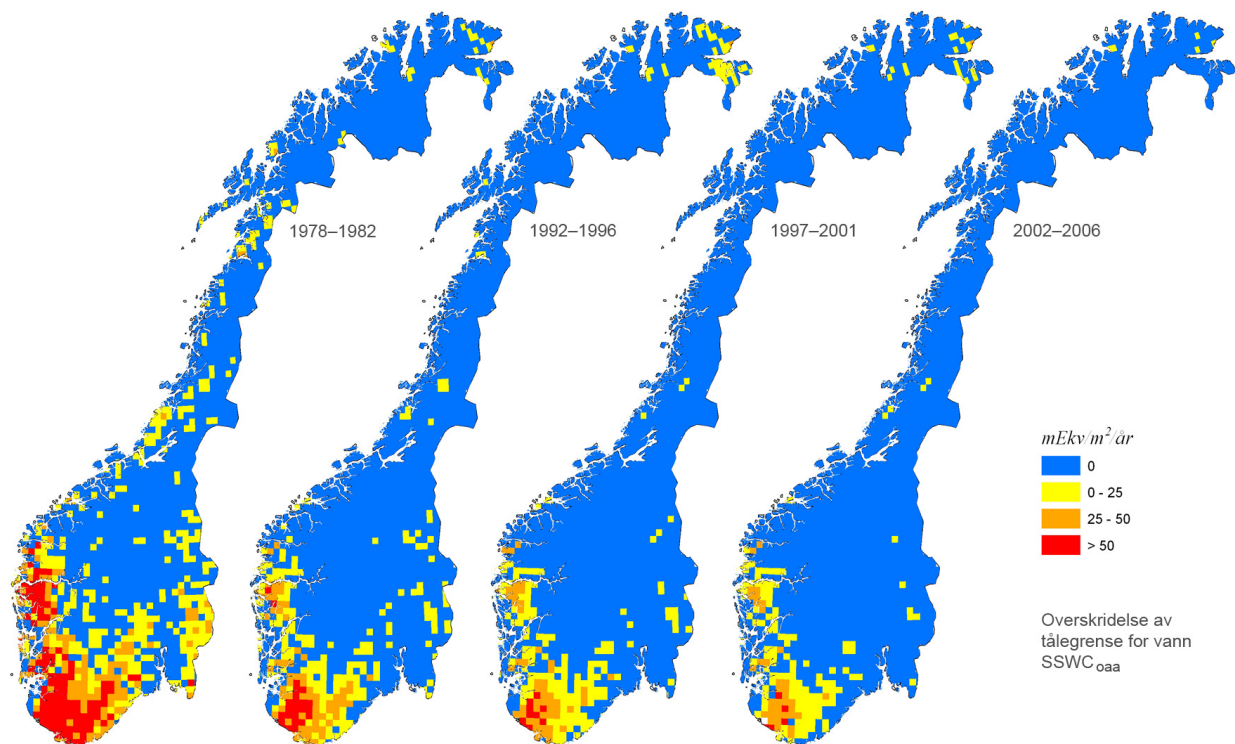


Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge

Oppdatering med perioden 2002-2006



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge – oppdatering med perioden 2002–2006	Løpenr. (for bestilling) 5697-2008	Dato 2008.12.05
	Prosjektnr. Undernr. O-26474	Sider Pris 24
Forfatter(e) Thorjørn Larssen, Espen Lund, Tore Høgåsen	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsreferanse 5008052
---	------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten viser overskridelser av tålegrenser for forsuring av vann og jord, samt overgjødslings effekter på vegetasjon, med avsetningsverdier for perioden 2002–2006. Disse avsetningsverdiene gir noe reduksjon i areal med overskridelse av tålegrenser for vann siden forrige periode, ved bruk av den mest vanlige modellen og inkludering av organiske syrer (SSWC_{0aa}): 10 % av Norges areal er overskredet (12 % i forrige periode). Bruk av FAB-modellen, som forutsetter full nitrogenmetning og dermed et mye større forsurningsbidrag fra nitrogen, gir en overskridelse på 18 % av Norges areal. Dette er også en liten reduksjon siden forrige periode (20 %). Overskredet areal for overgjødslings effekter på vegetasjon fra nitrogen viser en liten økning fra de to foregående periodene: 14 % av Norges areal er overskredet. Økningene i overskridelser fra forrige periode skyldes noe økt avsetning og en viss endring i avsetningsmønsteret for nitrogen i perioden.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tålegrenser 2. Overskridelser 3. Overflatevann 4. Vegetasjon 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Critical loads 2. Exceedances 3. Surface water 4. Vegetation
---	---



Thorjørn Larssen
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Naturens tålegrenser

Fagrappport nr. 126

**Overskridelser av tålegrenser for forsuring og
nitrogen for Norge**

Oppdatering med perioden 2002–2006

Forord

NIVA er på oppdrag fra SFT nasjonalt *Focal Center* i UNECEs program *International Cooperative Programme on Modelling and Mapping of Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends* (ICP M&M). Som en del av dette arbeidet inngår jevnlig oppdateringer av tålegrensedatabasen etter hvert som ny informasjon og kunnskap blir tilgjengelig.

Hvert femte år har Statens forureningstilsyn (SFT) bedt Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om oppdaterte beregninger og kart for overskridelser av tålegrensene for tilførsler av S og N til vann og jord. Denne rapporten viser oppdaterte tålegrensekart og overskridelser med avsetningsdata for perioden 2002–2006.

Arbeidet har vært ledet av Thorjørn Larssen. Tore Høgåsen og Espen Lund har oppdatert databaser, gjort beregningene samt laget kart og tabeller. Thorjørn Larssen og Espen Lund har skrevet denne rapporten.

Vi takker Wenche Aas, Norsk institutt for luftforskning (NILU), for velvillig å bidra med avsetningsdata og konstruktive diskusjoner, og Per Arild Aarrestad, Norsk institutt for naturforskning (NINA) for godt samarbeid om vegetasjonstålegrensene.

Arbeidet er gjennomført på kontrakt fra SFT. Kontaktperson hos SFT har vært Tor Johannessen.

Oslo, november 2008

Thorjørn Larssen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Metoder for beregning av tålegrenser og overskridelser	8
2.1 Overflatevann	8
2.2 Overgjødsling av vegetasjon	10
2.3 Skogsjord	10
2.4 Overskridelser	11
3. Resultater	13
3.1 Overskridelser av tålegrenser for forsuring av overflatevann	13
3.2 Overskridelser av tålegrenser for overgjødsling av vegetasjon	15
3.3 Overskridelser av tålegrenser for forsuring av skogsjord	15
4. Konklusjoner	16
5. Referanser	17

Sammendrag

Begrepet *Naturens tålegrenser* (eng.: *critical loads*) er i dag akseptert som et vitenskapelig utgangspunkt for politiske beslutninger om reduksjoner i utslipp av svovel og nitrogen. Store overskridelser av tålegrensene for forsuring av overflatevann har vært en betydelig faktor under forhandlinger om Oslo- og Gøteborg-protokollene under UNECE *Konvensjon for Langtransporterte Grenseoverskridende Luftforurensninger* (LRTAP-konvensjonen).

Avsetningen av svovel i Europa, inkludert Norge, har avtatt betydelig siden 1970-tallet, og nedgangen har fortsatt også fra perioden 1997-2001 til perioden 2002–2006. Avsetningen av nitrogen viser ikke samme tydelige nedgang og viste i Norge i perioden 2002–2006 en liten økning i forhold til perioden 1997–2001.

Overskridelse av tålegrenser for tilførsler av svovel og nitrogen til overflatevann, jord og vegetasjon er beregnet på bakgrunn av nye avsetningskart for perioden 2002–2006 og sammenlignes i denne rapporten med tidligere perioder.

For overflatevann er overskridelser av tålegrenser beregnet med to modeller: *Steady State Water Chemistry* (SSWC) og *First Order Acidity Balance* (FAB). SSWC-modellen er benyttet i to varianter: med og uten justering for organiske syrer i grenseverdien, betegnet henholdsvis $SSWC_{\text{ooa}}$ og SSWC.

