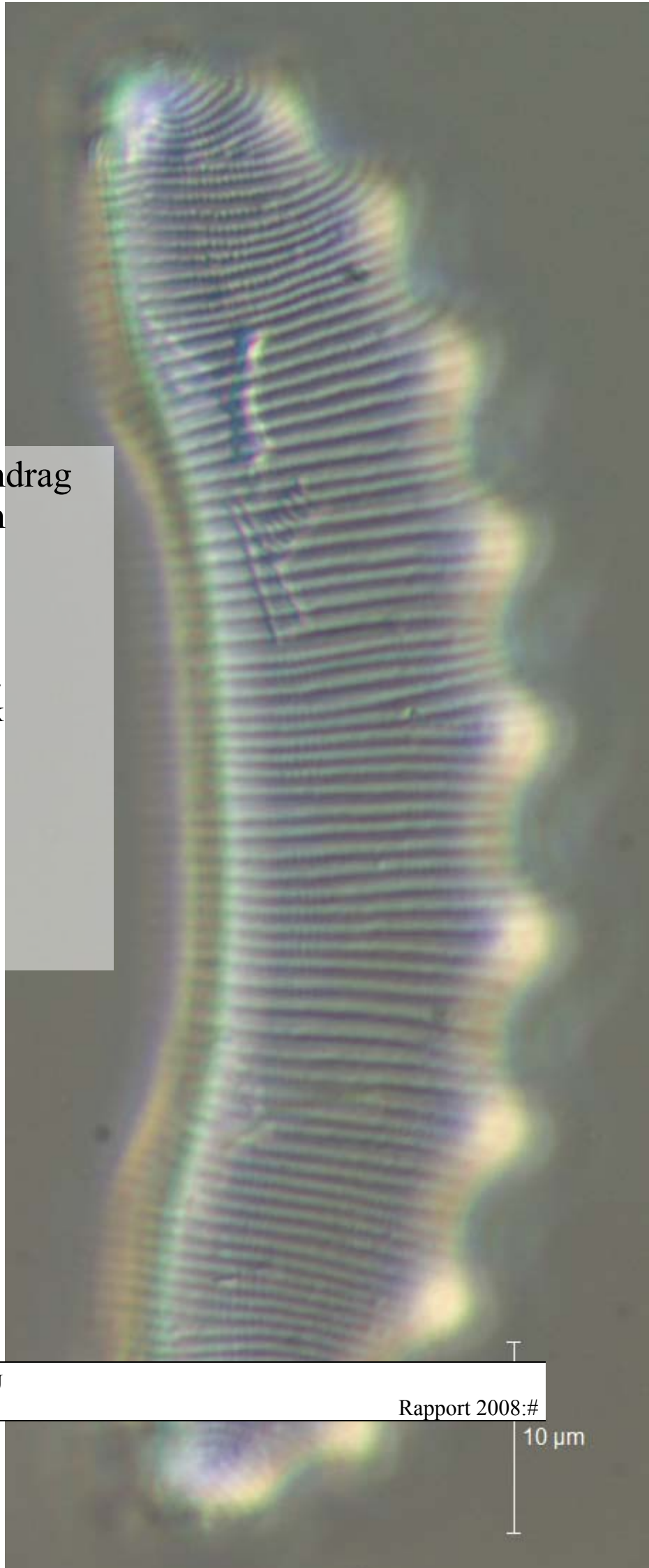




Kiselalger i vattendrag i Dalarnas län

av

Maria Kahlert &
Steffi Gottschalk



Kiselalger i vattendrag i Dalarnas län

av

Maria Kahlert & Steffi Gottschalk

Syfte	6
Metoder	6
Provtagning	6
Analys av vattenkemi	6
Analys av kiselalger	7
Klassningen av kiselalgsresultaten	7
Rimlighetskontroll av indexresultaten	8
Multivariata analyser av kiselalgssamhällen	9
Resultat	11
Allmän	11
<i>Ovanliga kiselalgstaxa i Dalarnas vattendrag</i>	11
<i>Vanliga kiselalgstaxa i Dalarnas vattendrag</i>	14
Statusklass – IPS	16
<i>Näringspåverkan och organisk förorening</i>	16
<i>Metallpåverkan</i>	17
pH-regim – ACID	20
Indexresultat och bakgrundsdata	21
Typiska kiselalgssamhällen	22
Jämförelse med andra regioner	30
Sammanfattning	30
Litteratur	31
Tabeller	32

Bild på första sidan: *Eunotia serra* Ehrenberg, Ringsån

Bild på sista sidan: *Eunotia tetraodon* Ehrenberg (Görälven)

Syfte

Syftet med detta projekt är att öka kunskapen om kiselalger i Dalarnas vattendrag med hänsyn till olika naturgivna förutsättningar och påverkan. Det andra målet var att testa kiselalger som bioindikatorer för olika antropogena påverkan på Dalarnas vattendrag.

Metoder

Provtagning

46 vattendrag ingick i undersökningen (tabell 4, figur 1). Åtta vattendrag ingick i ett kiselalgsprojekt genomfört av Institutionen för Vatten & Miljö under 2005, tre vattendrag ingick i IKEU programmet 2006, två vattendrag ingick i övervakningen av de nationella trendvattendrag 2006 och de resterande 33 vattendrag ingick i DVVF:s projekt om biologiska egenskaper i Dalälvens vattendrag under 2007. Kiselalgsprovtagning under 2007 utfördes av Hans Olofsson och Ann-Louise Haglund, länsstyrelsen (lst) i Dalarna mellan 6/9 och 18/9. Proverna för 2006 togs av Paul Andersson, SBV-analys, Delsbo, mellan 21/9 och 1/10 och proverna 2005 togs av Ewa Willén, Isabel Quintana, Eva Herlitz och Ann-Marie Widerholm, Institutionen för Vatten & Miljö, SLU mellan 13/9 och 15/9. Provtagningen genomfördes enligt metoden "Påväxt i rinnande vatten – kiselalgsanalys" (Naturvårdsverket 2007) i vattendrag med sten som substrat. För alla vattendrag noterades vattenhastighet och vattendragets bredd, för de flesta vattendrag även provstenarnas bergart/mineral. Vidare togs uppgifter över avrinningsområdets (ARO) storlek och användning fram samt information om höjd över havet (höj) och om vattendraget var kalkat respektive kalkpåverkat.

Inga uppgifter om påverkan fanns i början av denna studie, men det flesta vattendrag visade sig ha en stor andel skog i ARO och låga närsaltshalter. Både sura och neutrala vattendrag fanns med. Speciellt för denna studie var sex vattendrag med metallpåverkan och höga kvävehalter från gruvnäringen i Garpenberg (Boliden AB): Lilla Dicka, Forsån Dicka Kvarn, Persbobäcken, Garpenbergsån, Nygårdsbäcken och Rullshyttebäcken. I Garpenbergs gruvor bryts och utvinns zink, silver bly, koppar och guld.

Analys av vattenkemi

Flera olika projekt levererade data för vattenkemi, vilket innebar att provfrekvensen varierade mellan 1 och 32 prover under året innan kiselalgsprovtagningen (tabeller 6, 7). De flesta vattenkemiprovtagningar ligger på samma plats eller nära som kiselalgsprovtagning. För alla vattendrag beräknades ett årsmedelvärde av dessa prover för följande parametrar: pH, alkalinitet, konduktivitet, absorbans av det filtrerade vatten vid 420 nm (abs_{420}), ammonium (NH_4-N), nitrit plus nitrat (NO_2+3-N), total-kväve (Tot-N) och total-fosfor (Tot-P). Värden under detektionsgränsen ersattes för medelvärdesberäkningen med ett värde strax under denna gräns. För några vattendrag från 2005 saknades det TOC värden (Garpenbergsån W2, Norån W16, Styggforsån nedan fall W10, Styggforsån över fall W11, Årängsån (Ingels) W8). Dessa värden beräknades med hjälp av abs_{420} eftersom korrelationen var starkt ($TOC=42,876 * abs_{420} + 2,4553$, $r^2=0,84$). För nästan alla vattendrag utom de flesta tagna 2005 beräknades också ett medelvärde för följande parametrar: Calcium (Ca), sulfat (SO_4), chlorid (Cl), kisel (Si), järn (Fe), koppar (Cu), zink (Zn), kadmium (Cd) och bly (Pb).

För att kunna använda metallerna i analysen beräknades en metallpåverkansklass för alla tillgängliga metaller med hjälp av bedömningsgrunderna från 1999 (Naturvårdsverket 1999). Den sämsta klassningen noterades som metallpåverkansklass. Bedömningsgrunderna från 1999

användes för den ger en nyanserat bild av metallhalter i fem klasser, samtidigt behövs ingen modellberäkning biotillgängligheten av metallerna, en analys som inte var tillgänglig för denna studie. Men man ska tänka på att en hög metallhalt inte nödvändigtvis är kopplat till hög toxicitet (Naturvårdsverket 2007). Fem vattendrag saknade helt metalledata och letades upp i VISS (VattenInformationsSystem Sverige, <http://www.viss.lst.se>). Garpenbergsån W2 hade då enligt VISS extremt höga metallhalter (Cd, Cu, Zn) och klassades därför som 'dålig'. För Styggforsån n. fall W10, Styggforsån ö. fall W11 och Årängsån (Ingels) W8 noterade VISS höga halter av kvicksilver i gädda, inga andra metaller finns tillgängliga. Dessa vattendrag noterades därför inte som 'hög', men på grund av saknade data bara en klass sämre. Norån W16 är allmän klassat som 'hög' av VISS och noterades därför som 'hög' även i denna studie.

Analys av kiselalger

Kiselalgsanalyserna har utförts av Steffi Gottschalk (33 analyser) och Maria Kahlert (8), båda från Vatten & Miljö, SLU, och Amelie Jarlman, Jarlman HB, Lund (5) (tabell 4). Analysen utfördes enligt metoden "Påväxt i rinnande vatten – kiselalgsanalys" (Naturvårdsverket 2007). Alla tre utförare har godkänts i den Nordiska Kiselalgsinterkalibreringen 2007 (SWEDAC tillhandahåller resultaten vid förfrågan) och harmoniserat sitt sätt att analyserar kiselalger.

Klassningen av kiselalgsresultaten

Klassningen av kiselalgsresultaten gjordes enligt de nya bedömningsgrunderna (Naturvårdsverket 2007), där "Bakgrundsrapport för revideringen 2007 av bedömningsgrunder för påväxt – kiselalger i vattendrag" (Kahlert, M., Andrén, C. & Jarlman, A. 2007) ingår. I bakgrundsrapporten beskrivs den genomsnittliga vattenkemin för alla statusklasser. I uppdraget ingick att först analysera kiselalgssamhällen och klassar vattendragen enligt bedömningsgrunderna, för att sedan få tillgång till vattenkemi- och andra bakgrundsdata i syfte att testa kiselalgsindexen.

Bedömningen av vattenkvaliteten grundar sig på två olika index, samt två stödparametrar:

IPS (Indice de Polluo-sensibilité Spécifique, Cemagref 1982) visar påverkan av näringsämnen och organisk förorening. Stödparametrarna **%PT** (andelen skal från föroreningstoleranta arter, indikerar organisk förorening) och **TDI** (Trophic Diatom Index, indikerar eutrofiering) (Kelly 1998) används för att få en säkrare bedömning. Det är dock IPS som man skall använda för att ta fram vattenkvalitetsklassen. Indelningen i IPS-klass har gjorts enligt tabell 1. IPS sträcker sig mellan 1 och 20. Osäkerhetsintervallen för IPS resultat lika eller över 13 ligger inom en IPS enhet (dvs. $\pm 0,5$ enheter), för IPS resultat under 13 inom 2 enheter (dvs. ± 1 enhet). När gränsen för osäkerhetsintervallet av IPS resultatet överskrider värdet för nästa klassgräns är klassningen osäker och vattendraget ligger mellan två klasser.

Tabell 1. Bedömning av eutrofiering och organisk föroreningspåverkan med hjälp av kiselalgsindexet **IPS** (Indice de Polluo-sensibilité Spécifique, Cemagref 1982). TDI (Trophic Diatom Index) och %PT (andelen föroreningstoleranta skal) (Kelly 1998) fungerar som stödparametrar till IPS.

klass	status	IPS-värde	EQR-värde	%PT	TDI
1	hög	≥17,5	≥ 0,89	< 10	< 40
2	god	14,5-17,5	0,74-0,89	< 10	40-80
3	måttlig	11-14	0,56-0,74	< 20	40-80
4	otillfredsställande	8-11	0,41-0,56	20-40	> 80
5	dålig	<8	< 0,41	> 40	> 80

ACID (ACidity Index for Diatoms, Andrén & Jarlman 2007) visar på surheten. Surhetsindexet ska emellertid inte användas för att ändra vattenkvalitetsklassen. Surhetsindexet grupperar nämligen endast vattendraget i en pH-regim och surheten kan vara naturlig. ACID indelningen i surhetsregim görs enligt tabell 2. Osäkerhetsintervallet beräknas som ACID ± 10%.

Surhetsindex ACID = $[\log((\text{ADMI}/\text{EUNO})+0,003)+2,5] + [\log((\text{circumneutrala}+\text{alkalifila}+\text{alkalibionta})/(\text{acidobionta}+\text{acidofila})+0,003)+2,5]$

En täljare eller nämnare = 0 ersätts med 1, när relativa abundansen uttrycks som procent. I Omnidia anges den relativa abundansen av van Dams grupper i promille, varvid 0 ersätts med 10.

Tabell 2. Bedömning av pH-regim i vattendrag med hjälp av kiselalger (surhetsindex **ACID**, ACidity Index for Diatoms, Andrén & Jarlman 2007). Indelningen görs i fem pH-regimer.

pH regim	beteckning	pH (medelvärde för 12 månader före provtagning)	pH-minimum	surhetsindex ACID
A	alkaliskt	≥ 7,3		≥ 7,5
B	nära neutralt	6,5-7,3		5,8-7,5
C	måttligt surt	5,9-6,5	< 6,4	4,2-5,8
D	surt	5,5-5,9	< 5,6	2,2-4,2
E	mycket surt	< 5,5	< 4,8	< 2,2

Bedömningarna med **IPS** och **ACID** fungerar i hela Sverige. Referensvärden och klassgränserna är desamma i hela landet.

För beräkningen av kiselalgsindexen IPS, TDI och %PT samt andelen circumneutrala, alkalifila, alkalibionta, acidobionta och acidofila taxa användes mjukvaran OMNIDIA 4.2 (Lecointe et al. 1993, http://perso.club-internet.fr/clci/tour_guide.htm).

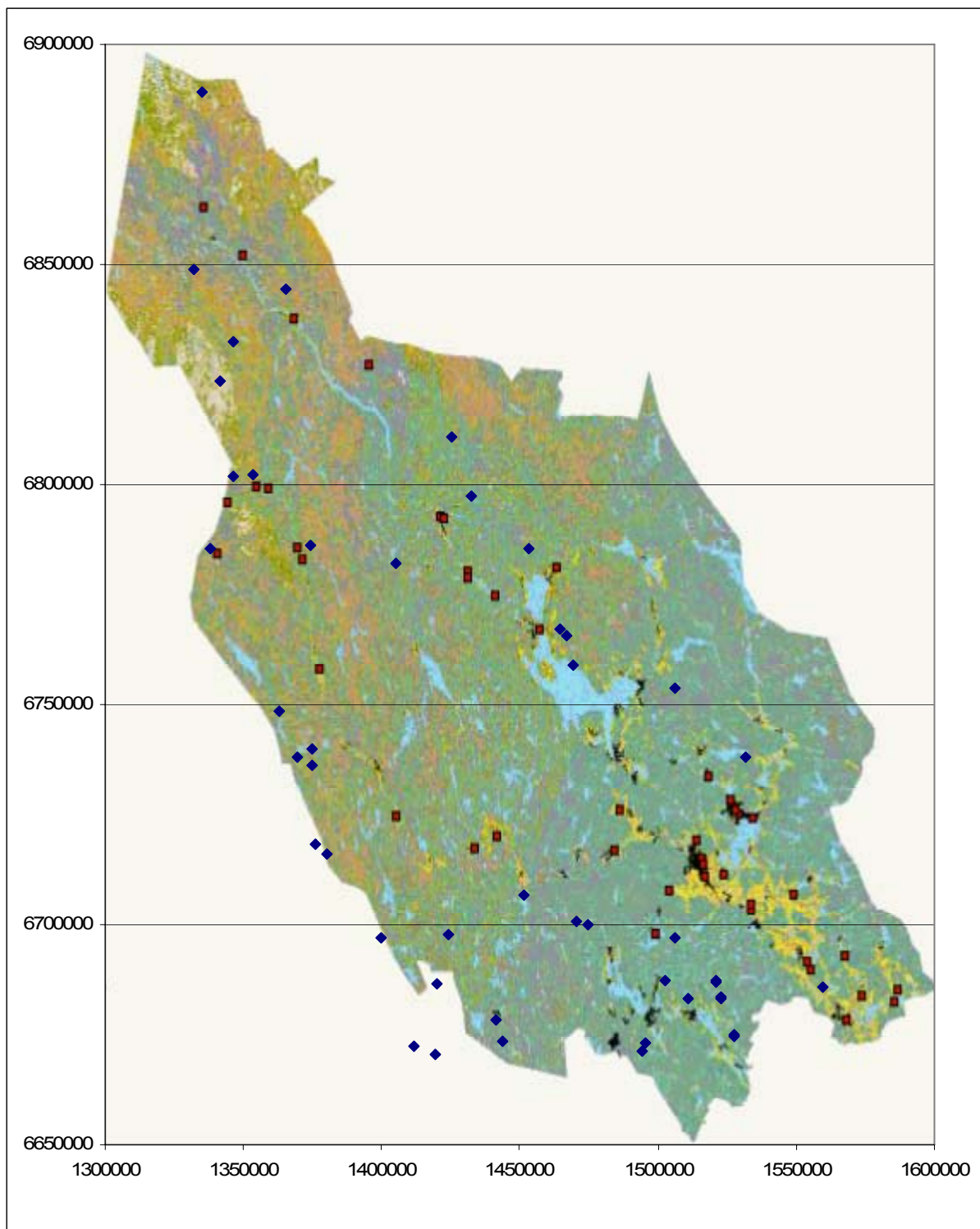
Rimlighetskontroll av indexresultaten

En rimlighetskontroll för indexresultaten (IPS, TDI, %PT, ACID) med vattenkemivärden genomfördes för alla vattendrag i föreliggande studie. I "Bakgrundsrapport för revideringen 2007 av bedömningsgrunder för Påväxt – kiselalger i vattendrag" (Kahlert et al. 2007) finns en sammanställning av alla index och indexklasser mot deras genomsnittliga vattenkemidata. Särskild fokus ligger här på total-fosfor, total-kväve, ammonium, konduktivitet och pH.

