

AI-behandling mot *G. salaris* i Steinkjervassdragene 2006: Test av ny metode for bunndyrovervåking

Terje Bongard



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

**AI-behandling mot *G.*
salaris i Steinkjervassdragene
2006: Test av ny metode for
bunndyrovervåking**

Terje Bongard

2006 - NINA Rapport 197 - 20 s.

Trondheim, november 2006

ISSN: 1504-3312

ISBN 978-82-426-1757-6

ISBN: 82-426-1757-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Terje Bongard

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Odd Terje Sandlund(sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Norsk Institutt for Naturforskning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Terje Bongard

FORSIDEBILDE

Vårfluen *Philopotamus montanus*

(Foto: Oddvar Hanssen)

NØKKEWORD

Ferskvann

Bunndyr

Aluminium

KEY WORDS

Freshwater

Zoobenthos

Aluminium

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA
Tron
dhei-
m
NO-
7485
Tron
d-
heim
Tele

NINA
Oslo
Postboks
736
Sentrum
NO-0105
Oslo
Telefon:
73 80 14
00

NINA
Trom
sø
Po-
larmilj
øsen-
teret
NO-
9296
Trom

NINA
Lille-
ham-
mer
Fak-
kel-
går-
den
NO-
2624

Sammendrag

Bongard, T. 2006. Al-behandling mot *G. salaris* i Steinkjervassdragene 2006: Test av nye metoder for bunndyrovervåking. NINA Rapport 197. 20 sider.

Hensikten med denne rapporten er å prøve ut den modifiserte metoden for innsamling og analyse av bunndyr i elver, som ble presentert i NINA Rapport 113, på det praktiske spørsmålet hvordan behandling med surt aluminium mot Gyro-infeksjon påvirker bunndyrsamfunnet i rennende vann,

I NINAs og NIVAs felles instituttprogram "Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder" ble bunndyrførekommene i ferskvann analysert med utgangspunkt i sannsynlighet for forekomst av de ulike artene innen de ulike regionene i landet. På bakgrunn av dette arbeidet har NINA publisert en modifisert innsamlingsmetodikk og rammene for en indeks som kan brukes til å beskrive økosystemtilstander og påvirkningsgrad i rennende vann ved hjelp av artsforekomster av bunndyr. Den modifiserte innsamlingsmetoden betyr et større fokus på artsforekomst og mindre vekt på kvantitative forhold i bunndyrsamfunnet. Kravene i EUs Vannrammedirektiv om å klassifisere lokalitetens økologiske status legger svært stor vekt på artsforekomst. Ressursbruk ved den undersøkelsen som er rapportert her tilsvarer omtrent én tredjedel av ressursene som kreves ved bruk av tradisjonelle bunndyrmeter.

På grunnlag av resultatene fra to runder med prøvetaking, en rett før og en rett etter Al-behandling i Steinkjervassdragene synes ikke behandlingen å ha dramatiske konsekvenser for artssammensetning og økologisk status for bunndyrsamfunnene. Behandlingen utgjør likevel en tidsbegrenset belastning, og det er tidligere vist at behandlingen fører mange bunndyrarter ut i driv med strømmen. Arter som kun finnes lengst ned i elva kan derfor drive ut i brakk- eller saltvann og dermed forsvinne fra faunaen.

Den nye metodikken har ført til at det ble registrert flere nye arter for området og fylket, og en rødlistet art ble funnet før behandlingen. En mer komplett oversikt over rødlistede og sjeldne arter er imidlertid avhengig av at det gjøres flere runder med prøvetaking gjennom året. Standard bør være fire prøverunder i den isfrie delen av året. I forbindelse med behandling mot *G. salaris* vil dette gi grunnlag for å utføre behandlingene slik at man unngår de mest sårbare periodene til hensynskrevende og rødlistede arter. Dette vil redusere eventuelle negative effekter av fullskalabehandlinger betraktelig, uansett om det er tale om rotenon eller aluminium.

Terje Bongard, NINA, Tungasletta 2, 7485 Trondheim. Epost terje.bongard@nina.no

Abstract

Bongard, T. 2006. Al treatment for removal of the parasite *Gyrodactylus salaris*: Testing a new method for monitoring benthic animals *NINA Rapport 197*. 18 pp.

This report presents data from applying a modified sampling technique and fauna index to monitor the treatment of the Steinkjer rivers with acidic aluminium. The purpose of the technique and index is to develop a feasible method of practical biomonitoring of zoobenthos communities in relation to the concept of ecological status in river ecosystems in accordance with the classification system of EU's Water Framework Directive (WFD).

Traditional indices based on macroinvertebrates in rivers are riddled with methodological and statistical problems. The index tested here is based on a different approach by focusing on the set of common species of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera predicted to be present in all undisturbed localities within any region. The deviance from the predicted norm in pristine rivers in the region forms the basis for classification of the water body in accordance with the WFD's five steps scaling regarding ecological status. This reduces the problems related to deficient sampling methods. The index must be calibrated for each region at the national level, and may easily be adapted throughout Europe, provided that sufficient information about the distribution and occurrence of species within these taxonomic groups is available. The index is calibrated for autumn sampling in this report.

The results from the sampling of the Steinkjer rivers show that the treatment had minor impacts on the fauna, but year-round sampling before and after would be necessary to reach a more definitive conclusion.

Terje Bongard, NINA, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Terje.bongard@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Metode	7
2.1 Prøvetaking.....	7
2.2 Analyse og indeks.....	9
3 Resultater	10
4 Diskusjon	11
4.1 Faunaen i Steinkjerelvene.....	11
4.2 Metode og indeks.....	11
5 Vedlegg	14
6 Referanser	19

Forord

EUs Vannrammedirektiv (VD) bestemmer at bunndyr er en av organismegruppene som skal brukes i klassifisering og overvåking av rennende vann. Klassifiseringen skal i stor grad baseres på artsforekomst. I NINAs og NIVAs felles instituttprogram "Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder" ble det utviklet et system for å analysere og vurdere bunndyrforekomstene i ferskvann med utgangspunkt i sannsynlighet for naturlig forekomst av de ulike artene innen de ulike regionene i landet. På bakgrunn av dette arbeidet har NINA publisert en modifisert innsamlingsmetodikk og rammene for en indeks som kan brukes til å beskrive økosystemtilstander og påvirkningsgrad i rennende vann ved hjelp av artsforekomster av bunndyr. Den modifiserte innsamlingsmetoden betyr et større fokus på artsforekomst og mindre vekt på kvantitative forhold i bunndyrsamfunnet. Indeksen klassifiserer lokalitetene etter VDs fem klasser for økologisk status. Den metoden og indeksen vi har foreslått vil gjøre det praktisk mulig å gjennomføre klassifisering og overvåking av bunndyr i rennende vann. Det er imidlertid nødvendig å teste denne metodikken i praksis for å skaffe mer erfaring med hvilke resultater man kan oppnå i forhold til ressursbruk ved innsamling og analyse.

