

Økologiske vannkvalitetsmål i ferskvann - Forslag til nytt klassifiseringssystem for bunndyr

Av Ann Kristin L. Schartau og Torleif Bækken

Ann Kristin L. Schartau er forsker ved Norsk institutt for naturforskning
Torleif Bækken er forsker ved Norsk institutt for vannforskning

Innlegg på fagtreff i Vannforeningen
26. mai 2008

Sammendrag

Forskrift om rammer for vannforvaltningen gjennomfører EUs rammedirektiv for vann i Norge. Miljømålet for naturlige vannforekomster av overflatevann (innsjøer, elver og kystvann) er å oppnå minst god kjemisk og økologisk tilstand innen 2015 for alle vannområder som er med i første planperiode (30 vassdrag med tilhørende kystområder). Dette krever etablering av et nytt, norsk klassifiseringssystem for økologisk tilstand med beskrivelse av referansetilstand og fastsettelse av miljømål for hydromorfologiske, fysisk-kjemiske og biologiske kvalitetselementer. Basert på bunndyr i ferskvann er det laget forslag til klassifiseringssystemer for hhv. forsuring (elver og innsjøer) og eutrofiering / organisk belastning (elver). Ulike forsurings-

indekser og ASPT indeksen (eutrofiering/organisk belastning) vil benyttes for å måle tilstanden i bunndyrsamfunnet. Disse bygger på kunnskap om toleransegrenser hos ulike bunndyrarter (eller grupper av bunndyr). For forsuring er det også foreslått at enkelte signal arter (marflo, skjoldkreps, elvemusling) kan brukes i en grovklassifisering av vannforekomstene. Det er i liten grad forsøkt å skille mellom ulike vanntyper, men typespesifikke referanseverdier og miljømål forventes å komme på plass etter hvert som data- og kunnskapsgrunnlaget øker.

Bakgrunn

Forskrift om rammer for vannforvaltningen (Vannforskriften) gjennomfører EUs rammedirektiv for vann (VD) i norsk rett. Miljømålet for naturlige vannforekomster av overflatevann (innsjøer, elver og kystvann) er å oppnå minst god kjemisk

og økologisk tilstand innen 2015 for alle vannområder som er med i første planperiode (30 vassdrag med tilhørende kystområder). For de resterende naturlige vannforekomster skal det samme målet nås innen 2021, dvs. neste planperiode. Fastsettelse av kjemisk og økologisk tilstand baserer seg på avvik fra forventet naturtilstand (referansetilstand). Dette betyr at dagens klassifiseringssystem for henholdsvis ferskvann og kystvann må revideres. Utvikling av klassifiseringssystemer for økologisk tilstand med beskrivelse av referansetilstand og fastsettelse av miljømål for hydromorfologiske, fysisk-kjemiske og biologiske kvalitetselementer gjennomføres nasjonalt.

Økologisk tilstand skal primært fastsettes ut fra biologiske kvalitets-elementer; for ferskvann omfatter dette planteplancton, vannplanter, begroingsalger, bunndyr og fisk med tilhørende fysisk-kjemiske støtteparametre. For å kunne bruke biologiske forhold til å fastsette økologisk tilstand må det utvikles et nytt klassifiseringssystem basert på biologisk respons langs forskjellige påvirkningsgradienter. Denne

responsen skal måles som avvik fra referansetilstand, og forutsetter kunnskap om naturgitte forhold ved tilnærmet upåvirket tilstand. Avviket måles gjerne som EQR ("Ecological Quality Ratio" = observert verdi/-referanseverdi). For alle vannforekomster som er i moderat eller dårligere tilstand må det gjennomføres tiltak for å bringe disse tilbake til god tilstand. Grensen mellom klassene god og moderat

økologisk tilstand tilsvarer miljømålet og fastsettelse av denne er derfor svært viktig.

Vannforskriftens vedlegg V gir kun kvalitative beskrivelser, de såkalt normative definisjoner, av forskjellene mellom de ulike tilstandsklassene. En av hovedutfordringene ved utvikling av et nytt klassifiseringssystem er å "oversette" de normative definisjonene til kvantitative kriterier som kan brukes til å foreslå mulige grenseverdier mellom de ulike klassene ved ulike grader og typer av påvirkning. Som kvantitativt uttrykk for økologisk respons på en påvirkning, kan det for eksempel brukes en indeks.

Forslag til nytt klassifiseringssystem for ferskvann ble lagt fram i mai 2008. Forslaget bygger på det tidligere "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" (SFT 1997) samt nye kunnskaper som er framskaffet gjennom ulike internasjonale og nasjonale prosjekter de siste 5 årene. Forslaget er nå ute på høring og vil utprøves fra høsten 2008. I Norge har arbeidet vært ledet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Norsk institutt for naturforskning (NINA) i samarbeid med andre fagmiljøer og forvaltningsgruppen for implementering av VD i Norge. Klassifiseringssystemet består av forslag til parametre og klassegrenser for ulike kombinasjoner av vanntype, kvalitets-element og virkningstype. Klassifiseringssystemet er nettbasert (www.vannportalen.no) og inkluderer også en veileder som beskriver faglig grunnlag for systemet og hvordan dette skal brukes.

Bunndyr som kvalitetselement

Bunndyr (makroinvertebrater) er forskjellige smådyr som lever hele eller deler av livet på bunnen av elver og innsjøer. Bunndyrene er først og fremst insekter, men det er også mark, igler, snegler, muslinger, små krepsdyr og vannmidd. Bunndyr er derfor en svært mangeartet gruppe av organismer med ulike krav til miljøet. Det finnes ekstreme rentvansarter og det er arter som er svært tolerante overfor forskjellige typer forurensninger. Dette er en forutsetning for å kunne bruke dem i effektvurdering av forurensninger og vurdering av økologisk tilstand, og en viktig grunn til at de er mye brukt både når det gjelder forsuring og eutrofiering-/organisk belastning av ferskvann.

Valg av parametre

Da det ikke er mulig å beskrive eller overvåke de biologiske kvalitets-elementene i sin helhet bygger klassifiseringssystemet på et sett med parametre eller indekser. Disse må beskrive de viktigste økosystemkomponentene og samtidig være følsomme for den påvirkningstypen, eller kombinasjonen av påvirkningstyper, som er i fokus. Vannforskriftens vedlegg V angir følgende økosystemkomponenter for bunndyr: taksonomisk sammensetning og mengder, forekomst av sensitive vs tolerante arter (eller taksonomiske grupper) og diversitet. Den videre spesifisering av hvilke parametre som beskriver disse økosystemkomponentene er overlatt til hvert enkelt land. Forhold som type påvirkning, naturforhold, rådende

praksis i nasjonal og lokal overvåking med mer vil være avgjørende for valg av parametre.

Ved valg av bunndyrparametre har vi lagt vekt på følgende kriterier:

- Parameteren tilfredsstiller de normative definisjonene i Vannforskriften, vedlegg V
- Parameteren er sensitiv i forhold til den aktuelle virkningstype (signifikans, forklaringsgrad, terskelrespons)
- Parameteren er robust i forhold til overvåkingsmetodikk, vanntyper, biogeografiske regioner
- Hva som finnes av data (mengder, type)
- Om parameteren er validert (for eksempel gjennom interkalibreringsarbeidet, EU prosjektet REBECCA)
- Brukervennlighet

Dersom mulig har vi derfor valgt parametre som vil kunne brukes for alle vanlige vanntyper, som ikke stiller store krav til innsamlingsmetodikk, som er enkle å beregne og hvor det allerede i dag finnes brukbart med grunnlagsdata. Normalt vil imidlertid kravet til faglig kompetanse (spesielt med tanke på taksonomi) øke med økende krav til utsagnskraft (liten grad av usikkerhet) i forhold til fastsettelse av økologisk tilstand.

Bunndyr og forsuring

Ved forsuring avtar antall arter og den relative mengden av forsuringfølsomme bunndyr avtar til fordel for mer forsuringstolerante bunndyr. Mange arter er godt kjent når det gjelder følsomhet for forsuring og

derfor er de fleste bunndyrindekser basert på forekomst og mengder av slike forsuring indikatorer.

Raddum og Fjellheim (1984), Raddum et al. (1988) og Fjellheim og Raddum (1990). Surhetstoleransen, inndelt i fire klasser, angitt for ca 120

Parameter/indeks	Innsjø	Elv (utløp)
Raddums forsuringindeks 1	X	X
Raddums forsuringindeks 2		X
NIVAs forsuringindeks		X (kun humøse elver, Østlandet)
Elvemusling (Margaritifera margaritifera)		X
Marflo (Gammarus spp.)	X	
Skjoldkreps (Lepidurus spp.)	X (kun fjellsjøer)	

Tabell 1. Forslag til bunndyr parametre for vurdering av forsuringstilstand i hhv. innsjøer og elver.

Parametre, referanseverdier og klassegrenser

Det foreløpige klassifiseringssystemet er basert på bunndyrindekser, tabell 1, som er vanlig i bruk i Norge, blant annet gjennom de nasjonale overvåkingsprogrammene for effekter av kalking og forsuring. Det er også tatt med noen signalarter som kan benyttes i en grovkarakterisering av vannforekomstene.

Forsuringindeksene indikerer endringer i artssammensetningen, spesielt tilstedeværelse av indikatorarter. Raddum indeks 2 inkluderer også relative mengder av forsuringfølsomme og tolerante arter. Vanddirektivet krever også parametre for diversitet (for eksempel artsrikdom) og typespesifikke referanseverdier må være fastsatt. Nye indekser som er kompatible med kravene i Vanddirektivet er under utvikling, og vil bli tatt inn i systemet så snart de er klare til bruk.

Bakgrunnen for og beregning av Raddum indeks 1 er beskrevet i

taksa. Indeks I kan innta verdiene 0, 0,25, 0,5 og 1 for enkeltprøver.

Raddum indeks 1 gir en god beskrivelse av forsuringnivået ved middels til sterk forsuring. Fordi den ikke tar hensyn til subletale effekter gir den liten informasjon ved moderat eller begynnende forsuring.

For å få en biologisk indikator på små til moderate forsuringsskader er det utviklet en Raddum indeks 2. Denne er basert på de samme artene som er inkludert i Raddum indeks 1, men justert for forholdet mellom antallet av de mest følsomme døgnfluene og antallet av de tolerante steinfluene (Kroglund et al. 1994, Lien et al. 1996, Raddum 1999). Raddum indeks 2 kan innta en hver verdi mellom 0,5 og 1 (i tilfeller der antall individer av forsuringfølsomme døgnfluer utgjør fra 1 til 50 % av antall individer av tolerante steinfluer) samt også verdier >1 (antall individer av forsuringfølsomme døgnfluer utgjør mer enn 50 % av antall individer av tolerante

steinfluer). I det siste tilfelle er indeksverdien vanligvis satt lik 1 i eldre rapporter. Det nye klassifiseringssystemet baserer seg på at reelle verdier av Raddum indeks 2 rapporteres. Verdier >1 brukt for å indikere svært god tilstand generelt, mens forventet referanseverdi vil avhenge av vanntypen.

NIVAs forsøringsindeks (Bækken og Aanes 1990, Bækken og Kjellberg 2004) baserer seg på det samme erfaringsgrunnlaget som Raddums forsøringsindekser, men er tilpasset forholdene på Østlandet. Det er tatt hensyn til at bunndyrfaunaen her inkluderer flere arter (som en følge av biogeografiske forhold) og at følsomhet for forsuring kan være noe forskjellig fra det man finner hos samme art andre steder i landet. Det siste skyldes at mange av vannforekomstene på Østlandet er vesentlig mer humøse, noe som reduserer de negative effektene av forsuring.

Tilstedeværelse av elvemusling, marflo eller skjoldkreps indikerer at vannforekomsten har en økologisk tilstand som er god eller bedre og vi har derfor kaldt disse for terskelindikatorer. Disse signalartene mangler imidlertid i mange vassdrag av naturlige årsaker, og manglende funn kan derfor ikke uten videre brukes som indikasjon på at vannforekomsten er påvirket av forsuring eller andre belastninger.

Referanseverdier og klassegrenser, tabell 2, er satt ved ekspertvurdering, basert på kunnskap ervervet gjennom mer enn 30 år med forsøringsovervåking. Det finnes brukbart med

data fra forsurrede kalkfattige og svært kalkfattige, klare elver og innsjøer. Data fra humøse vannforekomster og fra referanselokalteter er mer begrenset. På grunn av måten Raddum indeks 1 og NIVA indeks er bygd opp på vil det ikke være mulig å angi referanseverdier for disse. Det betyr at det heller ikke vil være mulig å beregne EQR. For Raddum indeks 2 baserer referanse-verdiene seg på kunnskap om at forekomsten av forsøringsfølsomme bunndyr er positivt relatert til vannets kalsium- og humusinnhold og negativt relatert til høyde over havet. Referanse-verdiene er svært foreløpige og det er sannsynlig at disse kommer til å endres i løpet av de neste årene. I første omgang har vi derfor satt identiske klassegrenser for alle vanntyper.

Krav til datagrunnlag

Fastsettelse av økologisk tilstand bør baseres på minimum fire prøver totalt, framkommet ved kombinasjon av flere prøvetidspunkt og prøvesteder (stasjoner). Dette er nødvendig for å ta høyde for at bunndyrsamfunnet viser relativt store naturlige variasjoner i tid og rom. Prøvene bør imidlertid ikke dekke en periode på mer enn 4 år da forsuringstilstanden kan endres over tid. Antall stasjoner må tilpasses størrelsen på vannforekomsten og naturforholdene for øvrig.

Klassifiseringsveilederen presenterer prosedyrer for videre kvalitets-sikring av bunndyrdata.

Parameter	Raddum Indeks 1	Raddum indeks 2	NIVA indeks	Elvemusling, marflo, skjoldkreps (terskelindikator)
Tilstandsklasse				
Referanseverdi Svært god	Ikke definert 1 ¹	1,1 – 2,52 >1	Ikke definert 1 ¹	Til stede (elvemusling: eldre + yngre individer)
God	>0,75 – 1	>0,75 – 1	1 - 1,25	Til stede (elvemusling: eldre + yngre individer)
Moderat	>0,5 – 0,75	>0,5 – 0,75	1,25 – 2	Ikke definert
Dårlig	>0,25 – 0,5	>0,25 – 0,5	2 – 3	Ikke definert
Svært dårlig	=/ <0,25	=/ <0,25	>3	Ikke definert

¹ det er ikke tilstrekkelig at enkeltprøver oppnår denne verdien (vil ikke kunne skille mellom svært god, god og moderat tilstand). Grenseverdiene baserer seg på gjennomsnittsverdi av minimum 4 prøver samt at det finnes data på mengden av de mest forursningsfølsomme bunndyrene. 2 Vanntype-spesifikke referanseverdier (se løpende tekst).

Tabell 2. Fastsettelse av økologisk tilstand for forsurede innsjøer og elver basert på ulike forursningsindekser for bunndyr samt signalartene elvemusling, marflo og skjoldkreps

Bunndyr og eutrofiering / organisk belastning i elv

Virkingen av eutrofi og særlig av organiske materiale på bunndyrsamfunn har vært studert siden begynnelsen på forrige århundre. Det har blitt utviklet mange indekser og -systemer for å vurdere og klassifisere virkningene. Prinsippet som anvendes er det samme: Det baseres på bunndyrenes forurensningstoleranse og deres fravær eller tilstedeværelse, eventuelt med tillegg av diversitet og mengdeforhold i bunndyrsamfunnet.

Parametre, referanseverdier og klassegrenser

Det foreløpige klassifiseringssystemet for eutrofiering/organisk belastning i elver baserer seg på bunndyrindeksen ASPT (Average Score Per Taxon). ASPT er en robust indeks utviklet i UK (Armitage 1983), men som også

er vanlig brukt ellers i Europa. Den er blant annet inkludert i det svenske klassifiseringssystemet. I mangel av noe ferdig utviklet klassifiseringssystem valgte Norge å delta i interkalibreringsarbeidet (Northern Intercalibration Group) ved å benytte ASPT indeksen.

ASPT er avledet av BMWP (Biological Monitoring Working Party). BMWP baserer seg i utgangspunktet på bunndyrenes ulike toleranse for organisk forurensning, og gir bunndyrfamilier fra 1 til 10 poeng etter stigende følsomhet, tabell 3. Verdiene summeres for alle registrerte bunndyrfamilier i en prøve. Teoretisk kan summen av BMWP variere fra 0 (ingen av de poeng givende bunndyrene er i prøven) til 538 (alle poeng givende familier er til stede). Verdiene er sjelden høyere enn 150 i Norge. ASPT anvender summen

av BMWP-verdier og fordeler den på antall anvendte familier/grupper. Det gir et teoretisk intervall på 0-10. ASPT indeksen blir derved en gjennomsnittlig toleranseverdi for alle bunndyrfamiliene i prøven.

ASPT = $\frac{\sum \text{BMWP}}{\text{Antall familier}}$
 Det taksonomiske kravet for bruk av

indeksen ligger altså på familienivå som vist i tabell 3. Det innebærer at en må kunne identifisere de individene som tilhører de forskjellige familiene på denne listen. Usikkerheten til indeksen ligger først og fremst i at den tilordner en hel familie én og samme toleranseverdi, selv om familien inneholder flere arter.

Hovedgrupper	Familier	Verdi
Døgnfluer	Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae	10
Steinfluer	Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae	
Teger	Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae	
Vårfluer	Aphelocheridae	
	Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	
Kreps	Astacidae	8
Øyestikkere	Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae	
Døgnfluer	Caenidae	7
Steinfluer	Nemouridae	
Vårfluer	Rhyacophilidae, Polycentropidae, Limnephilidae	
Snegler	Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae	6
Vårfluer	Hydroptilidae	
Muslinger	Unionida, Corophiidae, Gammaridae	
Øyestikkere	Platycnemididae, Coenagriidae	
Teger	Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae	5
Biller	Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Elmidae, Chrysomelidae, Curculionidae	
Vårfluer	Hydropsychidae	
Stankelbein/Knott	Tipulidae, Simuliidae	
Flatormer	Planariidae, Dendrocoelidae	
Døgnfluer	Baetidae	4
Mudderfluer	Sialidae	
Igler	Piscicolidae	
Snegler	Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae	3
Småmuslinger	Sphaeriidae	
Igler	Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae	
Ferskvannsasell	Asellidae	
Fjærmygg	Chironomidae	2
Fåbørstemark	Oligochaeta (hele klassen)	1

Tabell 3. Hovedgrupper og familier av bunndyr med tilhørende toleranseverdier som inngår i beregning av ASPT indeks (Armitage et al. 1983).

Referanseverdier og klassegrenser, tabell 4, er satt ved ekspertvurdering, basert på analyse av et nasjonalt materiale på 820 bunndyrprøver samt erfaringer fra interkalibreringsarbeidet. Materialet har ikke vært på en slik form at det har vært mulig å analysere eventuelle forskjeller mellom elvetyper og regioner. I første omgang har vi derfor satt identiske klassegrenser for alle vann typer.

I det svenske arbeidet med vurderingssystemet for elver basert på bunndyr ble det påvist regionale forskjeller i referanseverdiene for ASPT. Det er derfor sannsynlig at dette også er tilfelle for norske elver, og at systemet etter hvert må justeres i henhold til det.

	ASPT verdi	EQR
Referansetilstand	7.0	1
Svært god/god tilstand	6.8	0,98
God/moderat tilstand	6.0	0,86
Moderat/dårlig tilstand	5.2	0,74
Dårlig/svært dårlig tilstand	4.4	0,62

Tabell 4. Grenseverdier for ASPT med tilhørende EQR-verdier i det foreløpige norske vurderingssystemet.

Krav til innsamlingsmetodikk og prøvebehandling

Bunndyr for vurdering av økologisk tilstand tas fortrinnsvis to ganger i året; vår (etter snøsmeltinga) og høst (oktober/november). Prøvene om høsten tas etter at vintergenerasjonene er godt etablert i bunndyrsamfunnet. Alternativt tas prøven tidlig på våren, før vintergenerasjonen klekker til voksne individer. Prøvetaking etter snøsmeltingen er viktig for vurdering

av forsurestilstanden men mindre viktig når vassdraget primært er påvirket av eutrofiering/organisk belastning. Klassegrensene er ikke tilpasset sommerprøver.

Metoden som anbefales for innsamling av bunndyrmaterialet er en såkalt sparkemetode (NS-ISO 7828). Da en slik metode kan variere gir Klassifiseringsveilederen konkrete anbefalinger om hvordan innsamlingen skal utføres. Substratet på prøvestedet bør fortrinnsvis være grovkornet (grus, stein). I elver betyr det at prøvene tas i strykparter. Klassegrensene er ikke tilpasset sakteflytende elver og innsjøer. Klassifiseringsveilederen gir også råd om konservering og videre behandling av bunndyrprøver. En standard for bearbeiding og analyse av bunndyrprøver er under utvikling i CEN (Europeisk standardiseringskomité).

Videre arbeid

Den første versjonen av nytt, norsk klassifiseringssystem for ferskvann vil videreutvikles og justeres fortløpende ettersom erfaring med det nye systemet foreligger. Nye indekser som er kompatible med kravene i VD er under utvikling, og vil bli tatt inn i systemet så snart de er klare til bruk. Det vil også jobbes videre med det faglige grunnlaget for klassifiseringssystemet gjennom ulike forskningsprosjekter, så som NFR prosjektet Bioclass-fresh. Noen av de viktigste oppgavene når det gjelder bunndyr vil være:

Parametre: Bunndyrindeksene som så langt er inkludert i det nye klassifi-

seringssystem for ferskvann viser endringer i sammensetningen av bunndyr, og da spesielt endringer i tilstedeværelse av indikatorarter eller indikatorgrupper basert på deres forurensningstoleranse. VD krever også at parametre for diversitet (for eksempel artsrikdom), sammensetning og mengder skal legges til grunn for tilstandsvurderingen.

Referanseverdier: Generelt er det mangelfull kunnskap om referansetilstand og naturlig variasjoner. Mer overvåkingsdata og nye analyser er nødvendig for å fastsette typespesifikke referanse- og grenseverdier.

Vanntyper: De foreslåtte klassifiseringssystemene er kun testet ut for et fåtalls vanntyper og må videreutvikles. For eutrofiering er det spesielt behov for data på kalkfattige (både klare og humøse) elver samt store og sakteflytende elver. For forsuring må det være mulig å skille mellom naturlig sure (humøse) og forsurede vassdrag.

Virkningstyper: Det mangler foreløpig et klassifiseringssystem for vurdering av eutrofiering i innsjøer basert på bunndyr. I Norge har vi tradisjon for å vurdere eutrofieringstilstanden i innsjøer først og fremst ved overvåking av planteplanktonet. I våre naboland, Sverige og Finland, er det etablert klassifiseringssystemer for eutrofiering av innsjøer basert på bunndyr (litorale og/eller profundale). Videre arbeid i Norge bør skje i nært samarbeid med

disse landene. Dette gjøres blant annet gjennom interkalibreringsarbeidet. For andre virkningstyper, for eksempel hydromorfologiske inngrep, er det et ennå mer omfattende utviklingsarbeid som gjenstår.

Taksonomisk nivå: Tradisjonelt har krav til taksonomisk nivå variert med formålet med undersøkelsen og de økonomiske rammene for prosjektet. For å sikre et best mulig, og sammenlignbart, datagrunnlag med tanke på vurdering av økologisk tilstand, uavhengig av vanntype og virkningstype, bør det stilles større og mer standardiserte krav til taksonomisk nivå. Dette kan for eksempel gjøres ved at det etableres en liste over hvilke bunndyr som skal bestemmes til art. Listen bør inkludere døgnfluer, steinfluer og vårfluer som er de mest vanlige brukte gruppene av bunndyr, i tillegg til igler, og enkelte arter av krepsdyr, snegl og muslinger som lett lar seg artsbestemme. En større taksonomisk oppløsning er blant annet nødvendig for å kunne inkludere parametre for diversitet i klassifiseringssystemet. ASPT indeksen, som er basert på familier, bør også kunne forbedres ved å splitte opp familier i slekter eller arter i de tilfeller der deres toleranse for organisk belastning er kjent.

Referanser

- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. & Furse, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wider range of unpolluted running water sites. –*Wat.Res.* 17: 333-347.
- Bækken, T. & Aanes, K. J. 1990. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifisering. Nr 2A. Forsuring.– NIVA Rapport 2491, 46 s. [http://www.niva.no/symfoni/RappArkiv5.nsf/URL/C125730900463888C1256FB80053E44E/\\$FILE/2491_72dpi.pdf](http://www.niva.no/symfoni/RappArkiv5.nsf/URL/C125730900463888C1256FB80053E44E/$FILE/2491_72dpi.pdf)
- Bækken, T. & Kjellberg, G. 2004. Klassifisering av surhetsgrad og vurdering av forsuring i rennende vann basert på forekomst av bunndyr. Klassifikasjonssystem tilpasset humusrike elver og bekker i østlandsområde. - NIVA Rapport 4923, 13 s. [http://www.niva.no/symfoni/RappArkiv4.nsf/URL/C125730900460902C1257006003AB9F6/\\$FILE/4923_72dpi.pdf](http://www.niva.no/symfoni/RappArkiv4.nsf/URL/C125730900460902C1257006003AB9F6/$FILE/4923_72dpi.pdf)
- Fjellheim, A. & Raddum, G. G. 1990. Acid precipitation: biological monitoring of streams and lakes. - *The Sci. Total Envir.* 96: 57-66.
- Kroglund F., Hesthagen T., Hindar A., Raddum G.G., Staurnes M. Gausen D. og Sandøy S. 1994. Sur nedbør i Norge. Status, utviklingstendenser og tiltak. - Utredning for DN 1994-10.
- Lien, L., Raddum, G. G., Fjellheim, A., & Henriksen, A. 1996. A critical limit for acid neutralizing capacity in Norwegian surface waters, based on new analyses of fish and invertebrate responses. - *The Sci. Total Envir.* 177: 173-193.
- NS-ISO 7828 Vannundersøkelse - Metoder for biologisk prøvetaking - Retningslinjer for prøvetaking med håv av akvatiske bunndyr (= EN 27828:1994) (ISO 7828:1985)
- Raddum, G. G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes. – S. 7-16 i: Raddum, G.G., Rosseland, B.O. & Bowman, J. (red.). Workshop on biological assessment and monitoring; evaluation of models. - ICP-Waters Rapp. 50/99. NIVA, Oslo. [http://www.niva.no/symfoni/RappArkiv5.nsf/URL/C125730900463888C1256FB80053D538/\\$FILE/4091_72dpi.pdf](http://www.niva.no/symfoni/RappArkiv5.nsf/URL/C125730900463888C1256FB80053D538/$FILE/4091_72dpi.pdf)
- Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 1973-1980.
- Raddum, G.G., Fjellheim, A. & Hesthagen, T. 1988. Monitoring of acidification by use of aquatic organisms. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23: 2291-2297.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. Statens forurensningstilsyn.