

NILU : OR 25/97 rev.
REFERANSE : O-97034
DATO : JULI 1997
ISBN : 82-425-0896-8

**Konsekvensvurdering av
utslipp til luft fra
petroleumsindustrien på
Haltenbanken/Norskehavet**

**Svein Knudsen, Brit Lisa Skjelkvåle,
Per Arild Aarrestad**

NILU : OR 25/97 rev.
REFERANSE : O-97034
DATO : JULI 1997
ISBN : 82-425-0896-8

Konsekvensvurdering av utslipp til luft fra petroleumsindustrien på Haltenbanken/Norskehavet

**Svein Knudsen¹, Brit Lisa Skjelkvåle²,
Per Arild Aarrestad³**

- 1 Norsk institutt for luftforskning (NILU)
- 2 Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
- 3 Norsk institutt for naturforskning (NINA)

Innhold

	Side
Sammendrag og konklusjon	3
1. Innledning.....	11
2. Anbefalte luftkvalitetskriterier og tålegrenser	11
3. Utslipp	15
3.1 Utslipp av NO _x	16
3.2 Utslipp av NMVOC	19
3.3 Utslipp av SO ₂	19
3.4 Andre utslipp.....	20
4. Vurdering av virkninger på luftkvaliteten og avsetninger	20
4.1 Dagens situasjon	22
4.1.1 Konsentrasjoner i luft	22
4.1.2 Avsetninger av nitrogenforbindelser og forsurening.....	22
4.1.3 Belastning på vegetasjon og dyreliv	23
4.1.3.1 Nitrogenpåvirkning.....	33
4.1.3.2 Ozon	34
4.1.3.3 Nitrogenoksider	34
4.2 Basisalternativet	34
4.2.1 Nitrogenforbindelser i luft.....	34
4.2.2 Beregninger av virkninger av utslippsreduksjoner på fotokjemisk aktivitet i røykfaner	34
4.2.2.1 Bidrag til dannelsen av bakkenært ozon.....	34
4.2.2.2 Avsetning av nitrogenforbindelser	37
4.2.3 Effekter på vegetasjon og dyreliv	43
4.2.3.1 Nitrogenforbindelser i luft.....	43
4.2.3.2 Bakkenær ozon	43
4.3 Avsetning av nitrogenforbindelser, gjødslingseffekt	43
4.4 År 2000:	44
4.4.1 Konsentrasjoner av nitrogenoksider	45
4.4.2 Konsentrasjoner av ozon	45
4.4.3 Avsetninger av nitrogenforbindelser	46
4.4.4 Effekter på vegetasjon og dyreliv	48
4.5 År 2009:	48
4.5.1 Utslipp:	48
4.5.2 Konsentrasjoner av nitrogenoksider	49
4.5.3 Konsentrasjoner av ozon	49
4.5.4 Avsetninger av nitrogenforbindelser	51
4.5.5 Effekter på vegetasjon og dyreliv	53
5. Referanser.....	53

Sammendrag og konklusjon

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Den norske Stats oljeselskap a.s. (Statoil) undersøkt virkningene av utslipp av nitrogenoksider og hydrokarboner til luft fra oljeaktiviteten på Haltenbanken/Norskehavet. Det er tidligere beregnet konsentrasjonsfordelinger av nitrogenforbindelser og ozon, samt avsetning av nitrogenforbindelser som følge av utslipp fra kilder i Haltenbankområdet (Draugen, Heidrun, Njord, Norne og Åsgard) her kalt basisalternativet. Utslippstallene for basisalternativet var tidligere prognoser for år 2000. Disse prognosene er nå revidert og videreført.

Det er vurdert forskjellige utslippsalternativer. Disse er basisalternativet og utslippsprognoser for år 2000 og år 2009. Vurderingene baserer seg på beregninger for basisalternativet.

Arbeidet omfattet vurderinger av fotokjemiske reaksjoner, resulterende luftkvalitet, avsetning til bakken, virkninger på vegetasjon og mulig forsuring av overflatevann. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har vurdert konsentrasjonsnivå og avsetningen av nitrogenforbindelser, Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har vurdert bidraget fra de forskjellige utslippsscenariene til forsuring av ferskvann og en eventuell overskridelse av tålegrensene i det belastede området, Norsk institutt for naturforskning (NINA) har vurdert virkningene på vegetasjon og dyreliv og Novatech A.S. har fremskaffet utslippsoversiktene.

Utslipp til luft

De største utslippene av nitrogenoksider er knyttet til skipstrafikk, hvor utslippene fra skytteltanker er dominerende. Gassturbinene står for den største delen av NO_x-utslippet på faste installasjoner. Utslipet av hydrokarboner skyldes hovedsakelig bøyelasting og er relativt stort i nasjonal sammenheng. Tabell A oppsummerer utslippene av NO_x fordelt på faste installasjoner og utslipp fra skipstrafikken for de tre utslippsalternativene.

*Tabell A: Utslipp av NO_x fra alle kilder for de tre utslippsalternativene, totalt og fordelt på utslipp fra faste installasjoner og skipstrafikken.
Enhet: Tonn NO₂ pr. år.*

	Faste installasjoner	Skipstrafikk	Sum
Basisalternativet	6 731	7 395	14 125
År 2000	6 527	12 111	18 638
År 2009	6 852	14 538	21 390

Tabell B gir en sammenstilling av de samlede utslippene av NO_x, CO, metan og NMVOC. Disse utslippene er også sammenlignet med utslipp fra fiskeflåten, utslipp på Haltenbanken i Nordsjøen og med dagens norske utslipp. Tabellen viser at utslippene fra Haltenbanken er betydelige sammenlignet med utslippene fra

norsk sokkel i Nordsjøen. De er også betydelige i forhold til utslipp fra fastlands-Norge.

Tabell B: Utslipp for Haltenbanken fra basisalternativet, prognose for år 2000 og 2009 sammenlignet med andre kilder i Norge.

Enhet: tonn/år.

Utslippskilde	NO _x ^{*)}	CO	Metan	NMVOC
Basisalternativet	14 125	2 291	4 481	47 511
År 2000	18 638	2 730	7 431	35 780
År 2009	21 390	4 164	9 002	31 740
Utslipp offshore, norsk sokkel 1992 (Nordsjøen)	31 300	-	16 689	104 698
Årlige utslipp fra norsk fiskeflåte nord for 62° N	2 500	1 800	-	1 000
Årlige norske utslipp	220 000	600 000	280 000	284 000

*) NO_x regnet som NO₂

Utslippene av nitrogenoksider fra Haltenbanken utgjør 60% av utslippene fra oljevirksomheten på norsk sokkel i 1992 i år 2000 og 68% i år 2009. Utslippene av NMVOC fra basisalternativet utgjør 45% av utslippene fra oljevirksomheten "offshore" og 16,7% av de nasjonale utslippene. For år 2000 har utslippene avtatt til 34% av utslippene fra oljevirksomheten "offshore" og i år 2009 til 30%.

Dagens situasjon

Representative målinger av konsentrasjoner i luft og avsetning av svovel og nitrogenforbindelser er tilgjengelige på Voss i Hordaland, Kårvatn i Møre og Romsdal og Tustervatn i Nordland. Disse målestedene er innenfor området som vil bli berørt av utslippene på Haltenbanken.

Konsentrasjonsnivået av nitrogendioksid på disse stasjonene er svært lave, lavere enn 1 µg/m³ som årsmiddelverdi. SFTs anbefalte maksimumsverdi for NO₂ er 50 µg/m³ midlet over 6 måneder.

Ozon dannes ved reaksjoner mellom nedbrytningsprodukter av hydrokarboner og nitrogenoksider. Ozondannelsen er spesielt virksom i sommerhalvåret i områder ved store utslipp av både nitrogenoksider og hydrokarboner. I Europa fører høytrykkssituasjoner om sommeren ofte til høye ozonkonsentrasjoner og transport av forurenset luft mot Norge kan gi timemidlede konsentrasjoner av ozon på 150-200 µg/m³. SFTs maksimumsverdi for timemiddelkonsentrasjon er 100 µg/m³.

Konsentrasjonen av ozon overskrider 100 µg/m³ i perioder som timemiddelverdi på de tre målestasjonene i det aktuelle området. Antall timer med konsentrasjoner over 100 µg/m³ i de 6 siste årene var mellom 30 og 850 timer pr. år.

Det er beregnet avsetning av nitrogen for utslipp fra basisalternativet for et område som dekker et samlet landareal på 25 685 km². Disse rutene dekker

kyststripen fra Bergen til Lofoten. Avsetningen av nitrogenforbindelser varierer sterkt langs kysten og er 1 000-1 350 mg N/m² pr. år ved Bergen og 400-500 mg N/m² pr. år på Trøndelagskysten. N- og S-avsetningen i dette området skyldes vesentlig langtransportert forurensning. Tålegrensen for forsuring av overflatevann er overskredet for 4 574 km² av det undersøkte arealet, mens 21 111 km² ikke har overskridelser av tålegrensen. Områder med overskridelse av tålegrensen finnes hovedsakelig i Sogn og Fjordane og Hordaland.

For vegetasjon er de nedre tålegrensene, der det kan skje endringer i artssammensetning på grunn av gjødslingseffekter av nitrogen avsetning, overskredet fra Hordaland til Møre og Romsdal. Dette gjelder for nedbørmyr (500 mg N/m² pr. år) og næringsfattig skog (700 mg N/m² pr. år), mens kystlyngheiene, som er en helt spesiell vegetasjonstype skapt av generasjoners påvirkning på miljøet gjennom avskogning, brenning, vinterbeite og lyngslått, ligger nær tålegrensen (1 500 mg N/m² pr. år) i sørlige deler av området.

Luftkvalitetskriteriene for ozon er i dag periodevis overskredet for både plante- og dyreliv langs hele Vestlandkysten, med mulighet for skader på organismer og reduserte vekstforhold. Konsentrasjonen av nitrogenoksider i luft ligger imidlertid langt under de maksimale nivåene.

Basisalternativet

Beregninger foretatt for utslipp fra kilder i basisalternativet (Knudsen et al., 1996) viste at det var liten eller ingen endring av NO₂-konsentrasjonsnivåene på Kårvatn og Tustervatn.

Beregningene viste at det var nitrogenoksidutslippet som var begrensende faktor for dannelse av ozon for utslippene på Haltenbanken. Bidraget til ozonkonsentrasjonen i røykfanen (område der avgassen befinner seg) vil vanligvis være av størrelsesorden 6 µg/m³ som timemiddel, men kan også være opptil 20 µg/m³ avhengig av konsentrasjonene i den luften utslippene slippes ut i. Bakgrunns-konsentrasjonen av andre komponenter i atmosfæren er viktig for fotokjemiske reaksjoner i røykfanene.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for timemiddelverdi av ozon er 100 µg/m³. Utslippet fra basisalternativet ble beregnet til å bidra til at antall timer pr. år over 100 µg/m³ øker med 27 timer på Voss, 26 timer på Kårvatn og 26 timer på Tustervatn.

Beregningene viser at VOC- og nitrogenoksidutslippene fra feltene i basisalternativet kan forårsake en merbelastning på 2-3% av tålegrensen for akkumulerte eksponeringsdoser (AOT40) for ozon langs kysten fra Bergen til Lofoten.

Det maksimale årlige bidraget til avsetningen av nitrogen ved utslipp fra basisalternativet vil komme på Nordmøre og er beregnet til 46 mg N/m². Utslipp fra basisalternativet er beregnet å bidra med opptil 9% av den totale avsetningen av nitrogen i dette området.

Selv når det antas at all N-avsetning bidrar til forsuring, vil syrebidraget som følge av N-utslipp fra basisalternativet være så lavt at det ikke kan ventes å ha målbare konsekvenser for forsuringstilstanden i innsjøene i de berørte områdene. I tillegg vil en stor andel av N-tilførselen bli tatt opp i nedbørfeltene slik at det er svært lite sannsynlig at N-utslipp fra basisalternativet vil ha negativ innvirkning på forsuringstilstanden i vann i områder som er berørte av avsetningen.

Det nedlegges stort arbeid internasjonalt for å redusere utslippene av bl.a svovel. Som et resultat av svovelprotokollene i 1985 og 1994 har svoveltilførslene til Norge avtatt med 40-50% fra 1980 til 1996, og tilførslene vil bli ytterligere redusert når de vedtatte målene for utslippsreduksjoner i Europa er nådd. Som en følge av de reduserte syretilførslene har vannkvaliteten i Norge med hensyn på forsuring vist en klar bedring de siste 5-10 årene, og arealer med overskridelser av tålegrensen for forsuring er redusert.

Beregningsresultatene viser at utslippene fra aktiviteter på Haltenbanken og skipstraffikk i forbindelse med denne aktiviteten i seg selv sannsynligvis ikke vil ha målbare effekter for forsuringssituasjonen i overflatevann. Forsuringssituasjonen i vann er imidlertid avhengig av summen av alle typer av nitrogen- og svoveltilførsler. Selv om hver enkelt kilde i seg selv ikke har en målbar negativ effekt, vil summen av mange kilder ha en negativ effekt på forsuringssituasjonen.

Ved basisalternativet forventes det heller ingen målbare effekter på planter og dyr fra nitrogenforbindelser i luft, hverken som skader på enkeltindivider eller i endret artssammensetning.

For ozon vil tilleggene, selv om de er små, representere et økt potensiale for negativ påvirkning av plante- og dyreliv, da tålegrensene allerede er overskredet.

Nedbørmyrene, som får all sin næring fra nedbøren og således er tilpasset et lavt nitrogennivå, vil få økte muligheter for endringer mot mer nitrogenkrevende vegetasjon, ved tilbakegang av typiske moser og økning i grasarter. Dette gjelder for strekningen Hordaland til Møre og Romsdal, der tålegrensene allerede er overskredet. I Trøndelags-fylkene, som har de største forekomstene av nedbørmyrer, vil tålegrensen neppe overskrides, men nedbørmyrene er likevel utsatt da man i framtiden kan forvente økte bakgrunnsverdier på grunn av tiltakende industriutbygging og skipsfart. Ut fra de beregnede tilleggsavsetningene vil lyngheiene i den aktuelle kyststripen ikke få overskredet sine tålegrenser som følge av utslippene, men siden vegetasjonstypen i sørlige deler av området (Hordaland og Sogn og Fjordane) har et bakgrunnsnivå som ligger nær tålegrensen, vil bidraget representere et potensiale for endringer i artssammensetning mot mer grasdominert vegetasjon og tilbakegang av lyngarter i disse områdene. I de næringsfattige skogsystemene i Hordaland og Sogn og Fjordane vil bidraget kunne øke mulighetene for endringer i bunnvegetasjonen mot mer nitrofile arter og nedsatt dannelse av fruktlegemer hos mykorrhiza sopp. I områdene nord for Sogn og Fjordane vil N-avsetningen fortsatt ligge godt under tålegrensen for skog, og faren for endring i skogvegetasjonen som følge av tilleggsbelastningen vil være liten. Imidlertid kan moderate økninger i tilgjengelig nitrogen føre til økt vekst av lavarter på trær.

Hvis det skjer en merkbar endring i artssammensetningen på kystlyngheier, nedbørmyrer og skog mot mer nitrogenkrevende vegetasjon, vil det kunne ventes en økning i både kvantitet og kvalitet av biotoper for dyr som beiter gress. I en slik situasjon kan det derfor skje endringer i sammensetningen av faunaen, både for virvelløse dyr, fugler og pattedyr. De viktigste jaktbare viltartene vil neppe få noen målbare endringer i bestandstørrelse.

Vurdering av virkninger av utslipp i år 2000

Utslipet av nitrogenoksider fra faste installasjoner vil ha gått ned med 3% fra basialternativet til år 2000.

Utslippene av nitrogenoksider fra skipstrafikken i år 2000 vil ha økt med 64% til 12 000 tonn pr. år. Det er økningen i skipstrafikken som forårsaker den viktigste utslippøkningen i år 2000 (32%) i forhold til basialternativet.

Disse utslippene vil ikke bidra til vesentlig økning av nitrogenoksidkonsentrasjoner på norskekysten. Utslippene fra skipstrafikken vil imidlertid kunne bidra til høye korttidskonsentrasjoner av NO_x når utslippene skjer nær land.

For basialternativet ble det beregnet et bidrag til økt antall timer pr. år med konsentrasjoner av ozon over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på 27 timer på Voss, 26 timer på Kårvatn og 26 timer på Tustervatn. Det er ikke grunn til å tro at belastningen fra utslippene i år 2000 vil endre dette vesentlig.

Det gjennomsnittlige bidraget til AOT40-verdiene var ca. 5% for år 2000.

Økningen av utslippene fra basialternativet til år 2000 skyldes skipstrafikken. Skipstrafikken slipper ut nitrogenoksider i skipskorridorene fra feltene og ned til Mongstad. Avsetningen fra disse utslippene vil spres langs hele kyststrekningen og vil derfor ikke være viktige for området med maksimal avsetning (Nordmøre). Utslippene fra skipstrafikken vil altså ikke ha stor betydning for den maksimale avsetningen, men vil øke avsetningen generelt i området. Dette bidraget vil være lite og sannsynligvis ikke være målbart. Den maksimale tilleggsavsetningen av nitrogenforbindelser ble beregnet til $46 \text{ mgN}/\text{m}^2$ pr. år og er beregnet til å komme på Nordmøre.

Betraktningene i basialternativet om forsureingssituasjonen i de berørte områdene vil være gyldig for år 2000. Det er lite sannsynlig at de beregnede N-utslipp i år 2000 vil ha målbar innvirkning på forureningstilstanden i vann i områder som er berørte av avsetningen.

I år 2000 vil konsentrasjonen av ozon og nitrogenoksider i luft langs Norskekysten ikke øke i forhold til basialternativet. Effekten på vegetasjon og fauna vil således bli den samme som for basialternativet. Den totale nitrogenavsetning vil øke generelt fra Hordaland til Nordland, men økningen vil være liten. Trolig vil påvirkningen fra tilleggsavsetningen være liten for vegetasjon og ikke merkbar for fauna, og effektene antas å bli de samme som for basialternativet.

Vurdering av utslipp i år 2009

Utslippene av NO_x i år 2009 vil øke i forhold til de andre scenariene (14 000-21 400 tonn/år). Økningen i utslippene skyldes hovedsakelig økte utslipp fra skipstrafikken. Utslippene fra de fiktive feltene må vurderes for seg fordi de ligger så spredt geografisk og det er lite trolig at belastningen fra feltene vil forekomme i de samme områdene.

