



NATURENS
TÅLEGRENSER

Miljøverndepartementet

FAGRAPPOR NR. 36

Tålegrenser for overflatevann

Sammenheng mellom
kjemiske kriterier
og fiskestatus

Norsk institutt for vannforskning NIVA

Norsk institutt for naturforskning NINA

Norsk institutt for jord og skogkartlegging NIJOS

Naturens Tålegrenser

Programmet Naturens Tålegrenser ble satt igang i 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 Grensoverskridende Luftforurensninger (Genevekonvensjonen). I arbeidet under Genevekonvensjonen 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 for tiden følgende sammensetning:

**Eva Fuglei - 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: (07) 58 05 00**

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

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-92122	Undernr.:
Løpenr.: 2842	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 76 653	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47 5) 32 56 40 Telefax (47 5) 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Tålegrenser for overflatevann Sammenheng mellom kjemiske kriterier og fiskestatus	Dato: Februar 1993	Trykket: NIVA 1993
	Faggruppe: Sur nedbør	
Forfatter(e): Arne Henriksen NIVA Trygve Hesthagen NINA Hans Mack Berger NINA Lars Kvenild NINA Steinar Taubøll NIJOS	Geografisk område: Sør- Norge	
	Antall sider: 18	Opplag: 50

Oppdragsgiver: Arbeidsgruppen for Naturens Tålegrenser	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

EKSTRAKT:

Tålegrensekart for tilførsler av sterke syrer til Norge er nå utarbeidet basert på underruter av enheten 0.5^0 lengde og 1.0^0 bredde. Totalt er tålegrensen for svovel idag overskredet i et areal på ca. 117.000 km^2 i hele Norge. Forsuringsskader på fisk er blitt registrert ved hjelp av systematiske intervjuundersøkelser helt fra midten av 1970-årene, og gyldigheten av metoden er bekreftet med omfattende prøvofiske. Skader på fiskebestander er fremstilt i geografiske ruteenheter basert på UTM-systemet. En skadeindeks er beregnet for hver rute. De to databasene er blitt konvertert til samme rutenett. Ialt 128.526 km^2 (alle fylker sør for Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag, dvs. ca 40% av fastlands-Norges areal) er kartlagt for begge variable. Tålegrensene er overskredet i 94.000 km^2 av dette arealet, mens fiskeskader er registrert i ca. 86.000 km^2 . De to datasettene er samlet inn uavhengig av hverandre. Den valgte verdi for $\text{ANC}_{\text{limit}}$ ($20 \mu\text{eq/l}$) er anslått på grunnlag av en empirisk sammenheng mellom ANC og fiskestatus fra 1000-sjøers undersøkelsen. Ved å bruke dette utgangspunktet for tålegrensberegningene finner en en god sammenheng mellom overskridelser av tålegrenser og fiskeskader fra en uavhengig database basert på mer omfattende fiskestatusundersøkelser. Dette bekrefter at tålegrensemetoden gir et reelt bilde av forholdene, og at prognoser basert på denne metoden vil gi gode resultater for anslag av omfang av fiskeskader ved gitte fremtidige scenarier.

4 emneord, norske

1. Sur nedbør
2. Fiskestatus
3. Tålegrenser
4. Overflatevann

4 emneord, engelske

1. Acid deposition
2. Fish status
3. Critical loads
4. Surface waters

Prosjektleder



Arne Henriksen

For administrasjonen



Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-2237-5

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Oslo

O-92122

TÅLEGRENSER FOR OVERFLATEVANN

**Sammenheng mellom
kjemiske kriterier og fiskestatus**

Oslo, februar 1993

Forfattere:
Arne Henriksen
Trygve Hesthagen
Hans Mack Berger
Lars Kvenild
Steinar Taubøll

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING	5
2. METODIKK	5
2.1. Intervjuundersøkelser	5
2.2. Tålegrenser	6
2.2.1. Datagrunnlag for kartlegging av tålegrenser	6
2.3. Kartfremstilling	7
3. RESULTATER	7
3.1. Tålegrenseoverskridelser	7
3.2. Skadeindeks	8
3.3. Overskridelse av tålegrenser vs. skadeindeks	9
4. KONKLUSJONER	13
5. HENVISNINGER	13

SAMMENDRAG

I forbindelse med arbeidet i The Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Genève-Konvensjonen) er det opprettet en arbeidsgruppe som har utarbeidet en manual for fremstilling av kart med angivelse av tålegrenser for atmosfærisk tilført svovel og nitrogen. Den vannkjemiske metoden som er anbefalt er basert på vannets syrenøytraliserende kapasitet ($ANC = \Delta \text{Acid Neutralizing Capacity}$). ANC er definert som differansen i konsentrasjonene av basekationer (kalsium, magnesium, natrium og kalium) og sterke syrers anioner (klorid, sulfat og nitrat), og uttrykker derfor summen av konsentrasjonene av bikarbonationer, hydrogenioner, uorganiske aluminiumioner og organiske anioner. Biologiske tålegrenser er relatert til de kjemiske betingelser for skader på biologiske indikatorer (fisk, evertebrater) ved ulike verdier for ANC. Den kritiske biologiske verdi er definert ved ANC_{limit} . For norske forhold har en valgt $ANC_{\text{limit}} = 20 \mu\text{eq/l}$ som en hensiktsmessig verdi. Tålegrensekart for tilførsler av sterke syrer til Norge er nå utarbeidet basert på underruter av enheten 0.5° lengde og 1.0° bredde. Tålegrenseoverskridelsene er beregnet både for syre fra svovelforbindelser og for summen av av syre fra svovel og nitrogen. Totalt er tålegrensen for svovel idag overskredet i et areal på ca. 117.000 km^2 i hele Norge. Tar vi hensyn til dagens nitrogenlekkasje øker arealet til 121.000 km^2 .

Forsuringsskader på fisk er blitt registrert ved hjelp av systematiske intervjuundersøkelser helt fra midten av 1970-årene, og gyldigheten av metoden er bekreftet med omfattende prøvofiske. Skader på fiskebestander er fremstilt i geografiske ruteenheter basert på UTM-systemet og er derfor noe forskjellig fra de som er anvendt for tålegrenser. En skadeindeks er beregnet for hver rute ved å multiplisere antall uendrede bestander med 0, reduserte bestander med 0.5 og tapte bestander med 1.0. Verdiene for de tre status-kategorier ble summert og dividert med antall bestander innen ruten. Dette gir en skadeindeks fra 0 (ingen skader) til 1.0 (alle bestander utdødd).

Kartene fra de to undersøkelsene har forskjellige rutenett, men rutene er av samme størrelsesorden. Denne rapporten sammenlikner den arealmessige utbredelsen av fiskeskader og overskridelser av tålegrenser basert på konverterte rutenett. Ialt 128.526 km^2 (alle fylker sør for Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag, ca 40% av fastlands-Norges areal) er kartlagt for begge opplysninger. Tålegrensene er overskredet for ca. 94.000 km^2 av dette arealet, mens fiskeskader er registrert i ca. 86.000 km^2 . For 68 % av rutene er det sammenfall mellom overskridelser og fiskeskader. For de rutene det er uoverensstemmelser vil begge databaser bli revurdert, men endel av forklaringen ligger i valg av ANC_{limit} .

Det er viktig å presisere at de to datasettene er samlet inn uavhengig av hverandre. Den valgte verdi for ANC_{limit} ($20 \mu\text{eq/l}$) er anslått på grunnlag av en empirisk sammenheng mellom ANC og fiskestatus fra 1000-sjøers undersøkelsen. Ved å bruke dette utgangspunktet for tålegrense-beregningene finner en en god sammenheng mellom overskridelser av tålegrenser og fiskeskader fra en uavhengig database basert på mer omfattende fiskestatusundersøkelser. Dette bekrefter at tålegrensemetoden gir et reelt bilde av forholdene, og at prognoser basert på denne metoden vil gi gode resultater for anslag av omfang av fiskeskader ved gitte fremtidige scenarier. Det videre arbeide som er foreslått for dette prosjektet vil forbedre og utvide databasene både for tålegrenser og fiskeskader.

1. INNLEDNING

Forsuringen har resultert i betydelige skader på fiskebestander i innsjøer og lakseelver i de sørlige deler av Norge (Sevaldrud og Muniz 1980, Henriksen et al. 1989, Hesthagen og Hansen 1991). På slutten av 1970-tallet var fiskebestander innen et areal på 13 000 km² nær totalskadet, mens ytterligere 20 000 km² hadde mindre skader (Sevaldrud og Muniz 1980). Basert på den landsomfattende 1000-sjøers undersøkelsen som ble gjennomført i 1986 (Henriksen et al. 1989), ble det beregnet at skadet areal var øket til 36.000 km², og herav var 18.000 km² totalskadet. Tallene fra disse undersøkelsene er basert på en skjønsmessig fastsettelse av skadet areal og en manuell beregning av arealet.

Etter avslutningen av SNSF-prosjektet i 1979 ble den nasjonale kartleggingen av forursingsskader på fisk videreført av Direktoratet for naturforvaltning (DN) og Norsk institutt for naturforskning (NINA). Arbeidet inngår i Statlig program for forurensningsovervåking under Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, koordinert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Berger et al. (1992) har rapportert fra de vannbiologiske undersøkelsene at av et undersøkt område på 127.000 km² i Syd-Norge var det pr. 1991 registrert skader på fiskebestander innen 70.700 km² av dette området. Innen dette området var fiskebestandene strekt skadet i et areal på over 20.000 km². I motsetning til de tidligere undersøkelsene det ble her brukt en arealberegning på matematisk grunnlag.

I forbindelse med arbeidet i The Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Genève-Konvensjonen) er det opprettet en arbeidsgruppe som har utarbeidet en manual for fremstilling av kart med angivelse av tålegrenser for atmosfærisk tilført svovel og nitrogen (ECE 1990). Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har deltatt aktivt i denne arbeidsgruppen og har bidratt til å utvikle den statiske vannkjemiske metoden for å beregne tålegrenser for overflatevann basert på vannkjemiske data. Basert på data fra 1000-sjøers undersøkelsen i 1986 og fra andre undersøkelser er det utarbeidet kart for hele Norge som fremstiller tålegrensene for tilførsler av sterke syrer og hvor og hvor mye tålegrensene er overskredet (Henriksen et al. 1992).

Både Berger et al. (1992) og Henriksen et al. (1992) fremstiller dataene i form av rutenettbaserte kart. Begge angir en verdi for ruten som er basert på opplysninger om vannkjemi eller fiskestatus for en/flere innsjøer eller fiskebestander. Kartene fra de to undersøkelsene har forskjellige rutenett, men rutene er av samme størrelsesorden. Denne rapporten sammenstiller dataene fra de to databasene basert på konverterte rutenett og sammenlikner den arealmessige utbredelsen av fiskeskader og overskridelser av tålegrenser.

2. METODIKK

2.1. Intervjuundersøkelser

Opplysningene om forursingsskader på fiskebestander er basert på intervjuundersøkelser (Sevaldrud og Muniz 1980, Rosseland et al. 1980, Hesthagen et al. 1993). Grunneiere, lokale fiskere eller andre personer med god lokalkunnskap om fiskeforholdene i den enkelte kommune blir intervjuet eller tilskrevet og bedt om å fylle ut et standard spørreskjema. Tilstanden (status) for hver art i hver innsjø blir angitt som enten god/uendret, redusert eller tapt. Naturlig tynne bestander er klassifisert som uendret. Metoden er testet ved prøvafiske i et

stort antall innsjøer med fiskebestander av ulik status, og har vist seg statistisk holdbar (Hesthagen et al. 1993). Skadene på fiskebestander er fremstilt innen geografiske ruteenheter på 12.0 x 12.0 km (144 km²) i UTM-systemet, og innsjøens beliggenhet er gitt ved utløpets UTM-koordinater. En skadeindeks for hver av disse rutene ble beregnet ved å multiplisere antall uendrede bestander med 0, reduserte bestander med 0.5 og tapte bestander med 1.0. Verdiene for de tre status-kategorier ble summert og dividert med antall bestander innen ruten. Dette gir en skadeindeks fra 0 (ingen skader) til 1.0 (alle bestander utdødd). Følgende intervaller er benyttet ved kartfremstillingene: 0 (ingen skader), 0-0.2, 0.2-0.4, 0.4-0.6, 0.6-0.8 og 0.8-1.0. Eksempelvis vil et område med 60 bestander hvorav 40 er uendret, 15 redusert og 5 tapt gi en skadeindeks på 0.21 (21% skadet). I et område der fiskebestandene er jevnt fordelt mellom de tre statuskategoriene vil skadeindeksen bli 0.5 (50% skadet).

2.2. 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 syrer anioner (klorid, sulfat og nitrat), og er derfor en funksjon av konsentrasjonene av bikarbonationer, hydrogenioner, uorganiske aluminiumioner og organiske anioner. Biologiske tålegrenser er relatert til de kjemiske betingelser for skader på biologiske indikatorer (fisk, evertebrater) ved ulike verdier for ANC. Den kritiske biologiske verdi, dvs. hvor det ikke oppstår skade, er definert ved ANC_{limit}. For norske forhold er ANC_{limit} = 20 µeq/l valgt som en realistisk verdi (Lien et al. 1992, Henriksen et al. 1992, Hesthagen et al. 1992).

2.2.1. Datagrunnlag for kartlegging av tålegrenser

Forskjellige rutesystemer er brukt for å kartlegge deposisjon og virkningene på økosystemene. ECE-manualen som brukes for å kartlegge tålegrenser i Europa (Sverdrup et al. 1990) foreskriver ikke en bestemt kartoppløsning, men anbefaler å bruke EMEP-ruter (150x150 km) for deposisjon og ruteenheten 0.5⁰ lengde og 1.0⁰ bredde eller underruter av disse for økosystemer. Nordisk Ministerråd (NMR) etablerte en gruppe for utarbeidelse av "harmoniserte kart" for de nordiske land (Henriksen et al. 1991), og de brukte en underoppdeling av EMEP-ruten i 3x3 småruter (NILU-ruter, 50x50km) for beregning av både deposisjon og tålegrenser.

For Norge har vi brukt deposisjonsverdiene for NILU-rutene til å beregne tålegrenseoverskridelser. For beregning av tålegrensene har vi imidlertid brukt et rutenett med større oppløsning enn NILU-rutene. Hver 0.5⁰ lengde og 1.0⁰ bredde ble delt opp i 16 underruter. Disse rutene representerer ca. 14x14 km i Sør-Norge og mindre nordover. Deposisjonsverdiene ble anslått for hver av disse rutene ut i fra deposisjonsverdiene for NILU-rutene.

Kart fra M 711-serien (1:50,000) ble brukt for å velge innsjøer og elver som skulle representere vannkjemien i hver rute. Ialt er det 2315 underruter i Norge. Alle ruter er arealberegnet utfra det landareal de dekker. Langs kystlinjene er arealet av fastland og øyer beregnet. Langs riksgrensen er bare arealet av ruten som ligger i Norge tatt med. Dette gir grunnlag for å arealberegne områder med gitte tålegrenseverdier og i hvor store arealer tålegrensene er overskredet.

Alle tilgjengelige data for innsjøer og elver i hver underrute ble sammenliknet og en lokalitet som ble vurdert representativ for ruten ble valgt til å representere hele ruten. For de fleste rutene var det liten variasjon i vannkjemien, fordi geologien ofte varierer lite innen et så begrenset areal som en rute representerer. Ved større variasjoner innen en underrute ble det mest følsomme område valgt til å representere ruten, hvis området representerte mer enn 25% av rutens areal.

2.3 Kartfremstilling

Fiskeskadeindeksskartet fremstilt av Berger et al. (1992) ble laget ved hjelp av SUPER MAP, et program utviklet av Geir Harald Strand, Norsk regnesentral (NR) og Lars Kvenild (NINA). Det ble valgt å overføre skadeindeksdataene fra UTM-rutenettet til rutenettet som er brukt for tålegrensekartene. Skadeindeksene ble derfor regnet om til disse rutene, slik at en fikk en database med opplysninger om tålegrenser og fiskeskader for hver enkelt rute. Dette gir grunnlag for å foreta en analyse av sammenhengen mellom tålegrenseoverskridelser og fiskeskader.

Det er hensiktsmessig å bruke farger når en skal gi en regional fremstilling av opplysninger om gitte egenskaper i rutenett. Verdiene for overskridelse av tålegrenser ble delt i ti intervaller og hvert intervall ble gitt sin farge fra rødt til blått (se Henriksen et al. 1992). For beregningene av dette kartet er ANC_{limit} satt lik 20 $\mu\text{ekv/l}$. Rødt betegner den høyeste overskridelse, mens blått angir de beste forhold. I fig. 1 (side 8) er kartet modifisert slik at områder uten tålegrenseoverskridelse er gitt en felles blåfarge. Alle verdier er uttrykt både i $\text{keq}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{år}^{-1}$ og i $\text{gS}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{år}^{-1}$, men med felles fargekoder. Fiskeskadeindeksskartet (fig. 1, side 8) er laget med samme fargeskala for skader som for overskridelser, og ruter uten registrerte fiskeskader er gitt i blått.

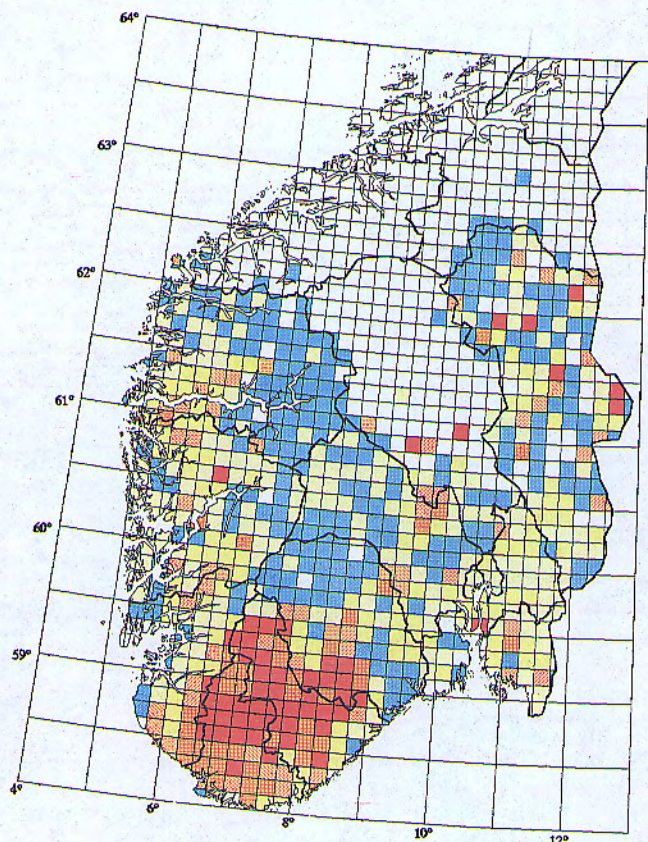
3. RESULTATER

3.1. Tålegrenseoverskridelser

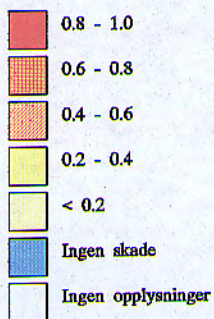
Tålegrensekartet for tilførsler av sterke syrer til Norge viser at hele 7% av landets areal har en tålegrense på null, dvs. at innsjøer og elver i dette arealet ikke tåler noen tilførsler av sur nedbør (Henriksen et al. 1992). De laveste tålegrensene finner en i Sør-Norge, spesielt på Sør- og Vestlandet, men betydelige områder i de nordligste fylkene har også lave tålegrenser.

Tålegrenseoverskridelsene er beregnet både for syre fra svovelforbindelser og for summen av av syre fra svovel og nitrogen. Totalt er tålegrensen for svovel overskredet i et areal på ca. 117.000 km^2 i hele Norge. Tar vi hensyn til dagens nitrogenlekkasje øker arealet til 121.000 km^2 . Den beskjedne økningen skyldes hovedsakelig at der hvor nitrogenlekkasjen idag er størst, er tålegrensen for svovel allerede overskredet. I alle fylker i Norge er det områder der tålegrensene er overskredet. De største arealmessige overskridelser finner en i Agderfylkene der tålegrensene praktisk talt er overskredet over hele arealet. Også i Østfold, Akershus/Oslo, Telemark og Rogaland er det store arealmessige overskridelser. Naturlig nok finner en også de største prosentvise arealer med tålegrense null i de mest følsomme fylkene fra Aust-Agder til og med Sogn og Fjordane.

Skadeindeks for ørret, røye og abbor



Skadeklasser

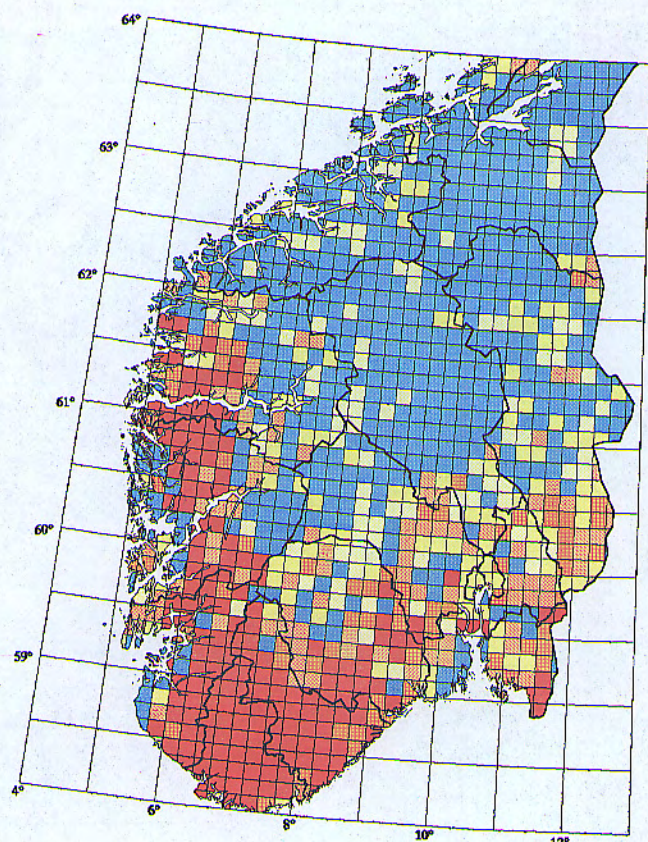


100 km

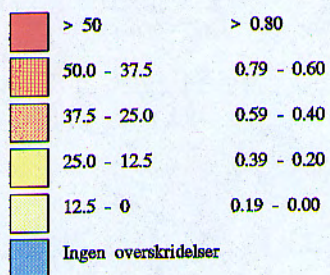


Overskridelser av tålegrenser - overflatevann

Verdier for svovel og nitrogen. $ANC_{lim} = 20 \text{ uekv l}^{-1}$



$\text{kekv} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{år}^{-1}$ $\text{gS} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{år}^{-1}$



100 km



Tålegrensene for sur nedbør for overflatevann er vesentlig lavere i Norge enn i de øvrige skandinaviske land og ellers i Europa. Hovedårsaken til denne forskjellen er de geologiske og jordbunnskjemiske forhold. I Norge er bare 20-25% av landarealet dekket av produktiv skog, mens det i Sverige og Finland utgjør hele 55-60% av landarealet. De resterende 75-80% av Norges areal er dekket av uproduktiv skog eller er uten skogdekke. I slike områder er jorddekket vanligvis tynt, som kombinert med berggrunn av gneiss, granitt o.l. vil gi lave tålegrenser for overflatevann. Mye nedbør, slik som på Vestlandet og deler av Sørlandet, vil også bidra til lavere tålegrenser.

Tabell 1 viser at vel 7% av Norges areal har tålegrense på 0 gS/m²·år, og at for vel 48% av arealet er tålegrensene under 0,8 gS/m²·år.

Tabell 1. Arealfordeling av tålegrenser (CL) for sterke syrer i Norge.

CL-intervall gS/m ² år	Areal km ²	Prosent av totalareal
0	23.300	7.3
0 - 0,4	66.400	20.7
0,4 - 0,8	65.500	20.4
0,8 - 1,2	43.700	13.7
1,2 - 1,6	29.600	10.4
>1,6	88.300	27.5

Beregner vi tålegrenseoverskridelsene for svovel finner vi at overskridelsesarealet er ca 69.000 km² for ANC_{limit} = 0 µeq/l, mens arealet som nevnt ovenfor er hele 117.000 km² hvis vi bruker ANC_{limit} = 20 µeq/l, dvs. ca 36% av Norges areal (tabell 2.). Storparten av dette arealet ligger i Sør-Norge.

Tabell 2. Arealberegning av tålegrenseoverskridelser for svovel ved to verdier for ANC_{limit}.

ANC _{limit} µeq/l	CL _{ex} km ²	Prosent
0	68.000	21.4
20	117.000	36.0

3.2. Skadeindeks

Data for fiskestatus foreligger pr. idag for ialt 731 småruter i Sør-Norge. De beregnede skadeindeksverdier (0-1) er fordelt som som angitt i tabell 3. Figur 1 viser fordelingen av skadeklassene over det registrerte område i Sør-Norge. Blått angir som nevnt ingen registrerte skader, mens gult til rødt angir økende grad av skade. Ialt er det registrert fiskestatus for 128.526 km². Det skadede areal utgjør nær 86.000 km², eller ca. 27% av Norges totale landareal. Av dette er ca. 19.000 km² nær totalskadet (klasse 5+6, tabell 3). Arealene er beregnet ved summering av arealet av hver enkelt rute med den gitte skadeklasse. Det totale tallet er større enn det som opprinnelig ble beregnet av Berger et al. (1992) (70.704 km²) fordi

størstedelen av Hedmark nå er med i beregningene (SFT 1992).

Tabell 3. Skadeindeks og arealverdier for områder i Norge med registrert fiskestatus.

Skadeindeks	Skadeklasse	Antall ruter	Areal km ²
0	1	247	42.532
0 - 0.2	2	198	34.356
0.2 - 0.4	3	118	20.938
0.4 - 0.6	4	69	11.769
0.6 - 0.8	5	44	8.263
0.8 - 1.0	6	55	10.668
Sum klasse 2-6			85.994
Sum		731	128.526

3.3. Overskridelse av tålegrenser vs. skadeindeks

Tålegrensene og tålegrenseoverskridelsene er kartlagt for hele Norge, mens skadeklassene foreløpig er registrert for fylkene Østfold (01) til og med Sogn og Fjordane (14). Sammenlikner vi imidlertid fiskeskadeindeks med tålegrenseoverskridelsene for de 731 ruter som er klassifisert for fiskeskader, finner vi at 484 (66%) ruter har skader, mens 501 (68%) ruter viser tålegrenseoverskridelse. Dette er imidlertid ikke bare sammenfallende ruter. For ruter som faller i klasse 1 (ingen registrerte skader) bør tålegrensen for tilførsler av sterke syrer ikke være overskredet, mens tålegrensen bør være overskredet i alle ruter med klasse 2-6. Tabell 4 viser antall avvikende ruter i hver skadeklasse (dvs. at tålegrensene er overskredet i klasse 1, mens de ikke er overskredet i klassene 2-6).

Tabell 4. Avvik fra skadeklasse og tålegrenseoverskridelse for tilførsler av svovel og nitrogen

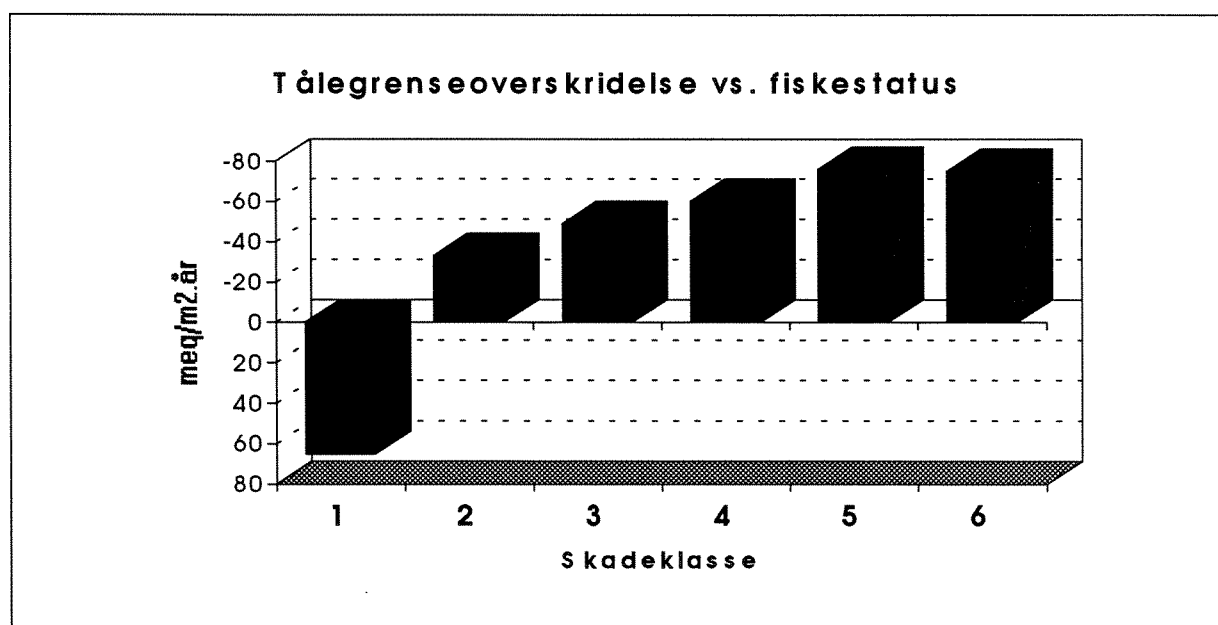
Klasse	Antall ruter totalt	Antall avvikende ruter	Prosent avvik
1	247	124	50
2	198	67	33
3	118	19	16
4	69	16	23
5	44	1	2
6	55	4	7
Alle	731	232	32

For 32% (ca. 1/3) av rutene stemmer ikke fiskeindeks med overskridelsestallet. Avviksprosenten er høyest for klasse 1 (ingen registrerte skader). Avviket avtar sterkt med økende skadeklasse, dvs. at jo mer skade jo bedre overensstemmelse med overskridelsen av tålegrenser.

Ser vi først på de rutene der det ikke er registrert fiskeskader (klasse 1) finner vi at halvparten av rutene avviker. Vi har valgt å bruke $ANC_{\text{limit}} = 20 \mu\text{eq/l}$ i våre beregninger. Nå er det imidlertid slik at fisken ofte kan ha tilfredsstillende forhold i innsjøer med $ANC_{\text{limit}} < 20$. Ser vi nå på de av avvikerne som ikke gir tålegrenseoverskridelse når vi velger $ANC_{\text{limit}} = 0$, finner vi følgende: Av de 124 som er overskredet ved $ANC_{\text{limit}} = 20$, er 68 fortsatt overskredet med $ANC_{\text{limit}} = 0$. Dette betyr at det er 56 ruter som ligger nær overskridelse med $ANC_{\text{limit}} = 20$. Dvs. at små endringer i vannkjemien, eller valg av en annen innsjø ville kunne endre den vannkjemiske klassifiseringen. Den kan også tenkes at i disse rutene vil fiskeskadene kunne vise seg senere. Av de resterende 68 ruter med overskridelse for $ANC_{\text{limit}} = 0$ ligger igjen de fleste nær ingen overskridelse (51 ligger mellom 0 og $-20 \text{ meq/m}^2\cdot\text{år}$). For de resterende 17 rutene ligger overskridelsene mellom 20 og $50 \text{ meq/m}^2\cdot\text{år}$. For disse 17 rutene (7%) er det en klar uoverensstemmelse mellom fiskestatus og tålegrenseoverskridelse.

Også i klasse 2 (små fiskeskader) er det et betydelig antall avvikere. Også her er den kjemiske klassifiseringen avhengig av valg av innsjø, men for de aller fleste rutene ligger overskridelsene lavt. Spesielt i ruter med varierende geologi er det avgjørende hvilke sjøer som er valgt for beregning av fiskestatus og hvilken som er valgt for kjemisk klassifisering. Her vil det være glidende overganger. I de øvre klassene er imidlertid ikke uventet avvikerne få, og for ruter med høy indeks er også overskridelsene høye.

En nærmere vurdering av de vannkjemiske dataene og fiskeskadeklassifiseringen planlegges gjennomført for de av rutene der avviket mellom skadeklasse og overskridelsesgrad er urimelig høye. På grunnlag av en slik gjennomgang kan databasene for både vannkjemi og fiskestatus forbedres, slik at riktigere kart kan utarbeides. Tar vi vekk alle ruter som avviker, finner vi en god sammenheng mellom middelverdien for overskridelsen og skadeklasse (figur 2). Overskridelsen øker med økende skadeklasse, og de to øverste klassene viser logisk nok i middel samme overskridelse.



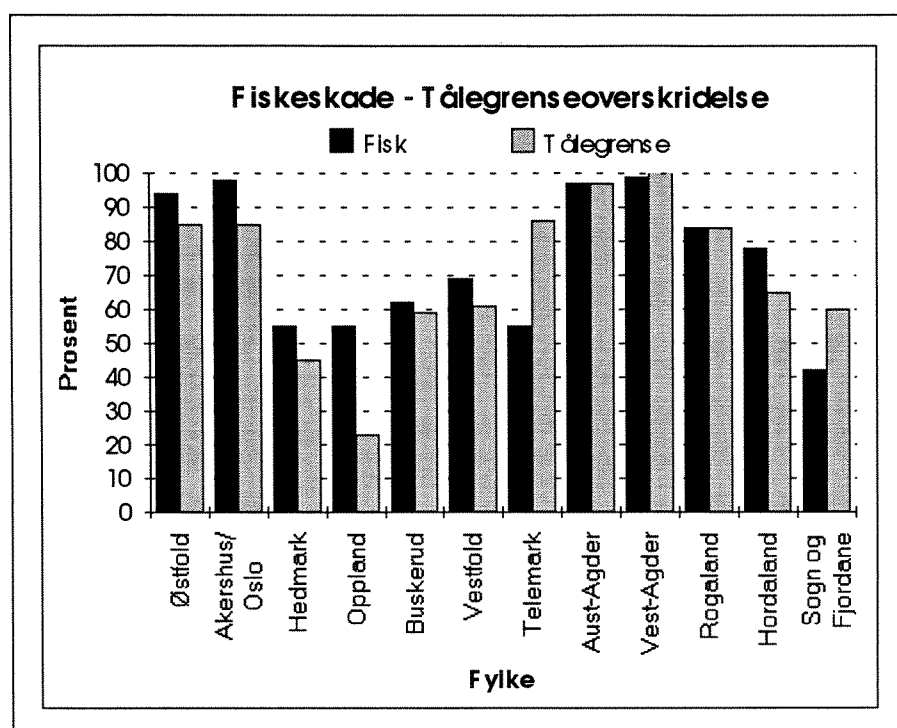
Figur 2. Forholdet mellom skadeklasse for fisk og overskridelse av tålegrenser. Ruter som avviker (se ovenfor) er ikke tatt med.

Tabell 5. Fylkesvis arealfordeling av fiskeskader og tålegrenseoverskridelser

Fylke	Areal (km ²) med:		Totalt areal (km ²) med registrering av		Areal (% av totalt) registrert for fiskestatus
	Fiskeskade	Tålegrense overskredet	Fiskestatus	Tålegrense	
Østfold	3490	3450	3718	4067	91
Akershus/Oslo	5283	4606	5378	5385	100
Hedmark	12787	12281	22988	27317	84
Oppland	3479	5885	6296	25189	25
Buskerud	9299	8870	14931	14941	100
Vestfold	1006	1339	1459	2179	67
Telemark	8193	13021	14787	15227	97
Aust-Agder	8797	8888	9044	9171	99
Vest-Agder	7236	7291	7291	7291	100
Rogaland	7089	7713	8415	9146	92
Hordaland	11844	10065	15093	15341	98
Sogn og Fjordane	7262	10937	17194	18380	94
Alle fylker	85765	94346	126594	153634	82
Alle (-Oppland)	82286	88461	120298	128445	94

Fiskeindeks er pr. idag beregnet for alle fylker fra Østfold til og med Sogn og Fjordane (tabell 5). For de fleste fylker, unntatt Oppland er det meste av arealet innen fylket kartlagt for fiskestatus. Det står igjen ca 75% av Oppland og deler av Vestfold og Hedmark, samt mindre områder i de fleste andre fylkene. Ser en bort fra Oppland er 94% av arealet i de øvrige fylkene kartlagt. Det er derfor et godt grunnlag for å sammenlikne tålegrenseoverskridelser og fiskestatus for hvert enkelt fylke. Kolonne 6 i tabell 5, dvs. hvor stor del av hvert fylke som er kartlagt med hensyn til fiskestatus. Vestfold og Oppland er under videre kartlegging, slik at databasen vil bli komplettert i nærmeste fremtid.

Forholdet mellom arealer med fiskeskade og arealer med overskridelser av tålegrensene på fylkesbasis er illustrert i figur 4. For Buskerud, Øst- og Vest-Agder og Rogaland er overensstemmelsen meget god. Det er registrert større områder med fiskeskader enn områder med tålegrenseoverskridelser i Østfold, Akershus/Oslo, Hedmark og Hordaland, mens det omvendte er tilfelle for Telemark og Sogn og Fjordane. For Oppland, Vestfold og delvis Hedmark er deknningen for fiskestatusregistrering for liten til at en sammenlikning er realistisk idag. Avvikene for de godt kartlagte områdene er imidlertid ikke større enn at de indikerer en klar sammenheng også på fylkesbasis mellom registrerte fiskeskader og overskridelse av tålegrenser. For alle fylker (unntatt Oppland) er tålegrensene overskredet innen et areal på 88461 km², mens fiskeskader er registrert i 82286 km² (tabell 5). Dette må betraktes som en meget god overensstemmelse. Når det gjelder Telemark er det relativt stor forskjell mellom arealene for fiskeskader og tålegrenseoverskridelse. Begge databaser vil bli gjennomgått for å avklare årsakene til dette.



Figur 3. Arealmessig fordeling av fiskeskader (Klasse > 1) og tålegrenseoverskridelser for fylker der fiskestatus er klassifisert.

5. KONKLUSJONER

Det er generelt en meget god overensstemmelse mellom tålegrenseoverskridelse og fiskeskade for hver enkelt rute, spesielt der skadene på fiskebestandene er store. I de lavere skadeklassene er det naturlig at overensstemmelsen er dårligere. Det er viktig å presisere at de to datasettene er samlet inn uavhengig av hverandre. Den valgte verdi for ANC_{limit} (20 $\mu\text{eq/l}$) er anslått på grunnlag av en empirisk sammenheng mellom ANC og fiskestatus fra 1000-sjøers undersøkelsen. Ved å bruke dette utgangspunktet for tålegrenseberegningene finner en en god sammenheng mellom overskridelser av tålegrenser og fiskeskader fra en uavhengig database basert på mer omfattende fiskestatusundersøkelser. Dette bekrefter at tålegrensemetoden gir et reelt bilde av forholdene, og at prognoser basert på denne metoden vil gi gode resultater for anslag for omfang av fiskeskader ved gitte fremtidige scenarier. Det videre arbeide som er foreslått for dette prosjektet vil forbedre og utvide databasene både for tålegrenser og fiskeskader.

6. HENVISNINGER

Berger, H.M., Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Kvenild, L. 1992. Forsuring av innsjøer i Sør-Norge - fiskestatus innen geografiske rutenett. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Forskningsrapport 032. (Naturens Tålegrenser, Fagrapport nr. 8, Miljøvern-dep.), 14s.

Economic Commission of Europe (ECE). 1990. Draft Manual for Mapping Critical Levels/Load. Prepared by the Task Force on Mapping, Umweltbundesamt, Berlin.

Henriksen, A., Kämäri, J., Posch, M., Lövblad, G., Forsius, M. and Wilander, A. 1990. Critical loads to surface waters in Fennoscandia. Nordic Council of Ministers. Miljørapport 1990:124.

- Henriksen, A., Lien, L., Rosseland, B.O., Traaen, T.S. & Sevaldrud, I.S. 1989. Lake acidification in Norway - present and predicted fish status. *Ambio* 18, 314-321.
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S. & Taubøll, S. 1992a. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. Nork institutt for vannforskning. Rapport 89210 (Naturens Tålegrenser, Fagrapport nr.34, Miljøverndep.), 29s.
- Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway due to acidification. *Aquacult. and Fish. Mgmt.* 22, 85-91.
- Hesthagen, T., Berger, H.M., Larsen, B.M. & Rosseland, B.O. 1993. Historical pattern of fish status in Norwegian lakes: a comparison between fishermen's opinion and direct measurement. *Nordic J. Freshwat. Res.* (submitted).
- Hesthagen, T., Larsen, B.M., Schartau, A.K. & Berger, H.M. 1992. Tålegrenser for aure i ferskvann i forhold til forsurening. I: K. Hegna (red.), Vassdragskalking - strategi og effekter, DN-notat 1992-5, s.31-35.
- Lien, L., Raddum, G.G. and Fjellheim, A. 1992. Critical loads for surface water - fish and evertebrates. Norwegian Institute for Water Research (NIVA), Report O-89185. (Naturens Tålegrenser, Fagrapport nr.21, Miljøverndep.), 29s.
- Rosseland, B.O., Sevaldrud, I.H., Svalastog, D. & Muniz, I.P. 1980. Effects of acidification on reproduction, population structure, growth and food selection. - I: Drabløs, D. (red.): Ecol. Imp. Precip., SNSF-prosjektet, Oslo, s. 336-337.
- Sevaldrud, I.H. & Muniz, I.P. 1980. Sure vatn og innlandsfisket i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979 - SNSF-prosjektet, IR 77/80. 95s.
- Statens forurensningstilsyn (SFT) 1992. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1991, Rapport nr 506/92.
- Sverdrup, H., de Vries and Henriksen, A. 1990. Mapping Critical Loads. Nordic Council of Ministers. Miljørapport 1990:14, 124 pp.

Naturens tålegrenser - Oversikt over utgitte rapporter

- 1 Nygaard, 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., L. Lien & T. S. Traaen, 1990. Tålegrenser for overflatevann. Kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport O-89210.
- 3 Lien, L., A. Henriksen, G. Raddum & A. Fjellheim, 1989. Tålegrenser for overflatevann. Fisk og evertebrater. Foreløpige vurderinger og videre planer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport 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. & S. Nybø, 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 005.
- 6 Frisvoll, A. A., 1990. Moseskader i skog i Sør-Norge. Norsk institutt for naturforskning (NINA), oppdragsmelding 018.
- 7 Muniz, I. P. & K. Aagaard, 1990. Effekter av langtransportert forurensning på ferskvannsdyr i Norge - virkninger av en del sporelementer og aluminium. Norsk institutt for naturforskning (NINA), utredning 013.
- 8 Hesthagen, T., H. Mack Berger & L. Kvenild, 1992. Fiskestatus i relasjon til forsurening av innsjøer. Norsk institutt for naturforskning (NINA), forskningsrapport 032.
- 9 Pedersen, U., S. E. Walker & A. Kibsgaard, 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:28/90.
- 11 Wright, R. F., A. Stuanes, J. O. Reuss & M. B. Flaten, 1990. Critical loads for soils in Norway. Preliminary assessment based on data from 9 calibrated catchments. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), rapport 0-89153.
- 11b Reuss, J. O., 1990. Critical loads for soils in Norway. Analysis of soils data from eight Norwegian catchments. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), rapport 0-89153.
- 12 Amundsen, C. E., 1990. Bufferprosent som parameter for kartlegging av forsuringfølsomhet i naturlig jord. Universitetet i Trondheim, AVH (stensil).
- 13 Flatberg, K. I., B. Foss, A. Løken & S. M. Saastad, 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. 1990. Moser og luftforurensninger. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 69.
- 16 Mortensen, L.M. Ozonforurensning og effekter på vegetasjonen i Norge. Norsk

landbruksforsk. 5:235-264.

- 17 Wright, R.F., Stuanes, A.O. & Frogner, T. Critical Loads for Soils in Norway Nordmoen. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport O-89153.
- 18 Pedersen, H.C., Nygård, T., Myklebust, I. og 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, Carl Einar. 1992. Sammenligning av parametre for å bestemme forsurningsfølsomhet i jord. NGU-rapport 91.265.
- 21 Bølviken, B., R. Nilsen, J. Romundstad & O. Wolden. 1992. Surhet, forsurningsfølsomhet og lettløselige baeskationer i naturlig jord fra Nord-Trøndelag og sammenligning med tilsvarende data fra 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. & A. Fjellheim. 1992. Critical loads of acidity to freshwater. Fish and invertebrates. Norwegian Institute for Water Research (NIVA), rapport O-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. (i trykk)
- 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 (i trykk)
- 28 Brettum, P. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Planteplankton. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-90137/E-90440, rapport-3 (i trykk)
- 29 Brandrud, T.E., Mjelde, M. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Makrovegetasjon. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). O-90137/E-90440, rapport-1 (i trykk)
- 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), oppdragsmelding 152.
- 32 Amundsen, C.E. 1992. Sammenligning av relativ forsurningsfølsomhet 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 (sulphur) for coniferous forest soils in Norway. (in prep)
- 34 Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S. & Taubøll, S. 1992. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførler 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. og Taubøll, S. 1993. Tålegrenser for overflatevann - Sammenheng mellom kjemiske kriterier og fiskestatus. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) O-91222.

Henverdeler vedrørende rapportene rettes til utførende institusjon

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2237-5