SSWC-modellene gir et ”best case” estimat for overskridelsene. $SSWC_{\text{ooa}}$ viser at 10 % av Norges areal har overskridelser av tålegrensene. Hvis man ekskluderer organiske syrer, viser SSWC at 8 % av arealet har overskridelser. FAB-modellen gir et ”worst case” estimat (antar full nitrogenmetning og bidrag til forsuring fra nesten all nitrogenavsetning). Den viser at 18 % av Norges areal har overskridelser av tålegrensene.

Tålegrenser for overgjødning av vegetasjon er overskredet i 14 % av Norges areal. Dette er en svak økning fra de to foregående periodene. Nitrogen har dermed en økende betydning for overskridelser av tålegrensene, ettersom svovelavsetningen avtar mens nitrogenavsetningen viser en liten økning i Norge.

Tålegrenseoverskridelsene er størst i Vest-Agder og Rogaland, men også fortsatt betydelige i Aust-Agder, indre deler av Telemark og deler av Hordaland og Sogn og Fjordane.

Summary

Title: Exceedances of critical loads for acidification of surface water and soil and for nitrogen effects on vegetation in Norway 2002–2006

Year: 2008

Author: Thorjörn Larssen, Espen Lund, Tore Høgåsen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-5432-7

The concept of critical loads has been well established as a scientific basis in developing emission reduction plans of sulphur and nitrogen emissions in Europe. Large exceedances of critical loads for surface water acidification have been a significant driver for negotiating the Oslo and Gothenburg protocols under the UNECE Convention on Long Range Transboundary Air Pollution.

The deposition of sulphur in Europe, including Norway, has decreased substantially since the 1970s, and the decrease has continued also from the period 1997-2001 to 2002-2006. Nitrogen deposition has not decreased in a similar manner, and for the 2002–2006 period in Norway, deposition of nitrogen has actually increased slightly compared to the period 1997–2001.

Exceedances of critical loads for surface waters, soils and vegetation are calculated for the updated deposition map for the time period 2002–2006 and are compared with previous years.

Two methods have been used to calculate the critical loads exceedances for waters: the Steady State Water Chemistry (SSWC) model and the First Order Acidity Balance (FAB) model. The SSWC model has been used in two variants: with and without organic acids included in the critical limit, denoted SSWC_{oaa} and SSWC, respectively.

The SSWC models give a best case estimate for exceedances. SSWC_{oaa} show that 10 % of Norway's area is exceeded. When excluding organic acids, SSWC show that 8 % of the area is exceeded. The FAB model gives a worst case estimate (assuming full nitrogen saturation and hence contribution from most of the deposited nitrogen to acidification) and show that 18 % of Norway's area is exceeded.

For nutrient effects on vegetation of nitrogen as a nutrient, 14 % of Norway's area is exceeded. Hence nitrogen is increasingly important for critical loads exceedances, as the sulphur deposition has decreased substantially, while nitrogen deposition shows a small increase in Norway.

The largest exceedances are found in Vest-Agder and Rogaland, but considerable exceedances are also still found in Aust-Agder, central parts of Telemark and parts of Hordaland and Sogn og Fjordane.

1. Innledning

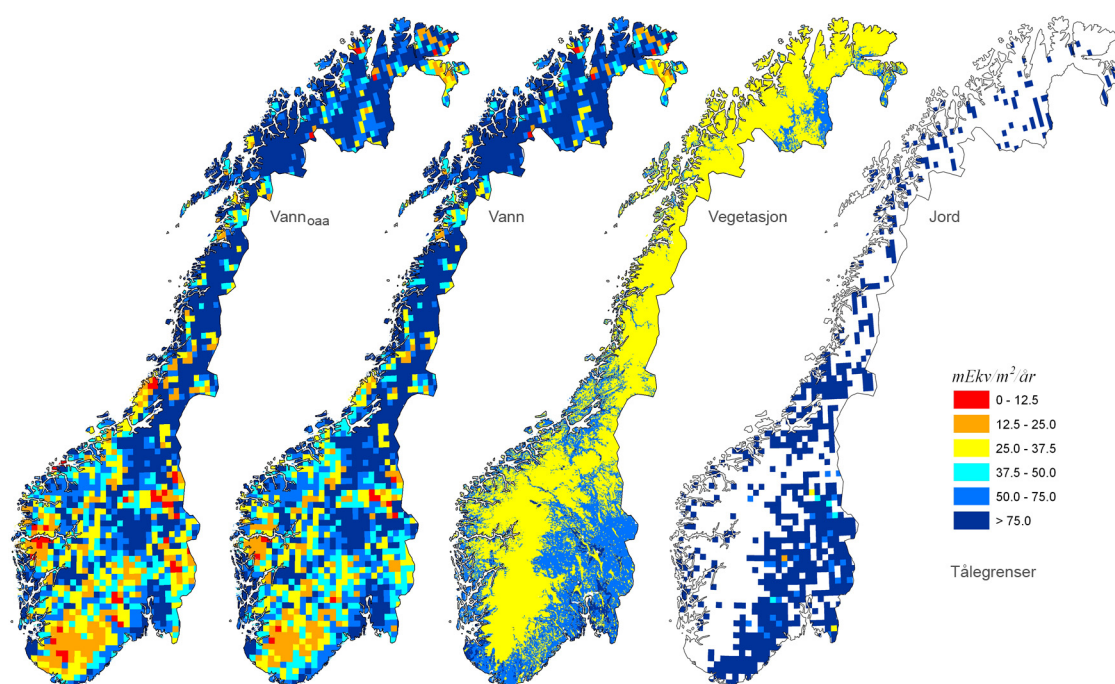
Begrepet *Naturens tålegrenser* (eng.: *critical load*) er i dag akseptert som utgangspunkt for politiske beslutninger om reduksjoner i utslipp av svovel og nitrogen. *Naturens tålegrenser* er et anslag over hvor mye naturen kan motta av et forurensende stoff uten å påføres skade. Langtransporterte luftforurensninger er en av flere trusler mot det biologiske mangfoldet, og tålegrensene utgjør relativt presise mål for et bærekraftig forurensningsnivå. Videre kan vi kvantifisere den belastningen som overskrider tålegrensen i forskjellige områder, som dermed gir grunnlag for og muligheten til, via internasjonale forhandlinger, å fatte politiske beslutninger om miljømål som står direkte i forhold til tålegrensene.

Executive Body under FNs økonomiske kommisjon for Europa (UNECE) har etablert *International Cooperative Programme (ICP) on Modelling and Mapping of Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends* under *Konvensjonen for langtransporterte grenseoverskridende luftforurensning* (LRTAP-konvensjonen). Hvert medlemsland i Konvensjonen utarbeider nasjonale tålegrensedata. Disse samles, fremstilles i kart og rapporteres av et koordineringssenter (CCE) som er lagt til nederlandske MNP (*Netherlands Environmental Assessment Agency*; tidligere *National Institute of Public Health and the Environment* (RIVM)). Tålegrensekonseptet ligger til grunn for både den andre svovelprotokollen underskrevet i Oslo i 1994 (UNECE 1994) og multi-effect/multi-pollutant protokollen som ble undertegnet i Göteborg i 1999 (UNECE 1999).

Programmet *Naturens tålegrenser* ble startet i 1989 i regi av Miljøverndepartementet. Programmet gir bl.a. innspill til pågående aktiviteter under LRTAP-konvensjonen. NIVA har vært nasjonalt *Focal Center for Task Force on Mapping* siden starten av programmet i 1989 og har bidratt internasjonalt med utvikling av metoder for beregning av tålegrenser for både svovel og nitrogen for forsurening av overflatevann. Nasjonalt er det utarbeidet tålegrensekart for hele Norge og for Svalbard. Forrige oppdaterte kart med tålegrenser og overskridelser i Norge ble publisert i 2003 (Larssen og Høgåsen 2003).