Feltet på Mørebassenget er det fiktive feltet som har størst utslipp fra faste installasjoner og utgjør 18,8% (1 267 tonn NO_x pr. år) av basisalternativet. Utslippene fra skipstrafikken utgjør 43% av utslippet fra skipstrafikken i basisalternativet. Det er mye mindre utslipp fra skipstrafikken fra dette feltet på grunn av kortere avstand til Mongstad.

Utslippet fra feltene i Vøringsbassenget og fra "Nordland" er så små at disse ikke vil gi et vesentlig bidrag til konsentrasjoner i luft og avsetning av nitrogenforbindelser langs norskekysten.

Utslippene fra basisalternativet hadde liten eller ingen innvirkning på konsentrasjonsforholdet av NO_x langs norskekysten. Utslippene fra faste installasjoner har økt ubetydelig og er spredt ut over et større område. Dette betyr at konsentrasjonsnivået av nitrogenoksider ikke vil forandres nevneverdig som følge av NO_x -utslippene i år 2009.

Utslippene fra skipstrafikken øker kraftig, men så lenge denne ikke er nær kysten vil den ikke bidra til økte konsentrasjoner av NO_x i kystsonen.

Utslipp av NO_x og hydrokarboner vil i de første to timene etter utslippet redusere konsentrasjonen av ozon inne i røykfanen. Konsentrasjonen av ozon vil imidlertid bygge seg opp igjen på en litt lengre tidsskala på grunn av fotokjemiske reaksjoner. Disse reaksjonene vil føre til at konsentrasjonen av ozon vil øke i røykfanen. Denne økningen vil være sterkt avhengig av konsentrasjonene i bakgrunnsluften. Den typiske økningen i konsentrasjonsnivået i røykfanene vil være 5-7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Det maksimale bidraget kan komme opp i 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ under spesielle forhold. Disse konsentrasjonene vil kunne bidra til å øke korttids-middelkonsentrasjonene på land.

Bidraget til akkumulerte eksponeringsdoser (AOT40) for ozon vil gå ned ved mindre utslipp. Bidraget til AOT40 vil være sterkt avhengig av bakgrunns-konsentrasjonene. Disse varierer fra år til år. Bidraget som følge av utslipp fra Haltenbanken vil være et lite bidrag når konsentrasjonen er over 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasjonene langs kysten avtar nordover. Dette betyr at utslipp lenger sør vil bidra mer til AOT40-verdien enn utslipp som lenger nord.

Bidraget fra basisalternativet var gjennomsnittlig ca 5% av AOT40-verdiene målt i 1990. Dette tallet vil bli laverer for tilsvarende beregninger for utslippene fra kildene i år 2009. Hvor stor denne reduksjonen blir er vanskelig å bedømme.

For de fiktive feltene er vurderingsgrunnlaget dårligere. Felt der transportavstanden fra utslippspunktet til land er lengre vil gi lavere konsentrasjon over et større område på grunn av større spredning.

Utslipet fra faste installasjoner bestemmer det maksimale bidraget på land, fordi disse utslippene er stedfaste og dermed spres ut over et mindre område.

Utslipp fra faste installasjoner i Mørebassenget er 18,8% av utslippene fra basisalternativet. Der røykfanene fra dette feltet treffer kysten, vil bidraget til det generelle konsentrasjonsnivået være som i basisalternativet, mens bidraget til AOT40-verdiene vil bli noe redusert i forhold til dette. Det er derfor ikke mulig å komme med en kvantitativ vurdering av bidraget til ozonkonsentrasjonen fra utslipp fra kilder i Mørebassenget uten å utføre modellberegninger.

Utslippene fra faste installasjoner fra de andre feltene vil ikke bidra vesentlig til AOT40-verdien, idet utslippene er for små til å gi noen nevneverdig konsentrasjonsøkning.

Det maksimale bidraget til avsetningen av nitrogenforbindelser i år 2009 er vurdert til å bli 25 mg N/m². Denne avsetningen vil komme på Nordmøre. Maksimal avsetning av nitrogen som følge av utslipp i Mørebassenget er vurdert til 8,6 mg N/m². Den maksimale avsetningen vil forekomme på et begrenset område. Dette området vil være på kysten mellom Bergen og Ålesund.

Utslipet fra skipstrafikken vil øke med 81% i forhold til basisalternativet. Denne økningen vil være større enn utslippet fra alle de faste installasjonene i år 2009. Disse utslippene vil skje langs skipskorridorene. Dette tilsier at utslippene og dermed avsetningen vil bli spredd ut over hele kyststrekningen fra Vikna i nord til syd for Bergen.

Selv når det antas at all N-avsetning bidrar til forsuring, vil syrebidraget som følge av N-utslipp fra Haltenbanken i år 2009 være så lavt at det ikke kan ventes å ha målbare konsekvenser for forsuringstilstanden i innsjøene i de berørte områdene.

På samme måte som for de to foregående alternativene, kan vi konkludere med at N-utslippene fra Haltenbanken og skipstrafikken i seg selv sannsynligvis ikke vil ha målbare konsekvenser for forsuringssituasjonen, men at det er summen av utslipp fra mange N-kilder som vil ha negativ effekt på forsuringssituasjonen.

Den totale nitrogenbelastningen på økosystemene vil øke svakt i områdene sør for Stadt. Dette er områder der tålegrensene for vegetasjon allerede er overskredet, og potensialet for endringer av vegetasjonstyper vil således øke noe i forhold til basisalternativet.

Konsekvensvurdering av utslipp til luft fra petroleumsindustrien på Haltenbanken/Norskehavet

1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag for Den Norske Stats oljeselskap (Statoil) undersøkt virkningene av utslipp av nitrogenoksider og hydrokarboner for eksisterende aktivitet (basisalternativet) og for utslippsprognoser for år 2000 og år 2009 på Haltenbanken/Norskehavet. Arbeidet innbefatter ikke beregninger, men er en vurdering av tidligere beregninger med forskjellige utslipp for år 2000 utført for Haltenbanken.

Rapporten inneholder en vurdering av belastningen fra utslipp til luft for oljeaktiviteten på Haltenbanken. Følgende effekter er vurdert:

- konsentrasjoner i luft som følge av utslippene,
- dannelse av ozon,
- avsetning av forsurende komponenter,
- virkninger på vegetasjon og dyreliv.

Det er vurdert belastninger langs norskekysten mellom Bergen og Lofoten. Novatech A.S. har fremskaffet utslippsoversiktene (Novatech, 1997).

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har vurdert bidraget fra de forskjellige utslippsalternativene til forsurening av ferskvann og en eventuell overskridelse av tålegrensene i det belastede området.

Norsk institutt for naturforskning (NINA) har vurdert virkninger på vegetasjon og dyreliv.

2. Anbefalte luftkvalitetskriterier og tålegrenser

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenligne målte og beregnede konsentrasjoner med luftkvalitetskriterier eller grenseverdier for luftkvalitet. SFT utarbeidet i 1977 et forslag til luftkvalitetskriterier for de mest alminnelig forekommende forurensningskomponentene (svoveldioksid (SO₂), sot, nitrogendioksid (NO₂) og fluorid).

En arbeidsgruppe oppnevnt av SFT la i 1982 fram forslag til luftkvalitetskriterier for stoffene SO₂, sot, NO₂, karbonmonoksid, fotokjemiske oksidanter og fluorider, på grunnlag av litteraturstudier om sammenhengen mellom luftforurensninger og skade på helse og miljø.

I 1992 gjennomførte en ny arbeidsgruppe oppnevnt av SFT en revisjon av kriteriearbeidet fra 1982. Resultatet av revisjonen er lagt fram i SFT-rapport nr. 92:16, "Virkninger av luftforurensning på helse og miljø, anbefalte luftkvalitetskriterier".

Et forkortet sammendrag fra denne rapporten er gjengitt nedenfor:

"SFT-gruppen har på grunnlag av litteraturstudier beskrevet sammenhengen mellom luftforurensninger og skadevirkninger på helse og vegetasjon (dose-effektforhold) for stoffene nitrogendioksid (NO₂), nitrogenmonoksid (NO), ozon (O₃), svoveldioksid (SO₂), svevestøv, sure aerosoler, karbonmonoksid (CO), fluorider (F), bly (Pb) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Eventuelle effekter på materialer er også kort beskrevet.

For NO₂, ozon, SO₂, svevestøv, CO og fluorider har gruppen foreslått anbefalte luftkvalitetskriterier med hensyn til helseeffekter. For NO₂, ozon, SO₂ og fluorider har gruppen foreslått anbefalte luftkriterier med hensyn til effekter på vegetasjon, og for fluorider er det i tillegg foreslått et anbefalt luftkvalitetskriterium med hensyn til virkning på dyr.

Gruppen har foreslått anbefalte luftkvalitetskriterier for eksponeringsnivå som man ut fra nåværende viten antar befolkningen og miljøet kan utsettes for uten at alvorlige skadevirkninger oppstår. Det er forsøkt å ta hensyn til sårbare grupper i befolkningen/sårbare plantegrupper, og det er tatt hensyn til eventuelle samspilleffekter mellom den aktuelle komponenten og de andre omtalte forurensningskomponentene.

For flere av komponentene innebærer revisjonen ingen vesentlige endringer med hensyn til hva som anbefales som luftkvalitetskriterier. For enkelte komponenter derimot foreslår SFT-gruppen til dels betydelig skjerpede anbefalte luftkvalitetskriterier. Dette gjelder spesielt verdien for NO₂ med hensyn til helseeffekter.

Hovedårsaken til at de anbefalte luftkvalitetskriteriene for en del komponenter er skjerpet, er at nyere undersøkelser viser effekter på lavere nivåer enn tidligere kjent. Dessuten har SFT-gruppen, når det gjelder de helsebaserte anbefalte luftkvalitetskriteriene, funnet det påkrevet å anvende større usikkerhetsfaktorer for enkelte av komponentene.

Ved fastsettelse av de helsebaserte luftkvalitetskriteriene er det benyttet usikkerhetsfaktorer på mellom 2 og 5. Dette betyr at eksponeringsnivåene må opp i 2-5 ganger høyere enn de angitte verdiene før det med sikkerhet er konstatert skadelige effekter. De anbefalte kriteriene kan derfor ikke tolkes slik at nivåer over disse er definitivt helseskadelig, men det kan heller ikke utelukkes effekter hos spesielt sårbare individer selv ved nivåer under anbefalte luftkvalitetskriterier.

Arbeidsgruppen gjør videre oppmerksom på at forurenset luft vanligvis også inneholder andre skadelige komponenter enn dem som her er omtalt. Overholdelse av de anbefalte luftkvalitetskriteriene er derfor ingen garanti for at forurenset luft er uten skadevirkninger."

Tabell 1 gir anbefalte luftkvalitetskriterier for stoffer som er aktuelle i undersøkelsen for Haltenbanken.

Tålegrenser for vegetasjon for ozon baseres på akkumulerte eksponeringsdoser, beregnet som summen av differansene mellom timemiddelkonsentrasjonen og $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppb) for hver time der ozonkonsentrasjonen overskrider $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Beregningene refereres som AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold limit of 40 ppb) og har vist å gi gode statistiske sammenhenger for en rekke dose-responsforsøk. Tålegrensen for AOT40 er satt til 10 000 ppbh (20 000 μgh) basert på 10% vekstreduksjon i "open chamber" eksperiment for 6 arter i en seksmåneders periode fra april til og med september. For jordbruksvekster er AOT40-verdien satt til 5000 ppbh akkumulert over en tremåneders periode.

Disse AOT40-verdiene er overskredet på de fleste stedene i Sør-Norge.

Tålegrenser for atmosfærisk tilførsel av svovel og nitrogen til et økosystem er definert som:

"Den høyeste konsentrasjon av sure forbindelser som ikke vil forårsake kjemiske endringer som fører til skadelige effekter på økosystemets struktur og funksjon på lang sikt." (Nilsson og Grennfelt, 1988).

For å beregne tålegrenser for overflatevann, må det defineres en grenseverdi for syrenøytraliserende kapasitet (ANC). Utfra informasjon om sammenheng mellom vannkjemi og fiskestatus fra "1000-sjøers undersøkelsen" i 1986 (Henriksen et al., 1988), ble denne verdien satt lik $20 \mu\text{ekv}/\text{l}$. Innsjøer med ANC-verdier over $20 \mu\text{ekv}/\text{l}$ viste generelt ingen skader på fisk, mens innsjøer med lave og negative ANC-verdier viste fiskeskader og utryddede fiskebestander. Den naturlige ANC-verdien kan i mange tilfeller med svært forsuringfølsomt, og være mindre enn $20 \mu\text{ekv}/\text{l}$. Tålegrensen blir da lik null, dvs. at vannet ikke vil tåle noen tilførsler av forsurende komponenter. Det viser seg imidlertid at i områder med lite sur nedbør kan innsjøer ha naturlig svært lav ANC-verdi (0- $20 \mu\text{ekv}/\text{l}$) uten at det gir skader på f.eks. fisk. For ikke å underestimere tålegrensene er det innført en variabel ANC som er en funksjon av egenskaper i nedbørfeltet; forvitring og avrenning. Effekten av "variabel" $\text{ANC}_{\text{limit}}$ er at det ikke beregnes overskridelser av tålegrensen for innsjøer i områder som mottar lite sur nedbør. Samtidig vil den gi høyere overskridelser i områder som mottar mye sur nedbør, men som har en naturlig høy ANC-verdi og hvor faunaen i disse innsjøene er tilpasset en høy ANC. Tålegrenser er pr. 1990 overskredet i 25% av Norges areal (Henriksen, 1996).

Tabell 1: Anbefalte luftkvalitetskriterier.

Komponent	Måleenhet	Virknings- område	Midlingstid							
			15 min.	1 t	8 t	24 t	30 d	6 mnd.	1 år	
NO ₂	µg/m ³	Helse Vegetasjon	500	100		75			50	30
Ozon	µg/m ³	Helse Vegetasjon		100 150	80 60				50 ¹⁾	
SO ₂	µg/m ³	Helse ²⁾ Helse ³⁾ Vegetasjon	400			90 50			40	20
CO	mg/m ³	Helse	80	25	10					

1) Gjennomsnittlig 7-timers middel (kl 0900-1600) for vekstperioden

2) Hvor SO₂ er helt dominerende forurensning

3) I samspill med svevestøv og annen forurensning

For vegetasjon finnes det tålegrenser for total nitrogenavsetning, der det kan skje endringer i artssammensetninger og mengdeforhold av arter. Tålegrensen varierer mellom 500 og 2000 mg N/m² pr. år alt etter jordsmonn og vegetasjonstype (UN ECE Task Force on Mapping, 1995; Hornung et al., 1995). For nedbørmyr er den satt til 500-1000 mg N/m² pr. år, for kystlyngheier 1500-2000 mg N/m² pr. år, for næringsfattig barskog 700-2000 mg N/m² pr. år og næringsfattig løvskog 1000-2000 mg N/m² pr. år (Tabell 2).

Tabell 2: Tålegrenser for avsetning av nitrogen.

Vegetasjon	mg N/m ² pr. år
Nedbørmyr	500-1000
Kystlynghei	1500-2000
Næringsfattig barskog	700-2000
Næringsfattig løvskog	1000-2000

3. Utslipp

Oljevirkksomheten på Haltenbanken er etter en rekke olje- og gassfunn et område under oppbygging. Utslippene fra denne delen av sokkelen er betydelig i forhold til utslipp fra andre deler av norsk sokkel. Dette skyldes at olje eksporteres ved bøyelasting. Skipstrafikken og bøyelasting er de største kildene til utslipp.

Novatech AS har samlet inn utslippsdata fra den eksisterende aktiviteten (basisalternativet) på Haltenbanken og for fremtidige utslipp i år 2000 og 2009. En oversikt over feltene er gitt i Tabell 3.

Det ses fra tabellen at det frem mot år 2000 vil være en økning i aktiviteten på Haltenbanken. For år 2009 er det lagt inn tre nye felt der det ikke er foretatt prøveboring, men hvor det ventes aktivitet.

Tabell 3: Oversikt over felt som er inkludert i utslippsoversikten for Haltenbanken, Basisalternativet, år 2000 og år 2009.

Felt inkludert i utslippsoversikten		
Basisalternativet	2000	2009
Åsgard	Åsgard a, b, c	
Heidrun	Heidrun	Heidrun
Njord	Njord	Njord
Norne	Norne	Norne
Draugen	Draugen	Draugen
	Lavrans/Kristin	Lavrans/Kristin
	Tyrihans/FPSO	Tyrihans/FPSO
	Ti antatte letebrønner	Ti antatte letebrønner
	+ 4 planlagte letebrønner	Fiktivt Felt 1
		Fiktivt Felt 2
		Fiktivt Felt 3

Utslippene er gitt for følgende utslippklasser:

- brønntesting
- diffuse utslipp
- utslipp fra dieselmotorer
- fakling
- rensing av H₂S
- turbiner
- helikoptertransport
- lastebøyer
- skytteltankbåter
- beredskapsfartøy
- forsyningskip.

Utslippene fra oljevirkosomheten på Haltenbanken kan deles inn i to hovedgrupper etter hvilken virkning disse har på luftkvalitet og avsetning av utslippene og kjemiske reaksjonsprodukter på Norskekysten.

Faste installasjoner er karakterisert ved at utslippene kommer fra plattformer eller installasjoner. Disse er brønntesting, diffuse utslipp, utslipp fra diesel motorer, fakling, rensing av H₂S og turbiner.

Skipstrafikk er her definert som utslippskategoriene: helikoptertransport, lastebøyer, skytteltankbåter, beredskapsfartøy og forsyningskip.

Utslippene fra Haltenbanken er i hovedsak NO_x, metan (CH₄), NMVOC, CO og SO₂. De viktigste stoffene for forsurening og ozondannelse er SO₂, NO_x og NMVOC.

