

NILU: OR 7/2004
REFERANSE: O-103107
DATO: FEBRUAR 2004
ISBN: 82-425-1544-1

Nitrogenavsetning som følge av utslipp av NO_x og NH_3 fra gasskraftverk med rensing med SCR anlegg på Kårstø og Kollsnes

Karl Idar Gjerstad og Svein Knudsen

Innhold

	Side
Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Dagens situasjon for luftkvalitet og nitrogenavsetning	5
3 Meteorologi	10
3.1 Vindretning og vindstyrke ved Kårstø	10
3.2 Vindretning og vindstyrke ved Kollsnes	11
3.3 Nedbør ved Kårstø og Kollsnes	12
3.4 Stabilitet og spredningsforhold	13
4 Utslippsmengder og utslippsbetingelser	14
5 Modellverktøy og oppdatering av metoden	15
6 Spredningsberegninger	16
6.1 Kårstø	16
6.2 Kollsnes	20
6.3 Oppsummering av maksimal avsetning	22
7 Kvalitetssikring og usikkerhet	23
7.1 Meteorologi	23
7.2 Evaluering av modellresultater	24
7.3 Sammenligning med litteraturen	25
8 Referanser	26
Vedlegg A Meteorologiske forhold	31
Vedlegg B Vurderingskriterier for vegetasjon	35

Sammendrag

Naturkraft AS har bedt Norsk institutt for luftforskning (NILU) vurdere nivå av nitrogenavsetning som følge av utslipp til luft fra gasskraftverk på Kårstø og Kollsnes. Gasskraftverkene som er utredet her kan som et alternativ benytte SCR-renseteknologi der utslippet av NO_x reduseres, men der det slippes ut NH_3 fra renseprosessen. Det er gjort modellberegninger for utslipp av 5 ppm NO_x og 5 ppm NH_3 .

For å vurdere virkningene av avsatt nitrogen på økosystemer er det nødvendig å vurdere virkningene på forsuring av overflatevann og vegetasjon. Virkningene på vegetasjon er først og fremst forandringer i konkurranseforhold mellom arter og forandring i artssammensetningen, der planter som kan nyttiggjøre seg det ekstra tilførte nitrogenet kan fortrenge planter som ikke kan nyttiggjøre seg dette nitrogenet. Denne rapporten beregner bare avsetningen av nitrogen og ikke virkningene av dette på forsuring og vegetasjon.

Det er tidligere blitt gjennomført målinger av total årlig våtavsetning av nitrogen både ved Kårstø og Kollsnes. Ved Kårstø er det blitt gjort målinger ved flere lokale stasjoner i 1996 og 1997. Målingene på disse stasjonene viser en våtavsetning mellom 686 og 1169 mg N/m². Ved Kollsnes ble det målt nitrogenavsetning på en stasjon i et år, 1991/1992. Nitrogenavsetningen med nedbøren var 890 mg N/m² i måleperioden. I tillegg til våtavsetning vil det også være tørravsetning. Det er ikke gjort målinger av tørravsetning ved Kårstø eller Kollsnes. De nærmeste regionale målestasjoner for tørravsetning er Kårvatn i Møre og Romsdal og Skreådalen i Vest-Agder. Ut i fra disse målestasjonene blir tørravsetning ved Kårstø og Kollsnes vurdert til 150 mg N/m². Sum av våt- og tørravsetning gir en total avsetning av nitrogen ved Kårstø på 830-1320 mg N/m² per år og ved Kollsnes på 1040 mg N/m² per år.

Modellberegningene benytter meteorologidata både fra Kårstø og Kollsnes. Det er gjort timevise målinger av meteorologi i et år ved Kårstø, 1994/1995, og i et år ved Kollsnes, 1991/1992. Resultatene fra modellberegningene blir ikke umiddelbart sammenlignbare ettersom meteorologiske målinger er fra forskjellige år. For å vurdere representativiteten på målingene er samtidige målinger ved henholdsvis Utsira og Hellisøy vurdert opp mot sine respektive langtidsmiddel. Det er høyere vindstyrke og mer nedbør i måleperioden enn det som er tilfelle for langtidsmiddelet, men måleseriene regnes likevel som representative for vær-situasjonen på Kårstø og Kollsnes. En nærmere analyse av nedbørsstatistikk ved de to stasjonene viser at det kan forventes mer nitrogenavsetning ved Kårstø enn ved Kollsnes.

Modellverktøyet som er benyttet til denne studien har blitt revidert og utbedret siden tidligere beregninger. Den nye avsetningsmodellen er utviklet i to versjoner, en for NH_3 og en for avsetning av nitrat (NO_3) som følge av utslipp av NO_x . NO_3 dannes i atmosfæren fra kjemiske reaksjoner mellom NO_x , ozon (O_3) og sollys. Resultater fra sammenligningen av de nye og gamle versjoner av modellen viser at den estimerte avsetningen av nitrogen blir redusert. Dette gjelder spesielt for NH_3 .

For hver utslippspunkt er det gjort spredningsberegning og beregning av nitrogenavsetning for 5 ppm NO_x og 5 ppm NH₃. Det er like utslippsbetingelser ved Kårstø og Kollsnes og driftstiden er beregnet til 8150 timer per år.

Beregning av nitrogenavsetning ved Kårstø viser at maksimal avsetning innenfor et areal på 10 km x 10 km blir 6,2 mg N/m² for 5 ppm NO_x og 5 ppm NH₃. Her utgjør bidraget av avsatt nitrogen til naturen 0,6% av den nitrogenmengden som avsettes i dag.

Beregning av nitrogenavsetning ved Kollsnes viser at maksimal avsetning innenfor et areal på 10 km x 10 km blir 3,3 mg N/m² for 5 ppm NO_x og 5 ppm NH₃. Her utgjør bidraget av avsatt nitrogen til naturen 0,3% av den nitrogenmengden som avsettes i dag.

Resultatene over er analysert i forhold til hva som kan forventes. Til tross for like utslippsbetingelser er det ca halvparten så stor avsetning, som følge av utslipp til luft, fra Kollsnes som fra Kårstø. Dette kan forklares ut fra nedbørsforhold i måleperiodene som ligger til grunn for modellberegningene. I disse måleseriene er det mer nedbør og flere dager med nedbør over en- og to millimeter ved Kårstø enn ved Kollsnes. Ved Kollsnes er det flere perioder med sammenhengende regn og sammenhengende opphold over flere timer enn ved Kårstø. Slike forhold forklarer at det avsettes mer nitrogen ved Kårstø enn ved Kollsnes. En litteraturstudie viser også at de resultatene som er beregnet ved Kårstø og Kollsnes er i samsvar med tilsvarende resultater fra andre modeller og andre steder i verden. I dette tilfelle har vi sammenlignet resultatene med resultater fra EMEP modellen for tre små land i Europa, Luxemburg, Latvia og Litauen.

Beregningene med de nye versjonene av modellen viser at avsetningsnivåene blir lave. Det er fremdeles slik at total avsetning av NH₃ er større enn total avsetning av NO₃, men for maksimal avsetning innenfor et begrenset området (10 km x 10 km) er det bare marginale forskjeller. Konklusjonen fra tidligere rapporter der NILU anbefalte ikke å bruke SCR-rensing vil ikke være riktige ved de nye beregningene, dels fordi de estimerte nivåene er små og dels fordi bidraget til avsatt nitrogen fra NH₃ relativt til avsatt NO₃ er mindre.

Nitrogenavsetning som følge av utslipp av NO_x og NH₃ fra gasskraftverk med rensing med SCR anlegg på Kårstø og Kollsnes

1 Innledning

Naturkraft AS har bedt Norsk institutt for luftforskning (NILU) vurdere nivå av nitrogenavsetning som følge av utslipp til luft fra gasskraftverk på Kårstø og Kollsnes. Gasskraftverkene som er utredet kan som et alternativ til 3. partsløsninger benytte SCR-renseteknologi for å tilfredsstille NO_x kravene i utslippstillatelsen. Denne teknologien innebærer imidlertid et mindre utslipp av NH₃. Utredning av utslippene fra gasskraftverkene er utført tidligere (Knudsen et al. 1997a og Knudsen et al. 1997b), men videre utvikling av NILUs modellverktøy har nødvendiggjort en oppdatering av disse utredningene.

For å vurdere virkningene av avsatt nitrogen på økosystemer er det nødvendig å vurdere virkningene på forsuring av overflatevann og vegetasjon. Virkningene på vegetasjon er først og fremst forandringer i konkurranseforhold mellom arter og forandring i artssammensetningen, der planter som kan nyttiggjøre seg det ekstra tilførte nitrogenet kan fortrenge planter som ikke kan nyttiggjøre seg dette nitrogenet. Denne rapporten beregner bare avsetningen av nitrogen og ikke virkningene av dette på forsuring og vegetasjon.

2 Dagens situasjon for luftkvalitet og nitrogenavsetning

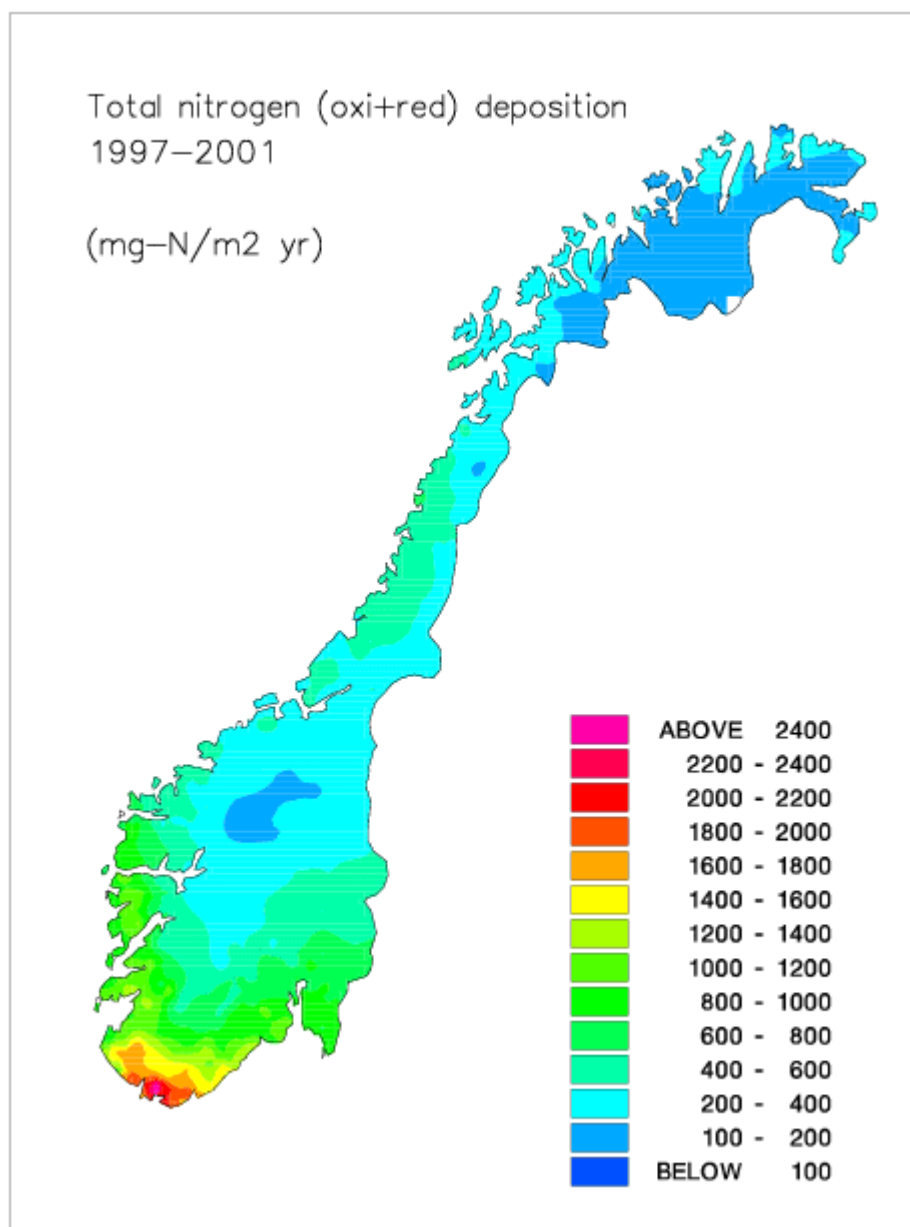
Tabell 1 viser våtavsetning av nitrogen i Norge i perioden 1996-2002 (Aas et al., 2002). Tabell 2 viser tørravsetning av nitrogen ved Kårvatn i Møre og Romsdal og Skreådalen i Vest-Agder for perioden 1996-2002 (Aas et al., 2002). Det er Skreådalen, Haukeland og Kårvatn som er mest representativt for Kårstø og Kollsnes. Figur 1 viser total avsetning av nitrogen i Norge i perioden 1996-2001. Ut fra Tabell 1, Tabell 2 og Figur 1 ses at avsetning av nitrogen varierer mye fra år til år og avsetningen varierer også mye geografisk. Det er størst avsetning på Sørlandet og sør i Rogaland, dette avtar oppover langs kysten og innover i landet.

