien is er op bepaalde locaties een niet te verwaarlozen hoeveelheid *Nitzschia frustulum* vastgesteld (23% op de locatie Eltville bijvoorbeeld). Deze soort moet hoogstwaarschijnlijk in brede zin worden beschouwd en worden gekoppeld aan zijn voormalige variëteiten *subsalina* en *inconspicua*, die nu tot een zelfstandige soort zijn gehegroepeerd: *Nitzschia inconspicua* (zie meer bepaald Trobajo *et al.* 2013). *N. frustulum* sensu stricto is immers een soort die wordt gevonden in brak- of kustwateren met een zeer hoge geleidbaarheid (zie Trobajo *et al.* 2013 of Lange-Bertalot *et al.* 2017). De exotische soort *Achnantheidium delmontii* (zie Peres *et al.* 2012) wordt in de Duits-Franse Bovenrijn door drie delegaties (Frankrijk, Rijnland-Palts en

Baden-Württemberg) in aanzienlijke hoeveelheden aangetroffen. Baden-Württemberg codeert het taxon om gegevenstechnische redenen nog als het geslacht *Achnantheidium*, maar in de datasets wordt in het veld "opmerkingen" duidelijk aangegeven dat het om *Achnantheidium delmontii* gaat. Als gevolg van de grote taxonomische diversiteit en het grote aantal monsters kunnen er geen werkelijk karakteristieke soorten worden aangewezen voor de Duits-Franse Bovenrijn.



- *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot ■ *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow sensu lato
■ *Achnantheidium delmontii* Peres, Le Cohu et Barthes

Figuur 7: Gemiddelde abundantie van *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia frustulum* en *Achnantheidium delmontii* per Rijntraject



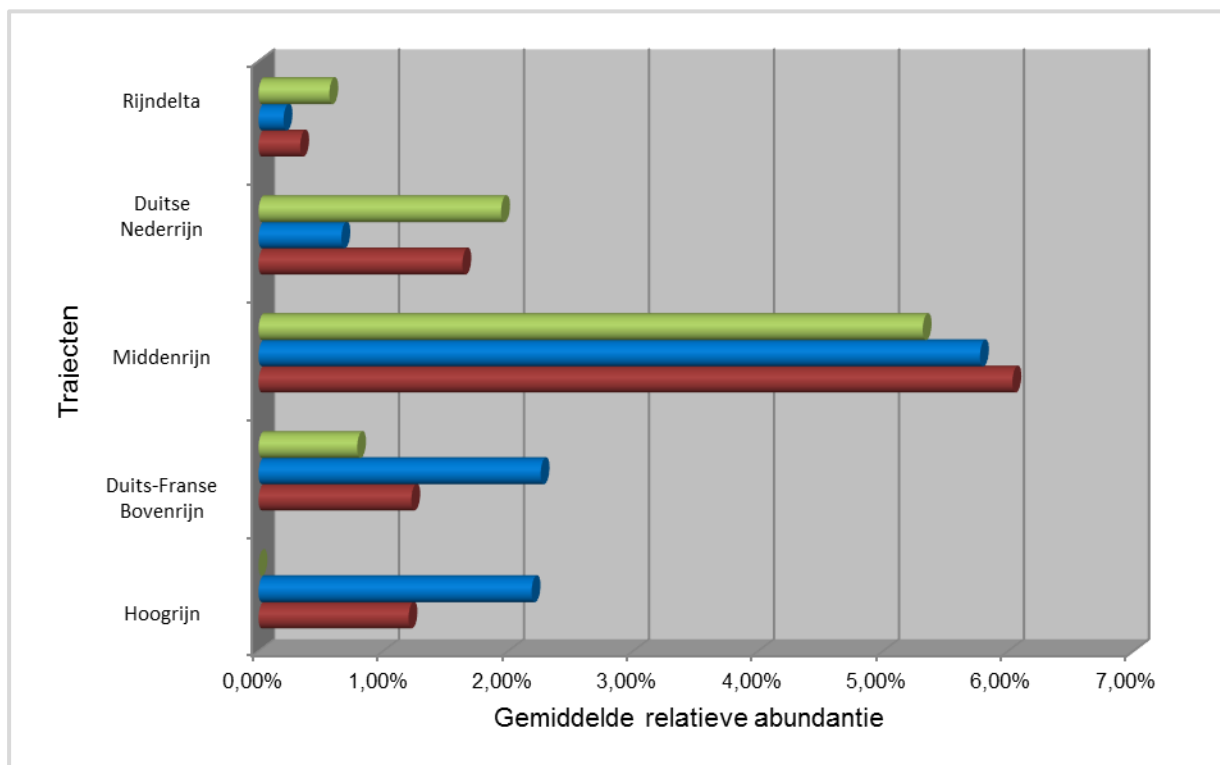
Figuur 8: Foto's van *Navicula cryptotenella* en *Achnantheidium delmontii*
 (1-2: *Navicula cryptotenella*; 3-12: *Achnantheidium delmontii*; foto's: D. Heudre)

3.4. Soortensamenstelling in de Middenrijn

De Middenrijn vertoont een gemiddelde diversiteit van zevenenvijftig taxa per inventarisatie. Met een totaal van 113 geregistreerde soorten in slechts vier inventarisaties is het een zeer heterogeen traject. De dominante soorten in de vier inventarisaties zijn altijd verschillend, op één uitzondering na.

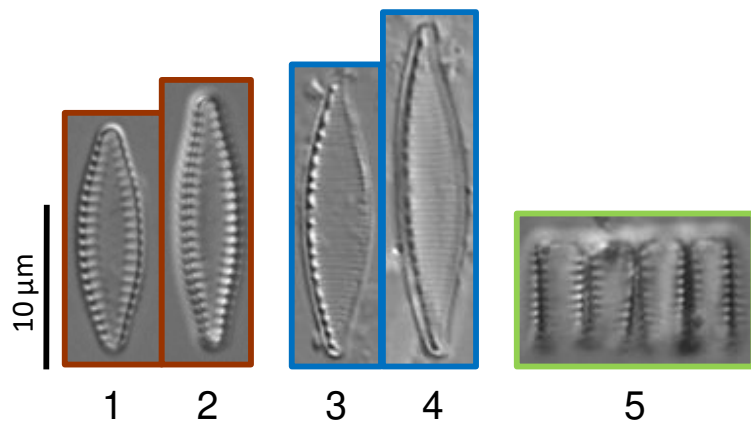
Een en ander maakt het moeilijk om representatieve taxa voor dit Rijntraject aan te wijzen. Alleen *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow in Van Heurck) Williams & Round, *Nitzschia fonticola* Grunow in Cleve & Möller en *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & Möller lijken er qua gemiddelde relatieve abundantie uit te steken (zie figuur 9 en foto's in figuur 10). Dit moet echter worden gerelativeerd, omdat *P. brevistriata* vooral in één enkel monster in hoge abundantie voorkomt (21% op de locatie Bacharach van de delegatie van Rijnland-Palts). Voor *Navicula rostellata* Kützing geldt hetzelfde, maar in mindere mate (11% in Hammerstein).

Over het geheel genomen kan worden gesteld dat de soortengemeenschappen in de Middenrijn niet erg karakteristiek zijn en een overgang lijken te vormen tussen de gemeenschappen in de Duits-Franse Bovenrijn en die in de Duitse Nederrijn. Dit kan in verband worden gebracht met de aanwezigheid van *Navicula recens*, een soort die de voorkeur geeft aan wateren met een hoog gehalte aan minerale stoffen (zie Lange-Bertalot *et al.* 2017). Deze soort duikt op in de monsters van de Duits-Franse Bovenrijn die het verst benedenstrooms zijn genomen en houdt tot in de Duitse Nederrijn een gemiddeld abundantieniveau per monster aan van 5%.



- *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow in Van Heurck) Williams & Round
- *Nitzschia frutulum* (Kützing) Grunow
- *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & Möller

Figuur 9: Gemiddelde abundantie van *Pseudostaurosira brevistriata*, *Nitzschia fonticola* en *Staurosira venter* per Rijntraject



Figuur 10: Foto's van *Pseudostaurosira brevistriata*, *Nitzschia fonticola* en *Staurosira venter*

(1-2: *Pseudostaurosira brevistriata*; 3-4: *Nitzschia fonticola*; 5: *Staurosira venter*; foto's: D. Heudre)

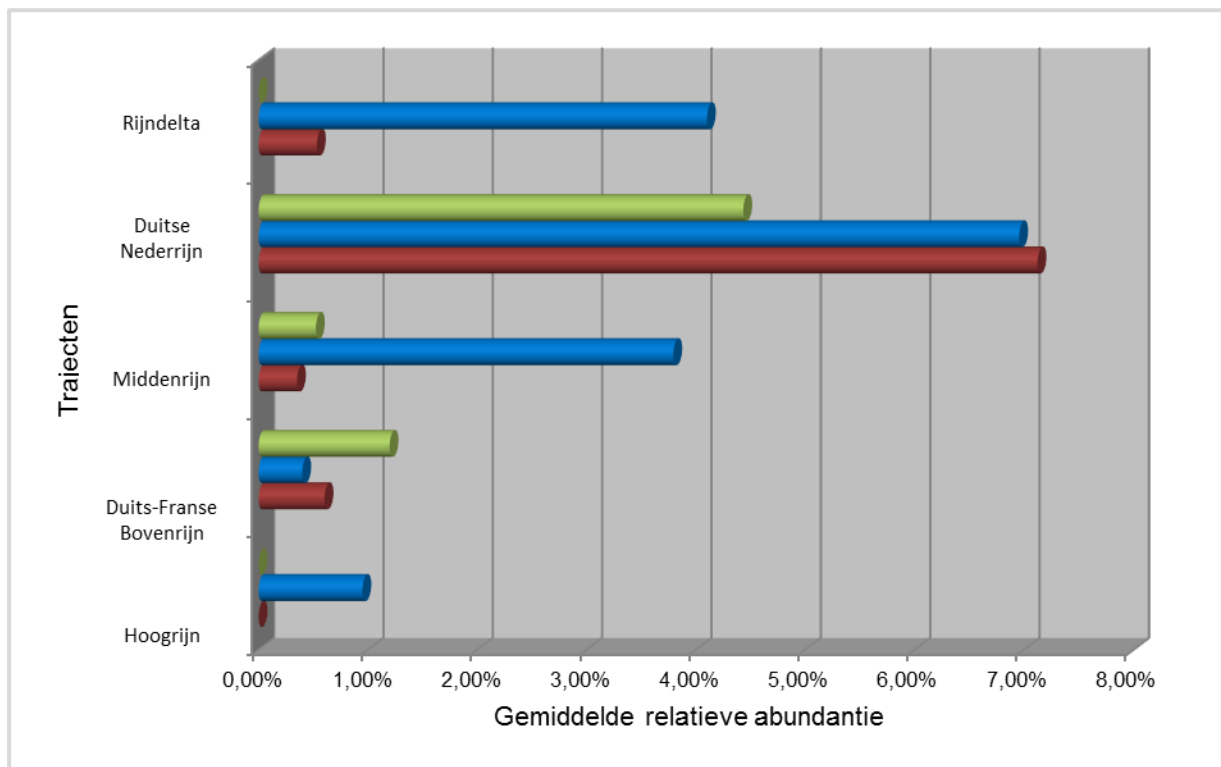
3.5. Soortensamenstelling in de Duitse Nederrijn

Met gemiddeld 48 taxa per inventarisatie behoort de Duitse Nederrijn tot de middenmoot. Er zijn alles samen genomen 91 soorten geteld, wat de Duitse Nederrijn - samen met de Hoogrijn - tot het traject met de minste taxa maakt. Echter, er moet wel worden bijgezegd dat er in de Duitse Nederrijn maar drie meetlocaties liggen, tegenover vijf in de Hoogrijn. Daarentegen was de telinspanning in de Duitse Nederrijn hoger (zie tabel 6). Dit kleine aantal locaties houdt verband met de bijzondere hydrologische omstandigheden in 2018: omdat de rivier op veel plaatsen was drooggevallen, konden er niet veel monsters worden genomen.

De gemeenschappen bestaan altijd voor een groot deel uit *Amphora pediculus* (hoge abundantie) en in mindere mate uit *Melosira varians* (zie figuur 3).

