

323

OPPDRAKSMELDING

Overskridelser av tålegrenser
for overflatevann
og skader på fiskebestander i
innsjøer
i Troms og Finnmark

Trygve Hesthagen
Arne Henriksen
Lars Kvenild



NINA • NIKU

NATURENS
TÅLEGRENSER

Miljøverndepartementet
Fagrapport 65

NINA Norsk institutt for naturforskning

Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander i innsjøer i Troms og Finnmark

Trygve Hesthagen
Arne Henriksen
Lars Kvenild


NATURENS
TÅLEGRENSER

Miljøverndepartementet
Fagrapport 65

Naturens Tålegrenser

Programmet Naturens Tålegrenser ble satt igang høsten 1989 i regi av Miljøverndepartementet.

Programmet skal blant annet gi innspill til arbeidet med Nordisk Handlingsplan mot Luftforurensninger og til pågående aktiviteter under Konvensjonen for Langtransporterte Grenseoverskridende Luftforurensninger (Genève-konvensjonen). I arbeidet under Genève-konvensjonen er det vedtatt at kritiske belastningsgrenser skal legges til grunn ved utarbeidelse av nye avtaler om utslippsbegrensning av svovel, nitrogen og hydrokarboner.

En styringsgruppe i Miljøverndepartementet har det overordnede ansvar for programmet, mens ansvaret for den faglige oppfølgingen er overlatt en arbeidsgruppe bestående av representanter fra Direktoratet for naturforvaltning (DN), Norsk polarinstitutt (NP) og Statens forurensningstilsyn (SFT).

Arbeidsgruppen har følgende sammensetning:

Kjell Huseby	-	NP
Tor Johannessen	-	SFT
Else Løbersli	-	DN
Steinar Sandøy	-	DN

Styringsgruppen i Miljøverndepartementet består av representanter fra avdelingen for naturvern og kulturminner, avdelingen for vannmiljø, industri- og avfallssaker og avdelingen for internasjonalt samarbeid, luftmiljø og polarsaker.

Henvendelse vedrørende programmet kan rettes til:

Direktoratet for naturforvaltning
Tungasletta 2
7005 Trondheim
tel: 73 58 05 00

eller

Statens forurensningstilsyn
Postboks 8100 Dep
0032 Oslo 1
Tel: 22 57 34 00

NINAs publikasjoner

NINA utgir fem ulike faste publikasjoner:

NINA Forskningsrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, i den hensikt å spre forskningsresultater fra institusjonen til et større publikum. Forskningsrapporter utgis som et alternativ til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Utredning

Serien omfatter problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, litteraturstudier, sammenstilling av andres materiale og annet som ikke primært er et resultat av NINAs egen forskningsaktivitet.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. Opplaget er begrenset.

NINA Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern- og turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

NINA Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Hesthagen, T., Henriksen, A. & Kvenild, L. 1995. Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander i innsjøer i Troms og Finnmark. - Naturens Tålegrenser, Fagrapport 65. (NINA Oppdragsmelding 323:1-14).

Trondheim, desember 1994

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0535-1

Rettighetshaver ©:
NINA Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon: Tor G. Heggberget

NINA, Trondheim

Design og layout: Siri Aftret

Sats: NINA

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:
NINA
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel: 73 58 05 00
Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13511

Ansvarlig signatur:

Tor G. Heggberget

Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Hesthagen, T. Henriksen, A. & Kvenild, L. 1995. Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander i innsjøer i Troms og Finnmark. - Naturens Tålegrenser, Fagrapport Nr 65. (NINA Oppdragsmelding 323: 1-14).

Sammenlikning av overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander i innsjøer er foretatt for Troms og Finnmark. Den kritisk kjemiske verdien for skader på fiskebestander, ANC_{limit} (Acid Neutralizing Capacity) er satt til $20 \mu\text{ekvl}^{-1}$. Verdier for overskridelser av tålegrenser og fiskestatus er presentert i småruter på ca 14 x 14 km. Forsuringsskader på fiskebestander i innsjøer er dokumentert ved hjelp av intervju-undersøkelser. Fiskestatus er angitt som uendra, redusert eller tapt, og kvantifisert innen hver rute med en skadeindeks (SI) som varierer fra 0=ingen skader til 1.0=totalskadet. Bestander som er skadet eller gått tapt på grunn av andre årsaker enn forsuring (fysiske inngrep, annen forurensning, biologiske interaksjoner etc), er utelatt fra beregningene.

I Troms foreligger det opplysninger om fiskestatus for 1653 innsjølevende bestander. Aure (*Salmo trutta*) og røye (*Salvelinus alpinus*) er de to dominerende fiskeartene i fylket, og av de kartlagte bestandene er 844 aure (51.1%) og 751 røye (45.4%). Det er opplyst at 121 aurebestander har avtatt, men årsaken synes ikke å skyldes trusselfaktorer. Manglende utsetninger, dårlige gyteforhold og hardt fiske er angitt som de viktigste årsakene. Overskridelser av tålegrenser i Troms er ubetydelige.

I Finnmark omfatter materialet 6434 bestander med kjent status, og av disse er 2349 aure (36.6%) og 2478 røye (38.6%). I dette fylket er det bare fiskebestander i Sør-Varanger nær grensen til Russland som er påvirket av forsuring. Skadene er vesentlig registrert på Jarfjordfjellet, og dette området har også de desidert største overskridelsene av tålegrenser for overflatevann. Foreløpige registreringer viser at 12 aure- eller røyebestander (2.2%, $N_{total}=546$) er skadet eller tapt. Ruter med fiskeskader utgjør et landareal på tilsammen ca 1160 km². Dersom en foretar en manuell avgrensning av innsjøer med reduserte og tapte bestander, blir imidlertid skadet areal bare 30 km².

Emneord: Tålegrenseoverskridelser, overflatevann, innsjøer, fiskestatus, ANC_{limit} , rutenett, Troms og Finnmark.

Abstract

Hesthagen, T., Henriksen, A. & Kvenild, L. 1995. Critical load exceedance for surface waters and damage to fish populations in lakes in Troms and Finnmark counties, northern Norway. - Naturens Tålegrenser, Fagrapport Nr 65 (NINA Oppdragsmelding 323: 1-14).

Independent data set of critical load exceedance for surface waters and fish community status in lakes in Troms and Finnmark counties in northern Norway was compared in grids covering an area of about 14 x 14 km. The Scandinavian countries has decided to use $ANC_{limit}=20 \mu\text{ekvl}^{-1}$ (Acid Neutralizing Capacity) as the critical chemical value for fish. An index expressing fish damages was estimated for each grid, ranging between 0=no damage and 1.0=total damage.

In Troms county, we have recorded fish community status for 1653 stocks, which mainly consisted of brown trout (*Salmo trutta*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Several brown trout stocks were reported as reduced, however, lack of stockings, unfavourable spawning areas and exploitation are considered as the main reasons for these changes in population abundance. In Troms, there are very few areas with exceedance of the critical loads for surface waters. Hence, acidification is not considered as any threat to fish stocks in this county.

In Finnmark, community status are recorded for 6434 fish stocks, and the dominant species were brown trout ($n=2349$, 36.6%) and Arctic charr ($n=2478$, 38.6%). Damaged fish stocks have only been recorded in Sør-Varanger municipality near the Russian border. However, only a minimum of 12 brown trout or Arctic charr stocks (2.2%, $n_{total}=546$) have either been affected or lost. The damaged area is estimated at 1160 km² based on grid cells estimations as opposed to 30 km² using manual limitation. In the grid cell estimation, the entire grid is regarded as damaged, regardless of the extent of damage within the grid. The damaged area for fish stocks corresponds well with that of exceedance of the critical load for surface waters, which are highly pronounced in the Jarfjordfjell region, Sør-Varanger.

Key words: Critical load exceedance, surface water, lakes, fish status, ANC_{limit} , mapping in grids, Troms and Finnmark.

