

O-85167

"Bakgrunnsverdier" av utvalgte
metaller i benthiske
ferskvannsalger

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065)76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	0-85167
Undernummer:	
Løpenummer:	1824
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: "Bakgrunnsverdier" av utvalgte metaller i benthiske ferskvannsalger	Dato: 20. desember 1985
	Prosjektnummer: 0-85167
Forfatter (e): Pål Brettum	Faggruppe: Hydroøkologisk
	Geografisk område: GEN.
	Antall sider (inkl. bilag): 25

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

I rapporten er sammenstilt litteraturdata om "normalverdier" eller "bakgrunnsverdier" for en del metaller i fastsittende (benthiske) ferskvannsalger. Konsentrasjonsfaktorer er tatt med der disse har vært publisert. Rapporten inneholder en litteraturliste over aktuell litteratur. Denne må, på grunn av kort tid på arbeidet, sees på som foreløpig.

4 emneord, norske:
1. Metaller
2. Benthiske ferskvannsalger
3. Bakgrunnsverdier
4. Indikatorer

4 emneord, engelske:
1. Metals
2. Benthic freshwater algae
3. Background levels
4. Indicators

Prosjektleder:

For administrasjonen:

ISBN 82-577-1026-1

0-85167

"Bakgrunnsverdier" av utvalgte metaller i benthiske
ferskvannsalger

Oslo, 20. desember 1985

Prosjektleder : Jon Knutzen

Medarbeider : Pål Brettum

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	3
1. FORMÅL OG BAKGRUNN	4
2. OPPLEGG OG BEGRENSNINGER	5
3. FAKTORER OG FORHOLD SOM PÅVIRKER AKKUMULERINGEN AV METALLER I BENTHISKE FERSKVANNSALGER	6
4. "BAKGRUNNSVERDIER" OG KONSENTRASJONSFAKTORER FOR BENTHISKE FERSKVANNSALGER	9
Arsen	9
Antimon	9
Bly	9
Cadmium	11
Cerium	12
Cesium	12
Jern	13
Kopper	14
Krom	15
Kvikksølv	15
Mangan	16
Nikkel	17
Rubidium	17
Ruthenium	17
Sink	18
Strontium	19
Zirconium/Niob	19
5. <u>KOMMENTARER TIL VALG AV BENTHISKE ALGER I OVERVÅKING AV METALLFORURENSNINGER</u>	20
6. <u>LITTERATURLISTE</u>	21

FORORD

Denne rapport er utført på oppdrag fra Statens Forurensningstilsyn (kontrakt 210/85). Det vil også bli utarbeidet en rapport om "bakgrunnsnivåer" av metaller i vannmoser og (foreløpig) innsamling av litteratur vedrørende metaller og organiske miljøgifter i fisk og diverse marine indikatorarter, samt om metaller i høyere planter som vokser i vann.

Fra tidligere prosjekter ved instituttet foreligger litteratur-rapporter om:

- blåskjell som metallindikator
- blåskjell og nærstående arter som indikatorer på klororganiske forbindelser og
- fastsittende marine alger som indikatorer på metallbelastning.

6. mars 1986

Jon Knutzen
prosjektleder

1. FORMÅL OG BAKGRUNN.

Det foreliggende litteraturstudium, som er et rent innledende arbeid, har hatt som målsetning å finne frem til "normalnivåer" for konsentrasjonen av ulike metaller i fastsittende ferskvannsalger (periphyton, benthiske alger) i områder med liten eller ingen påvirkning av vannmassene fra definerte, kjente forurensningskilder.

"Normalnivåer" eller "bakgrunnsverdier" er det innhold av ulike metaller (eller andre stoffer) en kan forvente å finne i benthiske ferskvannsalger, som har vokst under naturlige forhold uten direkte belastning av forurensninger fra punktkilder.

Slike verdier er nødvendige for å kunne bedømme om det skjer en økende forurensning i de moderate forurensningsnivåene, der denne økningen kan være vanskelig å registrere i vannmassene direkte. En økning i konsentrasjonen av ulike metaller (og andre stoffer) i de benthiske algene vil være en indikasjon på at en slik økende forurensning er igang.