Multivariata analyser av kiselalgssamhällen

Likheten mellan kiselalgssamhällen för alla provpunkter beräknades och jämfördes med variationer i bakgrundsdata med hjälp av multivariata statistikmetoder för att gruppera provpunkter med liknande sammansättning och förklara likheter och skillnader utifrån kemiska, fysiska och ARO bakgrundsdata. Kiselalgsdata förbereddes för de statistiska analyserna genom att ta bort sällsynta taxa ($< 1\%$ av den totala relativa abundansen), eftersom de annars kan ha för stor inflytande på analysen. 172 kiselalgstaxa hade $\geq 1\%$ relative abundans och inkluderades i analysen. Med dessa data genomfördes först en hierarkisk klusteranalys (unweighted paired group average, distance measure: Chord) för att gruppera vattendrag med liknande kiselalgssamhällen.

Sedan användes DCA (detrended correspondence analysis) och RDA (redundancy analysis) för att förklara skillnader i kiselalgssamhällen och indexvärden mellan olika vattendrag med kemiska, fysiska och ARO bakgrundsdata. Som bakgrundsdata för vattenkemi i den multivariata analysen användes årsmedelvärden av pH, alkalinitet, konduktivitet, abs_{420} , TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{+3-N}$, Tot-N och Tot-P. Dessutom användes metallklassen och ytterliggare bakgrundsdata såsom vattendragets längd och bredd (x/y) koordinater, vattenhastighet, vattendragets bredd, provstenarnas bergart/mineral, ARO storlek och användning (% skog, hygge, öppen mark, sankmark, sjöar, odlad mark, bebyggelse, övrig mark), höh, och om vattendraget var kalkat respektive kalkpåverkat. Som passiva variabler sattes kiselalgsparametrar antal taxa, diversitet (Shannon-Weaver), IPS, TDI, %PT och ACID. För beräkningen av DCA och RDA måste alla variabler vara normalfördelade. Eftersom taxa data ofta är snett fördelade 'square root' transformerades dessa från 'relativ abundans (%)' (Ter Braak & Šmilauer 2002). Alla bakgrundsdata kontrollerades för snedfördelning och följande parametrar transformerades med en ekvation som rekommenderas av McCune & Grace (2002) eftersom den tenderar att spegla förhållanden mellan data på bästa sättet samt returnera noll när originalet är noll (transformerad $x = \log_{10}(x + \text{decimal konstant av minsta non-zero } x) - \text{integer av } \log_{10}(\text{minsta non-zero } x)$): alkalinitet konduktivitet, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{+3-N}$, Tot-N, Tot-P, metallklass, (x/y) koordinater, vattenhastighet, ARO area, alla markanvändningsdata och indexen IPS, TDI, %PT och ACID. Sedan beräknades först en DCA för att bestämma om lineära eller unimodala metoder skulle användas. Resultatet visade att första gradients längd var bara 0,935, vilket betyder att de taxa i undersökningen visar en lineärt fördelning med denna gradient. Därför användes den lineära metoden RDA (med manual forward selection) för att testa vilka bakgrundsdata bäst förklarade till kiselalgsanalysresultaten. Klusteranalysen gjordes med Past version 1.65 (2007). För beräkning av DCA och RDA användes mjukvaran Canoco for Windows 4.5.



Figur 1. Provtagningslokalerna (ej klart! – har ej fått svar av Jacob/Micke)

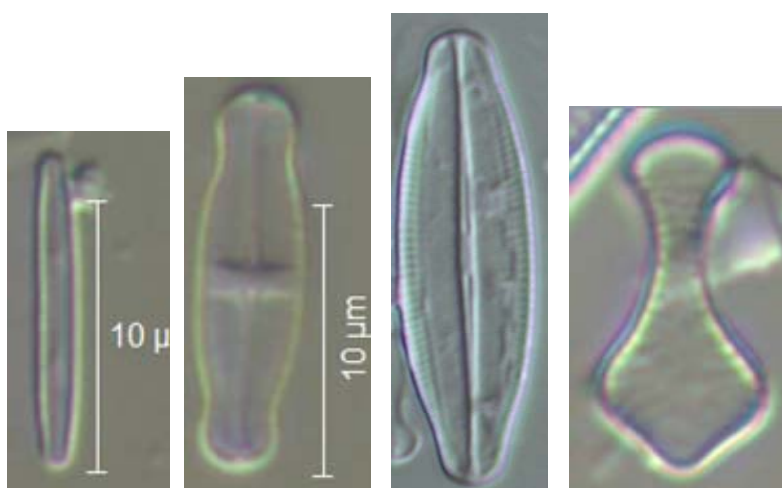
Resultat

Allmän

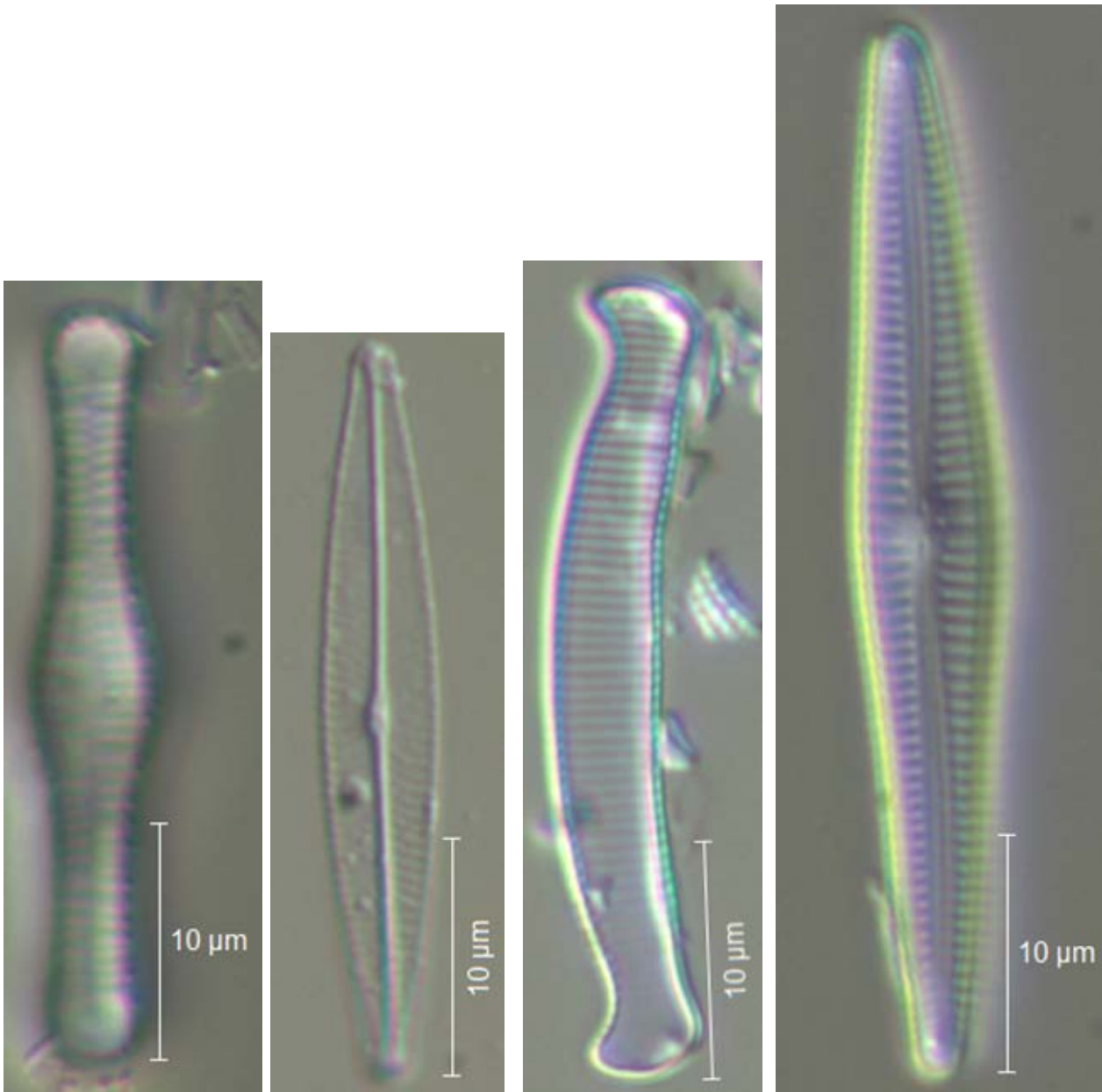
Kiselalgsprov finns för alla 46 lokaler. Generellt sett så har Dalarnas vattendrag ett genomsnittligt antal taxa (median 34 taxa, interkvartil 28-41, tabell 8) med en genomsnittligt diversitet om man jämför med andra regioner i Sverige (se t. ex. nationella trendvattendrag, http://info1.ma.slu.se/download/kiselalger/Kiselalger_NMO2007.xls, Kahlert 2006, 2007a, 2007b). Flest taxa, 54, hade Görälven, och högsta diversiteten hittades i den kalkade Ässan Ö5. Även Görälven, Broån, okalkade Ässån Ö6 och Acktjärnsbäcken hade relativt höga diversitetsvärden liknande Ässån Ö5. På andra ändan av skalan med de lägsta diversiteten och de lägsta antalen taxa hamnade Rullshyttebäcken, Nygårdsbäcken, Liälven, Hyttingsån och Persbobäcken, vilka var dominerade av olika taxa, bl. a. *Fragilaria gracilis* Østrup (FGRA), *Achnanthes minutissima* Kützing (AMIN), *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (TFLO) och *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot (BNEO). Totalt hittades 302 kiselalgstaxa i undersökningen.

Ovanliga kiselalgstaxa i Dalarnas vattendrag

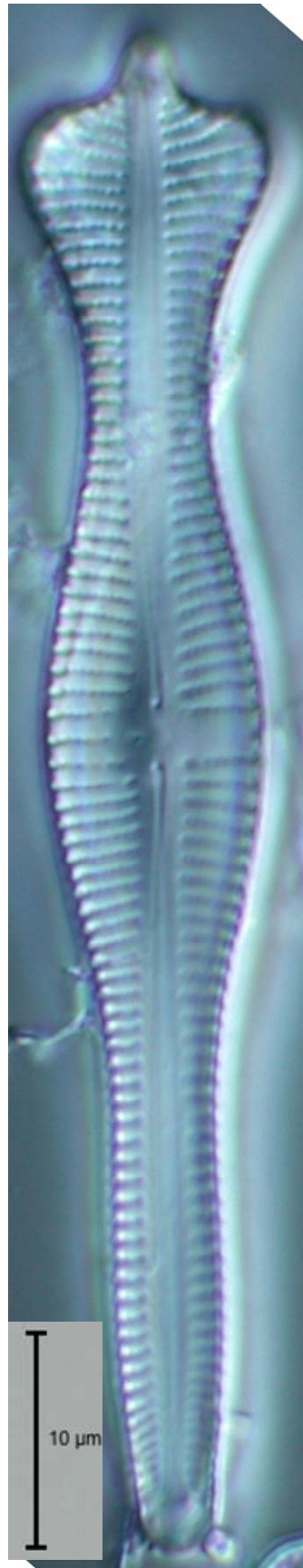
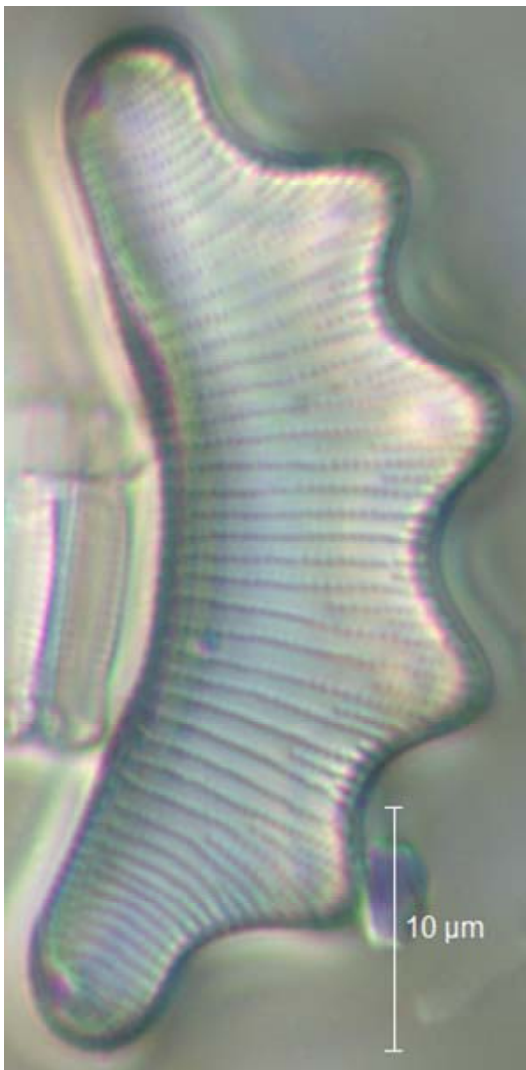
Många ganska ovanliga arter hittades i Dalarnas vattendrag. Kiselalger är inte än listad i den Svenska versionen av Rödlistade Arter (RL), men kategoriseringen i den tyska Rödlistan kan ge ett intryck av hur sällsynta dessa taxa är i Europa. Några exempel följer här: *Eunotia serra* Ehrenberg (RL: '1 = akut hotad') (se bild på första sidan), *Amphipleura kriegeiriana* (Krasske) Hustedt (RL: 'R = extremt sällsynt = 1 (till 2 = akut eller starkt hotad)'), *Tabellaria quadrisepata* Knudson (RL: 'G = 1, 2 eller 3 = sårbar, starkt eller akut hotad'), *Eunotia tetraodon* Ehrenberg (RL: '2 = starkt hotad'), *Navicula leptostriata* Jorgensen (RL: '2'), *Achnanthes pseudoswazi* Carter (RL: '3 = sårbar'), *Eunotia nymanniana* Grunow in Van Heurck (RL: '3'), *Gomphonema coronatum* Ehrenberg (RL: '3'), *Navicula maceria* Schimanski (RL: '3'), *Tabellaria binalis* (Ehrenberg) Grunow (RL: '3'), *Gomphonema hebridense* Gregory (RL: 'V = missgynnad') (figurer 2, 3, 4).



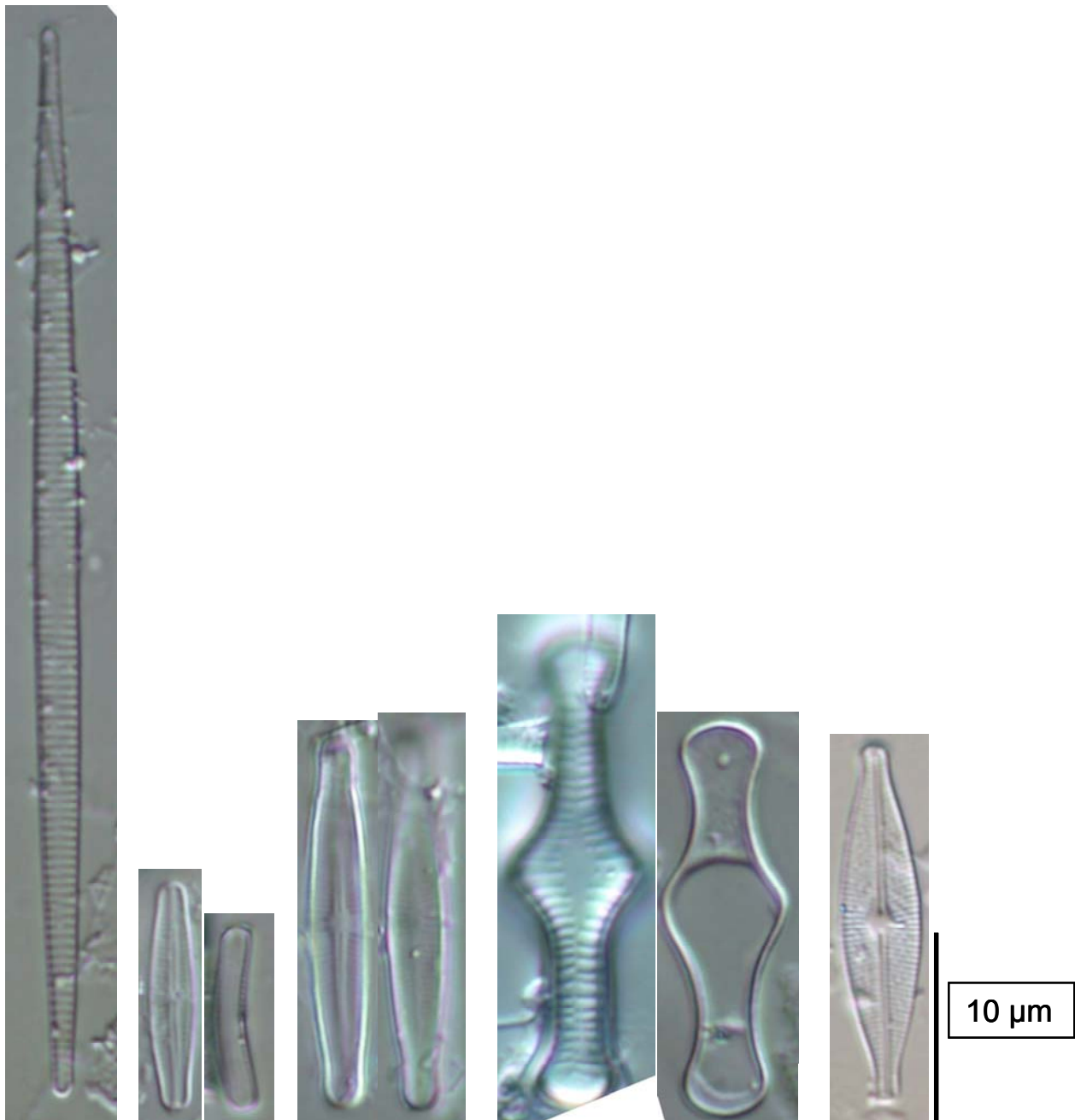
Figur 2. Några ovanliga kiselalgstaxa i Dalarnas vattendrag. Från vänster till höger: *Amphipleura kriegeiriana* (Krasske) Hustedt (Fjätälven), *Achnanthes pseudoswazi* Carter (Mörtån), *Navicula maceria* Schimanski (Styggeforsån ö. fall), *Tabellaria binalis* (Ehrenberg) Grunow (Skördrisån).



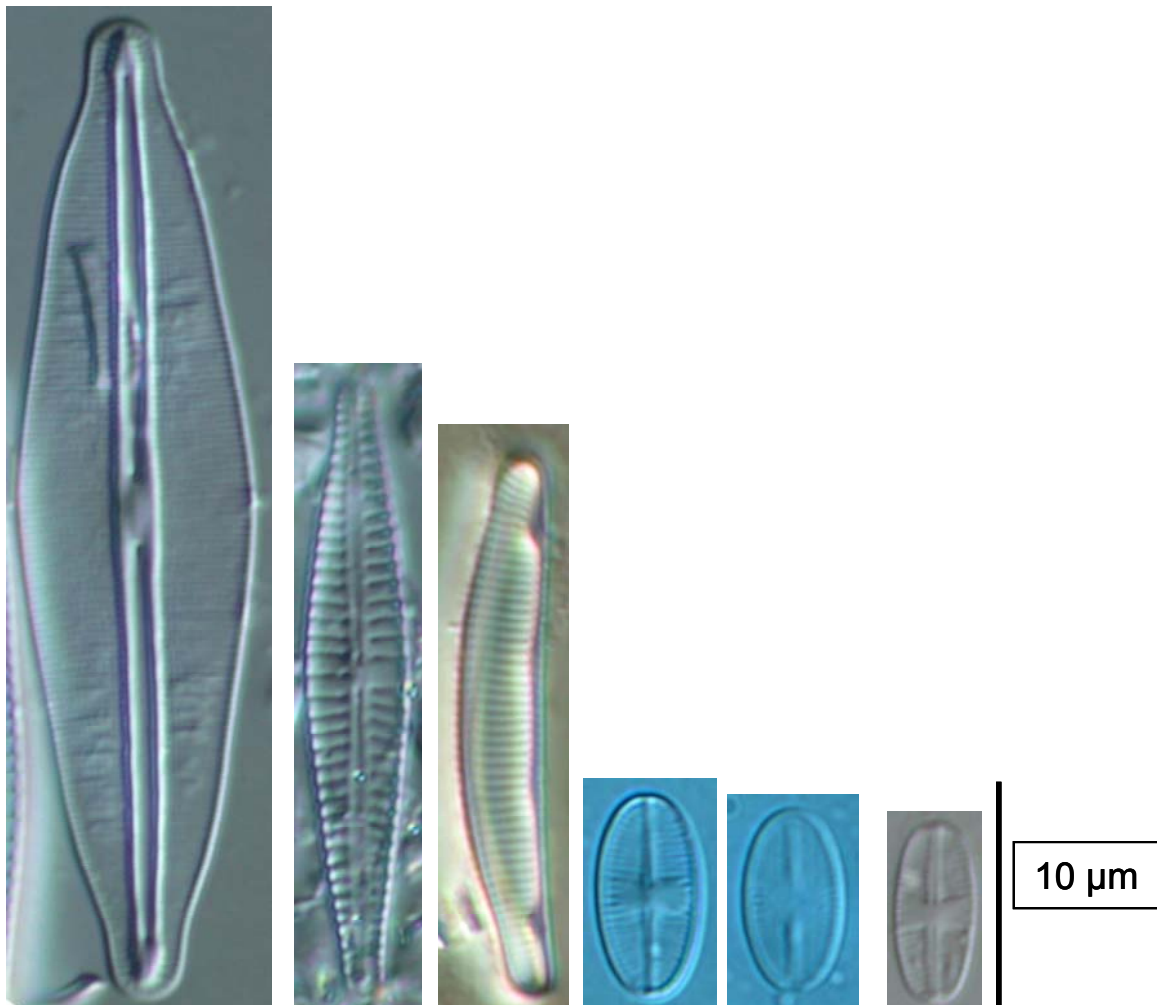
Figur 3. Några ovanliga kiselalgstaxa i Dalarnas vattendrag. Från vänster till höger: *Tabellaria quadrisepitata* Knudson (Ringsån), *Navicula leptostriata* Jørgensen (Skördrisån), *Eunotia nymanniana* Grunow in Van Heurck (176Åssån Ö5), *Gomphonema hebridense* Gregory (Ringsån).



Figur 4. Några ovanliga kiselalgstaxa i Dalarnas vattendrag. Från vänster till höger: *Gomphonema coronatum* Ehrenberg (Styggeforsån ö. fall), *Eunotia tetraodon* Ehrenberg (Ässån okalkat Ö6)



Figur 5. De fem vanligaste kiselalgstaxa i Dalarnas vattendrag. Från vänster till höger: *Fragilaria gracilis* Østrup (FRGA, Garpenbergsån), *Achnanthes minutissima* grupp II (medelbredd 2,2-2,8µm) skal framifrån och från sidan (gördel) (AMI2, Forsån Dicka Kvarn), *Achnanthes minutissima* grupp III (medelbredd >2,8µm) samma cell, skal med och utan raphe (AMI3, Garpenbergsån), *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing skal framifrån och gördelband (TFLO, skal fram: Styggeforsån ö. fall, girdleband: Garpenbergsån), *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot (BNEO, Styggeforsån n. fall).



Figur 6. Vanliga kiselalgstaxa i Dalarnas vattendrag. Från vänster till höger: *Frustulia crassinervia* (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer (FCRS, Styggeforsån ö. fall), *Gomphonema exilissimum* Lange-Bertalot & Reichardt (GEXL, Styggeforsån n. fall), *Eunotia incisa* var. *incisa* Gregory (EINC, Lillån-Bosgård, Hallands län), *Achnanthes subatomoides* (Hustedt) Lange-Bertalot & Archibald (ASAT, Helgaboån, Jönköpings län), *Navicula minima* Grunow (NMIN) Forsån Dicka Kvarn.

De tio vanligaste kiselalgstaxa som återfanns i Dalarnas vattendrag var *Achnanthes minutissima* grupp II (medelbredd 2,2-2,8µm) (AMI2), *Achnanthes minutissima* grupp III (medelbredd >2,8µm) (AMI3), *Fragilaria gracilis* Østrup (FRGA), *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (TFLO), *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot (BNEO), *Eunotia incisa* var. *incisa* Gregory (EINC), *Navicula minima* Grunow (NMIN), *Gomphonema exilissimum* Lange-Bertalot & Reichardt (GEXL), *Achnanthes subatomoides* (Hustedt) Lange-Bertalot & Archibald (ASAT) och *Frustulia crassinervia* (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer (FCRS) (figurer 5, 6, 12). De första fem taxa kunde även i vissa fall dominera enskilda prov. Med undantag av AMI3 och NMIN räknas alla taxa till oligotrofa renvattensarter enligt OMNIDIA 4.2. TFLO, BNEO, EINC, ASAT och FCRS räknas dessutom som acidofil eller acidobiont. AMI3 brukar förekomma i mera näringsrika vatten, och NMIN förekommer både i eutrofa vatten och t.o.m. under förorening med lättnedbrytbar organiskt material (Kelly 1998).

Statusklass – IPS

Näringspåverkan och organisk förorening

Tabell 3. Vattenkvalitetsklasser baserat på kiselalgssammansättningen för Dalarnas vattendrag. IPS (närlings- & organisk påverkan), TDI (närlingspåverkan), %PT (organisk förorening), ACID (surhet), risk för försurning. Om IPS eller ACID ligger nära en klassgräns finns en alternativ klass/grupp i angränsande kolumn. x är vattendrag i pH regim måttligt surt till mycket surt, dvs. med risk för försurning. (x) betecknar vattendrag som ligger mellan pH regim B och C. *vattendrag påverkade av gruvbrytning (höga metallhalter)

ID	LOKAL	IPS (1 20)	IPS klass	alternativ	TDI (%)	TDI klass	%PT	%PT klass	ACID	ACID klass	alternativ	risk för försurning
CA61	Tangån	20	1		14,2	1	0	1-2	4,9	måttligt surt		x
W15	Hyttingsån	20	1		17,3	1	0,2	1-2	2,3	surt	mycket surt	x
167	Pillisoån	19,9	1		5,4	1	0,2	1-2	4,1	surt	måttligt surt	x
173	Skördrisån	19,9	1		13,5	1	0,5	1-2	1,6	mycket surt		x
CA30	Stråfulån, Stråfulnåset	19,8	1		25,4	1	1,8	1-2	7,5	nära neutralt	alkaliskt	
159	Brusbäcken	19,8	1		20,7	1	0	1-2	6,0	nära neutralt	måttligt surt	(x)
CA25	Sörjabäcken, Jockara	19,8	1		17,8	1	0	1-2	4,9	måttligt surt		x
NMK24	Strandån	19,8	1		14,9	1	0,2	1-2	4,3	måttligt surt	surt	x
172	Ringsån	19,8	1		12,5	1	0,5	1-2	3,5	surt		x
W11	Styggsforsån ö. fall	19,8	1		13,8	1	0,7	1-2	2,6	surt		x
164	Storån nedre	19,7	1		26,3	1	1,1	1-2	6,6	nära neutralt	alkaliskt	
NMK16	Lillån	19,7	1		18,1	1	0,2	1-2	6,1	nära neutralt	måttligt surt	(x)
163	Röälven	19,7	1		18	1	0,2	1-2	5,3	måttligt surt	nära neutralt	(x)
175	Valldroån	19,7	1		17,9	1	0	1-2	4,6	måttligt surt	surt	x
161	Kölaråsälven	19,7	1		11,1	1	0,5	1-2	3,7	surt		x
160	Granån	19,6	1		25	1	0	1-2	7,3	nära neutralt	alkaliskt	
W3	Rullshyttebäcken	19,4*	1		24,3	1	0	1-2	8,2	alkaliskt		
W10	Styggsforsån n. fall	19,4	1		22,2	1	0,2	1-2	6,2	nära neutralt	måttligt surt	(x)
170	Unnån Näckådsbron N2	19,4	1		24,6	1	0,2	1-2	5,9	nära neutralt	måttligt surt	(x)
171	Unnån N3	19,3	1		25,2	1	0,5	1-2	5,9	nära neutralt	måttligt surt	(x)
146	Ackjärnsbäcken	19,3	1		18	1	3,1	1-2	3,3	surt		x
169	Tävalbäcken	19,2	1		15,7	1	2,3	1-2	4,1	surt	måttligt surt	x
158	Örebäcken	19,1	1		22,7	1	8	1-2	2,8	surt		x
166	Spjärsbäcken	19	1		25,1	1	2	1-2	5,6	måttligt surt	nära neutralt	(x)
151	Fjätälven	18,9	1		29,8	1	4,4	1-2	8,0	alkaliskt	nära neutralt	
168	Tansån	18,9	1		12,5	1	0,7	1-2	5,0	måttligt surt		x
148	Tandån	18,8	1		31,1	1	1,2	1-2	6,7	nära neutralt	alkaliskt	
153	Fulan	18,6	1		27,4	1	2	1-2	7,0	nära neutralt	alkaliskt	
147	Göljån	18,2	1		43,8	2-3	9,4	1-2	6,3	nära neutralt	måttligt surt	(x)
W1	Forsån Dicka Kvarn	18,1*	1		30,2	1	5,9	1-2	8,2	alkaliskt		
W16	Norån	18,1	1		40,3	2-3	27,3	4	5,7	måttligt surt	nära neutralt	(x)
162	Mörtån	18,1	1		16,5	1	1,7	1-2	5,6	måttligt surt	nära neutralt	
149	Gysinge	17,9	1	2	28,8	1	2,4	1-2	8,6	alkaliskt		
174	Ällingån	17,7	1	2	23,5	1	0,4	1-2	6,4	nära neutralt	måttligt surt	(x)
177	Ässån okalkat Ö6	17,6	1	2	12,5	1	2,1	1-2	2,2	mycket surt	surt	x
318	Nygårdsbäcken	17*	2		19,9	1	0,6	1-2	7,4	alkaliskt	nära neutralt	
W2	Garpenbergsån	17*	2		25,2	1	0,7	1-2	7,3	nära neutralt	alkaliskt	
152	Görälven	16,8	2		32,8	1	13,3	3	5,4	måttligt surt	nära neutralt	(x)
317	Liälven	16,5	2		20,7	1	0,9	1-2	7,1	nära neutralt	alkaliskt	
316	Persbobäcken	16,2*	2		21,9	1	2,4	1-2	7,3	alkaliskt	nära neutralt	
W8	Ärängsån (Ingels)	16,1	2		34,5	1	2,2	1-2	8,2	alkaliskt		
176	Ässån kalkat Ö5	15,5	2		31,4	1	4,6	1-2	4,1	surt	måttligt surt	x
314	Lilla Dicka	15,2*	2		30,4	1	6,9	1-2	7,4	alkaliskt	nära neutralt	
155	Mässingsboån	14	3	2	61,8	2-3	20,9	4	6,8	nära neutralt	alkaliskt	
315	Broån	13,8	3		73,4	2-3	21,9	4	7,7	alkaliskt	nära neutralt	
154	Anstaån	13,3	3		65,2	2-3	26,2	4	7,2	nära neutralt	alkaliskt	

Av de 46 undersökta vattendrag i Dalarnas län klassas de flesta, 35 stycken, i klass 1 (hög status) med kiselalgsindexet IPS. Tre av dem (Gysinge, Ällingån, Ässan okalkat Ö6) ligger visserligen nära gränsen till klass 2, men stödparametrar TDI och %PT visar på klass 1 i alla fall. Åtta vattendrag hamnar i klass 2 (god status) och tre i klass 3 (måttlig status). Mässingsboån landar nära klass 2, men stödparametrarna tyder heller på att klass 3 är rimlig. (tabeller 3, 8)

I de flesta fall stöder stödparametrarna TDI och %PT IPS klassningen, utom för Göljån, Görälven och Norån. Göljån klassas som 'hög' med IPS, men har ett för hög TDI värde. Denna TDI värde resulterar delvis från arterna *Gomphonema exilissimum* (Lange-Bertalot & Reichardt) och *Nitzschia palea* var. *debilis* (Kützing) Grunow. Båda taxa klassas som eutrofiskt i originalstudien, men brukar förekomma i näringsfattiga miljöer och deras TDI värde kommer att ändras i nästa upplaga av de Svenska bedömningsgrunderna. Det innebär att Göljån borde fortfarande klassas som 'hög' trots sin nuvarande relativt höga TDI värde. Angående Görälven som har fått ett högt %PT värde så tyder nästan alla kiselalgstaxa på en miljö som inte är påverkat av organiskt förorening. Den höga %PT halten resulterar från troligen felaktig %PT klassade taxa inom släkten *Nitzschia* och små *Navicula* som är sensitiva mot organiskt förorening, t.e.x *Nitzschia perminuta* Peragallo eller *N. gracilis* Hantzsch. I kommande bedömningsgrunder kommer dessa taxa granskas och troligen strykas från %PT listan. Den tredje vattendrag Norån har både förhöjda TDI och %PT värden tillsammans med en hög IPS klassning. Detta resultat har sin orsak i förekomsten av ett artsammanhålle som innehåller både renvattensarter och såna som tyder hellre på en måttlig näringspåverkan. Samtidigt är några arter som *Navicula contenta* Grunow (NCON) och *N. gallica* var. *perpusilla* (Grunow) Lange-Bertalot väldigt typiskt för lokaler med djup skugga som detta, fast å andra sidan är de svåra att bedöma ekologiskt. Båda taxa räknas som ganska oligotrofiska med IPS metoden, men är klassat som näringskrävande i TDI. NCON är även klassat som %PT. Förekomsten av den eutrofa och toleranta arten *Navicula minima* Grunow tillsammans med hela denna delvis motsägelsefulla kiselalgsamhälle tyder på att Norån borde inte klassas som 'hög' utom heller som 'god'. Lokalen har noterats som skuggigt och belägen nedför en fiskodling vilket förklarar kiselalgsammansättningen.

Även vattenkemidata (tabell 6, 7) stöder statusklassningen för de flesta vattendrag (Kahlert et al. 2007) (med undantaget för metallhalter, vilka ska diskuteras längre fram). Vattendrag med hög status hade i genomsnitt de lägsta näringshalterna, dvs. fosfor och kväve, och den lägsta konduktiviteten; sämre vattenstatus enligt kiselalgerna innebar även högre näringshalter och konduktivitetvärden. Kiselalgerna visade den sämsta vattenkvaliteten med avseende på övergödning och organiskt förorening i Mässingboån, Broån och Anstaån (tabell 3). För alla tre vattendrag visade stödparametrarna såväl en näringspåverkan som en möjlig måttlig belastning med organiskt material (Kelly 1998). Broån hade också som förväntat ganska höga Tot-P och kväve värden samt en förhöjd konduktivitet (tabell 6). För de andra två vattendrag var värdena också något förhöjd, men kiselalgerna tyder på att halterna för fosfor och kväve troligen är ännu högre under andra tider av året.

Metallpåverkan

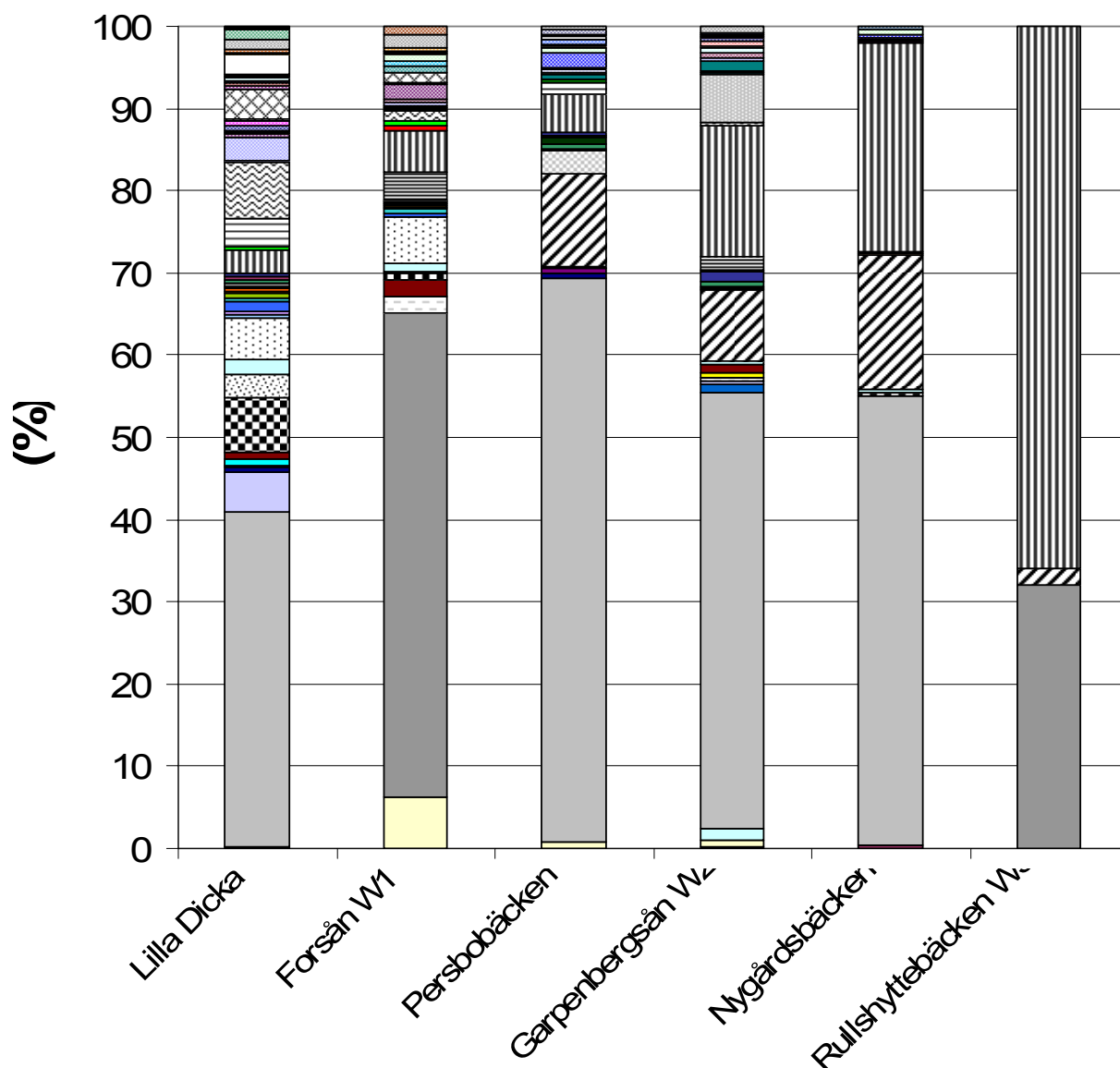
Sex vattendrag hade förhöjda halter av tungmetaller (bly, zink, koppar och kadmium), fyra av de extrem höga halter i kombination med extrem höga halter av kväve, ett resultat från den pågående gruvbrytning i området (tabell 7). Dessa vattendrag låg parvis väldigt nära varandra. Ett par var Lilla Dicka och Forsån Dicka Kvarn med måttligt förhöjda metallhalter, sedan följde Persbobäcken och Garpenbergsån, och de högsta halter av både metaller och kväve hade Nygårdsbäcken och Rullshyttbäcken. För de sistnämnda uppmättes blyhalter av 16 respektive 24 µg/l kombinerat med kvävehalter av över 1 mg/l, i Nygårdsbäcken t.o.m. över 5 mg/l. Även zink, koppar och

kadmiumvärden är extremt höga, och troligen även andra metaller som ej mäts. Dessa vatten borde klassas i klass måttligt till dåligt (Naturvårdsverket 1999) med hänsyn till metall och kvävehalter, men klassas med IPS bara som 'god' eller oftare t.o.m. som 'hög'. Det är tydligt att IPS inte fångar upp en metallpåverkan, den kan ej heller visar de höga kvävehalterna. En förklaring är att IPS har utvecklats som indikator för övergödning och organiskt förorening (Cemagref 1982). Eftersom IPS är utvecklat för att visa en övergödning skulle man kanske förvänta sig att åtminstone de höga kvävehalter skulle synas. Det är troligt att algerna inte kan utnyttja kvävet eftersom Tot-P halterna är låga, åtminstone för de fyra allra mest påverkade bäckar. Alla organismer behöver kväve bara till den grad det finns också fosfor, och det spelar ingen roll om kvävet är extremt hög när fosfor är den begränsande faktorn: Det är ingen övergödning i alla fall. För Lilla Dicka och Forsån Dicka Kvarn ledde de något högre Tot-P värden också till en märkbar näringspåverkan och en sämre IPS klassning. De höga metallhalterna ledde dock inte till en sämre klassning. När IPS verifierades för Svenska vattendrag (Kahlert et al. 2007) saknades liknande vattendrag som i föreliggande undersökning. Höga metallhalter var bara förknippat med en påverkan av städer. Vattendrag med påverkan av gruvbrytning, där också metallhalterna mäts, var inte med. Tydligt kan IPS i sin nuvarande form inte visar dessa extrema halter av metaller och kväve. Det behövs ett nytt verktyg.

En granskning av kiselalgssamhällen visar tydligt att metallpåverkan faktiskt hade en effekt på samhället, även om den inte får genomslag i IPS indexet. Tre faktorer är typiska för en metallpåverkan på kiselalger i vattendrag: En låg diversitet med några få speciella kiselalgstaxa (t.ex. Hirst et al. 2004) och teratogena (missbildade) former av t.ex. FRGA och AMIN (t.ex. Gold et al. 2003, Hirst et al. 2004, Sgro et al. 2007). Alla tre faktorer har hittats i de metallpåverkade vattendrag. Med tilltagande metallpåverkan minskade diversiteten, och sist kvar är ett samhälle bestående av AMIN, FGRA och BNEO, ett samhälle som först förvånar eftersom alla tre taxa är vanligtvis typiska för opåverkade näringsfattiga vatten, FGRA och framförallt BNEO tyder vanligtvis också på en ganska låg pH. Ett första tecken som inte passar i denna mönster är att fyra av de sex vattendragen har den tjocka varianten AMI3 i sitt vatten, ett taxa som vanligtvis förekommer i vattendrag som är på något sätt påverkade, framförallt av övergödning och/eller organiskt förorening. Den brukar ej förekommer tillsammans med FGRA och egentligen aldrig med BNEO. Varför har då inte alla sex vattendrag AMI3 utan i Forsån och Rullshyttebäcken hittades AMI2? Faktiskt hade skalen av AMIN i Rullshyttebäcken ett medelmått av 2,765 μm , vilket är väldigt nära 2,8 μm som är gränsen för AMI3. I Forsån å andra sidan var väldigt tjocka och stora AMIN blandade med en ovanligt variant som var väldigt kort (bara 5-7 μm). Denna variant var då bara 2 μm bredd, därför blev den beräknade medel bara 2,45 μm . AMIN är känt för att den kan vara tolerant mot många föroreningar, och även mot metaller (t.ex. Hirst et al. 2004). Men även andra kiselalgstaxa kan utveckla en tolerans mot metaller. Under en kronisk metallpåverkan kan några kiselalgstaxa tydligen bygga upp ett försvar mot metallerna, och kan då tolerera högre doser än kiselalger som utsättes mot metallpåverkan i form av ett stöd (Ivorra et al. 2002). Ett exempel för såna kiselalgstaxa är *Gomphonema parvulum* Kützing (Ivorra et al. 2002). På det viset kan anpassade kiselalger tolerera ganska höga doser av metaller, fast diversiteten krymper eftersom bara några få taxa utvecklar denna tolerans. BNEO är inte känt som en art som kan utveckla denna tolerans, å andra sidan finns det en nära besläktad art, *Brachysira vitrea* (Grunow) Ross in Hartley (BVIT), som utvecklar tolerans och har visats förekomma tillsammans med AMIN och FGRA i metallpåverkade vatten (Cattaneo et al. 2008). BVIT brukar också förekomma i vatten med hög pH, vilket skulle stämma mycket bättre med pH i de sex metallpåverkade vattendrag. BNEO och BVIT kan förväxlas lätt, eftersom BVIT är bara tjockare och har en mera rundat form. Så därför har vi kontrollerat BNEO skal i de sex metallpåverkade proven igen och bara hittat skal som var smalare än 5 μm , de flesta runt 4 μm . BVIT brukar vara tjockare än 5 μm . Även den långsmala formen tyder heller på BNEO. Antingen är också BNEO kapabelt att utveckla en metalltolerans eller så var det väldigt smala långa BVIT som hittades i Dalarnas metallpåverkade vattendrag. Bara elektronmikroskopiska bilder kan ge svar på detta.

Angående teratogena former så har dessa hittats i de metallpåverkade vattendragen (figur 8), men inte räknats eftersom det inte ingick i uppdraget och metallpåverkan var okänt från början. Andelen teratogena kiselalgsskal har förslagits som indikator av metallpåverkan i Centraleuropa (Gold et al. 2003), och det skulle vara önskvärd att testa detta även för Sverige.

Sammanfattningsvis tyder alltså en diversitet under 2 tillsammans med en taxasammansättning bestående av AMI3 (eller åtminstone nära AMI3, observera presens av den korta varianten), FGRA och BNEO (BVIT?) och förekomsten av teratogena kiselalgsskal av FRGA och AMIN på en extrem metallpåverkan pga. gruvbrytning. Ett tydligt verktyg kan nog utvecklas, men fler vattendrag borde undersökas för att inkludera andra möjliga kiselalgssamhällen anpassade till höga metallhalter.



Figur 7. Kiselalgssamhällets sammansättning (% relativ abundans) i de sex vattendrag med tydligt metallpåverkan pga. gruvbrytningen.



Figur 8. Teratogena (missbildade) former av *Fragilaria gracilis* Østrup (Garpenbergsån) och *Achanthes minutissima* Kützing (Forsån Dicka Kvarn) som typiska indikatorer för metallpåverkan.

pH-regim – ACID

Kiselalgssamhällen i 19 av de 46 undersökta vattendrag i Dalarnas län indikerar en pH-regim som är 'alkaliskt' till 'nära neutralt' utan risk för försurning (tabell 3, 9). Sex vattendrag föll i osäkerhetszonen mellan pH-regim 'nära neutralt' och 'måttligt surt', vilket innebär att risken för en antropogent orsakad försurning borde undersökas, men är inte troligt. Resterande vattendrag föll i pH regimerna 'måttligt surt' (10), 'surt' (9) och 'mycket surt' (2, Skördrisån och okalkade Ässan Ö6). Surheten kan bero på antropogen försurning. För de allra flesta vattendrag stämde den uppmätta pH och pH minimivärden bra överens med ACID grupperingen (enligt tabell 2). Undantagen var Tävallbäcken och Styggforsån ö. fall där ACID visade på en surare miljö än de uppmätta pH värdena och Brusbäcken där det var tvärtom. För Styggforsån ö. fall finns bara ett enda pH mätvärde tillgängligt, och den låga ACID värden tyder på att det genomsnittliga pH värde i vattendraget är mycket lägre än så. För den kalkade Tävallbäcken finns 11 värden med fokus på våren med ett medelvärde av pH 6,6 och ett pH minimum av 6,3. ACID visar dock på en surt till måttligt surt pH regim som borde ha medel pH värden kring 5,9 och minima kring 5,6 (tabell 2). Möjligtvis fanns det surstötter som inte har upptäckts trots den ganska intensiva provtagningen, men som har påverkat algsammansättningen och slagit ut surhetskänsliga taxa. För Brusbäcken, som också har en intensivare provtagning under våren, är situationen tvärtom. Fast medel pH ligger vid bara 5,7 och minimum går ända ner till 5,3 visar kiselalgerna på en 'nära neutralt till måttligt surt' pH regim. Brusbäcken är kalkad via våtmarker en bit uppströms. Enligt uppgifter från Lst i Dalarna (Lars Fellbrink muntlig meddelande) har kalkningen i bäcken har dock inte varit så lyckad eftersom pH höjdes inte till önskad nivå. Brusbäcken kännetecknas ändå av en hög andel AMI2 (45 %) och FGRA (25 %) och en relativ låg andel av det acidofila släktet Eunotia (EUNO 16 %), en fördelning av taxa som tyder på en lägre surhet än uppmätt. Frågan kvarstår varför de uppmätta låga pH värden inte återspeglas på ett förväntade sätt i kiselalgssamhället. Möjliga förklaringar kan vara att pH värden och kiselalgerna inte togs på samma ställe, eller om kalkningen ändå på något sätt skulle kunna ha påverkat algsamhället.

Indexresultat och bakgrundsdata

Alla bakgrundsvariablerna tillsammans förklarade 43 % av provpunkternas kiselalgssammansättning och variation i de undersökta vattendragen i Dalarnas län. Många bakgrundsvariabler var korrelerade med varandra. För en översiktlig analys valdes därför de variabler ut som bidrog mest till att förklara skillnader i taxasammansättning.

Den variabeln som förklarade mest var pH, vilken som förväntat var korrelerad med surhetsindikatorn ACID (fig. 10), och negativt korrelerad med kiselalgstaxa som är acidofila (förekommer bara under sura förhållanden) eller acidobionta (föredrar sura förhållanden) (TFLO, EINC, EMEI, FERI, m.fl.) (fig. 10, 11). En låg pH var som förväntad också korrelerad med höga TOC halter. Korrelationen av höga pH halter med höga kväve- och metallhalter är speciell för denna studie eftersom vanligtvis förknippas höga pH halter med näringsrika vattendrag, som saknas i denna studie helt. Troligtvis hade sambandet av hög pH med höga metallhalter varit mycket lösare om även näringsrika vattendrag hade tagits med, och det hade varit lättare att skilja betydelsen av höga metallhalter från höga pH värden och höga halter av näringsämnen. pH var starkt korrelerat med alkalinitet. Alkaliniteten valdes bort i analysen till förmån av pH eftersom det har visat sig att förändringar i biologin följer hellre en förändring i pH än i alkalinitet (Fölster 2006).

Den variabeln som förklarade den näst högsta andelen av kiselalgsvariationen var Tot-P. Höga Tot-P-halter var som förväntad korrelerade med höga TDI- och låga IPS-värden och även med högre %PT-värden (fig. 10). Sambandet med TDI, indexet som är konstruerat att visa höga näringshalter hellre än annan påverkan, var ovanligt svag, troligen eftersom riktigt näringsrika vattendrag inte fanns med i studien. Sambandet med %PT tyder på att de vatten med mera näring också hade något förhöjda halter av lättnedbrytbara organiska forbindelser. Tot-P var också positivt korrelerat med diversitet och antal kiselalgstaxa, och med den vanlig förekommande arten NMIN, som är både näringskrävande och tolerant mot organsikt förorening (fig. 11). AMI2, FGRA och framförallt BNEO var å andra sidan förknippade med låga Tot-P halter. Tot-P var inte starkt korrelerat med andra bakgrundsvariabler annat än med vattendragets bredd, vilket tyder på att de mindre vattendragen i studien var mera näringsfattiga än de större.

Nästa bakgrundsvariabeln som förklarade mycket av kiselalgernas variation var x-koordinaterna. x-koordinaterna var i sin tur signifikant korrelerade med de flesta andra bakgrundsvariablerna, framförallt höh och Tot-N, i mindre grad även med TOC, Tot-P och kalhyggen bl.a., vilka troligen i sin tur har påverkat kiselalgerna. x-koordinaterna valdes bort från analysen eftersom den bara var en samlingsvariabel, de korrelerade andra mera 'direkta' variablerna förväntades kunna bättre förklara vad som händer i kiselalgernas samhällen. Med samma argument valdes y-koordinaterna bort från analysen.

Nästa variabler som föll ut var Tot-N. Tot-N var starkt korrelerat med de andra N-variablerna NH₄-N och NO₂+3-N, vilka då togs bort från analysen som överflödigt. Tot-N var som nämnd positivt korrelerat med metallhalter och pH. Nästa variabler var TOC. Eftersom TOC förklarade mera variation i analysen än abs₄₂₀ togs den senare bort eftersom båda var starkt korrelerade. I nästa steg visade det sig att ett av de tre substraten, röd kvartsit, förklarade signifikant en mindre del av kiselalgernas variation. Eftersom substrat visade sig inte helt oviktigt togs även de andra substrat (granit, gnejs) med i analysen, även om deras inflytande var inte signifikant. Variabeln som förklarade den nästhögsta variationen i kiselalgssamhället var det faktum att ett vattendrag var kalkat eller ej. Efter detta följde andelen skog och avverkad skog i ARO. Markanvändningen i ARO togs dock generellt inte med i analysen eftersom de var korrelerade till många andra faktorer, bl.a. med Tot-N, som redan fanns med och förklarade förändringar i kiselalgssamhällen mera direkt.

Nästhögsta förklaringen hade andelen metaller i vattendragen, efter det följde vattendragets bredd och storleken av ARO arean.

Resultat visar att för kiselalgssamhället i de studerade vattendrag i Dalarnas län är pH och TOC de viktigaste parametrar som förklarar artsammansättningen och variation, följt av ARO arens storlek, Tot-N och Tot-P. Andra parametrar som substrat, vattendragsbredd, kalkningen och metallhalter förklarar i mindre omfattning skillnader mellan olika samhällen.

Typiska kiselalgssamhällen

Vattendragen i *Dalarnas län* kunde delas grovt in i 7 grupp (fig. 12, 13, 14) med hjälp av kiselalgssamhällen. Typiska taxa för vattendragen i den första gruppen (161, 163, CA25, 172, NMK24, 167) var BNEO, *Brachysira brebissonii* Ross (BBRE), *Eunotia implicata* Nörpel, Lange-Bertalot & Alles (EIMP), FCGR, *Fragilaria nanoides* Lange-Bertalot (FNNO), FCRS och delvis *Peronia fibula* (Brébisson ex Kützing) Ross (PFIB), samtidigt hittades AMI2 och TFLO, dock i låga halter (fig 9, 13).

Vattendrag i andra gruppen (168, 151, 149, 153, W1, 164, CA30, NMK16) dominerades av AMI2 med 40-50 % relativ abundans (fig x). Resten av samhället var ganska diverse med antingen samma taxa som i grupp 1 som BNEO och EIMP, eller med andra taxa som *Encyonopsis* spp. och *Achnanthes pusilla* (Grunow) De Toni. Även PFIB, *Encyonopsis cf. krammeri* Reichardt, *Fragilaria construens f. venter* (Ehrenberg) Hustedt, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *Aulacoseira subarctica* (O.Müller) Haworth och TFLO förekom i lite högre abundanser. Även tredje gruppen (170, W10, 160, 166, 148, 159) kännetecknades av en ganska låg diversitet med höga AMI2 halter som i grupp 2, men också höga halter av FCGR (mer än 20 % relativ abundans), TFLO förekom med abundanser kring 10 %. Även i grupp 4 (171, W3, 152, 169) förekom FCGR med delvis höga abundanser, men AMI2 var mindre dominant och proverna från 152 och 169 var ganska diverse. Vattendragen i grupperna 2 till 4 skiljer sig mindre från varandra än vad de andra grupperna gör, och kan grupperas i samma grupp vid jämförelse med de andra grupper. Sammanfattningsvis kännetecknas denna övergrupp av relativt höga halter av AMI2 tillsammans med andra taxa.

Grupp 5 och 6 kännetecknas av att AMI2 och AMI3 antingen saknades eller förekom i bara väldigt liten andel. Istället var TFLO i grupp 5 antingen dominant (> 40 %, 173, 175, W11, W15) eller förekom frekvent (ca. 10-20 %, 177, 158, CA61). Resten av samhällen var ganska diverse och liknade grupp 1 med BNEO och olika arter inom släkten *Frustulia*, *Eunotia* (EUNO) och *Fragilaria*.

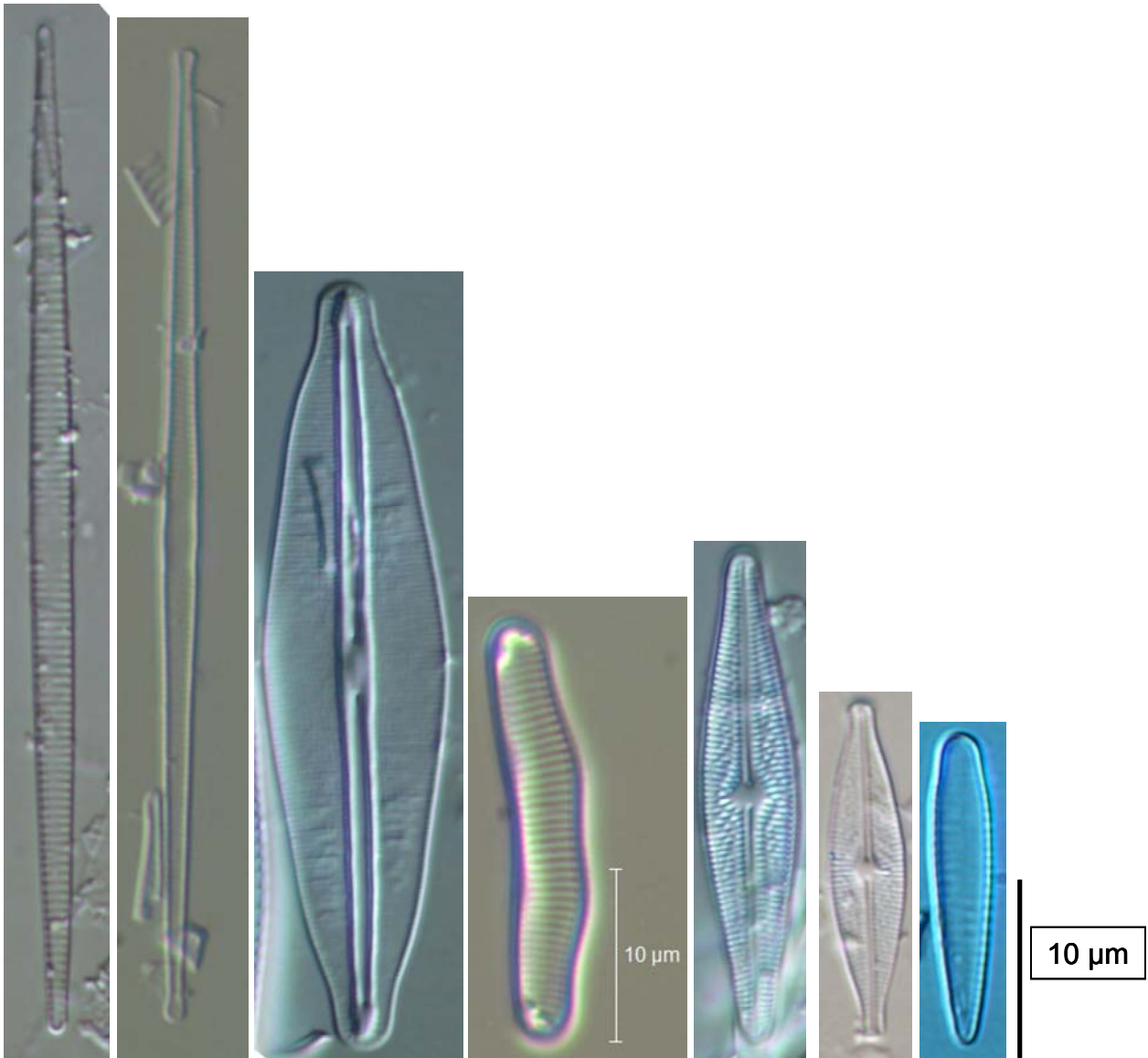
'Grupp' 6 är egentligen bara en lös sammansättning av vattendrag med relativ hög diversitet och låga halter AMIN. 315 och 155 kännetecknades av många Centrales, bl.a. *Cyclotella pseudostelligera* Hustedt, och en relativ hög andel av AMIN. W16 kännetecknades av *Achnanthes minutissima* grupp I (medelbredd <2,2µm), *Navicula contenta* Grunow, *Navicula gallica* var. *perpusilla* (Grunow) Lange-Bertalot och också NMIN. 176 innehöll olika arter inom släkten *Eunotia*, *Fragilaria*, *Navicula* och *Nitzschia*. 146 och 147 kännetecknades av ASAT och *Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützing, resten var sammansatt av olika arter inom släkten *Eunotia*, *Fragilaria*, *Navicula* (146) och *Gomphonema* och *Fragilaria* (147).

Grupp 7 slutligen (314, 318, W2, 316, 317, W3, 162, 174, 154) kännetecknades av höga halter AMI3, som hade en relativ abundans av minst 30 % med upp till 70 % (med undantag av 154 där AMI bara nådde upp till ca. 20 %) och förekomsten av FCGR med delvis höga abundanser (upp till

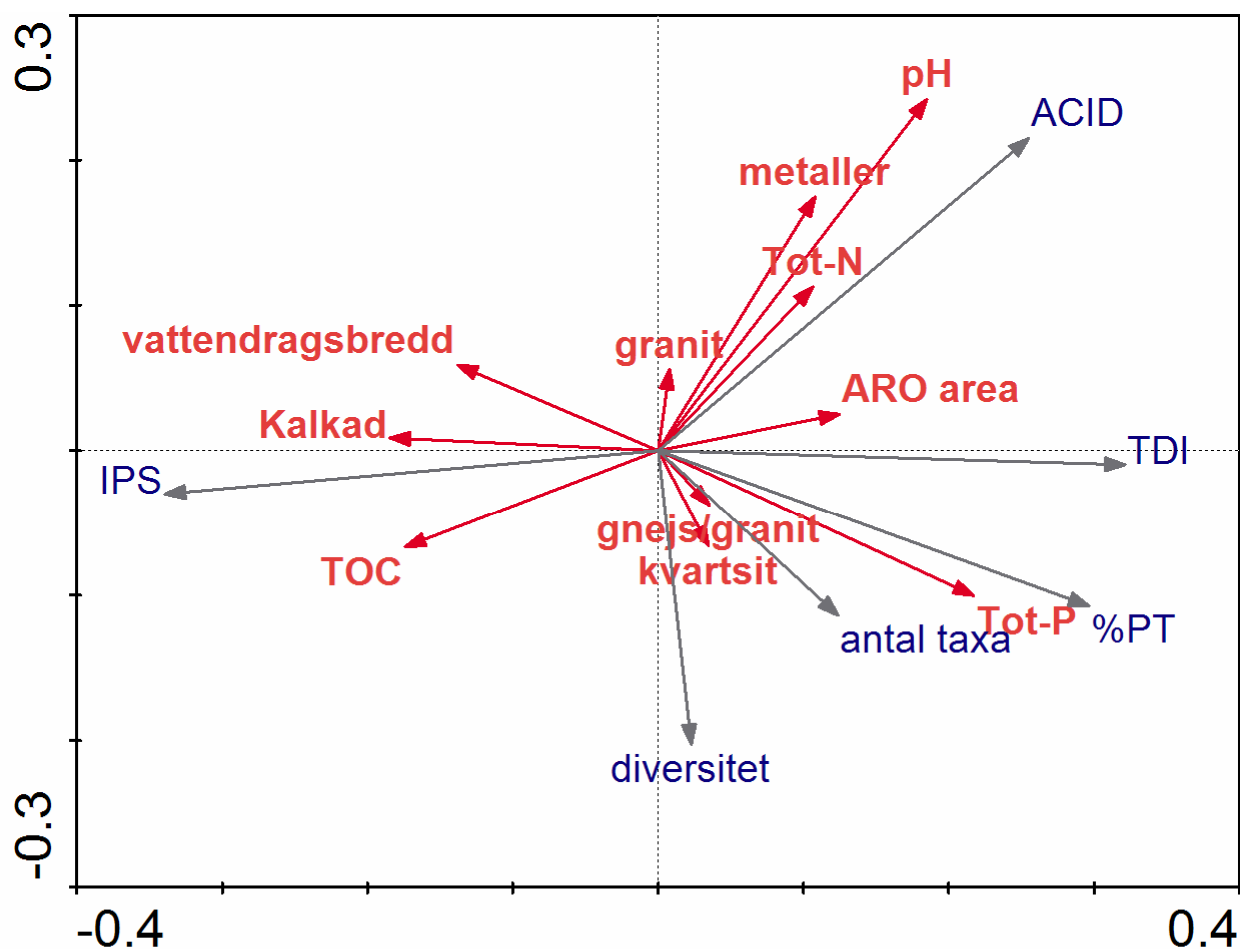
25 %). En undergrupp (318, W2, 316, 317) kännetecknades av förekomsten av BNEO, en annan (162, 174) av TFLO. Vattendraget 154 skiljde sig från de andra i gruppen med en hög andel *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow och NMIN.

Granskar man korrelationen med bakgrundsdata (fig. 12) så kan fyra grupper skiljas pga. några vattenkemiska paramterar. Grupp 1 kännetecknas av relativt höga TOC och låga Tot-P halter, pH värdena är också ganska lågt. Typisk för grupp 5 är låga pH halter, även TOC är relativt lågt. Grupp 6 kännetecknas av relativt höga Tot-P halter, vattendragen ligger även låglänta. Det är inte riktigt klart vilka parametrar skulle vara typiska för gruppen 7, men här ligger vattendragen med höga metallhalter och de flesta med hög pH. Grupperna 2, 3 och 4 ligger runt mittpunkten, och värden för de uppmätta bakgrundsdata är genomsnittliga för alla undersökta vattendrag. Det är inte riktigt klart vad som styr sammansättningen i dessa grupper.

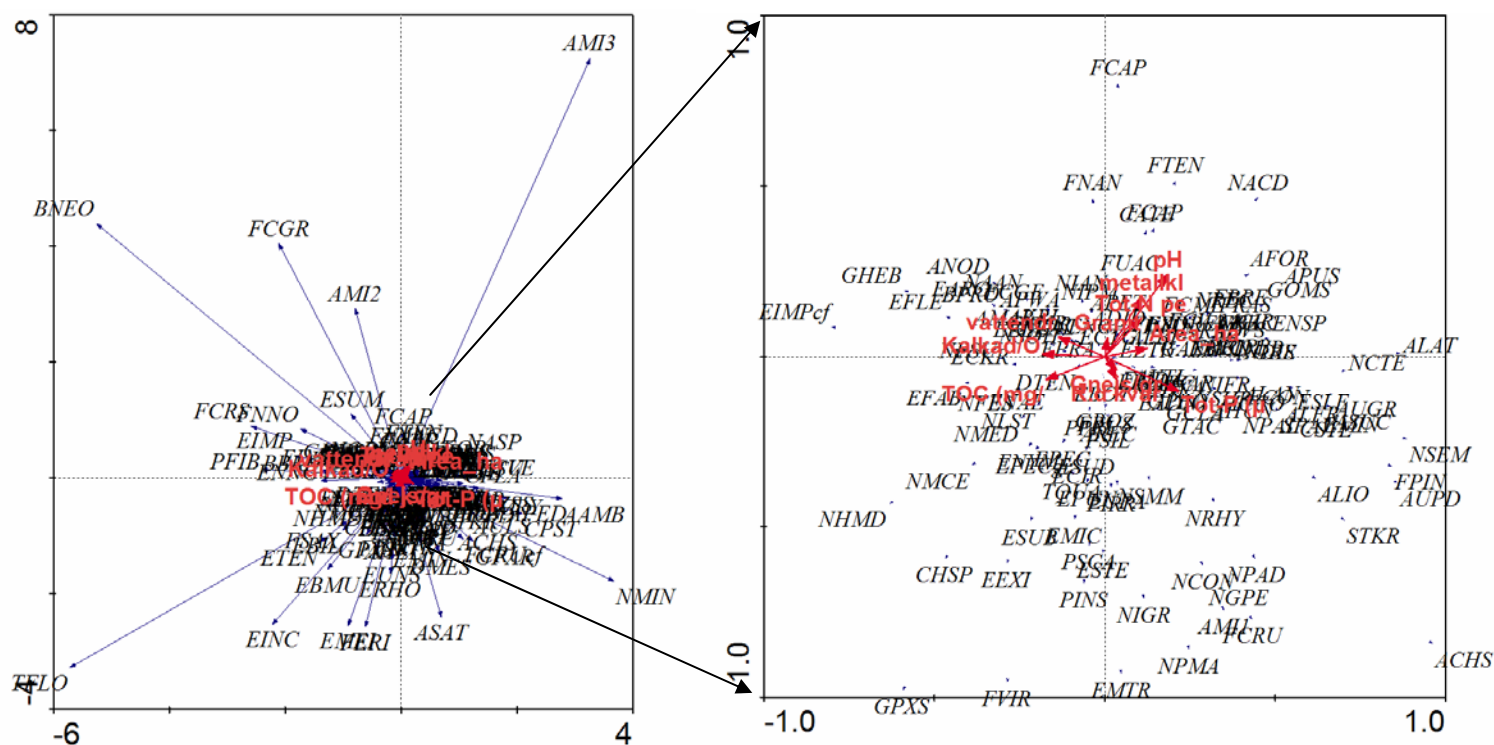
Om bakgrundsdata hade varit känt innan kiselalgsanalyserna hade man kunnat anpassat räkningen av kiselalgerna, t.ex. borde en analys av teratogena former av FGRA och AMIN har gjorts. Eftersom indelningen av AMIN i storleksklasser också ställde till problem vid gruppindelningen borde den multivariata analysen har testats där alla AMIN klasser slagits ihop. På det viset hade nog den multivarata analysen förbättrats och sambandet mellan de styrande bakgrundsvariabler och kiselalgssamhällen hade troligen vara tydligare.



Figur 9. Typiska taxa för grupp 1 (hög TOC och låg Tot-P, måttligt surt). *Fragilaria gracilis* Østrup (FRGA, Garpenbergsån), *Fragilaria nanoides* Lange-Bertalot (FNNO Pillisoån), *Frustulia crassinervia* (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer (FCRS, Styggeforsån ö. fall), *Eunotia implicata* Nörpel, Lange-Bertalot & Alles (EIMP Roälven), *Brachysira brebissonii* Ross (BBRE, Styggeforsån ö. fall), *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot (BNEO, Styggeforsån n. fall). *Peronia fibula* (Brébisson ex Kützing) Ross (PFIB Rattån, Värmland)



Figur 10. Kiselalgsindex och de viktigaste bakgrundsdata (CCA).



Figur 11. Kiselalgsindex, de viktigaste bakgrundsdata och korrelerade kiselalgstaxa (vanligaste taxa) (CCA).

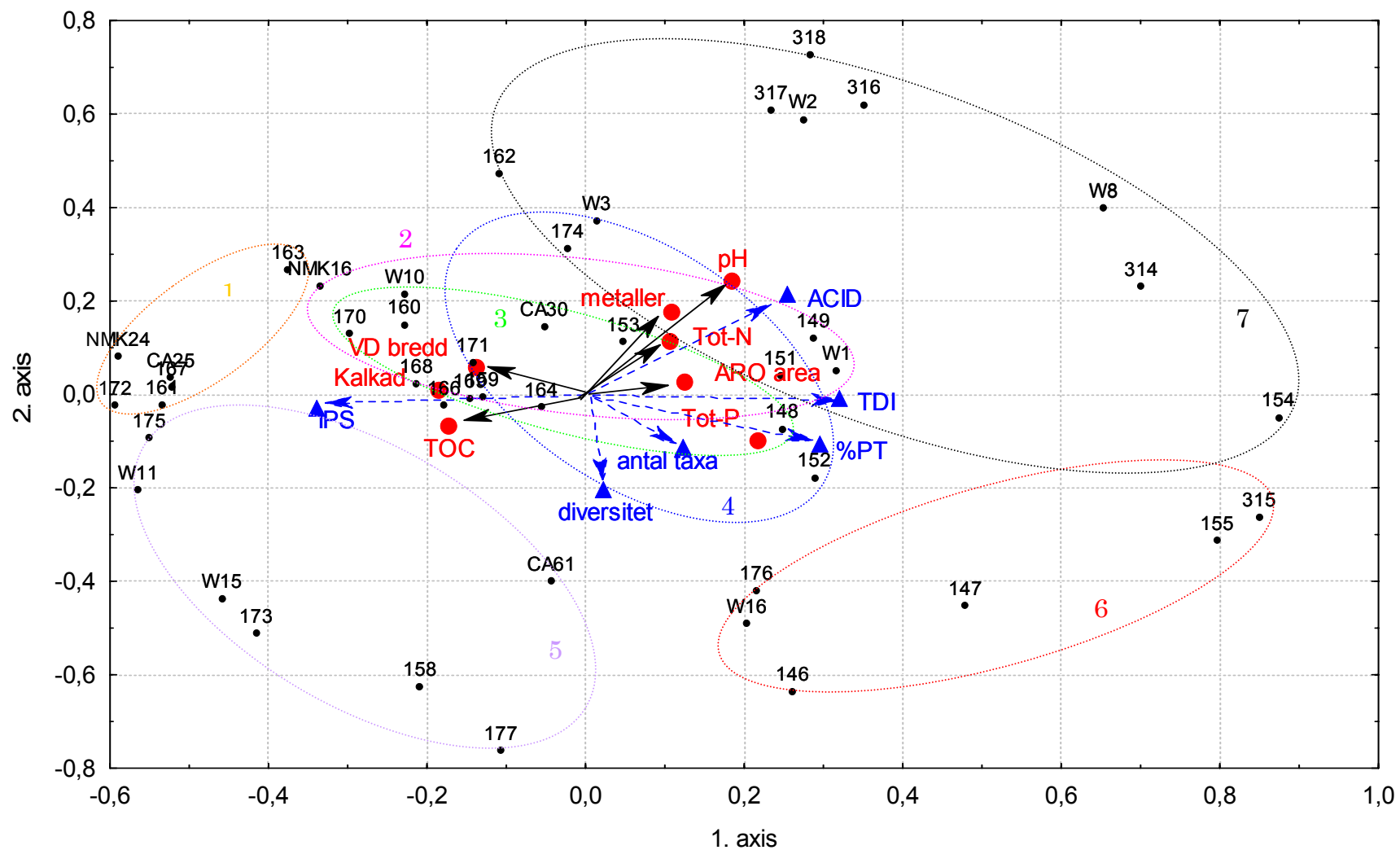


Fig 12. RDA (redundancy analysis) av 46 vattendrag i Dalarnas län. Vattendrag är ordnade för största möjliga korrelationen med bakgrundsvariablerna. Klusternummering enligt fig 13.

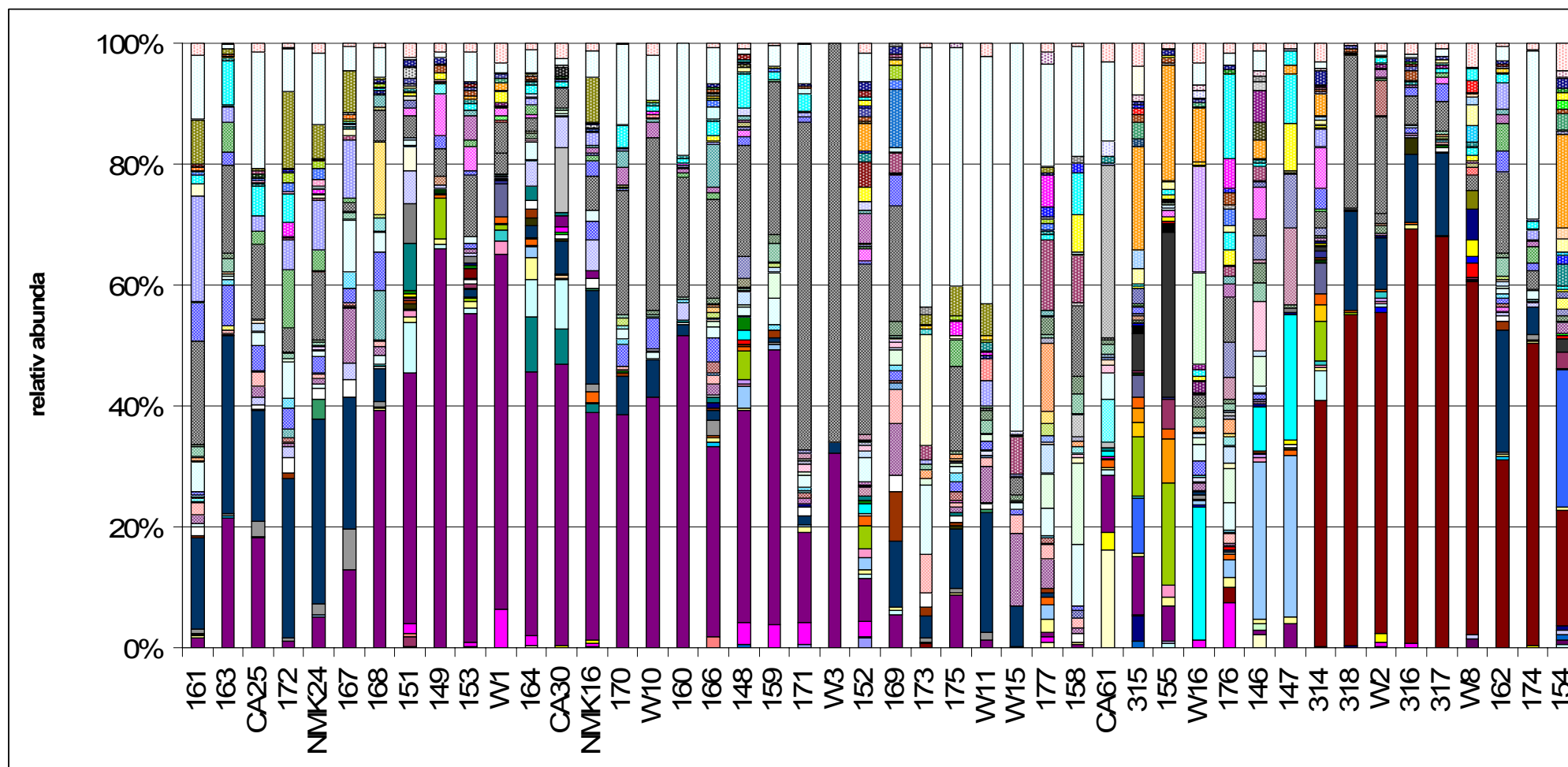


Fig. 13. Kiselalggssammansättning i Dalarnas vattendrag, ordnade enligt klusterdiagrammet fig. 13. ■ *Achnanthes minutissima* grupp II (medelbredd 2,2-2,8µm) (AMI2), ■ *Achnanthes minutissima* grupp III (medelbredd >2,8µm) (AMI3), ■ *Fragilaria gracilis* Østrup (FRGA), ■ *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (TFLO), ■ *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot (BNEO), ■ *Eunotia incisa* var. *incisa* Gregory (EINC), ■ *Navicula minima* Grunow (NMIN), ■ *Gomphonema exilissimum* Lange-Bertalot & Reichardt (GEXL), ■ *Achnanthes subatomoides* (Hustedt) Lange-Bertalot & Archibald (ASAT), ■ *Frustulia crassinervia* (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer (FCRS).

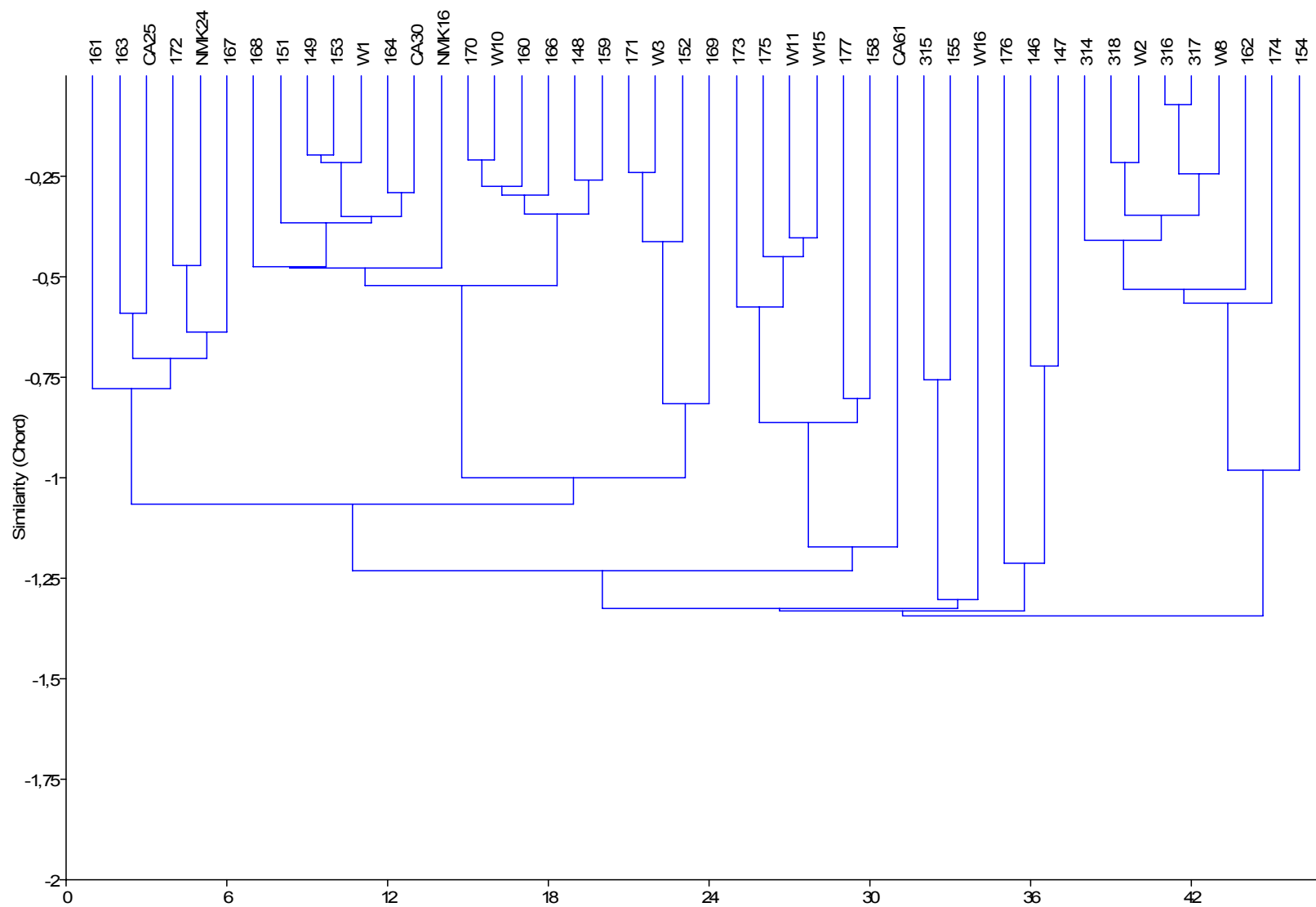


Fig. 14. Likheten mellan kiselalgssamhällen i Dalarnas vattendrag (Klusterdiagramm, similarity index: Chord).

Jämförelse med andra regioner

Hittills har kiselalgsdata tagna i Sverige under de senaste åren inte sammanställts, och den nationella databasen är under uppbyggnad. Därför kan en jämförelse med andra regioner bara vara ofullständigt och grovt. Det är dock tydligt att vattendragen i Dalarna har en annan kiselalgssammansättning än i Södermanland och Östergötland (Kahlert 2008a, b). Visserligen dominerar *Achnanthes minutissima* Kützing (grupp 2 och 3) även i dessa län tillhörande Norra och Södra Östersjöns vattendistrikt, även *Fragilaria gracilis* Østrup är vanligt och *Navicula minima* Grunow är vanligt i Södermanland. Men sedan dominerar andra arter i Norra och Södra Östersjöns vattendistrikt såsom *Fragilaria construens* f. *venter* (Ehr.) Hustedt, *Fragilaria pinnata* var. *pinnata* Ehrenberg, *Cocconeis placentula* Ehrenberg inkl. varieteter, *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow och *Aulacoseira subarctica* (O.Müller) Haworth i både distrikt och *Navicula cryptocephala* Kützing för Södermanland och *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Simonsen och *Fragilaria construens* f. *construens* (Ehrenberg) Grunow för Östergötland. De flesta av de dominerade taxa i Norra och Södra Östersjöns vattendistrikt är typiska för näringsrikare vattendrag med ganska höga pH halter, medan de flesta av Dalarnas dominerade taxa indikerar näringsfattiga, opåverkade vattendrag. Undersökningen av de nationella trendvattendrag från 2007, där opåverkade vattendrag dominerar, visar att AMIN är den vanligaste kiselalgstaxan även för hela Sverige (http://info1.ma.slu.se/download/kiselalger/Kiselalger_NMO2007.xls), följd av TFLO, EINC, BNEO, *Eunotia rhomboidea* Hustedt (ERHO), GEXL, FGRA, *Eunotia exigua* (Brebisson ex Kützing) Rabenhorst (EEXI) och CPLA. Det betyder att de dominerade kiselalgstaxa i Dalarnas län är ganska typiska även för opåverkade vattendrag i hela Sverige, och det i sin tur innebär att man måste vara rädd om dessa vatten, som även innehåller en hel del ovanliga arter som håller på att försvinna från Centraleuropa.

Sammanfattning

Vattendrag i Dalarnas län

Generellt indikerar kiselalgsamhällen i de flesta av de undersökta vattendragen i Dalarnas län god till hög. Bara tre vattendrag hamnar i klass måttligt (Mässingsboån, Broån, Anstaån), vilket kan förklaras av en måttlig påverkan av övergödning och en möjlig påverkan av en ringa organisk förorening, troligtvis pga. lantbruk åtminstone för Broån och Anstaån. Alla bakgrundsvariablerna tillsammans förklarade 43 % av provpunkternas kiselalgssammansättning och variation i de undersökta vattendragen. pH och TOC var de viktigaste parametrar som förklarar artsammansättningen och variation, följd av ARO areans storlek, Tot-N och Tot-P. Andra parametrar som substrat, vattendragsbredd, kalkningen och metallhalter förklarar i mindre omfattning skillnader mellan olika samhällen. 302 taxa hittades i Dalarnas vattendrag, varav många ovanliga taxa. De tio vanligaste taxa var *Achnanthes minutissima* grupp II (medelbredd 2,2-2,8µm), *Achnanthes minutissima* grupp III (medelbredd >2,8µm) (AMI3), *Fragilaria gracilis* Østrup, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot, *Eunotia incisa* var. *incisa* Gregory, *Navicula minima* Grunow, *Gomphonema exilissimum* Lange-Bertalot & Reichardt, *Achnanthes subatomoides* (Hustedt) Lange-Bertalot & Archibald och *Frustulia crassinervia* (Brebisson) Lange-Bertalot & Krammer.

Litteratur

- Andrén, C. & Jarlman, A. (2007). Benthic diatoms as indicators of acidity in streams. (submitted)
- Cattaneo, A., Couillard, Y. & Wunsam, S. (2008). Sedimentary diatoms along a temporal and spatial gradient of metal contamination. *J Paleolimnol* (2008) 40:115–127.
- Cemagref (1982). Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux., Rapport Q.E. Lyon-A.F.Bassion Rhône-Méditerranée-Corse: 218 p.
- Davis, J.C. 1975. Waterborne dissolved oxygen requirements and criteria with particular emphasis on the Canadian environment. National Research Council Canada. NRCC No 14100
- Fölster, J. (2006). Bakgrundsrapport Bedömningsgrunder för försurning i sjöar och vattendrag, Institutionen för Miljöanalys, SLU, 061221.
(www.vattenportalen.se/docs/Bedomningsgrunder_Forsurning_april2007.pdf)
- Gold, C., Feurtet-Mazela, A., Coste, M. & Boudoua, A. (2002): Field transfer of periphytic diatom communities to assess short-term structural effects of metals (Cd, Zn) in rivers. *Wat. Res.* 36: 3654–3664.
- Gold, C., Feurtet-Mazel, A., Coste, M. & Boudou, A. (2003): Impacts of Cd and Zn on the Development of Periphytic Diatom Communities in Artificial Streams Located Along a River Pollution Gradient. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 44, 189–197.
- Goldsmith, B. (1996) A rationale for the use of artificial substrata to enhance diatom-based monitoring of eutrophication in lowland rivers. ECRC Research Paper, 13.
- Hirst, H., Chaud, F. Delabie, C., Jüttner, I. & Ormerod, S.J. (2004). Assessing the short-term response of stream diatoms to acidity using inter-basin transplantations and chemical diffusing substrates. *Freshw. Biol.* 49, 1072–1088.
- Ivorra, N., Barranguet, C., Jonker, M., Kraak, M.H.S. & Admiraal W. Responses of biofilms to combined nutrient and metal exposure. *Env. Poll.* 116 (1):147-157.
- Johnson, R. K., Goedkoop, W., Willén, E., et al. (2003). Typanpassning av referenssjöar och vattendrag: Kritisk granskning av biologiska kvalitetsfaktorer med bedömningsgrunder. Uppsala, Dep. of Environmental Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences: 47.
- Kahlert, M. (2008a): Kiselalgsundersökning i södra delen av Norra Östersjödistriktet, 2007. Institutionen för miljöanalys, SLU, Rapport 2008:7 (in Swedish).
- Kahlert, M. (2008b). Kiselalgsundersökning i Motala Ströms delområde, 2007. Uppsala, Dep. of Environmental Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences: 2008:8.
- Kahlert, M., Andrén, C. & Jarlman, A (2007): Bakgrundsrapport för revideringen 2007 av bedömningsgrunder för Påväxt – kiselalger i vattendrag.
- Kahlert, M., Andrén, C.M., Jarlman, A. (2006). Diatoms as biomonitoring tools in Sweden. In: *Use of Algae for monitoring Rivers* (6 th Int. Symp.) Hungary, 2006 pages: 71-75.
- Kelly, M.G. (1998). Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research* 32: 236-242.
- Lecointe, C., Coste, M. & Prygiel, J. (1993): "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270: 509-513.
- McCune, B. & Grace, J. B., 2002: Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design, 15 Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Naturvårdsverket (1999). Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913. 101 p.
- Naturvårdsverket (2007). Handbok för miljöövervakning: Programområde: Sötvatten: Version 2007:4, <http://www.naturvardsverket.se/sv/Arbete-med-naturvard/Vattenforvaltning/Handbok-20074/>
- Sgro, G.V., Poole, J.B. & Johansen, J.R. (2007): Diatom species composition and ecology of the Animas River watershed, Colorado, USA. *Western North American Naturalist* 67(4):510–519.

Tabell 4. Provtagningslokaler, lokalkoordinater, koordinater, flodområde, projekt, motiv, kalkningspåverkan, provtagningsdatum, provtagning: DA = Hans Olofsson och Ann-Louise Haglund, länsstyrelsen (lst) i Dalarna, SLU = Ewa Willén, Isabel Quintana, Eva Herlitz och Ann-Marie Widerholm, Institutionen för Vatten & Miljö, SLU, PA = Paul Andersson, SBV-analys, Delsbo, kiselalgsanalys (SG = S. Gottschalk, MK = M. Kahlert, AJ = Amelie Jarlman).

Omnia ID	LOKAL	X LOK	Y LOK	X	Y	x	y	Flodområde	Provtagningsstrategi	Motiv	Kalkad/Okalkad	Kalkpåverkad	Provdatum	Provtagning	Kiselalgsanalys
160	Granån	6785590	1453240	6785583	1453249	6785650	1453200	53:N1		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-06	DA	SG
171	Unnån N3	6810910	1425100	6810780	1425185	6810780	1425185	53:N3		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-06	DA	SG
170	Unnån Nackådalsbron N2	6797230	1432210	6797367	1432150	6797230	1432210	53:N2		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-06	DA	SG
151	Fjätälven	6844450	1365450	6844450	1365450	6844450	1365450	53:N4		skog	Okalkad	Nej	2007-09-06	DA	SG
164	Storån nedre	6889050	1335260	6890640	1334739	6891800	1334000	53:N5		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-06	DA	SG
147	Goljån	6832300	1346100	6832298	1345948	6832350	1346000	53:N7		ref. fjäll	Okalkad	Nej	2007-09-06	DA	SG
153	Fulan	6802190	1353500	6802210	1353560	6802210	1353560	53:N8		skog	Okalkad	Nej	2007-09-06	DA	SG
152	Göralven	6801950	1346310	6801950	1346310	6801950	1346310	53:N9		skog	Okalkad	Nej	2007-09-06	DA	SG
148	Tandån	6785460	1338280	6785512	1338235	6785512	1338235	108:N10		tårtort	Okalkad	Ja	2007-09-07	DA	SG
146	Ackttjärnsbacken	6786100	1374520	6786088	1374513	6786050	1374500	53:N11		ref. skog	Okalkad	Nej	2007-09-06	DA	SG
158	Örebäcken	6748570	1362920	6748531	1362919	6750250	1362600	53:V1		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-07	DA	SG
169	Tavallbacken	6740010	1375090	6739961	1375129	6740000	1375100	53:V2		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-07	DA	SG
175	Valldroån	6738180	1369760	6738070	1369951	6738000	1369970	53:V3		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-07	DA	SG
174	Ällingån	6736100	1374630	6736468	1372501	6737050	1375200	53:V4		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-07	DA	SG
173	Skördrisån	6718370	1376100	6718269	1376104	6718300	1376100	108:V5		ref	Okalkad	Nej	2007-09-07	DA	SG
172	Ringsån	6716100	1380030	6716143	1380130	6716000	1380000	108:V6		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-07	DA	SG
161	Kölaråsalven	6686540	1419870	6686553	1419882	6686553	1419882	53:V7		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-11	DA	SG
163	Röälven	6672490	1411430	6672418	1411531	6672080	1411390	108:V8		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-11	DA	SG
317	Lialven	6670540	1419250	6670550	1418236	6670540	1419250	108:extra		tårtort	Okalkad	Ja	2007-09-11	DA	SG
159	Brusbacken	6696870	1399900	6696920	1399923	6696920	1399900	53:V9		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-07	DA	SG
162	Mörtån	6678270	1441600	6678266	1441629	6678266	1441629	61:V10		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-11	DA	SG
167	Pillisoån	6673630	1443570	6673635	1443702	6673635	1443702	61:V11		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-11	DA	SG
168	Tansån	6706890	1451690	6706658	1452060	6706680	1452060	53:V12		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-11	DA	SG
166	Spjarsbacken	6753580	1506360	6753735	1506032	6753735	1506032	52:Ö1		kalk	Kalkad	Nej	2007-09-11	DA	SG
149	Gysinge	6685830	1559710	6684052	1561044	6684052	1561044	53:Ö2		hela W län	Okalkad	Nej	2007-09-11	DA	SG
154	Anstaån	6697050	1505850	6697122	1505816	6697122	1505816	53:Ö4		jordbruk	Okalkad	Nej	2007-09-12	DA	SG
176	Ässån kalkat Ö5	6671220	1494260	6672411	1495489	6673245	1495483	61:Ö5		kalk	Kalkad	Ja	2007-09-12	DA	SG
177	Ässån okalkat Ö6	6673200	1495510	6673245	1495483	6672411	1495489	61:Ö6		ref	Okalkad	Nej	2007-09-12	DA	SG
155	Mässingsboån	6687500	1502750	6687302	1502693	6687302	1502693	53:Ö7		jordbruk	Okalkad	Nej	2007-09-12	DA	SG
315	Broån	6683156	1510742	6683156	1510742	6683156	1510742	53:K1		jordbruk/tårtort	Okalkad	Nej	2007-09-18	DA	SG
314	Lilla Dicka	6674719	1527351	6674719	1527351	6674719	1527351	53:K2		Industri/jordbruk	Okalkad	Nej	2007-09-18	DA	SG
316	Persbobäcken	6683514	1522541	6683514	1522541	6683514	1522541	53:K3		skog /industri	Okalkad	Nej	2007-09-18	DA	SG
318	Nygårdsbacken	6686898	1520993	6686898	1520993	6686898	1520993	53:K4		Industri	Okalkad	Nej	2007-09-18	DA	SG
W1	Forsån Dicka Kvarn	6674940	1527450			6674620	1527350	53:		SRK	Okalkad	Nej	2005-09-13	SLU	MK
W2	Garpenbergsån	6683200	1522600			6683200	1522600	53:		SRK	Okalkad	Nej	2005-09-13	SLU	MK
W15	Hyttingsån	6700920	1470760			6700920	1470760	53:		SRK	Okalkad	Nej	2005-09-15	SLU	MK
W3	Rullshyttebacken	6687130	1520850			6687200	1520840	53:		Boliden utsläppskontroll	Okalkad	Nej	2005-09-13	SLU	MK
W16	Norån	6700050	1474800			6700050	1474800	53:			Okalkad	Nej	2005-09-15	SLU	MK
W10	Styggeforsån n. fall	6765500	1466800			6765500	1466800	53:		BF05	Okalkad	Nej	2005-09-14	SLU	MK
W11	Styggeforsån ö. fall	6767050	1464650			6767050	1464650	53:		BF 05	Okalkad	Nej	2005-09-14	SLU	MK
W8	Ärängsån (Ingels)	6759000	1469050			6759000	1469050	53:		LI 92-93	Okalkad	Nej	2005-09-14	SLU	MK
CA30	Stråfulan, Stråfulnåset	6848750	1332260			6848750	1332260	53:IKEU		ref. skog	Okalkat	nej?	2006-09-21	PA	AJ
CA25	Sörjåbacken, Jockara	6738120	1531730			6738120	1531730	52:IKEU		ref. skog	Okalkat	nej?	2006-10-01	PA	AJ
NMK24	Strandån	6697724	1423909			6697724	1423909	53:NMO/NMK2006		ref. skog	Okalkat	nej?	2006-09-26	PA	AJ
NMK16	Lillån	6782255	1405241			6782255	1405241	53:NMO/NMK2006		ref. skog	Okalkat	nej?	2006-09-23	PA	AJ
CA61	Tangån	6823500	1341500			6823500	1341500	53:IKEU		ref. fjäll	Okalkat	nej?	2006-09-23	PA	AJ

Tabell 5. Provtagningslokaler. HöH, ARO Area, markanvändningen i ARO, vattendragsbredd, vattenhastighet, provstenarnas djup, provstenarnas bergart/mineral. För Strandån och Lillån är markanvändningen bara grovt uppskattat.

Omnia ID	LOKAL	HöH (m)	Area (ha)	Skog (%)	Averkat (%)	Öppen mark (%)	Sankmark (%)	Vatten (%)	Odlad mark (%)	Bebyggelse (%)	Övrig mark (%)	Vattendrags- bredd (m)	Vattenhastig- het (m/s)	Djup under högvatten- max vid provstenar	Provstenarnas bergart/mineral
160	Granån	213	6053	61	3	1	35	0	0	0	0	0	0,08-0,15	1	granit
171	Unnån N3	427	8114	76	1	0	23	0	0	0	0	12	0,25-0,35	0,8	röd kvartsit
170	Unnån Näckådsbron N2	298	20453	82	2	0	15	0	0	0	0	20	0,2-0,25	1	röd kvartsit
151	Fjätälven	458	89173	56	0	20	21	2	0	0	0	10	0,2-0,3	2	röd kvartsit
164	Storån nedre	549	20203	33	0	54	2	7	0	0	4	10	0,38-0,4	0,7	röd kvartsit
147	Göljan	480	2176	27	0	70	2	1	0	0	0	5	0,2-0,4	1	röd kvartsit
153	Fulan	368	88228	70	1	12	15	2	0	0	0	10	0,5-0,6	2	röd kvartsit
152	Göralven	405	101306	20	0	26	4	1	0	0	40	3	0,18-0,25	2	röd kvartsit
148	Tandån	425	15477	63	2	18	13	2	0	0	3	10	0,2-0,5	1,3	röd kvartsit
146	Acktjärnsbäcken	433	931	48	4	0	48	0	0	0	0	4	0,2-0,28	0,8	röd kvartsit
158	Örebäcken	458	894	71	3	0	24	1	0	0	1	1,5	0,35-0,4	1	röd kvartsit
169	Tavallbäcken	315	1454	69	3	0	28	0	0	0	0	4	0,08-0,13	0,6	röd kvartsit
175	Välldroån	375	3994	62	4	0	31	4	0	0	0	10	0,13-0,15	0,6	granit
174	Allingån	365	13418	63	2	0	26	8	0	0	0	15	0,1-0,4	0,8	röd kvartsit
173	Skördrisån	421	1736	74	0	0	24	1	0	0	0	6	0,16-0,25	0,6	granit
172	Ringsån	387	4043	71	1	0	26	1	0	0	1	10	0,23-0,48	0,6	granit
161	Kolaråsälven	303	7213	84	2	0	10	4	0	0	0	10	0,2-0,4	0,7	granit
163	Röälven	243	5176	76	5	0	11	8	0	0	0	6	0,4-0,5	0,7	gnejs/granit
317	Lälven	270	12699	74	3	0	11	10	0	0	2	10	0,4-0,6	0,8	granit
159	Brusbäcken	304	1665	83	3	0	13	1	0	0	0	3	0,08-0,13	0,6	3granit/2kvartsit
162	Mörtån	214	2283	89	1	0	8	1	0	0	0	6	0,2-0,5	0,6	granit
167	Pillisoån	227	4881	77	2	1	18	2	1	0	0	10	0,4-0,5	0,8	granit
168	Tansån	183	4059	84	2	0	4	7	0	0	2	5	0,2-0,3	1	granit
166	Spjärsbäcken	351	656	85	0	0	14	1	0	0	0	1,5	0,14-0,18	0,6	gnejs
149	Gysinge	56	2805840	68	2	5	11	7	3	1	3	20	0,15-0,3	0,8	granit
154	Anstaån	94	4415	50	2	4	0	7	35	2	0	3	0,15	1	granit
176	Assån kalkat Ö5	170	1443	80	8	0	5	7	0	0	0	2	0,1-0,15	1	gnejs/granit
177	Assån okalkat Ö6	175	1536	81	7	0	6	6	0	0	0	2	0,18-0,2	0,6	granit
155	Mässingsboån	111	2815	72	5	2	2	7	7	5	0	2	0,5-0,6	1,2	gnejs/granit
315	Broån	91	7734	50	3	2	1	5	32	6	0	3	0,2-0,3	1,2	granit
314	Lilla Dicka	68	12594	73	3	2	2	7	9	4	0	2	0,1-0,15	0,6	granit
316	Persbobäcken	134	5048	76	4	3	1	9	1	7	0	4	0,3-0,6	0,6	granit
318	Nygårdsbäcken	169	538	62	6	3	0	6	0	23	0	2	0,9-1,1	0,6	granit
W1	Forsån Dicka Kvarn	68	12594	73	3	2	2	7	9	4	0	3	måttligt	0,3	stenblock
W2	Garpenbergsån	120	5454	77	4	3	1	9	1	6	0	3	snabbt	0,2	stenar
W15	Hyttingsån	186	4874	92	3	0	4	0	0	0	0	6	måttligt	0,2	stenar
W3	Rullshyttebäcken	191	538	62	6	3	0	6	0	23	0	1	snabbt	0,15	stenar
W16	Norån	141	15863	89	3	0	3	2	2	0	0	2	snabbt	0,4	stenar
W10	Styggeforsån n. fall	250	2012	87	2	0	11	1	0	0	0	3,5	snabbt	0,15	stenar
W11	Styggeforsån ö. fall	291	1240	83	1	0	16	1	0	0	0	3	måttligt	0,25	stenar
W8	Arängsån (Ingels)	198	2009	82	2	3	2	0	8	2	0	2	måttligt	0,1	stenar
CA30	Stråfulan, Stråfulnaset	593	3560	81	0	0	16	3	0	0	0	8,3	0,7	0,5	stenar
CA25	Sörjabäcken, Jockara	178	2120	70	13	0	17	0	0	0	0	5,7	0,8	0,2	stenar
NMK24	Strandån	228	3400	33		34			33			4,4	0,5	0,5	stenar
NMK16	Lillån	305	3500	30		20			50			4,5	0,6	0,4	stenar
CA61	Tangån	792	2920	1	0	97	0	2	0	0	0	4,5	0,9	0,5	stenar

Tabell 6. Vattenkemi (årsmedel för 12 månader innan provtagningen eller enstaka mätningar). Provtagningsfrekvens, pH, pH minimum, konduktivitet, alkalinitet, absorbens, ammonium, nitrit+nitrat, total-kväve, total-fosfor.

Omnidia ID	LOKAL	Provtagningsfrekvens	pH antal värden	Tot-P antal värden	pH	pH min	Kond 25°C (mS/m)	Alkalinitet (mekv/l)	Abs filtr 420nm	TOC (mg/l)	NH ₄ -N (µg/l)	NO ₂ +3 (µg/l)	Tot-N (µg/l) (persulfatmetod)	Tot-P (µg/l)
160	Granån	fokus vår	6	1	6,8	6,4	2,9	0,137	0,092	6,3	1,0	2,0	190	5
171	Unnån N3	bara en	1	1	6,8		3,2	0,211	0,138	7,0	3,0	2,0	150	8
170	Unnån Näckadalsbron N2	fokus vår	9	1	6,4	5,7	2,1	0,087	0,115	5,8	1,0	6,0	140	7
151	Fjätälven	månatligen	9	9	7,1	6,8	4,2	0,342	0,087	5,1	2,7	16,4	182	7
164	Storån nedre	fokus vår	10	1	6,6	6,3	1,6	0,083	0,029	1,4	1,0	2,0	100	5
147	Göljån	fokus vår plus månatligen	23	23	6,5	6,2	1,1	0,045	0,084	3,6	2,4	41,6	149	10
153	Fulan	bara en	1	1	7,2		3,5	0,280	0,072	3,8	1,0	2,0	140	7
152	Göralven	bara en	1	1	6,8		1,9	0,133	0,036	1,7	1,0	2,0	90	6
148	Tandån	bara en	1	1	6,7		2,4	0,119	0,073	3,0	1,0	2,0	90	8
146	Acktjärnsbäcken	fokus vår plus månatligen	23	22	6,0	5,0	1,8	0,050	0,291	11,4	2,4	5,3	240	11
158	Örebäcken	fokus vår	9	1	5,6	5,0	1,8	0,022	0,304	14,3	1,0	2,0	260	13
169	Tavallbäcken	fokus vår	11	1	6,6	6,3	3,0	0,173	0,145	10,5	2,0	2,0	250	16
175	Valldroån	fokus vår	10	1	6,1	5,5	2,0	0,060	0,291	11,8	1,0	2,0	280	10
174	Ällingån	fokus vår	10	1	6,5	6,4	2,0	0,076	0,166	9,3	3,0	9,0	230	8
173	Skördisån	fokus vår	11	1	5,2	4,7	1,8	-0,021	0,254	14,4	1,0	2,0	310	12
172	Ringsån	fokus vår	9	1	5,8	5,3	2,3	0,031	0,312	18,1	1,0	2,0	360	12
161	Kolaräsälven	fokus vår	12	5	5,8	5,3	2,2	0,027	0,333	17,2	11,6	26,0	411	8
163	Röälven	fokus vår	10	1	6,5	5,9	2,4	0,073	0,301	16,9	1,0	12,0	560	10
317	Ljälven	varannan månad	7	7	6,9	6,3	4,8	0,200	0,202	12,1	77,0	179,4	630	10
159	Brusbäcken	fokus vår	8	1	5,7	5,3	2,4	0,029	0,310	15,9	1,0	11,0	340	12
162	Mörtån	bara en	1	1	6,8		3,3	0,133	0,331	18,8	1,0	18,0	410	9
167	Pillisoån	bara en	1	1	6,6		3,1	0,127	0,250	14,8	3,0	26,0	420	11
168	Tansån	fokus vår	9	1	6,5	5,8	3,0	0,092	0,076	6,5	1,0	5,0	300	8
166	Spjärsbäcken	bara en	1	1	6,7		3,7	0,193	0,188	9,6	1,0	10,0	310	10
149	Gysinge	bara en	1	1	7,2		4,7	0,233	0,080	5,6	7,0	112,0	370	16
154	Anstaån	bara en	1	1	7,2		24,7	1,694	0,047	3,8	29,0	256,0	510	32
176	Ässån kalkat Ö5	bara en	1	1	6,1		2,9	0,047	0,278	14,6	1,0	14,0	650	23
177	Ässån okalkat Ö6	fokus vår	8	1	5,5	4,7	3,0	0,016	0,297	15,1	1,0	9,5	780	40
155	Mässingsboån	bara en	1	1	6,7		10,3	0,485	0,141	10,4	77,0	283,0	900	32
315	Broån	bara en	1	1	7,1		13,8	0,902	0,070	11,6	13,0	2,0	1190	85
314	Lilla Dicka	bara en	1	1	6,8		13,3	0,503	0,080	7,3	90,0	38,0	650	35
316	Persbobäcken	bara en	1	1	7,2		58,7	0,440	0,045	5,4	10,0	1081,0	1400	8
318	Nygårdsbäcken	bara en	1	1	8,4		143,0	0,385	0,016	7,8	418,0	4230,0	5350	11
W1	Forsån Dicka Kvarn	månatligen	13	13	7,0	6,7	20,2	0,515	0,122	10,0	56,8	178,9	816	41
W2	Garpenbergsån	bara en	1	1	7,3		47,3	0,460	0,050		26,0	705,0	1040	11
W15	Hytingsån	månatligen	13	13	5,8	5,0	2,3	0,042	0,252	12,6	4,2	20,5	338	11
W3	Rullshyttebäcken	två	2	1	7,1	7,0	121,0	0,698	0,007	4,6	490,0	1298,0	1852	17
W16	Norån	bara en	1	1	6,6		3,3	0,146	0,158		96,0	58,0	615	46
W10	Styggeforsån n. fall	bara en	1	1	7,2		3,8	0,238	0,176		36,0	63,0	696	11
W11	Styggeforsån ö. fall	bara en	1	1	6,9		3,2	0,175	0,225		14,0	63,0	690	13
W8	Ärangsån (Ingels)	bara en	1	1	7,6		25,9	2,382	0,089		2,0	556,0	877	27
CA30	Stråfulan, Stråfulnäset	månatligen	24	24	7,1	6,6	2,9	0,228	0,107	5,3	8,5	31,8	262	5
CA25	Sörjabäcken, Jockara	månatligen + fokus vår/h	32	32	6,3	5,2	2,4	0,067	0,285	13,8	12,8	24,6	292	8
NMK24	Strandån	bara en	1	1	6,8		33,0	0,170	0,189	10,1	7,0	37,0	481	6
NMK16	Lillån	bara en	1	1	7,1		3,3	0,185	0,057	3,8	2,0	10,0	241	4
CA61	Tangån	månatligen + fokus vår	26	26	5,9	4,9	0,7	0,010	0,028	1,9	7,8	70,5	254	9

Tabell 7. Vattenkemi (årsmedel för 12 månader innan provtagningen eller enstaka mätningar). Provtagningsfrekvens, kalcium, sulfat, klorid, kisel, järn, koppar, zink, kadmium, bly, metallklass (enligt bedömningsgrunderna 1999). VISS: VattenInformationsSystem Sverige.

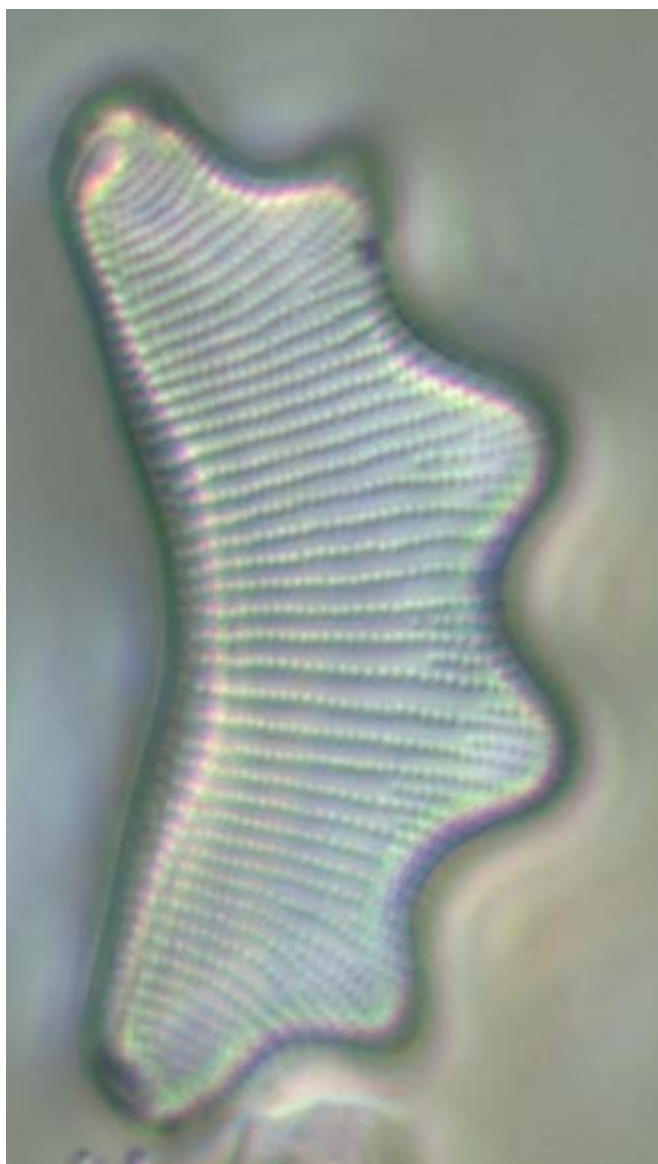
Omnidia	LOKAL	antal värden	Ca (mg/l)	SO4 (mekv/l)	Cl (mekv/l)	Si (mg/l)	Fe (µg/l)	Cu (µg/l)	Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	metallklass (enligt bedömningsgrunderna 1999)
160	Granån	6	7,3	0,04	0,04	4,6	354		0,7	0,01	0,07	1-2
171	Unnån N3	1	3,5	0,03	0,02	8,0	898	0,2	1,1	0,01	0,16	1-2
170	Unnån Näckådsbron N2	9	3,0	0,03	0,02	6,8	700		1,2	0,01	0,13	1-2
151	Fjätälven	9	5,3	0,03	0,01	4,3	175	0,6	0,7	0,01	0,04	1-2
164	Storån nedre	10	1,8	0,03	0,01	2,1	26			0,01		1-2
147	Göljån	23	1,1	0,02	0,01	2,4	109	0,3	1,0	0,01	0,07	1-2
153	Fulan	1	4,4	0,02	0,02	4,1	205	0,4	0,2	0,02	0,07	1-2
152	Göralven	1	2,1	0,02	0,01	3,7	77	0,1	0,2	0,01	0,02	1-2
148	Tandån	1	2,3	0,02	0,06	4,4	233	0,1	0,2	0,01	0,05	1-2
146	Ack tjärnsbäcken	23	2,2	0,01	0,02	6,6	484	0,1	2,1	0,01	0,31	1-2
158	Örebäcken	9	1,9	0,02	0,03	4,0	913		0,7	0,01	0,37	1-2
169	Tavallbäcken	11	6,6	0,01	0,03	7,0	7085		1,0	0,01	0,15	1-2
175	Valldroån	10	4,6	0,02	0,03	2,4	1700		1,7	0,01	0,48	1-2
174	Ällingån	10	2,8	0,02	0,02	2,2	438	0,3	1,3	0,01	0,12	1-2
173	Skördnsån	11	1,7	0,02	0,04	4,8	2680		1,9	0,01	0,45	1-2
172	Ringsån	9	3,0	0,03	0,05	3,0	2480	0,3	2,5	0,01	0,54	1-2
161	Kölaråsälven	12	1,6	0,03	0,04	2,8	1635	0,4	3,6	0,03	0,79	1-2
163	Röälven	10	3,2	0,03	0,04	4,0	1170	0,3	2,5	0,02	0,42	1-2
317	Ljälven	7	6,5	0,06	0,10	3,6	1440	0,6	6,1	0,02	0,63	1-2
159	Brusbäcken	8	3,4	0,02	0,04	4,8	920	0,2	1,8	0,02	0,42	1-2
162	Mörtån	1	4,6	0,02	0,04	4,8	1720	0,2	2,8	0,02	0,37	1-2
167	Pillisoån	1	3,3	0,03	0,05	5,8	2990	0,5	2,4	0,01	0,52	1-2
168	Tansån	9	1,8	0,04	0,06	2,9	666	0,3	1,4	0,01	0,13	1-2
166	Spjärsbäcken	1	4,6	0,05	0,05	5,1	814	0,2	1,8	0,01	0,37	1-2
149	Gysinge	1	4,8	0,08	0,06	2,5	194	0,8	7,9	0,02	0,32	1-2
154	Anstaån	1	29,9	0,28	0,43	6,3	417	0,4	0,2	0,00	0,02	1-2
176	Ässån kalkat Ö5	1	2,8	0,05	0,07	2,6	617	0,4	0,8	0,01	0,30	1-2
177	Ässån okalkat Ö6	8	2,6	0,05	0,06	3,3	704	0,5	1,0	0,01	0,43	1-2
155	Mässingsboån	1	10,5	0,13	0,26	0,5	824	1,1	4,2	0,01	0,48	1-2
315	Broån	1	16,6	0,17	0,22	1,5	223	0,6	1,3	0,00	0,17	1-2
314	Lilla Dicka	1	13,6	0,51	0,17	1,0	91	1,9	39,6	0,02	0,33	3 Zn
316	Persbobäcken	1	83,2	4,81	0,24	2,8	59	12,7	373,0	0,32	0,21	5 (Zn); 4 (Cu, Cd)
318	Nygårdsbäcken	1	249,0	14,20	0,45	5,1	80	5,2	91,9	0,29	16,20	5 (Pb); 4 (Zn); 3 (Cu, Cd)
W1	Forsån Dicka Kvarn	13	23,6	1,04	0,19		353	6,0	141,0	0,16	0,94	4 (Zn); 3 (Cu, Cd), höga halter Hg
W2	Garpenbergsån	1										metaller saknas, men enligt VISS extremt höga metallhalter (Cd, Cu, Zn)
W15	Hyttingsån	13	2,0	0,04	0,04			2,3				1-2
W3	Rullshyttebäcken	2	109,6	11,97				5,9	610,0	1,51	23,80	5 (Zn, Cd, Pb); 3 (Cu, As), höga halter av Hg
W16	Norån	1										VISS allmän klassning: hög
W10	Styggeforsån n. fall	1										VISS höga Hg halter i gädda
W11	Styggeforsån ö. fall	1										VISS höga Hg halter i gädda
W8	Ärängsån (Ingels)	1										VISS höga Hg halter i gädda
CA30	Stråfulan, Stråfulnåset	24	1,8	0,02	0,01	2,3	291	0,1	0,6	0,00	0,04	1
CA25	Sörjabäcken, Jockara	32	1,2	0,04	0,03	3,5	1462	0,3	3,6	0,01	0,26	1-2
NMK24	Strandån	1	1,7	3,36	0,85	3,9	2800	0,2	2,0	0,01	0,25	1-2
NMK16	Lillån	1	1,7	4,13	0,58	4,5	290	0,2	1,4	0,01	0,10	1-2
CA61	Tångån	26	0,2	0,02	0,01	1,1	5	0,1	0,6	0,01	0,08	1-2

Tabell 8. Kiselalgsresultat. Antal taxa, diversitet (Shannon-Weaver), kiselalgsindex IPS, vattenkvalitetsklass efter IPS enligt bedömningsgrunder 2007, alternativklass när IPS ligger på gränsen till nästa klass, stödparametrar TDI och %PT. Slutgiltig klassning enligt IPS, TDI och %PT, * markerar Norån där IPS statusklassningen har ändrat pga. stödparametrarna. Osäkerhetsintervall för IPS: $\pm 0,5$ enheter när $IPS \geq 13$, annars ± 1 enhet.

Omnidia ID	LOKAL	Antal taxa	Diversitet (Shannon-Weaver)	IPS (1-20)	IPS klass	IPS klass alternativ	TDI (%)	%PT	Statusklass (IPS, TDI, %PT)
160	Granån	16	2,1	19,6	1		25	0	1
171	Unnån N3	29	2,7	19,3	1		25	1	1
170	Unnån Näckadalsbron N2	24	2,9	19,4	1		25	0	1
151	Fjätälven	40	3,5	18,9	1		30	4	1
164	Storån nedre	40	3,5	19,7	1		26	1	1
147	Göljån	21	3,2	18,2	1		44	9	1
153	Fulan	39	3,0	18,6	1		27	2	1
152	Göralven	54	4,5	16,8	2		33	13	2
148	Tandån	42	3,7	18,8	1		31	1	1
146	Äckttjärnsbäcken	41	4,2	19,3	1		18	3	1
158	Örebäcken	31	3,9	19,1	1		23	8	1
169	Tavallbäcken	34	4,1	19,2	1		16	2	1
175	Valldroån	31	3,2	19,7	1		18	0	1
174	Allingån	24	2,3	17,7	1	2	24	0	1
173	Skördrisån	22	2,9	19,9	1		14	1	1
172	Ringsån	34	3,9	19,8	1		13	1	1
161	Kölaräsälven	39	3,8	19,7	1		11	1	1
163	Röälven	28	3,2	19,7	1		18	0	1
317	Liälven	28	2,0	16,5	2		21	1	2
159	Brusbäcken	22	2,6	19,8	1		21	0	1
162	Mörtån	34	3,5	18,1	1		17	2	1
167	Pillisoån	31	3,8	19,9	1		5	0	1
168	Tansån	33	3,3	18,9	1		13	1	1
166	Spjärsbäcken	46	3,9	19,0	1		25	2	1
149	Gysinge	25	2,2	17,9	1	2	29	2	1
154	Anstaån	46	4,0	13,3	3		65	26	3
176	Ässån kalkat Ö5	50	4,8	15,5	2		31	5	2
177	Ässån okalkat Ö6	45	4,5	17,6	1	2	13	2	1
155	Massingsboån	34	3,4	14,0	3	2	62	21	3
315	Broån	52	4,5	13,8	3		73	22	3
314	Lilla Dicka	49	3,7	15,2	2		30	7	2
316	Persbobäcken	28	2,0	16,2	2		22	2	2
318	Nygårdsbäcken	14	1,7	17,0	2		20	1	2
W1	Forsån Dicka Kvarn	48	2,7	18,1	1		30	6	1
W2	Garpenbergsån	33	2,6	17,0	2	1	25	1	2
W15	Hyttingsån	22	2,0	20,0	1		17	0	1
W3	Rullshyttebäcken	8	1,0	19,4	1		24	0	1
W16	Norån	51	4,0	18,1	1		40	27	2*
W10	Styggeforsån n. fall	28	2,6	19,4	1		22	0	1
W11	Styggeforsån ö. fall	34	3,2	19,8	1		14	1	1
W8	Ärängsån (Ingels)	36	2,9	16,1	2		35	2	2
CA30	Sträfulan, Sträfulnaset	36	3,1	19,8	1		25	2	1
CA25	Sörjabäcken, Jockara	34	3,6	19,8	1		18	0	1
NMK24	Strandån	42	3,8	19,8	1		15	0	1
NMK16	Lillån	33	3,4	19,7	1		18	0	1
CA61	Tangån	30	3,5	20,0	1		14	0	1

Tab 9. Kiselalgsresultat. Andel kiselalger i olika surhetsgrupper enligt van Dam (1984), andel AMIN och EUNO, surhetsindex ACID, surhetsgruppering enligt bedömningsgrunder 2007, alternativgrupp när ACID ligger på gränsen till nästa grupp, risk för försurning. Osäkerhetsintervall för ACID: $\pm 10\%$.

Omnidia ID	LOKAL	Acidobiont (%)	Acidofil (%)	Circum-neutral (%)	Alkalifil (%)	Alkalibiont (%)	Utan bedömning (%)	AMIN (%)	EUNO (%)	ACID	ACID grupp	ACID grupp alternativ	Risk för försurning
160	Granån	0	22	76	0	0	1	52	1	7,3	nära neutralt	alkaliskt	
171	Unnån N3	1	18	78	0	0	3	15	8	5,9	nära neutralt	måttligt surt	(x)
170	Unnån Näckådsbron N2	0	32	64	3	0	2	38	9	5,9	nära neutralt	måttligt surt	(x)
151	Fjätälven	0	2	70	4	5	20	41	1	8,0	alkaliskt	nära neutralt	
164	Storån nedre	2	14	73	2	0	10	44	5	6,6	nära neutralt	alkaliskt	
147	Göljån	0	28	66	1	0	5	4	0	6,3	nära neutralt	måttligt surt	(x)
153	Fulan	0	14	71	9	0	7	54	3	7,0	nära neutralt	alkaliskt	
152	Göralven	0	20	51	13	1	14	7	8	5,4	måttligt surt	nära neutralt	(x)
148	Tandån	0	11	73	10	0	6	35	5	6,7	nära neutralt	alkaliskt	
146	Acktjärnsbäcken	0	56	22	12	1	11	1	24	3,3	surt		x
158	Örebäcken	4	67	28	0	0	2	1	42	2,8	surt		x
169	Tavallbäcken	1	48	31	0	0	21	6	26	4,1	surt	måttligt surt	x
175	Valldroån	1	62	30	0	0	6	9	10	4,6	måttligt surt	surt	x
174	Ällingån	2	38	60	0	0	1	50	3	6,4	nära neutralt	måttligt surt	(x)
173	Skördisån	19	75	1	0	0	5	1	21	1,6	mycket surt		x
172	Ringsån	6	56	24	0	0	14	1	16	3,5	surt		x
161	Kölaråsälven	21	43	28	1	0	9	2	14	3,7	surt		x
163	Röälven	3	44	51	0	0	2	21	13	5,3	måttligt surt	nära neutralt	(x)
317	Lälven	0	19	79	2	0	1	68	2	7,1	nära neutralt	alkaliskt	
159	Brusbäcken	0	22	76	0	0	2	45	16	6,0	nära neutralt	måttligt surt	(x)
162	Mörtån	4	36	55	1	0	3	31	10	5,6	måttligt surt	nära neutralt	(x)
167	Pillisoån	12	63	18	0	0	7	13	26	4,1	surt	måttligt surt	x
168	Tansån	0	48	47	2	0	3	39	37	5,0	måttligt surt		x
166	Spjärsbäcken	1	31	55	8	0	5	32	17	5,6	måttligt surt	nära neutralt	(x)
149	Gysinge	0	1	78	17	0	4	66	0	8,6	alkaliskt		
154	Anstaån	0	3	34	54	0	9	19	3	7,2	nära neutralt	alkaliskt	
176	Ässån kalkat Ö5	1	37	49	3	0	11	2	25	4,1	surt	måttligt surt	x
177	Ässån okalkat Ö6	4	78	5	3	0	12	1	46	2,2	mycket surt	surt	x
155	Mässingsboån	0	3	47	43	0	6	6	2	6,8	nära neutralt	alkaliskt	
315	Broån	0	4	33	52	5	6	10	0	7,7	alkaliskt	nära neutralt	
314	Lilla Dicka	3	8	57	23	1	8	41	1	7,4	alkaliskt	nära neutralt	
316	Persbobäcken	0	14	80	2	0	4	69	2	7,3	alkaliskt	nära neutralt	
318	Nygårdsbäcken	0	16	81	1	0	2	55	0	7,4	alkaliskt	nära neutralt	
W1	Forsån Dicka Kvarn	0	8	81	7	1	3	59	0	8,2	alkaliskt		
W2	Garpenbergsån	0	14	82	3	0	2	53	2	7,3	nära neutralt	alkaliskt	
W15	Hyttingsån	1	96	3	0	0	0	0	18	2,3	surt	mycket surt	x
W3	Rullshyttebäcken	0	2	98	0	0	0	32	0	8,2	alkaliskt		
W16	Norån	2	22	48	26	0	3	22	14	5,7	måttligt surt	nära neutralt	(x)
W10	Styggeforsån n. fall	0	24	73	1	0	2	41	8	6,2	nära neutralt	måttligt surt	(x)
W11	Styggeforsån ö. fall	5	80	4	1	0	10	1	16	2,6	surt		x
W8	Ärängsån (Ingels)	0	3	79	10	0	9	58	0	8,2	alkaliskt		
CA30	Stråfulan, Stråfulnåset	0	11	86	2	0	1	47	1	7,5	nära neutralt	alkaliskt	
CA25	Sörjabäcken, Jockara	3	57	39	0	0	1	18	14	4,9	måttligt surt		x
NMK24	Strandån	12	66	21	0	0	2	5	8	4,3	måttligt surt	surt	x
NMK16	Lillån	3	38	57	1	0	2	38	5	6,1	nära neutralt	måttligt surt	(x)
CA61	Tangån	9	30	41	17	0	3	9	18	4,9	måttligt surt		x



Institutionen för Vatten & Miljö, SLU
Box 7050
750 07 Uppsala
www.ma.slu.se

Tryck: 10 exemplar, Institutionen för Vatten & Miljö, 2008

ISSN 1403-977X