Forord

Denne rapporten er en videreføring av prosjektet som omhandler sammenhengen mellom kjemiske kriterier og fiskestatus (se Naturens Tålegrenser, Fagrapport nr. 36, 43 og 58). Vi takker ingeniør Gunnel Østborg og sivilarbeider Jo Halleraker ved NINA for diverse kartarbeid og punching av data, Geir Inge Gulbrandsen for innsamling av fiskestatus i Sør-Varanger og fiskeforvalter Leif Karlsen for at vi fikk benytte en del data om utbredelse av fiskearter i Finnmark.

I tillegg til kartleggingen i Troms og Finnmark, er det også foretatt supplering av fiskestatus i flere andre fylker. Dette gjelder spesielt Oslo hvor det ikke forelå data fra før, og Møre og Romsdal hvor datagrunnlaget var lite i flere kommuner.

1. desember 1994

Trygve Hesthagen

Innhold

Referat.....	3
Abstract	3
Forord.....	4
Innhold.....	4
1 Innledning.....	5
2 Metoder	6
2.1 Fiskestatus og beregning av skadeindeks.....	6
2.2 Beregning av tålegrenser.....	6
2.3 Kartframstilling	7
3 Resultater	9
3.1 Tålegrenseoverskridelser	9
3.2 Skader på fiskebestander.....	9
4 Diskusjon.....	11
5 Litteratur	12

1 Innledning

Forsuringen av overflatevann blir vurdert som den største trusselen mot miljøet i ferskvann i store deler av Nord- Amerika og Nord-Europa (Schindler 1988). I Sør-Norge ble det satt igang systematisk kartlegging av forursingsskader på fiskebestander i innsjøer tidlig på 1970 tallet (Jensen & Snekvik 1972, Snekvik 1974). Landareal med skader på fiskebestander som skyldes forsuring har økt fra 10.960 km² i 1960 til 51.500 km² i 1990 (Hesthagen et al. 1994). Tilsvarende beregninger basert på data fra perioden 1975-1978 viste et skadet areal på 33.000 km² (cf. Sevaldrud & Muniz 1980).

Sammeheengen mellom forsuring og skader på fiskebestander ble først dokumentert ved ulike vannkjemiske enkeltparametre i forhold til fiskestatuskategorier (Wright & Snekvik 1977, Sevaldrud et al. 1980, Sevaldrud & Skogheim 1986). Seinere er ANC (Acid Neutralizing Capacity) benyttet som kritisk kjemisk parameter for å vurdere skader på fiskebestander (Henriksen et al. 1990, Lien et al. 1992). ANC inngår nå som en viktig parameter for å relatere vannkvalitet og fiskestatus i forsuringssammenheng (Bulger et al. 1993, Henriksen & Hesthagen 1993, Hesthagen & Sandlund 1995).

På slutten av 1980-tallet ble det utviklet metoder for beregning av tålegrenser for overflatevann for atmosfærisk tilført svovel og nitrogen i Europa (ECE 1990). Det er nå utarbeidet rutenettbaserte kart for hele Norge og Norden forøvrig som viser regionale overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer og NO_x forbindelser (Henriksen et al. 1990, Brodin & Kuylenstierna 1992, Henriksen et al. 1992a, b). For å kunne kvantifisere skader på fiskebestander innen de enkelte smårutene, ble det utarbeidet en skadeindeks som varierer fra 0=ingen skader til 1.0=totalskadet (Berger et al. 1992). Det er hittil foretatt sammenlikninger av overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander i alle fylker til og med Nordland (Henriksen & Hesthagen 1993; Henriksen et al. 1993, Hesthagen & Henriksen 1994).

I denne rapporten presenteres kart over både tålegrenser og fiskestatus for Troms og Finnmark slik at disse undersøkelsene nå er landsdekkende. Den første undersøkelsen som både omfattet nedbør, vannkjemi og fisk i Nord-Norge ble foretatt i området nær Jergul i Finnmark på slutten av 1970-tallet (Joranger et al. 1980). I denne rapporten vil det ble lagt spesiell vekt på å kartlegge fiskestatus i innsjøer i Sør-Varanger i Øst-Finnmark fordi dette området er

antatt å være mest utsatt for forsuring. Sør-Varanger mottar betydelige luftforurensninger fra Russland, og svovelavsetningene varierer mellom 0.6-2.0 g m⁻² (Sivertsen & Schjoldager 1991, Sivertsen et al. 1993). Innsjøer på den norske siden har blitt forsuret i løpet av de siste 20 årene (Bøyum 1970, Traaen 1985, 1987). Konsentrasjonene av sulfat i disse innsjøene var mer enn fordoblet siden 1966, og var på samme nivå som de mest forsurrede innsjøene på Sørlandet. Ferskvannsbiologiske undersøkelser tyder også på effekter på invertebrater og fisk i området (Nøst et al. 1991, Hesthagen et al. 1992a, Langeland [Ed.] 1993, SFT 1993, 1994).

2 Metoder

2.1 Fiskestatus og beregning av skadeindeks

Opplysninger om fiskestatus i innsjøer er basert på utsending av spørreskjema og intervju (Snekvik 1974, Sevaldrud & Muniz 1980). Fiskestatus er angitt for hver enkelt art i hver innsjø som uendra, redusert eller tapt. Naturlig tynne bestander er klassifisert som uendra. Det er foretatt prøvefiske i et stor antall innsjøer med forskjellig fiskestatus for å teste intervjumetoden, og den er funnet statistisk holdbar (Hesthagen et al. 1993).

Dataene for fiskestatus er benyttet til å beregne en skadeindeks (SI) for ruter på ca 14 * 14 km. Indeksen beregnes ved å multiplisere antall uendra bestander med 0, reduserte bestander med 0.5 og tapte bestander med 1.0. Verdiene fra disse tre status-kategoriene blir deretter addert og summen dividert med antall bestander innen vedkommende rute. Dette gir en skadeindeks fra 0=ingen skader til 1.0=totalskadet. Skadeindeksen er subjektivt inndelt i 6 skadeklasser; (i): 0=ingen skader, (ii): 0-0.2 = små skader, (iii): 0.2-0.4 = moderate skader, (iv): 0.4-0.6 = betydelige skader, (v): 0.6-0.8 = store skader og (vi): 0.8-1.0 = nær eller totalskadet.

Ved siden av forsurening er det en rekke faktorer som kan forårsake skader på fiskebestander (Nyman 1991). Slike trusselfaktorer kan være ulike typer forurensing, eutrofiering, fysiske inngrep som skader eller ødelagte reproduksjons- eller oppvekstområder (ved for eksempel vassdragsregulering), biologiske interaksjoner ved introduksjon av nye arter etc. Det kan også skje bestandsendringer på grunn av varierende beskatning, manglende fiskeutsettinger i innsjøer hvor det ikke finnes gytemuligheter (hos for eksempel aure), eller varierende naturlig rekruttering på grunn av dårlige gyteforhold. Disse forholdene må imidlertid skilles fra trusselfaktorer da disse som oftes resulterer i en varig bestandsendring. I databasen er det skilt mellom forskjellige årsaker til skader. Bestander som har blitt redusert eller gått helt tapt på grunn av andre årsaker enn forsurening, er ekskludert fra denne analysen.

I Finnmark er hovedvekten i intervju-undersøkelsen lagt til innsjøer i Sør-Varanger fordi dette området har de største belastningene av sur nedbør i fylket. I denne kommunen har vi også benyttet data fra prøvefiske som er foretatt i forbindelse med **Biologisk overvåking av sur nedbør** for å vurdere bestandsforholdene (SFT 1988, 1989, 1991a, 1993,

1994). I andre kommuner i Finnmark bygger materialet vesentlig på forekomsten av ulike arter. Dersom vi ikke spesielt har fått opplyst om skader på fiskebestander, antar vi at bestandsforholdene i disse kommunene er uendra.

2.2 Beregning av tålegrenser

Den vannkjemiske metoden for beregning av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer er basert på vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC = Acid Neutralizing Capacity). ANC er definert som differansen i konsentrasjonene av basekationer (kalsium, magnesium, natrium og kalium) og sterke syrers anioner (klorid, sulfat og nitrat), og er derfor en funksjon av konsentrasjonene av bikarbonationer, hydrogenioner, uorganiske aluminiumioner og organiske anioner. Kritisk kjemisk verdi for fisk eller den såkalte tålegrensen, relateres til $ANC_{\text{limit}}=20 \mu\text{ekv l}^{-1}$ (Henriksen et al. 1990, Hesthagen et al. 1992b, Lien et al. 1992).