Etter at bekjempelse av *Gyrodactylus salaris* i laksevassdrag kun var basert på tilsetning av rotenon til elvevannet, er det de siste årene gjort flere forsøk på å utrydde parasitten ved å tilsette aluminiumioner til forsuret elvevann. Hittil er ikke parasitten gjenopptaget i noen av de elvene som er behandlet med aluminium. Begge behandlingsmetoder påvirker i noen grad bunndyrfaunaen. Selv om biomassen av bunndyr kan ta seg relativt fort opp etter både rotenon- og Al-behandlinger, har det vist seg å kunne være større forskyvninger i artssammensetning og forekomst. Det er derfor et stort behov for å samle empirisk kunnskap om bunndyrfaunaen i berørte vassdrag, for å forstå om endringene i bunndyrsamfunnet er varige.

Denne rapporten beskriver effektene av behandlinger med aluminium i Steinkjervassdragene basert på to prøvetakinger, en før og en etter Al-utslipp med tilhørende pH-justering, som ble foretatt i perioden 21. august - 5. september 2006. NINA finansierte denne bunndyrundersøkelsen med sikte på å skaffe erfaring med bruk av den modifiserte metoden og indeksen, sammenlignet med ressursbruk og resultater ved bruk av tradisjonelle bunndyrmetoder.

7. desember 2006

Terje Bongard

1 Innledning

Undersøkelser av bunndyr i rennende vann er ressurs- og arbeidskrevende. Særlig er undersøkelser som skal skaffe pålitelige tall for biomasse og tetthet av de forskjellige artene i bunndyrsamfunnet kostbare. Dersom fokus flyttes fra mengdene av de ulike artene til hvilke arter som forekommer på lokaliteten er det mulig å redusere ressursbehovet. Den modifiserte innsamlingsmetoden og indeksen som ble foreslått av Bongard (2006) er et skritt i denne retningen. Metoden må imidlertid testes ut i praktiske undersøkelser. Her rapporteres resultatene av en slik praktisk test, utført i forbindelse med aluminiumsbehandling av Steinkjervassdragene mot infeksjon av *Gyrodactylus salaris* på laks.

Surt aluminium har vært brukt i flere vassdrag for å utrydde laksparasitten *G. salaris* (Batnfjordselva, Lærdalselva). Hittil er det ikke registrert reinfisering av disse elvene. Behandlingen påvirker imidlertid også annet liv i elva, og det har vært gjort enkelte undersøkelser av bunndyr i forbindelse med behandlingene (Bongard, 2005). Behandlingen av Steinkjervassdragene ble utført i tidsrommet 21. august til 5. september 2006, og undersøkelsene ble utført 15.-16. august og 20.-21. september 2006.

I NINA og NIVAs felles instituttprogram "Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder" ble bunndyrforekomstene i ferskvann analysert med utgangspunkt i sannsynlighet for forekomst av de ulike artene innen de ulike regionene i landet (Aagaard et al., 2002). Dette innebærer at vi på en lokalitet som ikke er påvirket av forurensning eller andre menneskelige inngrep vil forvente å finne et visst utvalg av bunndyrarter. På bakgrunn av dette arbeidet har NINA foreslått en indeks som kan brukes til å beskrive økosystemtilstander og påvirkningsgrad ved hjelp av bunndyr (Bongard, 2006). Indeksen kan brukes til å plassere lokalitetene etter Vanddirektivets (VD) fem klasser for økologisk status. I henhold til VD er bunndyr en av organismegruppene som skal brukes i klassifisering og overvåking av rennende vann. Fordi fokus flyttes fra biomasse og tetthet av bunndyr til forekomst av arter, foreslås også en modifisert rutine for innsamling av prøvene, med sikte på å redusere ressursbehovet. Dette er nødvendig dersom det i praksis skal være mulig å gjennomføre tilfredsstillende overvåking av bunndyr i rennende vann.

2 Metode

2.1 Prøvetaking

Prøvetakingen gjøres ved å ta gjentatte sparkeprøver av en viss varighet. I praksis er det slik at jo mer algemateriale og organisk materiale som finnes i substratet, jo fortere tettes håven. På lokaliteter med høy grad av begroing kan det allerede etter kort tid oppstå clogging (dvs. håvduken tetter seg) med påfølgende bølge foran håven. Prøvetakingen avsluttes før dette oppstår, og ny prøve påbegynnes. I og med at metoden ikke er direkte avhengig av en bestemt prøvetid tilpasses derfor hver enkelt sparkeprøve etter forholdene ved den enkelte lokalitet. Prøvetaker vurderer dette mens prøven tas. Det tas gjerne 3-6 prøver á 1-3 minutter. Prøvene tas med formål å dekke flest mulig mikrohabitater, dyp og strømforhold ved lokaliteten. Prøvene plukkes deretter fortløpende fra en bakk med hvit bunn med formål å samle eksemplarer av alle arter døgn-, stein- og vårfluer (EPT-artene), og alle grupper av bunndyr. Det er altså nødvendig at prøvetaker har erfaring fra arbeid med artsinventar i ferskvann. Etter plukking i 1-2 timer avgjøres om det er nødvendig med ytterligere prøvegjennomgang eller prøvetaking. Slekter med flere like arter samples mer inngående, og dette vurderes konkret på følgende måte:

Døgnfluer, ca 45 arter:

Vanligvis dominerer de svømmende *Baetis*-artene i den første delen av prøvene. Slekten består i Norge av 10 arter, hvorav *B. rhodani* er den mest vanlige og ofte dominerende. To arter er vanligere i stillestående vann. En art finnes mest i høyereliggende strøk. To er mørkere på

farge, og lar seg lett skille ut av et trenet øye. Fire arter er svært like *B. rhodani*, og det kreves derfor at det samles inn mange eksemplarer (opp til 100-200, dette er fort gjort hvis populasjonene er store), og at det videre gjennom plukkingen samles dyr som ser avvikende ut.

