

NILU: OR 8/2001
REFERANSE: O-100074
DATO: JANUAR 2001
ISBN: 82-425-1245-0

**Innspill til
konsekvensanalyse for
Snøvitfeltet og
Melkøyterminalen.
Utslipp til luft**

**Svein Knudsen, Cristina Guerreiro og
Herdis Laupsa**

Innhold

	Side
Sammendrag	3
1 Innledning.....	7
2 Anbefalte luftkvalitetskriterier	7
3 Førstusasjonen.....	9
3.1 Forurensningssituasjonen før utbygging	9
4 Spredningsforhold og meteorologi	14
4.1 Datatilgjengelighet.....	14
4.1.1 Slettnes.....	14
4.1.2 Fruholmen fyr	14
4.1.3 Melkøya	15
4.2 Representativitet av vinddata	15
4.2.1 Vindretning.....	15
4.2.2 Vindstyrke.....	17
4.3 Spredningsforhold i måleperioden	18
4.4 Nedbør	20
5 LNG-anlegget på Melkøya.....	22
5.1 Utslippsmengder og utslippsbetingelser	22
5.2 Spredningsberegninger	22
5.2.1 Maksimal timemiddelkonsentrasjon.....	23
5.2.1.1 Turbiner	23
5.2.1.2 Fakler.....	24
5.2.2 Langtidsmiddelkonsentrasjoner.....	25
5.2.3 Avsetning av nitrogenforbindelser	26
5.2.4 Dannelse av bakkenært ozon	27
6 Snøhvitfeltet	28
6.1 Utslippene til luft fra Snøhvit i driftsfasen	28
6.1.1 Anleggsfasen.....	28
7 Vurdering av virkning på jordens klima.....	30
8 Referanser	30
Vedlegg A Reaksjoner i atmosfæren.....	33
Vedlegg B Meteorologi	39

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statoil utredet virkningen på luftkvaliteten og avsetninger av nitrogenforbindelser som følge av utslipp til luft fra etablering av en gassterminal på Melkøya utenfor Hammerfest. Arbeidet har bestått i å etablere luftforurensningsbildet slik det er i dag og beregne hvordan utslippene fra LNG anlegget og utbyggingen av Snøhvitfeltet vil påvirke luftkvaliteten i området. Installasjonene for Snøhvitfeltet er planlagt å være på havbunnen, slik at det ikke vil være utslipp til luft fra aktiviteten offshore i driftsfasen. For Snøhvitfeltet er det derfor bare tatt med utslipp i anleggsfasen.

Meteorologi

Det er fortatt målinger av meteorologi på Melkøya, Slettnes og Fruholmen fyr. Disse målingene er ikke samtidige. En analyse av målingene viser at stasjonene på Melkøya og Slettnes er påvirket av lokal topografi. Det er måleserien fra Slettnes som har en komplett serie med data for spredningsberegningene, og denne er derfor valgt som inngangsdata.

Førsituasjonen

Den eksisterende luftforurensningssituasjonen i området rundt Melkøya er stort sett influert av langtransportert luftforurensning, og muligens noe influert av skipstrafikk og av lokal luftforurensning fra Hammerfest. Konsentrasjoner i luft er generelt lave.

Årsmiddelkonsentrasjonen av SO₂ i 1992 var under 0,6 µg/m³, og den høyeste målte døgnmiddelkonsentrasjonen av SO₂ var 4,7 µg/m³.

Årsmiddelkonsentrasjonen av nitrogendioksid målt på Slettnes i 1991-92 var 0,4 µg/m³. Den høyeste målte døgnmiddelkonsentrasjonen av NO₂ var 2,3 µg/m³.

Nitrogen-avsetningen i Norge er høyest i sørvestlige deler av landet (opptil 2 500 mgN/m²/år) og avtar gradvis nordover. Nord for Bodø er N-avsetningen generelt svært lav (<200 mg/m²/år). Den målte våtavsetningen av N på Slettnes i perioden februar 92-desember 92 var 75 mg N/m².

Ozon-konsentrasjonene i Norge er generelt høye. Konsentrasjonen av ozon kan i episoder overskride SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium i hele landet, men avtar gradvis nordover. Ozonkonsentrasjonene i området skyldes langtransportert luftforurensning fra områder med store nitrogenoksid- og VOC-utslipp.

Utslipp

Forbrenning av hydrokarboner forårsaker utslipp til luft av blant annet karbondioksid (CO₂), karbonmonoksid (CO), nitrogenoksider (NO_x) og uforbrente hydrokarboner. Gass fra Norsk sokkel inneholder normalt lite svovel og tungmetaller.

Det er vurdert utslipp fra en turbin som slipper ut 19,2 g/s NO_x. Turbinen vil være utstyrt med lav-NO_x-teknologi. Operasjonstiden være på 340 dager i året, dvs. 8 160 timer.

Tabell A: Utslipp til luft fra turbinen for LNG-anlegg på Melkøya

CO ₂ (t/år)	653 500
NO _x (som NO ₂ , t/år)	563
CH ₄ (t/år)	-
CO (t/år)	-

Det vil også være utslipp i anleggsfasen som kommer fra borerigg, rørleggingsfartøy, standby-skip og brønnopprensning. Utslippene vil strekke seg over anslagsvis to år. Fra anleggsvirksomheten på Snøhvitfeltet vil det bli sluppet ut ca. 190 000 tonn CO₂. Utslippene av NO_x i anleggsfasen er estimert til å være 4 249 tonn. Utslippene utenom transportvirksomheten vil gi et utslipp på 3 543 tonn. Totalutslipp av VOC i anleggsfasen (offshore + transport) vil være 290 tonn fordelt over to år.

Maksimale timemiddelkonsentrasjoner

Spredning og avsetning blir beregnet ved hjelp av gaussiske spredningsmodeller (CONCXX, CONDEP) og puff-trajektoriemodellen INPUFF. Meteorologiske data som vindretning, vindstyrke, lufttemperatur, atmosfærisk stabilitet og nedbørdata benyttes i modellen.

Den maksimale timemiddelkonsentrasjonen av nitrogenoksider, som følge av utslipp fra Melkøyaterminalen, vil være 33 µg/m³ og komme i underkant av 1 km fra anlegget. Dette vil kunne oppstå ved sterk vind og god vertikal blanding.

Det er ikke oppgitt tall for kontinuerlig fakling, men fakling kan forekomme ved oppstart og uregelmessigheter i driften av anlegget. Beregningene viser at selv om det kan slippes ut store mengder NO_x i visse perioder, vil røykgassens løft være så stor at bakkekonsentrasjonene blir lave. Maksimal timemiddelkonsentrasjon av NO_x er beregnet til å være 8,2 µg/m³ i en avstand på ca. 10 km fra kilden ved nøytrale stabilitetsforhold.

Ut fra tidligere beregninger kan man si at utslipp av nitrogenoksider fra anlegget vil forårsake produksjon av ozon, men at økningen er relativt liten. Ozon-timemiddelkonsentrasjonen i bakkenivå vil anslagsvis øke mellom 1-4 µg/m³ i det mest belastede området.

Langtidskonsentrasjoner

Maksimalkonsentrasjonen av NO_x (regnet som NO₂) midlet over ett år i bakkenivå blir 0,5 µg/m³ og vil forekomme 1-2 km nordøst for anlegget. Belastningen fra LNG-anlegget på Melkøya vil utgjøre ca 1% av det anbefalte luftkvalitetskriteriet for halvårsmiddelkonsentrasjon av NO₂ på 50 µg/m³.

Avsetning av nitrogenforbindelser

Avsetning av nitrogenforbindelser kan foregå ved tørravsetning og ved våtavsetning. Avsetningen av nitrogen i området i dag er under 200 mg N/m² pr. år (SFT, 1998 og 2000), og ble målt til å være 75 mg N/m² i 1992. Den maksimale avsetningen fra LNG-anlegget er beregnet til 15,8 mg N/m². Denne avsetningen vil være et stort bidrag i forhold til langtransportert avsetning i området, men lav sett i forhold til naturens tålegrense.

Utslipp av klimagasser

Utslippene av klimagasser fra anleggene har ubetydelig virkning på det globale klima, men utslippene av CO₂ og metan vil påvirke Norges oppfølging av internasjonale forhandlinger og utslippsreducerende avtaler. Utslipp av NO_x og VOC er regulert av avtaler under konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger i Europa (CLRTAP). Der har Norge forpliktet seg til å redusere utslippene av VOC med 30% og stabilisere NO_x-utslippene. Avtalen gjelder ikke VOC nord for 62°. Forhandlinger av nye begrensninger av utslipp er under forberedelse.

Innspill til konsekvensanalyse for Snøhvitfeltet og Melkøyaterminalen.

Utslipp til luft

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statoil utredet virkningen på luftkvaliteten og avsetninger av nitrogenforbindelser som følge av utslipp til luft fra etablering av en gassterminal på Melkøya utenfor Hammerfest. Arbeidet har bestått i å etablere luftforurensningsbildet slik det er i dag og beregne hvordan utslippene fra LNG-anlegget og utbyggingen av Snøhvitfeltet vil påvirke luftkvaliteten i området. Installasjonene for Snøhvitfeltet er planlagt å være på havbunnen, slik at det ikke vil være utslipp til luft fra aktiviteten offshore i driftsfasen. For Snøhvitfeltet er det derfor bare tatt med utslipp i anleggsfasen.

2 Anbefalte luftkvalitetskriterier

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenligne målte og beregnede konsentrasjoner med luftkvalitetskriterier eller grenseverdier for luftkvalitet. SFT har utarbeidet anbefalte luftkvalitetskriterier for de mest alminnelig forekommende forurensningskomponentene svoveldioksid (SO₂), svevestøv, nitrogendioksid (NO₂), ozon (O₃), karbonmonoksid (CO) og fluorid(F).

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for de stoffene som er vurdert i denne rapporten er gitt i Tabell 1.

Et forkortet sammendrag fra SFT-rapport nr. 92:16 er gjengitt nedenfor:

"SFT har på grunnlag av litteraturstudier beskrevet sammenhengen mellom luftforurensninger og skadevirkninger på helse og vegetasjon (dose effekt-forhold) 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.

Tabell 1: Anbefalte luftkvalitetskriterier (SFT, 1992).

Komponent	Måleenhet	Virkningsområde	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

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 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 luftkvalitetskriterier 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.

Ved fastsettelse av de helsebaserte luftkvalitetskriteriene er det benyttet usikkerhetsfaktorer på mellom 2 og 5. Dette betyr at eksponeringsnivåene må være 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 definitivt er helseskadelige, men det kan heller ikke utelukkes effekter hos spesielt sårbare individer, selv ved nivåer under anbefalte luftkvalitetskriterier.

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

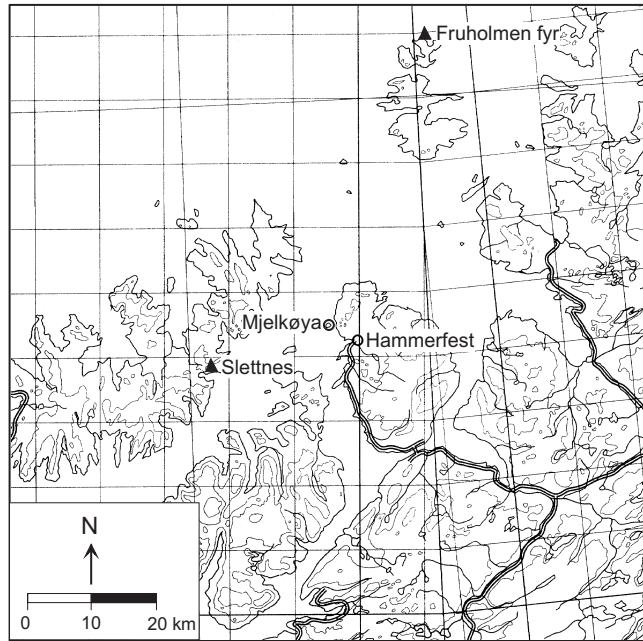
I "Forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy" har Regjeringen i 1997 fastsatt grenseverdier for kartlegging og tiltak. Det skal gjennomføres kartlegging og tiltaksutredning når timemiddelverdi av NO₂ er over 200 µg/m³ og når døgnmiddelverdi av PM₁₀ er over 150 µg/m³. Nasjonale krav for gjennomføring av tiltak er tilsvarende 300 µg/m³ for NO₂ (timemiddelverdi) og 300 µg/m³ for PM₁₀ (døgnmiddelverdi). Grenseverdiene i forskriften er til dels betydelig høyere enn de anbefalte luftkvalitetskriteriene, særlig for PM₁₀.

SFT har i tillegg et krav til nye anlegg, at bidraget fra anlegget ikke skal overstige 50% av anbefalt luftkvalitetskriterium etter at bakgrunnsverdien er trukket fra.

3 Førsituasjonen

3.1 Forurensningssituasjonen før utbygging

Den eksisterende luftforurensningssituasjonen i området rundt Melkøya er stort sett influert av langtransportert luftforurensning, muligens noe influert av skipstrafikk og av lokal luftforurensning fra Hammerfest. Det ble gjennomført luftkvalitetsmålinger på Slettnes i 1992 (Tønnesen, 1993). Slettnes ligger på Sørøya, ca. 20 km vest for Hammerfest (Figur 1).



Figur 1: Lokalisering av målesteder for luftkvalitet og meteorologi.

Målinger av innholdet av nitrøse gasser i luft utført i 1991-92 viser at det midlere nivået ved Slettnes er meget lavt. Årsmiddelkonsentrasjonen av nitrogendioksid målt på Slettnes var $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den høyeste målte døgnmiddelkonsentrasjonen av NO_2 var $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Døgnprøvene for SO_2 lå stort sett under deteksjonsgrensen for målemetoden. Der konsentrasjonen er under deteksjonsgrensen, er verdien ved beregning av middelverdier satt til halve deteksjonsgrensen. Årsmiddelkonsentrasjonen av SO_2 var under $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og den høyeste målte døgnmiddelkonsentrasjonen av SO_2 var $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Målingene viser at det innenfor det generelt svært lave forurensningsnivået forekommer "episoder" med litt høyere konsentrasjoner. For svovelkomponentene (SO_2 og sulfat) forekom disse sent på høsten og kan ha sammenheng med oljefyring, mens for nitrogenkomponentene (nitrat og ammonium) forekom de høyeste verdiene i mai og kan være knyttet til gjødsling.

Avsetning og effekter av langtransporterte luftforurensninger slik som ozon, svovel og nitrogen følges gjennom Statens forurensningstilsyns (SFT) "Statlig program for forurensningsovervåking". I dette programmet er NILU ansvarlig for overvåking av atmosfæriske tilførsler. Gjennom dette programmet har NILU lange og omfattende måleserier for alle deler av landet. Resultatene fra overvåkingen rapporteres årlig i en rapportserie fra SFT (SFT, 2000).

Tabell 2 og Tabell 3 viser en statistikk over målingene av O_3 ved Karasjok i 1999 (SFT, 2000). Karasjok er den nærmeste målestasjonen for ozon. Stasjonen ligger ca. 150 km sør for Hammerfest og gjenspeiler et innlandsklima, mens Hammerfest ligger ved kysten. Den nærmeste målestasjonen som er nærmere kysten er Kårvatn, som ligger 70 km sørøst for Kristiansund. Denne stasjonen

ligger imidlertid for langt sør for å brukes som referanse. Forskjellen på O₃-konsentrasjoner mellom kyst og innland er at om natten vil konsentrasjonene være lavere i innlandet enn ved kysten. Maksimal døgnkonsentrasjon vil imidlertid, på grunn av avsetningen til bakken, være sammenlignbar.

Målingene på Karasjok viste at det var 105 overskridelser av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for timemiddelverdi av O₃ på 100 µg/m³ (helse), men ingen overskridelser av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for timemiddelverdi av O₃ på 150 µg/m³ (vegetasjon). Den høyeste timemiddelverdien i perioden var 112 µg/m³. SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for middelvei over 8 timer, 80 µg/m³ for helse er overskredet for 101 døgn i måleperioden. Grensen for vegetasjon (60 µg/m³) er overskredet 119 døgn i vekstsesongen. Kriteriet basert på akkumulert eksponering over terskelverdien 40 ppb (80 µg/m³) (AOT40) over 3 mnd. for beskyttelse av landbruksvekster som har en grenseverdi på 3000 ppb/timer, ble beregnet til 579 ppb/t. Det forventes at gjennomsnittlig O₃-konsentrasjon og AOT40 målt på Karasjok vil være noe lavere enn på Melkøya, mens den høyeste timemiddelverdien vil sannsynligvis være sammenlignbar.

Ozon skyldes i hovedsak langtransporterte forurensninger.

Tabell 2: Statistikk over måleresultater av O₃ ved Karasjok i perioden januar 1999 - desember 1999. (SFT, 2000).

Statistikk for ozon	Karasjok
1999	O₃
Middelvei (µg/m ³)	65
Antall døgn med en eller flere 8h-middelveier >80 µg/m ³	101
Høyeste timemiddelvei (µg/m ³) 97-06-09	112
Antall timemiddelveier >100 µg/m ³	105
Antall døgn med en eller flere timemiddelveier >100 µg/m ³	16
Antall timemiddelobservasjoner	8 480
Antall døgn med minst 12 godkjente timemiddelobservasjoner	357
15. mai - 15 august 1999	O₃
Beregnete eksponeringsdoser: AOT40 (enhet ppb/h) for landbruksvekster	579
April 1999–september 1999 (vekstsesong)	O₃
Antall døgn med en eller flere 8h-middelveier >60 µg/m ³	119

Tabell 3: Månedsmiddelveier (µg/m³) for ozon, 1999.

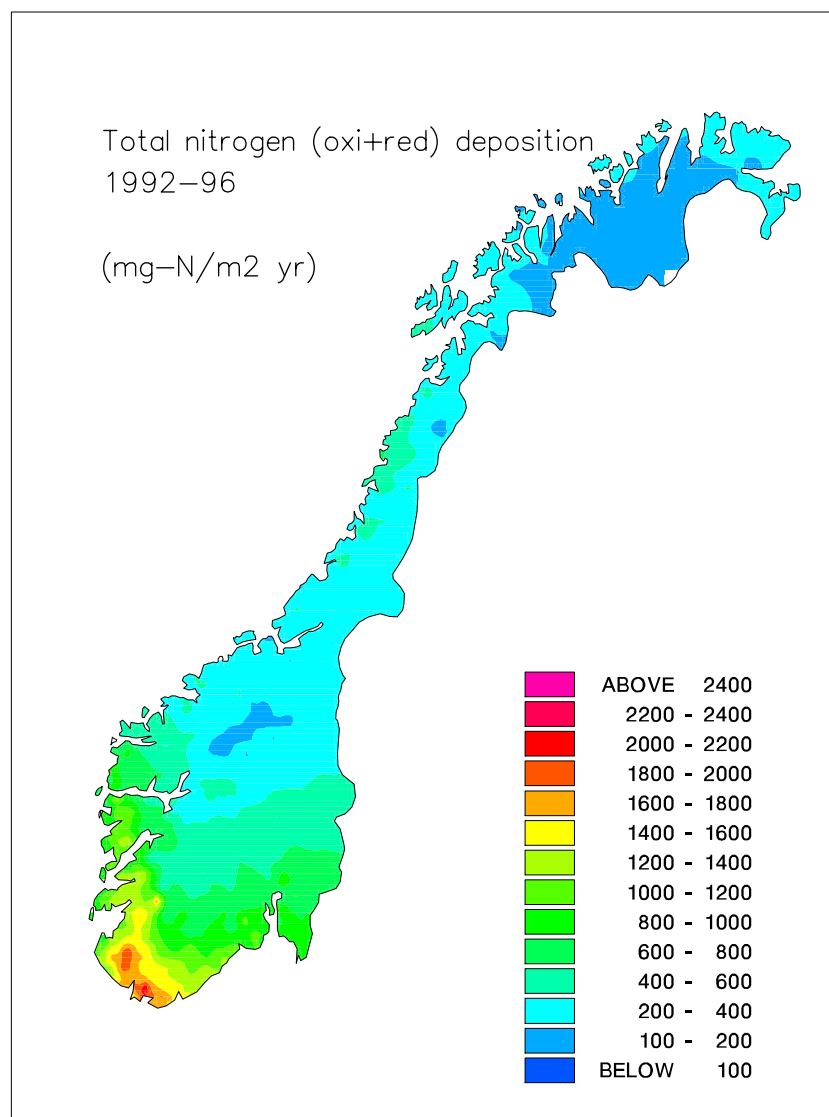
Målested	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Års-middel
Karasjok	62	72	85	90	77	66	52	46	53	53	57	64	65

N-avsetningen i Norge er høyest i sørvestlige deler av landet (opptil 2 500 mg N/m²/år) og avtar gradvis nordover (Figur 2). Nord for Bodø er N-avsetningen generelt svært lav (<200 mg/m²/år). Tabell 4 viser årlig våtavsetning for N på noen norske bakgrunnsstasjoner i 1999. Av figuren og tabellen kan man se at Finnmark ligger i et av de områdene i Norge med lavest N-avsetning. Avsetningen av svovelforbindelser ved nedbør ble målt i 1999 til å være 84 mg S/m² pr. år ved Karasjok. Dette var den laveste verdien målt i Norge i 1999. Den forholdsvis større avsetningen av svovelforbindelser på Karpdalen og Svanvik skyldes store utslipp fra Nikel og Zapoljarnij på russisk side.

Tabell 4: *Våtavsetning av nitrogen (nitrat og ammonium) og svovel (sulfat) ved noen målestasjoner i Finnmark i 1997 (data fra SFT, 1998).*

Våtavsetning av nitrat og ammonium i mg N/m ² pr. år 1999				
Nedbørstasjon	Nitrat	Ammonium	Total våtavsetning av N	Total våtavsetning av S
Karasjok	50	56	106	84
Karpbukt	72	73	145	198
Svanvik	59	84	143	167

Den målte våtavsetningen av N på Slettnes i perioden februar-desember 92 var 75 mg N /m² (Tønnesen, 1993).



Figur 2: Avsetning av total nitrogen (oksidert+redusert) i perioden 1992-1996 (Tørseth og Semb, 1997).

4 Spredningsforhold og meteorologi

NILU har gjort en vurdering av konsentrasjoner i luft og avsetning til bakke av nitrogenforbindelser fra den planlagte gassterminalen på Melkøya.

Spredning og avsetning blir beregnet ved hjelp av gaussiske spredningsmodeller (CONCX og CONDEP) (Böhler,1997) og puff-trajektoriemodellen INPUFF (Knudsen og Hellevik, 1992). Meteorologiske data som vindretning, vindstyrke, lufttemperatur, atmosfærisk stabilitet og nedbørsdata benyttes i modellen.

4.1 Datatilgjengelighet

Meteorologiske data innsamlet på Slettnes i 1992 (Tønnesen, 1993), data fra Fruholmen fyr og data innsamlet på Melkøya i 1998 (Statoil) er lagt til grunn for å vurdere de meteorologiske forholdene lokalt og regionalt i området.

4.1.1 Slettnes

Det ble målt meteorologi og spredningsforhold i perioden januar til og med desember 1992 på Slettnes på Sørøya (Figur 1), (Tønnesen, 1993).

Måleprogrammet for meteorologi omfattet målinger av vindstyrke med vindkast og vindretning, temperatur og vertikal temperaturdifferanse, samt luftfuktighet. Datatilgjengelighet for hver måned for hver parameter er gitt i Tabell 5.

Tabell 5: *Datatilgjengelighet [%] for meteorologiske målinger på Slettnes januar-desember 1992.*

Periode	Hor. Vindstyrke 10 m	Vindkast 10 m	Vindretn . 10 m	Temp. 10 m	Temp diff. 10-2 m*	Temp. 2 m	Nedbør-intensitet	Relativ fuktighet 2 m
Januar	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	88,2	
Februar	85,2	85,2	85,2	85,2	84,8	85,1	85,1	
Mars	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	88,6	55,6
April	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	94,2	96,7
Mai	96,5	95,2	95,7	96,5	96,5	96,5	92,9	96,5
Juni	87,1	87,1	87,1	87,1	87,1	87,1	81,4	87,1
Juli	94,5	94,5	94,5	94,5	94,4	94,5	89,7	94,5
August	93,3	93,0	93,1	93,3	93,3	93,3	87,4	93,3
September	98,1	98,1	98,1	98,1	98,1	98,1	96,2	98,1
Oktober	96,6	96,5	96,5	96,6	94,4	96,6	96,1	96,6
November	100,0	98,5	98,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desember	90,6	15,2	15,9	90,6	90,6	90,6	90,3	90,6

* temperaturdifferanse mellom 10 meter og 2 meter over bakken.

4.1.2 Fruholmen fyr

Fruholmen fyr er den nærmeste meteorologiske målestasjonen drevet av Meteorologisk institutt til Slettnes og Melkøya (Figur 1). Data har vært innsamlet fra januar 1954 frem til dags dato. Vind, temperatur, trykk, nedbør, relativ fuktighet, samt manuelle observasjoner blir samlet inn fire ganger i døgnet. Vinddata for årene 1992, 1998, 15 års-normalen 1961-1975 og 42 års-normalen 1957 til 1998 er brukt som grunnlag for vurderingen av representativitet.

4.1.3 *Melkøya*

Statoil samlet inn meteorologiske data på Melkøya (Figur 1) i perioden 02.12.1997 til 15.12.1998. Måleprogrammet omfattet vind, lufttemperatur, relativ fuktighet, nedbør og lufttrykk. Statoil har utarbeidet langtidsmiddel (1957-1998) for vind basert på data innsamlet på Fruholmen fyr, Melkøya og Hammerfest Radio.

4.2 Representativitet av vinddata

4.2.1 *Vindretning*

Sammenligning av data innsamlet på Slettnes i 1992 (Tønnesen, 1993), data fra Fruholmen fyr, samt data innsamlet på Melkøya i 1998 (Statoil) er lagt til grunn for vurdering av representativiteten av vindretningsdata fra Slettnes.

Vinddata innsamlet på Fruholmen fyr i 1992 var i rimelig overensstemmelse med normalen (Figur 3). Både Melkøya og Fruholmen fyr var i 1998 dominert av mer vind fra østlig og sørøstlig retning enn normalt (se vedlegg B)

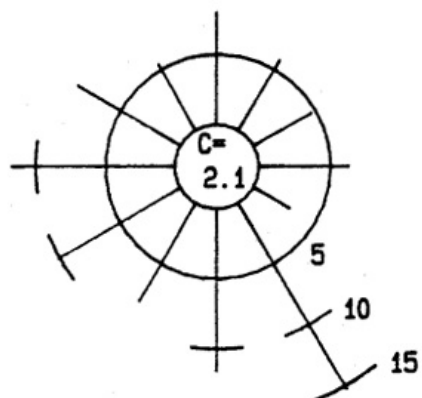
Alle tre stasjonene er sannsynligvis påvirket av lokale effekter.

Vindretningsfordelingen på Slettnes viser at sørvest (240°) og vest (270°) var de mest forekommende vindretningene i måleperioden (Figur 4). Vind fra vestlig retning forekommer oftere på Slettnes enn på Melkøya og Fruholmen (Figur 4, Figur 5 og Figur 3). Vest og sørvestlig retning opptre ca 10 % oftere på Slettnes enn på Melkøya. Vind fra sørøstlig retning forekom henholdsvis ca 10% og 20% sjeldnere på Slettnes enn på Fruholmen fyr og Melkøya (Figur 4, Figur 3 og Figur 5).

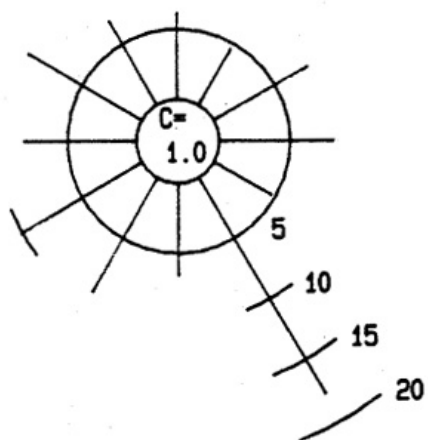
I området utenfor Hammerfest er det to dominerende vindretninger som skyldes generelle topografiske føringer og det generelle vindklimaet i området. Dette viser seg i en økt hyppighet av vind fra sør og sørvest på Slettnes og fra sørøst på Melkøya. Fruholmen fyr ligger relativt fritt i terrenget. Topografien har sannsynligvis mindre innvirkning på de meteorologiske målingene på denne stasjonen i forhold til Melkøya og Slettnes.

Ut fra analysen ovenfor ser man at vindforholdene både Melkøya og Slettnes er påvirket av lokal topografi. Den estimerte retningsfordelingen av utslippene vil være forskjellig avhengig av hvilke data man benytter. Data fra Fruholmen fyr ville sannsynligvis gitt det beste estimatet av transportretning av utslippene regionalt. Slettnes er den eneste målestasjonen i området som har samlet inn alle meteorologiske parametrene som benyttes i modellen. Data innsamlet på Slettnes i 1992 er derfor brukt i denne utredningen. Konsentrasjonene vest og nordvest for Melkøya vil kunne være noe overestimert ved bruk av Slettnes-data. Nordøst kan konsentrasjonene derimot være noe underestimert.

FRUHOLMEN FYR
1 1 92 - 31 12 92

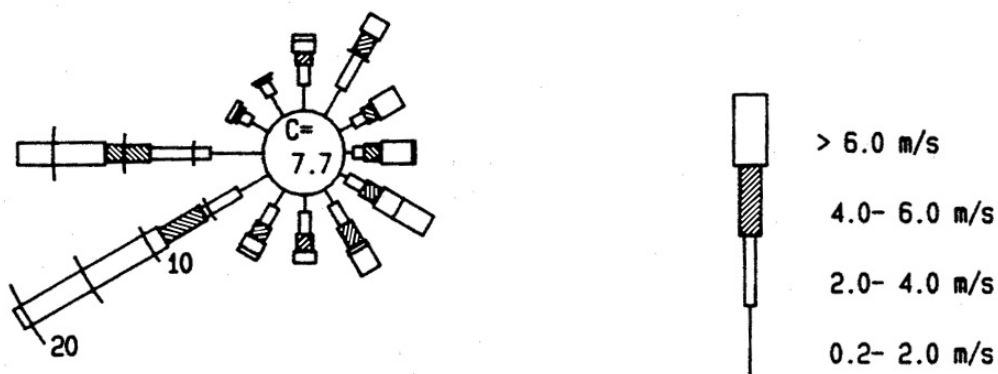


FRUHOLMEN FYR
1 1 61 - 31 12 75

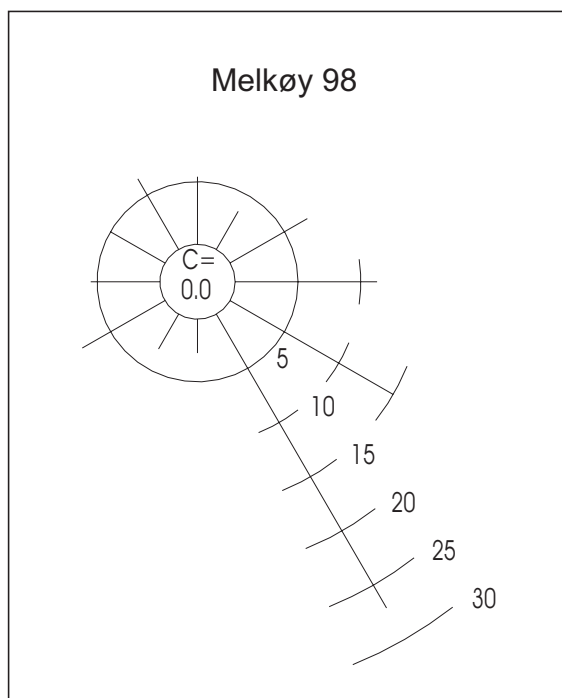


Figur 3: Vindretningsfordelinger fra Fruholmen fyr for måleperioden og årsmiddel for 15-års perioden 1960-1975.

STASJON : SLETTNES
PERIODE : 1. 1.92 - 31.12.92



Figur 4: Vindrose for Slettnes for hele måleperioden.



Figur 5: Vindrose for Melkøya 1998.

4.2.2 Vindstyrke

Tabell 6 viser midlere vindstyrke for 12 vindretningssektorer på Fruholmen fyr i måleperioden og i 1-års perioden. Tabellen viser som forventet at vindstyrkeforholdene i måleperioden var litt lavere enn 15-års midlere vindstyrke.

Tabell 6: Midlere vindstyrke (m/s) for 12 vindretningssektorer på Fruholmen fyr 1992 og 1960-1975.

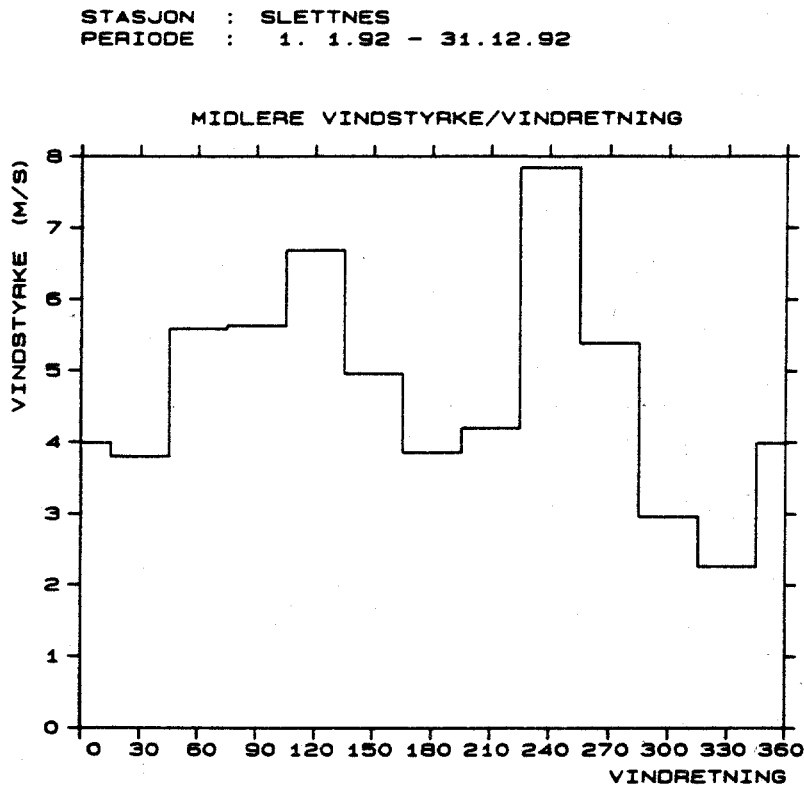
Periode	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	Alle
1992	6,7	5,8	4,7	4,9	5,5	6,3	6,3	7,9	9,5	7,5	6,7	8,2	6,9
1960-75	8,2	8,2	6,9	7,1	7,1	6,9	7,5	9,5	11,2	10,1	9,2	8,0	8,2

Midlere vindstyrke for hver årstid på Slettnes og for Fruholmen fyr er vist i Tabell 7. Vindstyrken på Slettnes er som ventet gjennomgående lavere enn på Fruholmen.

Tabell 7: Midlere vindstyrke (m/s) for hver årstid for Slettnes og Fruholmen fyr i perioden januar 1992-desember 1992.

Sted	Sommer	Høst	Vinter	Vår	År
Slettnes	4,3	4,9	5,2	5,7	5,1
Fruholmen fyr	7,1	9,0	10,3	8,5	8,7

I Figur 6 er midlere vindstyrke for 12 vindretningssektorer vist for Slettnes. Figuren viser at middelvindstyrken var størst for vind fra 225-255 grader, og nest størst for vind fra 105-135 grader.



Figur 6: Midlere vindstyrke for 12 vindretningssektorer på Slettnes. Hele måleperiode.

4.3 Spredningsforhold i måleperioden

Atmosfærisk spredningsevne kan uttrykkes ved luftas stabilitet. Denne kan inndeles i fire klasser; ustabil, nøytral, lett stabil og stabil sjiktning.

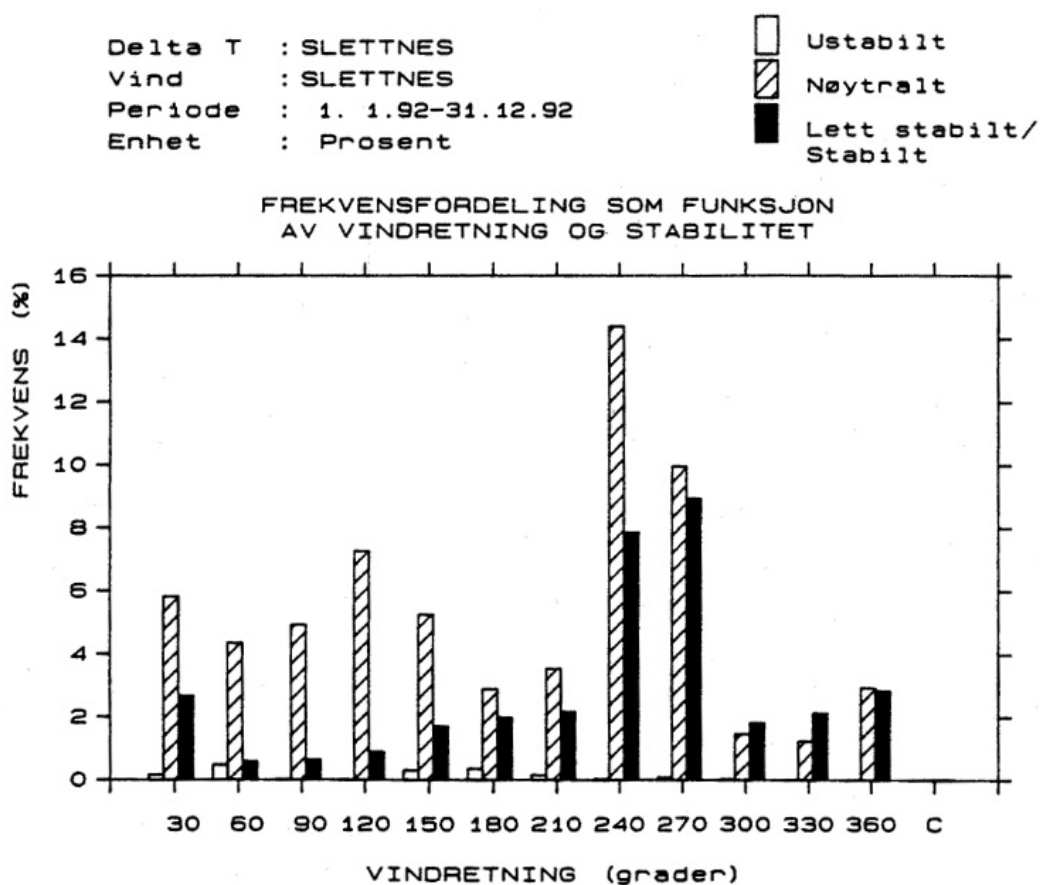
Vurdering av stabilitetsforholdene er basert på timevise målinger av temperatur-differansen (dT) mellom 10 og 2 meter over bakken. Fire stabilitetsklasser er definert på følgende måte:

Ustabil sjiktning (U) :		dT < 0,5	°C
Nøytral sjiktning (N) :	-0,5	<dT < 0,0	°C
Lett stabil sjiktning (LS) :	0,0	<dT < 0,5	°C
Stabil sjiktning (S) :	0,5	<dT	°C

Ustabile forhold forekommer oftest om sommeren og om dagen når bakken blir varmere enn luftlaget over. Stabile forhold forekommer oftest om vinteren og om natta når bakken blir kaldere enn luftlaget over. Nøytrale forhold forekommer ved overskyet vær og middels til sterk vind. Ustabile og nøytrale forhold gir god spredning av utslipp, mens stabile forhold gir dårlig spredning av utslipp.

Stabilitetsmålingene basert på temperaturdifferansen i masta på Slettnes gjenspeiler lokal strålingsbalanse som funksjon av tid på døgnet for sommerperioden. For vinterperioden gjenspeiler stabilitetsmålingene liten variasjon i innstråling/utstråling og mindre variasjon i stabiliteten på grunn av nærhet til åpent vann.

Stabilitet som funksjon av vindretningen fordelt på 12 sektorer for hele måleperioden er vist i Figur 7. Figuren viser at stabil sjiktning forekommer oftest ved vindretninger fra vest til nord, og nøytral sjiktning forekommer oftest ved vindretning fra nordøst til sørvest.



Figur 7: Forekomst av ustabil, nøytral og stabil sjiktning for hele måleperioden fordelt på 12 vindsektorer.

Statistisk bearbeidelse av vind og stabilitet for måleperioden er vist i Tabell 8. Tabellen viser forekomst av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil og stabil) sjiktning fordelt på vindretning i 12 sektorer og fire vindstyrkeklasser.

Tabell 8: Forekomst av vindretning, vindstyrke og stabilitet under måleperioden 1992 på Slettnes.

Delta T : SLETTNES
 Vind : SLETTNES
 Periode : 01.01.92 - 31.12.92
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < - .5 Grader C
 Klasse II: Nøytral - .5 < DT < .0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil .0 < DT < .5 Grader C
 Klasse IV: Stabil .5 < DT Grader C

Vindstille: U mindre eller lik .2 m/s

Vind- retning	.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
30	.0	1.1	1.3	.1	.1	2.1	.7	.1	.0	1.3	.4	.0	.1	1.3	.1	.0	8.7	
60	.0	.8	.3	.1	.2	.8	.1	.0	.2	.7	.0	.0	.0	2.1	.0	.0	5.4	
90	.0	.4	.2	.0	.0	.7	.2	.0	.0	1.3	.1	.0	.0	2.6	.1	.0	5.6	
120	.0	.4	.2	.0	.0	1.3	.2	.0	.0	1.3	.1	.0	.0	4.3	.2	.1	8.2	
150	.1	.7	.4	.0	.1	1.5	.2	.0	.0	1.4	.4	.1	.0	1.7	.5	.1	7.3	
180	.1	.6	.4	.1	.2	.7	.8	.0	.0	.9	.4	.0	.0	.6	.2	.0	5.2	
210	.0	.5	.9	.1	.1	1.0	.5	.0	.0	1.0	.2	.0	.0	1.1	.4	.0	5.9	
240	.0	.8	1.8	.2	.0	1.5	1.7	.0	.0	2.6	1.0	.0	.0	9.6	3.1	.1	22.3	
270	.0	1.3	2.6	.2	.0	1.8	2.9	.0	.0	2.2	1.3	.0	.1	4.7	1.9	.0	19.0	
300	.0	.5	1.0	.0	.0	.4	.5	.0	.0	.3	.2	.0	.0	.3	.1	.0	3.3	
330	.0	.6	1.2	.0	.0	.4	.7	.0	.0	.2	.2	.0	.0	.1	.0	.0	3.4	
360	.0	.5	1.4	.1	.0	.7	.8	.1	.0	.7	.2	.0	.0	1.0	.3	.0	5.8	
Stille	.0	.0	.0	.0													.0	
Total	.3	8.2	11.8	.9	.8	12.7	9.3	.3	.4	13.8	4.6	.2	.2	29.3	6.9	.3	100.0	
Forekomst		21.2 %				23.1 %				18.9 %				36.8 %				100.0 %
Vindstyrke		1.2 m/s				3.0 m/s				5.0 m/s				9.8 m/s				5.5 m

Fordeling på stabilitetsklasser

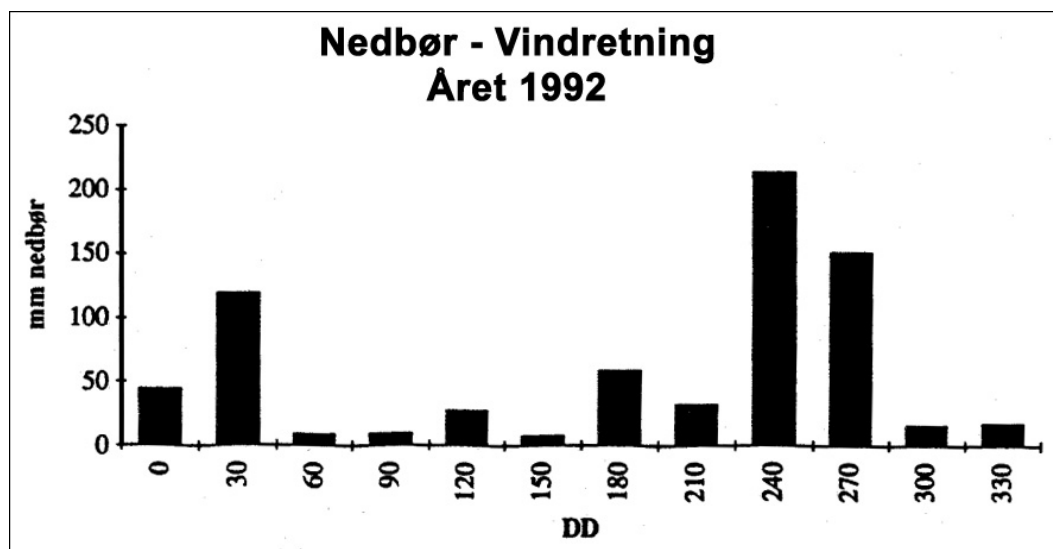
	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	
Forekomst	1.6 %	64.1 %	32.6 %	1.7 %	100.0 %

4.4 Nedbør

I måleprogrammet ble det registret nedbørintensitet hver time og nedbørmengde i mm pr uke. Månedsvise nedbørmengde er sammenlignet med normalen for Fruholmen fyr 1957-90.

Sammenlignet med Fruholmen var det mindre nedbør enn normalt om vinteren, og mer nedbør enn normalt i juni, juli og oktober.

Forekomst av nedbør fordelt på 12 vindsektorer for hele måleperioden er vist i Figur 8.



Figur 8: Forekomst av nedbør fordelt på 12 vindsektorer på Slettnes for perioden januar 1992- desember 1992.

I Tabell 9 er nedbørsummen for vindretningssektoren vist sammen med gjennomsnittlig nedbørmengde pr. time, med vind i sektoren. Dette kan ses på som et mål for nedbørhyppighet for vindretningssektoren.

Tabell 9: Årsnedbør på vindretningssektorer for Slettnes. Prosentvis forekomst av vind i sektor i 1992, sum nedbør for vindsektor i 1992, beregnet middelnedbør 1957-90, og en nedbørhyppighet for sektor 1992.

Sektor	Forekomst av vind i sektor (%)	mm nedbør i sektor 1992	Nedbørfordeling for 1957-90 Fruholmen	mm nedbør i sektor pr. time vind
0	5,8	44,3	62,8	0,084
30	8,7	118,7	56,6	0,156
60	5,4	9,3	37,7	0,020
90	5,6	9,4	51,5	0,019
120	8,2	27,3	40,2	0,038
150	7,3	7,7	29,1	0,012
180	5,2	58,5	39,5	0,128
210	5,9	31,9	105,2	0,062
240	22,3	213,5	184,9	0,109
270	19,3	150,1	114,6	0,090
300	3,3	16,1	49,5	0,056
330	3,4	17,3	43,7	0,058
Sum	100,0	704,0	818,6	0,080*

* Totalt for året

Tabellen viser at i måleperioden var det mer nedbør i vindretningssektorene 30 grader, 180 grader, 240 grader og 270 grader enn i den estimerte nedbørfordelingen. Disse retningene hadde også mest nedbør pr. time vind i sektoren.

5 LNG-anlegget på Melkøya

5.1 Utslippsmengder og utslippsbetingelser

Forbrenning av hydrokarboner forårsaker utslipp til luft av blant annet karbondioksid (CO₂), karbonmonoksid (CO), nitrogenoksider (NO_x) og uforbrente hydrokarboner. Gass fra Norsk sokkel inneholder normalt lite svovel og tungmetaller.

Det er vurdert utslipp fra en turbin som slipper ut 19,2 g/s NO_x. Turbinen vil være utstyrt med lav NO_x-teknologi. Operasjonstiden være på 340 dager i året, dvs. 8 160 timer. Utslippene fra turbinen er oppsummert i Tabell 10.

Tabell 10: Utslipp til luft fra turbinen for LNG-anlegg på Melkøya.

CO ₂ (t/år)	653 500
NO _x (som NO ₂ , t/år)	563
CH ₄ (t/år)	-
CO (t/år)	-
VOC (t/år)	-

Utslippsbetingelsene for LNG-anlegget på Melkøya er gitt i Tabell 11.

Tabell 11: Utslippsbetingelser for et LNG-anlegg på Melkøya. Turbinen vil ha to skorsteiner.

	Enhet	
		1 turbin
Utslippsmengde NO _x (som NO ₂)	g/s	19.2*
Skorsteinshøyde	m	35
Skorsteinsdiameter	m	4.5
Røykgasstemperatur	°C	214
Utslippshastighet	m/s	17,5

* 15 vol% O₂ og tørrgass, utslippet av NO_x er regnet som NO₂.

Fakler

Det er ikke planlagt kontinuerlig fakling fra anlegget. Fakling kan skje i nødtilfeller noen timer i året. I disse tilfellene har Statoil satt opp fakling av 415 tonn hydrokarboner per time. Dette gir ca. 0,83 tonn NO_x-utslipp i timen og ca. 4,2 tonn VOC i timen, hvis en antar at 1% av hydrokarbonene er uforbrent.

Utslippsfaktoren som ligger til grunn for antydningen av NO_x utslipp fra fakler presentert her baserer seg på en rapport av Sintef (Bjerve et al., 1991). Utslippsfaktoren er antatt som ca. 2 g NO_x per kg forbrente hydrokarboner.

5.2 Spredningsberegninger

Det er utført spredningsberegninger for å kartlegge bidraget fra planlagt LNG-anlegg på Melkøya ved Hammerfest. Det er utført beregninger for bidraget til den

maksimal timemiddelkonsentrasjonen av nitrogendioksid, bidraget til konsentrasjonen midlet over ett år og avsetning av nitrogen lokalt og regionalt som følge av utslipp fra turbinene.

Beregninger av maksimale timemiddelkonsentrasjoner gjøres med NILUs gaussiske spredningsmodeller (Bøhler, 1987), som beregner timemiddelkonsentrasjon som funksjon av avstand fra kilden for en rekke meteorologiske situasjoner. Kritiske meteorologiske situasjoner for området blir valgt, og de maksimale timemiddelverdiene sammenholdes med anbefalte kriterier for luftkvalitet.

Spredningsmodellen for langtidsmiddelverdier fordeler de meteorologiske situasjonene i fire vindstyrkeklasser, fire atmosfæriske stabilitetsklasser og tolv 30°-vindretningssektorer. Langtidsmiddelkonsentrasjon som funksjon av avstand er beregnet for hver 30°-sektor på grunnlag av den meteorologiske statistikken for perioden januar 1992–desember 1992 på Slettnes.

Avsetning av nitrogenforbindelser kan deles inn i avsetning ved nedbør (våt-avsetning) og avsetning ved opptak av planter og overflater (tørravsetning).

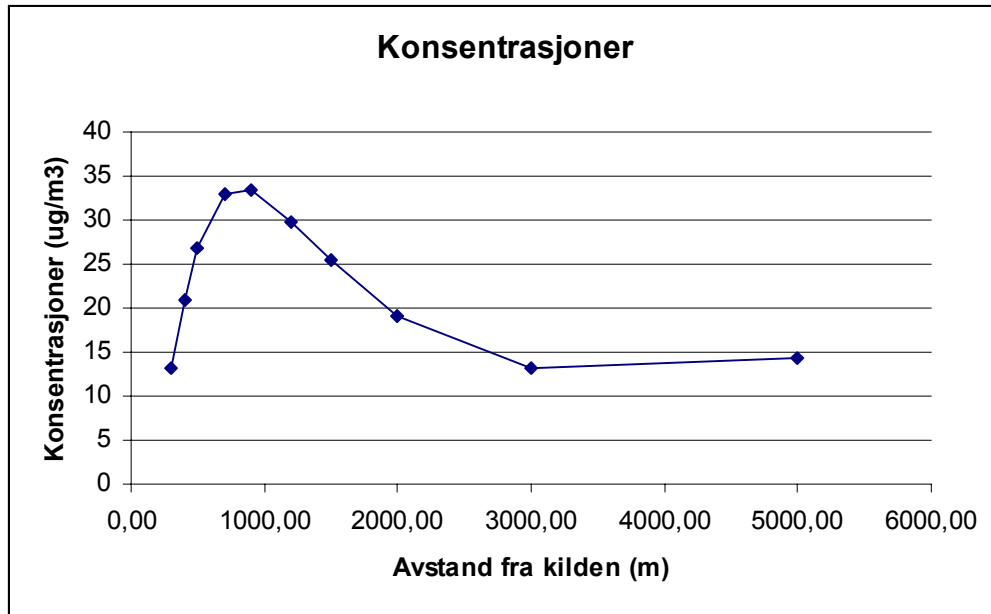
Tørravsetningen er avhengig av konsentrasjonene i bakkenivå og er beregnet på grunnlag av en antatt avsetningshastighet og beregnede konsentrasjoner i bakkenivå.

Våtavsetningen er beskrevet ved en puff-trajektoriemodell (INPUFF), som beregner kjemisk transformasjon fra nitrogenoksider til nitrat ved reaksjoner med ozon. Modellen beregner avsetningen ved nedbør av nitrogenforbindelser og trenger timevise data for meteorologi, spredning og utslipp i tillegg til nedbør.

5.2.1 *Maksimal timemiddelkonsentrasjon*

5.2.1.1 *Turbiner*

Det ble beregnet maksimal timemiddelkonsentrasjon av NO_x fra turbinene. Figur 9 viser maksimal timemiddelkonsentrasjon av NO₂ for de mest kritiske kombinasjonene av vindstyrke og stabilitet.



Figur 9: Maksimal timemidlet bakkekonsentrasjon av NO_x (regnet som NO_2), for utslipp fra turbiner til LNG-anlegg, som funksjon av avstand fra kilden. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Den maksimale timemiddelkonsentrasjonen av nitrogenoksider, som følge av utslipp fra Melkøyaterminalen, vil være $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og komme i underkant av 1 km fra anlegget. Dette vil forekomme med sterk vind og nøytrale atmosfæriske stabilitetsforhold.

5.2.1.2 Fakler

Det ble beregnet maksimal timemiddelkonsentrasjon av NO_x fra de forskjellige faklene for nødtilfeller. For disse beregningene har vi antatt følgende:

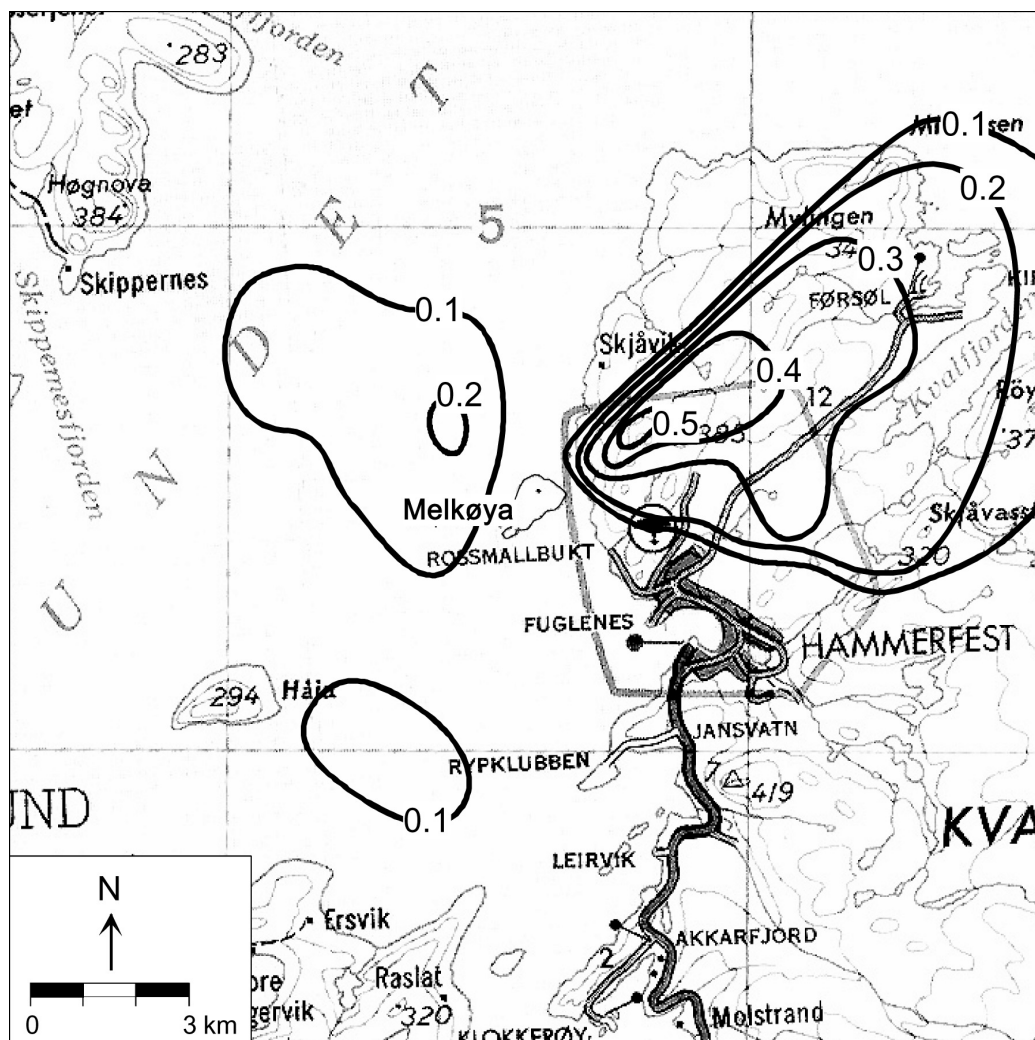
1. Tettheten av de forbrente hydrokarboner er ca. $0.74 \text{ kg}/\text{Sm}^3$.
2. Det trenges ca. 14 m^3 luft per m^3 hydrokarboner i tillegg til 250% luftoverskudd for å oppnå fullstendig forbrenning. I spredningsberegningene for fakling er det derfor benyttet et forholdstall på 1:35 mellom rågass og røykgass.
3. Temperaturen av røykgassen er ca. 600°K .

Beregningene viser at selv om det kan slippes ut store mengder NO_x i visse perioder, vil røykgassens løft være så stor at bakkekonsentrasjonene blir lave.

For forbrenning av $415\,000 \text{ kg}$ hydrokarboner/h i nødtilfeller, ble maksimal timemiddelkonsentrasjon av NO_x beregnet til å være $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i en avstand på ca. 10 km fra kilden ved nøytrale stabilitetsforhold.

5.2.2 Langtidsmiddelkonsentrasjoner

Beregningene av langtidsmiddelkonsentrasjonene er utført på grunnlag av meteorologiske data gitt i Tabell 8 og utslippsdata for LNG-anlegget på Melkøya gitt i Tabell 11.



Figur 10: Beregnede middelveidier av nitrogenoksider som følge av utslipp til luft fra et LNG-anlegg på Melkøya. Beregningene er utført på grunnlag av meteorologiske data samlet inn på Slettnes i perioden januar 1992–desember 1992. Enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Midlere konsentrasjoner for NO_x for perioden fra januar 1992 til desember 1992 er vist i Figur 10. Figuren viser konsentrasjonsfelt som resultat av utslipp fra LNG-anlegg på Melkøya. Maksimalkonsentrasjonen av NO_x (regnet som NO_2) midlet over ett år i bakkenivå blir $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og vil forekomme 1-2 km nordøst for anlegget. Belastningen fra LNG-anlegget på Melkøya vil utgjøre under 1% av det anbefalte luftkvalitetskriteriet for halvårsmiddelkonsentrasjon av NO_2 på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.2.3 Avsetning av nitrogenforbindelser

Avsetning av nitrogenforbindelser kan foregå ved tørravsetning og ved våtavsetning.

Tørravsetning av gasser er avhengig av konsentrasjonen nær bakken og planters eller overflatens evne til å absorbere gasser. Tørravsetningen representeres vanligvis ved en avsetningshastighet.

Våtavsetning av gasser er sterkt avhengig av gassens løselighet i vann. NO og NO₂ er lite løselige i vann og avsettes derfor ikke ved våtavsetning. For at utslipp av nitrogenoksider skal kunne avsettes ved våtavsetning, må nitrogenoksidene omdannes kjemisk til nitrat eller salpetersyre. Nitrat er lett løselig i vann og avsettes effektivt med nedbør.

Bidraget til tørravsetningen av nitrogenforbindelser fra høye skorsteinsutslipp er lave, fordi konsentrasjonene i bakkenivå er lave, og røykfanen passerer over uten nevneverdig avsetning. Det maksimale bidraget for LNG-anlegget er beregnet til å bli 6,9 mg/m² for ett år. Den maksimale avsetningen vil komme ca 10 km øst nordøst for anlegget. Tørravsetningen er beregnet til å dekke et lite område og vil være sterkt avhengig av vegetasjonstype. Det er lite vegetasjon i området, og estimatet er derfor antagelig høyt.

Våtavsetningen er beregnet med en trajektoriemodell som regner kjemiske reaksjoner mellom NO_x, O₃ og nitrat fra time til time. Modellen tar hensyn til nedbør og nedbørintensitet.

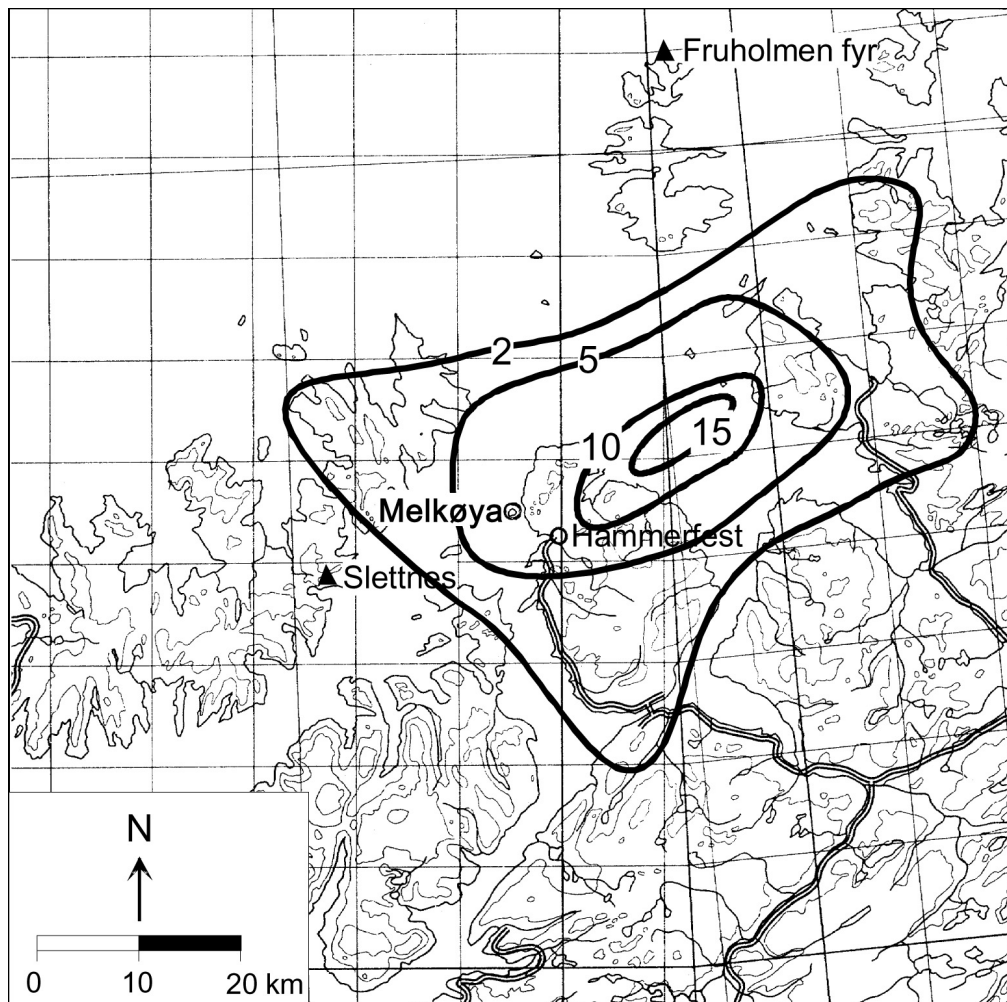
Modellen beregner bidraget fra kilder der det er gitt utslippstall og som befinner seg innenfor beregningsområdet. Dette fører til at utslipp i timer før den aktuelle beregningstimen også kan bidra til konsentrasjoner og avsetning. Dette er spesielt viktig for modeller som skal beskrive kjemiske reaksjoner der reaksjonene er langsomme og skjer over tid.

Størrelsen på våtavsetningen er avhengig av hvor mye nitrat som er tilgjengelig for avsetning. Hvor effektive de kjemiske reaksjonene er, avhenger blant annet av konsentrasjonen i røykfanen. Hvis det er dårlig spredning, skjer reaksjonene raskere. Tilgjengelig nitrat er også sterkt avhengig av at det ikke har regnet i timene før. Modellen forutsetter at alt tilgjengelig nitrat vaskes ut av røykfanen ved to mm nedbør pr. time. Den neste timen er det bare nitrat dannet i denne timen, som er tilgjengelig for utvasking.

Våtavsetningen fra LNG-anlegget på Melkøya er beregnet fra time til time for perioden fra januar 1992 til desember 1992. Det er beregnet for timer der data for meteorologi, spredningsparametere og nedbør er tilgjengelige. Dette utgjør 7 229 timer. Avsetningsberegningene er vist i Figur 11.

Den maksimale beregnede avsetningen av nitrogen for LNG-anlegget er 15,8 mg N/m² for beregningsperioden. Verdier over 10 mg N/m² dekker et område på ca. 100 km².

Avsetningen av nitrogen i området i dag er under 200 mg N/m² pr. år (SFT, 1998 og 2000), og ble målt til å være 75 mg N/m² i 1992. Denne avsetningen vil være et stort bidrag i forhold til langtransportert avsetning i området, men lav sett i forhold til naturens tålegrense.



Figur 11: Avsetning av nitrogen fra utslipp av nitrogenoksider fra LNG-anlegget på Melkøya. Enhet: mg N/m² for ett år.

5.2.4 Dannelse av bakkenært ozon

Ozon i troposfæren (nær bakken) dannes ved kjemiske reaksjoner mellom oksygen, flyktige organiske forbindelser og nitrogenoksider under påvirkning av solstråling. Ozon er den viktigste av oksidantene og forekommer i størst mengde. Ozon i troposfæren har et varierende bakgrunnsnivå og forekommer dessuten episodisk i høye konsentrasjoner. Bakgrunnsnivået er som oftest lavere enn grenseverdiene for luftkvalitet, men likevel nærmere grenseverdiene enn for de fleste andre luftforurensninger.

Målinger av ozon ved bakgrunnsstasjoner i Norge viste at midlere konsentrasjon over 7 timer (kl 09-16) for perioden fra april til september 1999 (vekstperioden)

var mellom 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på Karasjøk. Dette var noe høyere enn det anbefalte luftkvalitetskriteriet for vegetasjon, som er 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SFT, 1998).

Tidligere beregninger for utslipp på norsk sokkel viser at det er nitrogenoksid-utslippene som er begrensende faktor for dannelse av ozon i dette området. De fotokjemiske reaksjonene vil i den første fasen raskt oksydere NO til NO_2 og omdanne ozon til oksygen. Nitrogenoksidene vil så danne ozon ved reaksjoner med hydrokarboner på litt lengre tidsskala.

For en foreløpig vurdering av virkningen av ozonkonsentrasjonen, som følge av utslipp fra LNG-anlegget på Melkøya, er det tatt utgangspunkt i tidligere beregninger for et anlegg med noe lavere utslipp.

Ut fra tidligere resultater kan man si at utslipp av nitrogenoksider fra anlegget vil forårsake produksjon av ozon, men at økningen er relativt liten. Ozon-timemiddelkonsentrasjonen i bakkenivå vil anslagsvis øke mellom 1-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i det mest belastede området.

6 Snøvitfeltet

6.1 Utslippene til luft fra Snøvit i driftsfasen

Produksjonen av gass på Snøvit vil foregå ved installasjoner på havbunnen. Det vil derfor ikke være ordinære utslipp til luft i driftsfasen.

6.1.1 Anleggsfasen

Det vil være utslipp til luft fra borerigger, rørleggingsfartøy, standby-båter og helikoptertrafikk. De totale utslippene er listet i Tabell 12 og Tabell 13.

Tabell 12: Utslipp fra Snøvit (Offshore) og fra transportaktiviteter (første året). Anleggsfasen.

Virksomhetsklasse	Virksomhet	Komponent (tonn)			
		CO ₂	NO _x	VOC	CH ₄
Offshore	Diesel	0	0	0	0
	Borerigg	35 840	784	56	0
	Rørlegging	0	0	0	0
	Standby	3 642	80	6	0
	Skyttel	0	0	0	0
	Lasting	0	0	0	0
	Brønnopprensning	18 720	96	0	2
Sum		58 202	960	62	2
Transport	Supply	16 000	350	25	0
	Skyttel	0	0	0	0
	Helikopter	155	3	0	0
Sum		16 155	353	25	0
Totalt		74 356	1 313	87	2

Tabell 13: Utslipp fra Snøhvit (Offshore) og fra transportaktiviteter (andre året). Anleggsfasen.

Virksomhetsklasse	Virksomhet	Komponent (tonn)			
		CO ₂	NO _x	VOC	CH ₄
Offshore	Diesel	3 200	70	5	0
	Borerigg	35 840	784	56	0
	Rørlegging	70 992	1 553	111	0
	Standby	3 642	80	6	0
	Skyttel	0	0	0	0
	Lasting	0	0	0	0
	Brønnopprensning	18 720	96	0	2
Sum		132 394	2 583	178	2
Transport	Supply	16 000	350	25	0
	Skyttel	0	0	0	0
	Helikopter	139	3	0	0
Sum		16 139	353	25	0
Totalt		148 533	2 936	203	2

Forbrenning av hydrokarboner vil forårsake utslipp av CO₂, NO_x, CO, partikler og uforbrendte hydrokarboner. Det vil bli forskjellige utslipp i de to årene som anleggsfasen varer. Den viktigste forskjellen er utslippene knyttet til rørlegging.

Karbondioksid (CO₂)

Fra anleggsvirksomheten på Snøhvitfeltet vil det bli sluppet ut ca. 190 000 tonn CO₂. Utslippene kommer fra borerigg, rørleggingsfartøy, standby-skip og brønnopprensning. Rørleggingsfartøy og borerigg vil være de største enkeltkildene med ca. 71 000 tonn hver. I tillegg vil transport med supplybåter og helikoptre (transport til/fra Hammerfest) slippe ut 32 294 tonn CO₂. Totalt blir CO₂-utslippene i anleggsfasen ca 223 000 tonn. Utslippene vil strekke seg over anslagsvis to år.

Nitrogenoksider (NO_x)

Utslippene av NO_x i anleggsfasen er estimert til å være 4 249 tonn. Utslippene utenom transportvirksomheten vil gi et utslipp på 3 543 tonn. Transportvirksomheten er estimert til å slippe ut 706 tonn NO_x. Utslippene vil strekke seg over anslagsvis to år.

Hydrokarboner (VOC)

Totalutslipp av VOC i anleggsfasen (offshore + transport) vil være 290 tonn fordelt over to år.

Totalutslipp av metan (CH₄) vil bli 4 tonn fordelt over to år.

7 Vurdering av virkning på jordens klima

Utslippene til atmosfæren søkes begrenset av forskjellige årsaker. CO₂ og CH₄ er klimagasser som er i ferd med å endre jordas strålingsbalanse. Disse gassene har lang levetid i atmosfæren. Også andre gasser med lang oppholdstid kan påvirke strålingsbalansen, spesielt hvis deres absorpsjonsspektrum i den infrarøde delen av spekteret ikke overlapper med karbondioksid eller vanndamp. Indirekte virkninger er også mulige, blant annet vil karbonmonoksid øke oppholdstiden for metan i atmosfæren. En nærmere redegjørelse om hvordan disse gassene påvirker strålingsbalansen, og dermed klimaet, er gitt av det internasjonale vitenskapelige panelet for vurderinger av klimaendringer IPCC (Houghton, 1990).

Utslippene fra Snøhvit har ubetydelig virkning på det globale klima, men utslippene av CO₂ og metan vil påvirke Norges oppfølging av Kyoto-avtalen. Utslipp av NO_x og VOC er regulert av avtaler under konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger i Europa (CLRTAP), der Norge har forpliktet seg til å redusere utslippene av VOC med 30% og stabilisere NO_x-utslippene. Avtalen gjelder ikke VOC-utslipp nord for 62°N og dermed foreløpig ikke Snøhvit. Forhandlinger om nye begrensninger av utslippene er imidlertid under forberedelse.

8 Referanser

- Aas, W., Tørseth, K., Solberg, S., Berg, T. og Manø, S. (2000) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør – atmosfærisk tilførsel 1999. Kjeller (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 797/00) (NILU OR 24/2000).
- Bjerve, Y., Hustad, J.E., Røkke, N.A. (1991) Luftforurensning fra offshore fakler. Trondheim, SINTEF (STF 15 F91015).
- Bøhler, T. (1987) Users guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).
- Guerreiro, C.B. og Lazaridis, M. (1998) Innspill til konsekvensanalyse for Snøhvitfeltet og Melkøyaterminalen. Utslipp til luft. Kjeller (NILU OR 68/98).
- Houghton, J.C., Jenkins, G. L. and Ephraums, J. J. eds. (1990) Climate Change. The IPCC scientific assessment. Cambridge (UK), University Press.
- Knudsen, S. og Hellevik, O. (1992) INPUFF 2.0. A multiple source Gaussian puff dispersion algorithm with NO_x/SO₂ chemical reactions and wet deposition. User's guide. Lillestrøm (NILU IR 3/92).
- 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 forsuring. Kjeller (NILU OR 6/96).
- Knudsen, S., Semb, A, og Solberg, S. (1993) Vurdering av planlagte utslipp til luft fra Blokk 9/2 i Nordsjøen. Kjeller (NILU OR 50/93).

- Knudsen, S., Skjelkvåle, B.L. og Aarrestad, P.A. (1997) Konsekvensvurdering av utslipp til luft fra petroleumsindustrien på Haltenbanken/Norskehavet. Kjeller (NILU OR 25/97).
- Miljøverndepartementet (1997) Forskrift om grenseverdi for lokal luftforurensning og støy. Oslo (FOR 1997-05-30 nr 490).
- Oljeindustriens landsforening (1997) Miljørapport 1995-1997. Stavanger, OLF, <http://www.olf.no/no/rapporter/miljorap/9597/>, 20. Oktober 1998.
- Semb, A., Knudsen, S., Kraabøl, A. G., Schjoldager, J., Solberg, S. and Walker, S. (1996) Effects of the Norwegian oil industry's emissions in the North Sea on ozone exposure levels and nitrogen deposition in Southern Norway. Kjeller (NILU OR 58/95).
- SFT (1991) Nasjonale samletall for forurensningsutslipp 1990. Oslo (SFT-dokument 91:05).
- SFT (1992) Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø - anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT Rapport 92:16).
- SFT (1998) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 1997. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 736/98).
- Statistisk sentralbyrå (1997) Statistisk årbok 1997, Oslo-Kongsvinger (Norges offisielle statistikk C 398).
- Tønnesen, D. (1993) Forundersøkelse på Slettnes, Sørøya 1992. Norsk institutt for luftforskning, Kjeller. Ref: O-91081.
- Tørseth, K. and Semb, A. (1997) Deposition of major inorganic compounds in Norway 1992-1996. Kjeller (NILU OR 67/97).

Vedlegg A

Reaksjoner i atmosfæren

Reaksjoner i atmosfæren

Ved forbrenning av olje og gass foreligger oftest 1-10 % av nitrogenoksidene i utslippet som nitrogendioksid (NO₂) og resten som nitrogenmonoksid (NO). Summen av NO og NO₂ kalles gjerne NO_x.

Nitrogenoksidenes kjemiske omvandlingsreaksjoner er omtalt i flere bøker, oversiktsartikler og prosjektrapporter, se f.eks. Seinfeld (1986); Grennfelt et al. (1987).

NO kan oksideres til NO₂ av atmosfærisk oksygen:



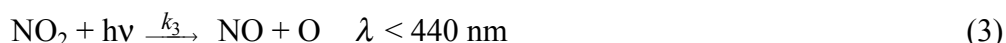
Reaksjonen er imidlertid langsom, og den har bare praktisk betydning ved svært høye NO-konsentrasjoner, dvs. i umiddelbar nærhet av utslippet. Reaksjonen kan katalyseres av høye partikkelkonsentrasjoner. Aktiveringsenergien ved reaksjonen er negativ, og det betyr at oksidasjonshastigheten øker med avtakende temperatur (Lindqvist et al., 1982).

Den viktigste reaksjonen for oksidasjon av NO til NO₂ er med ozon (O₃):



Målte månedsmiddelkonsentrasjoner av ozon i Sør-Norge er 20-80 µg/m³ (10-40 ppb). Inntil 10-40 ppb NO₂ kan derfor dannes ved reaksjon (2).

NO₂ dissosieres til NO og atomært oksygen (O) av solstråling med bølgelengder mindre enn 440 nm:



Atomært oksygen (O) reagerer svært raskt med molekylært oksygen (O₂) og danner ozon (O₃):



O₃ oksiderer imidlertid raskt NO til NO₂, og reaksjon (2) tilsvarer summen av reaksjon (3) og (4) men med motsatt fortegn, uten nettodannelse av O₃. Disse reaksjonene fører derfor til at det vil innstille seg en likevekt mellom NO, NO₂ og O₃, uten videre dannelse av ozon. Likevekten påvirkes av strålingsintensiteten.

Hvis vi forutsetter at ozon og atomært oksygen er i såkalt fotostasjonær tilstand, dvs. at de dannes og forbrukes tilnærmet like raskt, kan ozonkonsentrasjonen uttrykkes ved følgende enkle uttrykk:

$$[\text{O}_3] = \frac{k_3}{k_2} \frac{[\text{NO}_2]}{[\text{NO}]}, \text{ der } K_2 \text{ og } K_3 \text{ er reaksjonshastighetene for reaksjonene} \quad (2) \text{ og } (3). \quad (5)$$

For at ozonkonsentrasjonen skal nå opp mot grenseverdiene, dvs. 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25-50 ppb), vil $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ - forholdet i følge likning (5) være lik 2,5-5 om dagen.

Nettodannelse av O_3 kan forklares ved at NO oksideres til NO_2 uten at O_3 forbrukes. Slik oksidasjon skjer ved reaksjoner med et hydroperoksyldradikal (HO_2) eller mer generelt av et vilkårlig peroksyldradikal (RO_2):



Peroksyldradikaler kan dannes ved nedbryting av hydrokarboner med hydroksylradikaler (OH), som f.eks. illustrert for butan (C_4H_{10}):



OH er svært reaktivt og den bestemmende komponenten for oksidasjonen i atmosfæren. OH eksisterer bare om dagen når det er fotokjemisk aktivitet (UV-stråling). Konsentrasjonen av OH kan bli inntil 10^7 molekyler pr. cm^3 (dvs. $4 \cdot 10^{-7}$ ppm eller $4 \cdot 10^{-4}$ ppb).

Dannelse av peroksyacetylnitrat (PAN) skjer ved reaksjon mellom NO_2 og et peroksyacetyldradikal:



Peroksyacetyldradikalet kan dannes ved nedbryting av f.eks. acetaldehyd. PAN er en nitrogenholdig fotokjemisk oksidant, som er termisk ustabil i atmosfæren. Dekomponeringen (likning (9) mot venstre) øker med økende temperatur. PAN og andre peroksyacetylnitrater fungerer som midlertidige lagre av nitrogenforbindelser. Kjemisk levetid for PAN varierer fra 6 h ved $+10^\circ \text{C}$ til 2 mnd. ved -20°C .

For videre oksidasjon av NO_2 til salpetersyre (HNO_3) er flere reaksjonsveier mulige:

A. Reaksjon med hydroksyl (OH):



B. Reaksjon med ozon (O_3):





NO_3 og N_2O_5 er fotokjemisk ustabile. De spaltes lett ved solstråling og forekommer vesentlig om natta. Reaksjonene (11)-(13) har derfor mindre betydning om dagen. Reaksjon (13) er en heterogen reaksjon mellom gassformig N_2O_5 og fuktige aerosolpartikler. Ved høy luftfuktighet om natta kan reaksjon (13) bli så rask at reaksjon (11) blir hastighetsbestemmende. Ved lav luftfuktighet vil NO_3 og N_2O_5 være midlertidige lagre av nitrogenforbindelser om natta, og NO_3 og N_2O_5 vil spaltes tilbake til NO_2 om dagen.

Vi ser av likningene (2)-(13) hvordan fotokjemien virker sterkt inn, ved at ozon og radikaler er viktige for oksidasjon av NO til NO_2 og videre til HNO_3 , og for dannelse av PAN og andre nitrogenholdige oksidanter.

Nitrogenoksidenes omvandlingsreaksjoner og spredning beregnes i Europa innenfor det internasjonale programmet EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme).

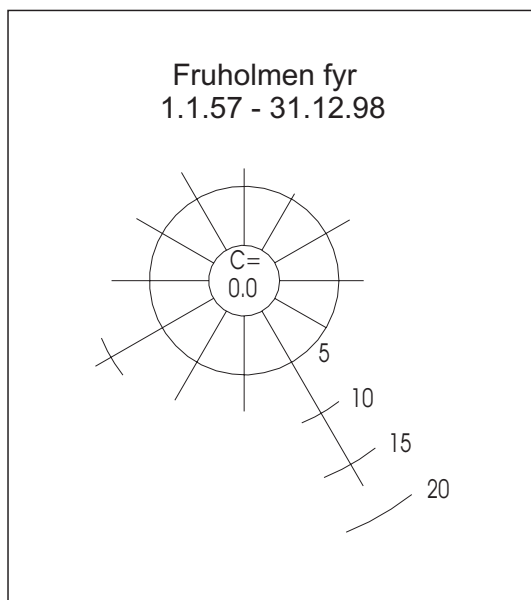
Gassformig HNO_3 reagerer med sjøsaltaerosoler og danner gassformig HCl og nitrat i aerosolfasen



Vedlegg B Meteorologi

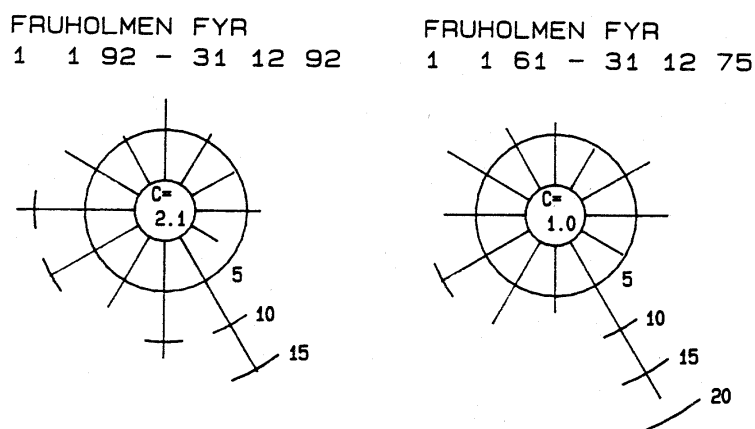
Nedenfor er det gjort en sammenligning mellom vinddata innsamlet i enkelte år og langtidsmidlene for de ulike målestasjonene.

Det kan ikke observeres forskjeller av betydning mellom de to beregnede langtidsmidlene, 1957 til 1998 og 1961 til 1975, for Fruholmen fyr (figur B1 og figur B2).



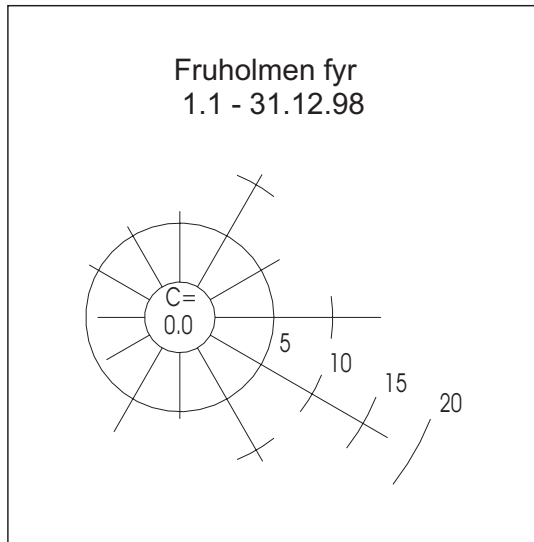
Figur B1: Vindrose for perioden 1957-1998 på Fruholmen fyr.

Sammenligning mellom data innsamlet på Fruholmen i 1992 med langtidsmidlene viser litt større hyppighet av vind fra sør, nord og enkelte vestlige retninger i 1992 (figur B2). Det er også observert litt lavere hyppighet av vind fra øst i 1992 enn for langtidsmidlene. Imidlertid er forskjellene små og data innsamlet i 1992 er rimelig i overensstemmelse med normalene.



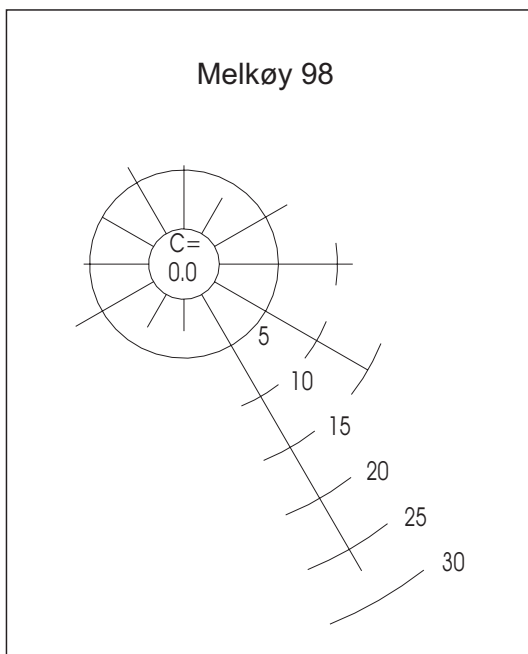
Figur B2: Vindroser for Fruholmen fyr for 1992 of 1961-1975.

I 1998 var det hyppigere vind fra østlig og sørlig retning (60° , 120° , samt 180°) på Fruholmen fyr i forhold til data innsamlet i perioden 1957 til 1998 (1961-1975)(figur B3 og figur B1). Hyppighet av vindretning fra vestlig retning (210° til 330°) var i 1998 lavere enn for langtidsmidlene.

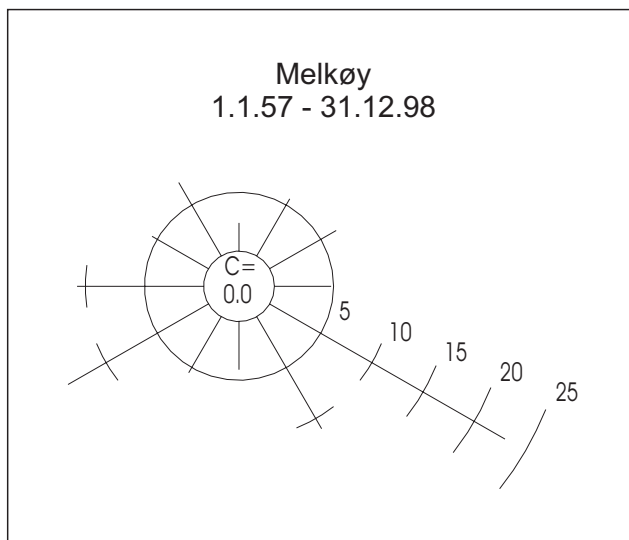


Figur B3: Vindrose for Fruholmen fyr for 1998.

I 1998 var det også på Melkøya betydelig større andel av vind fra østlig retning (150° og 90°) og fra nord (0°) enn i perioden 1957 til 1998 (figur B4 og figur B5). Hyppighet av vind fra sør og vestlig retning (180° – 330°) var lavere enn normalt.



Figur B4: Vindrose for Melkøya i 1998. (Statoil)



Figur B5: Vindrose for Melkøya 1957-1998. (Statoil)

Langtidsmidlene viser betydelig forskjell mellom vindretning på Fruholmen og Melkøya for sørvestlig retning (figur B3 og figur B4). Hyppighet av vind fra SE (120°) er ca 20 % større på Melkøya enn på Fruholmen. Imidlertid forekommer vind fra SSE (150°) oftere på Fruholmen enn på Melkøya. Midlere sørøstlig retning forekommer ca 10 % oftere på Melkøya enn på Fruholmen.

I 1998 opptrer vindretning fra SSE (150°) omlag 10 % oftere på Melkøya enn på Fruholmen. Også vind fra øst (90°) opptrer hyppigere på Melkøya enn på Fruholmen. Imidlertid er det hyppigere vind fra sør (180°) på Fruholmen enn på Melkøya.

Slettnes har i 1992 noe høyere forekomst av vind fra SW (240°) og ESE(120°), samt mindre hyppighet ved vind fra SSE (150°) enn Fruholmen fyr. Fruholmen fyr har høyere forekomst av vind fra sør.

Slettnes data har noe høyere forekomst av vind fra vest og sørvest (270° , 240°), samt lavere hyppighet av vind fra ESE(150°) enn langtidsmiddelet fra Fruholmen fyr og Melkøya. Slettnes har ca 10 % hyppigere vind var vestlig retning enn Melkøya.

.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 8/2001	ISBN 82-425-1245-0 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 44	PRIS NOK 75,-
TITTEL Innspill til konsekvensanalyse for Snøhvitfeltet og Melkøyaterminalen. Utslipp til luft		PROSJEKTLEDER Svein Knudsen	
		NILU PROSJEKT NR. O-100074	
FORFATTER(E) Svein Knudsen, Cristina Guerreiro og Herdis Laupsa		TILGJENGELIGHET * 	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Lars-Henrik Larsen	
OPPDRAGSGIVER Akvaplan NIVA AS Polarmiljøseneteret 9296 TROMSØ			
STIKKORD LNG-anlegget, Snøhvit	Naturmiljø	Konsekvensanalyse	
REFERAT Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statoil utredet virkningen på luftkvaliteten og avsetninger av nitrogenforbindelser som følge av utslipp til luft fra etablering av en gassterminal på Melkøya utenfor Hammerfest. Arbeidet har bestått i å etablere luftforurensningsbildet slik det er i dag og beregne hvordan utslippene fra LNG anlegget og utbyggingen av Snøhvitfeltet vil påvirke luftkvaliteten i området. Installasjonene for Snøhvitfeltet er planlagt å være på havbunnen, slik at det ikke vil være utslipp til luft fra aktiviteten offshore i driftsfasen. For Snøhvitfeltet er det derfor bare tatt med utslipp i anleggsfasen.			
TITLE Contribution to the environmental impact assessment for Snøhvit-field and the gas terminal at Melkøya. Emissions to air.			
ABSTRACT			

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