Tålegrenseoverskridelsene er beregnet både for syre fra svovelforbindelser og for summen av syrer fra svovel og nitrogen. Det er utarbeidet en manual for kartlegging av tålegrenser for atmosfærisk tilført svovel og nitrogen i Europa (ECE 1990, Sverdrup et al. 1990). Det er anbefalt å bruke EMEP-ruter (150 x 150 km) for deponisjon. Videre benyttes rute-enheten 0.5° lengde - 1.0° bredde eller underruter av disse for å kvantifisere skader på biologiske indikatorer som invertebrater og fisk. I Norden er det enighet om å bruke en underoppdeling av EMEP-ruten på 50 x 50 km (såkalt NILU-ruter) for beregning av både deponisjon og tålegrenser (Henriksen et al. 1990). I Norge er beregningen av tålegrenser imidlertid basert på at området for hver 0.5° lengde og 1.0° bredde blir delt opp i 16 under-ruter. Disse rutene representerer ca. 14 x 14 km i Sør-Norge, men avtar noe i størrelse nordover. I alt er det 2315 slike ruter i Norge. Alle rutene er arealberegnet ut fra det landarealet de reelt dekker. Det innebærer at langs kystlinjen er arealet av fastland og øyer beregnet, og langs riksgrensen er bare arealet av ruten som ligger i Norge tatt med. Dette gir grunnlag for å arealberegne områder med ulike tålegrenseoverskridelser.

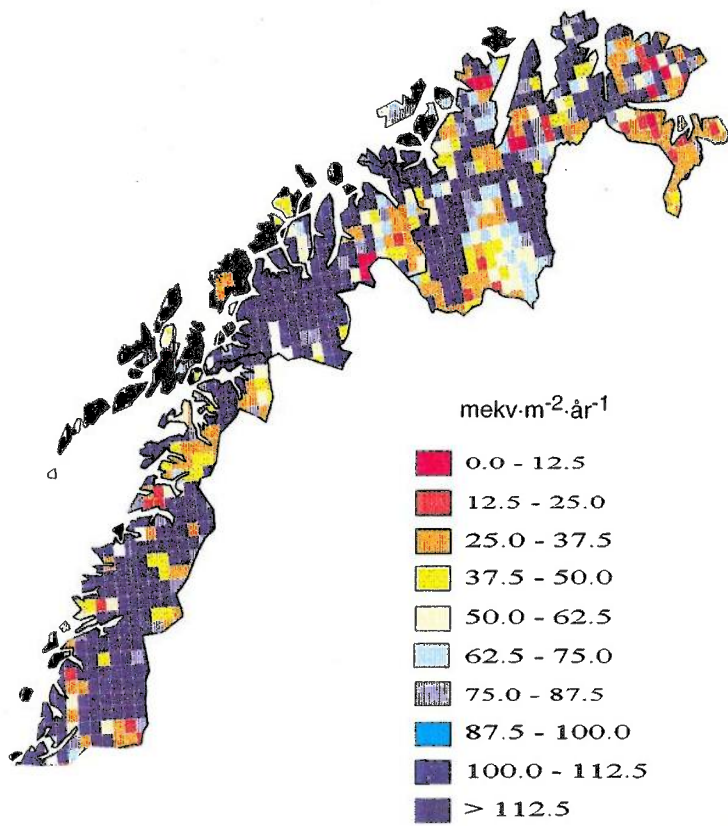
Kart fra M 711-serien (1:50.000) ble brukt for å velge innsjøer og elver som skulle representere vannkjemien i hver rute. Alle tilgjengelige vannkjemiske data for innsjøer og elver i hver under-rute ble sammenliknet, og en lokalitet blir valgt til å representere hele ruten. For de fleste rutene er det liten variasjon i vannkjemien, fordi geologien ofte varierer lite innen et så begrenset areal. For ruter

med større geologiske variasjoner, ble det mest følsomme området valgt til å representere ruten, men bare dersom dette området utgjorde mer enn 25% av rutens totale areal.

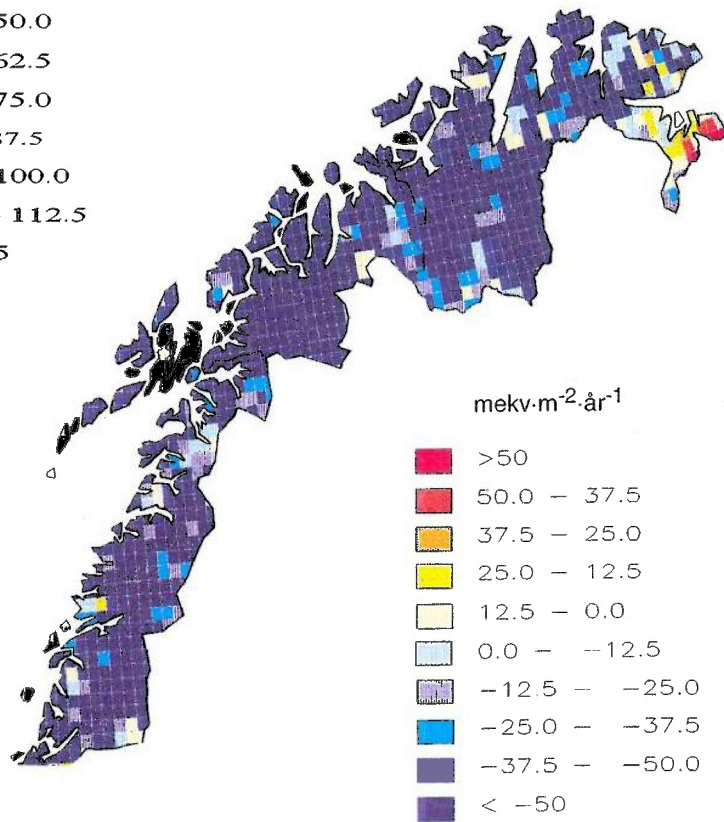
2.3 Kartframstilling

Kart over skader på fiskebestander er framstilt ved hjelp av ARC/INFO basert på de seks skadeklassene angitt i punkt 2.1. Det er benyttet farger ved framstillingen av både overskridelser av tålegrenser og skader på fiskebestander. Verdiene for tålegrenser og overskridelser av tålegrenser er delt i 10 grupper med farger fra rødt/gult til blått (Henriksen et al. 1992a). Rødt til gult viser områder fra høye til lave overskridelser, mens blått angir ingen overskridelser og økende tålegrenser (**figur 1**). Alle verdier er uttrykt både i $\text{kekv km}^{-2}\text{år}^{-1}$ og i $\text{g S m}^{-2}\text{år}^{-1}$. Fiskestatuskartet er laget med samme fargeskala som for overskridelser av tålegrenser med blått for ruter uten skader, og rødt til gult for ruter med store til små skader.

Tålegrenser for overflatevann



Overskridelser av tålegrenser for svovel og nitrogen



Figur 1. Tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for svovel og nitrogen i Nordland, Troms og Finnmark. Det er brukt en variabel ANC_{limit} (Henriksen og Lien 1994).

3 Resultater

3.1 Tålegrenseoverskridelser

På landsbasis er tålegrensen for svovel og nitrogen overskredet i et landareal på ca. 121.000 km², dvs. ca 36% av Norges totale landareal (Henriksen et. al. 1992a).

I Troms og Finnmark er de geologiske forholdene slik at store områder har høye tålegrenser, og totalt er det overskridelser i et areal på 8.700 km². Det er vesentlig Øst-Finnmark som har en geologi som gir lave tålegrenser, spesielt Sør-Varanger kommune og i mindre grad Varangerhalvøya. Som tidligere angitt, mottar disse områdene store svovelnedfall fra smelteverkene i Russland. Også spredte steder ellers i Troms og Finnmark finner en områder der tålegrensene er noe overskredet uten at svoveldeposisjonen er spesielt høy. Dette ligger i selve tålegrensemetoden fordi ANC_{limit} er satt til 20 µekv⁻¹, og dermed vil ethvert svovelnedfall gi en overskridelse. Det er nå foretatt beregninger basert på en variabel ANC_{limit} som funksjon av svovbelastningen (Henriksen & Lien 1994). Disse beregningene viser ubetydelige overskridelser i de lite belastede områdene i Troms og Finnmark. Tålegrensene er fortsatt overskredet i Sør-Varanger i et areal på 5800 km². **Figur 1** er basert på en variabel ANC_{limit}.