2. Metoder for beregning av tålegrenser og overskridelser

For Norge er det utarbeidet tålegrenser for forsuring fra sterke syrer (svovel- og salpetersyre) til overflatevann og skogjord og for overgjødning (eutrofiering) av terrestrisk vegetasjon med nitrogen. For overflatevann presenteres tålegrensekart med og uten inkludering av organiske syrer i effektledet i modellen. Tålegrensene er presentert i det følgende.



Figur 1. Tålegrenser for vann_{oaa} (organiske syrer inkludert), vann (organiske syrer ekskludert), vegetasjon og jord i Norge. oaa = organic acid adjusted.

2.1 Overflatevann

Tålegrensen for forsuring av overflatevann er basert på at syretilførselen ikke skal overskride forvittringshastigheten (bufferproduksjonen) i nedbørfeltet minus en mengde buffer som skal beskytte utvalgte biota mot skader. I praksis er grenseverdiene i Norge satt for å kunne opprettholde en reproduserende ørretbestand. Tålegrensene for vann er gitt per rute i et rutenett som dekker hele landet. For vann og jord er størrelsen på hver rute $\frac{1}{4}$ lengdegrad og $\frac{1}{8}$ breddegrad. Hele Norge dekkes da av 2303 ruter.

Vi har anvendt to modeller for å beregne tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for sur nedbør (svovel og nitrogen) til overflatevann i Norge:

1. *The Steady-State Water Chemistry* (SSWC), som beregner tålegrenser for sterk syre og dagens overskridelse (Henriksen og Posch 2001; UBA 2004).
2. *The First-order Acidity Balance* (FAB), som beregner separate tålegrenser for svovel og nitrogen og deres overskridelser (Henriksen og Posch 2001; UBA 2004).

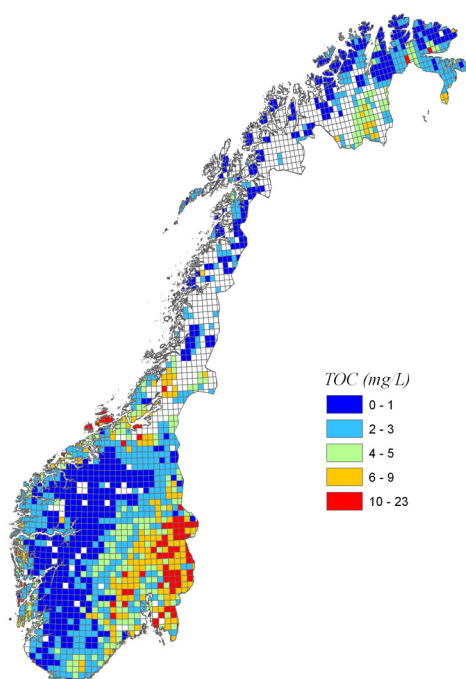
SSWC-modellen anslår forvittringshastigheten for nedbørfeltet utfra dagens vannkjemi (basekationer) og beregner ved hjelp av en faktor den delen av basekationene i vannet i dag som skyldes ionebytting i jorda. Buffermengden som må til for å beskytte det valgte biota (fisk for Norge) kalles ANC_{limit} .

SSWC-modellen er benyttet i to varianter: med og uten organiske syrer i effektledet, betegnet henholdsvis $SSWC_{oaa}$ og $SSWC$. Data for organiske syrer (TOC) finnes ikke i alle ruter (Figur 2). I ruter uten data er TOC satt lik 1 mg L^{-1} . Dette er første gang landsdekkende kart med tålegrenser og overskridelser er presentert hvor justeringen for organiske syrer er tatt med. Fremgangsmåte og metodeutvikling er beskrevet tidligere (Lydersen et al., 2004; Hindar and Larssen, 2005).

FAB-modellen beregner som nevnt separate tålegrenser og overskridelser for svovel og nitrogen og tar hensyn til antatt framtidig endring i opptaksprosesser for nitrogen i jorda, innsjøen og sedimentene.

Den vesentlige forskjellen mellom de to modellene er hvordan de behandler nitrogenavsetningen. $SSWC$ -modellen er basert på den antagelsen at nitrogenopptaket i framtiden vil fortsette å være som observert i dag, mens i FAB-modellen antas det at en større andel nitrogen vil bidra til forsurening i framtiden. Modellene er beskrevet i detalj i andre publikasjoner (se for eksempel Henriksen og Posch 2001).

Tålegrensekartet for vann (Figur 1) viser at de laveste tålegrensene (røde og oransje ruter) finnes i betydelig grad i sørlige og vestlige deler av Norge, der berggrunnen er dominert av granitt og gneis, men følsomme områder finnes også spredt over hele landet. De høyeste svovelavsetningene finner vi i de samme områdene som har de laveste tålegrensene. Denne kombinasjonen av høy følsomhet og høy syreavsetning er hovedårsaken til at store områder i Sør-Norge er sterkt utsatt for forsurening av vann og jord.



Figur 2. Ruter med data for TOC (mg/L). Ruter uten data er hvite.

2.2 Overgjødning av vegetasjon

Tålegrenser for overgjødning av vegetasjon er basert på at tilførsel av nitrogen ikke skal overskride en bestemt årlig mengde for en gitt type vegetasjon. For Norge er tålegrensene anslått på basis av de samme empiriske verdier for ulike vegetasjonstyper som benyttes ellers i Europa (Achermann og Bobbink 2003; UBA 2004). Vegetasjonstypene er tatt fra vegetasjonskart basert på satellittdata. For å få best mulig overensstemmelse med tålegrensene i Europa, er et felles-Europeisk vegetasjonskart basert på satellittdata benyttet (laget av *Stockholm Environment Institute*, SEI, i samarbeid med CCE).

Tålegrensekartet for vegetasjon (Figur 1) er basert på empiriske grenseverdier og består derfor ikke av en flate med kontinuerlige verdier, men et fåtall verdier. Laveste grenseverdi er $500 \text{ mg N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ (tilsvarer $35.7 \text{ mekv N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$). De mest følsomme vegetasjonstypene er nedbørsmyrer, heivegetasjon og alpine områder (Tabell 1) (Bruteig og Aarrestad 2004).

2.3 Skogsjord

Tålegrensen for sterk syre til skogsjord er basert på at syretilførsel ikke skal medføre at forholdet mellom basekationer og aluminiumsioner (BC:Al) i jordvannet blir lavere enn 1. Jordkjemiske data i Norge foreligger hovedsakelig for jord dekket av skog, og tålegrenser for jord beregnes kun for skogsjord.

Tålegrensene for skogsjord er beregnet med modellen *Steady State Mass Balance* (SMB) (UBA 2004). For beregning av forvittringshastighet, en viktig inngangsparameter til SMB-modellen, har vi brukt den dynamiske modellen *MAGIC (Model of Acidification of Groundwater in Catchments)* (Cosby, Hornberger et al. 1985; Cosby, Ferrier et al. 2001). Siden tålegrensene for skogsjord i svært liten grad har vært overskredet i Norge, er det ikke gjort endringer av tålegrensene siden forrige oppdatering (Larssen og Høgåsen 2003).

Tålegrensekartet for jord (Figur 1) viser at i de områder hvor det finnes skogsjord, er tålegrensene generelt høye. Det er 663 ruter med beregnet tålegrense for jord.

Tålegrensene som vises her, gjelder tilførsel av svovel under den forutsetning at tilført nitrogen tas opp og ikke har en forurende effekt. Dette er en forenkling som reflekterer dagens situasjon i skogsområder (høyt nitrogenopptak), men er et "best case" scenario for fremtiden fordi det antas at nitrogentilførsel heller ikke i fremtiden vil bidra til forurening av skogsjord i Norge.

Tabell 1. Naturtyper (EUNIS-klasse i parentes), med tålegrenser i mg N m⁻² år⁻¹ og mulige effekter ved tålegrenseoverskridelser. ### pålitelig, # nokså pålitelig, (#) ekspertvurderinger (Bruteig og Aarrestad 2004).