Fordelen ved å bruke akkumulering av metaller i benthiske alger som overvåkingsparameter, er at disse tar alt det akkumulerte metallet direkte fra det omgivende vannet, og ikke fra sedimentene gjennom et rotsystem, som f.eks er delvis tilfelle hos karplanter i vann.

Det er imidlertid en rekke faktorer som påvirker algenes evne til å ta opp og akkumulere metaller i og på cellene, bl.a. en rekke kjemisk/fysiske forhold (se pkt.3), noe som også gir seg utslag i årstidsvariasjoner. Dette må en ta hensyn til når en skal benytte metallinnholdet i benthiske ferskvannsalger som parameter i overvåkingen.

Da vannmassene i ferskvann, og da spesielt i rennende vann, har store svingninger i de kjemisk/fysiske forhold i løpet av året, sier det seg selv at dette gir seg utslag også i de "normalnivåer" eller "bakgrunnsverdier" en kan registrere for ulike alger fra ulike geografiske områder og årstider. Forholdene er ofte mer varierende enn det en kan regne med for marine benthiske alger. "Bakgrunnsverdiene" blir derfor for de benthiske ferskvannsalgene i ennå større grad enn for de marine algene konsentrasjonsintervaller, eventuelt øvre grense for konsentrasjoner av metaller, som en kan

regne med å observere i områder uten definert forurensningsbelastning.

En måte å benytte benthiske alger i overvåkingen er beskrevet av Harding og Whitton (1981). De foreslår å ta alger fra et område der metallinnholdet av en bestemt alge er godt kartlagt, og metallinnholdets variasjoner er kjent, og overføre disse til det området der en vil undersøke forholdene. Etter en tid vil algen ha akkumulert metallet til det nivå som er naturlig i dette området. Ved å måle innholdet av det aktuelle metall etter endt eksponering vil en kunne bruke forskjellen i konsentrasjonen før og etter utsetning som et mål på forurensningsgraden.

Verdier som er gitt i tabellene bak i dette notatet, og som kan være av interesse, er konsentrasjonsfaktorer (KF). Med konsentrasjonsfaktoren menes forholdet mellom den målte konsentrasjon av et metall i algen og konsentrasjonen av det samme metall i det omgivende vann.

2. OPPLEGG OG BEGRENSNINGER.

Arbeidet med "bakgrunnsverdier" for konsentrasjonene av metaller i benthiske ferskvannsalger har vist at det foreligger et svært begrenset antall artikler på temaet. Imidlertid har det krevet et omfattende letearbeid for å finne frem til disse.

Arbeidet med å lete frem aktuelle artikler har omfattet flere søk på internasjonale databaser for vitenskapelige artikler, personlig gjennomgåelse av flere årganger med en del aktuelle tidsskrifter, og gjennomgang av referanselistene i adekvate artikler. Databasesøking er et nyttig hjelpemiddel i litteraturstudier, men er bl. annet avhengig av at en får frem de rette nøkkelordene. Mye aktuell litteratur har vist seg ikke å komme frem ved slik søking. Hovedgrunnen er antagelig begrensningen i vedkommende database (mer enn avhengigheten av nøkkelord). Følgende databaser er gjennomført:

Nr. 44 Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts (Lockheed/Dialog), nr. 116 Aqualine (Pergamon Press) nr. 5,55,255 Biosis (Biological Abstracts) og nr. 41 Pollution Abstracts.

I tillegg har en manuelt gjennomført årgangene 1982-1985 av Microbiology Abstracts: Section C; Algology, Mycology & Protozoology fra Cambridge Scientific Abstracts.

En har også kontaktet personer som kunne tenkes å ha informasjon om aktuelle publikasjoner.

I det materialet som kom for dagen på denne måten var det ingen arbeider som direkte tok for seg "bakgrunnsverdier" av metaller i algene. En har derfor benyttet analyseresultater av materiale fra relativt upåvirkete områder.

Om materialet er fra relativt upåvirkede områder går ofte ikke frem av artiklene, og dette har derfor vært gjenstand for skjønn. Dette kan være en medvirkende årsak til at intervallene for enkelte metaller er blitt svært vide.

Det faktum at de ulike forfatterene har benyttet ulike alger i sitt analysearbeid, er også en medvirkende årsak. Det har vist seg at ulike arter akkumulerer de samme metallene i varierende grad under ellers tilsynelatende like ytre vilkår.

Den foreliggende rapporten er ikke uttømmende. En del informasjon vil ligge i "den grå litteraturen", d.v.s. i mer lokale forskningsrapporter, som utarbeides ved de forskjellige forskningsinstitusjoner, uten at dataene blir publisert i mer internasjonale tidsskrift. Å få frem slike data er så tidkrevende operasjon, at det ligger utenfor prosjektets budsjettmessige ramme. Enkelte artikler som en har funnet referanse til er bestilt, men ikke mottatt. Noen av disse referansene er tatt med i litteraturlisten.

Et innledende arbeid i forskningen omkring akkumulering av metaller i benthiske alger i Norge ble utført av Garder og Skulberg (1966).

3. FAKTORER OG FORHOLD SOM PÅVIRKER AKKUMULERINGEN AV METALLER I BENTHISKE FERSKVANNSALGER.

Nedenfor er påpekt i summarisk form enkelte faktorer og forhold som påvirker algenes evne til å akkumulere metaller i og på cellene. Algene akkumulerer hovedsakelig metaller i celleveggene og i vakuolene og motvirker dermed en toksisk virkning av metallene på følsomme cellefunksjoner (Silverberg 1975). For noen arter skjer det imidlertid en del akkumulering i kloroplasten eller i kjernen og mitokondriene (Francke og Hillebrand 1980).

Mengden av et metall som akkumuleres er avhengig bl.a. av mengden av andre metaller eller partikler i vannet. Newman et al. (1983) fant at

bly ble akkumulert i større grad når det omkringliggende vannet var jern- og manganrikt, enn når dette ikke var tilfelle.

Ulike metaller virker tildels toksiske på algene, og dette påvirker akkumuleringsevnen. pH verdien i vannet innvirker også på dette forholdet. Hargreaves og Whitton (1976) viste at ved lav pH (3.5) var kopper mindre toksisk for algene enn sink, mens ved høyere pH (6.0) var kopper mer toksisk enn sink. Høyt kalsiuminnhold i vannet motvirker den toksiske virkningen av sink på algene.

Peterson og Healey (1985) påviste også, riktignok på planktonalger, at cadmium og kopper er mindre toksiske for alger ved lav pH enn ved høyere. Cadmium og bly øker den toksiske effekten av sink (de har en synergistisk effekt), magnesium og kalsium minker denne effekten (Say et al. 1977, Say og Whitton 1977). Williams (1970) viste at med lavt kalium- og høyt kalsiuminnhold i vannet, akkumulerte algene bare halvparten eller ennå mindre av strontium, enn om både kalium og kalsiuminnholdet var lavt. Dette påvirket derimot ikke opptaket av cesium i særlig grad. Var innholdet av både kalium og kalsium høyt, ble ikke akkumuleringen av strontium særlig redusert, men nå avtok akkumuleringen av cesium til fjerdeparten av hva det var når både kalium- og kalsiuminnholdet var lavt.

Ahlf (1983) registrerte at algen Fritschiella tuberosa akkumulerte ekstremt mye mangan når oksygeninnholdet i vannet ble lavere enn 4.0 mg O₂/l.

Algenes vekstfase innvirker også ved å variere akkumuleringsevnen for ulike metaller. Algene er mer følsomme for toksiske effekter i noen deler av sin utvikling enn i andre. Således vil enkelte benthiske alger være mer følsomme for sinkkonsentrasjonen i vannet når de er i ferd med å feste seg, og når de utvikler zoosporer (Say et al. 1977). Slike variasjoner gir også årtidsvariasjoner med hensyn til akkumulerte metaller (Friant og Koerner 1981). At metallkonsentrasjonene påvirker algenes evne til å absorbere metaller i celleveggene og ikke i cytoplasmaet, som virker mer toksisk, er vist av Massalski et al. (1981), og at metallkonsentrasjonene påvirker algenes utseende er vist av Adshead-Simonsen (1981) og Massalski et al. (1981).

For store konsentrasjoner av metaller i vassdrag vil rett og slett være så toksiske for algene generelt eller for noen arter, at det ikke utvikles algesamfunn i det hele tatt (Eichenberger et al. 1981), eller en får et ensidig algesamfunn av alger med høy toleranse for konsentrasjoner av metaller. Harding og Whitton (1981) fant Lemanea i

vann med sinkkonsentrasjoner på 1.16 mg Zn/l.

Skulberg refererer til funn av grønnalgen Ulothrix subtilis Kütz etter utløp av Dausjøen ved Skorovass gruver i Nord-Trøndelag. Vannet inneholdt her sinkkonsentrasjoner i gjennomsnitt på 3-4 mg Zn/l (O. Skulberg i NIVA-rapport O-42/62: "Kontrollundersøkelse i vassdrag for Elektrokemisk A/S Skorovas Gruber, August 1970").

Ulike benthiske alger akkumulerer det samme metallet i forskjellige konsentrasjoner, slik at bruk av benthiske alger i overvåking av metallpåvirkning forutsetter at de aktuelle algenes akkumuleringsevne er godt kartlagt (Hassett et al.1981). På grunn av algenes noe forskjellige utbredelse og forekomst er det fordelaktig å begrense seg til 2-3 arter, der akkumuleringsegenskapene er ekstra godt kjent.

Whitton og Burrows (1985) har utviklet systemer som viser sammenhengen mellom ulike kjemiske faktorer og metallinnhold i den benthiske algen Cladophora glomerata. (Dette arbeidet har foreløpig bare vært tilgjengelig som abstrakt.)

4. "BAKGUNNSVERDIER" OG KONSENTRASJONSFAKTORER FOR BENTHISKE FERSKVANNS-
ALGER.

ARSEN (As):

"Bakgrunnsverdi microg.As/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
---------------------------------------	-----------------------	------	------

13

Nitella hookeri

Reay 1972

ANTIMON (Sb):

"Bakgrunnsverdi microg.Sb/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
---------------------------------------	-----------------------	------	------

1-3

Samlet periphyto-
samfunn

Friant og
Koerner 1981

BLY (Pb):

"Bakgrunnsverdi microg.Pb/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
---------------------------------------	-----------------------	------	------

12.2

20

Cladophora
glomerata

Keeney et al.
1976

10

Fritschiella
tuberosa

Ahlf og Weber
1981

10

Lemanea
fluviatilis

Harding og
Whitton 1981

ca.3	ca.0.2	Zygonium ericetorum Batrachospermum vagum	Foster 1982
10-30		Cladophora sp.	Gale et al. 1972
8		Cymbella sp.	Hassett et al. 1980
1		Spirogyra sp.	Hassett et al. 1980
40.8 (laveste verdi)		Fritschiella tuberosa	Ahlf 1983
5.8 (laveste verdi)		Cladophora rivularis	Förstner og Prosi 1979
	19.9 (pH=9)	Ulothrix fimbrinata	Hassett et al. 1981
	8.2(pH=9)	Mougeotia sp.	Hassett et al. 1981
14.9		Cladophora sp.	Leland og McNurney 1974
5.2		Cladophora glomerata	Abo-Ray 1977
16	16	Lemanea fluviatilis	Whitton og Say 1975

CADMIUM (Cd):

"Bakgrunnsverdi microg.Cd/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
1.4	18	Cladophora glomerata	Keeney et al. 1976
2		Lemanea fluviatilis	Harding og Whitton 1981
3-6		Nitella fluviatilis	Harding og Whitton 1981
	11.4-14.1	Ulothrix fimbrinata	Hassett et al. 1980
0.08 (laveste verdi)		Cladophora rivularis	Förstner og Prosi 1979
	8.6	Zygnema sp.	Hassett et al. 1981
1.8 (laveste verdi)		Fritschiella tuberosa	Ahlf 1983
0.29 (lav.verdi)		Cladophora glomerata	Abo-Rady 1977
5.6		Ikke spesifisert!	Johnson et al. 1978

CERIUM (Ce):

"Bakgrunnsverdi microg.Ce/g tørrv.	Kons. fakt. KF/1000	Alge	Ref.
	0.25	Spirogyra sp.	Garder og Skulberg 1966
	1.2	Vaucheria walzii	Garder og Skulberg 1966

CESIUM (Cs):

"Bakgrunnsverdi microg.Cs/g tørrv.	Kons. fakt. KF/1000	Alge	Ref.
snitt 1.11 (0.51-1.82)		Pithophora oedogonia	Williams 1970
snitt 1.14 (0.41-1.71)		Cladophora glomerata	Williams 1970
	0.15	Spirogyra spp.	Garder og Skulberg 1966
	0.5	Vaucheria walzii	Garder og Skulberg 1966

JERN (Fe):

"Bakgrunnsverdi microg.Fe/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
ca.100	ca.0.7-0.8	Zygonium ericetorum Batrachospermum vagum	Foster 1982

=====

KOPPER (Cu):

"Bakgrunnsverdi microg.Cu/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
28		Samlet periphyton- samfunn	Friant og Koerner 1981
6.4	1.9	Cladophora glomerata	Keeney et al. 1976
66		Fritschiella tuberosa	Ahlf og Weber 1981
10	ca.0.5	Zygonium ericetorum Batrachospermum vagum	Foster 1982
ca.350-400		Spirogyra cf. singularis	Francke og Hillebrand 1980
ca.100		Oedogonium sp.	Francke og Hillebrand 1980
ca.30		Microspora cf. tumidula	Francke og Hillebrand 1980
ca.15		Mougeotia sp.	Francke og Hillebrand 1980
ca.60		Ulothrix verrucosa	Francke og Hillebrand 1980
ca.18		Draparnaldia glomerata	Francke og Hillebrand 1980
ca.70		Hormidium sp.	Francke og Hillebrand 1980

7		Spirogyra sp.	Hassett et al. 1980
0.79 (laveste verdi)		Cladophora rivularis	Föstner og Prosi 1979
13.7-19.1		Cladophora glomerata	Aulio 1983
9.1		Cladophora glomerata	Abo-Rady 1977

KROM (Cr):

"Bakgrunnsverdi microg.Cr/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
30-64		Samlet periphyton- samfunn	Friant og Koerner 1981
13		Fritschiella tuberosa	Ahlf og Weber 1981

KVIKKSØLV (Hg): (Ulike kvikksølvforbindelser)

"Bakgrunnsverdi microg.Hg/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
10	1.38-1.59	Cladophora glomerata	Burkett 1975
	1.22	Oedogonium sp.	Hannerz 1968
	0.25		
	0.92		

18.2-25.7	Ulothrix fimbrinata	Hassett et al. 1981
9.2-12.0	Zygnema sp.	Hassett et al. 1981
10.9-12.8	Mougeotia sp.	Hassett et al. 1981
0.53-0.68	Cladophora glomerata	Abo-Rady 1977
0.09	Mougeotia spp. Spirogyra spp.	Stokes et al. 1983

MANGAN (Mn):

"Bakgrunnsverdi microg.Mn/g tørrv.	Kons. fakt. KF/1000	Alge	Ref.
141		Fritschiella tuberosa	Ahlf og Weber 1981
ca.900		Cladophora sp.	Gale et al. 1972
793		Cymbella sp.	Hassett et al. 1980
2557		Spirogyra sp.	Hassett et al. 1980
751-976		Cladophora glomerata	Aulio 1983
243 (laveste verdi)		Fritschiella tuberosa	Ahlf 1983

NIKKEL (Ni):

"Bakgrunnsverdi microg.Ni/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
3.5		Fritschiella tuberosa	Ahlf og Weber 1981
11.9-23.8		Cladophora glomerata	Abo-Rady 1977

RUBIDIUM (Rb):

"Bakgrunnsverdi microg.Rb/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
9.6		Fritschiella tuberosa	Ahlf og Weber 1981

RUTHENIUM (Ru):

"Bakgrunnsverdi microg.Ru/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
	0.5	Spirogyra sp.	Garder og Skulberg 1966
	3.3	Vaucheria walzii	Garder og Skulberg 1966

SINK (Zn):

"Bakgrunnsverdi microg.Zn/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
28-98		Samlet periphyton- samfunn	Friant og Koerner 1981
8.2	1.0	Cladophora glomerata	Keeney et al. 1976
55		Fritschiella tuberosa	Ahlf og Weber 1981
107		Lemanea fluviatilis	Harding og Whitton 1981
356		Nitella flexilis	Harding og Whitton 1981
240		Nitella sp.	Boyd og Lawrence 1967
ca. 100-150	ca. 0.1-0.15	Zygogonium ericetorum Batrachospermum vagum	Foster 1982
ca. 10-15		Cladophora sp.	Gale et al. 1972
23		Cymbella sp.	Hassett et al 1980
26		Spirogyra sp.	Hassett et al. 1980
24.1 (laveste verdi)		Cladophora rivularis	Förstner og Prosi 1979
58.9-74.9		Cladophora glomerata	Aulio 1983

62-190		Cladophora glomerata	Abo-Rady 1977
330		Ikke spesifisert!	Johnson et al. 1978
331	150	Lemanea fluviatilis	Whitton og Say 1975

STRONTIUM (Sr):

"Bakgrunnsverdi microg.Sr/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
snitt (0.85-2.31)	1.75	Pithophora oedogonia	Williams 1970
snitt (0.39-2.22)	1.58	Cladophora glomerata	Williams 1970
	0.9	Spirogyra sp.	Garder og Skulberg 1966
	1.4	Vaucheria walzii	Garder og Skulberg 1966

ZIRCONIUM (Zr)/ NIOB (Nb):

"Bakgrunnsverdi microg.Zr/Nb/g tørrv.	Kons.fakt. KF/1000	Alge	Ref.
	0.4	Spirogyra sp.	Garder og Skulberg 1966
	1.1	Vaucheria walzii	Garder og Skulberg 1966

5. KOMMENTARER TIL VALG AV BENTHISKE ALGER I OVERVÅKING AV METALLFORURENSNINGER.

Den til dels store variasjonen en ser i evnen til å akkumulere metaller hos ulike alger, gjør det helt nødvendig å finne frem til en håndfull arter som er vanlig i våre vassdrag, og som dekker, med hensyn til voksesteder, de variasjoner en kan regne med å finne av vannkvalitet.

De algene en velger ut er det videre nødvendig å kjenne de ulike økologiske krav for, og i det hele tatt foreta en grundig undersøkelse omkring. Blant annet ville det være svært gunstig å samle inn de aktuelle algene fra et vidt spektrum av vannkvaliteter. For å få bedre "bakgrunnsverdier" for de ulike metaller i algene må disse samles inn fra ulike upåvirkete områder med hensyn til forurensninger, men der f.eks. berggrunnen er forskjellig, slik at "bakgrunnsverdiene" intervaller kan fastsettes mer nøyaktig for de ulike algene.

En rekke av de algeartene som er benyttet i de undersøkelser som er referert i dette litteraturstudium, vil ikke være aktuelle å benytte i Norge. Først og fremst fordi svært få har noen nevneverdig utbredelse her, dernest fordi flere av dem er vanskelige å artsbestemme. Aktuelle arter å benytte også i Norge vil være Lemanea fluviatilis og Hormidium spp. Andre arter innen ordenen Ulothrichales vil være de mest aktuelle her i landet, f.eks. Ulothrix zonata, Microspora amoena, Spirogyra spp. og Oedogonium spp.

Selv om det først og fremst satses på å bruke moser i overvåking av metallforurensninger, vil det være viktig å utvikle et overvåkningssystem med benthiske alger i tillegg. Bruken av algene bør inngå som et supplement til bruken av moser, da flere områder i vårt land ikke har, eller har vanskelig tilgjengelige moseforekomster i vassdragene.

6. LITTERATURLISTE.

- Abo-Rady, M.D.K., 1977. Die Belastung der oberen Leine mit Schwermetallen durch kommunale und industrielle Abwässer, ermittelt anhand von Wasser-, Sediment-, Fisch- und Pflanzenuntersuchungen.- Diss.Univ.Göttingen (FRG). 120 s.
- Adshead-Simonsen, P.C., G.E.Murray og D.J.Kushner, 1981. Morphological changes in the diatom, Tabellaria flocculosa, induced by very low concentrations of cadmium.- Bull.Environm.Contam.Toxicol. 26: 745-748.
- Ahlf, W., 1983. Use of exposed algae to monitor heavy metals: Seasonal changes in the river Elbe.- S.1167-1169 i Int.Conf.Heavy Metals in the Environment. Heidelberg, Sept.1983. CEP Consultants, Edinburgh 1983. S. 700-1282.
- Ahlf, W. og A.Weber, 1981. A simple monitoring technique to determine the heavy metal load of algae in aquatic ecosystems.- Environ.Tech.Lett. 2: 317-322.
- Aulio, K., 1983. Heavy metals in the green alga Cladophora glomerata as related to shore types in the Archipelago Sea, SW Finland. - Marine Poll.Bull. 14(9): 347-348.
- Boyd, C.E. og J.M.Lawrence, 1967. The mineral composition of several freshwater algae.- Proc. 20th Ann.Conf.S.East Game and Fish Commrs. 1967: 413-424.
- Burkett, R.D., 1975. Uptake and release of methylmercury-203 by Cladophora glomerata.- J.Phycol.11: 55-59.
- Crist, R.H., K.Oberholser, N.Shank og M.Nguyen, 1981. Nature of bonding between metallic ions and algal cell walls.- Environ.Sci.Technol. 15(10): 1212-1217.
- Eichenberger, E., 1979. The study of Eutrophication of algal benthos by essential metals in artificial rivers.- S.111-128 i Biol. Aspects Freshw.Poll. Comm. of the Europ.Communities, 1979.
- Eichenberger, E., F.Schlatter, H.Weilenmann og K.Wuhrmann, 1981. Toxic and eutrophication effects of Co, Cu and Zn on algal benthic communities in rivers.- Verh.Intern.Verein.Limnol. 21: 1131-1134.

- Foster, P.L., 1982. Species associations and metal contents of algae from rivers polluted by heavy metals.- *Freshwater Biol.* 12: 17-39.
- Francke, J.A. og H.Hillebrand, 1980. Effects of copper on some filamentous Chlorophyta.- *Aquat.Bot.* 8: 285-289.
- Friant, S.L. og H.Koerner, 1981. Use of an in situ artificial substrate for biological accumulation and monitoring of aqueous trace metals. A preliminary field investigation.- *Water Res.* 15: 161-167.
- Förstner, U. og F.Prosi, 1979. Heavy metal pollution in freshwater ecosystems.- S.129-161 i *Biol.Aspects Freshw.Poll. Comm. of the Europ.Communities*, 1979.
- Gale, N.L., M.G.Hardie, J.C.Jennett og A.Aleti, 1973. Transport of trace pollutants in lead mining wastewaters.- S.95-106 i D.D. Hemphill (red.): *Proc.Univ.Missouri's 6th Ann.Conf.Trace Subst. Environm.Health*, June 13, 14 and 15, 1972. 399 s.
- Gale, N.L. og B.G.Wixson, 1979. Removal of heavy metals from industrial effluents by algae.- *Dev.Ind.Microbiol.* 20: 259-273 (kap.24).
- Garder, K. og O.Skulberg, 1966. An experimental investigation on the accumulation of radioisotopes by fresh water biota.- *Arch. Hydrobiol.* 62(1): 50-69.
- Hannerz, L. 1968. Experimental investigations on the accumulation of mercury in water organisms.- *Inst.of Freshwater Res. Drottningholm, Rep.48*: 129-176.
- Harding, J.P.C. og B.A.Whitton, 1978. Zinc, cadmium and lead in water, sediments and submerged plants of the Derwent reservoir, Northern England.- *Water Research* 12: 307-316.
- Harding, J.P.C. og B.A.Whitton, 1981. Accumulation of zinc, cadmium and lead by field populations of Lemanea.- *Water Research* 15: 301-319.
- Hargreaves, J.W. og B.A.Whitton, 1976. Effect of pH on tolerance of Hormidium rivulare to zinc and copper.- *Oecologia* 26: 235-243.
- Harvey, R.S. og R.Patrick, 1967. Concentration of ¹³⁷ Cs, ⁶⁵ Zn and ⁸⁵ Sr by freshwater algae.- *Biotech.Bioeng.* 9: 449-456.

- Hassett, J.M., J.C. Jennett og J.E. Smith, 1980. Heavy metal accumulation by algae.- Kap. 21, s. 409-424 i R.A. Baker (red.): Contaminants and Sediments, Vol. 2. Analysis, Chemistry, Biology. Ann Arbor Science, Michigan. 627 s.
- Hassett, J.M., J.C. Jennett og J.E. Smith, 1981. Microplate technique for determining accumulation of metals by algae.- Appl. Environm. Microbiol. 41(5): 1097-1106.
- Jenkins, D.W., 1980. Nickel accumulation in aquatic biota.- S. 283-337 i J.O. Nriagu (red.): Nickel in the environment. John Wiley & Sons.
- Johnson, G.D., A.W. McIntosh og G.J. Atchison, 1978. The use of periphyton as a monitor of trace metals in two contaminated Indiana lakes.- Bull. Environm. Contam. Toxicol. 19: 733-740.
- Keeney, W.L., W.G. Breck, G.W. Vanloon og J.A. Page, 1976. The determination of trace metals in Cladophora glomerata-C. glomerata as a potential biological monitor.- Water Research 10: 981-984.
- Leland, H.V. og J.M. McNurney, 1974. Lead transport in a river ecosystem.- Proc. Int. Conf. Transp. Persist. Chem. Aquatic Ecosyst. Ottawa III. s. 17-23.
- Massalski, A., V.M. Laube og D.J. Kushner, 1981. Effects of cadmium and copper on the ultrastructure of Ankistrodesmus braunii and Anabaena 7120.- Microb. Ecol. 7: 183-193.
- Newman, M.C., A.W. McIntosh og V.A. Greenhut, 1983. Geochemical factors complicating the use of aufwuchs as a biomonitor for lead levels in two New Jersey reservoirs.- Water Res. 17(6): 625-630.
- Peterson, H.G. og F.P. Healey, 1985. Comparative pH dependent metal inhibition of nutrient uptake by Scenedesmus quadricauda (Chlorophyceae).- J. Phycol. 21: 217-222.
- Prosi, F., 1979. Heavy metals in aquatic organisms.- Kap. F, s. 290 og 378 i U. Førstner og G.T.W. Wittmann (red.): Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, Berlin. 486 s.
- Reay, P.F., 1972. The accumulation of arsenic from arsenic-rich natural waters by aquatic plants.- J. Applied Ecol. 9: 557-565.

- Say, P.J., B.M. Diaz og B.A. Whitton, 1977. Influence of zinc on lotic plants. I. Tolerance of Hormidium species to zinc.- Freshw. Biol. 7: 357-376.
- Say, P.J. og B.A. Whitton, 1977. Influence of zinc on lotic plants. II. Environmental effects on toxicity of zinc to Hormidium rivulare.- Freshw. Biol. 7: 377-384.
- Silverberg, B.A., 1975. Ultrastructural localization of lead in Stigeoclonium tenue (Chlorophyceae, Ulotrichales) as demonstrated by cytochemical and X-ray microanalysis.- Phycologia 14(4): 265-274.
- Stokes, P.M., S.I. Dreier, M.V. Farkas og R.A.N. McLean, 1983. Bio-accumulation of mercury by attached algae in acid stressed lakes. Proc. 8th Ann Aquat. Tox. Workshop Nov 2-4 1981, Guelph, Ontario. Canada.- Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., no. 1151, 1983: 136-148.
- Stokes, P.M., S.I. Dreier, M.V. Farkas og R.A.N. McLean, 1983. Mercury accumulation by filamentous algae: A promising biological monitoring system for methylmercury in acid-stressed lakes.- Environm. Poll. (Series B) 5: 255-271.
- Whitton, B.A., 1980. Zinc and plants in rivers and streams.- Kap. 15, s. 364-400 i J.O. Nriagu (red.): Zinc in the environment. John Wiley & Sons, New York. 480 s.
- Whitton, B.A., 1984. Algae as monitors of heavy metals in freshwater.- Kap. 9, s. 257-280 i : Algae as ecological indicators. L.E. Shubert (red.) Academic Press, London. 434 s.
- Whitton, B.A. og P.J. Say, 1975. Heavy metals.- Kap. 13, s. 286-311 i B.A. Whitton (red.): River ecology. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 725 s.
- Whitton, B.A., I.G. Burrows, J.D. Wehr og P.J. Say, 1983. Standard methods for use of algae to monitor heavy metals.- Br. Phycol. J. 18: 212. (abstact!).
- Whitton, B.A. og I.G. Burrows, 1985. Use of Cladophora glomerata to monitor heavy metals in rivers.- Verh. Intern. Verein. Limnol. 22: 2394. (Bare abstact !)

Williams, L.G., 1970. Concentration of 85 Strontium and 137 Cesium from water solutions by Cladophora and Pithophora.- J. Phycol. 6:314-316.