Tabell 1: Våtavsetning av nitrogen (nitrat og ammonium) ved nasjonale målestasjoner i 1996-2002 (Data fra SFT/NILU og NISK). Enhet for nitrogenavsetning er mg N/m² per år.

Nedbør-stasjon	Fylke	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Regionale stasjoner								
Vikedal	Rogaland	929	1 188	1 324	1 364	1 276	1 181	1 452
Ualand	Rogaland	871	1 270	1 345	1 245	1 404	-	-
Lista	Vest-Agder	1 280	1 348	1 428	1 376	1 872	1 634	1 436
Skreådalen	Vest-Agder	859	1 081	1 146	1 189	1 455	1 054	1 159
Birkenes	Aust-Agder	1 193	1 177	1 359	1 453	1 906	1 309	1 013
Haukeland	Hordaland	982	1 394	1 162	1 384	1 096	1 079	1 072
Treungen	Telemark	647	612	783	833	1 049	638	513
Gulsvik	Buskerud	576	457	-	-	-	-	-
Kårvatn	Møre og Romsdal	194	317	250	193	167	184	220
Osen	Hedmark	353	306	245	281	-	-	319
Høylandet	Nord-Trøndelag	251	453	439	467	343	421	324
Lokale stasjoner								
Austre Bokn	Rogaland	790	1169	-	-	-	-	-
Gismark	Rogaland	719	944	-	-	-	-	-
Sandvik	Rogaland	686	1 024	-	-	-	-	-
Årvik	Rogaland	848	1 068	-	-	-	-	-
Nedstrand	Rogaland	697	795	-	-	-	-	-

Tabell 2: Tørravsetning av nitrogen ved nasjonale målestasjoner i 1996-2002 (Data fra SFT/NILU og NISK). Enhet for nitrogenavsetning er mg N/m² per år.

Nedbør-stasjon	Fylke	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Skreådalen	Vest-Agder	329	280	254	229	225	260	270
Kårvatn	Møre og Romsdal	126	129	90	107	135	108	185



Figur 1: Årlig gjennomsnittlig våt- og tørravsetning av nitrogen (nitrogen + ammonium) på norske bakgrunnsstasjoner i perioden 1997-2001.

Kårstø

Den eksisterende luftforurensningssituasjonen i området rundt Kårstø er både influert av langtransportert og lokal luftforurensning (Knudsen et al., 2002). Målingene av innholdet av nitrose gasser i luft utført i 1994/95 viser at det midlere nivået ved Kårstøterminalen er lavt og sammenlignbart med konsentrasjonsnivået på lite forurensede steder i Norge. Årsmiddelkonsentrasjonen av nitrogendioksid målt på en stasjon nær anleggene var 4,6 µg/m³. Det er anslått at utslippene fra Kårstøanlegget forårsaker ca. 2 µg/m³ av dette (Tønnesen, 1995).

Den høyeste målte timemiddelkonsentrasjonen av NO₂ på Sandvik (nær industrianlegget) var 50 µg/m³ og ble målt ved vind fra terminalen mot

målestasjonen. Denne belastningen skyldes både langtransportert forurensning og bidraget fra industrianleggene.

Middelbelastningen på stasjonen Bokn som er belastet med biltrafikk fra Europavei 39 ble registrert med høyere verdier enn belastningen på Sandvik. Bidraget fra Kårstø terminalen til NO₂-konsentrasjonen på Sandvik utgjør ca. 50% av totalbelastningen på målestasjonen. Mens det er bidraget fra trafikken til NO₂-konsentrasjonen som utgjør ca 50% av totalbelastningen på målestasjonen på Bokn.

Måleresultatene for SO₂ og sot indikerer at konsentrasjon av disse komponentene på målestasjonene hovedsakelig skyldes langtransportert luftforurensning. Gassanleggenes bidrag er for lite til at det lar seg kvantifisere fra målingene.

Det er målt ozonkonsentrasjoner på Sandve på Karmøy i regi av SFT i årene 1997-2002. Disse målingene antas å være representative for Kårstø området. Ozon konsentrasjonen på Kårstø skyldes langtransporterte forurensninger fra kontinentet og Storbritannia.

Ozonkonsentrasjonene varierer sterkt fra år til år. Hvert år er det målt konsentrasjoner over SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium på 100 µg/m³, og i 2002 er det målt konsentrasjoner over 100 µg/m³ i 435 timer per år. Maksimumsverdien i 2002 var 151 µg/m³. AOT40-verdien var i 2002 over grensen der det kan forventes en 10% vekstreduksjon for 3-månedersperioden 15. mai til 15. august. AOT40-verdien ble i 2002 målt til 3544 ppbh. Verdien der en kan forvente 10% vekstreduksjon i vekstsesongen over en 3-måneders periode er 3000 ppbh. AOT40-verdien vil variere fra år til år, og AOT40-verdien på Sandve var over 8000 ppbh i 2002 og 1997.

Våtavsetning av nitrogen målt på regionale stasjoner vist i Tabell 1 varierte mellom 167 og 1872 mg N/m² per år i tidsrommet 1996-2002. Målinger på stasjonene som er lokale rundt Kårstøanleggene varierte mellom 686 og 1169 mg N/m² i tidsrommet 1996-1997. Dette er noe mindre enn de regionale stasjonene på Sørvestlandet (Vikedal, Ualand, Skreådalen, Lista) som varierte mellom 859-1348 mg N/m² i det samme tidsrommet. De regionale stasjonene var i gjennomsnitt 230 mg N/m² høyere enn de lokale. De lokale målingene er utført av NISK. Samtidige måleserier har vist at konsentrasjonene i nedbør målt av NISK ligger ca 10% under målingene fra NILU. Målingene viser at både de lokale og de regionale stasjonene ligger innenfor det generelle bildet vist i Figur 1 for avsetning av nitrogen som middel for perioden 1997-2001. I tillegg til dette kommer bidraget fra opptak av nitrose gasser i planter og på overflater, såkalt tørravsetning. Tabell 2 viser tørravsetning ved to regionale målestasjoner i Norge i 1996-2002. Gjennomsnittlig tørravsetning ved Skreådalen er 264 mg N/m², mens gjennomsnittlig tørravsetning ved Kårvatn er 126 mg N/m². Et anslag på tørravsetning ved Kårstø vil være 150 mg N/m² siden Kårstø er mer sammenlignbart med Kårvatn enn med Skreådalen. Den totale avsetningen av nitrogen i måleperioden på Kårstø vil da være 830-1320 mg N/m² per år. I 1997 ble den totale avsetningen av nitrogen på Kårstø vurdert til 1200-1600 mg N/m² per år.

Kollsnes

Det ble utført kontinuerlige målinger av meteorologi, svoveldioksyd (SO₂), nitrogenoksider (NO_x) og ozon (O₃) på Rossnes, ca. 2 km øst for Kollsnes, i perioden 20. juni 1991 til 30. juni 1992. Kontinuerlige målinger av innholdet av nitrose gasser i luft ble også utført mellom oktober 1997 og mars 1998.

Målingene viser at luftkvaliteten på Kollsnes er god. Konsentrasjoner i luft og avsetning av nitrogen og svovel er dominert av langtransportert luftforurensning og er svært lik et lite forurenset sted på Vestlandet. Konsentrasjonene av svovelforbindelser og nitrogenforbindelser er lavere enn anbefalte luftkvalitetskriterier.

Konsentrasjonene av ozon var høye sammenlignet med gjeldende luftkvalitetskriterier, men normale for kysten av Vest-Norge. Det ble målt timemiddelverdier av ozon over anbefalt luftkvalitetskriterium (100 µg/m³) i 506 timer i 2002 på Voss. Den høyeste målte timeverdien for ozon var 135 µg/m³. De høye ozonkonsentrasjonene er hovedsakelig forårsaket av langtransportert luftforurensning (Guerreiro, 1998).

Nitrogenavsetningen med nedbøren var 890 mg N/m² i måleperioden. Den nærmeste stasjonen i statlig program for luftkvalitetsovervåking, Haukeland i Hordaland, hadde i 1992 en nitrogen avsetning ved nedbør på 1500 mg N/m². Avsetningen er sterkt avhengig av nedbørmengden, som varierer fra år til år. Avsetningen på Haukeland har variert mellom 982 og 1394 mg N/m² per år i perioden 1996-2002, Tabell 1. Nedbørmengden øker også innover i landet fra Kollsnes fordi topografien i hovedtrekk stiger og dette medfører større nedbørmengder og dermed større avsetning av nitrogen.

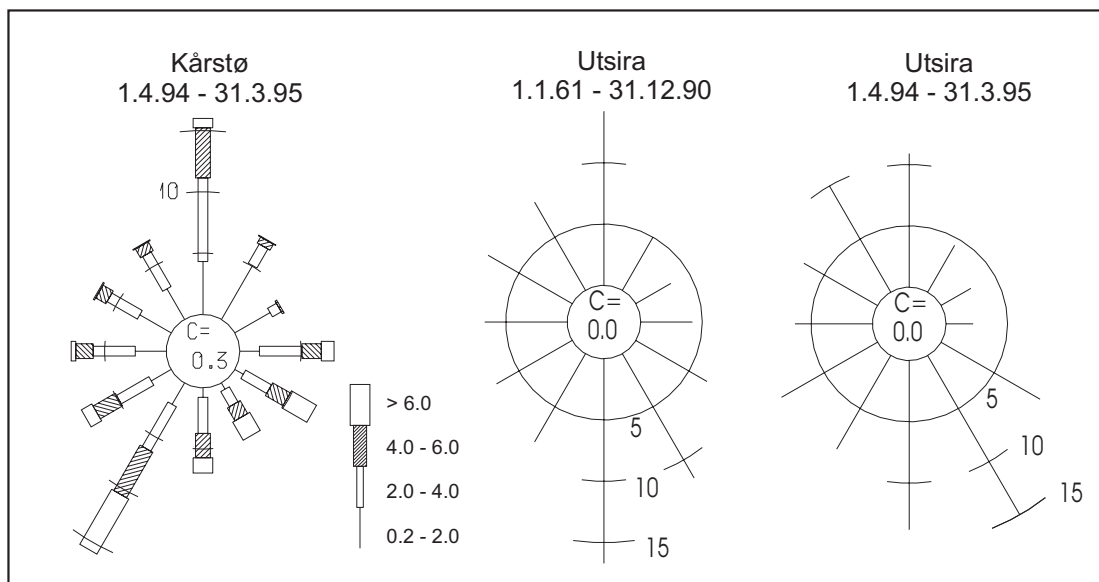
I tillegg til våtavsetningen vil det bli avsatt nitrogenforbindelser ved opptak av planter og på overflater (tørravsetning). Det er ikke grunnlag i målingene for å beregne tørravsetningen nær Kollsnes. De nærmeste stasjonene der tørravsetning er målt er på Kårvatn på Nordmøre og Skreådalen på Sørvestlandet. Tørravsetningen av nitrogenforbindelser for disse stasjonene er vist i Tabell 2. Tabellen viser tørravsetning ved to regionale målestasjoner i Norge i 1996-2002. Gjennomsnittlig tørravsetning ved Skreådalen er 264 mg N/m², mens gjennomsnittlig tørravsetning ved Kårvatn er 126 mg N/m². Et anslag på tørravsetning ved Kollsnes vil være 150 mg N/m² siden Kollsnes er mer sammenlignbart med Kårvatn enn med Skreådalen. Den totale avsetningen av nitrogen i måleperioden på Kollsnes vil da være 1040 mg N/m² per år. I 1997 ble den totale avsetningen av nitrogen på Kollsnes vurdert til 1000-1350 mg N/m² per år.

3 Meteorologi

3.1 Vindretning og vindstyrke ved Kårstø

Det er målt meteorologi på Kårstø fra 1. april 1994 til 31. mars 1995 (Tønnesen og Haugsbakk, 1995). Målingene ble gjort for timeverdier og dekker 90% av alle timer dette året.

Vindmålingene på Kårstø er sammenholdt med samtidige målinger på Utsira og normalen på Utsira fra perioden 1961-90, Figur 2. En sammenligning mellom frekvensfordeling av vindretning på Utsira for måleperioden og 30-årsperioden viser at vindretningsfordelingen under måleperioden var nær vindretningsfordelingen i 30-årsperioden. Under måleperioden 1994/95 var det litt høyere frekvens av vind fra nordvest og sørøst, og litt lavere frekvens av vind fra nord enn i 30-års-perioden.



Figur 2: Frekvensfordeling av vindretning fordelt på tolv 30°-sektorer fra Kårstø i måleperioden og fra Utsira både i måleperioden og fra årene 1961-1990.

Sammenligning av vindstyrke fra måleperiodene og langtidsmiddel er vist i Tabell 3. Vindstyrken var noe høyere enn normalt for den aktuelle måleperioden. Dette medfører at spredningsforholdene under måleperiodene var noe bedre enn de vil være i gjennomsnitt over en lengre periode. Måleseriene vurderes likevel som representative for områdene.

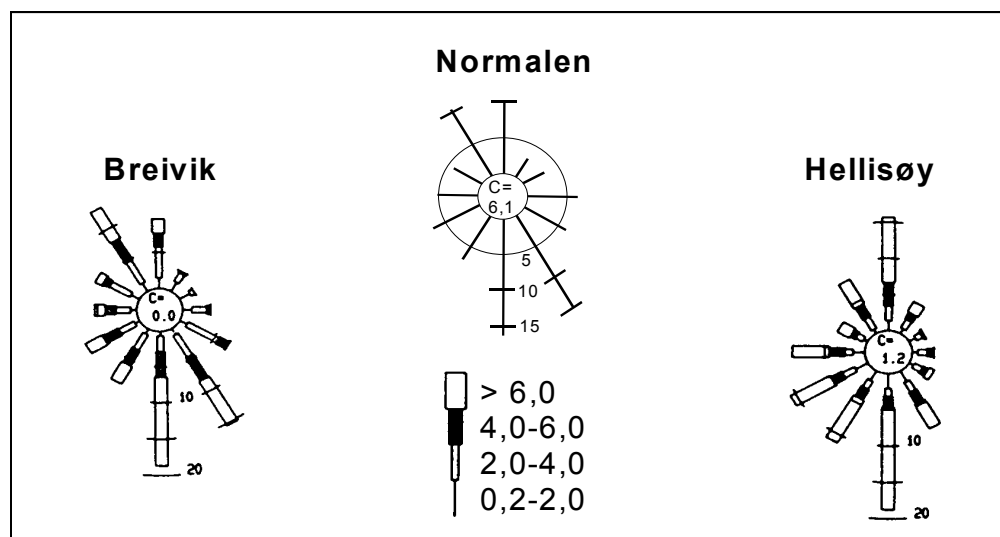
Tabell 3: Midlere vindstyrke på Kårstø og Utsira for hver årstid i måleperiodene samt gjennomsnitt for langtidsperioder (30 år på Utsira).

Sted og tid	Vår	Sommer	Høst	Vinter
Kårstø 1994 - 1995	3,8	2,9	3,2	4,3
Utsira 1994-1995	9,2	7,0	8,8	11,2
Utsira 1961-1990	5,6	5,1	6,4	7,5

3.2 Vindretning og vindstyrke ved Kollsnes

Det er utført målinger av meteorologi og nedbørskvalitet i perioden fra 1. juli 1991 til 30. juni på Kollsnes. Målingene av meteorologi ble utført på Breivik og Rossnes som ligger henholdsvis 2 og 1,5 kilometer fra kraftverket. Målingene ble gjort for timeverdier og dekker 89% av alle timer dette året.

Vindmålingene på Breivik er sammenholdt med samtidige målinger på Hellisøy fyr og normalen på Hellisøy fra perioden 1961-75 i Figur 3. Vindmålingene på Breivik viser at vindretningsfordelingen i 1991/92 er i samsvar med normalen 1961-75 på Hellisøy. Samtidige målinger på Hellisøy fyr gir mer kanalisering fra nord og sør på Hellisøy sammenlignet med Breivik. Forekomst av vind fra hovedvindretningene nord-nordvest-nord (330° - 360°) og sør-sørøst og sør (150° - 180°) er imidlertid av samme størrelse både på Hellisøy og Breivik.



Figur 3: Frekvensfordeling av vindretning fordelt på tolv 30° -sektorer fra Breivik (ved Kollsnes) i måleperioden 1991/1992 og fra Hellisøy både i måleperioden og normalen fra årene 1961-75.

Tabell 4: Midlere vindstyrke på Breivik og Hellisøy for hver årstid i måleperiodene samt gjennomsnitt for langtidsperioden, 15 år på Hellisøy.

Sted og tid	Vår	Sommer	Høst	Vinter
Breivik 1991 - 1992	5,1	4,0	5,6	6,0 ¹
Hellisøy fyr 1991 - 1992	7,9	6,1	9,1	10,2
Hellisøy fyr 1961-75	5,7	5,0	7,0	7,6

1) Manglende data 19. desember-6. januar er erstattet med samtidige observasjoner av vind på Hellisøy som ved regresjonsanalyse er tilpasset Breivik.

3.3 Nedbør ved Kårstø og Kollsnes

I måleprogrammet ble det registrert nedbørintensitet hver time og nedbørmengde i millimeter per uke på henholdsvis Kårstø og Rossnes (for Kollsnes). Nitrogenavsetning er avhengig av både nedbørmengde, antall timer med høyt nedbørnivå og hvorvidt nedbøren kommer i form av byger eller kontinuerlig nedbør. I algoritmen fra Inpuff har vi at:

- Det avsettes ikke nitrogen ved opphold.
- Økt nedbørmengde gir økt nitrogenavsetning.
- Med nedbørmengde over en millimeter for NH₃ og over to millimeter for NO₃ vil all nitrogen fra disse komponentene avsettes.
- Ved lengre oppholdsperioder blir mer av utslippet transportert ut av modellområdet og derfor ikke avsatt.
- Ved samme nedbørmengde vasker sporadiske nedbørsbyger ut mer nitrogen enn kontinuerlig regn.

Månedsvise nedbørmengde fra Kårstø og Rossnes/Kollsnes er i Tabell 5 sammenlignet med normalen fra henholdsvis Utsira (1961-1990) og Hellisøy (1961-1975). Nedbørmengden var høyere enn normalt for måleperioden 1994-1995. Når denne måleserien blir brukt i modellkjøringene vil nitrogenavsetningen av den grunn bli noe høyere enn den vil være i gjennom en lengre periode. Det er noe mer nedbør på Kårstø enn på Kollsnes.

Tabell 5: Nedbørmengde i millimeter på Kårstø, Utsira, Rossnes (ved Kollsnes) og Hellisøy. Målingen er delt opp i hver årstid.

Sted og tid	Vår	Sommer	Høst	Vinter	Sum
Kårstø 1994 - 1995	213	376	308	594	1 492
Utsira 1994-1995	334	264	314	505	1 417
Utsira 1961-1990	200	249	238	292	979
Rossnes 1991-1992 (ved Kollsnes)	320	206	567	288	1 380
Hellisøy 1991-1992	-	-	-	-	-
Hellisøy 1961-1975	216	255	417	333	1 221

Utvasking av NH_3 og NO_3 er avhengig av nedbørmengde per time. I algoritmen vil nedbør på en millimeter eller mer forårsaker utvasking av all tilgjengelig NH_3 , mens nedbør på to millimeter eller mer forårsaker utvasking av all tilgjengelig NO_3 . Tabell 6 viser antall timer hvor det forekommer nedbør over forskjellige terskler. På Kollsnes er det flere timer med nedbør og flere timer med nedbørmengder over 0,1 og 0,2 millimeter, men det er flere timer med nedbørmengder over en millimeter og over to millimeter ved Kårstø.

Tabell 6: Antall timer med nedbør og antall timer med nedbørmengde over gitte terskler.

Sted	Kårstø	Kollsnes
Timer totalt i måleprog.	7 852	7 802
Timer med nedbør	1 703	2 235
Timer med > 0,1 mm nedbør	1 312	1 738
Timer med > 0,2 mm nedbør	1 109	1 590
Timer med > 1 mm nedbør	433	328
Timer med > 2 mm nedbør	180	101

Fordeling av avsetningen er også avhengig av antall sammenhengende timer med nedbør og antall sammenhengende timer med opphold. Tabell 7 gir oversikt på antall episoder med sammenhengende nedbør i 4, 6 og 8 timer og antall episoder med sammenhengende opphold på 24 timer ved både Kårstø og Kollenes. På Kollsnes er det en tendens til at det er lengre perioder med nedbør og lengre perioder med opphold enn på Kårstø.

Tabell 7: Perioder med kontinuerlig nedbør og kontinuerlig opphold.

Sted	Kontinuerlig nedbør			Kontinuerlig opphold 24 timer
	4 timer	6 timer	8 timer	
Kårstø	635	373	219	2 489
Kollsnes	1 313	1 019	827	2 802

Resultatene i Tabell 5, Tabell 6 og Tabell 7 indikerer alle at det kan forventes høyere nitrogenavsetning ved Kårstø enn ved Kollsnes.

3.4 Stabilitet og spredningsforhold

Vurdering av stabilitetsforholdene er basert på timevise målinger av temperatur-differansen (dT) mellom 10 m og 2 m over bakken. Fire stabilitetsklasser er definert på følgende måte:

Ustabil sjiktning (I)	:	$dT < -0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Nøytral sjiktning (II)	:	$-0,5 < dT < 0,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
Lett stabil sjiktning (III)	:	$0,0 < dT < 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Stabil sjiktning (IV)	:	$0,5 < dT \text{ } ^\circ\text{C}$.

Typiske trekk for de ulike stabilitetsklassene kan kort sammenfattes slik:

Ustabile atmosfæriske forhold (U) forekommer oftest om dagen og sommeren ved klarvær og lave vindstyrker og når kald luft transporteres over varm sjø/land. Da vil bakken/sjøen varme opp det nederste luftlaget og det dannes vertikale turbulente luftstrømmer som gir god vertikal spredning av utslippet.

Nøytrale atmosfæriske forhold (N) forekommer ved høye og moderate vindstyrker, og oftest ved overskyet vær. Høy vindstyrke og mindre oppvarming av bakken gir god horisontal og vertikal spredning. Høye vindstyrker danner turbulens ved friksjon med bakken, slik at luftlaget vil bli godt blandet.

Stabile atmosfæriske forhold (LS, S) er typiske for stille, klare netter og vintersituasjoner med avkjøling av bakken og det nederste luftlaget eller når atmosfæren avkjøles nedenfra på grunn av kald sjø. Temperaturen øker med høyden over bakken og det blir dårlig vertikalspredning i det stabile luftlaget.

På Kårstø var det ustabile atmosfæriske forhold i 15,5% av tiden, nøytrale forhold i 57,8% av tiden, lett stabile forhold i 19,8% av tiden og stabile forhold i 6,9% av tiden.

I Tabell A1 i Vedlegg A er frekvensfordeling av vind og stabilitet gitt for hele måleperioden for Kårstø. Av tabellen framgår at stabile situasjoner oftest forekom ved vind fra omkring 360° (nordlig vind), mens ustabile forhold forekom oftest ved vind fra sørvest og vest (210-270°). De dominerende vindretningene var fra sørsørvest (210°) og nord (360°). Forholdsvis lav forekomst av stabil sjiktning (lett stabil og stabil) på totalt 26,7% av tiden gjør at spredningsforholdene i måleperioden må karakteriseres som gode.

På Kollsnes var det ustabile atmosfæriske forhold i 1,2% av tiden, nøytrale forhold i 75,0% av tiden, lett stabile forhold i 18,5% av tiden og stabile forhold i 5,3% av tiden.

I Tabell A1 i Vedlegg A er frekvensfordeling av vind og stabilitet gitt for vinterhalvåret for Kollsnes. Av tabellen framgår at stabile situasjoner oftest forekom ved vind fra omkring 120° (vind fra øst-sørøst), mens ustabile forhold forekom svært sjeldent. De dominerende vindretningene var fra sør-sørøst (150°). Forholdsvis lav forekomst av stabil sjiktning (lett stabil og stabil) på totalt 23,8% av tiden gjør at spredningsforholdene i måleperioden må karakteriseres som gode.

4 Utslippsmengder og utslippsbetingelser

Forbrenning av hydrokarboner forårsaker utslipp til luft av blant annet karbondioksid (CO₂), karbonmonoksid (CO), nitrogenoksider (NO_x), partikler og uforbrente hydrokarboner.

Gass fra Norsk sokkel inneholder normalt lite svovel og tungmetaller. Utslippene av svovel og tungmetaller fra gasskraftverket er bestemt ut fra innholdet av disse stoffene i gassen som blir forbrent.

Ved Kårstø og Kollsnes er det planlagt gasskraftverk der utslipp til luft som et alternativ kan renses med SCR-teknologi. Dette fører til at utslipp av NO_x reduseres, men at det slippes ut ammoniakk (NH₃) fra renseprosessen.

I denne studien er det vurdert avsetning av nitrogen (N). I den sammenheng er det bare utslippene av NO_x og NH₃ som er bidragsytere. Det har blitt gjort beregninger for begge de to aktuelle lokasjonene, Kårstø og Kollsnes. For hvert utslippspunkt er det gjort spredningsberegning og beregning av nitrogenavsetning for 5 ppm NO_x og 5 ppm NH₃. Utslppsparametre er gitt i Tabell 8. Det er like utslippsbetingelser for Kårstø og Kollsnes og driftstiden er av Naturkraft estimert til 8150 timer per år. På grunn av teknisk status for prosjektet er skorsteinshøyde for gasskraftanleggene per dags dato (januar 2004) noe usikkert. Modellkjøringer med skorsteinshøyder på 50 m, 70 m, og 100 m og ellers identiske utslippsbetingelser og meteorologi viser imidlertid marginalt innbyrdes avvik på nitrogenavsetning. Dette viser at skorsteinshøyde ikke er en viktig parameter for avsetning av nitrogen.

Tabell 8: Utslippsbetingelser for gasskraftverk på Kårstø og Kollsnes.

Parameter	Enhet	Kvantum
Utslipp NO _x *	t/år	177,5
	ppm	5
Utslipp NH ₃ **	t/år	54,0
	ppm	5
Skorsteinshøyde	m	70
Skorsteinsdiameter	m	8,0
Røykgasstemperatur	°C	90
Utslippshastighet	m/s	24

* For utslipp av NO_x er det beregnet 5% NO₂ og 95% NO. NO_x er gitt som NO₂. Ved 15% O₂.

** For NH₃ er vekten av NH₃ angitt.

Likt ppm-nivå gir likt utslipp av nitrogenatomer.

5 Modellverktøy og oppdatering av metoden

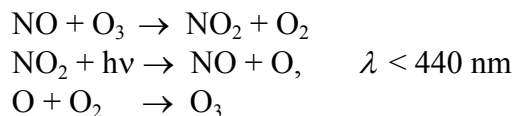
Det har blitt utført spredningsberegninger for å kartlegge bidrag til våtavsetning av nitrogen fra planlagte gasskraftverk på Kårstø og Kollsnes. Våtavsetningen er beregnet med en trajektoriemodell som regner utslipp, kjemiske reaksjoner og avsetning fra time til time. Modellen tar hensyn til nedbør og nedbørintensitet.

Avsetningsmodellen i spredningsmodellen har gjennomgått en revisjon. Den nye versjonen av avsetningsmodellen er utviklet i to versjoner, en for NH₃ og en for avsetning av NO₃ som følge av utslipp av NO_x. Videreutvikling av modellen viser at den estimerte avsetningen av nitrogen blir redusert. Dette gjelder spesielt for

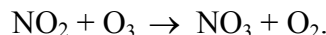
NH₃. De nye versjonene av modellen er basert på de samme typer antagelser, men enkelte elementer er forbedret slik at modellen kommer nærmere virkeligheten.

Når ammoniakk blir sluppet ut, er all ammoniakk tilgjengelig for våtavsetning. NH₃ er løselig i vann og avsetningen er derfor avhengig av nedbørmengde og intensitet. I algoritmen antas det at ved nedbør er avsetning av tilgjengelig ammoniakk proporsjonal med nedbørmengde opp til en millimeter nedbør per time. Ved nedbør på- eller over en millimeter per time er det antatt at all tilgjengelig ammoniakk blir vasket ut.

NO_x er ikke løselig i vann og vil derfor ikke avsettes ved nedbør. For å få avsatt nitrogen fra NO_x-utslippene må NO_x omdannes kjemisk til vannløselige komponenter. Når NO_x blir sluppet ut dannes NO₃⁻ gjennom kjemiske prosesser mellom flere komponenter og sollys. De viktigste reaksjonene er:



Disse tre prosessene gir likevekt mellom NO, NO₂ og O₃. Målte månedsmiddelkonsentrasjoner av ozon ved Kårstø og Kollsnes er 50-80 µg/m³ (25-40 ppb). Nitrat dannes hovedsakelig av følgende reaksjon:



Denne reaksjonen er aktiv i mørket. Hvor effektive de kjemiske reaksjonene er, avhenger blant annet av konsentrasjonen i røykfanen. Hvis det er dårlig spredning skjer reaksjonene raskere.

Når det ikke er nedbør blir ikke noe nitrat avsatt. Når det er nedbør er avsetningen av tilgjengelig nitrat proporsjonal med nedbørmengden opp til to millimeter nedbør per time. Ved nedbør på- eller over to millimeter per time blir all tilgjengelig nitrat avsatt.

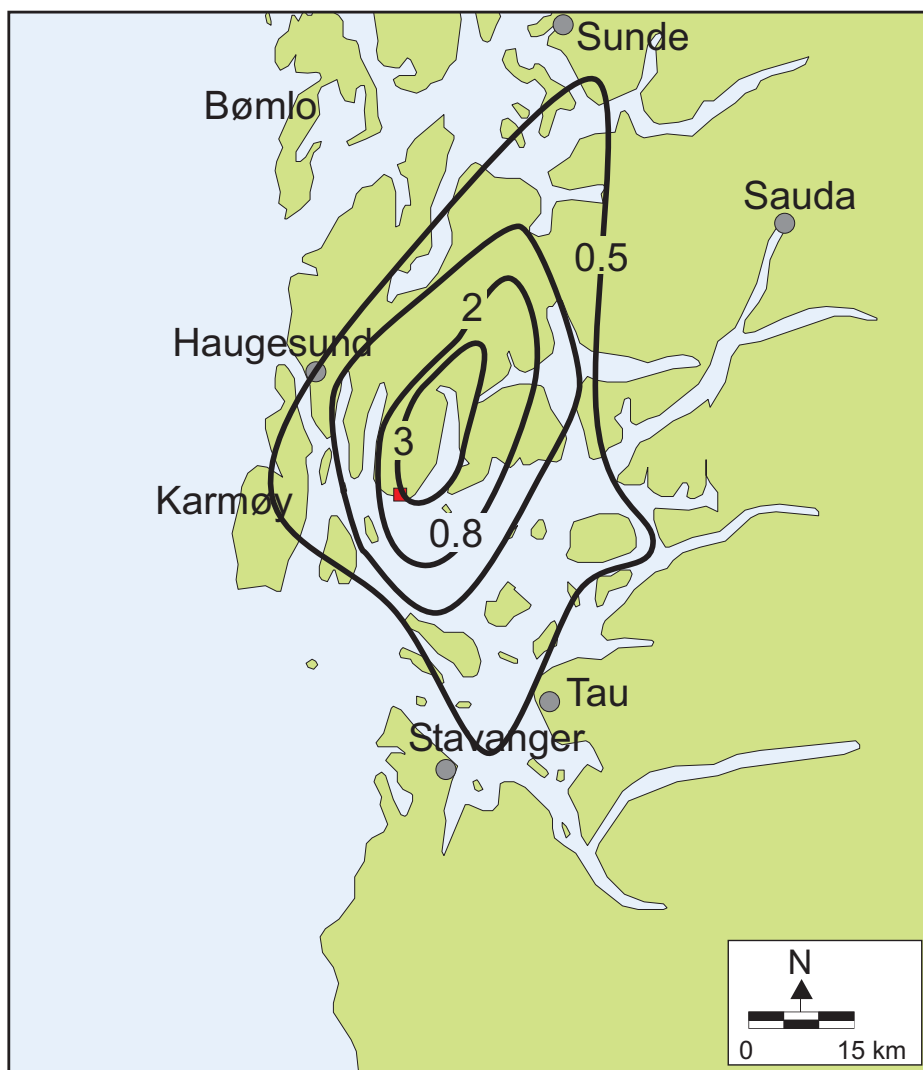
Området som det skal beregnes nitrogenavsetning for deles opp i et grid (rutenett). I disse beregningene er det valgt en størrelse på 10 km x 10 km for hver gridrute. Modellen simulerer utslipp av NH₃ og NO_x sekundvis i hele simuleringsperioden. Hvert sekund slippes et puff som inneholder gitt mengde NH₃ og NO_x. Ved nedbør vil NH₃ og NO₃ vaskes ut fra hvert enkelt puff og avsettes. Når puffene transporteres utenfor modellområdet som er bestemt av gridet forsvinner denne massen ut av beregningene.

6 Spredningsberegninger

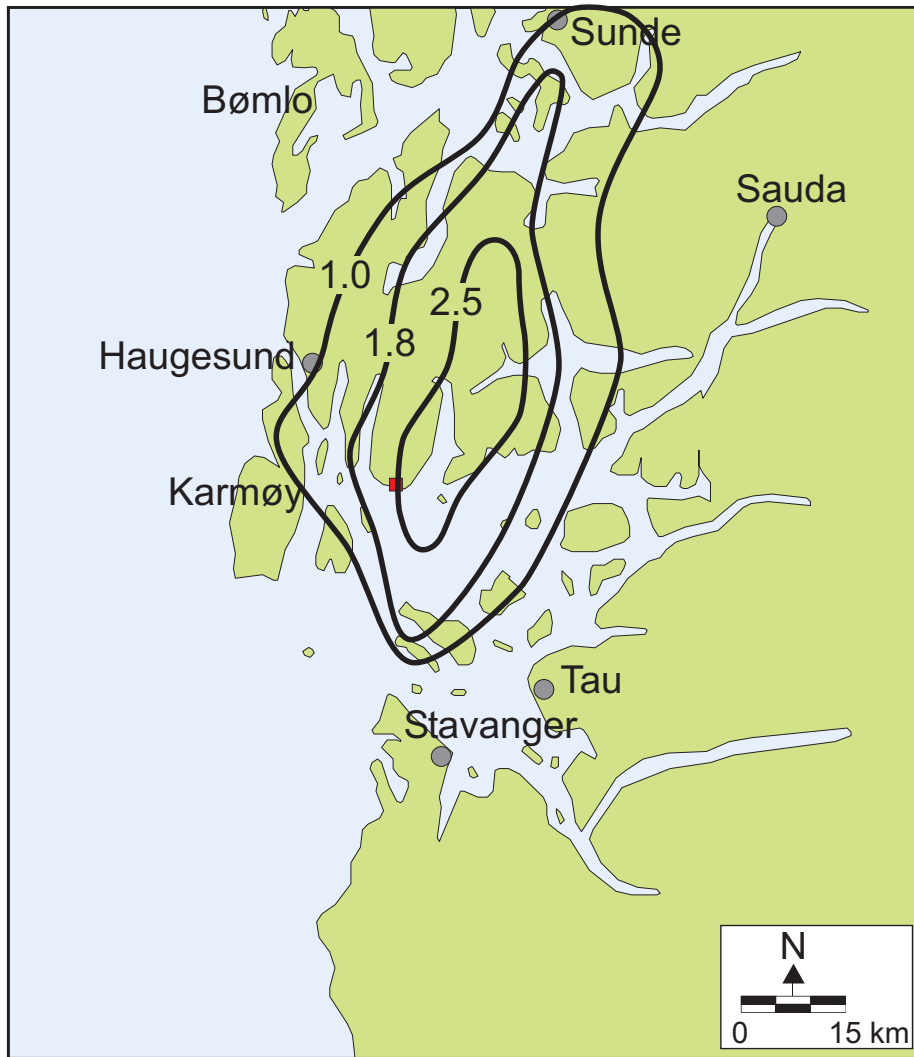
6.1 Kårstø

Figur 4, Figur 5 og Figur 6 viser nitrogenavsetning ved Kårstø for 5 ppm NO_x, 5 ppm NH₃ og summen av disse. Våtavsetningen fra planlagte utslipp på Kårstø er beregnet fra time til time for perioden 1. april 1994 til 31. mars 1995, hvor data for meteorologi, spredningsparametere og nedbør er tilgjengelige. Disse dataene

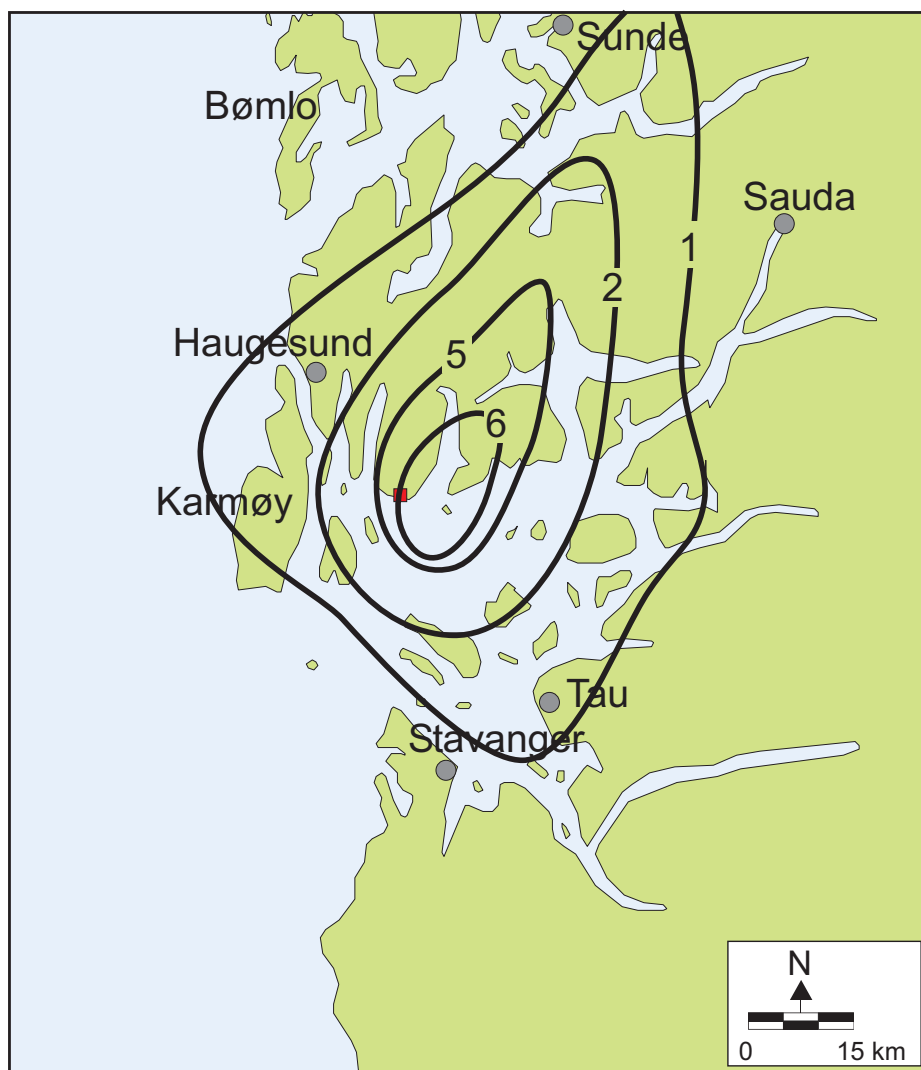
utgjør 7852 timer mot en estimert årlig driftstid på 8150 timer. Resultatet fra beregningene er ikke skalert i forhold til manglende timer, da avsetningens størrelse vil variere fra år til år avhengig av nedbørmengde. Avsetning er gitt i milligram nitrogen slik at nitrogen fra NH_3 og nitrogen fra NO_3^- kan summeres og sammenlignes direkte.



Figur 4: Nitrogenavsetning fra 5 ppm NO_x utslipp ved Kårstø ($\text{mg N} / \text{m}^2$ per år). Maksimal gjennomsnittlig avsetning over 10 km x 10 km er 3,5 $\text{mg N} / \text{m}^2$ per år.



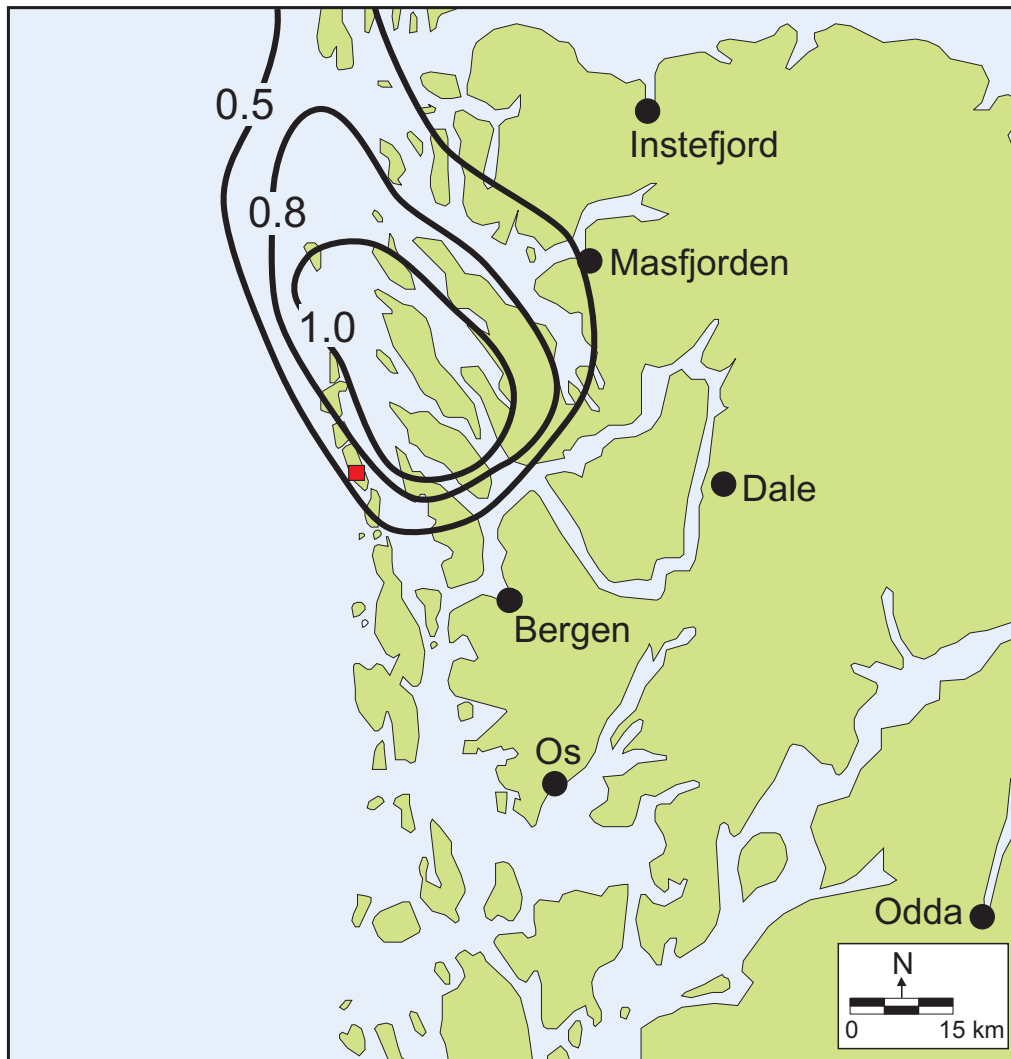
Figur 5: Nitrogenavsetning fra 5 ppm NH₃ utslipp ved Kårstø (mg N / m² per år). Maksimal gjennomsnittlig avsetning over 10 km x 10 km er 3,8 mg N/m² per år.



Figur 6: Total nitrogenavsetning fra 5 ppm NH₃ og 5 ppm NO_x-utslipp ved Kårstø (mg N / m² per år). Maksimal gjennomsnittlig avsetning over 10 km x 10 km er 6,2 mg N/m² per år.

6.2 Kollsnes

Figur 7, Figur 8 og Figur 9 viser nitrogenavsetning ved Kollsnes for 5 ppm NO_x , 5 ppm NH_3 og summen av disse. Våtavsetningen fra planlagte utslipp på Kollsnes er beregnet fra time til time for perioden 1. juli 1991 til 30. juni 1992. Det er beregnet for timer der data for meteorologi, spredningsparametere og nedbør er tilgjengelige. Disse dataene utgjør 7802 timer mot en estimert årlig driftstid på 8150 timer. Resultatet fra beregningene er ikke skalert i forhold til manglende timer, da avsetningens størrelse vil variere fra år til år avhengig av nedbørmengde. Avsetning er gitt i milligram nitrogen slik at nitrogen fra NH_3 og nitrogen fra NO_3^- kan summeres og sammenlignes direkte.



Figur 7: Nitrogenavsetning fra 5 ppm NO_x utslipp ved Kollsnes ($\text{mg N} / \text{m}^2$ per år). Maksimal gjennomsnittlig avsetning over 10 km x 10 km er 1,8 $\text{mg N} / \text{m}^2$ per år.



Figur 8: Nitrogenavsetning fra 5 ppm NH_3 utlipp ved Kollsnes ($\text{mg N} / \text{m}^2$ per år). Maksimal gjennomsnittlig avsetning over 10 km x 10 km er 2,2 $\text{mg N} / \text{m}^2$ per år.



Figur 9: Total nitrogenavsetning fra 5 ppm NH_3 og 5 ppm NO_x -utslipp ved Kollsnes ($\text{mg N} / \text{m}^2$ per år). Maksimal gjennomsnittlig avsetning over 10 km x 10 km er 3,3 $\text{mg N} / \text{m}^2$ per år.

6.3 Oppsummering av maksimal avsetning

Tabell 9 er en oppsummering av maksimalt avsetningsnivå som er beskrevet ved både Kårstø og Kollsnes. Tabellen viser at det avsettes mer nitrogen ved Kårstø enn ved Kollsnes. Dette skyldes at det er mer nedbør ved Kårstø og måten nedbøren er fordelt over tid. Dette er utdypet i kapittel 3.3. Beregningene viser at bidraget fra gasskraftverkene er små i forhold til avsetningen i områdene i dag. Ved Kårstø er maksimal estimert avsetning 6,2 $\text{mg N} / \text{m}^2$ per år over et areal på 100 km^2 . Total avsetning i området er estimert til 830-1320 $\text{mg N} / \text{m}^2$ per år. Det ekstra bidraget fra gasskraftverket utgjør maksimalt ca 0,6% av dagens avsetning. Den estimerte maksimale avsetning ved Kollsnes er 3,3 $\text{mg N} / \text{m}^2$ per år, litt over halvparten av avsetningen ved Kårstø. Det er her viktig å være klar over at beregningene er gjort for to forskjellige år og er derfor ikke umiddelbart sammenlignbare. Avsetning i dag på Kollsnes er estimert til 1040 $\text{mg N} / \text{m}^2$ per år. Den maksimale tilleggsavsetningen som følge av utslippet fra gasskraftverket er ca 0,3% av dagens avsetning.

Tabell 9 : Maksimal årlig avsetning innenfor 10 km x 10 km. Enhet er mg N/m² per år. Likt ppm nivå gir likt antall nitrogenatomer.

Utslipp				Kårstø	Kollsnes
NO _x		NH ₃			
ppm	t/år	ppm	t/år		
5	177	-	-	3,5	1,8
-	-	5	53	3,8	2,2
5	177	5	53	6,2	3,3

Beregningene med de nye versjonene av modellen viser at avsetningsnivåene blir lave. Det er fremdeles slik at avsetning av NH₃ er større enn avsetning av NO₃. Konklusjonen fra tidligere rapporter (Knudsen et al. 1997a og Knudsen et al. 1997b) der NILU anbefalte ikke å bruke SCR-rensing vil ikke være riktige ved de nye beregningene, dels fordi de estimerte nivåene er små og dels fordi bidraget til avsatt nitrogen fra NH₃ relativt til avsatt NO₃ er mindre.

7 Kvalitetssikring og usikkerhet

Det er alltid knyttet usikkerheter til modellberegninger. Usikkerheter kommer av at enhver modell er en tilnærming av virkeligheten. Samtidig er det ofte usikkerheter i forbindelse med inngangsdata til modellene og kvaliteten på utgangsdata kan aldri bli bedre enn kvaliteten på inngangsdata. I dette kapitlet vil vi drøfte de usikkerhetene som er involvert.

7.1 Meteorologi

Meteorologidata som blir benyttet i modellkjøringene kommer fra ett års målte verdier. Den aktuelle perioden avvek fra det langsiktige gjennomsnittet. De viktigste meteorologiske parameterene for nitrogenavsetning er vindretning, vindstyrke og nedbørmengde. De statistiske sammenhenger mellom disse variablene er også viktige.

Fra Tabell 3 og Tabell 4 har vi sett at de måleseriene som er benyttet har noe høyere vindstyrke enn langtidsmiddelet. Dette gir noe bedre spredningsforhold enn det som er tilfelle over en lengre periode. Total avsetning av nitrogen over modellområdet vil likevel ikke bli betydelig redusert av dette avviket.

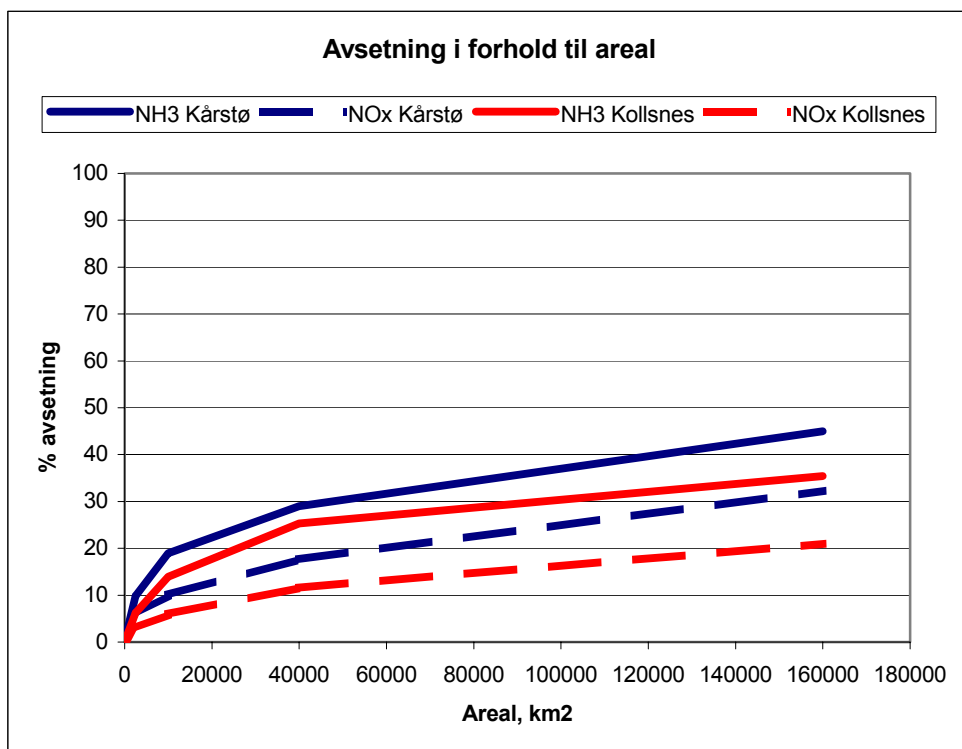
Fra Tabell 5 ser vi at nedbørmengden fra måleperioden er større enn det som er tilfelle for langtidsmiddelet. Både NH₃ og NO₃ blir vasket ut av luften ved nedbør og dette gir våtavsetning av nitrogen. Nedbørmengden på Utsira er 45% høyere for måleperioden enn for langtidsmiddelet. Dette vil gi høyere avsetning av nitrogen for modellberegningene enn hva som er tilfelle for et gjennomsnittså.

Selv om det er noe avvik mellom den meteorologien som er benyttet i modellen og langtidsgjennomsnittet vurderes likevel periodene som representative for henholdsvis Kårstø og Kollsnes. Avviket med for høy vind gir noe lavere avsetning enn gjennomsnittet mens avviket med for mye nedbør gir mer avsetning

enn gjennomsnittet. Beregningene er mer sensitive ovenfor nedbørsmengde enn vindstyrke. For et gjennomsnittså vil nitrogenavsetningen derfor være noe lavere enn resultatene i denne studien.

7.2 Evaluering av modellresultater

Modellberegningene er gjort over områder på 400 km x 400 km med kilden i sentrum. Figur 10 viser hvordan prosentandel av nitrogenutslippet avsettes som en funksjon av areal. Figuren viser høyere nitrogenavsetning fra NH₃-utslippene enn fra NO_x-utslippene, dette er som forventet, se diskusjon i kapittel 5. Det er også høyere nitrogenavsetning ved Kårstø enn ved Kollsnes. En grundig gjennomgang av nedbørsdata fra disse stedene, kapittel 3.3, viser at dette kan forklares ut fra mengde nedbør, og fordeling av nedbør over tid.



Figur 10: Prosentandel av nitrogenutslipp som avsettes som funksjon av areal omkring kildene ved Kårstø og Kollsnes.

Kurvene i Figur 10 illustrerer også en grense for hvor stor usikkerheten kan være. Det kan aldri avsettes mer nitrogen enn det som blir sluppet ut. Et ytterst hypotetisk scenario vil være å skalere kurvene opp til 100% avsetning ved 160 000 km², dvs. innenfor et område på 400 km x 400 km. Dette må ikke betraktes som en usikkerhet eller et intervall for resultatet da denne situasjonen ikke realistisk, det illustrerer bare et absolutt teoretisk tak på avsetningsnivået. Tabell 10 viser hvilke faktorer som avsetningskartene må skaleres med for å få full avsetning innen 400 km x 400 km. Tabell 11 viser hypotetisk maksimal nitrogenavsetning innenfor et område på 10 km x 10 km med gasskraftverkene i sentrum dersom denne skaleringen blir utført.

Tabell 10: Skaleringsfaktorer for å beregne maksimal tenkelig nitrogenavsetning.

Komponent	Kårstø	Kollsnes
NO _x	3,1	4,8
NH ₃	2,2	2,9

Tabell 11: Hypotetisk maksimal nitrogenavsetning innenfor 10 km x 10 km, dersom all nitrogen avsettes innenfor 400 km x 400 km. Enhet er mg N/m² per år.

Utslipp		Kårstø	Kollsnes
ppm NO _x	ppm NH ₃		
5	-	11,8	8,2
-	5	8,3	6,5
5	5	20,1	14,7

7.3 Sammenligning med litteraturen

Fra litteraturen er det eksempler på lignende beregninger som er gjort for andre steder med andre modeller og andre scenarier. Sammenligning med slike resultater er en god indikator på holdbarheten av de beregninger som er gjort i denne studien.

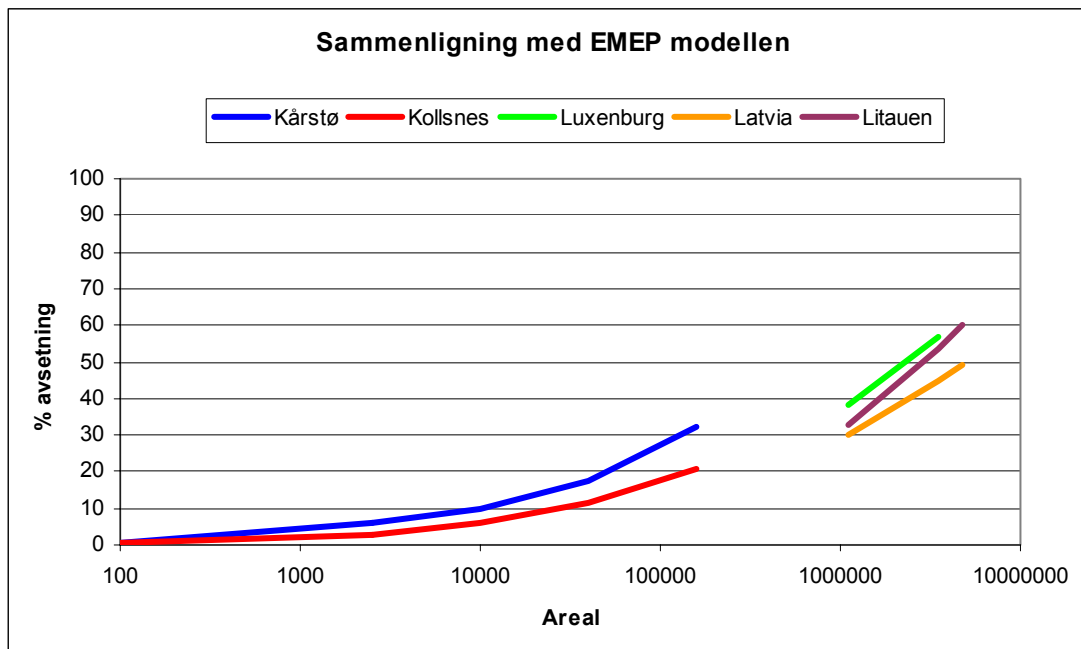
Det er tatt utgangspunkt i avsetningen fra NO_x-utslipp beregnet i EMEP-modellen fra litteraturen. Denne modellen brukes til å beregne bidraget til avsetning fra ett land i andre land. For å få en best mulig sammenligning mellom punktkilder er det tatt utgangspunkt i små land som Luxemburg, Litauen, og Latvia. Det er her beregnet avsetningen innenfor områder som er adskillig større enn det som er beregnet for ved Kårstø og Kollsnes. Det er beregnet prosentandelen av utslippet som avsettes til disse områdene og det er sammenholdt med prosentandelen av NO_x-utslippet som avsettes ved Kårstø og Kollsnes i Tabell 12. En grafisk fremstilling er gitt i Figur 11.

Tabell 12: Prosentandel nitrogen som er avsatt ved Kårstø og Kollsnes der Inpuff er benyttet og fra Luxemburg, Litauen og Latvia der EMEP-modellen er benyttet.

Areal (km ²)	Inpuff		EMEP-modellen		
	Kårstø	Kollsnes	Luxemburg	Litauen	Latvia
160 000	32 %	21 %	-	-	-
1 102 500	-	-	38 %	33 %	30 %
3 465 000	-	-	57 %	-	-
4 725 000	-	-	-	60 %	49 %

Tabell 12 viser at for de beregninger som er gjort i denne studien blir 20 – 30% av all nitrogen avsatt innenfor 160 000 km², mens for EMEP-modellen blir 30 – 40% av all nitrogen avsatt innenfor 1 102 500 km². Tabellen viser at beregningene fra Kårstø og Kollsnes gir noe raskere avsetning av nitrogen enn beregningene fra

Luxemburg, Latvia og Litauen, men at avsetningen er i samme størrelsesorden ved alle tilfellene. Dette er som forventet ettersom det er grunn til å anta at det er mer nedbør på Vestlandet enn ved disse tre landene. Sammenligningen gir ikke svar på om beregningene ved Kårstø og Kollsnes er korrekte, men den viser at resultatene er i samsvar med etablerte resultater fra den internasjonale litteraturen.



Figur 11: Grafisk fremstilling av Tabell 12.

8 Referanser

- Aerts, R., Wallén, B. og Malmer, N. (1992) Growth-limiting nutrients in *Spagnum*-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).
- Blom, H.H., Røsberg, I. og Skjolddal, L.H. (1982) Vegetasjon og flora på Kårstø, Tysvær kommune, Rogaland. Bergen (Univ. i Bergen, Botanisk institutt. Rapport 2).
- Bobbink, R., Heil, G. W. and Raessen, M.B.A.G. (1992) Atmospheric deposition and canopy exchange in heathland ecosystems. *Environ. Poll.*, 75, 29-37.
- Brandrud, 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).
- 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. og 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).
- 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 Onitologisk Forening.
- Greven, H.C. (1992) Changes in the moss flora of the Netherlands. *Biol. Conserv.*, 59, 133-137.
- Guerreiro, C. (1998) Konsekvenser av økte NO_x utslipp til luft ved behandling av gass fra Kvitebjørn og Haltenbanken Sør på Kollsnes. Kjeller (NILU OR 72/98).
- 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. and Diemont, W.H. (1983) Raised nutrient levels change heathlands into grasslands. *Vegetatio*, 53, 113-120.
- Hjeltnes, A. (1994a) Overvåkning av kystlynghei. Årsrapport 1994. Bø, Telemarksforskning (Arbeidsrapport 7/94).
- Hjeltnes, A. (1994b) Overvåkning av kystlynghei. Rapport fra feltarbeidet i 1994. Tysvær kommune. Bø, Telemarksforskning. (Arbeidsrapport 17/94).
- Holopainen, T. and 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. and Wilson, R.B. (1995) Mapping and modelling of critical loads for nitrogen: A workshop report. Edinburgh, Institute of Terrestrial Ecology, Edinburgh Research station.

- 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.
- Jauhiainen, J., Vasander, H. and 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 lyngheiområder. I: *På leiting etter den eldste garden*. Red. av R. Fladby & 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., Skjelkvåle, B. L., Aarrestad, P. A. (2002) Effekter av økte nitrogenoksidutslipp til luft fra Kårstøanleggene i Rogaland. Kjeller (NILU OR 39/2002).
- Knudsen, S., Aarrestad, P. A., Skjelkvåle, B. L. (1997a) Konsekvenser av utslipp av NO_x og NH₃ til luft fra gasskraftverk, Kollsnes. Kjeller (NILU OR 70/97).
- Knudsen, S., Aarrestad, P. A., Skjelkvåle, B. L. (1997b) Konsekvenser av utslipp av NO_x og NH₃ til luft fra gasskraftverk, Kårstø. Kjeller (NILU OR 71/97).
- Lundberg, A. (1998) Karmøys flora. Biologisk mangfold i eit kystlandskap. Bergen, Fagbokforlaget.
- 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. 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.
- Moen, A. (1998) Nasjonalatlas for Norge: vegetasjon. Hønefoss, Statens kartverk.
- Nygaard, P.H. og Ødegaard, T. (1993) Langsiktige effekter av nitrogengjødsling på vegetasjon og jord i barskog. Ås (Rapport fra Skogforsk 26/93).
- Pedersen, F. H. (1982) Ornitologiske og viltbiologiske undersøkelser på Kårstø i Rogaland. Bergen (Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, Zoologisk Museum, Univ. i Bergen. Rapport 44).

- 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.
- 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 & Saga Petroleum.
- Tamm, C.O. (1991) Nitrogen in terrestrial ecosystems. Questions of productivity, vegetational changes and ecosystem stability. Berlin, Springer Verlag (Ecological Studies 81).
- Thomassen, J. red. (1992) MTBE-anlegg Kårstø. Konsekvensutredninger for miljø, naturressurser og samfunn. Trondheim (NINA oppdragsmelding 142).
- Tybirk, K., Bak, J. and Henriksen, L.H. (1995) Basis for Mapping of Critical Loads. Copenhagen, Nordic Council of Ministers (TemaNord 1995:510).
- Tønnesen, D. (1995) Luftkonsentrasjoner av nitrogendioksyd på Kårstø 1986-1995. Kjeller (NILU OR 28/95).
- Tønnesen, D. og Haugsbakk, I. (1995) Luft- og nedbørkvalitet på Kårstø: Vinteren 1994/95. Kjeller (NILU OR 40/95).
- van Dobben, H. (1991) Effects on heathlands In: *Acidification research in the Netherlands*. Final report of the Dutch Priority Programme on Acidification. Ed. by Heij, G.J. & Schneider, T. Amsterdam, Elsevier (Studies in environmental science 46) pp. 139-145.
- von Arb, C. (1987) Phytosynthesis and chlorophyll content of lichen *Parmelia sulcata* Taylor from locations with different levels of air pollution. In: *Progress and Problems in Lichenology in the eighties*. Ed.: Peveling, E. Berlin, J. Cramer. (Bibliotheca Lichenologica 25). pp. 343-345.
- Åbro, A. (1988) Sangsvaner i Øygarden nordvest for Bergen. *Vår Fuglefauna*, 11, 150-151.
- Aas, W., Tørseth, K., Solberg, S., Berg, T., Manø, S., Yttri, K. E. (2002) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2001. Kjeller (NILU OR 21/2002).

Vedlegg A

Meteorologiske forhold

Tabell A1: Forekomst av vindretning, vindstyrke og stabilitet under måleperioden 1994-95 på Kårstø.

Vindretning	0,0-2,0 m/s				2,0-4,0 m/s				4,0-6,0 m/s				Over 6 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0,1	1,2	1,8	1,4	0,1	0,6	0,6	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4
60	0,0	1,2	1,6	0,7	0,0	0,4	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
90	0,1	0,9	0,4	0,1	0,4	2,2	0,7	0,0	0,2	0,8	0,1	0,0	0,0	0,6	0,3	0,0	6,8
120	0,3	0,4	0,2	0,0	1,0	1,2	0,2	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0	0,0	0,9	0,1	0,0	5,2
150	0,1	0,3	0,2	0,0	0,2	0,9	0,1	0,0	0,0	1,2	0,2	0,0	0,0	1,5	0,1	0,0	5,0
180	0,1	0,5	0,1	0,0	0,6	2,0	0,2	0,0	0,0	2,0	0,1	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	7,0
210	0,5	1,3	0,3	0,0	1,2	2,8	0,3	0,0	0,7	3,7	0,4	0,0	0,4	5,4	0,5	0,0	17,6
240	0,0	1,4	0,4	0,1	1,1	1,8	0,6	0,0	0,3	1,4	0,6	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0	9,1
270	0,1	1,2	0,6	0,5	1,4	2,1	0,5	0,0	0,3	1,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	8,3
300	0,1	1,2	1,3	0,6	1,1	1,6	0,5	0,0	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3
330	0,0	0,8	0,8	1,2	1,3	1,5	0,6	0,1	0,4	0,5	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	7,7
360	0,0	1,4	1,0	1,5	0,9	3,3	1,2	0,3	1,3	2,4	0,9	0,0	0,1	0,6	0,2	0,0	15,1
Stille	0,0	0,0	0,0	0,0													0,0
Totalt	1,6	11,7	8,8	6,3	9,3	20,0	6,1	0,6	4,0	14,3	3,1	0,0	0,5	11,4	1,8	0,0	100,0
Forekomst	28,5%				36,3%				21,6%				13,7%				100,0%
Vindstyrke	1,2 m/s				3,0 m/s				4,9 m/s				7,8 m/s				3,5 m/s
	Fordeling på stabilitetsklasser																
Forekomst	Ustabil				Nøytral				Lett stabil				Stabil				100,0%
	15,5%				57,8%				19,8%				6,9%				

Tabell A2: Vind- og stabilitetsfordeling for vinterhalvåret på Kollsnes fordelt på 12 vindsektorer, 4 vindstyrkeklasser og 4 stabilitetsklasser.

Vindretning	0-3,0 m/s				3,0-5,0 m/s				5,0-7,0 m/s				over 7,0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0,1	1,0	1,4	0,3	0,0	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	3,7
60	0,1	0,7	1,0	0,7	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
90	0,0	1,3	0,8	0,6	0,0	0,4	0,3	0,2	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
120	0,0	1,9	1,1	1,4	0,0	2,0	1,9	0,8	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	9,9
150	0,0	1,5	0,5	0,4	0,1	3,5	1,8	0,4	0,1	3,1	0,8	0,0	0,0	8,1	1,1	0,0	21,4
180	0,0	0,5	0,2	0,1	0,1	1,5	0,2	0,1	0,0	1,9	0,1	0,0	0,0	11,1	0,1	0,0	16,4
210	0,0	0,6	0,3	0,1	0,1	1,5	0,3	0,0	0,0	1,8	0,1	0,0	0,0	2,5	0,4	0,0	7,6
240	0,1	0,4	0,3	0,1	0,0	1,4	0,2	0,0	0,0	2,1	0,4	0,0	0,0	2,5	0,3	0,0	7,9
270	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,9	0,1	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0	0,0	1,7	0,1	0,0	4,7
300	0,0	0,5	0,1	0,0	0,1	1,1	0,1	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0	0,0	1,5	0,1	0,0	4,3
330	0,0	0,5	0,3	0,1	0,1	1,5	0,5	0,0	0,0	2,0	0,3	0,0	0,0	2,6	0,8	0,0	8,7
360	0,1	2,5	1,1	0,0	0,1	2,2	0,2	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,1	0,0	8,7
Stille	0,0	0,1	0,1	0,0													0,2
Forekomst	23,9%				24,8%				16,5%				34,8%				
	Fordeling på stabilitetsklasser																
Forekomst	Ustabil				Nøytral				Lett stabil				Stabil				100%
	1,2%				75,0%				18,5%				5,3%				

Vedlegg B
Vurderingskriterier for vegetasjon

Total nitrogenavsetning fra atmosfæren regnes som summen av tørravsatt nitrogen og våtavsatt nitrogen.

Planter og mikroorganismer tar opp tilført nitrogen og inkorporerer dette i organisk materiale. Økt nitrogen tilgang kan således gi gjødselseffekter og føre til økt biomasseproduksjon, endringer i konkurranseforhold mellom arter og endringer av artssammensetningen mot mer nitrogenkrevende vegetasjon (Tamm, 1991).

Grensen for hvor mye nitrogen naturen kan nyttiggjøre seg, avhenger sterkt av jordsmonn og hva slags vegetasjon som finnes i området. Tålegrensen for vegetasjon, der det kan skje endringer i artssammensetninger og mengdeforhold av arter, varierer mellom 500 og 3500 mg N/m² per år (UN ECE Task Force on Mapping, 1995; Hornung et al., 1995). For nedbørmyr er den satt til 500-1000 mg N/m² per år, for kystlyngheier 1500-2000 mg N/m² per år, for næringsfattig barskog 700-2000 mg N/m² per år og næringsfattig løvskog 1000-2000 mg N/m² per år (tabell 2). Tålegrensene er satt opp med en nedre og øvre grense innen hver vegetasjonstype, da de er svært avhengige av variasjoner i lokale økologiske forhold som lokalklima, jordsmonn og berggrunnsforhold.

Tabell 13: Tålegrenser for avsetning av nitrogen (UN ECE, 1995).

Vegetasjon	mg N/m ² per år
Nedbørsmyr	500-1000
Kystlynghei	1500-2000
Næringsfattig barskog	700-2000
Næringsfattig løvskog	1000-2000

Det er vist gjennom empiriske studier av skogøkosystemer i Europa (Dise og Wright, 1995) at for N-avsetning opp til 900 mg N/m² per år kan økosystemet ta opp all tilført N. For avsetning mellom 900-2500 mg N/m² per år kan 0-100% av N lekke ut i avrenningen avhengig av nedbørfeltets karakter, mens for avsetninger over 2500 mg N/m² per år vil 50-100% av N lekke ut i avrenningen. Det er ikke gjort tilsvarende undersøkelser for økosystemer uten skog.

Kystlyngheiene på Vestlandet 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 nitrogen tilførsel på lynghei. Gjødsling med nitrogen har vist at løvfellende arter som blåbær, blokkebær, gressene 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 klokkelyg ut av gressarter, først og fremst blåtopp (Heil & Diemont, 1983; van Dobben, 1991; Bobbink et al., 1992; Marrs, 1986). I de siste tiårene har kystlyngheier i Rogaland og Sunnhordland vist den samme utviklingstendensen, samtidig som de vokser til med busker og trær (Fremstad, 1992; Hjeltnes, 1994 a, 1994b). Disse vegetasjonsendringene skyldes en kombinasjon av økt nitrogennedfall,

svekkelse av røsslyng gjennom angrep av røsslyngbillen, frost- og tørkeskader og endringer i jordbruksdrift.

Nedbørmyrer er avhengig av tilførsel av næringsstoffer fra nedbøren og ansees som et av de mest følsomme systemene overfor økt nitrogen avsetning. Artsinventaret 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 & Flatberg (1995) om effekter av økt nitrogenavsetning på nedbørsmyr, 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. Disse endringene settes i sammenheng med økt nitrogen avsetning. I områder med lav nitrogentilførsel har mosedeckket på nedbørmyr evne til å ta opp og holde på atmosfærisk tilført nitrogen. Ved høy nitrogenavsetning vil imidlertid evnen til å immobilisere nitrogen avta. Mer nitrogen tilføres rotsonen og blir tilgjengelig for karplanter som således kan få økt vekst. Endringer i konkurranseforholdet mellom torvmoser og karplanter, kan også skyldes endringer i nedbrytningshastighet av strø og økt mineralisering av akkumulert organisk materiale ved økt nitrogen tilførsel.

I Nederland har artssammensetningen i mosesjiktet endret seg fra de karakteristiske torvmoseartene til mer nitrogenkrevende arter (Greven, 1992; Lütke Twenhöven, 1992). I Storbritannia har svært høy nitrogenbelastning vist vekstreduksjon og nedgang i populasjoner av torvmoser (Press et al., 1986). I Sør-Sverige har nedbørmyrer blitt mettet med nitrogen ved dagens avsetning på 1000-1300 mg N/m² per år og resultert i økt torvmosevekst. Fosfor er nå blitt den begrensede faktor og ikke nitrogen (Aerts et al., 1992). Slike strukturelle endringer kan skje allerede rundt 700 mg N/m² per år. I Finland har Jauhiainen et al. (1992/93) vist at arter som rusttorvmose og rosetorvmose reagerer negativt på høye nitrogenbelastninger, mens klubbetorvmose viser større toleranse ovenfor nitrogen. I Norge er det ikke publisert undersøkelser som viser effekter av nitrogenpåvirkning på myrvegetasjon, men det er nærliggende å anta at endringer også skjer i norske nedbørmyrer med høy nitrogenbelastning.

Næringsfattig barskog og løvskog har en høyere øvre tålegrense enn nedbørmyrer og kan således tåle mer nitrogentilførsel før det oppstår endringer i økosystemet. Likevel er den nedre grensen lavere, noe som gjelder for de aller fattigste skogstypene. For undervegetasjonen i skog kan økt nitrogenavsetning føre til endringer i artssammensetningen mot mer nitrofile arter (Nygaard & Ødegaard, 1993) og til nedsatt dannelse av fruktlegemer til mykorrhiza sopp (Branderud, 1995).

Epifyttiske lav og moser tar opp nitrogen både i tørr og våtavsetning. Moderate økninger i tilgjengelig nitrogen har ført til økt vekst av enkelte lavararter på trær. (Bruteig, 1996; de Bakker, 1989; Holopainen og Kärenlampi, 1985; Kauppi, 1980; von Arb, 1987).

Kårstø

Kårstø ligger i Tysvær kommune i Rogaland. Landskapet er kupert og fjellene når opp i 300 m. Landskapet omkring utbyggingsstedet var opprinnelig dekt av myr i en 3 km bred strandflate. I dag er myrområdene stort sett drenert, og disponeres til jordbruksformål. De tykkeste moreneavsetningene finnes i forsenkningene i de flateste områdene. De konvekse landskapsformene mangler eller har meget tynt morenedekke. På grunn av det fuktige klimaet er berget ofte dekt av sur lynghumus.

Berggrunnen i nærområdet til Kårstøanleggene består av omdannet og nokså skifrig kambrosilur bergarter (Sigmond et al., 1984). Ved forvitring gir dette et middels bra substrat for planteproduksjon. I områdene nord og vest for Kårstø er det imidlertid surere og hardere gneissbergarter, som gir opphav til mer næringsfattig jordsmonn og mindre næringskrevende vegetasjon. Sure gneiser, granitt og gabbro er de vanligste bergartene i Sveio og Ølen, mens områdene øst for Kårstø i Vindafjord kommune har rikere bergarter. Kalkrike bergarter finnes også på søre Bømlo og på Stord.

Influensområdet ligger hovedsakelig i ”sterkt oseanisk vegetasjonsseksjon” (Moen, 1998). Seksjonen er karakterisert av åpen kystlynghei med stor dominans av røsslyng, og ellers forekommer mange vestlige arter. Seksjonen mangler stort sett skog, noe som hovedsakelig skyldes menneskelig aktivitet gjennom hogst, brenning, slått og beite, mens myrer og kulturpåvirkede enger danner mosaikk i landskapet. De østligste delene av influensområdet ligger i klart ”oseanisk vegetasjonsseksjon”, der epifyttrike, oseaniske skoger er mer vanlig.

Vegetasjon og flora på Kårstø ble undersøkt av Blom et al. (1982). Det undersøkte området strekker seg et par kilometer ut fra det regulerte industriområdet og omfatter også øyene Ogn, Ognakalven og Kjøyne. Totalt ble ca. 6 km² vegetasjonskartlagt (kun fastlandet rundt industriområdet og Ognøy). Innen dette området er det beskrevet forekomster av kystlynghei, beitemarker/enger, strandvegetasjon, myr og skog (Thomassen, 1992). Kystlyngheia er helt dominerende og dekker hele 73% av det kartlagte arealet. Det skilles mellom røsslyng-tørrheier (1/3 av alle heiene), røsslyng-våtheier og gressheier. Blant røsslyng-tørrheiene finnes en varmekjær og sterkt oseanisk undertype av hei med forekomst av purpurlyng. Denne heitypen opptar bare små arealer i området. Røsslyng-våtheiene har større utbredelse. Denne heitypen karakteriseres av stor forekomst av fuktarter, blant annet klokkelyng, blåtopp og torvmosearter. Gressheiene har oftest sin opprinnelse i røsslyngheier, og er mer artsrike og mer verdifulle beiter. Røsslyng- og gressheiene særmerker landskapet på Kårstø og Ognøy.

Myrtypene innen det samme kartlagte området dekker 5% av området. Her finnes både nedbørmyrer og næringsfattige sigevannsmyrer. Skogbestander finnes i hovedsak mellom Kleivå og Sandvik, og består for det meste artsfattige eikeskoger og bjørkeskoger. En mindre rik askeskog med hassel i busksjiktet ble registrert på Slettå.

Artsrikdommen for karplanter i det kartlagte området er høyere enn normalt så nær kyststripen, noe som trolig skyldes rik bergrunn og stor variasjon i

lokalklimatiske forhold. Thomassen (1992) registrerte totalt 325 karplantearter innenfor det 6 km² store området. Antall moser i samme området var 263, mens antall lavarter var 313, fordelt på 116 arter makrolav, 197 arter mikrolav. Blom et al. (1982) konkluderer at selv om floraen ved Kårstø er artsrik, er det få arter som kan benevnes sjeldne.

De kartlagte vegetasjonstypene innen nærområdet til Kårstøanleggene er også vanlig ellers i influensområdet, dvs. at kystlynghei, beitemarker/enger, strandvegetasjon, myr og skog er de vanligste vegetasjonstypene. Åpent kulturlandskap med kystlyngheier, enger og havstrand er også rikt representert på Karmøy (Lundberg 1998). I følge kartlegginger av kystlyngheier utført av Fremstad et al. (1991) i Sveio kommune finnes det her større areal av kystlyngheier, vekselvis med myr og beitemarker. Myrrealene, der nedbørmyrer er en viktig type, utgjør her omlag 20% av de kartlagte arealene.

Et stort antall fuglearter hekker eller overvintrer ved Kårstø, og mange av bestandene er viktige i regional sammenheng (Thomassen, 1992). Viktige områder for fugl er holmene og øyene i fjorden, og edellauvskog ved Sandviksfjellet. Oterforekomst ved Kårstø er spesielt interessant fordi bestanden i sørlige områder er sterkt redusert. Hjort og hare er tallrike i området (Thomassen, 1992). Sammensetning av fuglesamfunnene og bestandsstørrelser for både pattedyr og fugler er nærmere beskrevet av Pedersen (1982) og Thomassen (1992).

Kollsnes

Kollsnes ligger i Øygarden kommune i Hordaland. Landskapet er småkupert, med større, svakt skrånende arealer mellom bratte fjellhamrer og små ferskvann. Berggrunnen består hovedsakelig av sure gneiser (Sigmond et al., 1984) og det er generelt lite løsmasser i området. Løsmassene finnes i skråninger og søkk mellom koller og er hovedsakelig av organisk opprinnelse eller morenemateriale. Et sterkt oseanisk klima med mye nedbør fører til utvasking av næringsemner i jordsmonnet, og sammen med den harde, sent forvitrende berggrunnen gir dette næringsfattige jordsmonn. På dypere løsmasser er det utviklet podsolprofiler, mens jordsmonnet ellers består av lynghumus og torv dannet på bart berg eller i myr (Fremstad et al., 1991). (Knudsen et al., 1997).

Vegetasjonen er typisk for kystseksjonen (Dahl et al., 1986) med tørr og fuktig kystlynghei, myr, våtmark, eng- og strandvegetasjon. Lundberg og Hansen (1992) har registrert 216 karplanter på Kollsnes, der kystplantene utgjør et hovedelement i floraen, mens varmekjære arter og fjellarter er nesten fraværende. (Knudsen et al., 1997).

Kystlyngheiene i Øygarden og nærliggende kommuner er et resultat av generasjoners påvirkning av miljøet gjennom avskogning, brenning, vinterbeite og lynghum. Tørrheier finnes på koller og i skråninger. I følge Lundberg og Hansen (1992) domineres de av lyngarter som røsslyng, melbær, krekling, klokkelyg med innslag av gress og urter som smyle, gulaks, hundekvein, bråtestarr, knegras, tepperot, tiriltunge, fagerperikum, blåknapp, skrubbær, fjellmarikåpe, harerug, kvitkløver og kvitveis. I bunnsjiktet er mosen heiflette dominerende. I tillegg inngår furumose, heigråmose, kystkransemose og engmose, samt lys reinlav og kystreinlav. Fuktheier i flater terreng er mer dominert av graminider som

bjønnskjegg, starr, duskull og blåtopp. Av lyngartene er røsslyng og klokkelyng viktigst, og enkelte steder er pors dominerende. Andre viktige arter her er rome, torvmoser og heiflette. (Knudsen et al., 1997).

Lynghelandskapet i Øygarden skjøttes i dag ikke like aktivt som tidligere. Lyngen er ofte gammel, sterkt forvedet og relativt høyvokst, og mangel på skjøtsel medfører også at lyngheiene gror sakte igjen med busker og trær. (Knudsen et al., 1997).

Myrvegetasjonen er av både ombrotrof og fattig, minerotrof karakter. Karakteristiske arter i myrene er torvmoser, klokkelyng, røsslyng, bjønnskjegg, torvull, duskull, flaskestarr, blåtopp, rome, bukkeblad og rund soldogg. (Knudsen et al., 1997).

I følge Lundberg og Hansen (1992) har strandbergene sparsomt med vegetasjon. Artene som hovedsakelig er konsentrert til sprekker er bl.a. fjærekoll, følblom, hundekvein, kystbergknapp, smyle og kystarve. Strandengene innerst i bukter og viker inneholder artene engrapp, gåsemure, rødsvingel, slåttestarr, tunarve og fjæresivaks. Ferskvannene i Øygarden er næringsfattige med arter som vanlig tjønnaks, stor nøkkerose, soleienøkkerose, elvesnelle, bukkeblad og trådstarr. (Knudsen et al., 1997).

Generelt foreligger beskrivelser av faunaen rundt Kollsnes i en oppstykket og lite sammenstillet form. Regionen inneholder både øyer, fjordområder, gruntområder, mange små våtmarker, kystlyngheier og myrområder. Gruntområdene inneholder mye sjøfugler og vadefugler, og flere viktige sjøfuglområder ligger nær Kollsnes. Viktigst er Herdla, øst for Kollsnes, som både er et viktig hekkeområde for flere arter og et viktig rasteområde for mange arter på trekk, samt et viktig overvintringsområde for sjøfugl (Håland, 1981, 1982). Det foregår et omfattende trekk av fugler forbi Kollsnes (Håland, 1982). Mellom Kollsneset og Ljøsneset skal det være et viktig trekkområde for fugler, samt for hjort (Statoil, 1995). Rotavatn ved Tjeldstø, 6 km nord for Kollsnes, er et viktig område for overvintrende sangsvaner (Åbro, 1988). Faunistiske rapporter tyder også på at et stort antall mer fåtallige fuglearter påtreffes i områdene rundt Kollsnes, til dels også i større antall samtidig, og i alle fall både sjøfugler og spurvefugler er representert (Gustad, 1992, 1993). Hekkefuglfaunaen er representert ved alle arter som normalt finnes i distriktet (Gjershaug et al., 1994). Av pattedyr er relativt få arter representert, men med alle arter som normalt finnes i kystregionen i Hordaland. Arter som jaktes og med bestander i nærområdene, er bl.a. hjort, hare og orrfugl. (Knudsen et al., 1997).



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 7/2004	ISBN 82-425-1544-1 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 40	PRIS NOK 150,-
TITTEL Nitrogenavsetning i utslipp av NO _x og NH ₃ fra gasskraftverk med og uten rensing på Kårstø og Kollsnes.		PROSJEKTLEDER Karl Idar Gjerstad	
		NILU PROSJEKT NR. O-103107	
FORFATTER(E) Karl Idar Gjerstad og Svein Knudsen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Svein Arild Hildrum	
OPPDRAGSGIVER Naturkraft AS PB 358 1366 Lysaker			
STIKKORD Gasskraftverk	Nitrogenavsetning	SCR-renseteknologi	
REFERAT Det er beregnet avsetning av nitrogenforbindelser som følge av utslipp av NO _x og NH ₃ fra gasskraftverk på Kollsnes og Kårstø. Beregningene viser at bidraget fra gasskraftverket blir lavt, og under 1% av avsetningen i dag.			
TITLE Deposition of nitrogen from emissions of NO _x and NH ₃ from a gas power plant with and without SCR at Kårstø and Kollsnes.			
ABSTRACT Dispersion modelling of emissions of NO _x and NH ₃ to air from gas power plants at Kårstø and Kollsnes show that the impact to the deposition is below 1% of the deposition from long range transport and local sources in the area today.			

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