3.1 Utslipp av NO_x

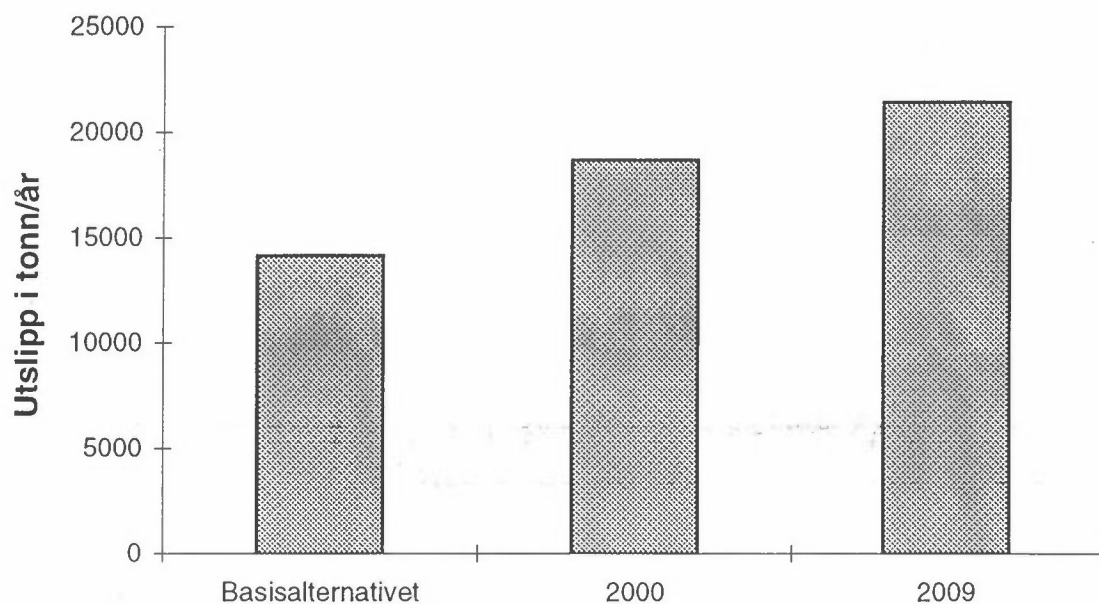
Samlede NO_x-utslipp for de forskjellige utslippsscenarioene er vist i Figur 1. Disse viser en jevn økning av NO_x utslippene frem mot år 2009. Utslippene øker fra 14 100 tonn NO_x i basisalternativet, til 18 600 tonn i år 2000 og til 21 400 tonn i 2009.

Utslipet fra skipstrafikk utgjør 52% av det totale utslippet i basisalternativet og 65 % i år 2000 og år 2009.

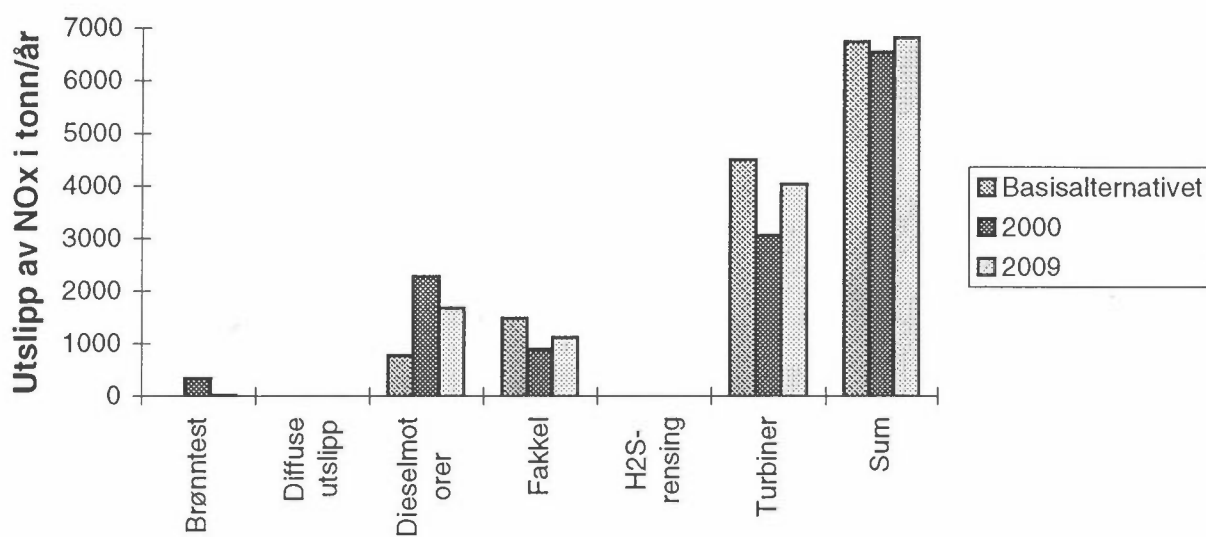
Utslipp fra faste installasjoner er vist i Figur 2. Denne viser at det er mindre utslipp fra faste installasjoner i år 2000 enn for basisalternativet. Dette kommer av at det er tatt i bruk lav-NO_x teknologi på turbinene. Utslippene i år 2009 er noe høyere enn i basisalternativet.

De økte NO_x -utslippene fram mot år 2000 og år 2009 skyldes i hovedsak økning fra skipstrafikk.

For vurdere utslippenes betydning for ozondannelse og avsetning av nitrogenforbindelser er det nødvendig å sette disse utslippene i forhold til basisalternativet.

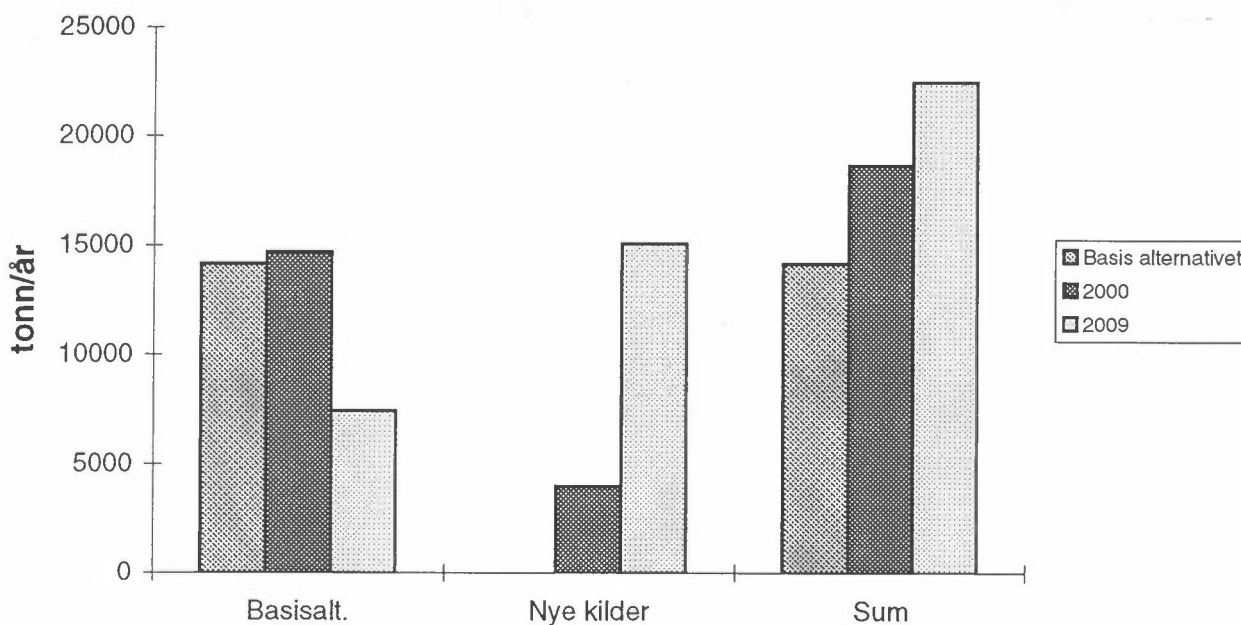


Figur 1: Utslipp av NO_x fra de tre utslippsalternativene for Haltenbanken/Norskehavet.



Figur 2: Utslipp av NO_x fra faste installasjoner fordelt på de forskjellige kildekategoriene.

Figur 3 viser tidsutviklingen av utslipp for kilder som er inkludert i basisalternativet og kilder som kommer i tillegg. Figuren viser at det er liten forskjell mellom utslippet fra disse kildene i år 2000 og for basisalternativet. Utslippet blir imidlertid halvert i år 2009. Figuren viser også utslippene fra nye kilder i forhold til basisalternativet. Dette viser at det er en svak stigning i utslippene som kommer fra leteboring og utbygging av feltene Lavrans og Tyrihans. Utslippene i 2009 har økt fra 14 100 tonn (basisalternativet) til 21 400 tonn (år 2009). Den største forskjellen er tre tenkte utslipp som er lagt inn for å se på en videre utvikling av petroleumseffektivitet i området. Disse er plassert på Vøringsbassenget (2*Norne), Nordland (1*Norne) og Mørebasenget (2*Norne).

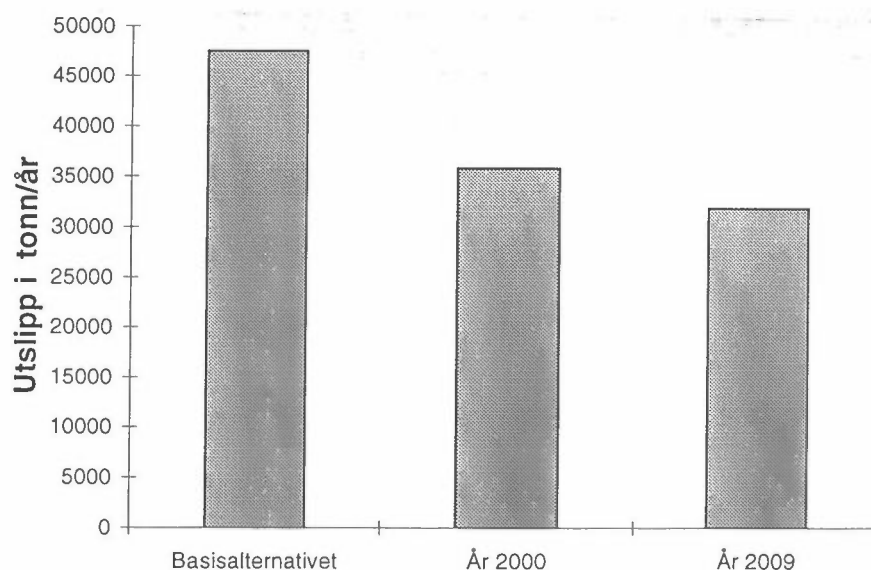


Figur 3: Tidsutvikling av utslipp av NO_x fordelt på kildene i basisalternativet og kilder som kommer i tillegg for år 2000 og år 2009.

Det er en svak økning av NO_x -utslippene fra faste installasjoner fra basisalternativet til år 2009, mens økningen i utslipp fra skipstrafikk er 80%. Dette tilsier at det er utslippene fra de mobile kildene som bidrar mest til utslippøkningen.

3.2 Utslipp av NMVOC

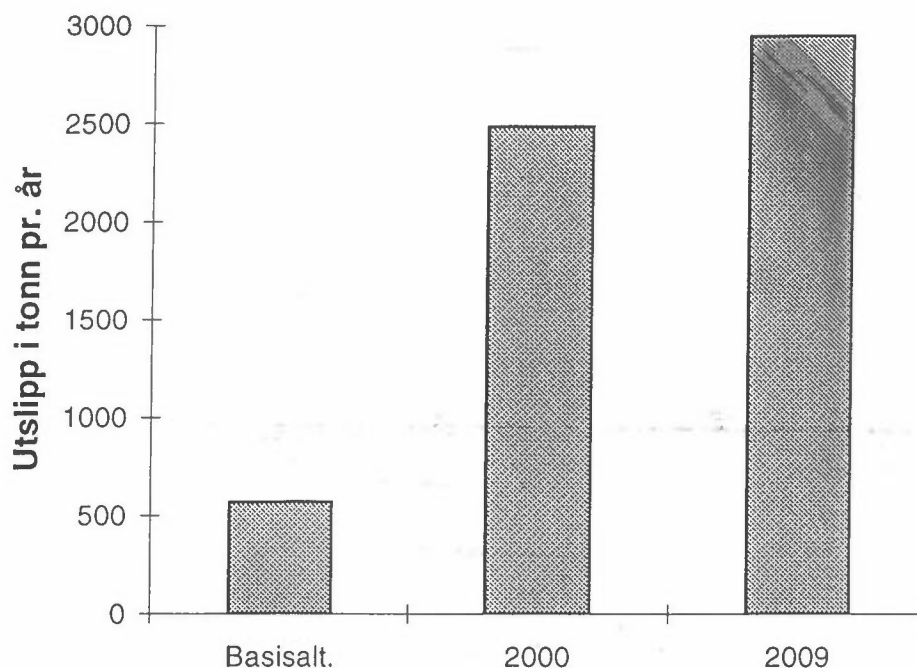
Det vil bli en sterk reduksjon i utslippene fra Basisalternativet til år 2000. Utslippene vil deretter være stabile frem til år 2009. Det er bøyelasting som er den dominerende kilden til NMVOC. Det prosentvise innholdet av ulike hydrokarboner i dette utslippet vil være det samme som i basisalternativet. Utslippsutviklingen for NMVOC er vist i Figur 4. Utslippene fra basisalternativet reduseres fra 47 500 tonn til ca 36 000 tonn i år 2000 og ca. 32 000 tonn i år 2009. Utslippet fra bøyelastingen og transporten utgjør henholdsvis 44 600 33 300 og 27 500 tonn.



Figur 4: Utslipp av NMVOC for de tre utslippsalternativene.

3.3 Utslipp av SO₂

Også disse utslippene er dominert av transporten. Det totale utslippet av svovel-dioksid er ca. 570 tonn pr. år for basisalternativet og 2 500 tonn pr. år i år 2000, og 3 000 tonn pr. år i 2009. Utslippene skyldes i det alt vesentlige utslipp fra skipstrafikken. Den store forskjellen mellom basisalternativet og år 2000 og 2009 skyldes at det er regnet med 1% svovel i drivstoffet til skipstrafikken i år 2000 og 2009 og 0,14% i basisalternativet.



Figur 5: Utslipp av SO₂ fra de tre utslippsalternativene

3.4 Andre utslipp

Det er også utslipp av andre stoffer fra oljevirkosomheten, og det er oppgitt utslippstall for karbonmonoksid (CO) og metan (CH₄). Det vil også være utslipp av CO₂, tungmetaller og sporelementer. Denne rapporten behandler ikke utslipp av CO₂, CO, metan, tungmetaller og sporelementer fordi disse ikke er relevante for forsurening og dannelse av fotokjemiske oksidanter.

Utslippet av de forskjellige stoffene er oppsummert i Tabell 4.

Tabell 4: Utslipp fra Haltenbanken for basisalternativet og årene 2000 og 2009. Enhet: tonn/år

	NO _x	CH ₄	CO	NMVOG	SO ₂
Basisalt.	14 125	5 104	3 206	51 796	567
2000	18 638	7 431	4 191	35 780	2 482
2009	21 390	9 002	5 056	31 704	2 960

4. Vurdering av virkninger på luftkvaliteten og avsetninger

Ved vurdering av virkninger fra utslipp av nitrogenoksider, svoveloksider og hydrokarboner er det tre problemstillinger som er sentrale. Disse er :

1. Forsuring av jordsmonn og ferskvann.
2. Gjødslings effekt på vegetasjon.
3. Bidrag til konsentrasjonen av fotokjemiske komponenter (ozon).

I Norge er forurening av ferskvann og jordsmonn særlig knyttet til atmosfærisk tilførsel av svovelkomponenter, men avsetning av nitrogenforbindelser bidrar også til forureningen. Virkningen av nitrogenavsetningen avhenger imidlertid i stor grad av vegetasjonens og jordsmonnets egenskaper. Nitrogenforbindelser er gjødsel for vegetasjonen. Normalt vil derfor det meste av nitrogenet tas opp av trær og planter. I ukultivert jord, f. eks. skogsjord, er nitrogen et vekstbegrensende stoff (minimumsstoff), og atmosfærisk tilført nitrogen kan derfor gi en økt vekst. Derfor er det sjelden en finner mye nitrat i avrenningsvannet fra områder som ikke er påvirket av menneskelige aktiviteter som landbruk og sur nedbør. Men kommer det mer nitrogen gjennom nedbøren enn vegetasjonen kan bruke, eller jordsmonnet kan binde som næringskapital, vil "overskuddet" renne gjennom jordsmonn og løsmasser og ende i vassdragene som nitrat. Denne delen av nitrogentilførselen vil da virke forurende på samme måte som svoveltilførselen.

Nitrogendioksid og nitrogenmonoksid er tungt løselig i vann. For å få avsatt nitrogen ved nedbør må nitrogendioksid og nitrogenmonoksid oksideres opp til vannløselige komponenter som HNO_3 eller nitrat. HNO_3 tas lett opp av vannflater eller vegetasjon (tørravsetning) og vaskes lett ut med nedbør. En del HNO_3 vil også reagere med sjøsaltaerosoler og danne nitrat. Disse aerosolpartiklene er relativt store ($\sim 5 \mu\text{m}$) og vil også avsettes lett på overflater, og ved nedbør.

Planter og mikroorganismer tar opp nitrogen tilført fra atmosfæren i nedbør og ved tørravsetning og akkumulerer dette i organisk materiale. Økt nitrogentilgang kan således gi gjødselseffekter og føre til økt biomasseproduksjon i vegetasjonen, endringer i konkurranseforhold mellom arter og endringer av artssammensetningen i de påvirkede vegetasjonstypene (Tamm, 1991). Ved endringer i vegetasjonstypeutforminger kan økt nitrogentilgang indirekte endre artssammensetningen av faunaen ved at dyrearter som beiter på gress og andre nitrogenkrevende planter vil få bedre betingelser (Pedersen og Nybø, 1990).

Ozon virker hemmende for planteveksten. Gassen tas opp gjennom plantenes spalteåpninger og kan føre til skader på proteiner, pigmenter og nukleinsyrer, noe som forstyrrer celledriften og reduserer fotosyntesen. Ozonkonsentrasjoner over $100\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nedsetter også lungefunksjonen hos mennesker. Høye ozonkonsentrasjoner kan også forårsake betennelsesreaksjoner i luftveiene hos mennesker og dyr. Ozon er en naturlig bestanddel av atmosfæren og dannes primært ved at oksygen spaltes av sollyset i stratosfæren og i den øvre delen av troposfæren. Vertikalutvekslingen i troposfæren bringer ozonrik luft ned mot overflaten. Opptak i vegetasjon og kjemiske reaksjoner ved overflaten gjør at konsentrasjonen i den nedre del av troposfæren er betydelig lavere enn lenger opp i atmosfæren.