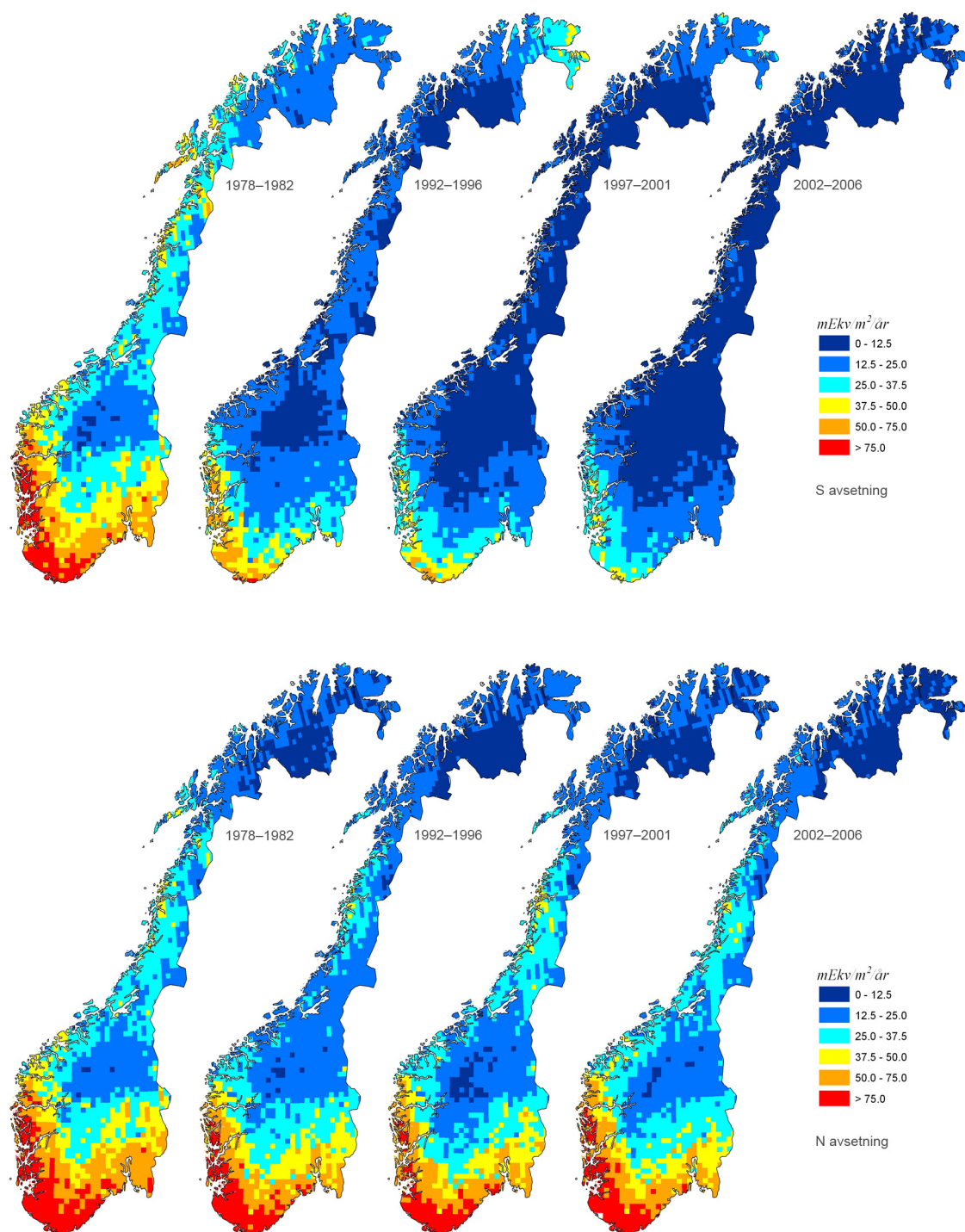
Skog (G)	Lauvskog (G1 Broad leaved deciduous woodland)	1000–2000 #	Endringer i jordprosesser, bakkenær vegetasjon, mykorrhiza, økt risiko for næringsubalanse og parasittisme
	Barskog (G3 Coniferous woodland)		
	Blandingsskog (G4 Mixed deciduous and coniferous woodlands)		
Myr (D)	Nedbørm yr (D1 Raised and blanket bogs)	500–1000 ##	Økt innslag av karplanter, endret moseflora, nitrogenmetting i torvmoser. N-akkumulasjon i torv og torv vann
	Fattig jordvassmyr (D2.2 Poor fens)	1000–2000 #	Økt innslag av halvgress og karplanter, negativ effekt på torvmoser
	Rikmyr (D4.1 Rich fens)	1500–3500 (#)	Økt innslag av høye gress, nedgang i diversitet
Kulturlandskap	Kulturavhengig eng (E Grassland and tall forb habitats)	1000–3000 (#)	Økt gressvekst, nedgang i diversitet, tilbakegang av typiske arter
	Kystlynghei (F4.11 Northern wet heaths, F2 Dry heaths)	1000–2000 ##	Nedgang i røsslyngdominans, moser og lav. Økt graminidevekst
Fjell og arktiske område	Tundra (F1 Tundra)	500–1000 #	Endring i biomasse, artssammensetning av moser og nedgang i lavdekke
	Heivegetasjon (F2 Arctic, alpine and subalpine scrub habitats, E4.2 Moss and lichen dominated mountain summits)	500–1500 (#)	Nedgang i lav, moser og lyngvekster
	Engvegetasjon (E4.3, E4.4 Alpine and subalpine grasslands)	1000–1500 (#)	Økning i nitrofile graminider og endringer i diversitet
Ferskvann (C)	Næringsfattige vann (C1.1 Permanent oligotrophic waters)	500–1000 ##	Kortskuddplanter negativt påvirket. Økning i grønnalgevekst
Havstrand (B)	Sanddyner (B1 Coastal dune and sand habitats)	1000–2000 #	Økning i gress, nedgang i krypende urter, økt nitrogenlekkasje

2.4 Overskridelser

Overskridelse av tålegrenser beregnes ved å trekke tålegrenseverdien fra avsetningsverdien for hver enkelt rute. Hvis tallet blir positivt, er tålegrensen overskredet og tallet angir mengden av overskuddsyre eller -nitrogen. Blir tallet negativt, er tålegrensen ikke overskredet.

Overskridelse av tålegrenser er her rapportert for sur nedbør (svovel og nitrogen) i Norge for de tre reseptorene vann, vegetasjon og jord ved estimert årlig middelavsetning i fire perioder (Figur 3) (Aas, Hjellbrekke et al. 2008):

- 1978–1982
- 1992–1996
- 1997–2001
- 2002–2006



Figur 3. Avsetning av svovel (over) og nitrogen (under) i fire perioder fra 1978 til 2006 (kart laget etter data fra Aas, Hjellbrekke et al. 2008).