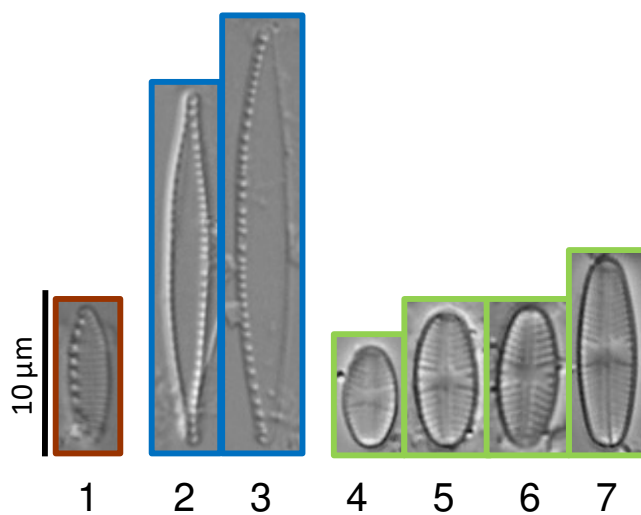
De meest kenmerkende bijkomende soorten op dit traject zijn *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia paleacea* en *Eolimna minima* sensu lato (zie figuur 11 en foto's in figuur 12).

Opgelet: de namen *Navicula minima* et *Eolimna minima* zijn in onbruik geraakt (zie Wetzel et al. 2015 en Lange-Bertalot et al. 2017). Het was niet mogelijk om de nieuwe namen te gebruiken, omdat de oude namen meerdere organismen omvatten die nu als afzonderlijke soorten worden waargenomen (bijv. *Sellaphora nigri* (De Notaris) C.E. Wetzel & Ector). De Duitse Nederrijn is het enige traject waar een grote abundantie van *Nitzschia abbreviata* voorkomt (Hustedt in Schmidt et al.). Er zij op gewezen dat het in plaats van *N. abbreviata* kan gaan om *Nitzschia soratensis* Morales & Vis of - afhankelijk van de gebruikte literatuur - om *Nitzschia (frustulum var.) inconspicua* Grunow (zie Trobajo et al. 2013 en Lange-Bertalot et al. 2017).



- *Nitzschia inconspicua* Grunow
- *Nitzschia paleacea* (Grunow) Grunow in Van Heurck
- *Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bertalot in Moser et al. sensu lato

Figuur 11: Gemiddelde abundantie van *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia paleacea* en *Eolimna minima* sensu lato per Rijntraject



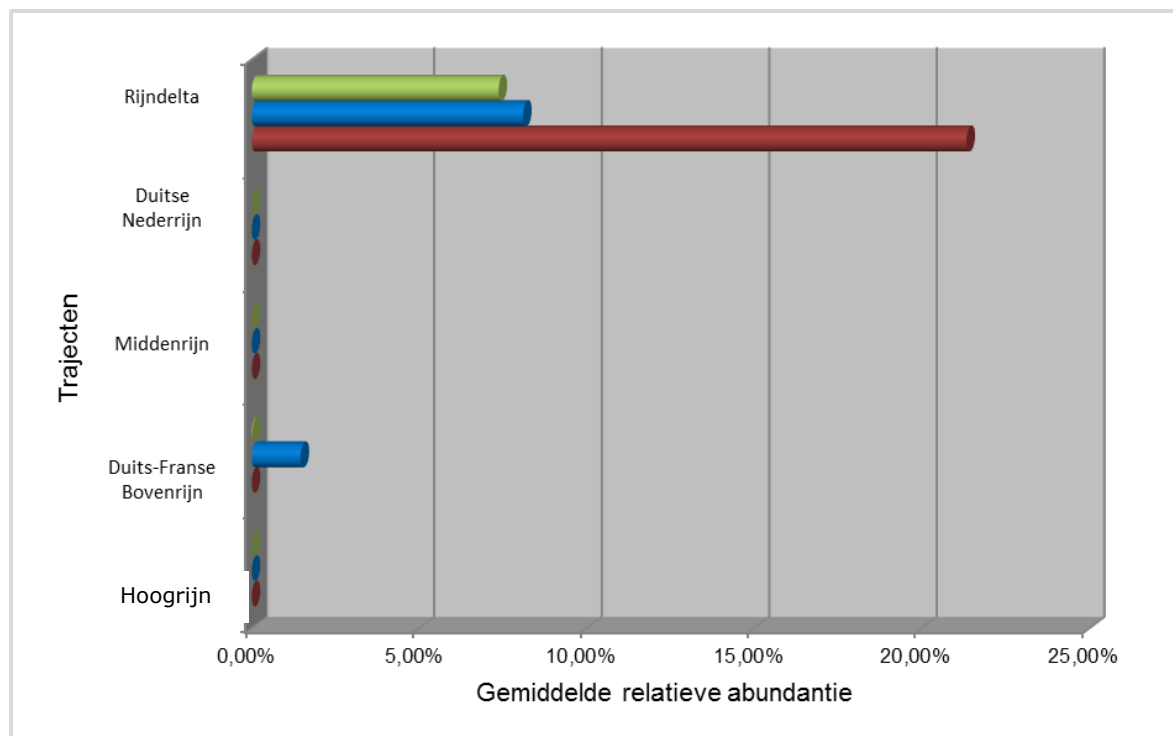
Figuur 12: Foto's van *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia paleacea* en *Eolimna minima* sensu lato

(1: *Nitzschia inconspicua*; 2-3: *Nitzschia paleacea*; 4-7: *Eolimna minima* sensu lato; foto's: D. Heudre)

3.6. Soortensamenstelling in de Rijndelta

Met een gemiddelde van 63 taxa per inventarisatie en een totaal van 167 geregistreerde soorten is de Rijndelta vrij atypisch (zie figuur 13 en foto's in figuur 14). Wat de diversiteit van de inventarisaties betreft, staat de Rijndelta op plaats 1. Verder vertoont de Rijndelta de op een na grootste totale taxonomische diversiteit van de Rijn.

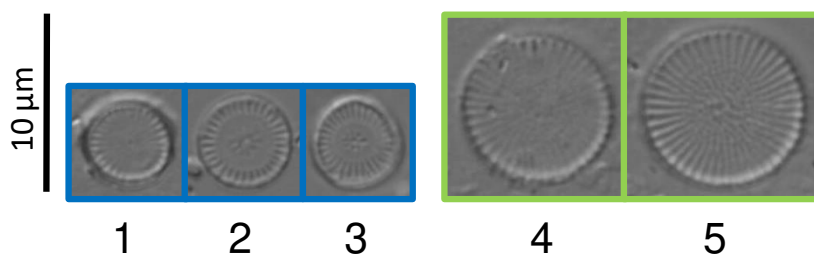
Het betreft een atypisch milieu met grotendeels een specifieke flora die zeer verschilt van de rest van de Rijn. In de inventarisaties komen inderdaad niet verwaarloosbare abundanties van planktontaxa voor, terwijl die verder bovenstrooms zeldzaam waren. Dit kan worden verklaard door de zeer lentiche stromingsomstandigheden op dit traject, die bevorderlijk zijn voor de ontwikkeling en sedimentatie van plankton. De kenmerkende soorten van dit traject zijn *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge, *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal en *Cyclostephanos invisitatus* (Hohn & Hellerman) Theriot, Stoermer & Håkansson. Bijkomende soorten zijn *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia paleacea* en een niet-gedetermineerde soort *Luticola*.



■ *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge ■ *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal

■ *Cyclostephanos invisitatus* (Hohn & Hellerman) Theriot, Stoermer & Håkansson

Figuur 13: Gemiddelde abundantie van *Skeletonema subsalsum*, *Discostella pseudostelligera* en *Cyclostephanos invisitatus* per Rijntraject



Figuur 14: Foto's van *Discostella pseudostelligera* en *Cyclostephanos invisitatus* (1-3: *Discostella pseudostelligera*; 4-5: *Cyclostephanos invisitatus*; foto's: D. Heudre)

4. Biologische eigenschappen

Bovenop de taxonomische beschrijving van de aanwezige soortengemeenschappen is er ook een analyse uitgevoerd van de biologische eigenschappen van de soorten, in een poging om meer zicht te geven op de ontwikkeling van de populaties in de loop van de Rijn en bijgevolg op de structurerende milieumomstandigheden.

Voor een betere leesbaarheid worden de meetlocaties in alle onderstaande figuren aangeduid met een numerieke code, die te vinden is in tabel 7. Voor meer informatie over deze locaties wordt er verwezen naar de tabel in bijlage A.

Tabel 7: Numerieke code van de meetlocaties in de Rijn

Rijntraject	Identificatienummer	Meetlocatie	Rivierkilometer	Belangrijkste zijrivieren
<i>Alpenrijn</i>	01	Fußach	<i>n.v.t.</i>	
Hoogrijn	02	Stein (Hemishofen)	25	{ Aare (rivierkilometer 102,5)
	03	Ellikon (Lottstetten-Nack)	63	
	04	Sisseln (Obersäckingen)	126	
	05	Pratteln / Wyhlen	159	
Duits-Franse Bovenrijn	06	Kembs	194	{ Neckar (rivierkilometer 428)
	07	Neuenburg	199	
	08	Breisach	217	
	09	Wyhl	248	
	10	Rhinau	261	
	11	Schwanau	272	
	12	Kehl	291	
	13	Gambsheim	310	
	14	Grauelsbaum	317	
	15	Steinmauern	345	
	16	Lauterbourg-Karlsruhe	350	
	17	Karlsruhe	360	
	18	Speyer	399	
	19	Mannheim	435	
	20	Nordheim	451	
	21	Biblis	456	
	22	Veerboot Eich	461	
	23	Stockstadt	468	
	24	Leeheim	478	
	Middenrijn	25	Ginsheim	
26		Wiesbaden	499	
27		Eltville	509	
28		Heidenfarth-Nonnenaue	512	
Middenrijn	29	Bacharach (RP)	542	{ Nahe (rivierkilometer 529,5) Lahn (rivierkilometer 585,5), Moezel (rivierkilometer 592) & Sieg (rivierkilometer 595,5)
	30	Bacharach (HE)	543	
	31	Andernach/Namedy	615	
	32	Hammerstein	618	
Duitse Nederrijn	33	Niederkassel-Mondorf	665	{ Ruhr (rivierkilometer 780) Lippe (rivierkilometer 814,5)
	34	Meerbusch-Nierst	758	
	35	Rees	841	

Rijntraject	Identificatienummer	Meetlocatie	Rivierkilometer	Belangrijkste zijrivieren
Rijndelta	36	Lobith ponton	863	
	37	Hagestein boven stuw	945	
	38	Gouderak Noord	<i>n.v.t.</i>	
	39	Dortsche Biesbosch	975	
	40	Kuipersveer	985	
	41	Kampen	995	

N.v.t.: Geen rivierkilometer, want niet aan de hoofdstroom van de Rijn gelegen

In de onderstaande figuren wordt het Rijnprofiel weergegeven van de bovenloop naar de benedenloop. Echter, dit profiel kan niet perfect zijn, omdat enkele meetlocaties niet aan de hoofdstroom liggen (bijvoorbeeld de locatie in de oude loop van de Rijn bij Kembs). Dit neemt niet weg dat er een interessant beeld ontstaat van de ontwikkeling van de gemeenschappen in de loop van de rivier tot en met de Duitse Nederrijn. De grenzen aan deze weergave worden duidelijk vanaf locatie 36: de locaties in de Rijndelta liggen verspreid over verschillende riviertakken en worden in het onderhavige rapport in willekeurige volgorde weergegeven, wat betekent dat hier de opeenvolging bovenloop-benedenloop niet meer van toepassing is.

Verschillende auteurs hebben biologische eigenschappen gebruikt om de auto-ecologische karakteristieken van diatomeeën samen te vatten. Door middel van deze eigenschappen worden de voorkeuren van soorten gekwantificeerd: hetzij wat betreft de fysisch-chemische kenmerken van het milieu, zoals het trofie- of saprobieniveau, de pH-waarde, de zuurstofomstandigheden (zie bijvoorbeeld Van Dam, 1994 of Hofmann, 1994), hetzij wat betreft de levenswijze van diatomeeën, waarbij onderscheid kan worden gemaakt tussen koloniserende soorten, pioniersoorten, reofiele soorten, ... (Rimet *et al.* 2012).