Ozon kan imidlertid også dannes i troposfæren ved reaksjoner mellom nedbrytningsprodukter av hydrokarboner og nitrogenoksider. Denne ozondannelsen er spesielt virksom i sommerhalvåret, i områder der det er store utslipp av både nitrogenoksider og hydrokarboner. I Europa fører høytrykkssituasjoner om sommeren ofte til høye ozonkonsentrasjoner, og transport av forurenset luft mot Norge kan gi timemiddele konsentrasjoner av ozon på $150\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for timemiddelkonsentrasjon er $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Det er tidligere foretatt beregninger av avsetningen av nitrogenforbindelser og dannelsen av ozon som følge av utslipp fra Haltenbanken for å vurdere betydningen av disse utslippene (Knudsen et al., 1996).

4.1 Dagens situasjon

4.1.1 Konsentrasjoner i luft

Målinger av SO₂, NO₂ og ozon i Norge foretas av NILU på oppdrag fra SFT (Tørseth, 1996). Tabell 5 gir de målte konsentrasjonen på Kårvatn i Møre og Romsdal og Tustervatn i Nordland. Tabellen viser at konsentrasjonene er lave i området generelt.

Tabell 5: Målte årlige middelkonsentrasjoner av SO₂ og NO₂ i luft for perioden 1990- 1996.

	SO ₂ -S (µg/m ³)	NO ₂ -N (µg/m ³)
Kårvatn	0,125	0,26
Tustervatn	0,21	0,25

Det er målt konsentrasjoner av ozon på Voss, Kårvatn og Tustervatn. Disse målingene viser at konsentrasjonene av ozon overskrider SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium som timemiddelverdi på maks. 100 µg/m³ hvert år. Konsentrasjonen av ozon er vanligvis høyest om våren med månedsmiddelkonsentrasjon på Voss i mai 1990 på 82 µg/m³. På Kårvatn var den høyeste månedsmiddelkonsentrasjonen 69 µg/m³ og på Tustervatn 86 µg/m³ i april 1990.

Konsentrasjonen av ozon overskrider 100 µg/m³ i perioder for de tre målestasjonene i det aktuelle området. Antall timer med konsentrasjoner over 100 µg/m³ i de 6 siste årene var mellom 30 og 850 timer pr. år.

Tålegrensen for akkumulert eksponering av vegetasjon vil overskrides anslagsvis hvert andre år. AOT40-verdiene var 9 138 ppbh, 990 ppbh og 4 506 ppbh på henholdsvis Voss, Kårvatn og Tustervatn målt i 1990. Tålegrensen for AOT40 er tentativt satt til 10 000 ppbh basert på 10% vekstreduksjon for skog for perioden fra april til september. For landbruksvekster er tålegrensen satt til 5 000 ppbh (bare dagslys) for månedene mai, juni og juli.

4.1.2 Avsetninger av nitrogenforbindelser og forsuring

Avsetningen av nitrogenforbindelser til bakken foregår ved to hovedmekanismer:

- Avsetning ved optak og absorpsjon i vegetasjon og på andre overflater, heretter kalt tørravsetning.
- Avsetning ved nedbør, heretter kalt våtavsetning.

Ved nedbør tilføres bundet nitrogen både som nitrat og som ammonium. Nitrat-innholdet skriver seg fra nitrogenoksider, som hovedsakelig dannes ved forbrenningsprosesser, mens ammonium-innholdet skyldes utslipp av ammoniakk fra landbruket.

Både nitrat og ammonium tas opp av vegetasjonen og bindes i jordsmonnet. Ammonium-nitrogen overføres til nitrat av nitrifikasjonsbakterier. Det er ikke grunnlag for å skille virkningene av tilført nitrogen i form av ammonium fra virkningen av nitrat-nitrogen.

Ved tørravsetning tilføres gasser som nitrogendioksid (NO_2), HNO_3 og NH_3 , samt nitrat og ammonium bundet til partikler. For best mulig å kunne sammenligne tilførslene av disse ulike forbindelsene er det hensiktsmessig å oppgi tilførselen som bundet nitrogen i mg N/m^2 pr. år.

Ved beregning av tålegrenser og overskridelse av tålegrenser deles Norge opp i geografiske "ruter" som er definert av $0,5^\circ$ lengde og 1° bredde. Hver av disse rutene er igjen delt i 16 mindre ruter som hver er på ca. 12×12 km. Det er beregnet en tålegrense for hver slik rute i Norge (Henriksen et al. 1996), og tilsvarende er differansen mellom tålegrensen og tilførslene beregnet. Hvis differansen mellom syrebelastningen og tålegrensen er negativ, er tålegrensen ikke overskredet. Dersom differansen mellom syrebelastningen og tålegrensen er positiv, er tålegrensen overskredet. Denne differansen kalles overskridelse (engelsk: Exceedance/non-exceedance) og uttrykkes i kekv/km^2 -pr. år, evt. mekv/m^2 pr. år.

Kartframstilling av tålegrenser for forsuring av overflatevann og overskridelser av tålegrensen for forsuring ved "dagens" S- og N-avsetninger (årsmiddelverdien for perioden 1988-1992) er vist i Figur 6 og Figur 7.

Avsetningen av nitrogenforbindelser varierer sterkt langs kysten og er på 1 000-1 350 mg N/m^2 pr. år ved Bergen og 400-500 mg N/m^2 pr. år på Trøndelagskysten. N- og S-avsetningen i dette området skyldes vesentlig langtransportert forurensning.

Det er beregnet avsetning av nitrogen for et samlet fastlandsareal på 25 685 km^2 . Disse rutene dekker kyststripen fra Bergen til Lofoten. Det er også tatt med noen ruter litt lengere inn i landet hvor vi har spesiell informasjon. N- og S-avsetning i dette området er bl.a. forårsaket av langtransportert forurensning og i 1990 var tålegrensen overskredet for 4 574 km^2 , mens 21 111 km^2 ikke har overskridelser av tålegrensen. De største områdene med overskridelse av tålegrensen ligger i Sogn og Fjordane og Hordaland.

4.1.3 Belastning på vegetasjon og dyreliv

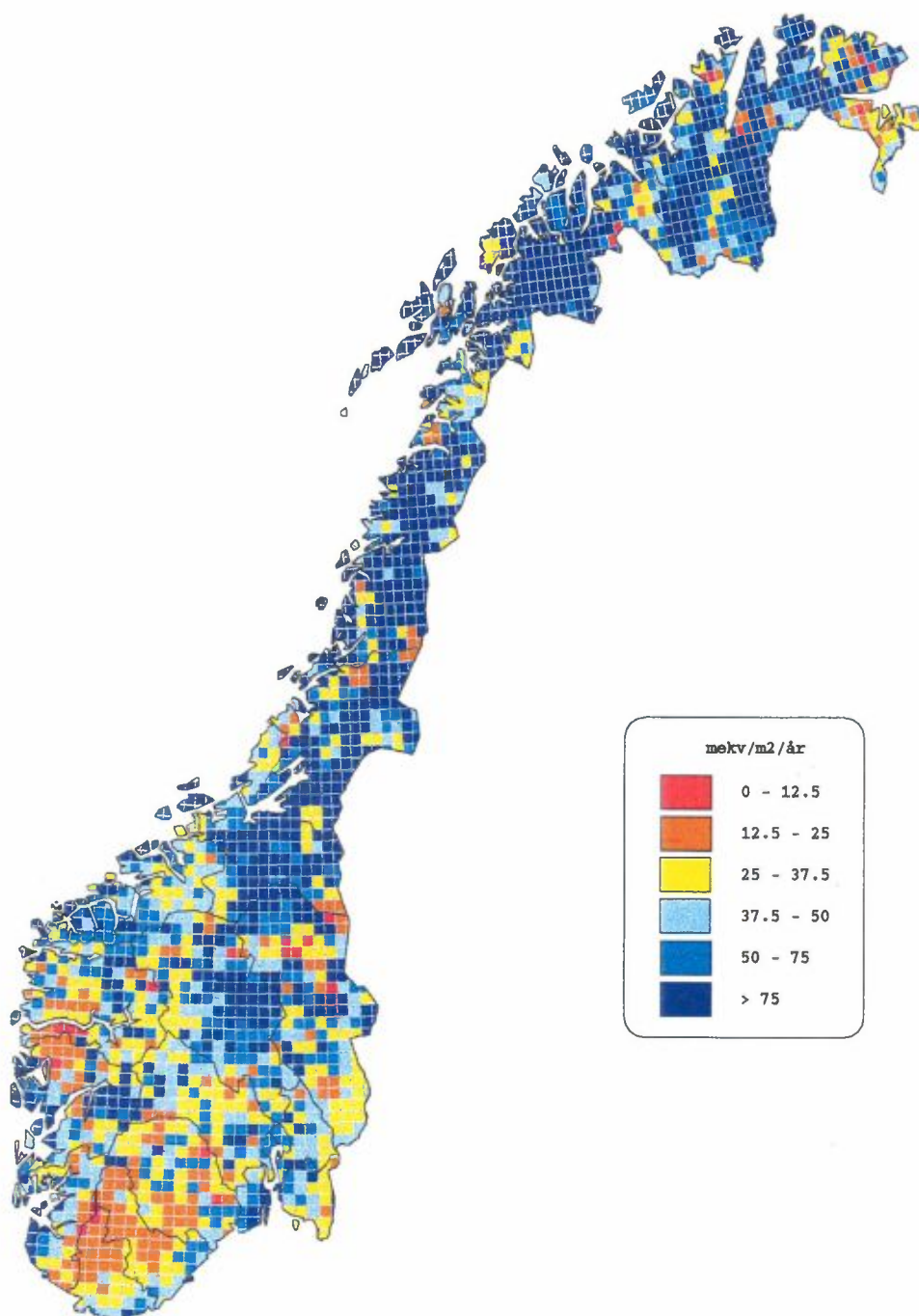
Vegetasjonen langs kysten i ytre strøk fra Hordaland til Nordland består hovedsakelig av lynghei, myrer, våtmarker, eng- og strandvegetasjon. Her finnes innslag av skoger dominert av furu, bjørk og or. Innenfor lyngheiområdene dominerer barskoger og ulike utforminger av fattige og rike løvskoger. I forbindelse med forurensning og gjødslingseffekter er det særlig kystlyngheier,

nedbørmyrer, næringsfattig barskog og løvskog som er mest utsatt for påvirkninger.

Figur 8 viser et rutenett over Norge med den vegetasjonstypen som har den laveste tålegrensen i området. Kystlyngheiene er ikke kommet med siden rutenettet er så stort at ruten også inneholder barskog som har en lavere tålegrense. Figur 9 viser områder der vegetasjonen har overskredet tålegrensene (middelverdi 1988-1992) for nitrogen. Det må imidlertid påpekes at områdene i sørlige og midtre del av Møre og Romsdal i denne figuren baserer seg på et nitrogennedfall på under 500 mg N/m² pr år. I dag ligger dette noe høyere, fra 400-600 mg N/m² pr år (Figur 11), og tålegrenser for nitrogentilførsler for vegetasjon er således overskredet også i dette området.

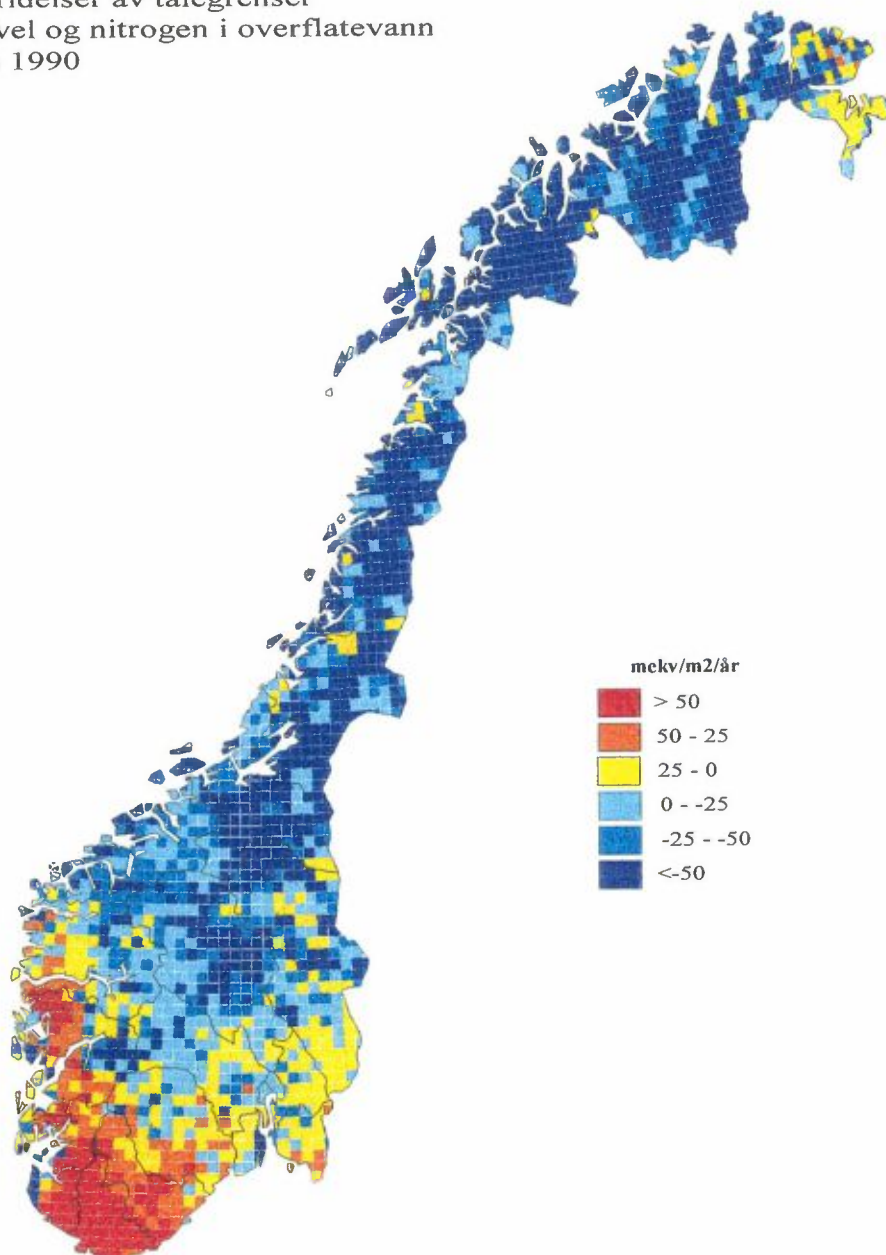
Tålegrenser

Overflatevann

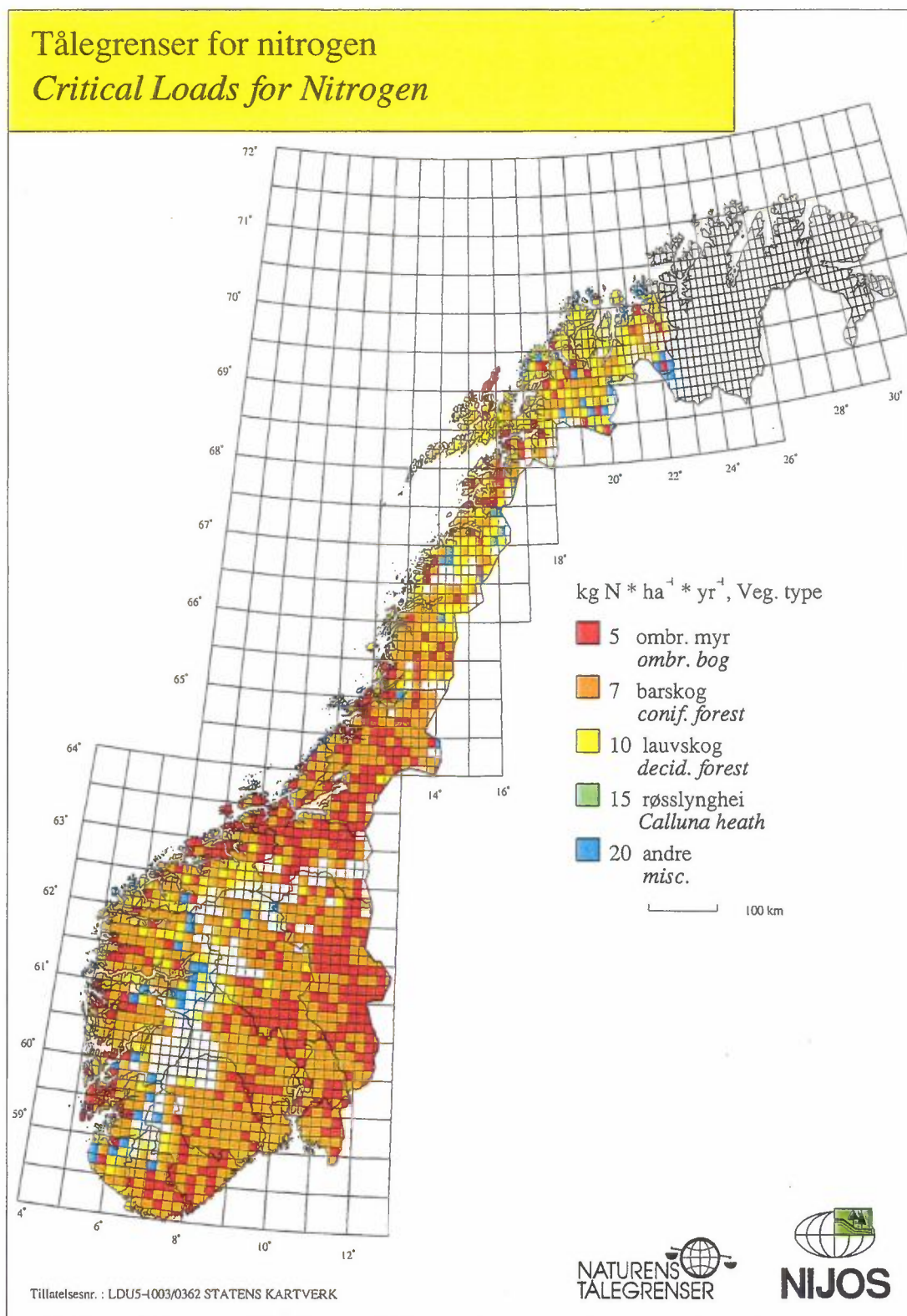


Figur 6: Tålegrenser for overflatevann i Norge. (Enhet i mekv/m²/år). Utarbeidet av Henriksen et al. (1996).