3.2 Skader på fiskebestander

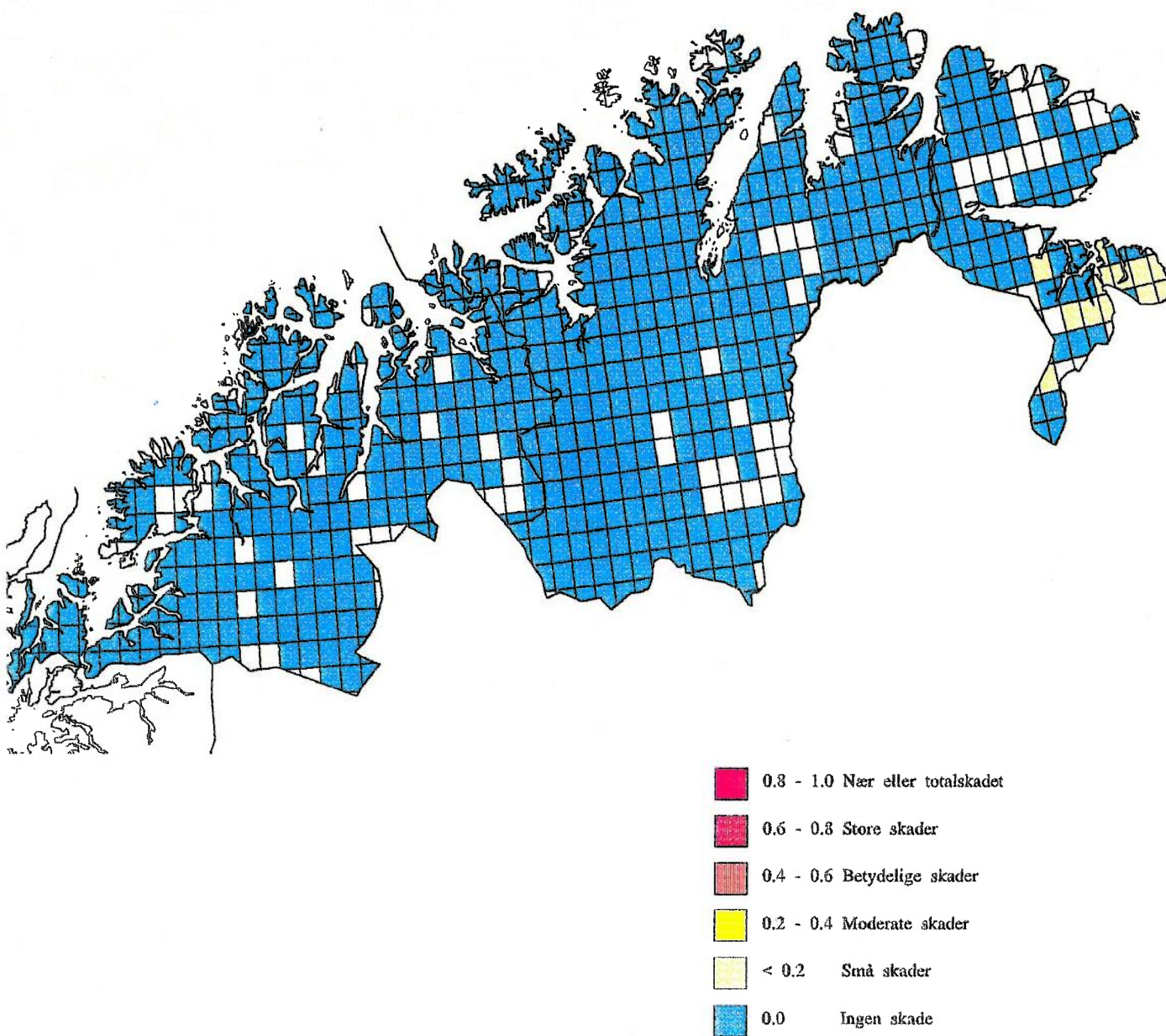
Det foreligger opplysninger om 1653 fiskebestander med kjent status fra innsjøer i Troms (Tabell 1). Aure (*Salmo trutta*) og røye (*Salvelinus alpinus*) er de dominerende fiskeartene i innsjøer i Troms, og utgjør henholdsvis 844 (51.1%) og 751 (45.4%) av disse bestandene. Det er oppgitt at 121 aurebestander har avtatt. Dette skyldes ikke trusselfaktorer, men manglende utsetninger, dårlige gyteforhold og hardt fiske. Årsaken til bestandsendringer er ikke opplyst alle steder, men forsuring er ikke vurdert som årsak til noen av bestandsendringene (**figur 2**). Til sammenlikning har bare et fåtall røyebestander avtatt i Troms (n=7).

I Finnmark omfattes kartleggingen av 6434 fiskebestander med kjent status, hvorav 2349 er aurebestander (36.6%) og 2478 røyebestander (38.6%), Tabell 1. I tillegg foreligger det data om tilsammen 1575 bestander av sik (*Coregonus lavaretus*), harr (*Thymallus thymallus*), abbor (*Perca fluviatilis*), gjedde (*Esox lucius*) og lake (*Lota lota*).

Skader på fiskebestander i Finnmark synes å begrense seg til Sør-Varanger. I denne kommunen er det registrert fiskestatus for 546 bestander av aure og røye, og av disse har minst 12 bestander (2.2%) enten avtatt eller gått tapt. Videre er det tilsammen registrert 182 bestander av sik, harr, abbor, ørekyt (*Phoxinus phoxinus*) og gjedde. Skadene på fiskebestander i Sør-Varanger omfattes av et landareal på tilsammen 1160 km². Dersom en foretar en manuell avgrensning av innsjøer med reduserte og tapte bestander, blir imidlertid skadet areal bare 30.0 km² (foreløpige beregninger). Årsaken til denne store forskjellen i skadet areal ligger i selve metoden for den rutebaserte beregningen idet hele ruter blir regnet som skadet, uavhengig av skadeomfanget (Hesthagen et al. 1994).

Tabell 1. Antall bestander av ulike fiskearter i innsjøer i Troms (T) og Finnmark (F) med kjent status.

Fylke	Art	Uendret	Redusert	Tapt
T	Aure	723	121	0
	Røye	744	7	0
	Sik	1		
	Harr	8		
	Abbor	5		
	Gjedde	11		
	Lake	30		
	Ørekyt	3		
Totalt		1525	128	0
F	Aure	2344	5	
	Røye	2471	5	2
	Sik	248		
	Harr	270		
	Abbor	473		
	Gjedde	194		
	Lake	390		
	Ørekyt	32		
Totalt		6422	10	2



Figur 2. Skadeindeks for fiskebestander i innsjøer i Troms og Finnmark framstilt innen ruter på 14 x 14 km med forskjellige farger fra blått (ingen skader) til gult-rødt (ulik grad av skade). I kvite ruter mangler opplysninger om fiskestatus.

4 Diskusjon

Forsuringsskader på fiskebestander i Troms og Finnmark synes å begrense seg til innsjøer i Sør-Varanger kommune. I Troms er det opplyst at relativt mange aurebestander har avtatt. Imidlertid er det viktig å skille mellom bestandsendringer som skyldes **naturlige årsaker** og de som skyldes **trusselfaktorer** i form av ulike typer forurensning, habitatødeleggelse etc. Den vesentligste årsaken til bestandsendringer hos aure i Troms er manglende utsettinger og dårlige gyteforhold. Hardt fiske er også oppgitt som årsak til endringer, men dette forholdet vurderes ikke som noen trusselfaktor. Forøvrig hadde bare et fåtall røyebestander i Troms avtatt, og i forsurnings-sammenheng synes denne arten å være mere sårbar enn aure (Hesthagen & Sandlund 1995).

I Finnmark er det bare områder på Jarfjordfjellet i Sør-Varanger som har markerte overskridelser av tålegrenser for overflatevann. Totalavsetningen for svovel viser også desidert de høyeste verdiene i dette området med ca 2.0 g m⁻² (Sivertsen & Schjoldager 1991, Sivertsen et al. 1993). Det er også påvist høye konsentrasjoner av forskjellige elementer i ulike biologiske organismer innen området (Frisvoll & Flatberg 1990, Nøst 1991, Sivertsen et al. 1991, Halleraker 1992, Huru 1992, Langeland [Ed.] 1993).

Overskridelsene av tålegrensene i Sør-Varanger stemmer godt overens med skader på fiskebestander i området. Disse skadene begrenser seg til noen mindre områder på Jarfjordfjellet, og utgjør minimum 12 bestander av røye og aure. Røyebestandene i de høyestliggende og mindre innsjøene i dette området synes å være spesielt utsatt for forsuring. Det er prøvfisket 20 innsjøer i Sør-Varanger i perioden 1987-1993, og de fleste av disse lokalitetene ligger på Jarfjordfjellet-Urdfjellområdet (SFT 1988, 1989, 1991a, 1993, 1994). I forbindelse med det norsk/russiske overvåkingsprogrammet er det prøvfisket ytterligere 14 innsjøer på norsk side (Nøst et al. 1991, Langeland [Ed.] 1993). I materialet fra det biologiske overvåkingsprogrammet fant vi en økende fangst av røye pr. innsats (CPUE) med økende ANC, noe som indikerer effekter av forsuring (Hesthagen et al. 1992a, SFT 1994). I fem innsjøer ga prøvfiske negativt resultat, og fire av disse lokalitetene var sure (pH=4,86-5,14) med lav ANC (-11 til -22 μekv l⁻¹). Det har ikke vært mulig å få bekreftet om det har vært røye i disse innsjøene tidligere. Imidlertid er det fortsatt eller har vært røye i de fleste innsjøene i området. Både dette forholdet, og at innsjøene har

en marginal vannkvalitet, kan tyde på at det har vært røye i disse fire innsjøer tidligere, men at den nå er utdødd.

Det har trolig aldri vært stedegne aurebestander i de høyereliggende innsjøene på Jarfjordfjellet på grunn av manglende gytebekker. Imidlertid har det vært satt ut aure i flere innsjøer, blant annet ble det fanget aure i innsjøen Jar 7 i 1991 (Leif Karlsen pers. medd.). Imidlertid er det effekter på aurebestander i innsjøer i lavereliggende områder rundt Jarfjordfjellet (Langeland [Ed] 1993). Dette skyldes trolig rekrutteringssvikt i forbindelse med sure episoder. I Finnmark kommer hovedmengden (ca 80%) av det sure nedfallet som tørravsetninger (SFT 1994). Disse sure tørravsetningene blir vasket ut av nedbørfeltet om våren og resulterer i betydelige pH-senkinger (SFT 1989, 1991b, Traaen et al. 1994). I forbindelse med en kraftig økning av vannføringa i Dalelva nær Jarfjordfjellet i april 1989, sank for eksempel pH fra ca 6.0 til under 4.8 i løpet av to døgn. Ved fortsatt belastning på dagens nivå er det beregnet at Dalelva blir kronisk sur i løpet av 50 år (Wright & Traaen 1992).

Et annet området med overskridelser av tålegrensene for overflatevann i Sør-Varanger ligger sørvest for Jarfjordfjellet, dvs. mellom Munkefjorden/Neidenfjorden og Langfjorden. Prøvefiskedata fra innsjøer i dette området kan tyde på begynnende forsuringsskader på fiskebestander (SFT 1989, 1991). I motsetning til i innsjøer på Jarfjordfjellet, som bare har bestander aure og røye, finner er her arter med innvandring fra øst: sik, harr, lake, ørekyt, abbor og gjedde (cf. Huitfeldt-Kaas 1918, Kristoffersen 1984, Kristoffersen & Sterud 1985, Reiestad & Karlsen 1991). I Holmvatn ble det fanget abbor, gjedde, ørekyt og harr, og alle disse artene er vårgytere. Både fangstutbytte og aldersfordelingen hos harr og abbor tyder på rekrutteringssvikt, idet yngste individet i de to bestandene var henholdsvis 8 og 9 år gamle. Bestandssituasjonen for gjedde og ørekyt er imidlertid vanskelig å vurdere ut fra denne undersøkelsen. Dette skyldes at gjedde har lav fangbarhet på garn, og ett enkelt prøvfiske gir derfor ikke et representativt bilde av bestandsforholdene. Materiale av ørekyt kan også være noe misvisende fordi arten har en liten kroppsstørrelse, og kan derfor være underrepresentert ved et prøvfiske med 10 mm som minste maskevidde i serien som ble benyttet.

Ut fra vannkvaliteten i Holmvatn målt høsten 1988 med alkalitet=36.0 μekv l⁻¹ og ANC=47.1 μekv l⁻¹, skulle en normalt ikke vente effekter på fiskebestander. Imidlertid kan temporære variasjoner

i vannkvaliteten og livshistorien til fiskeartene i systemet være avgjørende. For vårgytende arter kan vannkvaliteten bli kritisk for rekrutteringen i forbindelse med episoder om våren når sure tørravsetninger blir vasket ut av nedbørfeltene.

Det er også overskridelser av tålegrensene for overflatevann på Varangerhalvøya, men her er det ikke registrert skader på fiskebestander. Det er forøvrig en del områder på Varangerhalvøya hvor vi enda mangler fiskestatus. En variabel ANC_{limit} som en funksjon av svovelbelastningen, gir ubetydelige overskridelser i dette området (**figur 1**). Dette kan skyldes at fiskens respons ikke bare avhenger av graden av overskridelser, men også av svoveldeposisjonen fordi den er avgjørende for mengden giftig aluminium som blir frigitt til vassdraget (Henriksen et al. 1994). For Sør-Norge er det forøvrig vist at sannsynligheten for skader på fiskebestander er små i områder med små overskridelser (Henriksen & Hesthagen 1993).

Det er bare prøvofisket en lokalitet på Varangerhalvøya (Oksevang, Vadsø), og denne innjøen har en tett bestand av røye (SFT 1991a). Imidlertid er vannkvaliteten i Oksevang relativt marginal med $pH=6.04$, $alkalitet=12.0 \mu\text{ekv}^{-1}$, $kalsium=0.75 \text{ mg}^{-1}$ og $ANC=-3.4 \mu\text{ekv}^{-1}$. Sjøl om det ikke er registrert skader på fiskebestander på Varangerhalvøya, kan det være forsuringsskader på et lavere trofisk nivå. I en undersøkelse i 1989-1991, ble det funnet lavest artsdiversitet av døgnfluellarver og steinfluelarver i Holmfjellvatn som var den sureste innsjøen ($pH=5.0$) som ble undersøkt (Huru 1992). Målinger fra 1974/75 tyder imidlertid på at Holmfjellvatn er en naturlig sur innsjø idet pH dengang var 5.5-5.8 (Eie et al. 1982). Det er umulig å trekke noen slutninger om endringer i pH ut fra slike enkeltmålinger. Imidlertid mottar Varangerhalvøya relativt mye sur nedbør med en avsetningen på ca 0.6 g S m^{-2} (Sivertsen et al. 1993). En kan derfor ikke se bort fra at det også her har vært en forsuring av overflatevannet i løpet av de siste 20 åra (cf. Traaen 1987). Området har imidlertid generelt relativt høye konsentrasjoner av kationer i løsmassene (Bølviken et al. 1986), og dette vil buffre den sure nedbøren. Det er likevel god grunn til å følge utviklingen på Varangerhalvøya nøye med tanke på mulige forsuringseffekter på invertebrater og fisk fordi det finnes endel dårlig bufrede innsjøer og bekker.

5 Litteratur

- Berger, H.M., Hesthagen, T. Sevaldrud, I.H. & Kvenild, L. 1992. Forsuring av innsjøer i Sør-Norge innen geografiske rutenett. NINA- Forskningsrapp. 32:1-12.
- Brodin, Y.- W. & Kuylenstierna, J.C.I. 1992. Acidification and critical loads in Nordic countries: a background. - *Ambio* 21:332-338.
- Bulger, A.J., Lien, L., Cosby, B.J. & Henriksen, A. 1993. Brown trout (*Salmo trutta*) status and chemistry from the Norwegian Thousand Lake Survey: statistical analysis. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50:575-585.
- Bølviken, B., Bergström, J., Björklund, A., Konti, M., Lehmuspelto, Lindholm, T., Magnusson, J., Ottesen, R.T., Steenfelt, A. & Volden, T. 1986. Geochemical Atlas of northern Fennoscandia. Scale 1: 4.000. - Mapped by the Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden in cooperation with the Swedish Geological Co. Supported by the Nordic Council of Ministers. 19 pp + 155 maps.
- Bøyum, A. 1970. Some physical and chemical properties of lakes in north-eastern Norway. *Schweiz. Z. Hydrologie* 32:300-326.
- Economic Commission of Europe (ECE). 1990. Draft Manual for Mapping Critical Levels/Load. - Prepared by the Task Force on Mapping, Umweltbundesamt, Berlin.
- Eie, J.A., Brittain, J. & Huru, H. 1982. Naturvitenskapelige interesser knyttet til vann og vassdrag på Varangerhalvøya. - Kontaktutvalget for Vassdragsreguleringer, Rapp. 34. 64 s. Universitetet i Oslo.
- Frisvoll, A. & Flatberg, K.I. 1990. Moseskader i Sør-Varanger. - *Naturens Tålegrens*, Fagrapp. 14, Miljøverndep.
- Halleraker, J.H. 1992. Elvemose (*Fontinalis* spp.) som bioindikator på tungmetaller i grense-vassdragene Norge/Russland. Hovedoppgave ved institutt for biologi og naturforvaltning, Norges landbruks-høgskole, Ås.
- Henriksen, A., Kämäri, J., Posch, M., Lövlblad, G., Forsius, M. and Wilander, A. 1990. Critical loads to surface waters in Fennoscandia. - Nordic Council of Ministers. Miljørapp. 1990:124.
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S. & Taubøll, S. 1992a. Tålegrens for overflatevann. Kartlegging av tålegrens og

- overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. - *Naturens Tålegrenser*, Fagrapp. 34, Miljøverndep. 29 s. (NIVA-Rapp. O-89210).
- Henriksen, Kämäri, J., Posch, M. & Wilander, A. 1992b. Critical loads of acidity: Nordic surface waters. - *Ambio* 21:356-363.
- Henriksen, A. & Hesthagen, T. 1993. Critical load exceedance and damage to fish populations. - *Naturens Tålegrenser*, Fagrapp. 43, Miljøverndep. 12 pp. (NIVA-Rapp. O-89210).
- Henriksen, A., Hesthagen, T., Berger, H.M., Kvenild, L. & Taubøll, S. 1993. Tålegrenser for overflatevann. Sammenhengen mellom kjemiske kriterier og fiskestatus. - *Naturens Tålegrenser*, Fagrapp. 36, Miljøverndep. 14 s. (NIVA-Rapp. -92122).
- Henriksen, A. & Lien, L. 1994. Tålegrenser for overflatevann. Metoder og usikkerheter. - *Naturens Tålegrenser*, Fagrapp. 62, Miljøverndep. 17 s. (NIVA-Rapp. O-94123).
- Henriksen, A., Wilander, A., Kämäri, J., Posch, M., Forsius, M., Baxendale, H. & Tarvainen, T. 1994. Critical loads for acidification of surface waters in Northern Fennoscandia (Nordkalotten). - *Nordkalottkommiteens Publ. Serie, Rapp. 33. 22s.* (Norsk institutt for vannforskning, Oslo).
- Hesthagen, T., Berger, H.M. & Larsen, B.M. 1992a. Fish population studies in acid-sensitive areas in eastern Finnmark, northern Norway. - I: *Symposium on the State of the Environment and Environmental Monitoring in Northern Fennoscandia and Kola Peninsula, October 6-8 1992, Rovaniemi*, pp. 172-176. Tikkanen, E., Varmola, M. & Katermaa, T. (red.). Arctic Centre, University of Lapland, Rovaniemi.
- Hesthagen, T., Larsen, B.M., Schartau, A.K. & Berger, H.M. 1992b. Tålegrenser for aure i ferskvann i forhold til forsurening. - I: K. Hegna (red.), *Vassdragskalking - strategi og effekter*, DN-Notat 1992-5:31-35.
- Hesthagen, T., Rosseland, B.O., Berger, H.M. & Larsen, B.M. 1993. Fish community status in Norwegian lakes in relation to acidification: a comparison between interviews and actual catches by test fishing. - *Nordic J. Freshwat. Res.* 68:34-41.
- Hesthagen, T. & Henriksen, A. 1994. En analyse av sammenhengen mellom overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander. - *Naturens Tålegrenser*, Fagrapp. 58:1-14, Miljøverndep. (NINA-Oppdragsmelding 288).
- Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Berger, H.M. 1994. Utviklingen i forsureningsskader på fiskebestander i Sør-Norge etter 1950. - *NINA Forskningsrapp.* 50:1-16.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 1995. Current status and distribution of Arctic char *Salvelinus alpinus* (L.) in Norway: The effects of acidification and introductions. - *Nordic J. Freshwat. Res.* 70 (In press).
- Huitfeldt-Kaas, H. 1918. Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge. Med et tillæg om krebsen. Centraltrykkeriet, Kristiania. 106 s.
- Huru, H. 1992. Effects of acidification on diversity of freshwater invertebrates in eastern Finnmark. - I: *Symposium on the State of the Environment and Environmental Monitoring in Northern Fennoscandia and Kola Peninsula*, E., Varmola, M. & Katermaa, T. (red.). Arctic Centre, University of Lapland, Rovaniemi, pp. 137-140.
- Jensen, K.W. & Snekvik, E. 1972. Low pH levels wipe out salmon and trout in southern Norway. - *Ambio* 1:223-225.
- Joranger, E., Henriksen, A., Kiland, H., Lysholm, C., Muniz, I.P., Sevaldrud, I.H. & Svalastog, D. 1980. Luft- og nedbørkjemi i Finnmark 1976-79. Naturgrunnlag, vannkjemi og fiskeforhold i Jergul feltforskningsområde, 1977. - SNSF prosjektet, IR 76/80. 161 s.
- Karlsen, L. R. 1988. Rapport fra elfiske på Jarfjordfjellet og i lakseelvene i Sør-Varanger høsten 1988. - Fylkesmannen i Finnmark, Miljøvernavd., Stensilert Rapp. 8s.
- Kristoffersen, K. 1984. Fiskeribiologiske registreringer i Passvikvassdraget. - Fylkesmannen i Finnmark, Miljøvernavd., Rapp. 5/1984, 66 s.
- Kristoffersen, K. & Sterud, K. 1985. Bruken av Passvikvassdraget. En spørreundersøkelse om fisket i 1982. - Fylkesmannen i Finnmark, Miljøvernavd., Rapp. 9/1985. 39 s.
- Langeland, A. [Ed.] 1993. Pollution impact on freshwater communities in the border region between Russia and Norway. II. Baseline study 1990-1992. - NINA Scientific report 44:1-53.
- Lien, L., Raddum, G. & Fjellheim, A. 1992. Critical loads for surface water - fish and invertebrates. - *Naturens Tålegrenser*,

- Fagrapp. nr. 21, Miljøverndep. 29 pp. (NIVA-Rapp. O-89185).
- Nyman, L. 1991. Conservation of freshwater fish. Protection of biodiversity and genetic variability in aquatic ecosystems. - Fish. Development Ser. 56. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm, Sweden. 38 p.
- Nøst, T., Yakovlev, V., Berger, H.M., Kashulin, N., Langeland, A., Lukin, A. & Muladal, H. 1991. Impacts of pollution on freshwater communities in the border area between Russia and Norway. - NINA Scientific report 26:1-41.
- Reiestad, H. & Karlsen, L.R. 1991. Prøvefiske i Pasvikelva, Sør-Varanger kommune sommeren 1990. - Fylkesmannen i Finnmark, Miljøvernavd., Rapp. 3/1991, 50 s.
- Schindler, D.W. 1988. Effects of acid rain on freshwater ecosystems. - Science 239:149-157.
- Sevaldrud, I.H. & Muniz, I.P. 1980. Sure vatn og innlandsfisket i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979. - SNSF prosjektet, IR 77/80. 95 s.
- Sevaldrud, I.H., Muniz, I.P. & Kalvenes, S. 1980. Loss of fish populations in Southern Norway. Dynamics and magnitude of the problem. - I: Ecological impact of acid precipitation. Proc. Inst. Conf. sandefjord. Drabløs, D. & Tollan, A. (Red.). SNSF-prosjektet, NISK. 1432-Ås, s. 350-351.
- Sevaldrud, I.H. & Skogheim, O.K. 1986. Changes in fish populations in southernmost Norway during the last decade. - Water, Air and Soil. Pollut. 30:381-386.
- Sivertsen, T., Daae, H.L. Godal, A. & Sand, G. 1991. Opptak av tungmetaller i dyr i Sør-Varanger. - DN-Notat, 1991-15. 52 s.
- Statens Forurensningstilsyn. (SFT 1988). - Statlig program for Statens forurensningsovervåking, Rapp. 333/88. 242 s.
- Statens forurensningstilsyn (SFT 1989). - Statlig program for forurensningstilsyn, Rapp. 375/89. 274 s.
- Statens forurensningstilsyn. 1991a. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp. 466/91. 320 s.
- Statens forurensningstilsyn. 1991b. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp. 437/91. 306 s.
- Statens forurensningstilsyn. 1993. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp. 533/93. 296 s.
- Statens forurensningstilsyn. 1994. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp. 583/94. 271 s.
- Sivertsen, B. & Schjoldager, J. 1991. Luftforurensninger i Finnmark fylke. - Norsk Institutt for luftforskning, Rapp. 75/91. (O-1568). 20 s.
- Sivertsen, B., Pedersen, U. & Schjoldager, J. 1993. Avsetning av svovelforbindelser på Nordkalotten. - Nordkalottkomiteens Publikasjonsserie nr. 29. 19 s. (Norsk Institutt for luftforskning, OR 5/93, O-92086).
- Snekvik, E. 1974. Sure innsjøer og fiskebestand i Rogaland, Vest-Agder, Aust-Agder, Telemark. Sammenstilling av opplysninger innhentet hos innlandsfiskeremidene i de fire fylkene. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskeforskningen, Ås, Rapp. nr. 2. 50 s.
- Sverdrup, H., de Vries and Henriksen, A. 1990. Mapping critical loads. - Nordic Council of Ministers. Miljørapport. 1990:14. 124 pp.
- Traaen, T.S. 1985. Forsuring av innsjøer på Jarfjordfjellet, Øst-Finnmark. - Norsk Institutt for vannforskning, Rapp. O-85175.
- Traaen, T.S. 1987. Forsuring av innsjøer i Finnmark. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp 299/87. 16 s.
- Traaen, T.S., Rognerud, S. & Steinnes, E. 1994. Forsuring og tungmetallforurensning i grenseområdene i Norge/Russland. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp. 567/94. 30 s. (NIVA) Rapp. O-89187).
- Wright, R.F. & Snekvik, E. 1977. Acid precipitation: chemistry and fish populations in 700 lakes in southernmost Norway. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 20:765-775.
- Wright, R.F. & Traaen, T.S. 1992. Dalelva, Finnmark, northernmost Norway: prediction of future acidification using the MAGIC model. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp. 486/92. 17 s. (Norsk institutt for vannforskning, Rapp. O-89187).

Naturens tålegrenser

Oversikt over utgitte rapporter

- 1 Nygård, P.H. [1989]. Forurensningers effekt på naturlig vegetasjon; en litteraturstudie. - Norsk institutt for skogforskning (NISK), Ås.
- Uten nr.
Jaworowski, Z. 1989. Pollution of the Norwegian Arctic: A review. - Norsk polarinstitutt (NP) Rapportserie nr.55. Oslo.
- 2 Henriksen, A., Lien, L. & Traaen, T.S. 1990. Tålegrenser for overflatevann. Kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. - Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapp. O-89210.
- 3 Lien, L., Henriksen, A., Raddum, G. & Fjellheim, A. 1989. Tålegrenser for overflatevann. Fisk og evertebrater. Foreløpige vurderinger og videre planer.- Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapp. O-89185.
- 4 Bølviken, B. & medarbeidere 1990. Jordforsuringsstatus og forsuringfølsomhet i naturlig jord i Norge. - Norges geologiske undersøkelse (NGU). NGU-rapport 90.156. 2 bind (Bind I: Tekst, Bind II: Vedlegg og bilag).
- 5 Pedersen, H.C. & Nybø, S. 1990. Effekter av langtransporterte forurensninger på terrestriske dyr i Norge. En statusrapport med vekt på SO₂, NO_x og tungmetaller. - Norsk institutt for naturforskning (NINA) Utredning 5.
- 6 Frisvoll, A.A. 1990. Moseskader i skog i Sør-Norge. - Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 18.
- 7 Muniz, I.P. & Aagaard, K. 1990. Effekter av langtransportert forurensning på ferskvannsdyr i Norge; virkninger av en del sporelementer og aluminium. - Norsk institutt for naturforskning (NINA) Utredning 13.
- 8 Hesthagen, T., Mack Berger H. & Kvenild, L. 1992. Fiskestatus i relasjon til forsuring av innsjøer. - Norsk institutt for naturforskning (NINA) Forskningsrapport 32.
- 9 Pedersen, U., Walker, S.E. & Kibsgaard, A. 1990. Kart over atmosfærisk avsetning av svovel- og nitrogenforbindelser i Norge. - Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR: 28/90.
- 10 Pedersen, U. 1990. Ozonkonsentrasjoner i Norge. - Norsk institutt for luftforskning (NILU). OR: 28/29.
- 11 Wright, R.F., Stuanes, A., Reuss, J.O. & Flaten, M.B. 1990. Critical loads for soils in Norway. Preliminary assessment based on data from 9 calibrated catchments. - Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapp. O-89153.
- 11b
Reuss, J.O. 1990. Critical loads for soils in Norway. Analysis of soils data from eight Norwegian catchments. - Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapp. O-89153.
- 12 Amundsen, C.E. 1990. Bufferprosent som parameter for kartlegging av forsuringfølsomhet i naturlig jord. - Univ. i Trondheim, AVH (stensil).
- 13 Flatberg, K.I., Foss, B., Løken, A. & Saastad, S.M. 1990. Moseskader i barskog. - Direktoratet for naturforvaltning (DN), notat (under trykking).
- 14 Frisvoll, A.A. & Flatberg, K.I. 1990. Moseskader i Sør-Varanger. - Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 55.
- 15 Flatberg, K.I., Bakken, S., Frisvoll, A.A. & Odasz, A.M. 1991. Moser og luftforurensninger. - Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 69.
- 16 Mortensen, L.M. 1991. Ozonforurensning og effekter på vegetasjonen i Norge. - Norsk landbruksforsk. 5:235-264.
- 17 Wright, R.F., Stuanes, A.O. & Frogner, T. 1991. Critical Loads for Soils in Norway Nordmoen. - Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport O-89153.
- 18 Pedersen, H.C., Nygård, T., Myklebust, I. & Sæther, M. 1991. Metallbelastninger i lirype. - Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 71.
- 19 Lien, L., Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1991. Tålegrenser for overflatevann evertebrater og fisk. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport O-89185,2.
- 20 Amundsen, C.E. 1992. Sammenligning av parametre for å bestemme forsuringfølsomhet i jord. (NGU)- rapport 91.265.
- 21 Bølviken, B., Nilsen, R., Romundstad, J. & Wolden, O. 1992. Surhet, forsuringfølsomhet og lettløselige basekationer i naturlig jord fra Nord-Trøndelag og sammenligning med tilsvarende data for Sør Norge. NGU- rapport 91.250.
- 22 Sivertsen, T. & medarbeidere. 1992. Opptak av tungmetaller i dyr i Sør-Varanger. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 1991-15. 53s.
- 23 Lien, L., Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1992. Critical loads for acidity to freshwater. Fish and invertebrates. Norwegian Institute for Water Research (NIVA), rapport 0-89185,3 .
- 24 Fremstad, E. 1992. Virkninger av nitrogen på heivegetasjon. En litteraturstudie. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 124.
- 25 Fremstad, E. 1992. Heivegetasjon i Norge, utbredelseskart. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 188.
- 26 Flatberg, K.I. & Frisvoll, A. 1992. Undersøkelser av skader hos to sigdmoser i Agder. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 134.

- 27 Lindstrøm, E.A. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Fastsittende alger. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-90137/E-90440, rapport-2.
- 28 Brettum, P. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Planteplankton. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-90137/E-90440, rapport-3.
- 29 Brandrud, T.E., Mjelde, M. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Makrovegetasjon. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-90137/E-90440, rapport-1.
- 30 Mortensen, L.M. & Nilsen, J. 1992. Effects of ozone and temperature on growth of several wild plant species. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 6:195-204.
- 31 Pedersen, H.C., Myklebust, I., Nygård, T. & Sæther, M. 1992. Akkumulering og effekter av kadmium i lirype. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmeld.152.
- 32 Amundsen, C.E. 1992. Sammenligning av relativ forurensningsfølsomhet med tålegrenser beregnet med modeller i jord. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 92.294.
- 33 Frogner, T., Wright, R.F. Cosby, B.J., Esser, J.M., Håøya, A.-O. & Rudi, G. 1992. Map of critical loads for coniferous forest soils in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-90147.
- 34 Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S. & Taubøll, S. 1992. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-89210.
- 35 Lien, L., Henriksen, A. & Traaen, T.F. 1993. Tålegrenser for sterke syrer på overflatevann - Svalbard. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-90102.
- 36 Henriksen, A., Hesthagen, T. Berger, H.M., Kvenild, L. & Taubøll, S. 1993 Tålegrenser for overflatevann - Sammenheng mellom kjemisk kriterier og fiskestatus. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-92122.
- 37 Odasz, A.M., Øiesvold, S., & Vange, V. 1993. Nitrate nutrition in *Racomitrium lanuginosum* (Hedw.) Brd., a bioindicator of nitrogen deposition in Norway (in prep).
- 38 Espelien, I.S. 1993. Genetiske effekter av tungmetaller på pattedyr. En kunnskapsoversikt. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Utredning (in prep).
- 39 Økland, J. & Økland, K.A. 1993. Database for bioindikatorer i ferskvann - et forprosjekt. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI), Zoologisk Museum, Oslo. Rapport nr. 144, 1993.
- 40 Aamlid, D. & Skogheim, I. 1993. Nikkel, kopper og andre metaller i multer og blåbær fra Sør-Varanger, 1992. Norsk institutt for skogforskning. Skogforsk rapport (in prep).
- 41 Kålås, J.A., Ringsby, T.H. & Lierhagen, S. 1993. Metals and radiocesium in wild animals from the Sør-Varanger area, North Norway. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 212.
- 42 Fløisand, I. & Løbersli, E. (red.) 1993. Tilførsler og virkninger av lufttransporterte forurensninger (TVLF) og naturens tålegrenser. Sammendrag av foredrag og postere fra møte i Stjørdal, 15. - 17. februar 1993. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR 17/93.
- 43 Henriksen, A. & Hesthagen, T. 1993. Critical load exceedance and damage to fish populations. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-89210.
- 44 Lien, L., Henriksen, A. & Traaen, T.S. 1993. Critical loads of acidity to surface waters, Svalbard. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-90102.
- 45 Løbersli, E.; Johannessen, T. & Olsen, K.V. (red.) 1993. Naturens tålegrenser Referat fra seminar i 1991 og 1992. Direktoratet for naturforvaltning (DN), notat 1993-6.
- 46 Bakken, S. 1993. Nitrogenforurensning og variasjon i nitrogen, protein og klorofyllinnhold hos barskogmosen blanksigd (*Dicranum majus*) (in prep).
- 47 Krøkje, Å. 1993. Genotoksisk belastning i jord. Effektstudier, med mål å komme fram til akseptable grenser for genotoksisk belastning fra langtransportert luftforurensning (in prep).
- 48 Fremstad, E. 1994. Heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) som biomonitor på nitrogenforurensning. Norsk institutt for naturforskning (NINA). Oppdragsmelding 239.
- 49 Nygaard, P.H. & Ødegaard, T.H. 1993. Effekter av nitrogen gjødsling på vegetasjon og jord i skog. Norsk institutt for skogforskning (NISK), Skogforsk (in prep).
- 50 Fløisand, I. og Johannessen, T. (red.) 1994. Langtransporterte luftforurensninger. Tilførsler, virkninger og tålegrenser. Sammendrag av foredrag og postere fra møte i Grimstad, 7.-9.3.94. Norsk institutt for luftforskning NILU OR: 17/94
- 51 Kleivane, L. Skåre, J.U. & Wiig, Ø. 1994. Klorerte organiske miljøgifter i isbjørn. Forekomst, nivå og mulige effekter. Norsk Polarinstitut (in prep)
- 52 Lydersen, E., Fjeld, E. & Andersen, T. 1994. Fiskestatus og vannkjemi i norske innsjøer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) OR-93172
- 53 Schartau, A.K.L. (red.) 1994. Effekter av lavdose kadmiumbelastning på litorale ferskvanns-populasjoner og -samfunn. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Forskningsrapport (in prep)
- 54 Mortensen, L. (1994). Variation in ozone sensitivity of *Betula pubescens* Erh. from different sites South Norway. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN, Nr. 1994-6.

- 55 Mortensen, L. (1994). Ozone sensitivity of *Phleum alpinum* L. from different locations in South Norway. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN, Nr. 1994-7.
- 56 Frogner, T., Wright, R.F., Cosby, J.B. and Esser, J.M. (1994). Maps of critical loads and exceedance for sulfur and nitrogen to forest soils in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-91147.
- 57 Flatberg, K.I. & Frisvoll, A.A. (1994). Moseskader i Agder 1989-92. Norsk institutt for naturforskning (NINA). Oppdragsmelding 298.
- 58 Hesthagen, T. & Henriksen, A. (1994). En analyse av sammenhengen mellom overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander. Norsk institutt for naturforskning (NINA). Oppdragsmelding 288.
- 59 Skåre, J.U., Wiig, Ø. & Bernhoft, A. (1994). Klorerte organiske miljøgifter; nivåer og effekter på isbjørn. Norsk Polarinstitut Rapport nr. 86 -1994.
- 60 Tørseth, K. & Pedersen, U. 1994. Deposition of sulphur and nitrogen components in Norway. 1988-1992. Norsk institutt for luftforskning (NILU) (in prep).
- 61 Nygaard, P.H. 1994. Virkning av ozon på blåbær (*Vaccinium myrtillus*), etasjehusmose (*Hylocomium splendens*), furumose (*Pleurozium schreberi*) og krussigd (*Dicranum majus*). Skogforsk 9/94.
- 62 Henriksen, A. & Lien, L. 1994. Tålegrenser for overflatevann: Metode og usikkerheter. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-94122.
- 63 Hilmo, O. & Larssen, H.C. 1994. Morfologi hos epifyttisk lav i områder med ulik luftkvalitet. ALLFORSK Rapport 2.
- 64 Wright, R.F. 1994. Bruk av dynamiske modeller for vurdering av vann- og jordforsuring som følge av redusert tilførsel av sur nedbør. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-94112.
- 65 Hesthagen, T., Henriksen, A. & Kvenild, L. 1995. Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander i norske innsjøer med spesiell vekt på Troms og Finnmark. Norsk institutt for naturforskning (NINA). Oppdragsmelding 298.

Henvelender vedrørende rapportene rettes til utførende institusjon.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0535-1

323

NINA
OPPDRAGS-
MELDING

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

NINA
Norsk institutt
for naturforskning