3. Resultater

3.1 Overskridelser av tålegrenser for forsuring av overflatevann

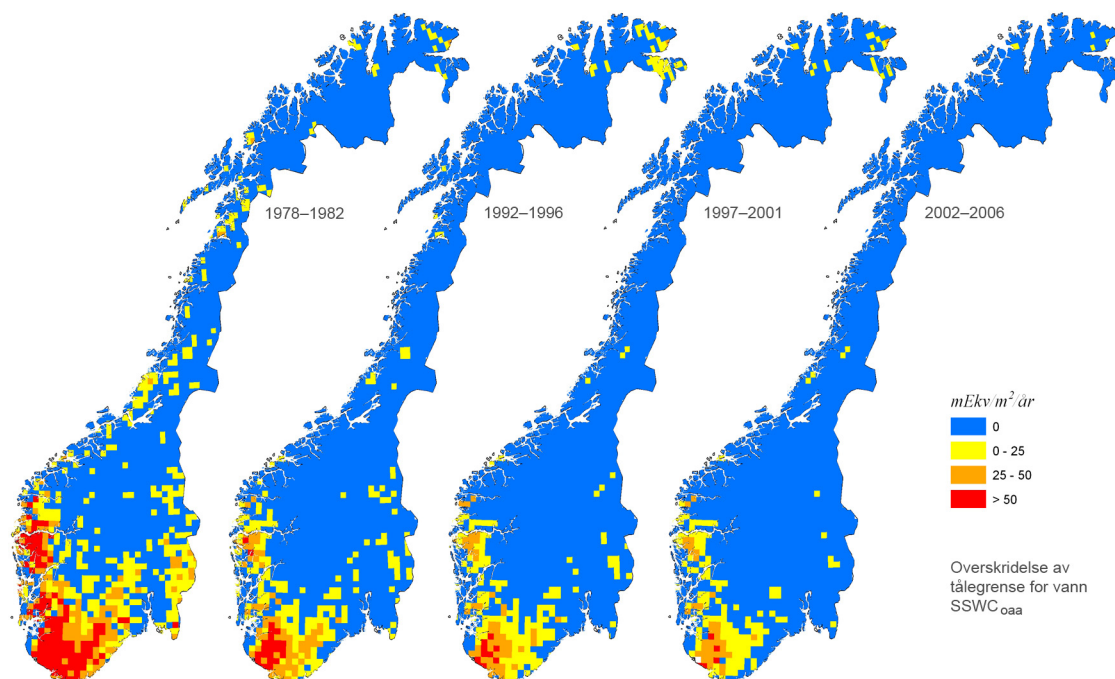
Avsetningstallene fra siste periode (2002–2006) viser at 10 % av Norges areal fortsatt har avsetning av S og N som overskrider tålegrensen for forsuring av overflatevann, beregnet med $SSWC_{\text{aaa}}$ -modellen (Tabell 2 og Figur 4). Dette er litt mindre enn i forrige periode, hvor 12 % var overskredet.

Uten bidrag fra organiske syrer gir $SSWC$ overskridelser på 8 % av Norges areal (Tabell 2 og Figur 5). Dette er litt mindre enn i forrige periode, hvor 10 % var overskredet.

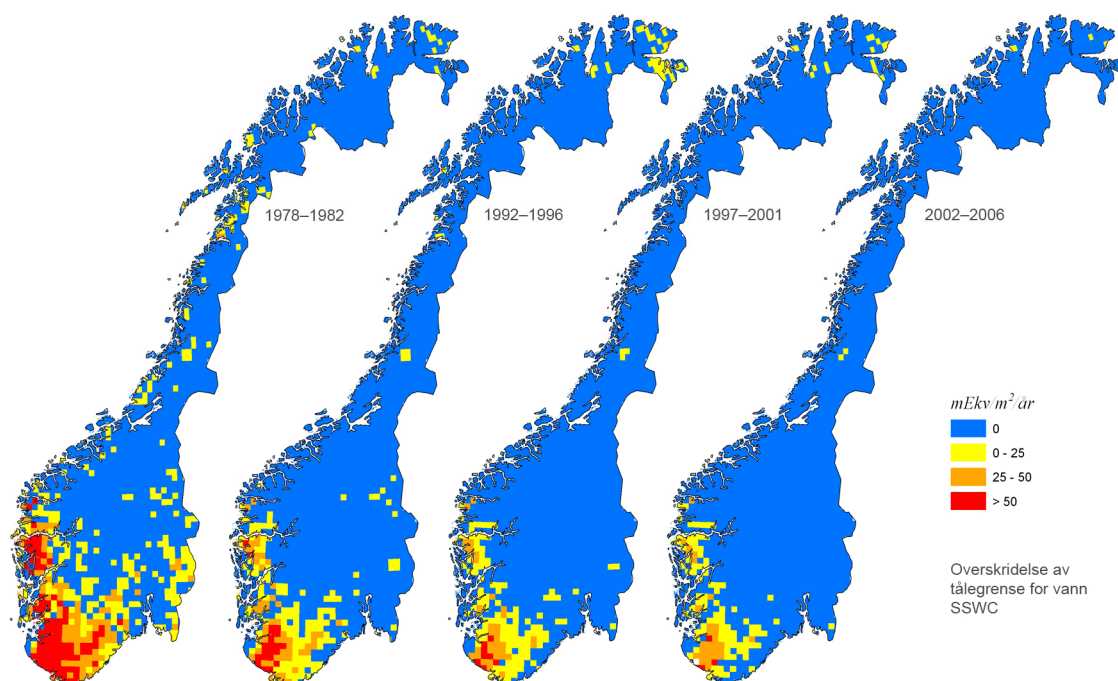
Hvis maksimal N-lekkasje inntreffer med dagens avsetning (FAB), vil områder med overskridelse av tålegrenser utgjøre 18 % av Norges areal (Tabell 2 og Figur 6). Dette er også en liten nedgang i overskredet areal fra forrige periode, som var 20 %.

Tabell 2. Areal(km^2) og prosent av Norges areal (%) der tålegrensene for forsuring av overflatevann er overskredet, beregnet med $SSWC_{\text{aaa}}$, $SSWC$ og FAB i fire perioder.

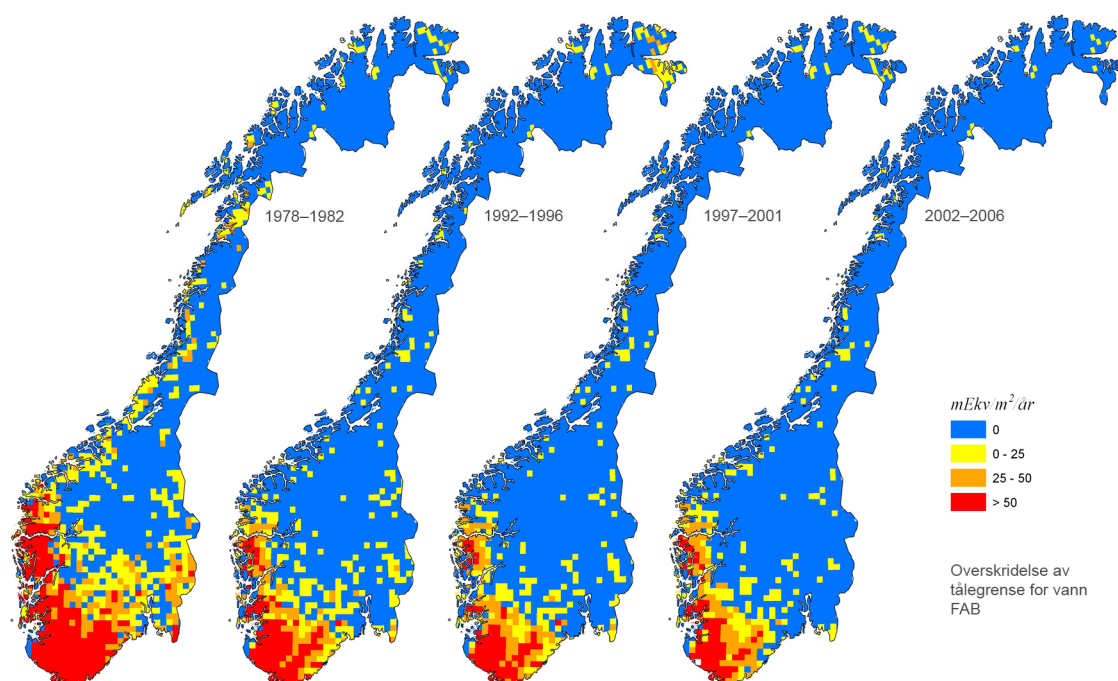
Periode	$SSWC_{\text{aaa}}$		$SSWC$		FAB	
	km^2	%	km^2	%	km^2	%
1978–1982	94 385	29	80 465	25	123 349	39
1992–1996	51 859	16	44 049	14	76 816	24
1997–2001	39 954	12	32 438	10	62 480	20
2002–2006	31 010	10	24 734	8	57 840	18



Figur 4. Beregnet overskridelse av tålegrenser for forsuring av overflatevann med bruk av $SSWC_{\text{aaa}}$ -modellen.



Figur 5. Beregnet overskridelse av tålegrenser for forsurening av overflatevann med bruk av SSWC-modellen.



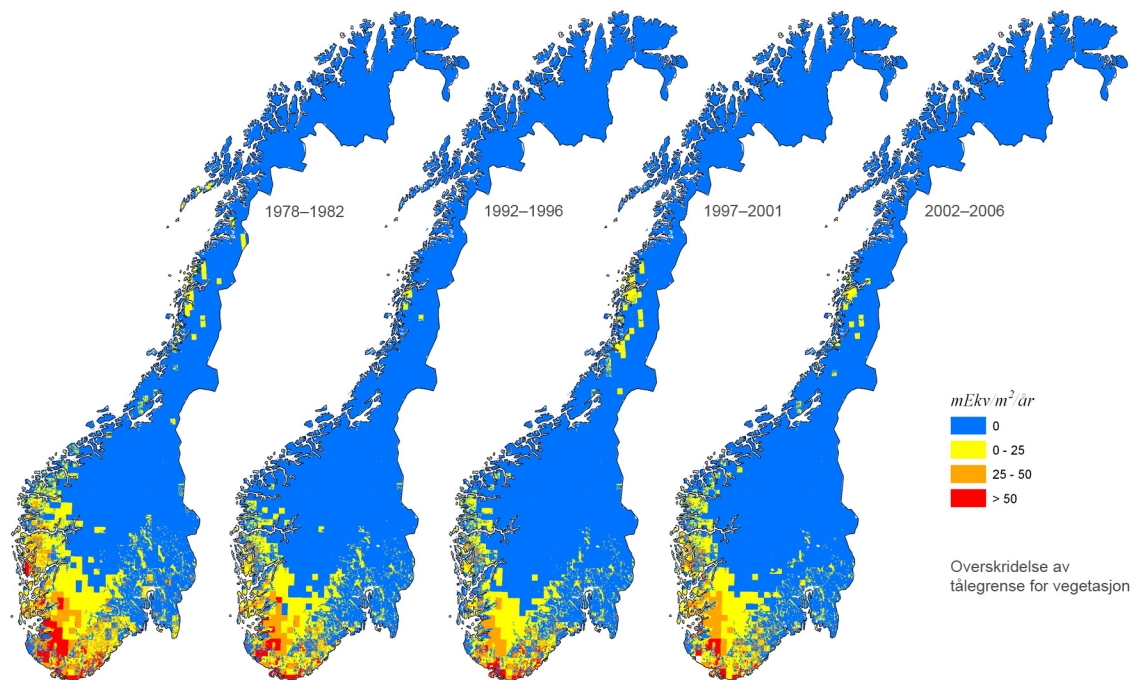
Figur 6. Beregnet overskridelser av tålegrenser for forsurening av overflatevann med bruk av FAB-modellen.

3.2 Overskridelser av tålegrenser for overgjødning av vegetasjon

Avsetningstallene for perioden 2002–2006 gir overskridelser av tålegrenser for vegetasjon i områder som utgjør 14 % av Norges areal (Tabell 3 og Figur 7). Dette er en liten økning fra de to foregående periodene.

Tabell 3. Areal og prosent av Norges areal der tålegrensene for vegetasjon er overskredet.

Periode	km ²	% av Norges areal
1978–1982	63 314	20
1992–1996	42 449	13
1997–2001	40 927	13
2002–2006	44 234	14



Figur 7. Beregnet overskridelse av tålegrenser for overgjødningseffekter av vegetasjon (empiriske tålegrenser).

3.3 Overskridelser av tålegrenser for forsurening av skogsjord

Med avsetningstallene for S og N for perioden 2002–2006, er det kun én rute (0,057 % av Norges areal) som er overskredet med hensyn på skogsjord (Tabell 4). Dette er tilsvarende som i forrige periode.

Tabell 4. Areal og prosent av Norges areal der tålegrensene for skogsjord er overskredet.

Periode	km ²	% av Norges areal
1978–1982	1559	0,49
1992–1996	382	0,12
1997–2001	183	0,057
2002–2006	183	0,057

4. Konklusjoner

Overskridelsen av tålegrensen for forsuring av overflatevann gitt avsetning av S og N for perioden 2002–2006 er beregnet til 10 % av Norges areal ved bruk av $SSWC_{\text{aaa}}$ -modellen og 8 % ved bruk av SSWC. Overskridelsen blir 18 % ved bruk av FAB-modellen. FAB-modellen forutsetter full nitrogenmetning i jorda og dermed større bidrag fra nitrogen til forsuring enn i SSWC-modellene. I den forrige beregningsperioden (1997–2001) var de tilsvarende tallene 12 %, 10 % og 20 %, noe som viser at areal med overskridelse av tålegrenser for forsuring av overflatevann har avtatt.

Overskridelsen av tålegrensen for forsuring av skogsjord viser at kun 0,05 % av Norges areal har overskridelser, dette er det samme som i forrige beregningsperiode.

Beregnet areal overskridelse for overgjødning av vegetasjon ved tilførsel av N er 14 % av Norges areal. Dette er en økning fra de forrige beregningsperiodene og skyldes noe økt avsetning av nitrogen i perioden.

5. Referanser

Achermann, B. og R. Bobbink (2003). Empirical critical loads for nitrogen. Expert workshop Berne 11-13 Nov. 2002. Berne, CH, Swiss Agency for the Environment.

Bruteig, I. og P. Aarrestad (2004). Utvikling av nye nitrogentålegrensekart for naturtyper - eit forprosjekt. Trondheim, Norsk institutt for naturforskning Minirapport no. 50: 18 s.

Cosby, B. J., R. C. Ferrier, et al. (2001). "Modelling the effects of acid deposition: refinements, adjustments and inclusion of nitrogen dynamics in the MAGIC model." *Hydrology and Earth System Sciences* **5**: 499-518.

Cosby, B. J., G. M. Hornberger, et al. (1985). "Modelling the effects of acid deposition: assessment of a lumped parameter model of soil water and streamwater chemistry." *Water Resources Research* **21**: 51-63.

Henriksen, A. og M. Posch (2001). "Steady-state models for calculating critical loads of acidity for surface waters." *Water Air and Soil Pollution: Focus* **1**: 375-398.

Larssen, T. og T. Høgåsen (2003). Tålegrenser og overskridelser av tålegrenser i Norge. Oslo, Norsk institutt for vannforskning: 24 s.

UBA (2004). Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads and Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends. Umwelt Bundes Amt Texte. Berlin, Umwelt Bundes Amt: 240 pp.

Aas, W., A. Hjellbrekke, et al. (2008). Deposition of major inorganic compounds in Norway 2002-2006. Kjeller, Norwegian Institute for Air Research.

Hindar A, Larssen T. Modifisering av ANC- og tålegrenseberegninger ved å inkludere sterke organiske syrer. NIVA-rapport 5030-2005, Oslo. 2005, 38 s.

Lydersen E, Larssen T, Fjeld E. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. *Science of the Total Environment* 2004; 362: 63-69.

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 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.

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) og Statens forurensningstilsyn (SFT).

Arbeidsgruppen har for tiden følgende sammensetning:

**Tor Johannessen - SFT
Else Løbersli - DN
Steinar Sandøy – DN**

Henvendelse vedrørende programmet kan rettes til:

**Direktoratet for naturforvaltning
7485 Trondheim
Tel: 73 58 05 00**

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

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., Lien, L. & Traaen, T.S. 1990. Tålegrenser for overflatevann. Kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), 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), 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 005.
- 6 Frisvoll, A. A., 1990. Moseskader i skog i Sør-Norge. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 018.
- 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 013.
- 8 Hesthagen, T., Berger, H. M. & Kvenild, L. 1992. Fiskestatus i relasjon til forsuring av innsjøer. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Forskningsrapport 032.
- 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 28/90.
- 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), 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), O-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, Foss, B., Løken, A. & Saastad, S.M. 1990. Moseskader i barskog. Direktoratet for naturforvaltning (DN), notat.
- 14 Frisvoll, A.A., & Flatberg, K.I., 1990. Moseskader i Sør-Varanger. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 55.
- 15 Flatberg, K.I., Bakken, S., Frisvoll, A.A., & Odasz, A.M. 1990. Moser og luftforurensninger. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 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), O-89153.
- 18 Pedersen, H.C., Nygård, T., Myklebust, I. og Sæther, M. 1991. Metallbelastninger i liryne. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 71.
- 19 Lien, L., Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1991. Tålegrenser for overflatevann evertebrater og fisk. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Rapport 0-89185,2.