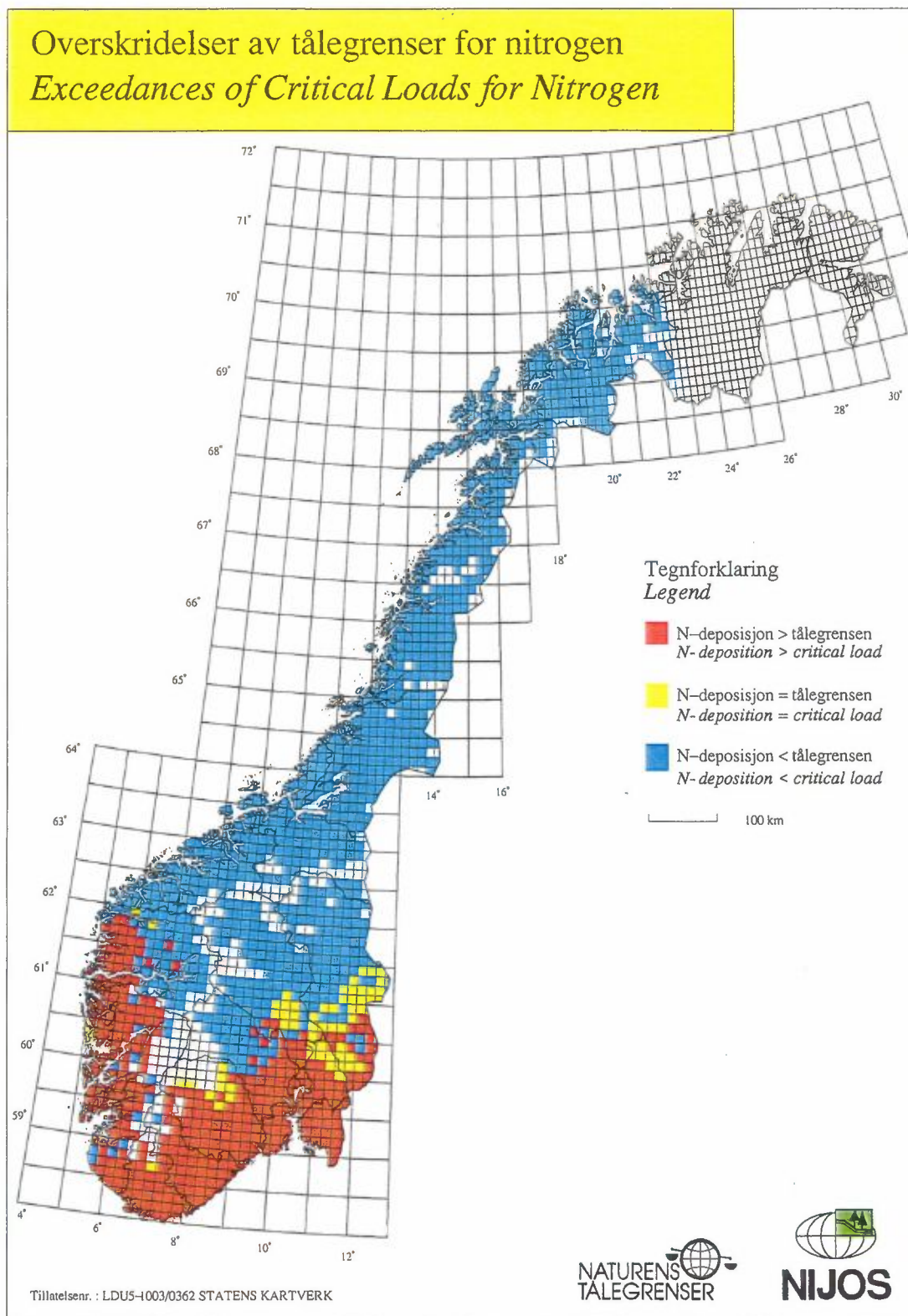
Overskridelser av tålegrenser
for svovel og nitrogen i overflatevann
i Norge 1990



Figur 7: Overskridelser av tålegrenser for svovel- og nitrogen-nedfall (1990). (Enhet i mekv/m²/år). Utarbeidet av Henriksen et al. (1996). Positive verdier betyr overskridelser, mens negative verdier betyr at det ikke er overskridelser.



Figur 8: Kart over tålegrenser for nitrogen, basert på vegetasjonstyper. Vegetasjonstypen med den laveste tålegrensen er vist i hver rute. Tålegrenser for ombrotrof myr er satt til 500 mg N/m² pr. år. (Esser og Tomter, 1996). (kgN/ha pr år er 100 mg N/m² pr år)



Figur 9: Kart over overskridelser av tålegrenser for nitrogen, basert på vegetasjonstyper. Tålegrensen for ombrotrof myr er satt til 500 mg N/m² pr. år. (Esser og Tomter, 1996)

4.1.3.1 Nitrogenpåvirkning

Kystlyngheiene er et resultat av generasjoners påvirkning på miljøet gjennom avskogning, brenning, vinterbeite og lyngslått (Gimingham, 1972; Kaland, 1979; Fremstad et al., 1991). De er generelt tilpasset liten tilgang på nitrogen og ansees som følsomme for økt nitrogentilførsel. En litteraturstudie utført av Fremstad (1992) oppsummerer virkninger av nitrogentilførsel på lynghei. Gjødsling med nitrogen har vist at løvfellende arter som blåbær og blokkebær, grasene blåtopp og smyle har et større vekstpotensiale og er mer effektiv i sin utnyttelse av nitrogenressurser enn eviggrønne arter som røsslyng, tyttebær og krekling. I nederlandske, tyske og britiske lyngheier presses røsslyng og klokke-lyng ut av grasarter, først og fremst blåtopp (Heil og Diemont, 1983; van Dobben, 1991; Bobbink et al., 1992; Marrs, 1986). I de siste tiårene har kystlyngheier i Rogaland og Sunnhordaland vist den samme utviklingstendensen, samtidig som de vokser til med busker og trær (Fremstad, 1992; Hjeltnes, 1994 a; 1994 b). Disse vegetasjonsendringene skyldes en kombinasjon av økt nitrogennedfall, svekkelse av røsslyng gjennom angrep av røsslyngbillen, frost- og tørkeskader og endringer i jordbruksdrift.

I Hordaland er bakgrunnsnivået like under tålegrensen på 1 500 mg N/m² pr år, og kystlyngheiene er således i faresonen. Påvirkningen avtar nordover kysten mot Trøndelagskysten, hvor bakgrunnsnivået f.eks. rundt Tjeldbergodden er så lavt som 400-500 mg N/m² pr år.

Nedbørmyrer er avhengig av tilførsel av næringsstoffer fra nedbøren og anses som et av de mest følsomme systemene overfor økt nitrogenavsetning. Artssammensetningen på disse myrene er tilpasset lav nitrogentilførsel, og nitrogen er normalt ansett å være en vekstbegrensende faktor (Malmer, 1993; Aerts et al., 1992). En litteraturstudie utført av Bakken og Flatberg (1995) om effekter av økt nitrogenavsetning på nedbørmyr og en kunnskapsoppsummering av Tybirk et al. (1995) viser at det i Nordvest-Europa er observert endringer i produksjon og konkurranseforhold mellom torvmoser og en økning av middels næringskrevende karplanter som blåtopp og duskull. I Sør-Sverige har nedbørmyrer blitt mettet med nitrogen og resultert i økt torvmosevekst. Fosfor er nå blitt den begrensede faktor og ikke nitrogen (Aerts et al., 1992). I Norge er det ikke utført undersøkelser som viser effekter av nitrogenpåvirkning på myrvegetasjon, men det er nærliggende å anta at endringer også skjer i norske nedbørmyrer med høy nitrogenbelastning, da tålegrensene på 500-1 000 mg N/m² pr år er overskredet så langt nord som til og med Møre og Romsdal fylke (Figur 11).

For de næringsfattige skogsystemene på Vestlandet ligger bakgrunnsnivået nær tålegrensene både når det gjelder endringer i artssammensetning (700-2 000 mg N/m² pr år) og for "helse"-tilstanden til trærne (1 000-3 000 mg N/m² pr år), men det er ikke rapportert om vegetasjonsendringer som skyldes langtransportert forurensninger. Imidlertid har Tomter og Esser (1995) og Frogner et al. (1994) vist at nitrogentålegrensen er overskredet i deler av ytre Hordaland når det gjelder både skogvegetasjon og skogsjord.

Vegetasjonsendringer på grunn av økt avsetning av nitrogen vil indirekte påvirke faunaen ved at dyrearter som beiter på gress og andre nitrogenkrevende plantearter vil få bedre betingelser. Dette vil kunne endre sammensetningen av faunaen både hos invertebrater, fugler og pattedyr.

4.1.3.2 Ozon

Selv om tålegrensene for ozon på vegetasjon er tidvis overskredet langs hele Vestlandskysten er det ikke rapportert om vegetasjonsskader som skyldes denne oksidanten. Imidlertid er omfattende skogskader i Mellom Europa satt i sammenheng med ozon (SFT 1992). Skader er også rapportert ved kontrollerte forsøk i Norge (Mortensen og Skre, 1990; Mortensen, 1994; Nygaard, 1994), hvor bl.a. blåbær viste seg å være følsom overfor ozon. Man kan således ikke utelukke at vegetasjonen langs Vestlandskysten kan være påvirket av ozon. Tålegrensene for mennesker og dyr overskrides også episodevis, og det er således ikke utenkelig at faunaen i området kan være påvirket, men trolig i svært liten grad. Effekter av ozon er betennelsesreaksjoner i luftveiene, lavere oksygenopptak, nedsatt lungefunksjon og økt mottakelighet for infeksjoner.

4.1.3.3 Nitrogenoksider

Dagens bakgrunnsnivå langs hele kysten fra Hordaland til Nordland ligger langt under de anbefalte luftkvalitetsverdier på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddel for vegetasjon. Det skulle derfor ikke være nevneverdige skader på vegetasjon som skyldes direkte kontakt med nitrogenoksider. Det samme gjelder for faunaen i området.

4.2 Basisalternativet

Grunnlaget for vurderingene i denne rapporten, også kalt basisalternativet er beskrevet i rapporten "Utslipp fra Haltenbanken, Bidrag til fotokjemisk oksidantdannelse og forsuring" (Knudsen et al., 1996). De viktigste forutsetningene og resultatene fra denne rapporten er tatt med her.

4.2.1 Nitrogenforbindelser i luft

Målinger av nitrogenforbindelser (nitrogendioksid, nitrat og ammonium) på bakgrunnsstasjonene Kårvatn og Tustervatn viser at konsentrasjonsnivået er lavt og for NO_2 mye lavere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium. Beregninger foretatt for utslipp fra kilder i basisalternativet viser at dette gir liten eller ingen påvirkning av konsentrasjonsnivåene på Kårvatn og Tustervatn for disse stoffene.

4.2.2 Beregninger av virkninger av utslippsreduksjoner på fotokjemisk aktivitet i røykfaner

4.2.2.1 Bidrag til dannelsen av bakkenært ozon

Beregningene for basisalternativet (Knudsen et al., 1989) viste at det var nitrogenoksidutslippet som var den begrensende faktor for dannelsen av ozon. Ved en halvering av utslippene av NMVOC på Åsgard vil konsentrasjonen av ozon inne i røykfanen oftest påvirkes lite (redusert med $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ved en halvering av nitrogenoksidutslippet, vil ozonkonsentrasjonen normalt reduseres med $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bidraget fra Åsgard til ozonkonsentrasjonen i røykfanen vil vanligvis være av størrelsesorden $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timemiddel, men kan også være

opptil 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avhengig av konsentrasjonene i den luften utslippene slippes ut i. Bakgrunnskonsentrasjonen av komponentene i atmosfæren er viktig for fotokjemiske reaksjoner i røykfanene. Beregningsresultatene er vist i Figur 10.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for ozon som timemiddel er 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Utslipet fra basisalternativet ble beregnet til å bidra til et økt antall timer pr. år over 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på 27 timer på Voss, 26 timer på Kårvatn og 26 timer på Tustervatn.

Tabell 6 viser bidraget til det beregnete AOT40.

Tabell 6: Målte verdier og beregnete bidrag til AOT40-verdien på tre steder i Norge.
Enhet: ppbh.

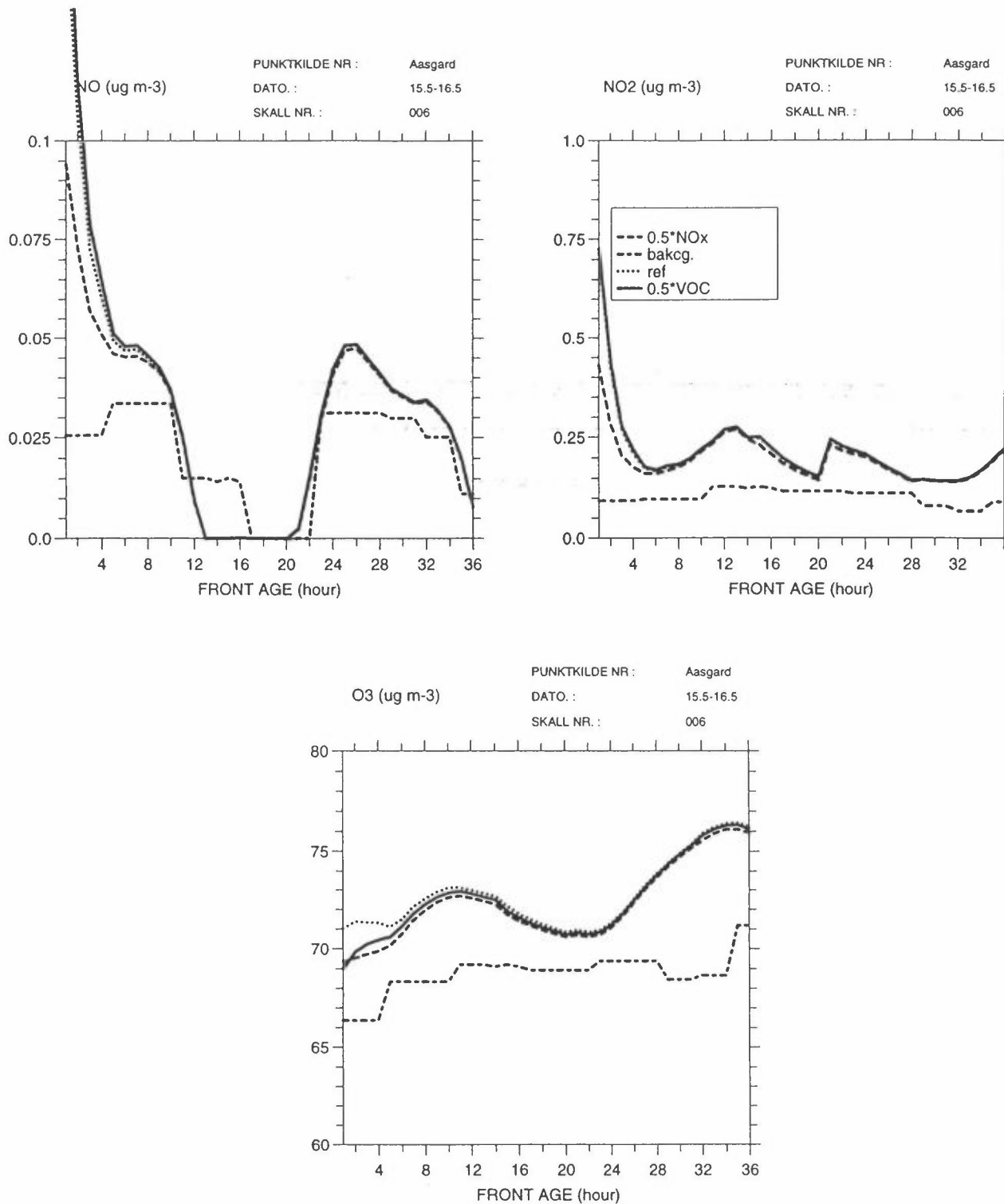
	Målte AOT40-verdier 1990	Beregnet bidrag fra Basisalternativet
Voss i Hordaland	9 138	227
Kårvatn i Møre og Romsdal	990	257
Tustervatn i Nordland	4 506	277

I 1990 var de målte verdiene på disse stasjonene under tålegrensen på 10 000 ppbh.

Ozonkonsentrasjonene varierer mye fra år til år og i 1992 var AOT40-verdiene på Voss og Kårvatn henholdsvis 10165 og 15184 ppbh, som begge er over tålegrensen på 10 000 ppbh. Bidraget til AOT40-verdiene vil variere med bakgrunnsnivået. Med et høyere bakgrunnsnivå vil de beregnete bidragene også bli høyere.

Bidraget fra basisalternativet var størst på Tustervatn med 277 ppbh (ca. 2.8% av tålegrensen). Dette utgjorde ca. 6% av den målte verdien på Tustervatn og en forholdsvis stor prosent av den målte AOT40-verdien på Kårvatn i 1990. For Voss og Kårvatn er de beregnede bidragene til AOT40-verdiene omtrent som for Tustervatn.

Ved en reduksjon av nitrogenoksid-utslippene på 10 % fra plattformen, 30% fra skytteltankerne og en 70% reduksjon av NMVOC fra bøyelasting på Åsgard, ble det beregnet 3% reduksjon i AOT40-bidraget fra Åsgard, på Voss, Kårvatn og Tustervatn.



Figur 10: Konsentrasjonsfordelingen av ozon, NO og NO₂ som funksjon av tiden for utslipp fra Åsgard ved forskjellige tenkte utslipp scenarier.

Beregningen starter 15. mai 1990 kl 0800. Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- - - Halvering av NO_x-utslipp.

- · - Bakgrunnskonsentrasjon.

---- Utslipp av 1256 tonn NO_x pr år, 255 tonn CO og 13970 tonn NMVOC pr. år.

—— Halvering av VOC-utslipp.

4.2.2.2 Avsetning av nitrogenforbindelser

Det maksimale årlige bidraget til avsetningen av nitrogen ved utslipp fra basisalternativet vil komme på Nordmøre og er beregnet til 46 mg N/m². Den totale målte avsetningen i området var 400-500 mg N/m² pr. år i 1990, men varierer en del på grunn av lokale effekter. Figur 11 viser dagens avsetning og bidraget til avsetningen av nitrogen i influensområdet for utslipp fra basisalternativet.