Er zijn tal van eigenschappen getest, die door verschillende auteurs zijn beschreven, maar slechts een klein aantal liet significante trends zien voor de Rijn. Dit zwakke resultaat is voornamelijk te wijten aan het feit dat de meeste naslagwerken verre van recent zijn: de taxonomie van diatomeeën is voortdurend in ontwikkeling, waardoor veel thans bekende taxa niet bestonden ten tijde van de karakterisering, wat betekent dat er voor hen nog geen gecodeerde biologische eigenschappen zijn afgeleid. Het recente (2019) werk van Carayon *et al.* lost dit probleem op door auto-ecologische gegevens voor een groot aantal taxa te leveren, rekening houdend met de ontwikkelingen in de taxonomie en de nieuwe of invasieve soorten die de afgelopen decennia op Frans grondgebied zijn verschenen. Hierdoor neemt de categorie "niet aangegeven" een veel kleiner aandeel in dan wanneer er oudere referentiewerken worden gebruikt.

Vastgestelde grenzen aan de toepassing van biologische eigenschappen:

* Om de hierboven toegelichte redenen vertegenwoordigt de categorie "niet aangegeven" op de locaties 1 t/m 35 zo goed als alleen de taxa die niet op het niveau van de soort zijn geregistreerd, maar waarvan alleen het geslacht is aangegeven (*Achnantheidium sp* of *Nitzschia sp*). De auteurs geven dit niveau vanuit ecologisch oogpunt maar zelden aan.

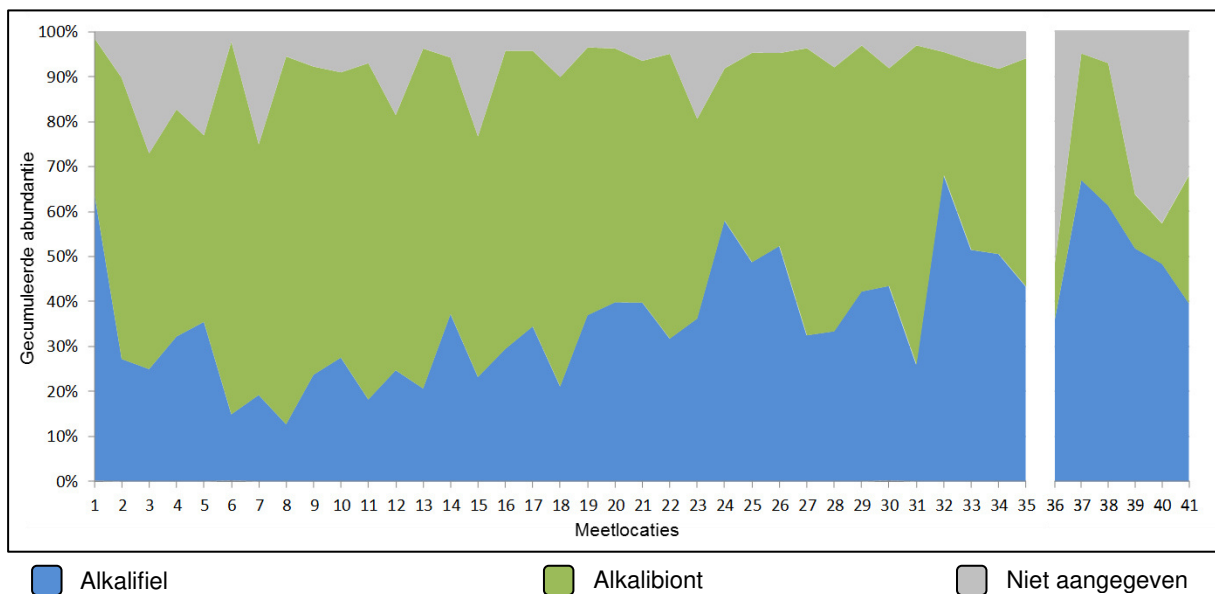
* Ook op de locaties 36 tot 41 is er in de meeste figuren sprake van een zichtbare piek in de categorie "niet aangegeven". Dit houdt deels verband met de aanwezigheid van soorten die zelden voorkomen in de flora van Europees Frankrijk en waarover de auteurs niet genoeg informatie hadden om een gevoeligheid te kunnen bepalen (het gaat voornamelijk om *Skeletonema potamos*, dat in hoge abundantie voorkomt).

Ongeacht het voorgaande leveren de verschillende geteste eigenschappen enkele interessante resultaten op, die navolgend worden beschreven.

4.1. Milieuv variabelen (Carayon *et al.*, 2019)

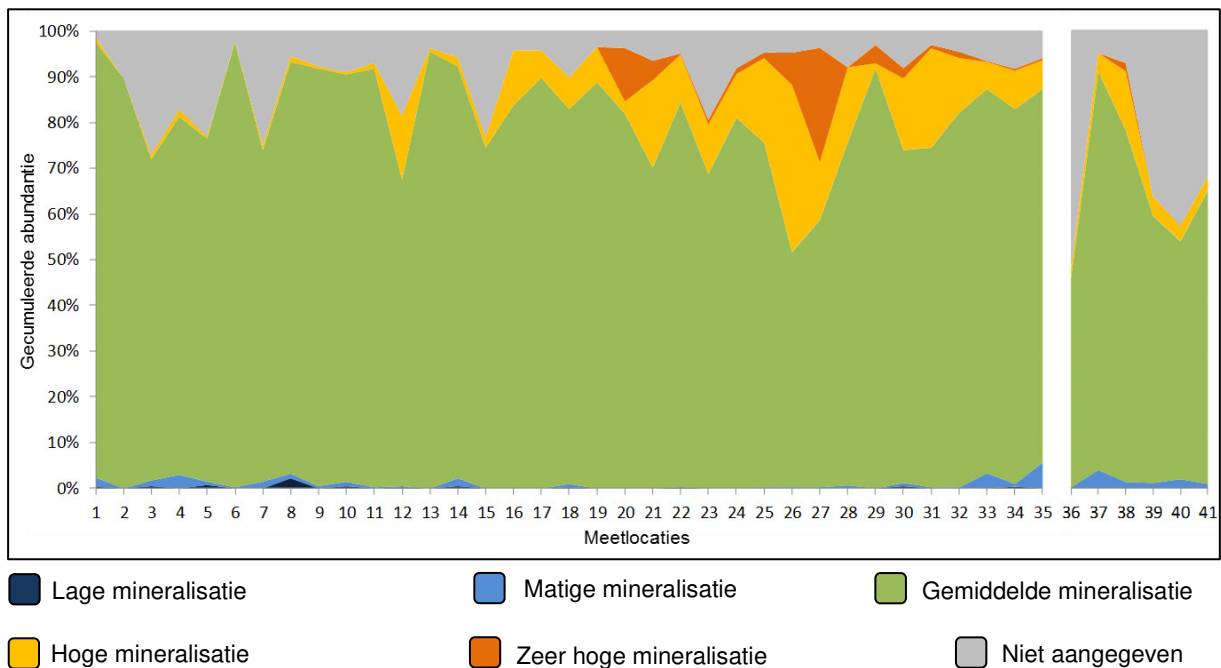
In deze recente publicatie, uit 2019, wordt een auto-ecologisch referentiesysteem van taxonomisch geactualiseerde diatomeeënsoorten voorgesteld, naar het voorbeeld van het referentiesysteem van Van Dam (1994). Het omvat 809 taxa van de flora in Europees Frankrijk, waarvan de ecologische eigenschappen zijn beschreven aan de hand van zeven kenmerken. Per kenmerk zijn er optimale tolerantiewaarden vastgesteld voor de parameters die de kenmerken uitmaken (geleidbaarheid voor het kenmerk "mineralisatie" bijvoorbeeld), evenals de indeling van de taxa in klassen.

Figuur 15 laat zien dat de soortengemeenschappen worden gedomineerd door alkalifiele en alkalibionte soorten. Vanaf meetlocatie 2 Hemishofen hebben de alkalibionte soorten een iets grotere dominantie, daarna zien we Rijnafwaarts een progressieve ommekeer in de trend. Circumneutrale taxa komen alleen sporadisch voor in zeer lage abundanties, waardoor ze niet zichtbaar zijn op de schaal van de figuur. Er is geen enkel acidofiel taxon geregistreerd, wat in lijn is met het geologische substraat van het Rijnstroomgebied.



Figuur 15: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun pH-gevoeligheid (Carayon *et al.* 2019) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))

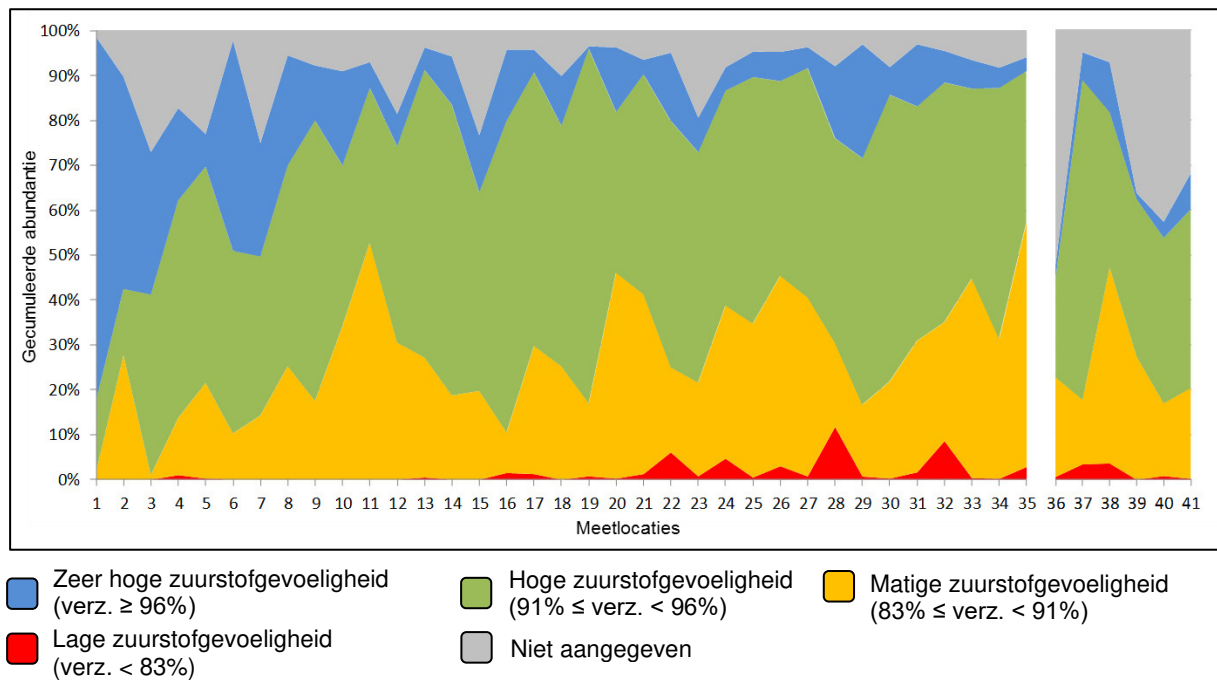
Figuur 16 laat zien dat de soortengemeenschappen in de Rijn over het geheel genomen grotendeels bestaan uit taxa die de voorkeur geven aan een gemiddelde mineralisatie. Echter, vanaf Lauterbourg-Karlsruhe (locatie 16, halverwege de Duits-Franse Bovenrijn) is er een opmerkelijke toename in het aantal soorten dat een hogere mineralisatie verkiest. Tot het einde van de Duits-Franse Bovenrijn rond Eltville (locatie 27) neemt deze trend nog toe, en daarna weer af. Voor de Rijndelta is het moeilijk conclusies trekken als gevolg van de omvang van de categorie "niet aangegeven", die verband houdt met de aanwezigheid van *Skeletonema subsalsum*. Echter, in de literatuur vinden we dat deze planktonsoort de voorkeur geeft aan een hoge mineralisatie en zelfs brakwater (Kiss *et al.* 2012). Rekening houdend hiermee, lijkt het profiel volledig te stroken met de progressieve toename van de mineralisatie in de loop van een grote rivier.



Figuur 16: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor mineralisatie (Carayon *et al.* 2019) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))

Figuur 17 geeft de verdeling van de soorten weer naargelang van hun zuurstofgevoeligheid. Op de eerste locaties geeft een groot deel van de soorten de voorkeur aan zuurstofrijke milieus, hetgeen in overeenstemming is met het snelstromende karakter van de Alpenrijn en de Hoogrijn. Het aandeel van deze taxa neemt Rijnafwaarts snel af en blijft dan constant op ongeveer 10%. Het grootste deel van de Rijn, vanaf de Duits-Franse Bovenrijn, wordt gekenmerkt door een dominantie van taxa die typisch zijn voor hoge en matige zuurstofconcentraties. Halverwege de Rijn verschijnen er kleine hoeveelheden taxa die zijn aangepast aan zuurstofarme milieus; in Heidenfarth-Nonnenaue en Hammerstein (respectievelijk locaties 28 en 32) wordt het maximum van ongeveer 10% bereikt.

Dit wijst op een goede zuurstofvoorziening van het milieu, zeker voor een rivier van deze omvang.

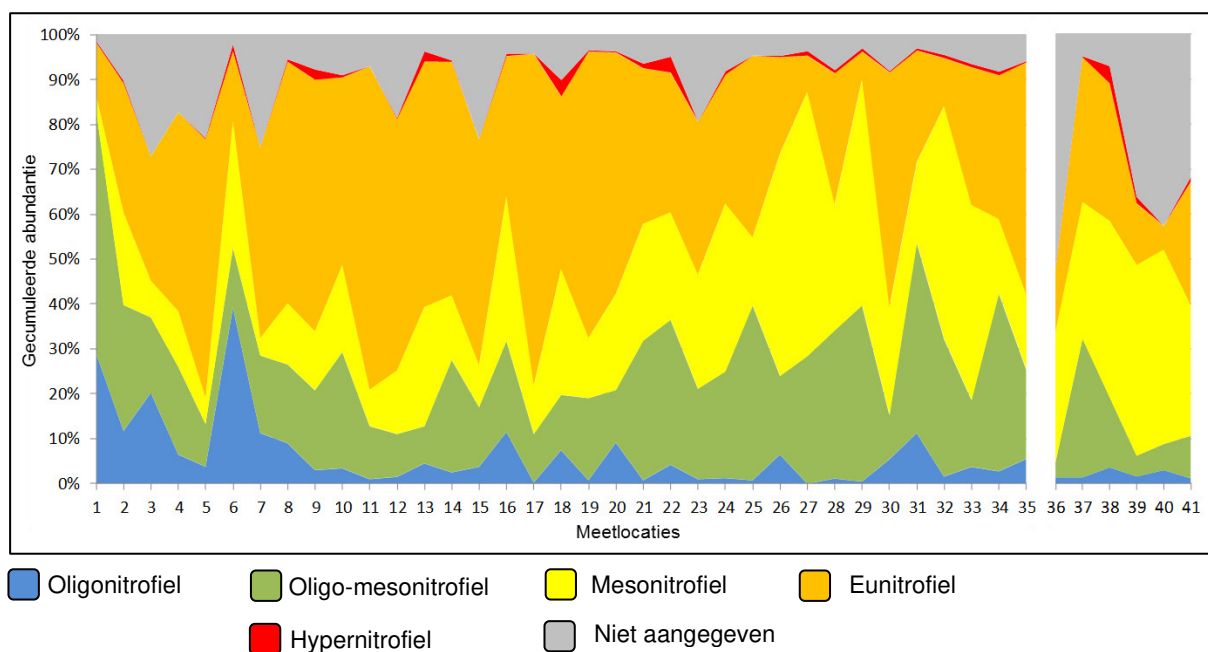


Figuur 17: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun zuurstofgevoeligheid (Carayon *et al.* 2019) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta) verz.: zuurstofverzadiging

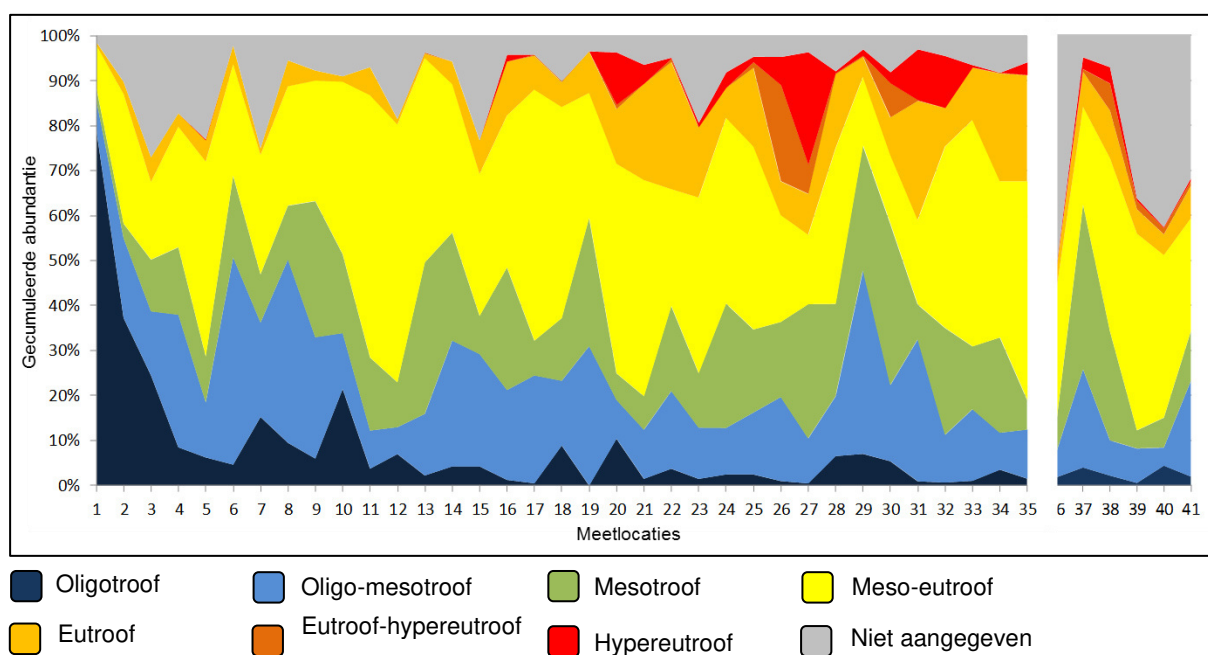
Wat de trofie betreft (gelijk te stellen aan het nutriëntengehalte van het milieu, zie figuur 18 en 19 voor de gevoeligheid van de soortengemeenschappen voor respectievelijk nitraat en fosfor) laat de Rijn een vrij klassiek beeld zien voor een grote rivier: het water wordt snel rijker aan nitraat, en fosfor is een beperkend element.

Interessant in figuur 18 is dat de soortengemeenschappen snel eunitrofiel worden, maar vervolgens geleidelijk aan evolueren naar een door mesonitrofiële soorten gedomineerde samenstelling. De piek in de categorie "oligonitrofiel" in Kembs (locatie 6) houdt verband met de aanwezigheid van 38% *Achnantheidium delmontii*. Het totaalbeeld van deze figuur moet dus worden gerelativeerd, want als deze soort tot de *Achnantheidia sp.* wordt gerekend die in de Hoogrijn en het bovenstroomse deel van de Duits-Franse Bovenrijn zijn geregistreerd (categorie "niet aangegeven" in de figuur) dan neemt het aandeel van de categorie "oligonitrofiel" duidelijk toe op bepaalde locaties.

De verrijking met fosfor lijkt veel geleidelijker te gaan (zie figuur 19). Zo wordt de Hoogrijn voornamelijk gedomineerd door soortengemeenschappen die typisch zijn voor oligotrofe tot oligomesotrofe milieus. Pas in Schwanau (locatie 11) wordt het milieu mesotroof. De piek in de categorie "mesotroof" in Pratteln / Wyhlen (locatie 5) is een artefact als gevolg van de hoge abundantie van *Cocconeis placentula sensu lato*, die in dit model dus met de ecologische eigenschappen van *Cocconeis placentula sensu stricto* wordt meegenomen. Soorten die kenmerkend zijn voor eutrofe tot hypereutrofe milieus verschijnen pas in de tweede helft van de hoofdstroom van de Rijn in de buurt van Nordheim (locatie 20) in noemenswaardige hoeveelheden. Tot slot is er sprake van twee trofiepieken die overeenkomen met enerzijds de monding van de Main benedenstrooms van Ginsheim (locatie 25) en anderzijds de monding van verschillende zijrivieren benedenstrooms van Bacharach (locaties 29 en 30). Hier zij opgemerkt dat de twee meetlocaties in Bacharach (locaties 29 en 30) slechts 1 km van elkaar vandaan liggen, respectievelijk op de linkeroever (locatie 29) en de rechteroever (locatie 30) van de Rijn. Deze meetlocaties worden vermoedelijk nog beïnvloed door de rioolwaterzuiveringsinstallatie die 1 km stroomopwaarts ligt, hetgeen de verschillende soortensamenstelling zou kunnen verklaren.



Figuur 18: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor nitraat (Carayon *et al.* 2019) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))



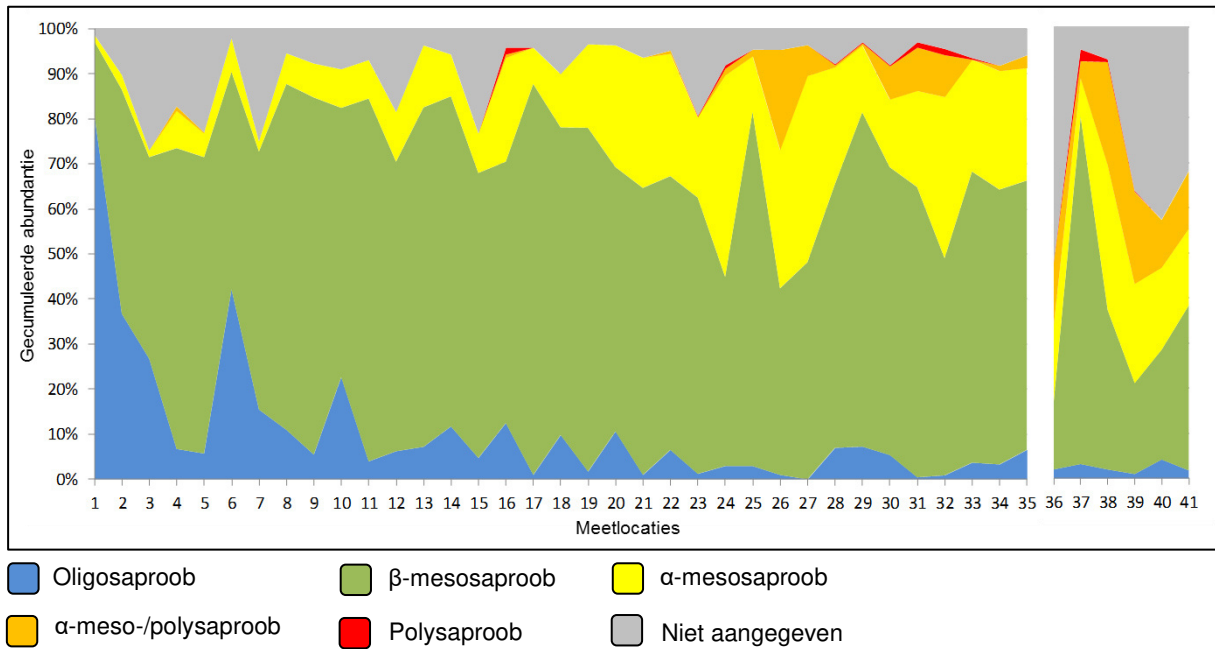
Figuur 19: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor fosfor (Carayon *et al.* 2019) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))

Tot slot wordt de saprobie bekeken (gelijk te stellen aan het gehalte aan organische stoffen in het milieu). Figuur 20 laat zien dat de Rijn vrijwel over zijn gehele lengte min of meer wordt gedomineerd door β -mesosaprobe taxa, wat wijst op een eerder kleine invloed van organisch materiaal. Het belang van α -mesosaprobe taxa neemt progressief toe. Vanaf het einde van de Duits-Franse Bovenrijn in de buurt van Mannheim (locatie 19) en in de Middenrijn en de Duitse Nederrijn neemt hun aanwezigheid duidelijke vormen aan.

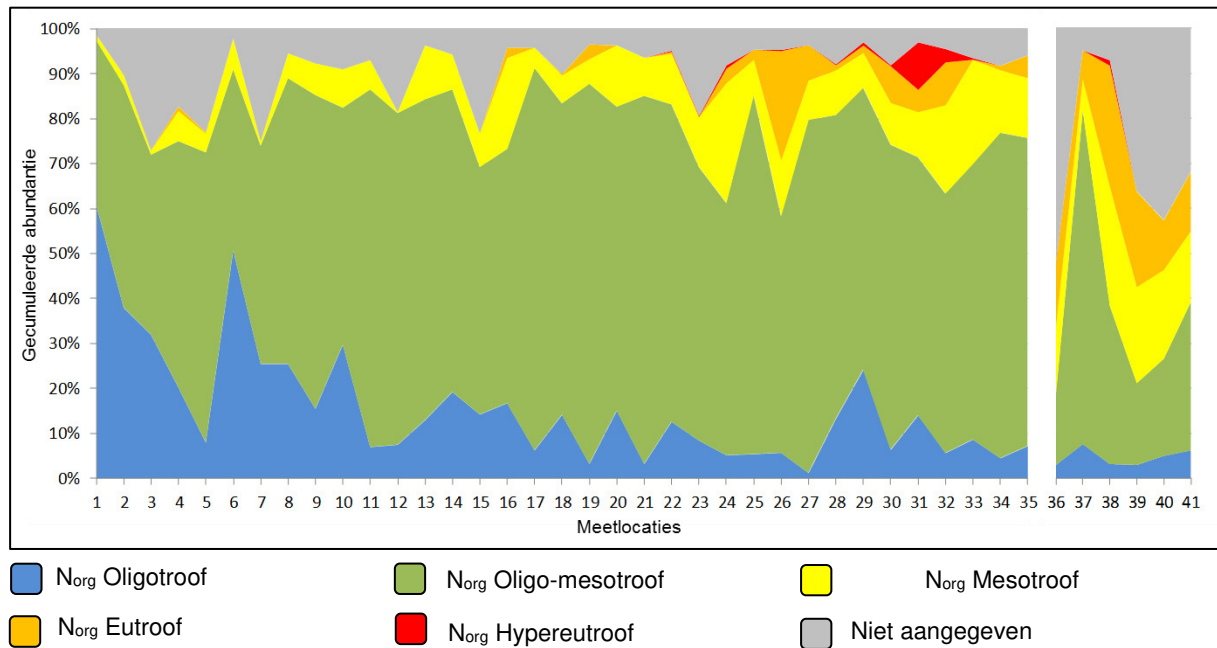
Het profiel is niet erg robuust voor de Rijndelta, omdat de categorie "niet aangegeven" daar een abundantie van bijna 50% kan bereiken. Echter, aangezien deze categorie samenhangt met de hoge abundantie van *Skeletonema subsalsum*, een soort die

kenmerkender is voor mineralisatie dan voor een eventuele belasting met organisch materiaal, is er geen reden om de goede kwaliteit van dit traject op grond van de saprobie in twijfel te trekken.

Figuur 21 geeft de gevoeligheid van soorten voor organische vormen van stikstof weer (NO_2^- et NH_4^+) en maakt het saprobiebeeld zodoende compleet. Het profiel komt op hoofdlijnen overeen met de vorige figuren: vanaf Leeheim (locatie 24) aan het einde van de Duits-Franse Bovenrijn verschijnt er een aanzienlijke abundantie van soorten die zijn aangepast aan hoge concentraties van deze stikstofvormen. Tot slot is er sprake van twee pieken van α -meso-polysaprobie soorten, die overeenkomen met enerzijds de monding van de Main benedenstrooms van Ginsheim (locatie 25) en anderzijds de monding van verschillende zijrivieren benedenstrooms van Bacharach (locaties 29 en 30).



Figuur 20: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor saprobie (Carayon *et al.* 2019) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))



Figuur 21: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun gevoeligheid voor organische stikstof (Carayon et al. 2019) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))

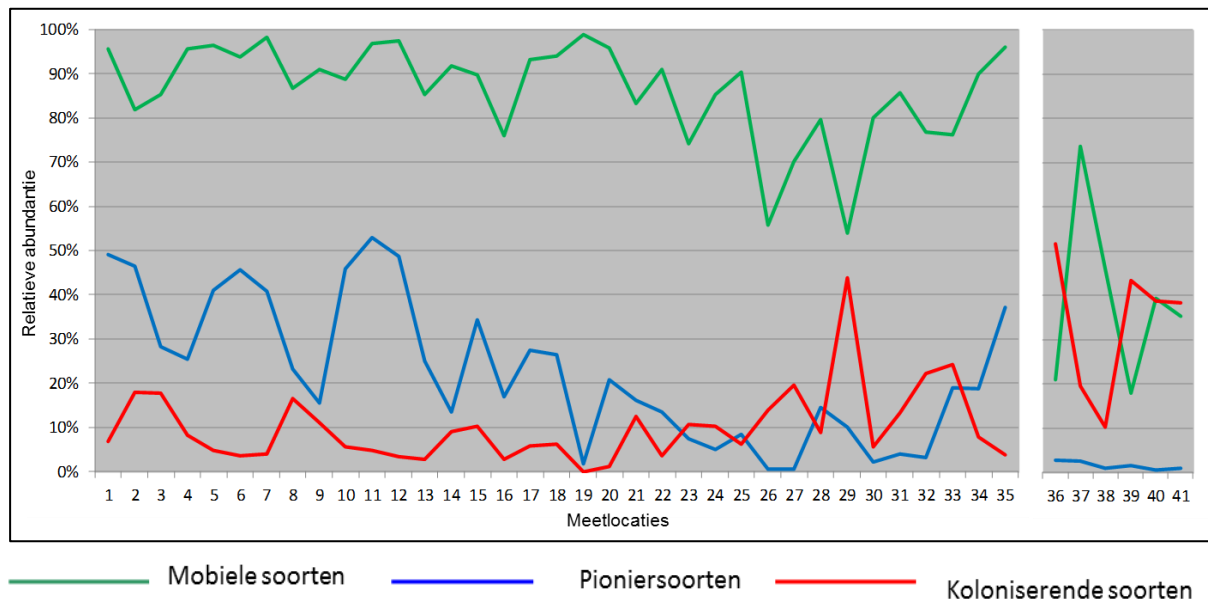
4.2. Ecologische gilden & levenswijzen (Rimet et al., 2012)

De meeste op diatomeeën gebaseerde, biotische indices zijn opgebouwd rond de gevoeligheid van soorten voor vervuiling. Recent onderzoek toont echter het belang aan van aanvullende metrics voor de bioindicatie, namelijk: levensvormen, celgroottes en ecologische gilden. Jammer genoeg is de informatie over de indeling van taxa bij deze verschillende metrics vaak alleen versnipperd aanwezig in talloze artikelen en geschriften. Bovendien verwijzen de studies waarin dergelijke metrics worden gebruikt dikwijls naar grijze literatuur en niet-gepubliceerde lijsten. Het doel van het hier beschreven artikel was het beschikbaar maken van een lange lijst van vaak voorkomende taxa in Europese rivieren inclusief hun indeling bij de verschillende metrics. Er zijn 1.115 taxa gesystematiseerd in een Excel-bestand. Het is duidelijk dat de taxonomie leidend is geweest bij indeling van taxa bij de metrics (Rimet et al., 2012).

In figuur 22 is de abundantie van taxa weergegeven met betrekking tot de biologische eigenschappen van mobiele, koloniserende en pioniersoorten. Tussen de mobiele en de koloniserende soorten bestaat er een duidelijke, omgekeerde correlatie. De populaties in de Rijn worden over het geheel genomen gedomineerd door mobiele taxa, die afnemen zodra de koloniserende vormen toenemen in abundantie: dit is kenmerkend voor de meetlocaties in veeleer lentiche zones, waarvan de Rijndelta een schoolvoorbeeld is. De enige uitzondering is Bacharach (locatie 29), waarvan de gegevens zijn aangeleverd door de delegatie van Rijnland-Palts. Hier houdt de toename van de koloniserende vormen verband met de grote abundantie van twee koloniserende taxa zonder raphe: *Pseudostaurosira brevistriata* en *Staurosira venter*.

Pioniersoorten behoren tot de eerste die uitgezet substraat koloniseren, dankzij adaptaties zoals het vermogen om zich vast te zetten op substraat dat vrij is van biofilm of een snelle voortplanting. Dit maakt hen ook kenmerkend voor milieus waar aangroei aan veel schurende krachten onderhevig is. Van de Hoogrijn tot halverwege de Duits-Franse Bovenrijn, ter hoogte van Stockstadt (locatie 23), vertonen ze een hoge abundantie. Daarna duikt hun abundantie een tijdlang onder de 10%, maar neemt in de Duitse Nederrijn weer duidelijk toe. In de Hoogrijn is de belangrijkste pioniersoort *Achnanthydium minutissimum*, kenmerkend voor stromende milieus waar substraat is blootgesteld aan bewegend bodemmateriaal en aangroei veelal wordt weggespoeld. Op de andere

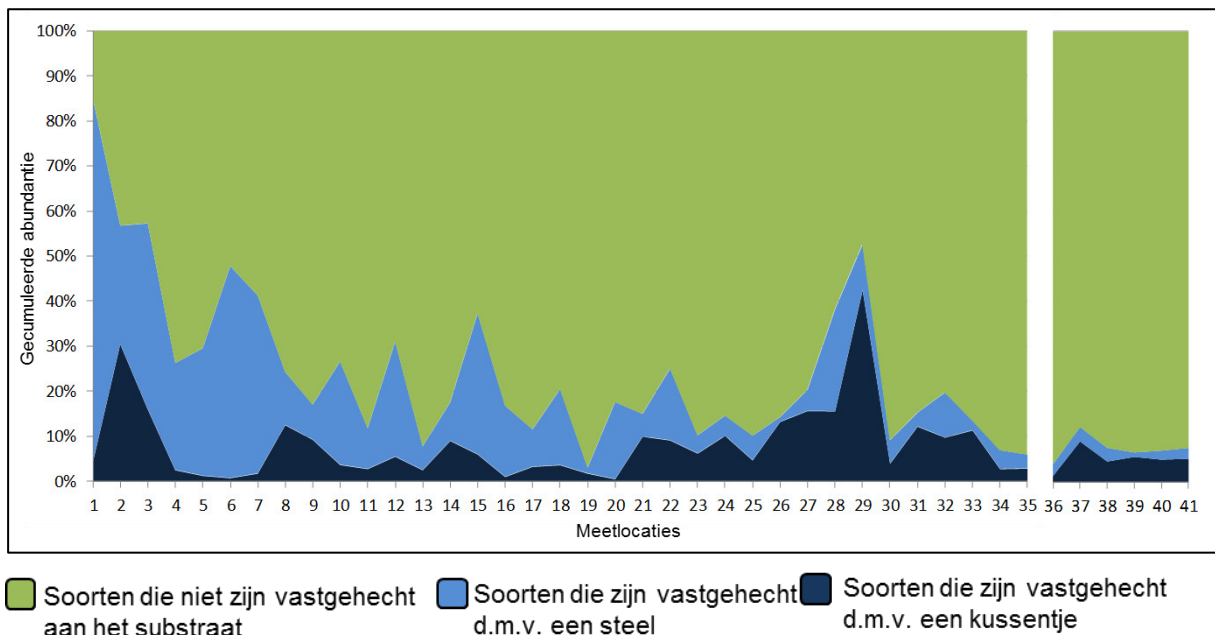
trajecten komt gewoonlijk *Amphora pediculus* voor, een pioniersoort in milieus die te maken hebben met sterke begrazing (door bijv. slakken of vissen). In de Rijndelta lijken er vrijwel geen pioniersoorten voor te komen, waarschijnlijk als gevolg van het grote aandeel planktonsoorten in het benthos (zie figuur 23).



Figuur 22: Relatieve abundantie van mobiele soorten, koloniserende soorten en pioniersoorten (Rimet et al. 2012) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))

In figuur 23 is de gecumuleerde abundantie van taxa weergegeven naargelang van hun aangehechte of niet-aangehechte karakter en de wijze van aanhechting aan het substraat. In de Hoogrijn en het begin van de Duits-Franse Bovenrijn is er sprake van een piek in steelvormen, wat te maken heeft met de sterke aanwezigheid van soorten van het geslacht *Achnantheidium*, dit zijn soorten die zijn aangepast aan stromende wateren.

De figuur toont voor de locaties 2 en 3 een hoge abundantie van soorten die zijn vastgehecht door middel van kussentjes. Ook in de benedenstroomse helft van de hoofdstroom van de Rijn neemt de aanwezigheid van deze soorten toe. Beide fenomenen kunnen worden verklaard door het voorkomen van soorten van het geslacht *Fragilariaceae*, die zijn aangepast aan lentische zones (d.w.z. *Tabularia*, *Staurosira*, *Pseudostaurosira*, enz.). Daarbij is in de bovenloop de invloed van het Bodenmeer bepalend en in de benedenloop de geleidelijke vertraging van de stroomsnelheid van de Rijn en de invloed van kunstwerken zoals stuwen.



Figuur 23: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun aanhechting aan het substraat (Rimet et al. 2012) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))

Tot slot worden de soorten in deze publicatie afhankelijk van hun levenswijze onderverdeeld in vier grote ecologische gilden:

- ✓ Het "Low profile"-gilde verenigt lage soorten bestaande uit plat aangehechte en staande kiezelwieren. Een dergelijke groep omvat voornamelijk taxa die bestand zijn tegen fysieke verstoringen (turbulenties) en gewoonlijk niet tolerant zijn voor vermessing. Als voorbeeld wordt *Achnantheidium minutissimum* genoemd.
- ✓ Het "High profile"-gilde bestaat uit grote soorten of soorten die neigen tot kolonievorming. Deze groep is niet bestand tegen turbulentie en geeft de voorkeur aan traag stromende wateren. Ze profiteert van toenemende nutriëntconcentraties in het milieu.
- ✓ Het "mobiele" gilde wordt gevormd door taxa die zich snel kunnen voortbewegen (bijv. de geslachten *Navicula* en *Nitzschia*) en zijn aangepast aan turbulente milieus en hoge nutriëntconcentraties.
- ✓ Het "plankton"-gilde is, zoals de naam doet vermoeden, samengesteld uit taxa die hoofdzakelijk planktonisch leven en na sedimentatie worden aangetroffen in het benthos.

Deze classificatie is problematisch voor bepaalde, ietwat complexe soorten. Denk bijvoorbeeld aan *Amphora pediculus*, die is geclassificeerd als zijnde "Low profile", aangezien het een lage soort is, maar die ook pioniereigenschappen vertoont in eutroof milieu en resistent is tegen begrazing. De *Eunotia* verdienen als "High profile"-groep nader onderzoek. Immers, dit geslacht omvat weliswaar veel grote soorten die ketens vormen, maar het is redelijk gebonden aan neutrale tot zure, oligotrofe en oligosaprobe wateren. Daarnaast bestaan er ook kleine, lage soorten, zoals *Eunotia exigua*.

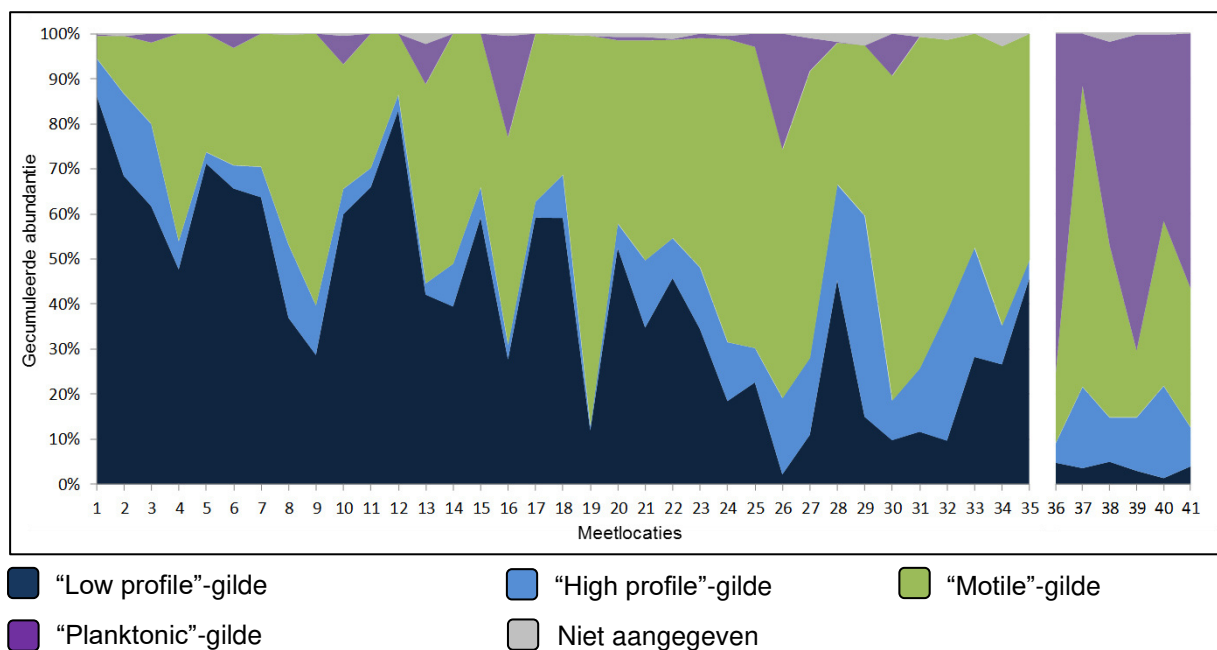
Hoewel de classificatie dus niet vrij is van fouten biedt ze toch een interessante visie op de opeenvolging van structurele diatomeeënpopulaties in de loop van een rivier. Deze opeenvolging is weergegeven in de onderstaande figuur 24. De bovenloop van de Rijn wordt gedomineerd door "Low profile"-soorten met een maximum van 87% in Fußach (locatie 1), wat dit energierijke, snel stromende en turbulente traject goed karakteriseert. Met uitzondering van de piek van 83% rond Kehl (locatie 12) gaat dit gilde over het geheel genomen tot Wiesbaden (locatie 26) achteruit en wordt geleidelijk vervangen door het "mobiele" gilde, dat in Mannheim (locatie 19) een maximum van 87% bereikt. De Rijn blijft

inderdaad een energierijk milieu, maar begint aanzienlijke nutriëntenconcentraties te vertonen (zie figuur 18 in verband met de trofie volgens Carayon *et al.*, 2019). De vertraging van de stroomsnelheid is bovendien bevorderlijk voor de sedimentatie van zwevend stof aan de oever, waar de meeste monsters worden genomen, en de soorten van het "mobiele" gilde zijn goed opgewassen tegen sedimentatie.

Benedenstrooms van Wyhl (locatie 9) is er tot Rees (locatie 32) sprake van een heroplevende abundantie van het "Low profile"-gilde als gevolg van het overwicht van *Amphora pediculus* op deze trajecten (zie figuur 3). In het eutrofe en wellicht minder turbulente milieu wordt *A. pediculus*, een pioniersoort die bestand is tegen begrazing, een essentieel element van de levensgemeenschap op de plekken waar het substraat is bemonsterd. Ook soorten van het geslacht *Achnanthydium* (*A. delmontii* of niet-gedetermineerd) dragen - zij het in mindere mate - bij aan de toename van de abundantie van dit gilde, met name in de Duits-Franse Bovenrijn.

De abundantie van het "High profile"-gilde vertoont benedenstrooms van Nordheim (locatie 20) een matige toename, waarbij evenwel een maximum van 45% wordt bereikt in het bovenstroomse station van Bacharach (locatie 29): het milieu wordt gekenmerkt door trager stromende wateren en een groeiende nutriëntenbelasting.

In de benedenloop, meer bepaald in de Rijndelta, verschijnt er tevens een noemenswaardige abundantie van planktonsoorten, hoewel er elders ook enkele artefacten kunnen worden aangewezen, zoals in Lauterbourg-Karlsruhe (locatie 16) en Wiesbaden (locatie 26). Deze bijzondere waarnemingen houden verband met de abundantie van *Discostella pseudostelligera* (locatie 16) en *Cyclotella meneghiniana* Kützing (locatie 26). Het gaat om planktonsoorten die vaak in hoge abundanties in het benthos worden aangetroffen, omdat ze ertoe in staat lijken te zijn om zich na sedimentatie in het benthos te handhaven en te vermenigvuldigen.



Figuur 24: Gecumuleerde abundantie van soorten naargelang van hun ecologische gilde (Rimet *et al.* 2012) (meetlocaties per Rijntraject: 1-5 (Hoogrijn); 6-28 (Duits-Franse Bovenrijn); 29-32 (Middenrijn); 33-35 (Duitse Nederrijn); 36-41 (Rijndelta))

Kortom, de gildes volgen elkaar Rijnafwaarts keurig en logisch op naarmate de stroomsnelheid afneemt en tegelijkertijd de nutriëntenconcentratie toeneemt.

5. Conclusie

De bestudering van de structuur van de diatomeeëngemeenschappen levert informatie op in verband met de ontwikkeling van de ecologische omstandigheden in de loop van de Rijn.

Zo zijn de levensgemeenschappen in de Hoogrijn typisch voor snel stromende milieus die weinig worden beïnvloed door nutriënten, oxideerbaar organisch materiaal of mineralisatie. Hoe verder stroomafwaarts hoe duidelijker deze situatie wordt. Vanaf de Duits-Franse Bovenrijn nemen soorten die kenmerkend zijn voor meso-eutrofe milieus een belangrijke plaats in. In de tweede helft van de Rijn verschijnen er eutrofe tot hypereutrofe soorten in opmerkelijke abundanties. De opeenvolging van de soortengemeenschappen in de rivier drukt uit dat de hoeveelheid organisch materiaal en de mineralisatie minder sterk en snel toenemen.

De soorten in de Rijndelta indiceren een milieu met bijzondere hydromorfologische kenmerken: immers, er verschijnen aanzienlijke hoeveelheden soorten van planktonische oorsprong.

Kortom, de diatomeeëngemeenschappen volgen elkaar Rijnaafwaarts keurig op naarmate de stroomsnelheid af- en de voedselrijkdom toeneemt. Het grootste deel van de Rijn wordt bijgevolg gekenmerkt door taxa die de voorkeur geven aan een gemiddelde mineralisatie en door een dominantie van taxa die typisch zijn voor hoge en matige zuurstofconcentraties. Wat het nutriëntengehalte van het milieu betreft, laat de Rijn een vrij klassiek beeld zien voor een grote rivier: het water wordt snel rijker aan nitraat, en fosfor is een beperkend element waarvan de toename in de loop van de rivier geleidelijker gebeurt. Bovendien wordt de Rijn vrijwel over zijn gehele lengte min of meer gedomineerd door β -mesosaprobe taxa, wat wijst op een eerder kleine invloed van organisch materiaal. Echter, er is wel sprake van twee pieken van soorten die kenmerkend zijn voor eutrofe tot hypereutrofe milieus en α -meso-polysaprobe soorten. Deze pieken komen enerzijds overeen met de monding van de Main benedenstrooms van Ginsheim en anderzijds met de monding van verschillende zijrivieren benedenstrooms van de meetlocaties van Bacharach. Tot slot worden de soortengemeenschappen gedomineerd door alkalifiele en alkalibionte soorten.

6. Bibliografie

Bak M. & Lange-Bertalot, H. (2014). Four small-celled *Planothidium* species from Central Europe proposed as new to science. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 43(4): 346-359.

Carayon D., Tison-Rosebery J. & Delmas F. (2019). Defining a new autoecological trait matrix for French stream benthic diatoms. *Ecological Indicators* 103: 650-658.

English J.D. & Potapova M.G. (2012). Ontogenetic and interspecific valve shape variation in the *Pinnatae* group of the genus *Surirella* and the description of *S. lacrimula* sp. nov. *Diatom research* 27(1): 9.-27.

Genkal S. (2015). Morphological variability, taxonomy and ecology of *Discostella pseudostelligera* (Bacillariophyceae, Centrales) and similar species. *Nova Hedwigia* 101(3-4): 427.-449.

Hofmann, G. (1994). Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie.- *Bibliotheca Diatomologica* 30: 1-241.

Hofmann G., Werum M. & Lange-Bertalot H. (2011). Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Lange - Bertalot, Horst (ed.). 3522 Fig. auf 133 Tafeln. 908p.

Jahn R., Kusber W.H. & Romero O.E. (2009). *Cocconeis pediculus* Ehrenberg and *C. placentula* Ehrenberg var. *placentula* (Bacillariophyta): Typification and taxonomy. *Fottea, Olomouc* 9(2): 275-288.

Kiss K.T., Klee R., Ector L. & Acs E. (2012). Centric diatoms of large rivers and tributaries in Hungary: morphology and biogeographic distribution. *Acta Botanica Croatica* 71(2): 311-363.

Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1986). Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1986, 876 p.

Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1988). Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1988, 610p.

Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1991a). Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Moltenhauer (Eds) Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1991a, 576 p.

Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1991b). Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 4. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 1991b, 468 p.

Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M. & Cantonati M. (2017). Freshwater benthic diatoms of Central Europe: Over 800 common species used in ecological assessment. English edition with updated taxonomy and added species. Schmitt-Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books. 942 p.

Monnier O., Lange-Bertalot H., Rimet F., Hoffmann L. & Ector L. (2004). *Achnantheidium atomoides* sp. nov., a new diatom from the Grand-Duchy of Luxembourg. *Vie et milieu* 54(2-3): 127-136.

Pérès F., Barthès A., Ponton E., Coste M., Ten-Hage L. & Le-Cohu R. (2012). *Achnantheidium delmontii* sp. nov., a new species from French rivers - *Fottea, Olomouc* 12(2): 189–198.

Rimet F. & Bouchez A. (2012). Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 406: 1-14.

Van Dam H., Mertens A. & Sinkeldam J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117–133.

Rott E., Hofmann G., Pall K., Pfister P. & Pipp E. (1997). Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobien Indikation.- *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien*: 1-73.

Rott E., Binder N., Van Dam H., Ortler K., Pall K., Pfister P. & Pipp E. (1999). Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen.- *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien*: 1-248.

Trobajo R., Rovira L., Ector L., Wetzel C. E., Kelly M. & Mann D.G. (2013). Morphology and identity of some ecologically important small *Nitzschia* species. *Diatom Research* 28(1): 37-59.

Wetzel C. E., Ector L., Van de Vijver B., Compere P. & Mann D. G. (2015). Morphology, typification and critical analysis of some ecologically important small naviculoid species (Bacillariophyta). *Fottea, Olomouc* 15(2): 203-234.

Wetzel C. E., Van de Vijver B., Blanco S. & Ector L. (2019). On some common and new cavum-bearing *Planothidium* (Bacillariophyta) species from freshwater. *Fottea, Olomouc* 19(1): 50-89.

BIJLAGEN

A. Lijst van meetlocaties en bevoegde instanties

Identificatie-nummer*	Rijntraject	Rivier	Meetlocatie	Bevoegdheid	Rivierkilometer
01	<i>Alpenrijn</i>	Rijn	Fußach	Oostenrijk	<i>n.v.t.</i>
02	Hoogrijn	Rijn	Stein (Hemishofen)	Ligging: Zwitserse Confederatie Onderzoek en gegevenslevering: Baden-Württemberg	25
03		Rijn	Ellikon (Lottstetten-Nack)	Baden-Württemberg	63
04		Rijn	Sisseln (Obersäckingen)	Baden-Württemberg	126
05		Rijn	Pratteln / Wyhlen	Baden-Württemberg	159
06		Duits-Franse Bovenrijn	Oude loop van de Rijn	Kembs	Frankrijk
07	Oude loop van de Rijn		Neuenburg	Baden-Württemberg	199
08	Rijn		Breisach	Baden-Württemberg	217
09	Rijn		Wyhl	Baden-Württemberg	248
10	Rijn		Rhinau	Frankrijk	261
11	Rijn		Schwanau	Baden-Württemberg	272
12	Rijn		Kehl	Baden-Württemberg	291
13	Rijn		Gambsheim	Frankrijk	310
14	Rijn		Grauelsbaum	Baden-Württemberg	317
15	Rijn		Steinmauern	Baden-Württemberg	345
16	Rijn		Lauterbourg-Karlsruhe	Frankrijk	350
17	Rijn		Karlsruhe	Baden-Württemberg	360
18	Rijn		Speyer	Rijnland-Palts	399
19	Rijn		Mannheim	Baden-Württemberg	435
20	Rijn		Nordheim	Hessen	451
21	Rijn		Biblis	Hessen	456
22	Rijn		Veerboot Eich	Rijnland-Palts	461
23	Rijn		Stockstadt	Hessen	468
24	Rijn		Leeheim	Hessen	478
25	Rijn		Ginsheim	Hessen	491
26	Rijn	Wiesbaden	Hessen	499	
27	Rijn	Eltvilke	Hessen	509	
28	Rijn	Heidenfarth-Nonnenaue	Rijnland-Palts	512	
29	Middenrijn	Rijn	Bacharach (RP)	Rijnland-Palts	542
30		Rijn	Bacharach (HE)	Hessen	543
31		Rijn	Andernach/Namedy	Rijnland-Palts	615
32		Rijn	Hammerstein	Rijnland-Palts	618
33	Duitse Nederrijn	Rijn	Niederkassel-Mondorf	Noordrijn-Westfalen	665
34		Rijn	Meerbusch-Nierst	Noordrijn-Westfalen	758
35		Rijn	Rees	Noordrijn-Westfalen	841
36	Rijndelta	Waal	Lobith ponton	Nederland	863
37		Nederrijn-Lek	Hagestein boven stuw	Nederland	945
38		Hollandsche IJssel	Gouderak Noord	Nederland	<i>n.v.t.</i>
39		Dortsche Biesbosch	Dortsche Biesbosch	Nederland	975
40		Oude Maas	Kuipersveer	Nederland	985
41		IJssel	Kampen	Nederland	995

* Specifiek voor het onderhavige onderzoek

N.v.t.: Geen rivierkilometer, want niet aan de hoofdstroom van de Rijn gelegen

B. Lijst van in de Rijn aangetroffen taxa met de trajecten waarop ze voorkomen

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Achnanthes</i> sp.	X	X			
<i>Achnantheidium atomoides</i> Monnier, Lange-Bertalot & Ector	X			X	X
<i>Achnantheidium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-Bertalot			X		
<i>Achnantheidium delmontii</i> Peres, Le Cohu & Barthes		X			X
<i>Achnantheidium druartii</i> Rimet & Couté in Rimet <i>et al.</i>		X			
<i>Achnantheidium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki				X	
<i>Achnantheidium</i> sp.	X	X	X		X
<i>Achnantheidium jackii</i> Rabenhorst					X
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki sensu lato	X	X	X	X	X
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki f. <i>inconspicuum</i> (Østrup) Compère & Riaux-Gobin				X	
<i>Achnantheidium modestiforme</i> (Lange-Bertalot) Van de Vijver		X			
<i>Achnantheidium pfisteri</i> Lange-Bertalot				X	
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	X	X			
<i>Achnantheidium straubianum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		X			
<i>Achnantheidium subatomus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	X	X	X		
<i>Achnantheidium subhudsonis</i> (Hustedt) Kobayasi		X			
<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory ex Greville) Hustedt		X			X
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg					X
<i>Adlafia</i> sp.					X
<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot		X			X
<i>Amphipleura pellucida</i> Kützing		X			
<i>Amphora</i> sp.		X		X	
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald sensu lato	X	X	X	X	X

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Amphora hemicyclus</i> Stoermer & Yang		X			
<i>Amphora inariensis</i> Krammer	X	X		X	
<i>Amphora indistincta</i> Levkov		X	X		X
<i>Amphora macedoniensis</i> Nagumo		X			
<i>Amphora minutissima</i> W. Smith		X	X		
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing		X	X		X
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	X	X	X	X	X
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Ehr.) Pfitzer					X
<i>Asterionella formosa</i> Hassall		X			X
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen					X
<i>Aulacoseira</i> sp.		X			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen		X			
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) Hendey		X		X	X
<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz-Danzig) Lange-Bertalot & Witkowski	X	X	X		X
<i>Caloneis</i> sp.				X	
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve			X		
<i>Cavinula cocconeiformis</i> (Gregory ex Greville) Mann & Stickle in Round, Crawford & Mann		X			
Diatomées centriques indifférenciées		X	X		
<i>Cocconeis</i> sp.		X			
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg		X	X		X
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg		X	X	X	
<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer		X			X
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg sensu lato	X	X	X	X	X
<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	X	X			
<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin)		X			

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
C.E. Wetzel & Ector in C.E. Wetzel <i>et al.</i>					
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) D.M. Williams & Round				X	
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round					X
<i>Cyclostephanos</i> sp.					X
<i>Cyclostephanos invisitatus</i> (Hohn & Hellerman) Theriot Stoermer & Håkansson		X			X
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt		X			X
<i>Cyclotella cryptica</i> Reimann, Lewin & Guillard					X
<i>Cyclotella</i> sp.		X			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		X	X		X
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brebisson ex Kützing) W. Smith		X	X		
<i>Cymatopleura solea</i> (Brebisson) W. Smith		X	X		
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith var. <i>apiculata</i> (W. Smith) Ralfs in Pritchard		X			
<i>Cymatopleura</i> sp.		X			
<i>Cymatosira belgica</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	X			X	
<i>Cymbella</i> sp.	X	X			X
<i>Cymbella compacta</i> Østrup		X		X	X
<i>Cymbella excisa</i> Kützing	X	X			
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing		X	X		
<i>Cymbella hustedtii</i> Krasske	X				
<i>Cymbella lanceolata</i> (Agardh) Agardh		X			
<i>Cymbella lange-bertalotii</i> Krammer		X	X		
<i>Cymbella neocistula</i> Krammer	X				
<i>Cymbella parva</i> (W. Smith) Kirchner in Cohn	X				
<i>Cymbella tumida</i> (Brebisson) Van Heurck		X	X	X	

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	X	X			
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing			X		
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	X	X			
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	X				X
<i>Diatoma moniliformis</i> (Kützing) D.M. Williams	X	X			X
<i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh	X				
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	X	X	X	X	X
<i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>linearis</i> Grunow in Van Heurck					X
<i>Diploneis oculata</i> (Brebisson in Desmazières) Cleve		X			
<i>Diploneis parma</i> Cleve		X			
<i>Diploneis separanda</i> Lange-Bertalot					X
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee emend. Genkal		X			X
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee		X			
<i>Encyonema auerswaldii</i> Rabenhorst		X			
<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing	X	X			X
<i>Encyonema leibleinii</i> (C. Agardh) W. Silva, R. Jahn, T. A. V. Ludwig & M. Menezes in Silva <i>et al.</i>	X	X	X		
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann in Round, Crawford & Mann	X	X		X	
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann	X	X			X
<i>Encyonema simile</i> Krammer		X			
<i>Encyonema ventricosum</i> (Agardh) Grunow in Schmidt <i>et al.</i>	X	X			
<i>Encyonema vulgare</i> Krammer	X				
<i>Encyonopsis krammeri</i> Reichardt	X				
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	X	X			
<i>Encyonopsis minuta</i> Krammer & Reichardt	X	X			
<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt		X			

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Eolimna comperei</i> Ector, Coste et Iserentant in Coste & Ector		X			
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot in Moser <i>et al.</i> sensu lato		X	X	X	
<i>Epithemia sorex</i> Kützing					X
<i>Eucocconeis laevis</i> (Østrup) Lange-Bertalot	X				
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt					X
<i>Fallacia lenzii</i> (Hustedt) Lange-Bertalot in Werum <i>et al.</i>		X	X		
<i>Fallacia mitis</i> (Hustedt) D.G.Mann		X			
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & Mann ssp. <i>pygmaea</i>					X
<i>Fallacia pygmaea</i> ssp. <i>subpygmaea</i> Lange-Bertalot, Cavacini, Tagliaventi & Alfinito		X			
<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow in Van Heurck) D.G. Mann	X	X	X		
<i>Fallacia sublucidula</i> (Hustedt) D.G. Mann		X			
<i>Fallacia tenera</i> (Hustedt) Mann in Round			X		
<i>Fistulifera pelliculosa</i> (Brebisson) Lange-Bertalot		X			
<i>Fistulifera saprophila</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot		X			X
<i>Fragilaria austriaca</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X				
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres	X				X
<i>Fragilaria distans</i> (Grunow in Van Heurck) Bukhtiyarova					X
<i>Fragilaria</i> sp.					X
<i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst			X		
<i>Fragilaria neointermedia</i> Tuji & D.M. Williams					X
<i>Fragilaria pararumpens</i> Lange-Bertalot, Hofmann & Werum in Hofmann <i>et al.</i>	X				X
<i>Fragilaria recapitellata</i> Lange-Bertalot & Metzeltin	X				
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F. Carlson	X	X			
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	X	X	X	X	X
<i>Gomphoneis minuta</i> (Stone) Kociolek & Stoermer		X			

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg				X	
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst					X
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg					X
<i>Gomphonema</i> sp.		X	X		X
<i>Gomphonema calcifugum</i> Lange-Bertalot & Reichardt	X				
<i>Gomphonema cymbelliclinum</i> Reichardt & Lange-Bertalot	X				
<i>Gomphonema italicum</i> Kützing		X	X		
<i>Gomphonema micropus</i> Kützing		X			
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh		X			X
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	X	X			X
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	X	X	X		X
<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	X	X			
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>rigidum</i> Reichardt & Lange-Bertalot		X			
<i>Gomphonema saprophilum</i> (Lange-Bertalot & Reichardt) Abarca, Jahn, Zimmermann & Enke			X		
<i>Gomphonema subclavatum</i> (Grunow) Grunow		X			
<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grunow in Van Heurck) Schmidt in Schmidt <i>et al.</i>	X	X		X	X
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg					X
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst		X	X		
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst		X			X
<i>Gyrosigma kuetzingii</i> (Grunow) Cleve					X
<i>Gyrosigma sciotoense</i> (Sullivan et Wormley) Cleve	X	X	X		X
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov		X			
<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov			X		
<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberh.) R.M. Patrick in Patrick & Reimer	X			X	
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		X	X	X	X

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Hippodonta costulata</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		X			X
<i>Hippodonta</i> sp.					X
<i>Hippodonta pumila</i> Lange-Bertalot, Hofmann & Metzeltin		X			
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopa					X
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow in Cleve & Grunow) Bukhtiyarova var. <i>clevei</i>	X	X	X	X	X
<i>Kolbesia gessneri</i> (Hustedt) Aboal		X			
<i>Kolbesia kolbei</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Kolbesia ploenensis</i> (Hustedt) Kingston		X	X	X	
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson					X
<i>Lindavia radiosa</i> (Grunow) De Toni & Forti		X			
<i>Luticola</i> sp.					X
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann in Round, Crawford & Mann	X	X	X		X
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann in Round, Crawford & Mann			X		X
<i>Luticola ventriconfusa</i> Lange-Bertalot					X
<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot					X
<i>Mayamaea permitis</i> (Hustedt) Bruder & Medlin		X		X	X
<i>Melosira varians</i> Agardh		X	X	X	X
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	X				X
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula associata</i> Lange-Bertalot		X	X		
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	X	X	X		
<i>Navicula cari</i> Ehrenberg					X
<i>Navicula catalanogermanica</i> Lange-Bertalot & Hofmann		X			
<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman	X	X		X	X
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs in Pritchard		X			

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		X	X		X
<i>Navicula cryptofallax</i> Lange-Bertalot & Hofmann		X			
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	X	X		X	
<i>Navicula difficillimoides</i> Hustedt		X			
<i>Navicula erifuga</i> Lange-Bertalot in Krammer & Lange-Bertalot		X	X	X	
<i>Navicula germainii</i> Wallace		X	X	X	
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	X	X	X	X	X
<i>Navicula</i> sp.		X	X		X
<i>Navicula jakovljevicii</i> Hustedt	X				
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	X	X	X	X	X
<i>Navicula libonensis</i> Schoeman		X			
<i>Navicula margalithii</i> Lange-Bertalot		X			
<i>Navicula menisculus</i> Schumann		X			
<i>Navicula novaesiberica</i> Lange-Bertalot				X	
<i>Navicula oligotrappenta</i> Lange-Bertalot & Hofmann		X			
<i>Navicula oppugnata</i> Hustedt				X	
<i>Navicula phyllepta</i> Kützing		X			
<i>Navicula radiosa</i> Kützing					X
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot		X	X	X	X
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	X	X	X	X	
<i>Navicula salinarum</i> Grunow in Cleve & Grunow				X	X
<i>Navicula schroeteri</i> Meister		X			
<i>Navicula slesvicensis</i> Grunow		X			
<i>Navicula splendidula</i> Van Landingham		X			

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	X	X	X	X	X
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot					X
<i>Navicula upsaliensis</i> (Grunow) Peragallo		X			X
<i>Navicula vandamii</i> Schoeman & Archibald		X			
<i>Navicula veneta</i> Kützing	X	X	X	X	X
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg		X			
<i>Navigeia decussis</i> (Østrup) Bukhtiyarova	X	X	X		
<i>Navigeia schoenfeldii</i> (Hustedt) Bukhtiyarova		X			
<i>Nitzschia</i> sp.	X	X	X		
<i>Nitzschia abbreviata</i> Hustedt in Schmidt <i>et al.</i>		X		X	
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith					X
<i>Nitzschia acula</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow					X
<i>Nitzschia adamata</i> Hustedt			X		
<i>Nitzschia agnita</i> Hustedt				X	
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow		X	X		X
<i>Nitzschia amplexans</i> Hustedt		X	X		
<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot					X
<i>Nitzschia bergii</i> Cleve-Euler		X			
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow in Van Heurck		X	X		X
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt <i>et al.</i>		X	X	X	X
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt var. <i>tenuirostris</i> (Grunow in Van Heurck) Bukhtiyarova		X			
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst			X		
<i>Nitzschia costei</i> Tudesque, Rimet & Ector		X			
<i>Nitzschia dealpina</i> Lange-Bertalot & Hofmann				X	
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow ssp. <i>dissipata</i>	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M.Smith) Van Heurck		X	X	X	X

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Nitzschia filiformis</i> var. <i>conferta</i> (Richter) Lange-Bertalot		X	X	X	X
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve et Möller	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia frequens</i> Hustedt		X	X		X
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow		X	X		
<i>Nitzschia graciliformis</i> Lange-Bertalot & Simonsen					X
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch		X			X
<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst					X
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow		X		X	X
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow		X	X	X	X
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow		X	X	X	
<i>Nitzschia liebethruthii</i> Rabenhorst		X	X		
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith		X	X		X
<i>Nitzschia media</i> Hantzsch.		X		X	X
<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow in Cleve & Moller		X	X	X	
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow in Cleve & Grunow		X	X		
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia parvula</i> W.M.Smith				X	
<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M.Peragallo	X				
<i>Nitzschia pusilla</i> (Kützing) Grunow emend. Lange-Bertalot	X		X		X
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch in Rabenhorst	X	X	X		X
<i>Nitzschia rectiformis</i> Hustedt					X
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith		X		X	X
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith		X			X
<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia solgensis</i> Cleve-Euler		X			

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Nitzschia soratensis</i> Morales & Vis		X			
<i>Nitzschia subacicularis</i> Hustedt in A.Schmidt et al.		X			X
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt		X	X		X
<i>Nitzschia subtilis</i> Grunow in Cleve & Grunow		X		X	X
<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot		X	X	X	X
<i>Nitzschia tenuis</i> W.Smith				X	
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow					X
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst		X			X
<i>Nitzschia wuellerstorffii</i> Lange-Bertalot		X	X		
<i>Pantocsekiella comensis</i> (Grunow in Van Heurck) K.T. Kiss & Ács		X			X
<i>Pantocsekiella costei</i> (Druart et F. Straub) K.T. Kiss & Ács		X			X
Diatomée pennée non identifiée		X	X	X	
<i>Placoneis undulata</i> (Østrup) Lange-Bertalot			X		
<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round & Bukhtiyarova		X			X
<i>Planothidium engelbrechtii</i> (Cholnoky) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	X	X	X	X	X
<i>Planothidium granum</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot				X	
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot		X		X	X
<i>Planothidium minusculum</i> (Hustedt) Witkowski, Kulikovskiy & Plinski	X				
<i>Planothidium minutissimum</i> (Krasske) Morales		X		X	X
<i>Planothidium rostratoholarcticum</i> Lange-Bertalot & Båk	X	X	X	X	X
<i>Planothidium</i> sp.		X			X
<i>Platessa conspicua</i> (A.Mayer) Lange-Bertalot		X		X	
<i>Platessa holsatica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	X				
<i>Platessa hustedtii</i> (Krasske) Lange-Bertalot		X			
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère		X			

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Praestephanos</i> sp.					X
<i>Psammothidium lauenburgianum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		X	X	X	
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow in Van Heurck) D.M. Williams & Round	X	X	X	X	X
<i>Pseudostaurosira medliniae</i> D.M. Williams & Morales		X			
<i>Pseudostaurosira sopotensis</i> (Witkowski & Lange-Bertalot) Morales, C.E. Wetzel & Ector		X			
<i>Pseudostaurosira subsalina</i> (Hustedt) Morales			X		
<i>Punctastriata lancettula</i> (Schumann) Hamilton & Siver		X			X
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	X	X	X	X	X
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala Guerrero & Ferrario		X		X	
<i>Rhaphoneis amphicerus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg					X
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	X	X	X		X
<i>Rossithidium petersenii</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova		X			
<i>Sellaphora nigri</i> (De Notaris) C.E. Wetzel & Ector	X	X			X
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	X	X	X	X	X
<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G. Mann		X			
<i>Sellaphora utermoehlii</i> (Hustedt) C.E. Wetzel & D.G. Mann		X	X	X	
<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot	X	X			X
<i>Skeletonema potamos</i> (Weber) Hasle		X			X
<i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve-Euler) Bethge					X
<i>Stauroneis</i> sp.	X				
<i>Staurosira</i> sp.					X
<i>Staurosira binodis</i> Lange-Bertalot in Hofmann, Werum & Lange-Bertalot		X	X		X
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	X	X			X
<i>Staurosira leptostauron</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy & Genkal		X			
<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & Moeller		X	X	X	X

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Staurosirella</i> sp.		X			X
<i>Staurosirella leptostauron</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round		X			
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round	X	X	X	X	
<i>Stephanodiscus alpinus</i> Hustedt in Huber-Pestalozzi		X			
<i>Stephanodiscus</i> sp.		X	X		X
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cleve & Grunow					X
<i>Stephanodiscus medius</i> Håkansson					X
<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kützing) Round					X
<i>Stephanodiscus neoastreae</i> Håkansson & Hickel					X
<i>Stephanodiscus parvus</i> Stoermer & Håkansson					X
<i>Stephanodiscus tenuis</i> Hustedt					X
<i>Surirella angusta</i> Kützing		X		X	
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer & Lange-Bertalot		X			X
<i>Surirella lacrimula</i> English	X	X		X	X
<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing				X	
<i>Surirella ovalis</i> Brébisson				X	
<i>Surirella</i> sp.		X	X		
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing			X		
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing			X		
<i>Tabularia fasciculata</i> (C.A. Agardh) Williams & Round		X	X		X
<i>Thalassiosira lacustris</i> (Grunow) Hasle in Hasle & Fryxell		X	X		X
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal		X			X
<i>Thalassiosira weissflogii</i> (Grunow) Fryxell & Hasle		X			X
<i>Tryblionella angustata</i> W. Smith					X
<i>Tryblionella angustatula</i> (Lange-Bertalot) Cantonati & Lange-Bertalot in Kusber <i>et al.</i>	X	X	X	X	X

Taxon	Hoogrijn	Duits-Franse Bovenrijn	Middenrijn	Duitse Nederrijn	Rijndelta
<i>Tryblionella brunoi</i> (Lange-Bertalot) Cantonati & Lange-Bertalot in Kusber <i>et al.</i>			X	X	X
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann in Round <i>et al.</i>		X			X
<i>Tryblionella kuetzingii</i> Alvarez- Blanco & Blanco		X	X	X	
<i>Tryblionella levidensis</i> W. Smith		X			
<i>Tryblionella salinarum</i> (Grunow) Pantocsek					X
<i>Tryblionella</i> sp.					X
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	X	X			
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère		X	X	X	X