- 20 Amundsen, C.E. 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 basekationer 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.
- 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), Oppdragsmelding 124.
- 25 Fremstad, E. 1992. Heivegetasjon i Norge, utbredelseskart. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 188.
- 26 Flatberg, K.I. & Frisvoll, A. 1992. Undersøkelser av skader hos to sigdmoser i Agder. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 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), 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 for coniferous forest soils in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-91147.
- 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.S. 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. Direktoratet for naturforvaltning. Utredning for DN 1993-2.
- 38 Espelien, I.S. 1993. Genetiske effekter av tungmetaller på pattedyr. En kunnskapsoversikt. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Utredning 051.
- 39 Økland, J. & Økland, K.A. 1993. Database for bioindikatorer i ferskvann - et forprosjekt . Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI), Zoologisk Museum, Oslo, Rapport 144, 1993.
- 40 Aamlid, D. & Skogheim, I. 1993. Nikkel, kopper og andre metaller i multer og blåbær fra Sør-Varanger, 1992. Rapport Gkogforsk 14/93. 14/93.

- 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 barskogsmosen blanksigd (*Dicranum majus*). Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN 1994-1.
- 47 Krøkje, Å. 1993. Genotoksisk belastning i jord . Effekstudier, med mål å komme fram til akseptable grenser for genotoksisk belastning fra langtransportert luftforurensning. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN 1994-2.
- 48 Fremstad, E. 1993. Heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) som indikator på nitrogenbelastning. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmelding 239.
- 49 Nygaard, P.H. & Ødegaard, T.H. 1993. Effekter av nitrogengjødsling på vegetasjon og jord i skog. Rapport Skogforsk 26/93.
- 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 Polarinstitutt Meddelelse nr. 132.
- 52 Lydersen, E., Fjeld, E. & Andersen, T. 1994. Fiskestatus og vannkjemi i norske innsjøer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) O-93172
- 53 Schartau, A.K.L. (red.) 1994. Effekter av lavdose kadmium-belastning på littorale ferskvanns-populasjoner og -samfunn. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Forskningsrapport 055.
- 54 Mortensen, L. (1994). Variation in ozone sensitivity of *Betula pubescens* Erh. from different sites in 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 (1994). 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. & Bernhoff, A. (1994). Klorerte organiske miljøgifter; nivåer og effekter på isbjørn. Norsk Polarinstitutt 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): OR 16/94.

- 61 Nygaard, P.H. 1994. Virkning av ozon på blåbær (*Vaccinium myrtillus*), etasjehusmose (*Hylocomium splendens*), furumose (*Pleurozium schreberi*) og krussigd (*Dicranum polysetum*). Rapport 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., A. Henriksen & Kvenild, L. 1994. 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.
- 66 Sagmo Solli, I.M, Flatberg, K.I.F., Söderström, L., Bakken S. & Pedersen, B. 1996. Blanksigd og luftforurensningsstudier. NTNU. Vitenskapsmuseet. Rapport botanisk serie 1996-1.
- 67 Stuanes, A. & Abrahamsen, G. 1996. Tålegrenser for nitrogen i skog - en vurdering av kunnskapsgrunlaget. Aktuelt fra Skogforsk 7-96.
- 68 Ogner, G. 1995. Tålegrenser for skog i Norge med hensyn til ozon. Aktuelt fra Skogforsk 3-95.
- 69 Thomsen, M., Nellemann, C. Frogner, T., Henriksen A., Tomter, S. & Mulder, J. 1995. Tilvekst og vitalitet for granskog sett i relasjon til tålegrenser og forurensning. Rapport fra Skogforsk 22-95.
- 70 Tomter, S. M. & Esser, J. 1995. Kartlegging av tålegrenser for nitrogen basert på en empirisk metode. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS). Rapport nr 10/95.
- 71 Pedersen, H.Chr. (red.). 1995. Kadmium og bly i lirype: akkumulering og cellulære effekter. Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning (NINA-NIKU) Oppdragsmelding 387
- 72 Bakken, S. & Flatberg, K.I.F. 1995. Effekter av økt nitrogendeposisjon på ombrotrof myrvegetasjon. En litteraturstudie. ALLFORSK Rapport 3.
- 73 Sogn, T.A., Stuanes, A.O. & Abrahamsen, G. 1995. Akkumulering av nitrogen - en kritisk parameter for beregning av tålegrenser for nitrogen i skog. Rapport fra Skogforsk 21/95.
- 74 Nygaard, P.H. & Eldhuset, T. 1996. Forholdet mellom basekationer og aluminium i jordløsning som kriterium for tålegrenser i skogsjord. Norsk institutt for skogforskning (NISK). Rapport fra Skogforsk 1/96
- 75 Mortensen, L. 1993. Effects of ozone on growth of several subalpine plant species. Norw. J. Agric. Sci. 7: 129-138.
- 76 Mortensen, L. 1994. Further studies on the effects of ozone concentration on growth of subalpine plant species. Norw. J. Agric. Sciences 8:91-97.
- 77 Fløisand, I. & Løbersli, E. (red.) 1996. Lufttransporterte forurensninger - tilførsler, virkninger og tålegrenser. Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR 2/96.
- 78 Thomsen, M.G., Esser, J., Venn, K. & Aamlid, D. 1996. Sammenheng mellom træs vitalitet og næringsstatus i nåler og humus på skogovervåkingsflater i Sørøst-Norge (in prep).
- 79 Tørseth, K., Mortensen, L. & Hjellbrekke, A.-G. 1996. Kartlegging av bakkenær ozon etter tålegrenser basert på akkumulert dose over 40 ppb. Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR 12/96.
- 80 Esser, J.M. & Tomter, S.M. 1996. Reviderte kart for tålegrenser for nitrogen basert på empiriske verdier for ulike vegetasjonstyper. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS).
- 81 Henriksen, A., Hindar, A., Styve, H., Fjeld, E. & Lien, L. 1996. Forsuring av overflatevann, beregningsmetodikk, trender og mottiltak. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport LNR 3528-96.