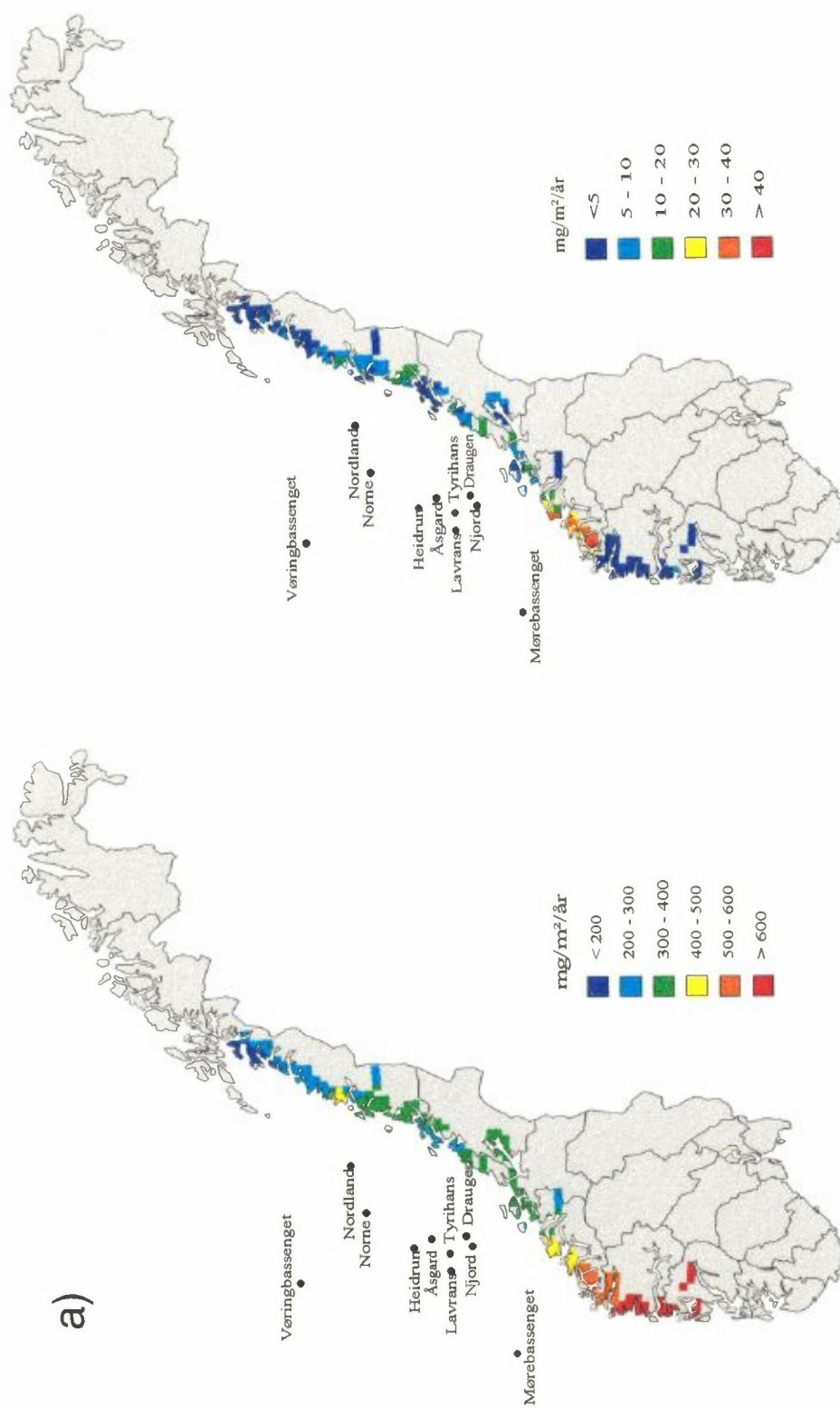
Legg merke til at det er to forskjellige skalaer på de to kartene i Figur 11. Beregninger av prosentvis og absolutt økning i N-deposisjonen (Tabell 7 og Tabell 8) viser at ca. 39% av det undersøkte arealet vil få en økt N-avsetning som er mindre enn 1%. Den maksimale økningen i N-avsetningen er mindre enn 10%. Ca. 50% av det undersøkte arealet vil motta <5 mg N/m² pr. år i ekstra N-belastning som følge av aktiviteter på Haltenbanken, mens ca 10% (2.537 km²) vil motta > 20 mg/m² pr. år.

Tabell 7: *Frekvensfordeling av prosentvis økning i N-tilførsler fra basisalternativet fordelt på arealer*

% økning i N-avsetning i forhold til dagens N-avsetning	Areal (km ²)	% av undersøkt område
< 1	10 067	39
1-2	7 731	30
2-4	5 076	20
4-6	909	3,5
6-8	1 755	7
9	148	0,5

Tabell 8: *Frekvensfordeling av økning i N-tilførsler fra basisalternativet som mg N/m²/år fordelt på areal*

Økt tilførsel av N (mg N/m ² /år)	Areal (km ²)	% av undersøkt område
< 1	8.922	35
1-5	5.750	22
5-10	5.254	21
10-20	3.212	13
20-30	1.078	4
30-40	1.314	5
40-45	155	0.5



Figur 11: Dagens N-avsetning i de berørte områdene a) og beregnet N-bidrag med utslipp fra basisalternativet (b).
 Enhet: mg/m² år.

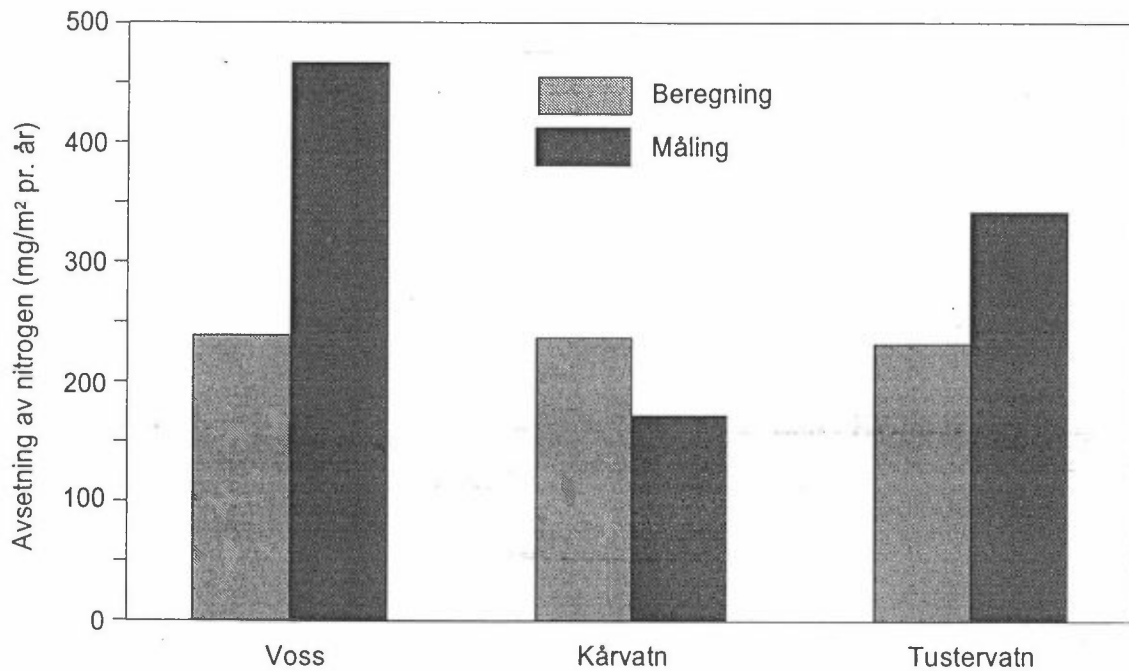
NB! legg merke til at skalaen på de to figurene er forskjellige

Det er målt avsetning av nitrogenforbindelser på tre steder i beregningsområdet, Voss, Kårvatn og Tustervatn. Den dominerende avsetningen er ved nedbør. Det er store lokale variasjoner i nedbøren hovedsakelig forårsaket av orografiske effekter. Modellen tar ikke tilstrekkelig hensyn til disse forskjellene i nedbørmengden og hyppighet på grunn av oppløsningen av nedbørdataene. Det burde imidlertid være grunn til å vente at den midlere avsetningen av nitrogenkomponenter midlet over de tre stasjonene skal være sammenlignbare for målte og beregnede verdier. Figur 12 viser beregnet og målt avsetning på Voss, Kårvatn og Tustervatn. Den beregnede avsetningen på de tre stasjonene varierer lite, mens den målte varierer betydelig. Dette skyldes lokale effekter som orografisk nedbør. De målte verdiene av avsetning av nitrogen midlet for de tre stasjonene: Voss, Kårvatn og Tustervatn er litt høyere enn den beregnede avsetningen.

For å relatere den økte N-avsetningen til tålegrenser for tilførsler av syre til overflatevann er N-avsetningen fra basisalternativet regnet om til ekvivalent syretilførsel. Bidraget til syretilførsel er fra 0 til maksimalt 3,5 mekv/m² pr. år. (1 mekv syre tilsvarer 14 mg NO₃-N.) For å sette dette tallet i forhold til tålegrensene og overskridelser kan man se på Figur 6 og Figur 7. Ca. 80% av det berørte arealet får økt syretilførsel som mindre enn 1 mekv/m² pr år ved utslipp fra basisalternativet, og den maksimale syretilførselen er 3,5 mekv/m² pr. år. Totalt sett blir det ingen endringer i kartet som viser overskridelser av tålegrenser for forsuring av overflatevann (Figur 7).

I en forenklet tålegrensemodell for nitrogen er det antatt at all tilført nitrogen bidrar til forsuring. Dette forutsetter at økosystemene er mettet av nitrogen, mens i virkeligheten er norske økosystemer undermettet, slik at mesteparten av tilførslene vil tas opp i biomassen. Ved å bruke en forenklet modell beregnes den maksimale effekten av N-avsetning fra basisalternativet, og hvis disse effektene er små, vil de faktiske effektene være enda mindre.

Selv når det antas at all N-avsetning bidrar til forsuring, vil syrebidraget som følge av N-utslipp fra basisalternativet være så lavt at det ikke kan forventes å ha målbare konsekvenser for forsuringstilstanden i innsjøene i de berørte områdene. I tillegg vet vi at en stor andel av N-tilførselen vil bli tatt opp i nedbørfeltene, slik at det er svært lite sannsynlig at N-utslipp fra basisalternativet vil ha innvirkning på forsuringstilstanden i vann i områder som er berørt av avsetningen.



Figur 12: Målt og beregnet avsetning av nitrogenkomponenter på Voss, Kårvatn og Tustervatn.
Enhet mg/m² pr. år.

I områder som i dag ligger nær tålegrensen for tilførsler av syre, eller hvor tålegrensen allerede er overskredet, er det lite ønskelig med økning i N-tilførsler, da dette ikke bedrer forsuringssituasjonen.

Forsuringstilstanden i norske innsjøer er imidlertid ikke statisk. Det nedlegges stort arbeid internasjonalt for å redusere utslippene av bl.a svovel. Som et resultat av svovelprotokollene fra 1985 og 1994 (UN/ECE 1985, 1994) har svoveltilførslene til Norge avtatt med 40-50% fra 1980 til 1996 (Tørseth, 1996), og det er forventet at tilførslene vil bli ytterligere redusert når de vedtatte målene for utslippsreduksjoner i Europa er nådd. Som følge av reduserte syretilførsler har vannkvaliteten i Norge med hensyn på forsuring vist en klar bedring de siste 5-10 årene (SFT, 1996, Skjelkvåle et al. 1996), og arealer med overskridelser av tålegrensen for forsuring er redusert (Henriksen et al. 1996). Bidrag til N-avsetningen ved N-utslipp fra aktivitet på Haltenbanken kan i prinsippet bidra til å forsinke denne positive utviklingen, men påvirkningen vil være liten.

Virkinger av N-avsetningen fra aktivitet på Haltenbanken på økosystemer langs norskekysten baserer seg på dagens viten om hvordan økosystemer påvirkes av N-belastning. Vurderingen er basert på avsetningsberegninger som er foretatt for ett år (1990). Endringer i de meteorologiske forhold kan påvirke resultatene fra et år til et annet, men neppe i så stor grad at dette endrer de viktigste konklusjonene.

Beregningsresultatene viser at utslippene fra aktiviteter på Haltenbanken og skipstrafikk i forbindelse med denne aktiviteten i seg selv sannsynligvis ikke vil ha målbare effekter for forsuringssituasjonen i overflatevann. Forsuringssituasjo-

nen i vann er imidlertid avhengig av summen av alle typer av nitrogen- og svoveltilførsler. Selv om hver enkelt kilde ikke har en målbar negativ effekt, vil summen av mange kilder kunne ha en negativ effekt på forsureingssituasjonen.

4.2.3 Effekter på vegetasjon og dyreliv

4.2.3.1 Nitrogenforbindelser i luft

Bakgrunnsnivået av nitrogenoksider ligger langt under anbefalte luftkvalitetskriterier, og utslippene fra basisalternativet vil ikke føre til noen nevneverdig økning av luftkonsentrasjonene langs norskekysten. Det ventes derfor ingen målbar effekt på planter og dyr, hverken på enkeltindivider eller i sammensetningen av arter som følge av høyere konsentrasjoner av nitrogenforbindelser i luft.

4.2.3.2 Bakkenær ozon

Bakgrunnskonsentrasjonene av bakkenær ozon varierer fra år til år. For dyrelivet vil antall timer i løpet av året der det er muligheter for at skader kan oppstå øke langs hele kyststrekningen, og økte AOT40-verdier vil bidra til redusert vekst i vegetasjon. Tilleggene fra utslippene i basisalternativet er imidlertid små i forhold til bakgrunnsverdiene, men siden konsentrasjonene allerede ligger nær anbefalte luftkvalitetskriterier, kan både plante- og dyreliv få reduserte vekstbetingelser. Det økte bidraget representerer et potensiale for en negativ påvirkning av vegetasjon og dyreliv. Effektene av ozon på faunaen vil eventuelt være begrenset til effekter på enkeltindivider. Det er lite sannsynlig at disse påvirkningene vil ha målbar effekt på sammensetning av dyrearter i faunaen, selv om det ikke kan utelukkes at aldersstrukturen i sårbare dyrepopulasjoner påvirkes, da yngre og eldre individer generelt er mer følsomme for påvirkning.

4.3 Avsetning av nitrogenforbindelser, gjødslingseffekt

Vurderinger av effekter på vegetasjonstypene nedbørmyr, kystlynghei og næringsfattige skogstyper baseres på forholdet mellom tålegrensene for vegetasjonstypen (Tabell 2), dagens bakgrunnsnivå og de beregnede økningene av nitrogen-nedfallet (Figur 11).

Tålegrensene for nedbørmyr er i dag overskredet til og med Møre og Romsdal fylke, hvis man legger til grunn den nedre tålegrenseverdien på 500 mg N/m² pr år, se Figur 9. Det er størst overskridelser i sør. Økningen av N-avsetningen vil være størst i Møre og Romsdal (30-40 mg N/m² pr år). Mulighetene for endringer i artssammensetningen mot mer nitrogenkrevende vegetasjon vil således øke for fylkene Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal. Trøndelagsfylkene som har de største forekomstene av nedbørmyrer i Norge, har et bakgrunnsnivå på 400-500 mg N/m² pr år. En økning på 5-20 mg N/m² vil bringe dem noe nærmere tålegrensen på 500 mg N/m² pr år. Selv om tålegrensen således ikke blir overskredet kan disse områdene likevel være utsatt, idet det kan ventes en generell økning av bakgrunnsnivået både fra nåværende industriutbygging og økt skipsfart. Flere områder i sørlige og midtre deler av Nordland har bakgrunnsverdier rett under tålegrensen og kan få en økning på 10 - 20 mg N/m² pr år med påfølgende mulighet for vegetasjonsendringer. Myrer lengst nord i Nordland fylke vil imidlertid ikke bli nevneverdig påvirket av økt N-avsetning.

Kystlyngheiene lengst sør ved Bergen i midtre Hordaland har et bakgrunnsnivå på 1000-1350 mg N/m² pr år (SFT 1995). Bidraget fra basisalternativet i Hordaland er beregnet til mindre enn 5 mg N/m² pr år. Bakgrunnsnivået avtar nordover kysten, mens bidraget fra basisalternativet øker til maksimalt 46 mg N/m² pr år i Møre og Romsdal for deretter generelt å avta nordover mot Lofoten. Ut fra de beregnede tilleggsavsetningene vil ingen områder i den aktuelle kyststrøpen få overskredet sine tålegrenser som følge av utslippene. Man skal likevel være noe forsiktig med en slik ren matematiske sammenlikning. Bakgrunnsnivået varierer sterkt etter nedbørmengden og kan i enkelte år være høyere enn anslått. Flere faktorer som økt industriutbygging og mulige utbygginger av gasskraftverk (Knudsen et al., 1996) kan også øke bakgrunnsnivået. Selv om bidraget fra Haltenbanken er lite, vil nedfallet i den sørlige delen av påvirkningsområdet representere et potensiale for endringer i vegetasjonstypen kystlynghei mot mer grasdominert vegetasjon.

Næringsfattig barskog har en nedre tålegrense på 700 mg N/m² pr. år, mens tålegrensen for løvskog er 1 000 mg N/m² pr. år. Disse er overskredet i Hordaland og Sogn og Fjordane. Selv om økningen på mindre enn 5 mg N/m² er liten, vil det kunne øke mulighetene for endringer i bunnvegetasjon mot mer nitrofile arter (Nygaard og Ødegaard, 1993) og nedsatt dannelse av fruktlegemer hos mykorrhiza sopp (Branderud, 1995). I områdene nord for Sogn og Fjordane vil den totale N-avsetningen fortsatt ligge godt under tålegrensene, og det kan trolig ikke forventes endringer i vegetasjonstypene på bakgrunn av tilleggsbelastningen. Epifyttiske lav og moser tar opp nitrogen både i tørr- og våtavsetning. Moderate økninger i tilgjengelig nitrogen har ført til økt vekst av enkelte lavarter på trær (Bruteig, 1996; de Bakker, 1989; Holopainen og Kärenlampi, 1985; Kauppi, 1980 og von Arb, 1987). En kan ikke utelukke at dette også vil skje i belastede skogsbestander som følge av økt nitrogenavsetning.