Det er tre *Ephemerella*-arter som det er mulig å skille i felt.

Det er fire *Heptagenia*-arter. De to vanligste er svært like, mens de to andre greit kan skilles fra disse i felt. Artene opptrer vanligvis i lave antall, og dermed er det vanligvis best å plukke de fleste individene.

De andre døgnfluene opptrer vanligvis i små antall, og dokumenteres med noen eksemplarer.

Steinfluer, ca 35 arter:

Familien Perlodidae består av relativt like arter, men opptrer som regel i begrensede antall, slik at de fleste individene bør plukkes. Av de tre *Amphinemura*-artene er to relativt like, men opptrer i små antall, og de fleste plukkes. De fire *Leuctra*-artene består av en lett kjennelig art, en som bare er stor om våren, og to som er svært like og som opptrer om høsten. Dermed må det tas mange av disse for å kunne dokumentere tilstedeværelse av begge. Tilsvarende for *Capnia*-artene, som må plukkes i et større antall eksemplarer. De andre steinflueartene er enten i små antall eller lett gjenkjennelige.

Vårfluer, ca 200 arter:

Dette er den mest artsrike gruppen i rennende vann i Norge etter tovingene. De vanligste artene er:

Rhyacophila nubila: I Europa utgjør slekten mange arter, men i Norge finnes bare to, hvorav den ene er en av Norges vanligste, og finnes i store antall i alle biotoper. Uheldigvis er den andre arten svært sjelden, og meget lik den vanlige. Det er dermed i praksis lite sannsynlig å påvise søsterarten *R. fasciata* i rutineundersøkelser.

Polycentropus flavomaculatus, *Plectrocnemia conspersa* og *Potamophylax*-artene er også vanlige, og lett påviselige.

De fleste vårflueartene opptrer i lave antall, og er relativt ulike hverandre. I praksis fører dette til at de fleste individene plukkes. Unntakene er masseoppblomstringer som kan forekomme av for eksempel slektene *Polycentropus*, *Hydropsyche*, *Apatania*, *Potamophylax* eller *Glossosoma*, og som det dermed ikke er nødvendig å plukke mange av. Kunnskaper om forventet artsinventar er avgjørende for å vurdere antall som bør plukkes, og størrelsesulikheter og andre kriterier må anvendes for å vurdere om det er snakk om en eller flere arter som er til stede.

I tillegg dokumenteres alle grupper av organismer, som snegl, igler, klobiller og andre biller, tovinger, vannymfer og øyenstikkere, ved at det plukkes noen eksemplarer,

Den relative forekomsten av arter og grupper kan avgjøres med en semikvantitativ skala, eksempelvis tre- eller femdelt, eller det kan subsamples antall pr. minutt ved å telle opp en fraksjon direkte i bakken. Bunndyr er klumpvis fordelt i substratet, og dagens kvantitative metoder (for eksempel Surber-metoden) gir så varierende resultater at det er vanskelig å oppnå statistisk konfidens uten et stort antall prøver. For de aller fleste formål vil en subsampling av antall som beskrevet her være tilstrekkelig nøyaktig for å fastslå om forekomstene er innenfor forventede rammer.

I tillegg til dette har erfaring vist at slaghåving i vegetasjonen langs elva ved lokaliteten kan gi gode resultater ved at det påvises voksne individer. Ideelt burde en ha satt opp feller som fanger kontinuerlig (Malaisetelt), men i praksis er dette sjelden økonomisk mulig. Organismene fanget ved slaghåving legges i sprit og artsbestemmes på laboratorium.

Denne metoden ble fulgt i Figga, Byaelva og Oгна for å undersøke virkningene av surt aluminium på bunndyrfaunaen. Metoden innebærer å legge mye mer ressurser i hver stasjon i stedet for å spre innsatsen. Det er derfor tatt to stasjoner i Figga og Byaelva, og fire stasjoner i Oгна.

En fullstendig oversikt over faunaens artsammensetning krever flere prøvetakinger gjennom sesongen, da de ulike artene har forskjellige klette- og flygetidspunkter. Prøvetaking bør gjøres fire ganger per år: vår, tidlig sommer, sen sommer og høst.

2.2 Analyse og indeks

Ved analyse av prøvene legges det vekt på å registrere alle artene, mens opptellinga av de store antall individer av de vanlige eller trivielle artene begrenses og oppgis som antall i delprøven. Vi anvender en indeks basert på tilstedeværelse i en urørt lokalitet av forventede arter av døgn-, stein- og vårflyer, de såkalte EPT-artene (Bongard, 2006). Hvis artene finnes har lokaliteten svært god økologisk status. Mangler noen av de forventete artene må dette vurderes ut fra naturlige miljøforhold og eventuell menneskelig påvirkning på lokaliteten. Denne vurderingen ut fra antall arter som mangler gir grunnlag for å klassifisere lokaliteten etter den femdelte VD-skalaen (Vedlegg 1). Indekser som på denne måten bygges på artsforekomster kan i prinsippet skreddersys til hver årstid ved å tilpasses de artene som forventes å være til stede da.

Det er en ulempe at ulike indekser må utarbeides for de ulike klima- og økoregionene i Norge. Dette er imidlertid uunngåelig fordi det naturlige artsinventaret i en urørt lokalitet varierer fra sted til sted i landet. Sammenligninger mellom ulike landsdeler kan derfor ikke gjøres direkte med samme indeks. Med nåværende kunnskap er det imidlertid mulig å antyde foreløpige artslistor for regioner, og disse vil kunne utvikles og forbedres etter hvert som vår kunnskap om hver enkelt region øker. Med dette er grunnlaget lagt for utarbeidelse av regionalt tilpassede klassifiseringssystemer for rennende vann. Indeksene vil kunne bli sentrale for forvaltningen av biologisk mangfold i vassdrag og for oppfølgingen av VD i Europa. VDs definisjon av og krav til økologisk status relateres til biologisk mangfold. Den foreslåtte indeksen forholder seg direkte til dette, ved å operasjonalisere den femdelte skalaen i forhold til artsmangfoldet. Et viktig poeng er at prøver som heretter tas med denne metoden ikke vil miste sin verdi selv om klassifiseringen endres som følge av et bedre kunnskapsgrunnlag (Bongard, 2006).

VD definerer også hvilke belastninger på vannforekomsten som skal kunne identifiseres av en undersøkelse, og indeksen bør derfor i tillegg kunne anvendes for alle situasjonene nevnt i vedlegg 2. Et direkte mål på disse belastningene er nettopp artsmangfoldet og hvilke arter som mangler i forhold til en forventet urørt fauna.

De metodiske problemene er store i forbindelse med innsamling av bunndyr i rennende vann. Klumpvis fordeling av dyra og tilfeldig variasjon tilslører ofte den reelle forskjellen mellom prøver fra ulike lokaliteter (Gerrodette, 1987; Aagaard et al., 2004). Den innsamlingsmetoden vi har brukt her innebærer mindre fokus på å telle opp nøyaktig antall individer per art og prøve, og mer innsats på å registrere arter. Dette gir økt sannsynlighet for at sjeldne og rødlistede arter blir registrert (Bongard, 2006).

Måling av økologisk status er meget komplisert. Vedlegg 3 summerer opp noen av de viktigste variablene som vanskeliggjør dette arbeidet. Bildet kompliseres ytterligere ved at faktorene ofte er innbyrdes avhengige eller påvirker hverandre. Konklusjoner fra AQEM og STAR-prosjektene viser at de tre viktigste variablene er klima, helling/vannhastighet og vannløpets størrelse, i tillegg til at vurderingen alltid bør baseres på arter heller enn høyere taksonomisk nivå (Sandin & Verdonschot, 2006; Verdonschot, 2006b; Verdonschot, 2006a; Resh, 1993). Problemene har vært store med metodikk og sammenligninger mellom regioner og land både i disse prosjektene og de pågående Geographical Intercalibration Groups (GIGs) (McGarrigle, 2006). Dette arbeidet er bare i startfasen når det gjelder å konkretisere hvordan undersøkelser skal designes for å kartlegge økologisk status.

3 Resultater

Resultatene av prøvene fra Steinkjærelvene er vist i vedlegg 4. Det ble funnet 16 døgnfluearter, hvorav fem enten er nye for området, er sjeldne eller de står på rødlista. De artene som ble registrert som nye var spesielt gravende arter, eller arter som er foretrekker lavere vannhastighet eller mer begroing. Av steinfluer ble det funnet bare åtte arter, alle er blant de vanligste i Norge. Av vårfluer er det registrert 21 arter, og seks av disse er uvanlige eller nye for området. I tillegg ble det funnet en klobille som er uvanlig for dette området.

I antall dominerte døgnfluene *Baetis rhodani* og *Heptagenia sulphurea*, sammen med vårfluene i *Hydropsyche*-slekten, som er nettspinnende. Det var generelt få grupper og lavere antall enn forventet i hver gruppe. Fjærmygg ble jevnt over bare registrert med 1-10 eksemplarer per prøve, vanligvis er denne gruppen til stede i større antall.

Klassifiseringen av økologisk status med denne nye metoden bygger som nevnt på en forventning om arter som burde være til stede i et urørt økosystem i boreale deler av Midt-Norge. I Rapport 113 (Bongard, 2006) har vi satt opp en forventet artsliste for denne regionen ut fra vårprøver. Foreliggende klassifisering av prøvene fra Steinkjervassdragene er endret ut fra en vurdering av hvilke arter som kan forventes på ettersommeren/høsten. Denne endringen er vist i vedlegg 5, og vurderingen av status etter denne høstskalaen blir som vist i tabell 1.

Tabell 1. Økologisk status basert på artsmangfold av bunndyr i Byaelva, Ogna og Figga, klassifisert etter vanddirektivets fem nivåer (Meget god, God, Moderat, Dårlig, Meget dårlig økologisk status)

	Før behandling	Etter behandling
Figga		
Hafstad	God	God
Nederst	God	God
Byaelva		
Byafossen	Moderat	Moderat
Håkkådalsbrua	Moderat	Moderat
Ogna		
Hylla bru	God	God
Anglebrua	Moderat	God
Bruem	Dårlig	Moderat
Midjo	Moderat	Moderat

Resultatene angir at elvene generelt ligger under referansenivå Meget God økologisk status, og at Byaelva og Ogna ligger på tiltaksgrensen i forhold til EUs krav (M = Moderat økologisk status). Det er ingen merkbar nedgang i artsmangfoldet etter AI-behandlingen, selv om det er en tendens til at dominansforholdene er forrykket ved at arter som er sensitive mot forsurening er gått sterkt tilbake. *B. rhodani* hadde ekstremt lave forekomster etter behandlingen, noe som tyder på drift. Dette ble også registrert under AI-behandlingen i Batnfjordselva (Bongard, 2005). Hafstad og Hylla bru er stasjoner ovenfor behandlede strekninger, og viser ikke den samme tendensen til nedgang i forekomstene av *B. rhodani*.

Ut fra dagens datagrunnlag må det likevel tas forbehold om konklusjonene. Artsforslaget er delvis ment som et eksempel på hvordan en slik skala kan brukes, og akkumulering av data framover vil sannsynligvis endre artslisten og kalibrere skalaen ved at arter faller ut eller tas med. Fordelen med denne formen for datainnsamling og indeks er imidlertid at gamle data vil være like anvendelige og verdifulle over tid.

4 Diskusjon

Innsamling og analyse av prøver med den foreslåtte metoden krever mindre ressurser enn ved tradisjonelle metoder for innsamling og analyse av bunndyr. I tillegg har indeksen den egenskapen at alle typer undersøkelser av bunndyr i rennende vann, også konsekvensutredninger, overvåking, forskning omkring fisk og næringsgrunnlag og rene biomangfoldundersøkelser vil kunne benytte metoden og indeksen. Dette gjør resultatene overførbare, i og med at innsamlingen gjøres på en slik måte at de vanligste artene vil bli påvist, og artslisten utgjør det konkrete datagrunnlaget for indekseringen. Dette åpner for en mer helhetlig og kostnadseffektiv tilnærming for forvaltningen. Metoden er sammenlignbar i tid og rom og resultatene er entydige. Dataene vil være verdifulle for framtidig forskning og overvåking uavhengig av endringer i indeksens kalibrering på bakgrunn av ny empirisk kunnskap om artenes utbredelse. Kvaliteten på klassifiseringen vil bli bedre med økende datatilfang uten at gamle data mister verdi. Problemene med interkalibrering og sammenligninger på tvers av regioner og land vil bli redusert etter hvert som indeksen anvendes og empirisk kunnskap om artsutbredelser og påvirkningsgrad øker. Dette vil også kunne gi et bedre fundament for sammenhengene mellom kjemiske parametere og økologisk status. Det vil bety en mer entydig klassifisering basert på flere miljøvariabler og en bedre basis for oppdelingen av VDs fem nivåer. Registrering av sjeldne og uvanlige arter vil bli bedre fordi metoden innebærer økt innsats på å registrere artsmangfoldet. Når prøver og resultater lagres vil både etterprøving av artsbestemmelse og revurderinger av tidligere klassifiseringer kunne gjennomføres i framtida.

En ulempe er at det kreves relativt høy kompetanse med hensyn til artsbestemmelse av bunndyr til å utføre prøvetakingen på lokalitetene. I praksis kan imidlertid prøver kjøles ned og sendes per post. Prøvetakingemetoden kan også egne seg til forskning innen for eksempel funksjonelle grupper og individstørrelsesrelaterte problemstillinger. De metodiske begrensningene ligger først og fremst i bunndyrenes flekkvise forekomster og de store problemene forbundet med kvantitative mål på antall.

4.1 Faunaen i Steinkjervelvene

Det store antallet uvanlige og nye arter for området som ble påvist i disse enkeltprøvene reflekterer hvor mangelfull vår kunnskap er om bunndyrfaunaen i norske elver. Samtidig er dette en indikasjon på at den nye metoden registrerer arter bedre enn den tradisjonelle metoden. (Arnekleiv, 1997a; Kjærstad & Arnekleiv, 2003) Det er et stort behov for en bedre kartlegging av biomangfoldet i ferskvann. Uten en slik kartlegging er det svært vanskelig å vurdere effekten av inngrep og påvirkninger, og bruken av VDs klassifiseringssystem vil ikke være pålitelig. Spesielt mindre belastninger kan være vanskelige å skille fra naturlige svingninger. Undersøkelser som omfatter hele sesongen er viktig for å kunne gi et helhetlig bilde av faunaen, med vekslinger i artsinventar og forekomster.

Selv om biomassen av bunndyr kan ta seg relativt fort opp etter både rotenon og AI-behandlinger, har det vist seg å være store forskyvninger i artssammensetning og forekomst (Arnekleiv & Bongard, 1990; Arnekleiv, 1997b; Kjærstad, 2004; Bongard, 2005). En undersøkelse fra USA viste at så mye som 21 % av artene fremdeles var borte 5 år etter rotenonbehandling (Mangum & Madrigal, 1999). Det er imidlertid relativt lite konkret kunnskap om hvor mye de enkelte dyregrupper og –arter tåler (Merrett et al., 1991; Herrmann, 2001). Det er derfor et stort behov for å samle empirisk kunnskap om bunndyrfaunaen i berørte vassdrag.

4.2 Metode og indeks

Prediksjonen er at artene i vedlegg 5 bør finnes i alle urørte lokaliteter innen den definerte regionen (boreal Trøndelag). Avvik fra dette artsmangfoldet kan skyldes tre faktorer:

1. Prøven er for liten. For å minske betydningen av denne faktoren har vi valgt arter som forventes å være til stede i registrerbare forekomster i alle lokaliteter. Prøvestørrelsen kan dermed også økes uten at indeksgrunnlaget endres.
2. Forventningen om artsforekomster kan være for høy. Dette vil kunne forbedres gjennom framtidig prøvetaking og akkumulering av data.
3. Et eventuelt resterende avvik fra forventet artsinventar vil være et resultat av menneskelig påvirkning og vil dermed angi økologisk status.

Alle prøvene tatt både før og etter AI-behandlingen indikerer at alle tre elvene er under referansetilstand. Byaelva vurderes som under grensen for tiltak, selv om det må flere prøverunder til gjennom en sesong for å kvalitetssikre artslisten og skaleringen, og dermed konklusjonen.

Kostnadene med den nye metoden er imidlertid langt lavere enn ved den gamle. I Tabell 2 er det satt opp et overslag over tidsbruk for en full undersøkelse med kartlegging av artsmangfoldet i de tre elvene Byaelva, Ognå og Figga for gammel og ny metodikk.

Tabell 2. Anslag over tidsforbruk for ny og gammel metode for kartlegging av artsmangfold av bunndyr i Byaelva, Ognå og Figga, med rapportering og klassifisering av økologisk status etter vanddirektivets fem nivåer.

	Anslått tidsforbruk, timer:
<i>Ny metode:</i>	
Prøvetaking per runde (åtte stasjoner)	15
Gjennomgang av materialet i felt eller på laboratorium	15
Sum	30
Fire runder per sesong (30 t x 4)	120
Rapportering	15
Totalt for tre elver, ny metode	135
<i>Gammel metode:</i>	
Prøvetaking per runde (åtte Surberstasjoner og sparkeprøver)	30
Gjennomgang av materialet på laboratorium	70
Sum	100
Fire runder per sesong (30 t x 4)	400
Rapportering	15
Totalt for tre elver, gammel metode	415

Den gamle eller vanlig brukte metoden er altså anslagsvis tre ganger så tidkrevende som metodikken vi foreslår. Å ta Surberprøver som plukkes i laboratoriet er ressurskrevende, men det viktigste er at antallet for de ulike artene og populasjonene likevel ikke er til å stole på. Artsinventaret blir heller ikke dokumentert så godt. Den nye metoden er mye mer kostnadseffektiv, og fokuserer på å registrere arter. Resultatene er også bedre sammenlignbare over tid fordi fokus ikke er på de statistisk usikre tallene for tetthet eller biomasse.

Undersøkelsene i Batnfjordselva 2003 og 2004 i forbindelse med AI-behandling ble gjennomført med samme metode gjennom hele sesonger (Bongard, 2005). Det ble det oppdaget til sammen ni nye arter for området. Fem av de ti døgnflueartene som ble funnet var nye for ytre Møre og Romsdal, og fire av 15 vårfluearter var nye for Møre og Romsdal. Selv om det ble registrert en tydelig nedgang i artsantall og forekomst av alle grupper etter behandlingen i 2004 ble det likevel funnet enda en ny døgnflueart for området ved den prøverunden. Undersøkel-

sene i Steinkjervassdragene er begrenset til to runder i forbindelse med AI-behandlingen, men resultatene viser tilsvarende tendenser ved at det ble registrert en stor andel nye arter for området for hver prøverunde.

Det er blant de artene som forekommer sporadisk man finner de sjeldne og rødlistede (Aagaard et al., 2004). I alle invertebratsamfunn er det alltid arter til stede som har svært fåtallige bestander.

Hvis disse artene i en elv er;

1. fåtallige, lav bestand
2. tilstede i elva som larver eller nymfer under behandlingen,
3. er sårbare i forhold til en menneskelig påvirkning (i dette tilfellet AI og pH)
4. bare er utbredt i behandlede strekninger, og
5. ikke har refugier i ubehandlede deler,

kan bestandene bli slått helt ut av driv forårsaket av inngrepet (her forsuring og aluminium), selv om individene ikke dør direkte av behandlingen.

Ut fra en totalvurdering ser det ut til at aluminium i kombinasjon med lav pH ikke gir varige skader på bunndyrsamfunnet. Hvis man skal kunne si noe sikkert om rødlistede og sjeldne arter er det imidlertid nødvendig å gjøre en grundigere inventering helst gjennom flere sesonger før behandling. En slik kartlegging vil gjøre det mulig å legge AI-behandlingen utenom de mest sårbare periodene til hensynskrevende og rødlistede arter.

Konklusjonen er at den nye metoden ga gode resultater for karakterisering av økologisk status i Steinkjervassdragene i forbindelse med AI-behandlingen.

5 Vedlegg

Vedlegg 1. Beskrivelse av de ulike klassene av økologisk status i henhold til de normative definisjonene gitt i Vannrammedirektivets Annex V.

1. Meget god økologisk status, MG. Dette er referansetilstanden, det vil si slik økosystemet framstår som om det er uten, eller omtrent uten, menneskelig påvirkning.

2. God økologisk status, G. Påvirkningen er innen akseptable nivåer. Økosystemet er nesten intakt og er bærekraftig. Representerer EUs minimumsmål for alle vannobjekter innen 2015. (Engelsk tekst: There are slight changes in the composition and abundance of invertebrate taxa from the type-specific communities (som er High status = referanse). The ratio of disturbance-sensitive taxa to insensitive taxa shows slight alteration from type-specific levels. The level of diversity of invertebrate taxa shows slight signs of alteration from type-specific levels).

3. Moderat økologisk status, M. Økosystemet viser tegn på stress som forringer mangfoldet. Usikker bærekraftighet. Vannobjektet skal derfor være gjenstand for tiltak. (Engelsk tekst: The composition and abundance of invertebrate taxa differ moderately from the type-specific communities. Major taxonomic groups of the type-specific community are absent. The ratio of disturbance-sensitive taxa to insensitive taxa and the level of diversity, are substantially lower than the type-specific level and significantly lower than for good status).

4. Dårlig økologisk status, D. Skadet økosystem med betydelig forringet mangfold i form av manglende arter og/eller oppblomstring av enkelte hardføre arter. Ikke bærekraftig.

5. Meget dårlig økologisk status, MD. Økosystemene svært skadet.

Vedlegg 2. Belastninger og krav til vurdering og identifisering i Vannrammedirektivets Annex II, punkt 1.4.

- Betydelig punktkildeforurensning
- Vesentlig forurensning fra diffuse kilder
- Betydelige vannuttak til by-, industri- og landbruksformål og andre formål
- Virkningen på strømningsforhold og vannbalanse ved betydelig regulering av vannføring, herunder overføring og omledning av vann
- Betydelige morfologiske endringer i vannforekomster
- Arealbruksmønstre, herunder identifikasjon av viktige by-, industri- og landbruksarealer, samt eventuelt fiskeri- og skogsområder
- Andre vesentlige menneskeskapte påvirkninger av overflatevannstanden.

Vedlegg 3. Noen av de viktigste parametrene det må tas hensyn til i vurderingen av økologisk status i rennende vann generelt.

Parameter:	Spenn fra:	Til:
<i>1. Kjemiske variabler:</i>		
Kalk	Kalsium lite	mye
Surhetsgrad (inkl. naturlig variasjon)	pH/ANC/alkalitet lav	pH/ANC/alkalitet høy
Organisk belastning (inkl. naturlig variasjon)	Fosfor lite	mye
	Nitrogen lite	mye
	TOC lavt	TOC høyt
Industriforurensning, metaller	lite	mye
<i>2. Landskapsdimensjoner:</i>		
Del av Norge	Sør	Nord
Høyde over havet	Lavland	Fjell
Kystnærhet	Nær kysten	Innland
Økoregion	Nemoral	Alpin
<i>3. Vannforekomstens dimensjoner:</i>		
Nedbørfelt	Lite	Stort
Nedbørfeltets form	Bredt, kort, bratt	Langstrakt, smalt, flatt
Vannføring i prøvetidspunkt	Høy	Lav
Vannhastighet/helningsgrad på prøvepunktet	Høy	Lav
Vannhastighet i tiden før prøvetaking	Høy	Lav
<i>4. Prøvetakingsmetodikk:</i>		
Prøvens presisjon/kvalitet	Lav	Høy
Individuelle variasjoner i utførelsen av innsamlingen	Små	Store
Årstid	Vår	Høst
<i>5. Bunndyrfaunaens variasjoner:</i>		
Taksonomisk nivå	Art	Slekt, familie
Utbredelse	Forekommer	Forekommer ikke
Bestandstørrelser	Små	Store
Individstørrelser	Små	Store
Fenologi (tidspunkt voksne individer)	Tidlig vår/tidlig høst	Sen vår/sen høst

Vedlegg 4. Artsmangfold og antall pr R1 for stasjoner i de behandlede vassdragene Figga, Byaelva og Ogna, Steinkjer. AD = voksne.

	FIGGA:		BYAELVA:		OGNA:											
LOKALITET	Hatstad	Hatstad	Figga nederst	Figga nederst	Byafossen	Byafossen	Håkkådalsbrua	Håkkådalsbrua	Hylla bru	Hylla bru	Auglebrua	Auglebrua	Bruen	Bruen	Midjo	Midjo
DATO	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006
UTM ref 32 V (WGS 84 blått)	32 V PR 226965		32 V PR 222996		32 V PR 245037		32 V PR 224015		32 V PR 40799?		32 W PS 313019		32 W PR 270998		32 W PS 234016	
Bløtdyr																
<i>Lymnaea peregra</i> vanlig damsnegl		1		2	1		1		2	2		1		1	1	1
<i>Planorbidae</i> skivesnegl						1										
<i>Bivalvia</i> muslinger								2		1						
Igler						1									1	
Fåbørstemark	1	5	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1
Midd	2	3	2	5	1	2	1	1	15	5	2	1	2	2	2	5
Døgnfluer																
<i>Baetis muticus</i>									1		1		5		15	
<i>Baetis niger</i>										5						
<i>Baetis rhodani</i>	315	75	55	22	40	1	35	3	20	55	25	2	10	3	60	3
<i>Baetis scambus</i>									1				1		1	
<i>Heptagenia dalecarlica</i>	8	1	10			1			8	2	8	2	10	2	15	5
<i>H. joernensis</i>	1		1 AD													
<i>H. sulphurea</i>	10	25	10	35	4	5	6	5	15	8	6	25	6	20	20	20
<i>Ephemerella aurivilli</i>									2	1		1				
<i>Ephemerella mucronata</i>										1						
<i>E. ignita</i> : Uvanlig, ikke registrert NTY					1		1									
<i>Caenis rivulorum</i> : Rødlistet som R, ny for NTI															1	
<i>Caenis sp (horaria?)</i> Uvanlig, ikke registrert NTY												2		2		2
<i>Leptophlebia marginata</i>									1							
<i>Paraleptophlebia cincta</i> : Sjelden i Norge																AD
<i>Ephemera danica</i>	1		1	1												
<i>E. vulgata</i> : Uvanlig, ikke registrert NTY											1					

	FIGGA:		BYAELVA:		OGNA:		HÅKKÅDALSBRUA		HÅKKÅDALSBRUA		BRUEN		MIDJO		MIDJO	
LOKALITET	Hatstad	Hatstad	Figga nederst	Figga nederst	Byafossen	Byafossen	Håkkådalbrua	Håkkådalbrua	Hylla bru	Hylla bru	Auglebrua	Auglebrua	Bruen	Bruen	Midjo	Midjo
DATO	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006	15.08.2006	20.09.2006
Steinfluer																
<i>Diura nanseni</i>	2	2	1	1			1		1	2		1		1		
<i>Isoperla grammatica</i>	2	4	1	1	AD	2		2		8	AD	2		1		2
<i>Isoperla obscura</i>		1														
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>						1								1		1
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	1	2	1	1		1		1		2		4			1	
<i>Protonemura meyeri</i>		1	1	1		1	1									1
<i>Leuctra fusca</i>	4AD		6 AD		1 AD		3 AD		1		1		2		2 AD	
<i>L. hippopus</i>		1					AD									1
Vannkalver															1	
Klobiller																
<i>Elmis aenea</i>	1	2	1	2		1				3		1			1	1
<i>Oulimnius tuberculatus:</i> <i>Uvanlig</i>									1				1			
<i>Limnius volckmari</i>	1	2	1	1		1	1		2	3	1	1	1	1	1	2
Mudderfluer (Sialis sp.)									1							
Vårfluer																
<i>Rhyacophila nubila</i>	5AD	2	2 AD	2	1 AD	1	1 AD	1	1	1	AD	1	1 AD	1	1 AD	1
<i>Glossosoma intermedia:</i> <i>Ny NT</i>	AD				AD					5		5		5		4
<i>G. nylanderii</i>	3										3		3 AD	1		2
<i>Hydroptila</i> spp.														1	1	
<i>Wormaldia subnigra:</i> <i>Ny for NTI, kun et funn NTY</i>	AD															
<i>Philopotamus montanus</i>										1						
<i>Plectrocnemia conspersa</i>										1						
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1	1	1	1	8 AD		AD	2	1						AD	1
<i>Neureclipsis bimaculata:</i> <i>Uvanlig</i>					10	1		25								
<i>Hydropsyche nevae</i>						40		10		5	2	10	1	5	1	1
<i>H. pellucidula</i>	1	1	1	10		1	8					5		1	2	1
<i>H. siltalai</i>	1	1		20	10	30	8	15	2	3						3
<i>Arctopsyche ladogensis</i>									1	1						
<i>Lepidostoma hirtum</i>			1						1	1	1					
<i>Potamophylax cingulatus</i>	AD										AD				AD	
<i>P. latipennis</i>	AD	1														
<i>Silo pallipes:</i> <i>Få funn, uvanlig</i>	1	1		2												
<i>Sericostoma personatum</i>	1	1		1						1		1				
<i>Athripsodes cinereus</i>		1												1	AD	1
<i>Ceraclea dissimilis:</i> <i>Ny for NT</i>					1											
<i>C. nigronevosa:</i> <i>Ny for NT</i>					1											
Stankelbeinmygg		2		1			1			1	5			1		1
Knott					5		5	1	1		5				2	
Fjærmygg	5	5	3	5	1	1	2	1	2	10	2	2	3	2	2	2
Sviknott		1		1									1			
Økologisk status(vedlegg 5)	G	G	G	G	M	M	M	M	G	G	M	G	D	M	M	M
SUM PR R1	367	142	100	117	87	93	76	70	82	130	64	68	48	54	130	62

Vedlegg 5. Endringer i forventet forekomst av vanlige arter fra vår til høst for Midt-Norge, boreale strøk.

<u>Artsforekomster vår</u>	Arstforekomster høst
<u>Døgnfluer:</u>	
<i>Baetis rhodani</i>	x
<i>Ephemerella aurivillii</i>	
<i>Heptagenia dalecarlica</i>	x
	<i>Heptagenia sulphurea</i>
<i>Ameletus inopinatus</i>	
<i>Baetis scambus</i>	Minst en <i>Baetis</i> -art
<i>Baetis muticus</i>	i tillegg til <i>B. rhodani</i>
<i>Baetis subalpinus</i>	
<i>Baetis niger</i>	
<i>Ephemerella mucronata</i>	
<u>Steinfluer:</u>	
<i>Diura nanseni</i>	x
<i>Amphinemura spp.</i>	
<i>Leuctra spp.</i>	x
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	x
<i>Isoperla obscura</i>	
<i>Isoperla grammatica</i>	x
<i>Capnia spp.</i>	
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	
<i>Brachyptera risi</i>	x
<i>Protonemura meyeri</i>	
<u>Vårfluer:</u>	
<i>Rhyacophila nubila</i>	x
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	x
<i>Apatania spp.</i>	x
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	
<i>Potamophylax spp.</i>	
<i>Arctopsyche ladogensis</i>	x
<i>Sericostoma personatum</i>	x
<i>Lepidostoma hirtum</i>	x
<i>Hydropsyche nevae</i>	
	<i>Hydropsyche pellucidula/siltalai</i>
28 arter	16 arter

Vurderingen av økologisk status vil dermed endres tilsvarende, vi foreslår foreløpig:

1. Meget god økologisk status (MG): Forekomst av **13** eller flere arter. Dominansforhold omtrent som forventet.
2. God økologisk status (G): Forekomst av **10-12** arter. Små endringer i forventede dominansforhold.
3. Moderat økologisk status (M): Forekomst av **7-9** arter. Merkbare endringer i forventede dominansforhold.
4. Dårlig økologisk status (D): Forekomst av **4-6** arter. Betydelige endringer i forventede dominansforhold.
5. Meget dårlig økologisk status (MD): Forekomst av **3** eller færre arter. Store endringer i forventede dominansforhold.

6 Referanser

- Arnekleiv, J. V. 1997a. Korttidseffekt av rotenonbehandling på bunndyr i Oгна og Figga, Steinkjer kommune. In: *Vitenskapsmuseet Rapport Zool. Ser.*, pp. 29.
- Arnekleiv, J. V. & Bongard, T. 1990. Reetablering av bunndyr etter Rotenonbehandling In: *Fiskesymposiet*. LFI/VR; Natur- og Miljørådet.
- Arnekleiv, J. V., Dolmen, D., Aagaard, K., Bongard, T., Hanssen, O. 1997b. Rotenonbehandlingens effekt på bunndyr i Rauma- og Hensvassdraget, Møre og Romsdal. Del I: Kvalitative undersøkelser. In: *Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet. Rapport Zoologisk serie*, pp. 48.
- Bongard, T. 2005. Effekter på bunndyr av aluminiumstilsetning mot *G. salaris* i Batnfjords-elva, 2003 og 2004. In: *NINA Rapport 9-2005*, pp. 24.
- Bongard, T., Aagaard, K. 2006. BOKLASS. Klassifisering av økologisk status i norske vannforekomster - elver. Forslag til bunndyrindeks for definisjon av Vanndirektivets fem nivåer for økologisk status. In: *NINA Rapport 113*, pp. 28.
- Gerrodette, T. 1987. A Power Analysis for Detecting Trends. *Ecology*, **68**, 1364-1372.
- Herrmann, J. 2001. Aluminium is harmful to benthic invertebrates in acidified waters, but at what threshold(s)? *Water Air and Soil Pollution*, **130**, 837-842.
- Kjærstad, G. & Arnekleiv, J. V. 2003. Effekter av rotenonbehandling på bunndyr i Oгна og Figga i 2001 og 2002. In: *Vitenskapsmuseet Rapport Zool. Ser.*, pp. 45.
- Kjærstad, G., Arnekleiv, J.V. . 2004. Rotenonbehandling av elver i Rana-regionen i 2003 og 2004: Effekter på bunndyr. In: *NTNU Vitenskapsmuseet, Zool. notat* pp. 23.
- Mangum, F. A. & Madrigal, J. L. 1999. Rotenone effects on aquatic macroinvertebrates of the Strawberry River, Utah: A five-year summary. *JOURNAL OF FRESHWATER ECOLOGY* **14**, 125-135.
- Mcgarrigle, M. 2006. Milestone 6 Report – River GIGs (IN PREP). In: *EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE GENERAL JRC, JOINT RESEARCH CENTRE. Institute of Environment and Sustainability*.
- Merrett, W. J., Rutt, G. P., Weatherley, N. S., Thomas, S. P. & Ormerod, S. J. 1991. The response of macroinvertebrates to low pH and increased aluminium concentrations in Welsh streams: Multiple episodes and chronic exposure. *Arch. Hydrobiol.*, **121**, 115-125.
- Resh, V. H. R., D.M. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall.
- Sandin, L. & Verdonschot, P. F. M. 2006. Stream and river typologies - major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia*, **566**, 33-37.
- Verdonschot, P. F. M. 2006a. Data composition and taxonomic resolution in macroinvertebrate stream typology. *Hydrobiologia*, **566**, 59-74.
- Verdonschot, P. F. M. 2006b. Evaluation of the use of Water Framework Directive typology descriptors, reference sites and spatial scale in macroinvertebrate stream typology. *Hydrobiologia*, **566**, 39-58.
- Aagaard, K., Bækken, T. & Jonsson, B. 2002. Felles instituttprogram. Virkninger av forurensninger på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by- og tettstednære områder. Sluttrapport 1997-2001. In: *NINA Temahefte 19*, pp. 80.
- Aagaard, K., Solem, J. O., Bongard, T. & Hanssen, O. 2004. Studies of aquatic insects in the Atna river 1987-2002. In: *The Atna river: Studies in an Alpine-Boreal Watershed. Hydrobiologia* 521 (Ed. by O.T. Sandlund, K. A.), pp. 87-105: Kluwer Academic Publ.

NINA Rapport 197

ISSN:1504-3312

ISBN 10: 978-82-426-1757-6

ISBN 13: 978-82-426-1757-0



Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: 9500 37 687

<http://www.nina.no>