- 82 Henriksen, A., Hesthagen, T. & Fjeld, E. 1996. Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport LNR 3565-96.
- 83 Wright, R. F., Raastad, I.A., & Kaste, Ø. 1996. Atmospheric deposition of nitrogen, runoff of organic nitrogen, and critical loads for soils and waters. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3592-97
- 84 Mortensen, L.M. 1995. The influence of ozone pollution on growth of young plants of *Betula pubescens* Ehrh. And *Phleum alpinum* L. Dose-response relations. *Norw. J. Agr. Sci.* 9:249-262
- 85 Mortensen, L.M. 1996. Ozone sensitivity of *Betula pubescens* at different growth stages after budburst in spring. *Norw. J. Agr. Sci.* 10:187-196.
- 86 Tørseth, K., Rosendahl, K.E., Hansen, A.C., Høie, H. & Mortensen, L.M. 1997. Avlingstap som følge av bakkenært ozon. Vurderinger for perioden 1989-1993. SFT-rapport.
- 87 Rognerud, S, Hognve, D. & Fjeld, E. 1997. Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av metaller. Kan atmosfæriske avsetninger påvirke metall-konsentrasjoner slik at det ikke reflekterer berggrunnens geokjemi? Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport LNR 3670-97
- 88 Skjelkvåle, B.L., Wright, R.F. & Tjomsland, T. 1997. Vannkjemi, forsuringsstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Femundsmarka og Rondane. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport LNR 3646-97
- 89 Nordbakken; J.-F. 1997. Småskalaendringer i ombrotrof myrvegetasjon i SØ-Norge 1990/91-96. Botanisk Hage og Museum, Univ. Oslo Rapp. 1
- 90 Sogn, T.A., Kjønnås, J., Stuanes, A.O., & Abrahamsen, G. 1997. Akkumulering av nitrogen - variasjoner avhengig av bestandsutvikling, nitrogenutførsel og simulert snødekke. Norges Landbrukshøgskole, Institutt for jord- og vannfag, Rapport nr. 10/97.
- 91 Nygaard, P.H., Ødegård, T. & Flatberg, K.I.F. Vegetasjonsendringer over 60 år i fattig skog- og myrvegetasjon i Karlshaugen skogreservat. Skogforsk (in prep)
- 92 Knutzen, J., Gabrielsen, G.W., Henriksen, O.E., Hylland, K., Källqvist, T. Nygård, T., Pacyna, J.S. Skjegstad, N. & Steinnes, E. 1997. Assessment of the applicability for pollution authorities of the concept "critical load" of long-range transported micropollutants in relation to aquatic and terrestrial ecosystems. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3751-97.
- 93 Tørseth, K. & Semb, A. 1997. Deposition of major inorganic components in Norway 1992-1996. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR 67/97.
- 94 Henriksen, A. 1998. Application of the first order acidity balance (FAB) model to Norwegian surface waters. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3809-98
- 95 Sogn, T.A. & Wright, R.F. 1998. The model MERLIN applied to Nordmoen, Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3844-98
- 96 Skjelkvåle, B.L. & A. Henriksen, 1998. Vannkjemi, forsuringsstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Hardangervidda. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Report SNO 3895-98
- 97 Henriksen, A. 1998. Binding grid cells – Norway. An evaluation. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3942-98
- 98 Lükewille, A. & A. Semb. 1998. Deposition in Norwegian Mountain areas. Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR 66/97
- 99 Strand, L.T., Stuanes, A.O. & G. Abrahamsen. 1998. Akkumulering av karbon og nitrogen i unge jordsmonn. Institutt for jord og vannfag, rapport nr 9/98.
- 100 Wright, R.F. & Henriksen, A. 1999. Gap closure; use of MAGIC model to predict time required to achieve steady-state following implementation of the Oslo protocol. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 4012-99
- 101 Henriksen, A. 1999. Tålegrenser i fjellområder. Hva vet vi og hva bør vi vite? Rapport fra seminar 16.-17. Februar 1999. Rondablikk Føyfjellshotell. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport LNR 4017-99

- 102 Wright, R.F. 1999. Risk of N leaching from forests to surface waters in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 4038-99
- 103 Wright, R.F., Mulder, J. & Esser, J.M., 1999. Soils in mountain uplands regions of southwestern Norway: nitrogen leaching and critical loads. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 4130-99
- 104 Lindstrøm, E.A., Kjellberg, G. & Wright, R.F. 1999. Tålegrensen for nitrogen som næringsstoff i norske fjellvann: økt "grønske"? Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport LNR 4187-2000
- 105 Thomsen, M.G. & Nellemann, Chr. 2000. Mortalitet og tilvekst i relasjon til forurensningsbelastningen i Sør Norge 1920-2000 (under trykking)
- 106 Henriksen, A & Buan, A.K. 2000. Tålegrenser og overskridelse av tålegrenser for overflatevann, skogsjord og vegetasjon i Norge. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport LNR 4179-2000
- 107 Aarrestad, P.A. & Vandvik, V. 2000. Vegetasjonsendringer i vestnorsk kystlynghei - effekter av skjøtselsformene brann og sauebeite ved rehabilitering av gammel lynghei på Lurekalven i Hordaland. - NINA fagrapport 044.
- 108 Oredalen, J.T. & Aas, W. 2000. Vurdering av atmosfærisk fosforavsetning i sørøst-Norge. Norsk institutt for vannforskning Rapport LNR 4310-2000.
- 109 Bruteig, I., Thomsen, M.G. & Altin, D. 2001. Vekstrespons hos tre aerofyttiske algar på tilførsel av nitrogen. NINA oppdragsmelding 680. (Rapporten er feilnummerert og har fått nummer 108)
- 110 Sogn, T.A., Mulder, J., Haugen, L.E., Berge, G., Rustad, K.B. & Stuanes, A. 2001. N-omsetning i hei-/fjellområder: En første tilnærming til dynamisk modellering av N-omsetningen. Institutt for jord- og vannfag, Norges landbrukshøgskole. Rapport nr 11/2001.
- 111 Kroglund, F., Wright, R.F. & Burchart, C. 2001. Acidification and Atlantic salmon: critical limits for Norwegian rivers. Norwegian Institute for Water Research Report No O-20191
- 112 Lindstrøm, E.A. 2001. Økt plantevekst i uberørt fjellvann: et samspill mellom langtransporterte forurensninger og klima. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 4459-2001.
- 113 Larssen, T.; Clarke, N., Tørseth, K. & Skjelkvåle, B.L. 2002. Prognosis for future recovery from acidification of water, soils and forests: Dynaic modelling of Norwegian data from ICP Forests, ICP IM and ICP Waters. Norsk institutt for vannforskning. Report no. O-21172
- 114 Hindar, A. Tørseth, K., Henriksen, A. & Orsolini, Y. 2002. Betydningen av den nordatlantiske svingning (NAO) for sjøsaltepisoder og forsuring i vassdrag på Vestlandet og i Trøndelag. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 4592-2002
- 115 Hole, L. R. & Tørseth, K. 2003. Deposition of major inorganic compounds in Norway 1978-1982 and 1997-2001: status and trends. Norsk institutt for luftforskning OR 61/2002. ISBN 82-425-1410-0.
- 116 Larssen, T. & Høgåsen, T. 2003. Tålegrenser og overskridelse av tålegrenser i Norge. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 4722-2003.
- 117 Hesthagen, T., Kristensen, T., Rosseland, B.O. & Saksgård, R. 2004. Relativ tetthet og rekruttering hos aure i innsjøer med forskjellig vannkvalitet En analyse basert på prøvofiske med garn og vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC). NINA Oppdragsmelding 806
- 118 Lindstrøm, E.-A., Brettum, P., Johansen, S.W. & Mjelde, M. 2004. Vannvegetasjon i norske vassdrag. Kritiske grenseverdier for forsuring. Effekter av kalking. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 4821-2004.

- 119 Larssen, T., Skjelkvåle, B.L. og Høgåsen, T. 2004. Critical loads for lead (Pb) and cadmium (Cd) in surface waters in Norway – evaluation of methodology and preliminary maps. NIVA-rapport 4808-2004. 18s.
- 120 Hindar, A. og Larssen, T. 2005. Modifisering av ANC- og tålegrenseberegningene ved å inkludere sterke organiske syrer. NIVA-rapport 5030-2005. 39s.
- 121 Larssen, T., Høgåsen, T. og Wright, R.F. 2005. Target loads for acidification of Noregian surface waters. NIVA Report SNO 5099-2005.33 s.
- 122 Schartau, A.K., Halvorsen, G. og Walseng, B. 2007. Northern Lakes Recovery Study (NLRS) – microcrustaceans. Reference conditions, acidification and biological recovery. NINA Report 235. 66 s.
- 123 Hesthagen, T. og Østborg, G. 2008. Endringer i areal med forurensningskadede fiskebestander i norske innsjøer fra rundt 1990 til 2006. NINA rapport 169. 100s.
- 124 Larssen, T., Cosby, B.J., Høgåsen, T., Lund, E. og Wright, R.F. 2008. Dynamic modelling of acidification of Norwegian surface waters. NIVA-rapport 5705-2008. 45 s.
- 125 Aas, W., Hjellbrekke, A.G., Hole, L. R. og Tørseth, K. 2008. Deposition of major inorganic compounds in Norway 2002-2006. Norwegian Institute for Air Research (NILU), OR 72/2008.
- 126 Larssen, T., Lund, E. og Høgåsen, T. 2008. Overskridelser av tålegrenser for forurensing og nitrogen for Norge – oppdatering med perioden 2002–2006. NIVA-rapport 5697-2008. 24 s.

Henvendelser vedrørende rapportene rettes til utførende institusjon

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no