Hvis det skjer en endring i artssammensetningen på kystlyngheier, nedbørmyrer og skog mot mer nitrogenkrevende vegetasjon, vil det forventes en økning i både kvantitet og kvalitet av biotoper for dyr som beiter gress. Arter som er knyttet til dagens utforming av vegetasjonstypene, vil få dårligere konkurransebetingelser. I en slik situasjon kan det skje endringer i sammensetningen av faunaen, både for virvelløse dyr, fugler og pattedyr av den økte totalavsetningen av nitrogen. Hvilke arter som begunstiges og hvilke arter som får dårligere betingelser, avhenger av mange, både biotiske og abiotiske faktorer. De viktigste jaktete viltartene vil neppe få noen målbare endringer i bestandstørrelse.

4.4 År 2000:

Tabell 9 viser at utslippene av NO_x fra kilder, aktive i basisalternativet, i år 2000 går opp fra 14 125 til 14 681 tonn pr. år. Totalutslippet går opp til 18 638 tonn pr. år.

Tabell 9: Oppsummering av utslippene av NO_x for år 2000 sett i forhold til basisalternativet.

Enhet: tonn NO_2 pr. år.

	Faste installasjoner	Skipstrafikken	Sum
Basisalternativet	6 731	7 395	14 125
Kilder fra basisalternativet i år 2000	4 344	10 336	14 681
Nye kilder i år 2000	2 183	1 775	3 957
Sum år 2000	6 527	12 111	18 638

Tabellen viser også at utslippene fra faste installasjoner for kilder inkludert i basisalternativet vil reduseres med 35% i år 2000. Utslipp som kommer i tillegg til dette er utslipp fra Lavrans, Tyrihans og leteboring. Disse utslippene vil utgjøre 32% av utslippene fra basisalternativet, slik at utslippet fra faste installasjoner avtar med 3% fra basisalternativet til år 2000.

Tabellen viser at utslippet fra skipstrafikken øker sterkt fra basisalternativet til år 2000. For de kildene som er inkludert i basisalternativet, vil utslippet fra skipstrafikken øke med 40%. Utslipp fra skipstrafikken for kildene som kommer i tillegg vil være mindre, og utslippene fra den samlede skipstrafikken i år 2000 vil ha økt med 63%. Det er økningen i skipstrafikken som forårsaker utslippsøkningen fra år 2000 i forhold til basisalternativet.

4.4.1 Konsentrasjoner av nitrogenoksider

Beregningene for basisalternativet viser at bidraget til konsentrasjonene av nitrogenoksider som følge av utslipp fra oljevirkosomheten ikke påvirker konsentrasjonsnivået langs norskekysten.

Utslippene fra faste installasjoner er ubetydelig redusert, og konklusjonene for bidraget fra disse kildene vil ikke bli forandret. Disse utslippene vil derfor ikke bidra mer til nitrogenkonsentrasjoner på norskekysten enn basisalternativet.

De økte utslippene fra skipstrafikken vil, så lenge disse er til havs, ikke føre til en betydelig økning av konsentrasjonsnivået på land langs norskekysten.

4.4.2 Konsentrasjoner av ozon

De målte månedsmiddelkonsentrasjonene i luft i området er mellom 30 og 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Figur 13 viser midlere 7-timersverdi om dagen (kl 09-16) i perioden april til september i 1990. Denne figuren viser at det er størst ozonkonsentrasjon på Sørlandet og Østlandet. Områdene der belastningen er størst fra utslipp på Haltenbanken er der det er minst belastning av ozon. Middelverdien er allikevel over 60% av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for timemiddelkonsentrasjon. I 1990 ble det målt konsentrasjoner over 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 322 timer på Voss, 28 timer på Kårvatn og 322 timer på Tustervatn.

For basisalternativet ble det beregnet et bidrag til økt antall timer pr. år over 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på 27 timer på Voss, 26 timer på Kårvatn og 26 timer på Tustervatn.

Det er ikke grunn til å tro at belastningen fra utslippene i år 2000 vil endre dette bilde.

Årsmiddelkonsentrasjonene på de tre stasjonene variert mellom 60 og 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De beregnede bidragene varierer lite for de tre målestedene. Det gjennomsnittlige bidraget til AOT40-verdiene er ca. 5%.

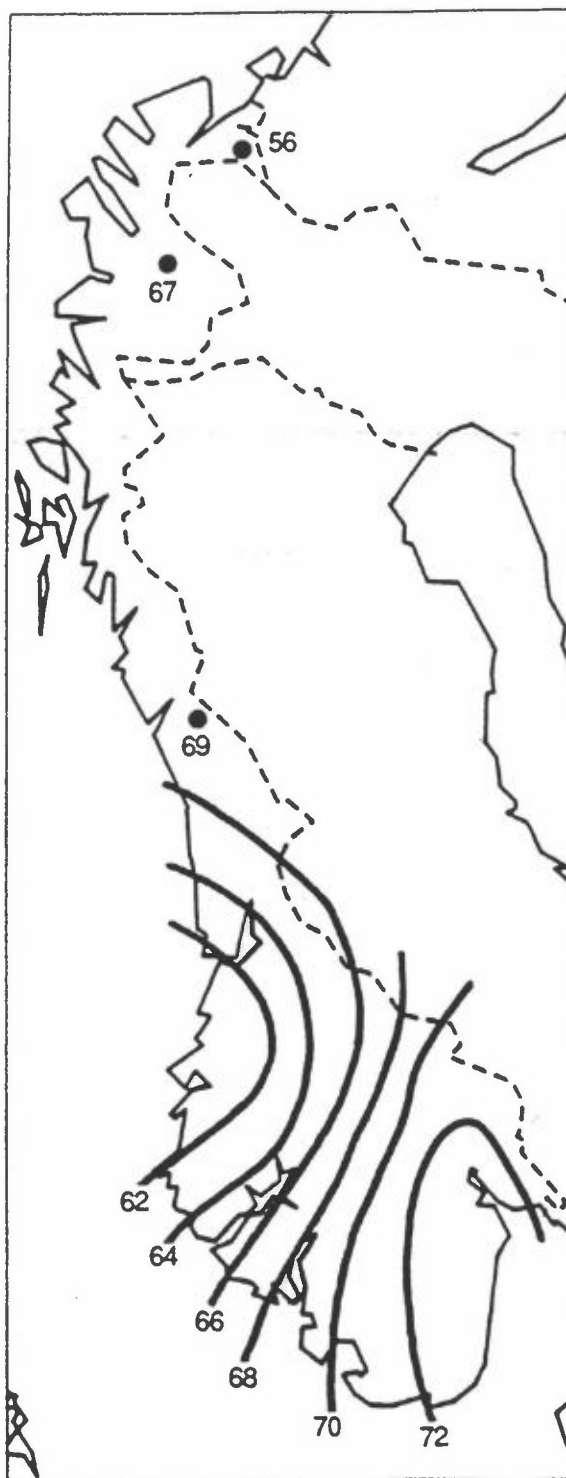
AOT40-verdien varierer sterkt fra år til år, og i 1992 var verdiene på Voss og Kårvatn henholdsvis 10 165 og 15 184 ppbh, som begge er over tålegrensen på 10 000 ppbh. Bidraget til AOT40-verdiene vil variere med bakgrunnsnivået. Med et høyere bakgrunnsnivå vil de beregnede bidragene også bli høyere.

Utslippsendringen frem til år 2000 vil ikke forandre på bidragene nevneverdig i forhold til basisalternativet.

4.4.3 Avsetninger av nitrogenforbindelser

Økningen av utslippene fra basisalternativet til år 2000 skyldes skipstrafikken. Skipstrafikken slipper ut nitrogenoksider i skipskorridorene fra feltene og inn til Mongstad vil disse derfor ikke være viktige for området med maksimal avsetning fordi avsetningen fra disse utslippene vil spres langs hele kyststrekningen. Utslippene fra skipstrafikken vil altså ikke ha stor betydning for den maksimale avsetningen, men vil øke avsetningen generelt i området. Dette bidraget vil være lite og sannsynligvis ikke være målbart.

Dette tilsier at kartet for avsetning fra basisalternativet vist i Figur 11 er gyldig også i år 2000. Betraktningene om forsureingssituasjonen i de berørte områdene vil derfor også være gyldig for år 2000. Det er lite sannsynlig at N-utslipp i år 2000 vil ha målbar innvirkning på forsurengstilstanden i vann i områder som er berørt av avsetningen.



Figur 13: Midlere 7-timers-konsentrasjon av ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) om dagen (kl 09-16), april-september 1990.

4.4.4 Effekter på vegetasjon og dyreliv

Siden konsentrasjonen av ozon og avsetning av nitrogenforbindelser langs norskekysten ikke vil øke i forhold til basisalternativet, vil effekten på vegetasjon og fauna bli den samme som tidligere beskrevet under basisalternativet. Den totale nitrogenavsetning vil øke generelt fra Hordaland til Nordland, men siden økningen er antatt å være liten, er det vanskelig å si i hvilken grad dette vil påvirke plante- og dyreliv, annet enn at et generelt høyere nedfall øker mulighetene for gjødslingseffekt av vegetasjon og endret artssammensetning.

4.5 År 2009:

4.5.1 Utslipp:

Utslippene av NO_x vil øke fram til år 2009. Dette skyldes hovedsakelig økte utslipp fra skipstrafikken. Utslippene fra faste installasjoner vil øke noe, men posisjonene for utslippene er betydelig forskjellige. Utslippene fra faste installasjoner kan deles inn i fire grupper etter geografisk beliggenhet. Disse er kilder innenfor det geografiske området dekket av basisalternativet og de fiktive kildene i Mørebasenget, Vøringsbasenget og "Nordland".

Tabell 10 gir en oppsummering av utslippene. Utslippene fra faste installasjoner som ligger innenfor det geografiske området til basisalternativet var redusert til 54% av basisalternativet. Utslippene fra skipstrafikken knyttet til de samme kildene i det ovenfor nevnte området avtok til 47%.

Tabell 10: Utslippt av NO_x i år 2009 sett i forhold til utslippene i basisalternativet.

Enhet: tonn NO_2 pr. år.

	Faste installasjoner	Skipstrafikk	Sum
Basisalternativet	6 731	7 995	14 125
2009 (kilder i basisalternativet)	3 678	3 731	7 409
Nye kilder i år 2009	3 123	10 860	13 983
Sum 2009*	6 852*	14 538*	21 390*
Fiktivt felt Vøringsbasenget	595	4 928	5 523
Fiktivt felt Nordland	298	1 509	1 806
Fiktivt felt Mørebasenget	1 267	3 463	4 750

* Inkludert fiktive felt.

I tillegg til disse utslippene er det utslipp fra tre fiktive felt. Feltet i Mørebasenget ligger ca. 160 km ut fra kysten på samme bredde som Kristiansund, feltet Nordland ligger ca. 120 km ut fra kysten på samme bredde som Meløy og feltet Vøringsbasenget ligger ca. 340 km ut fra kysten på samme bredde som Bodø. Disse feltene må vurderes hver for seg fordi de ligger så spredt geografisk, og det er lite trolig at belastningen fra feltene vil overlappe.

Feltet på Mørebasenget har størst utslipp fra faste installasjoner og utgjør 18,8% av basisalternativet. Utslippene fra skipstrafikken utgjør 43% av utslippet fra skipstrafikken i basisalternativet. Det er forholdsvis mye mindre utslipp fra skipstrafikken fra dette feltet på grunn av kortere avstand til Mongstad.

Utslippet fra feltet i Vøringsbasenget fra faste installasjoner utgjør 9% av utslippene i basisalternativet. Dette feltet har forholdsvis mye lengre transportvei enn feltene lenger sør og utslippene av NO_x fra skipstrafikken utgjør 61 % av utslippet fra skipstrafikken i basisalternativet.

Utslipp fra faste installasjoner på feltet "Nordland" utgjør 4% av utslippene i basisalternativet. Her utgjør også utslippene fra skipstrafikken en forholdsvis større andel på grunn av den lengre transportveien til Mongstad. Utslippene fra skipstrafikken utgjør 19% av utslippene fra skipstrafikken i basisalternativet.

4.5.2 Konsentrasjoner av nitrogenoksider

Utslippene fra basisalternativet ga lite eller ikke noe bidrag til konsentrasjonen av NO_x langs kysten. Dette skyldes at NO_x omdannes kjemisk til andre nitrogenforbindelser. Utslippene fra kildene innenfor det geografiske området til basisalternativet fra faste installasjoner reduseres til 54% i år 2009.

Utslippene fra skipstrafikken reduseres ikke, men så lenge denne ikke er nær kysten vil den ikke bidra til konsentrasjoner av NO_x i kystsonen.

Konklusjonen for utslippene fra de fiktive feltene er den samme. Utslippene fra faste installasjoner og fra skipstrafikken er til dels betydelig mindre. Bidraget til NO_x -konsentrasjonen på land vil vanligvis være ubetydelig.

4.5.3 Konsentrasjoner av ozon

Utslipp av NO_x og hydrokarboner vil i de første to timene redusere konsentrasjonen av ozon inne i røykfanene. Konsentrasjonen av ozon vil imidlertid bygge seg opp igjen på en litt lengre tidsskala på grunn av fotokjemiske reaksjoner. Disse reaksjonene fører til at konsentrasjonen av ozon øker i røykfanen. Denne økningen er sterkt avhengig av konsentrasjonen i bakgrunnsluften. Det er utført beregninger for hvordan konsentrasjonen endres i en typisk røykfane fra en fast installasjon i området. Det er tatt utgangspunkt i typiske bakgrunns-konsentrasjoner. Konsentrasjonsnivået i røykfanen avhenger av tid på døgnet, med relativt høye konsentrasjoner om dagen og lave konsentrasjoner om natten. Den typiske økningen i konsentrasjonsnivået vil være $5-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det maksimale bidraget kan komme opp i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under spesielle forhold.

De målte månedsmiddelkonsentrasjonene i luft i området er mellom 30 og $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Figur 13 viser midlere 7-timersverdi om dagen (kl 09-16) i perioden april til september i 1990. Denne figuren viser at det er størst ozonkonsentrasjon på Sørlandet og Østlandet. Områdene der belastningen er størst fra utslipp på Haltenbanken er der det er minst belastning av ozon. Middelveien er allikevel over 60% av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for timemiddelkonsentrasjoner.

I 1990 ble det målt konsentrasjoner over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 322 timer på Voss, 28 timer på Kårvatn og 157 timer på Tustervatn.

Frekvensen av bidraget til kortidsmiddelkonsentrasjonene bestemmer påvirkningen av langtidsmiddelkonsentrasjonene. I og med at det er mindre utslipp i år 2009 og at utslippspunktene ligger mer spredt vil frekvensen av de ovenfor nevnte konsentrasjonene gå ned. Bidraget til langtidsmiddelkonsentrasjonene vil dermed også gå ned.

Bidraget til akkumulerte eksponeringsdoser (AOT40) vil gå ned ved mindre utslipp. Bidraget til AOT40 vil være sterkt avhengig av bakgrunns-konsentrasjonene. Disse varierer fra år til år. Bidraget som følge av utslipp fra Haltenbanken vil ikke forårsake at konsentrasjonen av ozon overskrider $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men vil være et lite bidrag når konsentrasjonen er over $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasjonene langs kysten avtar nordover. Dette vil si at utslipp lenger sør vil bidra mer til AOT40-verdien enn utslipp som skjer lenger nord.

Utslippene av NO_x fra faste kilder innenfor det geografiske området dekket i basisalternativet er redusert til 54%. Bidraget fra basisalternativet til AOT-verdiene var i snitt ca 5% av de målte verdiene i 1990. Dette tallet vil bli lavere for tilsvarende beregninger for utslippene fra de ovenfor nevnte kildene. Hvor stor denne reduksjonen blir er vanskelig å bedømme.

For de fiktive feltene er vurderingsgrunnlaget dårligere. Generelt vil tilsvarende utslipp i Mørebasenget bidra mer enn ved et felt lengre nord. Dette skyldes at konsentrasjonene i bakgrunnslufta avtar nordover. Felt der transportavstanden fra utslippspunktet til land er lengre vil gi lavere konsentrasjon over et større område på grunn av bedre spredning.

Utslipet av NO_x fra faste installasjoner bestemmer det maksimale ozonbidraget. Fra Tabell 10 ses at utslippet fra faste installasjoner fra feltet i Mørebasenget er fire ganger utslippet fra feltet "Nordland" og dobbelt så stort som feltet i Vøringsbasenget. Dette tilsier at det er utslippet fra stasjonære felt på Mørebasenget som vil bidra mest til konsentrasjoner på land fra de fiktive feltene.

Utslipp av NO_x fra faste installasjoner i Mørebasenget er 18,8% av utslippene fra basisalternativet. Røykfanene fra dette feltet der disse treffer kysten vil bidraget til ozonkonsentrasjonsnivået være det samme og bidraget til AOT40-verdiene mindre i forhold til basisalternativet. Konsentrasjonene i bakgrunnslufta vil imidlertid være høyere. Det er derfor ikke mulig å komme med en kvantitativ vurdering av bidraget til ozonkonsentrasjonen langs kysten fra utslipp fra kilder i Mørebasenget uten å utføre modellberegninger.

Utslippene fra faste installasjoner fra de andre feltene vil ikke bidra vesentlig til AOT40-verdien da utslippene er for små.

4.5.4 Avsetninger av nitrogenforbindelser

Utslipppet av nitrogenforbindelser fra kilder som ligger i det samme geografiske området som basisalternativet vil i 2009 ha avtatt til 52% av basisalternativet. Den maksimale avsetningen fra basisalternativet er beregnet til 46 mg N/m². Hvis en antar at den fotokjemiske aktiviteten inne i røykfanen er like stor for disse kildene som den var for basisalternativet, vil det maksimale bidraget til avsetningen av nitrogenforbindelser være 25 mg N/m². Den generelle avsetningen som følge av disse utslippene i 2009 vil altså kunne skaleres ned til 54% av det som er beregnet for basisalternativet.

I tillegg til dette vil det komme en avsetning fra utslippene fra faste installasjoner på de tre fiktive feltene. Utslippene fra det fiktive feltet i Vøringsbassenget er langt fra land og det er under 10% av utslippene i basisalternativet. Dette vil si at dette feltet kan bidra med et maksimum under 4 mg N/m², dvs. mindre enn 1% av dagens avsetning i området. Området som vil få størst avsetning hvis vindretningsfordelingen er lik for disse utslippene som for utslippene i basisalternativet vil antakelig skje sør for den maksimale avsetningen fra basisalternativet rundt Stadt.

Utslipppet fra det fiktive feltet "Nordland" er 4 % av utslippet i basisalternativet, og den maksimale avsetningen under forutsetning av at produksjonen av nitrat er like effektiv vil da bli mindre enn 2 mg N/m². Dette er mindre enn 0,5% av den totale avsetningen i området i dag. Hvis vindretningsfordelingen er lik for disse utslippene som for utslippene i basisalternativet, vil den maksimale avsetningen komme nord for Fosenhalvøya.

Utslipppet fra det fiktive feltet i Møre-bassenget har et utslipp fra faste installasjoner som er 18,8% av basisalternativet. Hvis dette utslippet hadde ligget på Haltenbanken ville det bidradd med maksimalt 8,6 mg N/m². Hvis en antar at vindretningsfordelingen i området rundt Møre-bassenget ikke er vesentlig forskjellig fra vindretningsfordelingen på Haltenbanken, vil ikke denne maksimumssonen treffe land. Det er imidlertid grunn til å tro ut fra generell meteorologi at vindretningsfordelingen på Møre har en retning som går mer mot land. Den maksimale avsetningen vil kunne være langs kysten mellom Bergen og Ålesund. Avsetningen i Bergensområdet i dag er 1 000-1 350 mg N/m² pr. år. Denne avsetningen vil avta nordover til 400-500 mgN/m² på Tjeldbergodden.

Det totale utslippet fra skipstrafikken vil øke med 83% i forhold til basisalternativet. Denne økningen vil da være større enn utslippet fra alle de faste installasjonene i 2009. Disse utslippene vil skje langs skipskorridorene. Dette tilsier at utslippene og dermed avsetningen vil bli spredd ut over hele kyststrekningen fra Vikna i nord til syd for Bergen, og maksimumsbelastningen blir lav.

På samme måte som for basisalternativet er de forventede N-tilførslene fra aktivitet på Haltenbanken i år 2009 små i forhold til den N-avsetningen som allerede eksisterer. I Tabell 11 og Tabell 12 er den forventede økningen i N-avsetning satt i relasjon til dagens N-avsetning. Fordi det er forventet at utslippene fra aktivitet på Haltenbanken i år 2009 blir redusert til 54% av basisalternativets

utslipp, vil også den %-vise økningen i N-avsetning i forhold til dagens N-avsetning bli mindre, og arealer som blir berørt vil bli mindre.

Tabell 11: Frekvensfordeling av prosentvis økning i N-tilførsler for år 2009 fordelt på arealer.

% økning i N-avsetning i forhold til dagens N-avsetning	Areal (km ²)	% av undersøkt område
< 1	11 026	43
1-2	10 218	40
2-4	2 539	10
4-6	1 903	7

Tabell 12: Frekvensfordeling av økning i N-tilførsler for år 2009 målt som mgN/m²/år fordelt på areal.

Økt tilførsel av N (mg N/m ² /år)	Areal (km ²)	% av undersøkt område
< 1	9 465	37
1-5	6 680	26
5-10	6 357	25
10-20	1 347	5
20-30	1 836	7

Selv når det antas at all N-avsetning bidrar til forsuring vil syrebidraget som følge av N-utslipp fra Haltenbanken i år 2009 være så lavt at det ikke kan forventes å ha målbare konsekvenser for forsuringstilstanden i innsjøene i de berørte områdene. I tillegg vil en stor andel av N-tilførselen vil bli tatt opp i nedbørfeltene, slik at det er svært lite sannsynlig at N-utslipp fra Haltenbanken i år 2009 vil ha innvirkning på forsuringstilstanden i vann i områder som er berørt av avsetningen.

Det som ikke er tatt med i disse beregningene, er bidraget til N-avsetning fra skipstrafikk. Som beskrevet over vil utslippene fra disse mobile kildene spre N-avsetninger over et mye større område. Det er vanskelig å kvantifisere effektene av slike utslipp eller å forutsi om de kan virke inn på forsuringssituasjonen i området.

For øvrig gjelder de samme betraktningene her som for de to foregående scenariene (basisalternativet og Haltenbanken år 2000). Selv om det sannsynligvis ikke er mulig å måle effekten av en eller noen få N-utslippskilder, er det summen av mange utslipp som vil kunne påvirke forsuringssituasjonen i overflatevann.

4.5.5 Effekter på vegetasjon og dyreliv

Ozonkonsentrasjonene vil ikke forandre seg nevneverdig fra år 2000 til år 2009, og potensialet for negativ påvirkning av plante- og dyreliv er dermed det samme. Den totale nitrogenbelastningen på økosystemene vil øke sør for Stadt på grunn av feltene i Mørebassenget. Maksimalbelastningen kan komme opp i 8,6 mg N/m² pr. år. Det vil også bli en økning i avsetningen i Møre og Romsdal. Siden dette er områder hvor tålegrensene for fattig skog og nedbørmyrer allerede er overskredet og hvor man nærmer seg tålegrensene for kystlynghei, vil selv små tillegg kunne føre til endringer i økosystemene, særlig med tanke på endringer av vegetasjonstyper. Man kan heller ikke utelukke at det kan skje endringer i lav- og mosefloraen på trær og at trærnes helsetilstand kan bli påvirket i områder som fra før er mest belastet.

5. Referanser

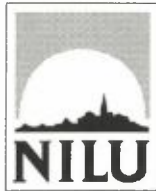
- Bobbink, R., Hornung, M. og Roelofs, J.G.M. (1996) Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems. Annex III.: *Manual on methodologies for mapping critical loads/levels and geographical areas where they are exceeded*, Final Draft prepared for the 12th Meeting of the Task Force on Mapping, Budapest, 22 March 1996.
- Aerts, R., Wallén, B. og Malmer, N. (1992) Growth-limiting nutrients in *Sphagnum*-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *J. Ecol.*, 80, 131-140.
- Bakken, S. og Flatberg, K.I. (1995) Effekter av økt nitrogen-avsetning på ombrotrof myrvegetasjon. En litteraturstudie. Dragvoll (ALLFORSK Rapport 3).
- Bobbink, R., Heil, G. W. og Raessen, M.B.A.G. (1992) Atmospheric deposition and canopy exchange in heathland ecosystems. *Environ. Poll.*, 75, 29-37.
- Branderud, T. E. (1995) The effects of experimental nitrogen addition on the ectomycorrhizal fungus flora in an oligotrophic spruce forest at Gårdsjön, Sweden. *For. Ecol. Manage.*, 71, 111-122.
- Bruteig, I. E. (1996) Terrestrisk naturovervåkning. Vekstrater hos vanleg kvistlav 1993 - 1994. Dragvoll (ALLFORSK Rapport 5) (I trykk).
- Bull, K.R. (1992) An introduction to critical loads. *Environ. Poll.*, 77, 173-176.
- Bøhler, T. (1987) Users guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).
- Bøhler, T. og Larsen, M. (1992) Meteorologi, luft-og nedbørkvalitet på Kollsnes juni 1991-juni 1992. Lillestrøm (NILU OR 70/92).

- Dahl, E., Elven, R., Moen, A. og Skogen, A. (1986) Vegetasjonsregionkart over Norge 1:1 500 000. Nasjonalatlas for Norge. Statens Kartverk.
- de Bakker, A.J. (1989) Effects of ammonia emission on epiphytic lichen vegetation. *Acta Bot. Neerl.*, 38, 337-342.
- Dise, N. and Wright, R.F. (1995) Nitrogen leaching from European forests in relation to nitrogen deposition. *For. Ecol. Manage.*, 71, 153-161.
- Fremstad, E. (1992) Virkninger av nitrogen på heivegetasjon. En litteraturstudie. Trondheim (NINA Oppdragsmelding 124).
- Fremstad, E., Aarrestad, P.A. og Skogen, A. (1991) Kystlynghei på Vestlandet og i Trøndelag. Naturtype og vegetasjon i fare. Trondheim (NINA Utredning 029).
- Frogner, T., Wright, R.F., Cosby, B.J. og Esser, J.M. (1994) Maps of critical loads and exceedance for sulfur and nitrogen to forest soils in Norway. Oslo (Norsk institutt for vannforskning. Report O-91147).
- Gimingham, C. H. (1972) Ecology of heathlands. London, Chapman and Hall.
- Gjershaug, J.O., Thingstad, P.G., Eldøy, S. og Byrkjeland, S. (red.) (1994) Norsk fugleatlas. Klæbu, Norsk Ornitologisk Forening.
- Grennfelt, P. og Hultberg, H. (1986) Effects of nitrogen deposition on the acidification of terrestrial and aquatic ecosystems. *Water, Air, Soil Poll.*, 30, 945-963.
- Greven, H.C. (1992) Changes in the moss flora of the Netherlands. *Biol. Conserv.*, 59, 133-137.
- Gustad, J.R. (1992) Fugler i Norge 1991. *Vår Fuglefauna*, 15, 209-226.
- Gustad, J.R. (1993) Fugler i Norge 1992. *Vår Fuglefauna*, 16, 227-248.
- Heil, G.W. og Diemont, W.H. (1983) Raised nutrient levels change heathlands into grasslands. *Vegetatio*, 53, 113-120.
- Henriksen, A, Lien, L. og Traaen, T. (1990) Tålegrenser for overflatevann - Kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. Oslo (Norsk institutt for vannforskning. Rapport 89210). (Naturens Tålegrense. Fagrapport 2).
- Henriksen, A, Lien, L. Traaen, T, og Taubøll, S. (1992) Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. Oslo (Norsk institutt for vannforskning. Rapport 89210). (Naturens Tålegrense. Fagrapport 34).
- Hjeltnes, A. (1994 a) Overvåkning av kystlynghei. Årsrapport 1994. Bø, Telemarksforskning (Arbeidsrapport 7/94).

- Hjeltnes, A. (1994 b) Overvåkning av kystlynghei. Rapport fra feltarbeidet i 1994. Tysvær kommune. Bø, Telemarksforskning. (Arbeidsrapport 17/94).
- Holopainen, T. og Kärenlampi, L. (1985) Characteristic ultrastructural symptoms caused in lichens by experimental exposure to nitrogen compounds and fluorides. *Ann. Bot. Fenn.*, 22, 333-342.
- Hornung, M., Sutton, M.A. og Wilson, R.B. (1995) Mapping and Modelling of Critical Loads for Nitrogen: a Workshop Report. Institute of Terrestrial Ecology, Edinburgh Research station.
- Houghton, J.T., Callander, B.A. og Varney, S.K. (red.). (1992) Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge, Cambridge University Press.
- Håland, A. (1981) Våtmark i Hordaland. *Vår Fuglefauna*, 4, 33-36.
- Håland, A. (1982) Høsttrekket av vadefugl på Herdla, Hordaland, 1979. *Vår Fuglefauna*, 5, 3-12.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) IPCC Second Assessment Synthesis of Scientific - Technical Information relevant to interpreting Article 2 of the UN Framework Convention on Climate Change 1995. (I trykk.)
- Jauhiainen, J., Vasander, H. og Silvola, J. (1992/93) Differences in response of two *Sphagnum* species to elevated CO₂ and nitrogen input. *Suo*, 43, 211-215.
- Kaland, P.E. (1979) Landskapsutvikling og bosetningshistorie i Nordhordalands lyngheimråder. I: *På leiting etter den eldste garden*. Red. av R. Fladby og J. Sandnes. Oslo, Universitetsforlaget. s. 41-70.
- Kauppi, M. (1980) The influence of nitrogen-rich pollution components on lichens. Oulu. (Acta Universitatis Oulensis A101). (Biologica 9).
- Knudsen, S., Johnsrud, M., Solberg, S. Walker, S.-E. og Skjelkvåle, B.L. (1996) Utslipp fra petroleumsrelatert aktivitet på Haltenbanken. Bidrag til fotokjemisk oksidantdannelse og forsurening. Kjeller (NILU OR 6/96).
- Knudsen, S., Aarrestad, P.A. og Skjelkvåle, B.L. (1996) Konsekvenser av utslipp til luft fra gasskraftverk. Tjeldbergodden. Kjeller (NILU OR 36/96).
- Lundberg, A. og Hansen, K.F. (1992) Fra lynghei til gassterminal. Flora og vegetasjon på Kollsnes i Øygarden før Troll-utbyggingen. Bergen, Inst. for geografi, NHH og UiB (Geografi i Bergen 169) s. 1-53.
- Lütke Twenöven, F. (1992) Competition between two *Shagnum* species under different deposition level. *J. Bryol.*, 17, 71-80.

- Malmer, N. (1993) Mineral nutrients in vegetation and surface layers of *Sphagnum* dominated peat-forming systems. *Adv. Bryol.*, 5, 223-248.
- Marrs, R.H. (1986) The role of catastrophic death of *Calluna* in heathland dynamics. *Vegetatio*, 66, 109-115.
- McArn, G.E., Boardman, M.L., Munn, R. og Wellings, S.R. (1974) Relationship of pulmonary particulates in English sparrows to gross air pollution. *J. Wildl. Dis.*, 10, 335- 340.
- Mortensen, L.M. (1994) Further studies on effects of ozone concentration on growth of subalpine plant species. *Norw. Agric. J. Sci.*, 8, 91-97.
- Mortensen, L.M. and Skre, O. (1990) Effects of low ozone concentrations on growth of *Betula pubescens* Ehrh., *Betula verucosa* Ehrh. and *Alnus incana* (L.) Moench. *New Phytol.*, 115, 165-170.
- Newman, J.R., Novakova, E. og McClave, J.T. (1985) The influence of industrial air emissions on the nesting ecology of the house martin *Delichon urbica* in Czechoslovakia. *Biol. Conserv.*, 31, 229-248.
- Nilsson, V.J. og Grennfelt, P. (1988) Critical loads for sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden 19-24 March, 1998. København, Nordisk Ministerråd (Miljørapport 1988:15) (NORD 1988:97).
- Nygaard, P.H. (1994). Virkning av ozon på blåbær (*Vaccinium myrtillus*), etasjehusmose (*Hylocomium splendens*), furumose (*Pleurozium schreberi*) og krussigd (*Dicranum polysetum*). Ås (Rapp. fra Skogforsk 9/94).
- Nygaard, P.H. og Ødegaard, T. (1993) Langsiktige effekter av nitrogengjødsling på vegetasjon og jord i barskog. Ås (Rapport fra Skogforsk 26/93).
- Pedersen, H.C. og Nybø, S. (1990) Effekter av langtransportert forurensning på terrestriske dyr i Norge. En statusrapport med vekt på SO₂, NO_x og tungmetaller. Trondheim (NINA Utredning 5).
- Press, M.C., Woodin, S.J. and Lee, J.A. (1986) The potential importance of an increased atmospheric nitrogen supply to the growth of ombrotrophic *Sphagnum* species. *New Phytol.*, 103, 45-55.
- Reuss, R.O. and Johnson, D.W. (1986) Acid deposition and the acidification of soils and waters. New York, Springer.
- SFT (1992) Virkninger av luftforurensinger på helse og miljø - anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo, Statens forurensningstilsyn (SFT-rapport 92:16).
- SFT (1995) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994. Red. B.L. Skjelkvåle. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 628/95).

- Sigmond, E.M.O., Gustavson, M. og Roberts, D. (1984) Berggrunnskart over Norge. M. 1: 1 million. Trondheim, Norges geologiske undersøkelse.
- Statoil (1995) Konsekvensutredning for gassbehandlingsanlegg på Kollsnes/Kårstø samt tilhørende landrørledninger. Åsgard, Statoil og Saga Petroleum.
- Tamm, C.O. (1991) Nitrogen in terrestrial ecosystems. Questions of productivity, vegetational changes and ecosystem stability. Berlin, Springer Verlag. (Ecological Studies 81).
- Tomter, S.M. og Esser, J. M. (1995) Kartlegging av tålegrenser for nitrogen basert på en empirisk metode. Ås, Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS Rapport 10/95).
- Tybirk, K., Bak, J. og Henriksen, L.H. (1995) Basis for Mapping of Critical Loads. Copenhagen, Nordic Council of Ministers (TemaNord 1995:510).
- Tørseth, K. og Pedersen, U. (1994) Deposition of sulphur and nitrogen components in Norway 1988-1992. Kjeller (NILU OR 16/94).
- van Dobben, H. (1991) Effects on heathlands I: *Acidification research in the Netherlands*. Final report of the Dutch Priority Programme on Acidification. Ed. by Heij, G.J. and Schneider, T. Amsterdam, Elsevier (Studies in environmental science 46) s. 139-145.
- von Arb, C. (1987) Phytosynthesis and chlorophyll content of lichen *Parmelia sulcata* Taylor from locations with different levels of air pollution. I: *Progress and Problems in Lichenology in the eighties*. Ed.: Peveling, E. Berlin, J. Cramer. (Bibliotheca Lichenologica 25), s. 343-345.
- Åbro, A. (1988) Sangsvaner i Øygarden nordvest for Bergen. *Vår Fuglefauna*, 11, 150-151.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 25/97 rev.	ISBN 82-425-0896-8 ISSN 0807-7207	
DATO 16/7-97	ANSV. SIGN. <i>PK</i>	ANT. SIDER 57	PRIS NOK 140,-
TITTEL Konsekvensvurdering av utslipp til luft fra petroleumsindustrien på Haltenbanken/Norskehavet		PROSJEKTLEDER Svein Knudsen	
		NILU PROSJEKT NR. O-97034	
FORFATTER(E) Svein Knudsen ¹ , Brit Lisa Skjelkvåle ² , Per Arild Aarrestad ³ 1 Norsk institutt for luftforskning (NILU) 2 Norsk institutt for vannforskning (NIVA) 3 Norsk institutt for naturforskning (NINA)		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. S. Kinn	
OPPDRAKSGIVER Statoil a.s. ST-RD4 STAVANGER			
STIKKORD Regional konsekvensvurdering	Haltenbanken	Oksidanter	
REFERAT NILU, NIVA og NINA har utført vurderinger av virkninger av utslipp til luft fra petroleumsaktiviteten på Haltenbanken. Det er vurdert oksidantdannelse og avsetning for tre alternativer, år 2000, år 2009 og et basialternativ der det foreligger konsentrasjons- og avsetningsberegninger for utslipp fra Haltenbanken for år 2000 med andre utslipp.			
TITLE Evaluation of consequences from emissions to air from the petroleum industry at Haltenbanken.			
ABSTRACT NILU, NIVA and NINA have evaluated the consequences from emissions to air from the petroleum industry at Haltenbanken. The evaluation includes photochemical activity, concentration distributions and deposition of nitrogen and sulphur for year 2000, 2009 and a base alternative for the year 2000 but with different emissions.			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres