



STATOILHYDRO	PROSJEKTRAPPORT	StatoilHydro
---------------------	------------------------	---------------------

Prosjekt:	Miljøovervåking av utslipp til luft fra Snøhvit-Hammerfest LNG
Kontrakt:	4501053696

Modellberegninger av luftkvalitet og avsetningsnivå april 2007 – april 2008

Miljøovervåking av utslipp til luft fra Snøhvit-Hammerfest LNG

Karl Idar Gjerstad

RAPPORT NO.:	8/R.1
KONTRAKTØRS REF.:	O-106037 OR 4/2009
REV. NO.:	Rev. 1.0 (29.01.2009)
AKTIVITET:	Modellberegninger av luftkvalitet og avsetningsnivå april 2007 – april 2008
ISBN:	978-82-425-2070-8 (trykt) 978-82-425-2071-5 (elektronisk)

Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Luftforurensing – retningslinjer	5
3 Dagens situasjon	6
3.1 Lokal luftkvalitet	6
3.2 Nitrogen- og svovelavsetning.....	8
4 Meteorologi	11
4.1 Representativitet av måleperioden	11
4.2 Vindretning og vindstyrke.....	13
4.3 Stabilitet og spredningsforhold	15
4.4 Nedbør.....	17
5 Utslipp til luft.....	19
5.1 Utslippsmengder.....	19
5.2 Tidsvariasjoner	21
6 Spredningsberegninger	22
6.1 Konsentrasjoner i luft.....	22
6.1.1 Konsentrasjoner av nitrogenoksider i luft	24
6.1.2 Konsentrasjoner av svoveldioksid i luft	26
6.1.3 Konsentrasjoner av svevestøv (partikler mindre enn 10 µm i luft, PM ₁₀).....	27
6.2 Avsetninger	28
6.2.1 Våsavsetning	29
6.2.2 Tørravsetning.....	31
6.2.3 Resultater av beregninger	31
7 Referanser	34

Sammendrag

StatoilHydro har engasjert Norsk Institutt for luftforskning (NILU) til å gjennomføre program for "Miljøovervåking av utslipp til luft fra Snøhvit-Hammerfest LNG". NILU skal som delaktivitet i dette prosjektet gjennomføre beregninger av konsentrasjoner av nitrogendioksid (NO₂), svoveldioksid (SO₂) og svevestøv (PM₁₀) i luft, samt avsetning av nitrogen- og svovelforbindelser som følge av utslipp av nitrøse gasser og svoveldioksid.

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. Det er gjennomført luftkvalitetsmålinger på Fugleneset like vest for Hammerfest by siden 2006. Årsmiddelkonsentrasjonen (juli 2007 – juni 2008) av nitrogendioksid målt på Fuglenes var 6,4 µg/m³. Den høyeste målte timemiddelkonsentrasjonen av nitrogendioksider var 98,4 µg/m³. Det var imidlertid høyest konsentrasjoner av nitrogendioksider når vindretningen var fra Hammerfest by mot målestasjonen. Årsmiddelkonsentrasjonen av SO₂ var under 0,4 µg/m³, og den høyeste målte ukemiddel-konsentrasjonen av SO₂ var 2,2 µg/m³. Årsmiddelkonsentrasjonen av PM₁₀ var 8 µg/m³, og den høyeste målte døgnmiddel-konsentrasjonen av PM₁₀ var 68 µg/m³. Det var registrert to døgn med PM₁₀-konsentrasjoner over grensen på 35 µg/m³.

Gjennom *Statlig program for forurensningsovervåking* har NILU lange og omfattende måleserier av nitrogen- og svovelavsetning for alle deler av landet. I tillegg er det målt avsetning med nedbør på Forsøl og Stangenes i modellperioden. På grunnlag disse data fra antar vi at nitrogenavsetning i influensområdet omkring Melkøya er 150 - 300 mg N/m² per år (våt- og tørravsetning). Antatt svovelavsetning er 150 - 500 mg S/m² per år (våt- og tørravsetning).

Modellberegningene benytter meteorologidata fra Melkøya og Fugleneset. Det er gjort timevise målinger av meteorologi i modell perioden 15. april 2007 – 15. april 2008. For å vurdere representativiteten av målingene er samtidige målinger ved Fruholmen fyr sammenlignet med eget langtidsmiddel. I modellperioden er det noe mer vind fra sørøst enn det er i langtidsmiddelet. Utover dette avviker ikke modellperioden vesentlig fra langtidsmiddelet.

Alle beregninger skal gjøres for to scenarier: Utslipp fra Hammerfest LNG med- og uten tilhørende skipstrafikk til og fra anlegget. Utslipp fra Hammerfest LNG er 4640 tonn NO_x (vektet som NO₂) og 10 tonn SO₂ per år. Utslipp fra tilhørende skipstrafikk er i modellberegningene begrenset til det utslippet som finner sted innenfor modellområdet på 200 km x 200 km. Da blir utslippet fra skipstrafikken: 59,2 tonn NO_x, 42,3 tonn SO₂ og 5,7 tonn PM₁₀ per år.

Maksimalt beregnet timemiddel for NO₂ er 140 µg/m³ for Hammerfest LNG med- eller uten tilhørende skipstrafikk til og fra anlegget. Dette er høyere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier som er 100 µg/m³, men det er lavere enn Nasjonalt mål (150 µg/m³) og EUs grenseverdi (200 µg/m³ med inntil 18 overskridelser i året). Beregnet årsmiddelkonsentrasjon av NO₂ er 5,4 µg/m³ for

Hammerfest LNG og $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for Hammerfest LNG inkludert skipstrafikk til og fra anlegget. Dette er lavere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier som er $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Målinger fra Slettnes viser at bakgrunnskonsentrasjonen av NO_2 er ca. $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time.

Maksimalt beregnet timemiddel for SO_2 er $480 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 25. høyeste beregnet verdi er $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for Hammerfest LNG inkludert skipstrafikk til og fra anlegget. Dette er lavere enn EUs grenseverdi som er $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (med inntil 24 overskridelser i året). Maksimal beregnet døgnmiddel for SO_2 er $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dette er lavere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for døgnmiddel som er $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (med inntil 3 overskridelser i året). Beregnet årsmiddelkonsentrasjon av SO_2 er $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier er på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som halvårsmiddel. Målinger fra Slettnes viser at bakgrunnskonsentrasjonen av SO_2 er ca. $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per time.

Maksimalt beregnet døgnmiddel for PM_{10} er $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dette er lavere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for døgnmiddel som er $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Beregnet årsmiddelkonsentrasjon av PM_{10} er $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, EUs grenseverdi som skal overholdes innen 2010 er satt til $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dagens nivå av nitrogenavsetning i influensområdet er vurdert til 100 – 300 mg N / m^2 per år. For utslipp fra Hammerfest LNG er maksimalt beregnet nitrogenavsetning 15 mg N/ m^2 per år. For utslipp fra Hammerfest LNG inkludert skipstrafikk til og fra anlegget er maksimal beregnet nitrogenavsetning 16 mg N/ m^2 per år. Dette gir en økning av dagens nitrogenavsetning på ca 8 %. Det høyeste avsetningsnivået finner sted nord på Kvaløya.

Dagens nivå av svovelavsetning i influensområdet er vurdert til 150 - 500 mg S/ m^2 per år. For utslipp fra Hammerfest LNG er maksimalt beregnet svovelavsetning 0,2 mg S/ m^2 per år. For utslipp fra Hammerfest LNG inkludert skipstrafikk til og fra anlegget er maksimalt beregnet svovelavsetning 1,3 mg / m^2 per år. Dette gir mindre enn 0,5 % økning av dagens svovelavsetning. Det høyeste avsetningsnivået finner sted nord på Kvaløya.

Modellberegninger av luftkvalitet og avsetningsnivå april 2007 – april 2008

1 Innledning

StatoilHydro har engasjert Norsk Institutt for luftforskning (NILU) til å gjennomføre program for *Miljøovervåking av utslipp til luft fra Snøhvit-Hammerfest LNG*. Dette er et større prosjekt som belyser flere sider av miljøovervåkingen i området og har en total tidsramme på tre og et halvt år. En av aktivitetene i dette prosjektet er å gjennomføre beregninger av konsentrasjoner i luft og avsetning til bakke, vann og hav for to utslippsscenarioer: Utslipp fra Hammerfest LNG isolert og utslipp fra Hammerfest LNG inklusiv skipstrafikk til og fra anlegget. Det skal utredes for utslipp av nitrøse gasser (NO_x), svoveldioksid (SO₂) og svevestøv (PM₁₀). Denne studien vil oppdatere tidligere studie som ble utført i 2006: *Modellering av spredning og avsetning basert på prognoser for utslipp* (Gjerstad, K. I., 2006). Konsentrasjoner og avsetninger vil bli beregnet og kvantifisert, men det vil ikke bli gjort noen vurdering av hvilke konsekvenser dette har for naturmiljøet.

2 Luftforurensing – retningslinjer

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenligne målte og beregnede konsentrasjoner med luftkvalitetskriterier eller grenseverdier for luftkvalitet.

EU har fastsatt grenseverdier for luftkvalitet for EU (inkludert EØS-området). Disse har i hovedsak tatt utgangspunkt i Verdens helseorganisasjons anbefalte retningslinjer (WHO, 1999). EUs grenseverdier for midlingstider 1 time, 8 timer eller 24 timer kan tillates overskredet et visst antall ganger i året. Disse grenseverdiene vil gjennom EØS-avtalen også gjelde i Norge.

Regjeringen vedtok høsten 1998 Nasjonale mål for luftkvalitet for byer og tettsteder som skal overholdes fra 1.1.2005 (PM₁₀, SO₂) eller innen 1.1.2010 (PM₁₀, NO₂, benzen). Disse kravene er bygget opp som de nye EU-kravene, men verdiene er litt strengere. Alle offentlige data og rapportering om framdriften i miljøarbeidet, utviklingen i miljøtilstand osv. og virkningsberegninger i nasjonale transportplaner skal legges opp etter disse målene.

SFT har tidligere utarbeidet såkalte anbefalte luftkvalitetskriterier som er satt ut fra at eksponeringsnivåene må være 2-5 ganger høyere enn kriteriene før det med sikkerhet er konstatert skadelige effekter. Overskridelser kan derfor ikke tolkes som definitivt helseskadelige, men en kan heller ikke utelukke effekter hos spesielt sårbare mennesker ved nivåer under kriteriene. Disse kriteriene er betydelig lavere enn kartleggings- og tiltaksgrensene i forskriften til Forurensningsloven og også lavere enn EUs grenseverdier og Nasjonale mål. I motsetning til de kravene som er nedfelt i forskriften og EUs grenseverdier er SFTs kriterier ikke juridisk bindende.

SFTs luftkvalitetskriterier har de laveste verdiene, og når luftkvaliteten tilfredsstillende disse verdiene er de andre også oppfylt. Tabell 1 gir et sammendrag av de ulike grenseverdiene og kriteriene.

Tabell 1: SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier, Nasjonale mål, Forurensningslovens tiltaks- og kartleggingsgrenser og EUs grenseverdier for luftkvalitet med hensyn til virkning på helse. Grenseverdiene er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

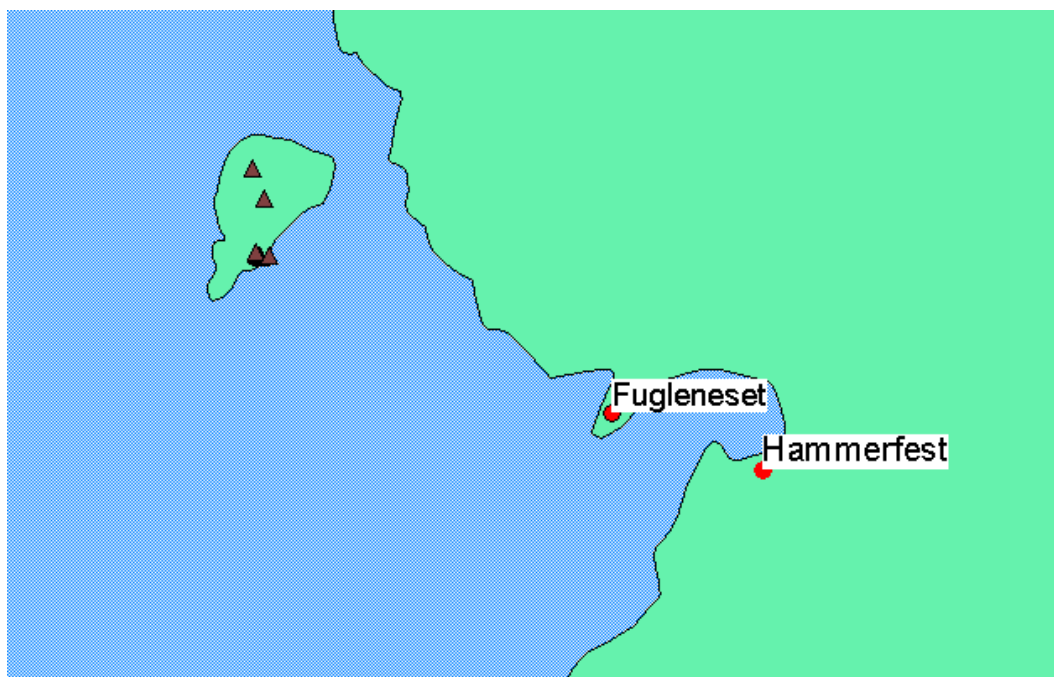
Stoff	Definert grenseverdi	Midlingstider			
		1 time	24 timer	6 måneder	År
NO ₂	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier	100	75	50	30
	Nasjonalt mål (og antall tillatte overskridelser)	150 * (8 per år)			
	EUs grenseverdier (antall tillatte overskridelser)	200 * (18 per år)			40 *
PM ₁₀	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier		35	Ny verdi skal utarbeides	
	Nasjonalt mål (og antall tillatte overskridelser)		50 (25 per år) 50 * (7 per år *)		
	EUs grenseverdier (antall tillatte overskridelser) Grenseverdier for 2010 er veiledende.		50 (35 per år) 50 * (7 per år)		40 20 *
SO ₂	SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier		90	40	
	Nasjonalt mål		90		
	EUs nye grenseverdier (og antall tillatte overskridelser)	350 (24 per år)	125 (3 per år)		

* skal overholdes innen 1.1.2010

3 Dagens situasjon

3.1 Lokal luftkvalitet

I miljøovervåkingsprogrammet har NILU målt luftkvalitet på Fugleneset. Målestasjonen ligger like vest for Hammerfest og plassert slik at evt. forurenset luft fra Melkøya vil bli registrert på stasjonen hvis Hammerfest by blir belastet, Figur 1.



Figur 1: Lokasjon av Fugleneset målestasjon for luftkvalitet. Utslippspunkter og havn er vist med trekanter på Melkøya.

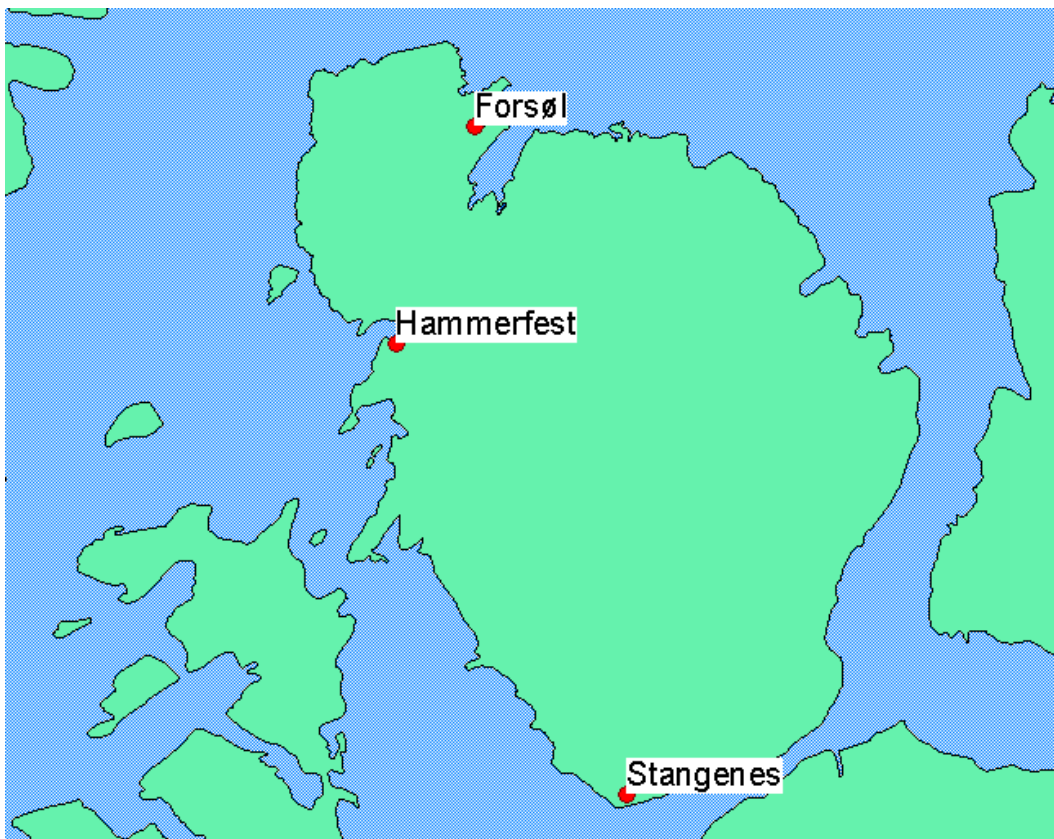
Målingene av luftkvalitet utført i juli 2007 – juli 2008 viser at luftkvaliteten ved Fugleneset er god. Årsmiddelkonsentrasjonen av nitrogendioksid målt på Fugleneset var $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den høyeste målte døgnmiddelkonsentrasjonen av NO_2 var $98,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Analyser av SO_2 viser svært lave verdier, maksimalt ukemiddel er målt til $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Middelverdi for alle ukeprøver er $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Analyser av PM_{10} viser at maksimalt døgnmiddel er målt til $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Middelverdi for et år er $8,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Måleverdiene er vist i Tabell 2 sammen med målte verdier av luftkvalitet fra Slettnes 1991 – 1992. Måledata fra Slettnes er gyldige som bakgrunnsverdier.

Tabell 2: Målte verdier av NO_2 , SO_2 og PM_{10} ved Fuglenes i perioden juli 2007 – juli 2008 sammen med målte bakgrunnsverdier fra Slettnes 1991-1992. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Komponent	Midlingstid	Fugleneset 2007-2008	Slettnes på Sørøya (Bakgrunnsverdi) 1991-1992
NO_2	År	6,4	0,4
NO_2	Maks døgn		2,3
NO_2	Maks time	98,4	
SO_2	År	0,4	0,6
SO_2	Maks uke	2,2	
SO_2	Maks døgn		4,7
PM_{10}	År	8,0	
PM_{10}	Maks døgn	69	

3.2 Nitrogen- og svovelavsetning

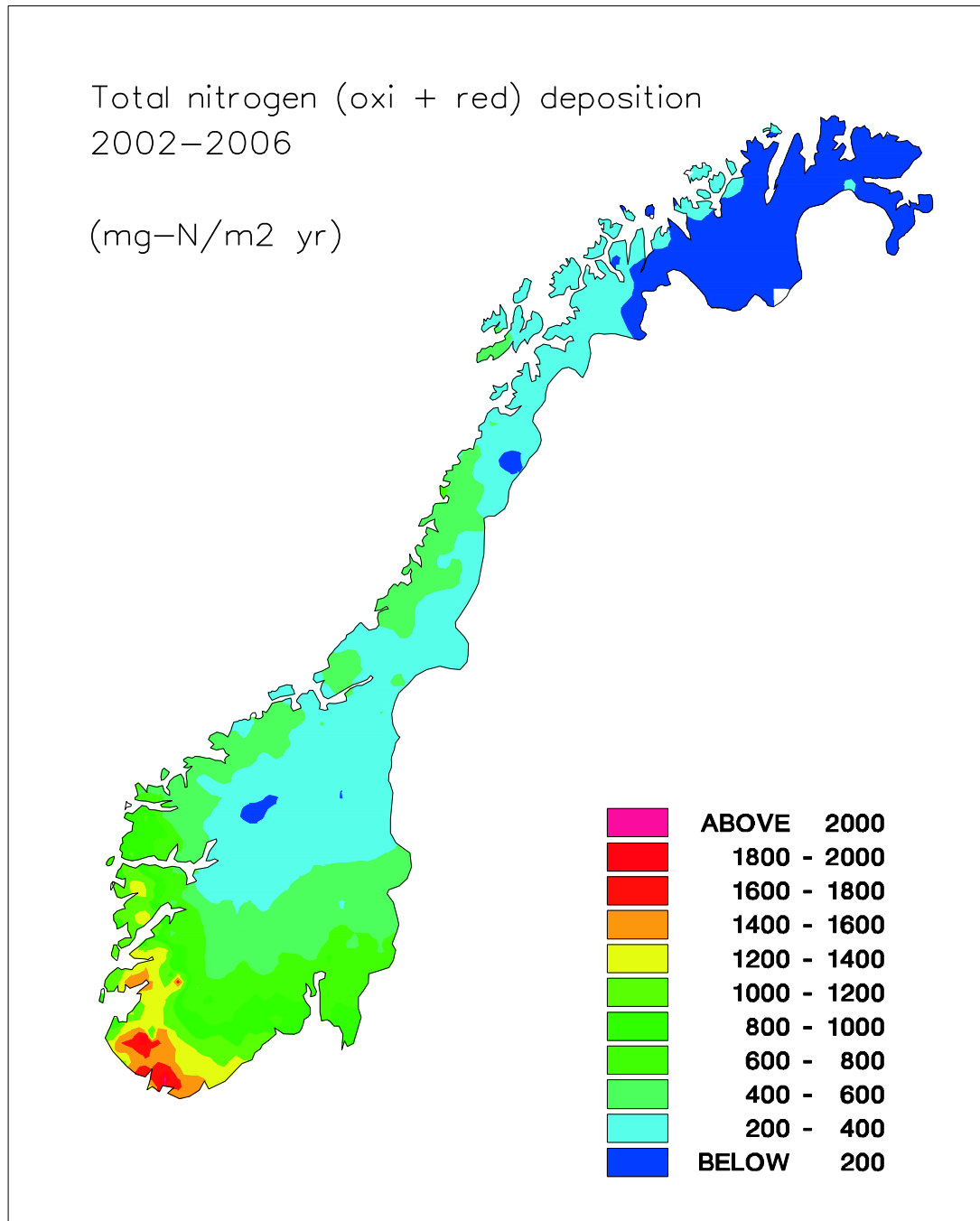
Avsetning til bakke og overflatevann skyldes hovedsaklig langtransportert tilførsel av nitrogen, svovel og ozon; som kommer fra både nasjonale og europeiske utslipp. Avsetningen varierer både fra år til år, og geografisk. Det er målt avsetning av blant annet nitrogen og svovel ved to lokasjoner på Kvaløya, Forsøl og Stangenes, Figur 2. Lokasjonene er valgt ut fra dominerende vindretninger, representativitet, samt forhold til praktisk stasjonshold. Tabell 3 viser målt avsetning av nitrogen og svovel for ett år. Figur 3 og Figur 4 viser hhv. total nitrogenavsetning og total svovelavsetning.



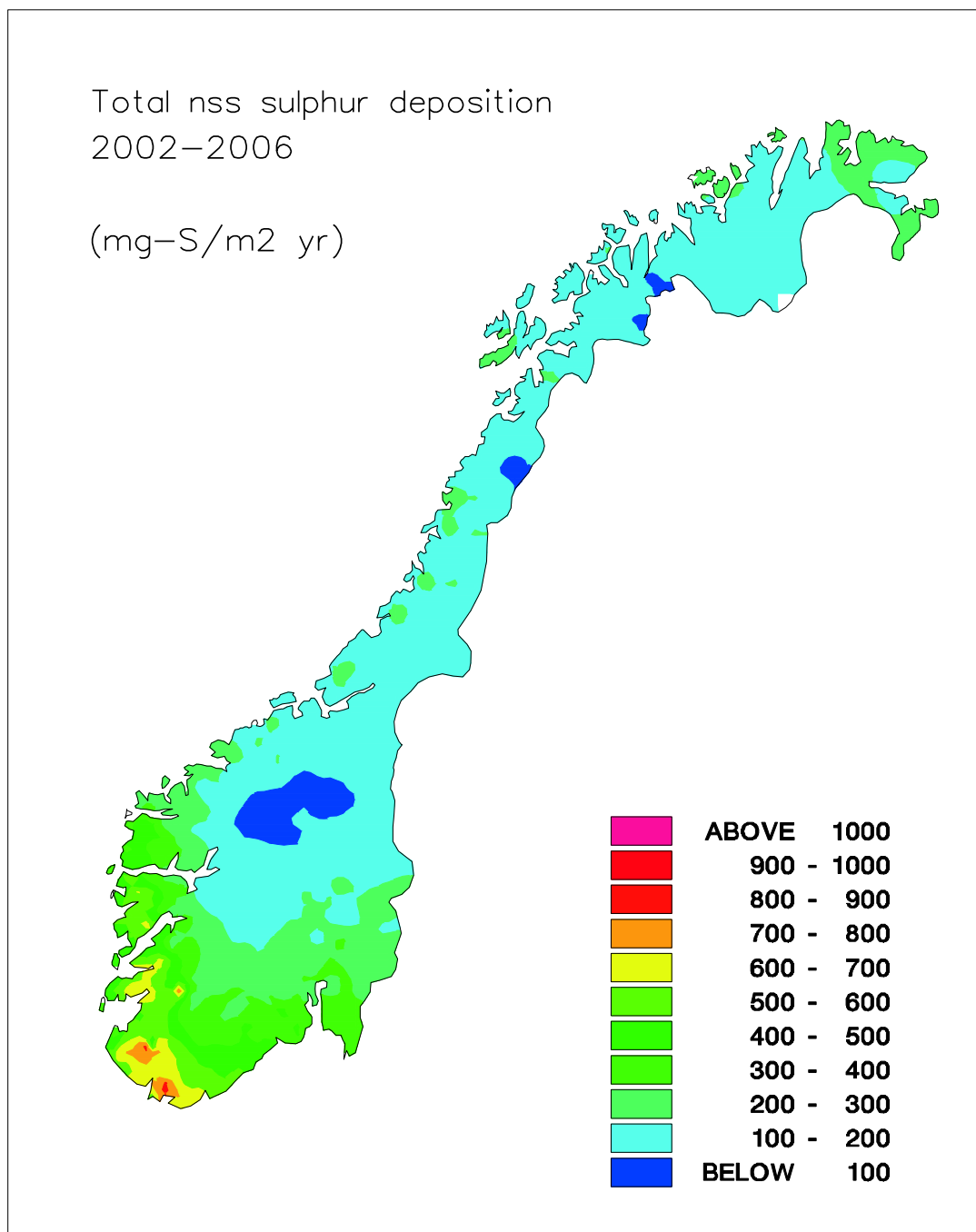
Figur 2: Lokasjon av målepunkter for nedbørskvalitet.

Tabell 3: Målt avsetning av nitrogen og svovel i perioden juli 2007 - juni 2008.

Målepunkt	Nitrogenavsetning mg N/m ²	Svovelavsetning mg S/m ²
Forsøl	182	709
Stangenes	117	326



Figur 3: Årlig gjennomsnittlig våt- og tørravsetning av nitrogen (nitrogenoksider + ammonium) i Norge i perioden 2002 – 2006.



Figur 4: Årlig gjennomsnittlig våt- og tørravsetning av svovel i Norge i perioden 2002 – 2006.

Tabell 4 viser månedsmiddel over målingene av ozon (O₃) ved Karasjok i 2007 (SFT, 2008). Karasjok er den nærmeste målestasjonen og ligger ca. 150 km sør fra Hammerfest. Stasjonen er mest representativ for ozonkonsentrasjonen i Hammerfest, selv om den gjenspeiler et innlandsklima, mens Hammerfest ligger ved kysten. Den nærmeste målestasjonen som er nærmere kysten er Kårvatn, som

ligger 70 km sørøst fra Kristiansund. Denne stasjonen er imidlertid for langt sør til å kunne 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. Det forventes at gjennomsnitt O₃ konsentrasjonen og AOT40 målt i Karasjok vil være noe lavere enn på Melkøya, mens den høyeste timemiddelverdien vil sannsynligvis være sammenlignbar. AOT40 er den tidsintegrerte summen av ozon over 40 ppb.

Tabell 4: *Månedsmiddelverdier for ozon målt ved Karasjok i 2007, enhet: µg/m³.*

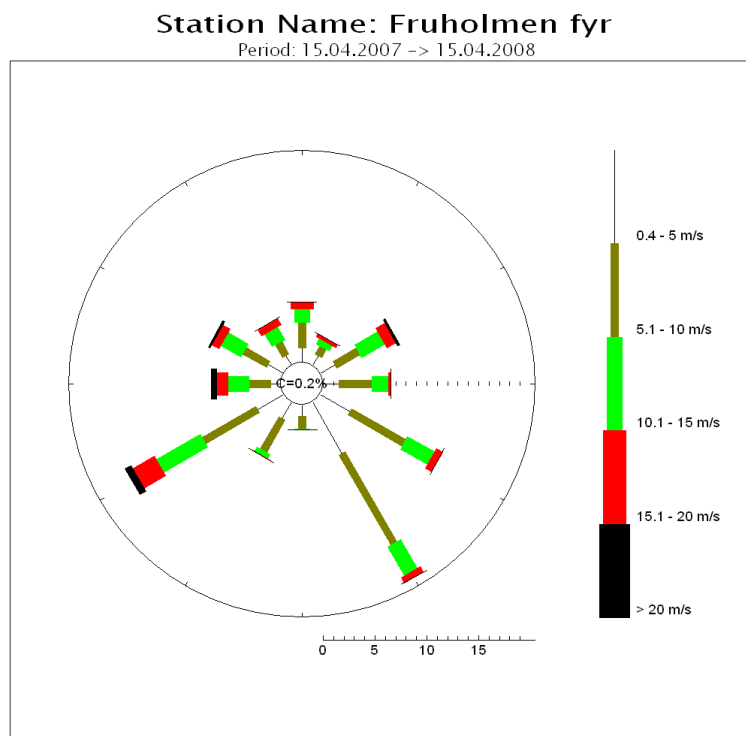
Midlingstid 2007	Konsentrasjon Karasjok
Januar	67
Februar	71
Mars	86
April	79
Mai	77
Juni	62
Juli	49
August	47
September	45
Oktober	49
November	60
Desember	64
Hele 2007	63

4 Meteorologi

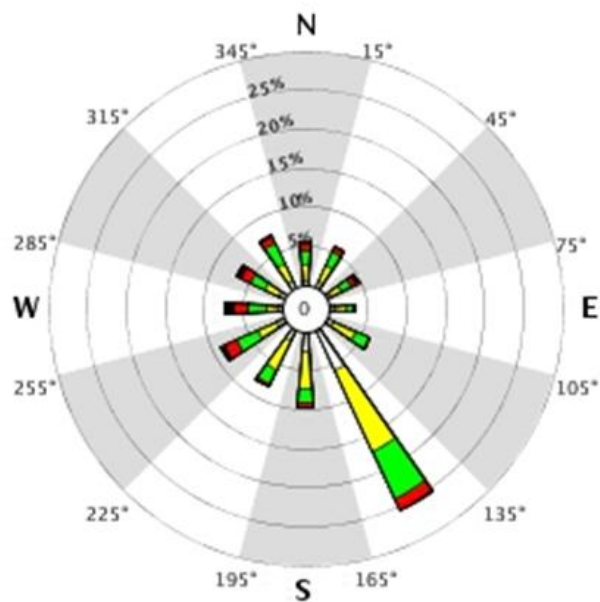
Gjennom hele miljøovervåkingsprogrammet blir det målt meteorologi ved to lokasjoner i nærområdet: På Melkøya og på Fuglenes. Datatilgjengeligheten er 99 % for parametere som brukes i modellberegningene i denne rapporten.

4.1 Representativitet av måleperioden

For å vurdere representativiteten av måleperioden er denne sammenlignet med en 45-års dataperiode for Fruholmen fyr (eKlima, 2008). Fruholmen fyr er den nærmeste stasjonen drevet av Meteorologisk institutt. Vindretningsfordelinger for Fruholmen i 2007/2008 og i perioden 1961-2006 er vist i Figur 5. Figuren viser at det var noe mer vind fra sørøst i 2007/2008 enn det var i langtidsmiddelet. Utover dette avviker ikke modellperioden vesentlig fra 45-år middelet.



FRUHOLMEN FYR

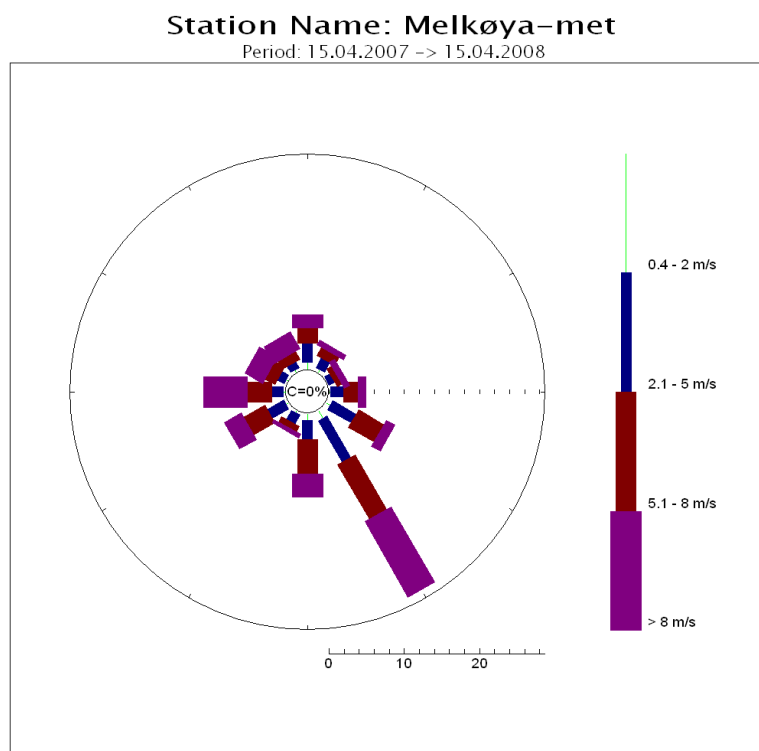


Figur 5: Vindroser fra Fruholmen; øverst: Modellperioden 2007/2008. Nederst: Langtidsmiddel 1961-2006.

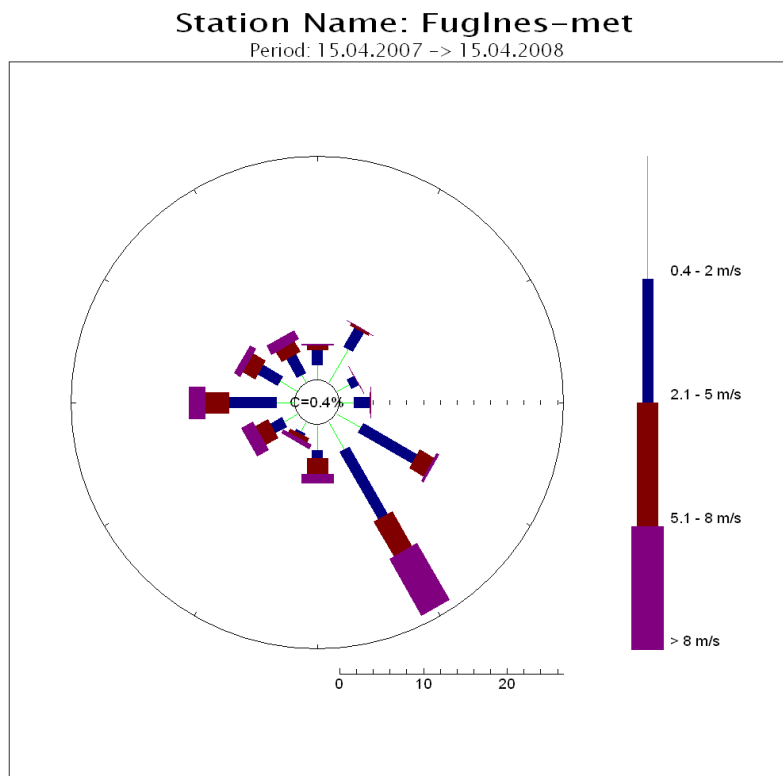
4.2 Vindretning og vindstyrke

Figur 6 og Figur 7 viser vindroser fra hhv. Melkøya og Fuglenes målt i modellperioden april 2007 – april 2008. Figurene viser dominerende vindretning fra sør-sørøst. I vinterhalvåret er disse vindretningene enda mer dominerende, mens det i sommerhalvåret er en mer jevnt fordelt vindrose. Figurene viser også at det er høyere vindhastighet på Melkøya enn ved Fugleneset.

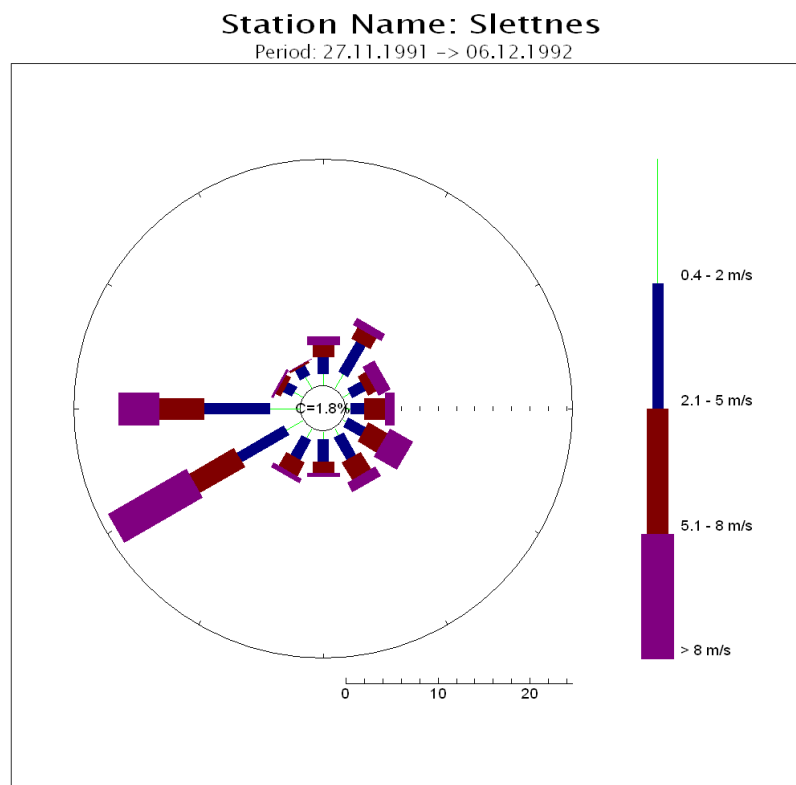
Ved tidligere modellberegninger (Gjerstad, 2006) forelå det ikke meteorologiske målinger fra Melkøya eller Fuglenes, det ble derfor benyttet meteorologiske målinger fra Slettnes 1992 (Tønnesen, 1993). Slettnes var nærmeste lokasjon hvor det var gjennomført meteorologiske målinger som kunne benyttes til sprednings- og avsetningsberegninger. Det ble antatt at måledata fra Slettnes også var representativt for området omkring Melkøya. Måledata fra Slettnes (Figur 8) viser imidlertid markert ulik vindrose sammenlignet med Melkøya og Fuglenes. Det kan derfor forventes at oppdaterte modellberegninger basert på vinddata fra Melkøya og Fuglenes er noe forskjellig og mer korrekte enn tidligere modellberegninger.



Figur 6: Vindrose målt på Melkøya i perioden 15. april 2007 - 15. april 2008.



Figur 7: Vindrose målt på Fuglnes i perioden 15. april 2007 - 15. april 2008.



Figur 8: Vindrose målt på Slettnes perioden 27. november 1991 - 6. desember 1992.

4.3 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:

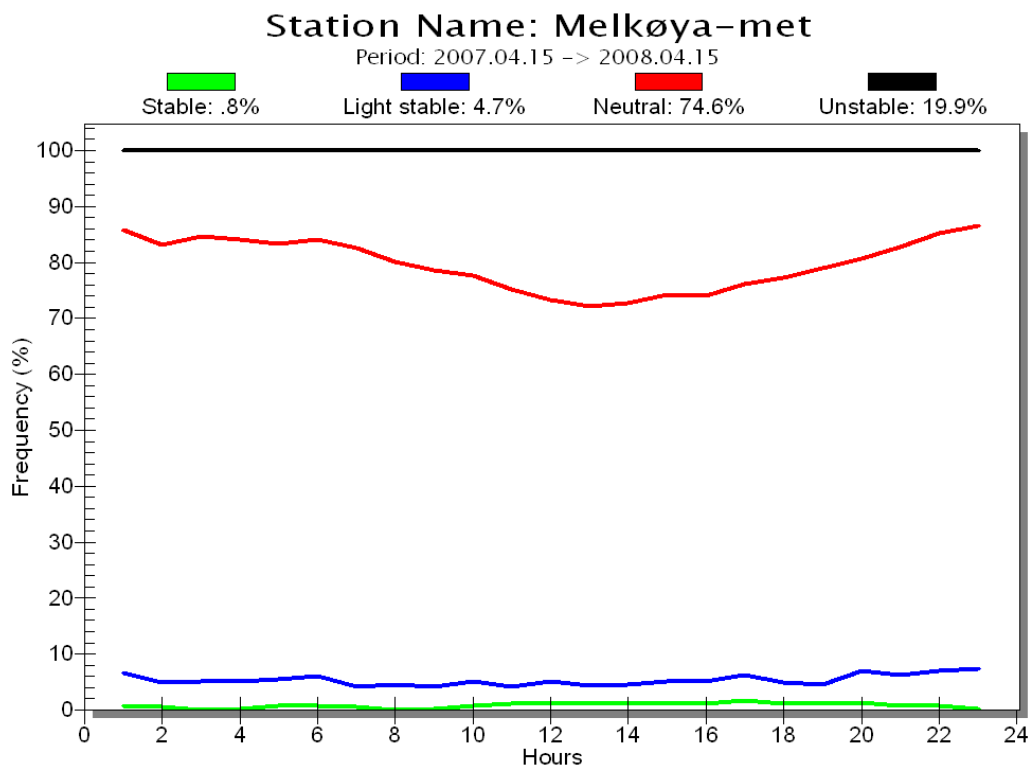
Ustabile atmosfæriske forhold (U) forekommer oftest om dagen og sommeren ved klarvær og lave vindstyrker og når kald luft transporteres over varm sjø. Da vil bakken/sjøen varme opp det nederste luftlaget og det dannes vertikale turbulente luftstrømmer som gir god vertikal spredning av utslippet.

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.

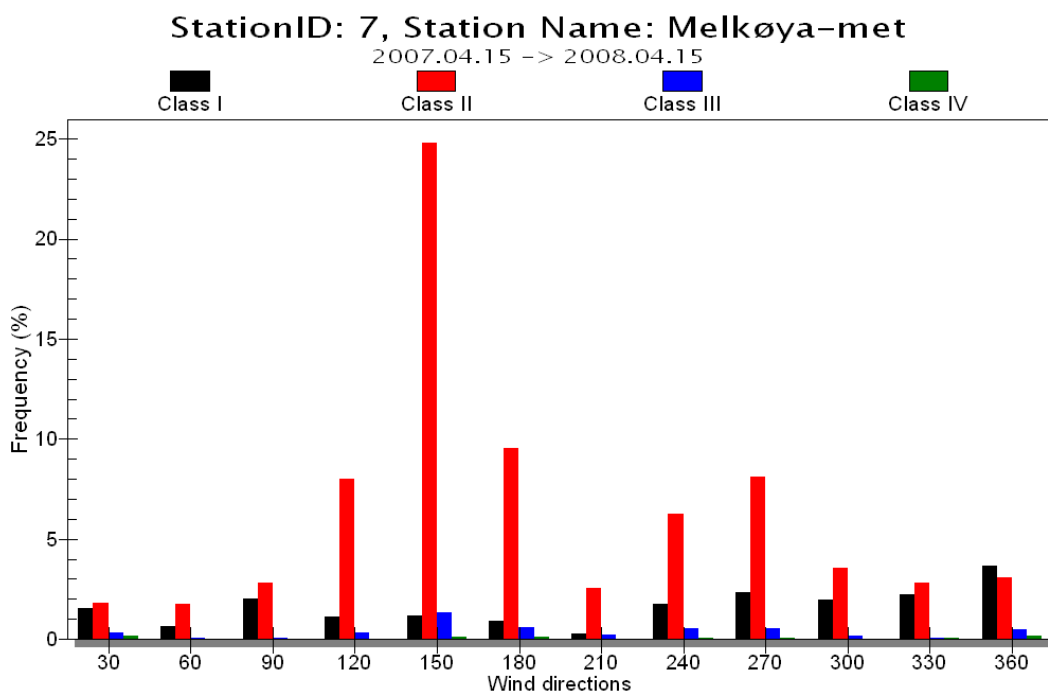
Stabile atmosfæriske forhold (LS, S) er typiske for stille, klare netter og vintersituasjoner med avkjøling av bakken og det nederste luftlaget, eller når atmosfæren avkjøles nedenfra på grunn av kald sjø. Ved sterk stabil sjiktning

(inversjon) vil temperaturen øke med høyden over bakken og det blir dårlig vertikalspredning i det stabile luftlaget.

Stabilitetsfordelingen som funksjon av tid på døgnet og vindretning for hele måleperioden er vist i Figur 9 og Figur 10. På Melkøya var det ustabile atmosfæriske forhold i 19 % av tiden, nøytrale forhold i 75 % av tiden, lett stabile forhold i 5 % av tiden og stabile forhold i 8 % av tiden. I forhold til måledata fra Slettnes 1992 viser nye måledata fra Melkøya at det mer ustabile forhold og tilsvarende mindre stabile forhold enn tidligere antatt, se Tabell 5.



Figur 9: Stabilitetsfordeling som funksjon av tid på døgnet på Melkøya for hele måleperioden.



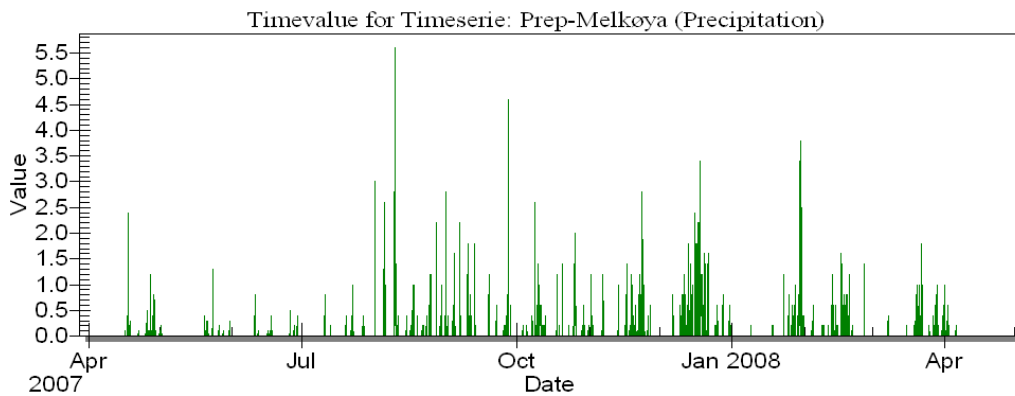
Figur 10: Atmosfærisk stabilitet som funksjon av vindretning. Class I er ustabil, Class II er nøytralt, Class III er lett stabilt og Class IV er stabilt.

Tabell 5: Fordeling av stabilitetsklasser, Melkøya i modellperioden 2007/2008 og Slettnes fra 1992.

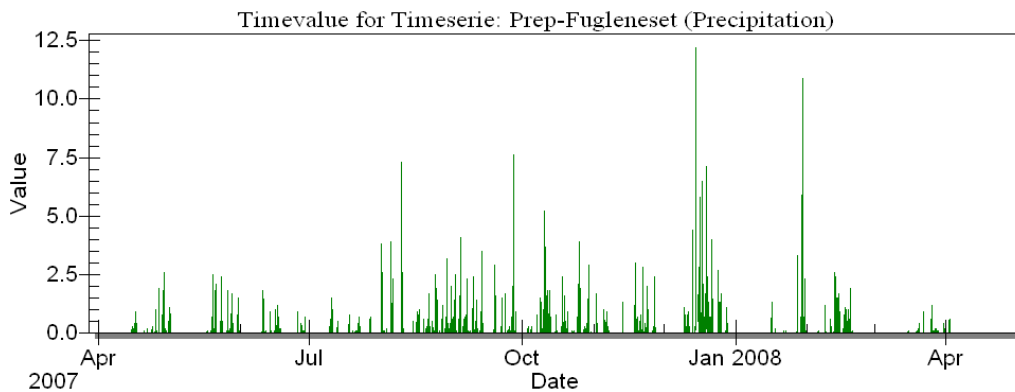
Stabilitetsklasse	Melkøya 2007/2008	Slettnes 1992
Ustabil	20 %	2 %
Nøytralt	75 %	65 %
Lett stabilt	4 %	32 %
Stabilt	1 %	1 %

4.4 Nedbør

Målt nedbør fra hhv. Melkøya og Fuglenes er vist i Figur 11 og Figur 12, Årlig nedbørsmengde er vist i Tabell 6 sammen med måledata fra Slettnes 1992, langtidsnormalene fra Fruholmen og tidligere nedbørsmålinger i Hammerfest. Tabellen viser at det i 2007/2008 var lavere nedbørsmengde enn det som kan forventes på et langtidsmiddel. Tabellen viser også at der er mer nedbør på Fuglenes enn på Melkøya selv om stasjonene ligger nær hverandre i avstand.



Figur 11: Målt nedbør ved Melkøya 2007/2008. Enhet: mm per time.

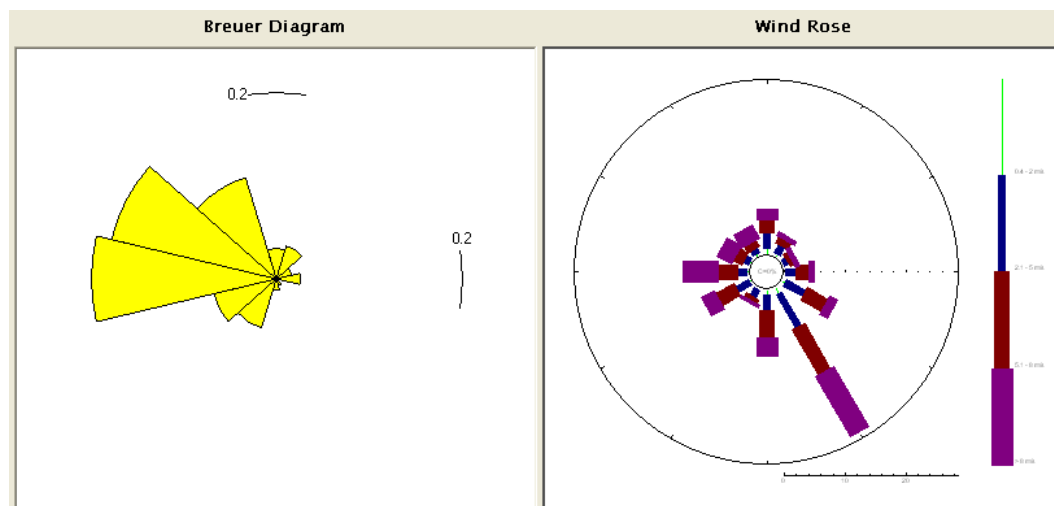


Figur 12: Målt nedbør ved Fuglenes 2007/2008. Enhet: mm per time.

Tabell 6: Årsmiddel nedbør ved aktuelle stasjoner.

Sted	Periode	Årsmiddel nedbør (mm)
Melkøya	2007 - 2008	398
Fuglenes	2007 - 2008	652
Slettnes	1991 - 1992	826
Fruholmen	1961 – 1990	830
Hammerfest	1961 – 1990	820

Figur 13 viser frekvensfordeling av nedbør, dvs. gjennomsnittlig nedbørsmengde for tolv vindsektorer. Figuren viser at selv om dominerende vindretning er fra sørøst, så er dominerende vindretning fra vest og nordvest når det regner. Dette vises igjen i beregning av våtavsetning (kapittel 6.2).



Figur 13: Figuren til venstre viser gjennomsnittlig nedbørmengde (mm) for tolv 30° sektorer. Figuren til høyre er vindrose fra Melkøya.

5 Utslipp til luft

I denne studien er det vurdert utslipp av nitrogenoksider (NO_x), svoveldioksid (SO_2) og svevestøv (PM_{10}). Det blir vurdert konsentrasjoner av NO_x/NO_2 , SO_2 og PM_{10} i luft. Det er også beregnet avsatt nitrogen og svovel fra utslippene til luft (henholdsvis NO_x og SO_2). Det blir gjort beregninger for to scenarier:

- Utslipp fra Hammerfest LNG.
- Utslipp fra Hammerfest LNG sammen med utslipp fra skipstrafikk til og fra anlegget.

5.1 Utslippsmengder

Utslippsmengder for Hammerfest LNG er levert av StatoilHydro og gitt i Tabell 7. Utslippsmengder fra skipene som trafikkerer til og fra anlegget er beregnet gjennom prosjektaktivitet 6 (Tønnesen, 2006). Utslipp for modellperioden baserer seg på utslippsdata fra aktivitet 6 skalert i forhold til registrerte anløp i modellperioden. Totalt utslippsnivå fra skipstrafikk er vist i Tabell 8. Skipene har tre ulike driftsfaser med ulike utslipp: Transport, innseiling og havneleie. Transport brukes for lengre avstander i rom sjø og har høyest hastighet, innseiling brukes nærmere land og har lavere hastighet. Skipsrute for de ulike driftsfasene er vist i Figur 14. Havneleie gjelder når skipene ligger i ro og omfatter oppkobling, klargjøring, lasting og frakobling. I modellberegningene er det antatt at NO_x -utslipp består av 90 % NO og 10 % NO_2 .

Tabell 7: Utslipp fra Hammerfest LNG. NO_x er vektet som NO_2 .

Utslippspunkt	Utslipp tonn NO_x per år	Utslipp tonn SO_2 per år	Utslipp tonn PM_{10} per år
Gassturbiner	305	1	-
Høytrykksfakler	3230	9	-
Tank- Kondensfakkel	1105	-	-
Sum Hammerfest LNG	4640	10	-

Tabell 8: Utslipp fra skipstrafikk til og fra Hammerfest LNG. NO_x er vektet som NO_2 .

Skip	Årlige anløp	Skipsdrift	Utslipp tonn NO_x per år	Utslipp tonn SO_2 per år	Utslipp tonn PM_{10} per år
LNG-Skip	9	Transport	5,2*	-	-
		Innseiling	5,5	-	0,1
		Havneleie	1,2	-	0,1
LPG-Skip	3	Transport	3,0*	2,2*	-
		Innseiling	1,7	1,3	0,1
		Havneleie	1,6	1,6	0,2
Produkter-Skip	5	Transport	4,3*	3,0*	0,4*
		Innseiling	2,4	1,8	0,3
		Havneleie	2,0	1,8	0,2
Hjelpefartøy	53	Innseiling	18,7	17,7	2,5
		Havneleie	13,6	12,9	1,8
Sum alle skip	70	Transport	12,5*	5,2*	0,4*
		Innseiling	28,3	20,8	3,0
		Havneleie	18,4	16,3	2,3
Sum total skipstrafikk	70	Alle	59,2	42,3	5,7

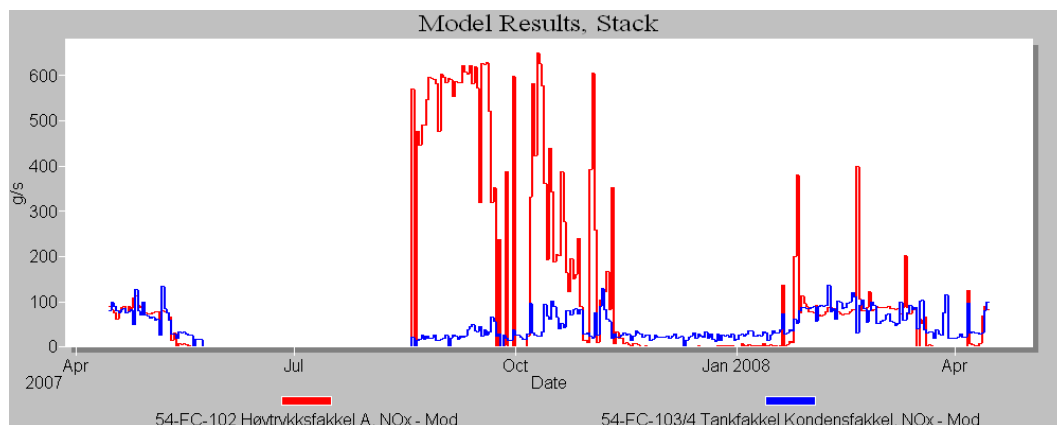
* Utslipp i tabellen som står under *Transport* omfatter bare det utslippet som brukes i modellområdet for INPUFF, se Figur 23.



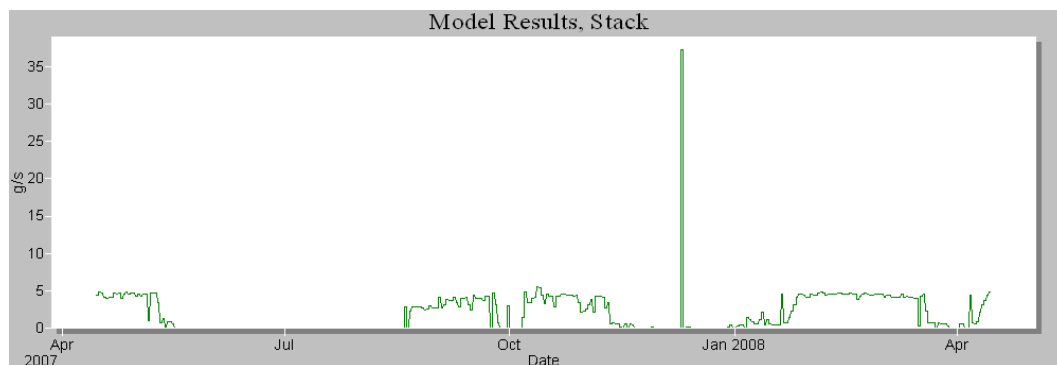
Figur 14: Rute for skipstrafikk til og fra Hammerfest LNG. Gul linje er transport og rød linje er innseiling. Utslipp for transport og innseiling er vist i Tabell 8.

5.2 Tidsvariasjoner

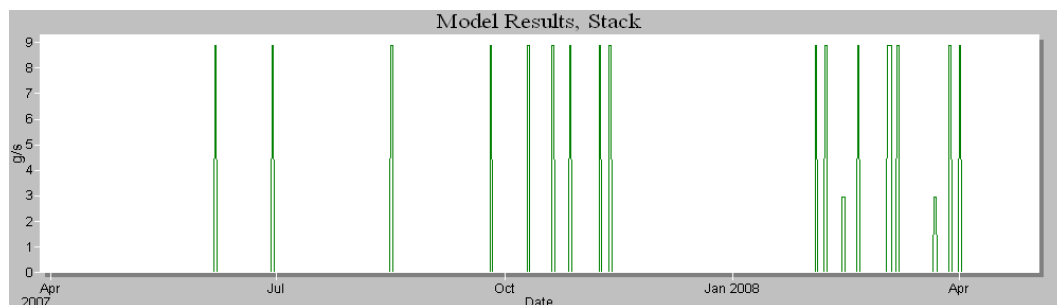
Registrert utslippsintensitet fra kilder ved Melkøya i modellperioden 2007/2008, representert med utslipp av NO_x , er vist i Figur 15 - Figur 17. Fakkell har høyest utslipp, men skip har utslipp nærmere bakken. Det var størst aktivitet og utslipp høsten 2007.



Figur 15: Utslippsintensitet fra høytrykksfakkel (rød kurve) og kondensfakkel (blå kurve) på Melkøya i 2007/2008.



Figur 16: Utslippsintensitet fra gassturbiner på Melkøya i 2007/2008.



Figur 17: Utslippsintensitet fra skipstrafikk til og fra Melkøya i 2007/2008.

6 Spredningsberegninger

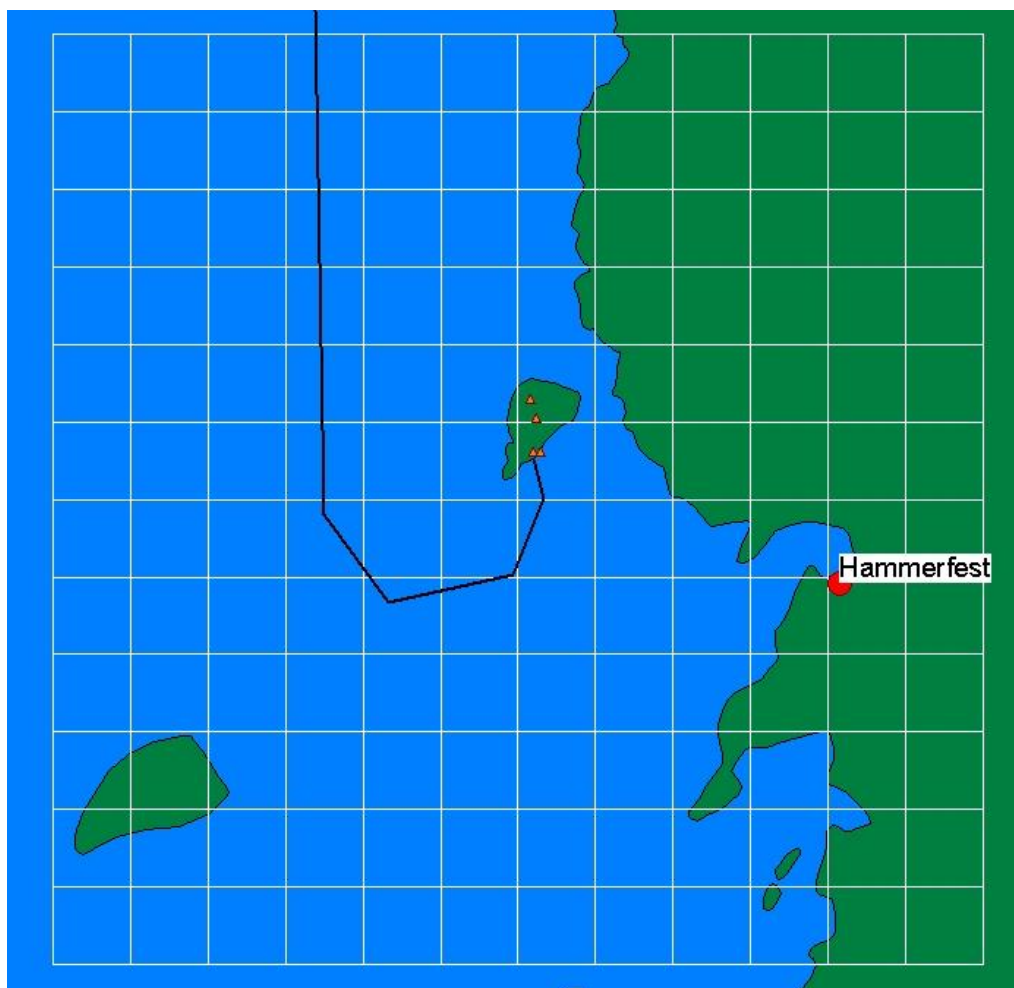
6.1 Konsentrasjoner i luft

Det har blitt utført spredningsberegninger for å kartlegge konsentrasjoner i luft av nitrogenoksider, svovelforbindelser og støv. Konsentrasjoner er blitt beregnet med spredningsmodellen EPISODE som er inkludert i NILUs luftkvalitetssystem, AirQUIS (AirQUIS, 2004). EPISODE er en gaussisk spredningsmodell som beregner konsentrasjoner i luft som funksjon av avstand fra kilden for en rekke

meteorologiske situasjoner. Modellen summerer utslipp fra flere utslippspunkt og beregner konsentrasjoner over ønskede midlingstider. AirQUIS er kjørt for et år, (15. april 2007 til 15. april 2008). Det er beregnet maksimalt timemiddel og maksimalt døgnmiddel for dette året samt årsmiddelkonsentrasjon. Tabell 9 gir en oversikt over hvilke komponenter som er beregnet og over hvilke midlingstider. Til beregning av konsentrasjoner i luft er det valgt et begrenset, griddet modellområdet (Figur 18). I modellen er det bare tatt hensyn til de kilder som ligger innenfor dette gridet.

Tabell 9: Utførte beregninger for kombinasjoner av komponenter og midlingstider.

Komponent	Maksimalt timemiddel	Maksimalt døgnmiddel	Årsmiddelkonsentrasjon
NO _x / NO ₂	X		X
SO ₂	X	X	X
PM ₁₀		X	X



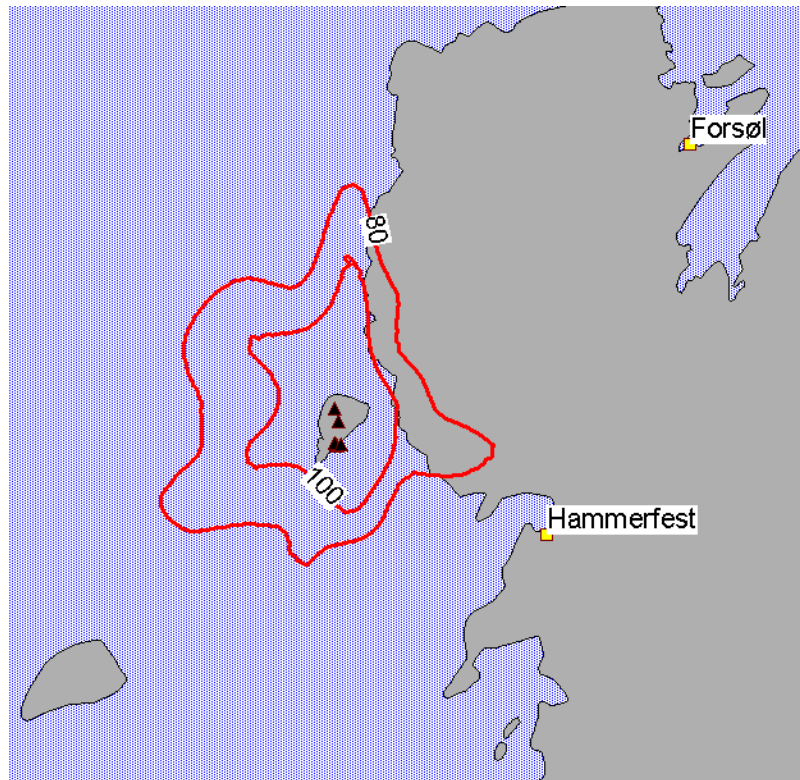
Figur 18: Griddet modellområde som er benyttet til å beregne konsentrasjoner i luft. Deler av innseilingsruta og alle stasjonære utslippspunkt på Melkøya er tegnet inn og inkludert i modellen. Hver gridrute er 1 km², hele modellområdet er 144 km².

6.1.1 Konsentrasjoner av nitrogenoksider i luft

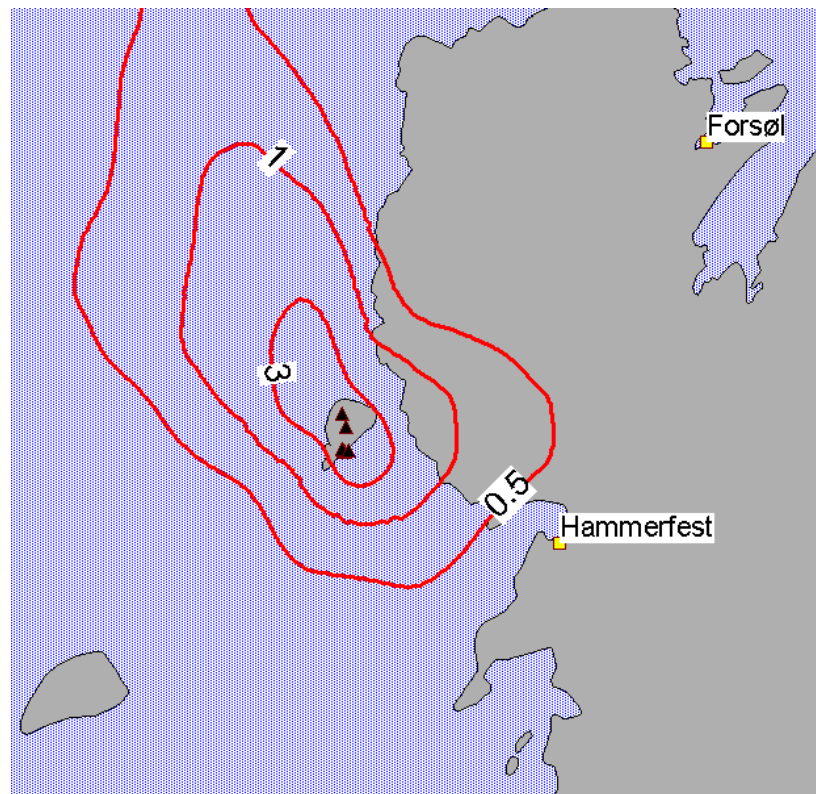
For å få et helhetlig bilde av konsentrasjoner av nitrogenoksider er det kjørt beregninger av både NO_x og NO₂. Det er bare konsentrasjoner av NO₂ som har konsekvenser for luftkvaliteten og hvor det er gitt grenseverdier (Tabell 1). Tabell 10 viser resultater fra spredningsberegningene. Utslippet fra Hammerfest LNG er adskillig større enn utslippet fra tilhørende skipstrafikk, derfor er det svært liten forskjell på disse to scenariene. Verken EUs grenseverdi eller Nasjonalt mål blir overskredet i disse beregningene for noen midlingstid. SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium på maksimalt 100 µg NO₂/m³ per time blir overskredet for begge scenarier. Lokalisering av denne overskridelsen er vist i Figur 19. Beregnet årsmiddelkonsentrasjon er også lavere enn SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium (Figur 20). Målinger fra Slettnes viser at bakgrunnskonsentrasjonen av NO₂ er ca. 0,4 µg/m³ per time (Tabell 2).

Tabell 10: Beregnet konsentrasjoner av NO₂ og NO_x for de to spredningsscenariene.

Scenario	Komponent	Maksimalt timemiddel µg/m ³	19. høyeste timemiddel µg/m ³	Årsmiddel µg/m ³
Hammerfest LNG	NO ₂	140	105	5,4
Hammerfest LNG inkludert skip	NO ₂	140	105	5,7
Hammerfest LNG	NO _x	763	226	7,5
Hammerfest LNG inkludert skip	NO _x	763	236	8,1



Figur 19: Maksimal timemiddelkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av NO_2 fra utslipp fra Hammerfest LNG med tilhørende skipstrafikk.



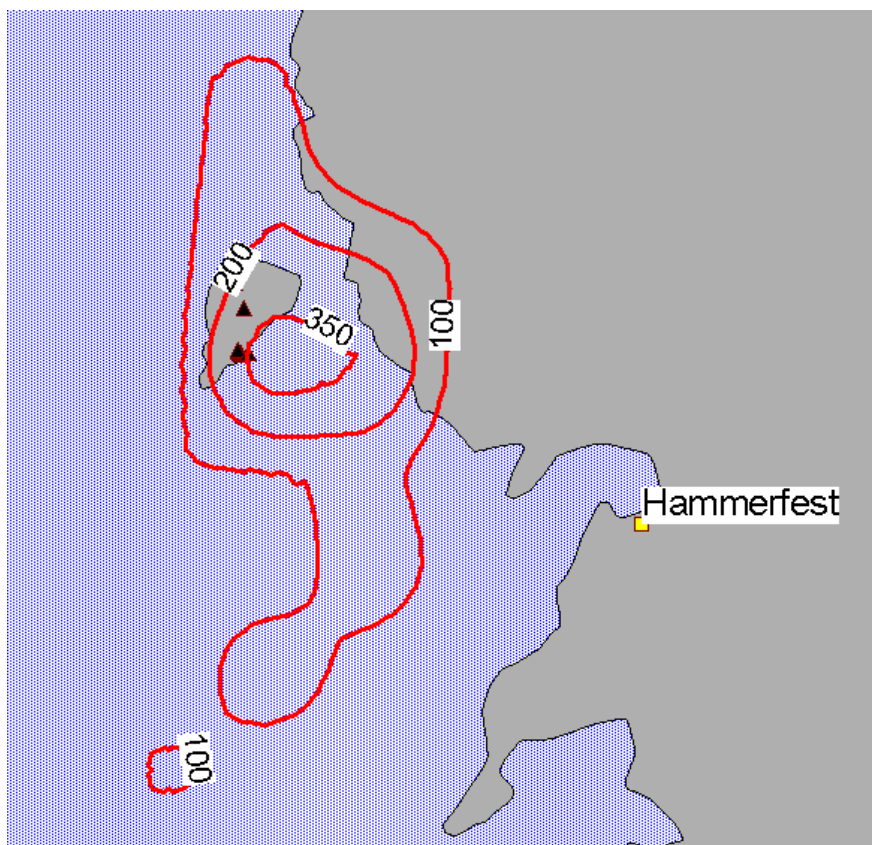
Figur 20: Årsmiddelkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av NO_2 fra utslipp fra Hammerfest LNG med tilhørende skipstrafikk.

6.1.2 Konsentrasjoner av svoveldioksid i luft

Det er beregnet konsentrasjoner av SO₂ i luft midlet over både time, døgn og år. For timemiddel, døgnmiddel og årsmiddel blir verken EUs grenseverdi, Nasjonalt Mål eller SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier blir overskredet i beregningene. Høyeste timemiddel er beregnet til 480 µg/m³. EUs grenseverdi er på 350 µg/m³, men tillater 24 overskridelser av denne per år. 25. høyeste timemiddel er beregnet til 40 µg/m³, dermed er EUs grenseverdi overholdt med god margin. Tabell 11 viser alle beregninger av SO₂ for Hammerfest LNG med eller uten tilhørende skipstrafikk. Tabellen viser at utslipp fra skip er dominerende for konsentrasjoner av SO₂. Figur 21 viser at høyeste timemiddel er beregnet til å være like i nærheten av lokasjon for havneleie for skipstrafikken. Bakgrunnsmålinger fra Slettnes (1991-1992) viser konsentrasjon av SO₂ på 0,6 µg/m³ per time, mens målingene fra Fugleneset (2007-2008) viser konsentrasjon av SO₂ på 0,4 µg/m³ per time (Tabell 2). Konsentrasjoner av SO₂ vil være sterkt avhengig av drivstoff og SO₂-innhold i dette.

Tabell 11: Beregnede konsentrasjoner av SO₂ fra utslipp fra Hammerfest LNG med- og uten tilhørende skipstrafikk.

Midlingstid	Hammerfest LNG	Hammerfest LNG inkludert skip
Maksimalt timemiddel	2,5	480
25. høyeste time	0,4	40
Maksimalt døgnmiddel	0,5	68
4. Høyeste døgn	0,15	9,4
Årsmiddel	0,013	0,5



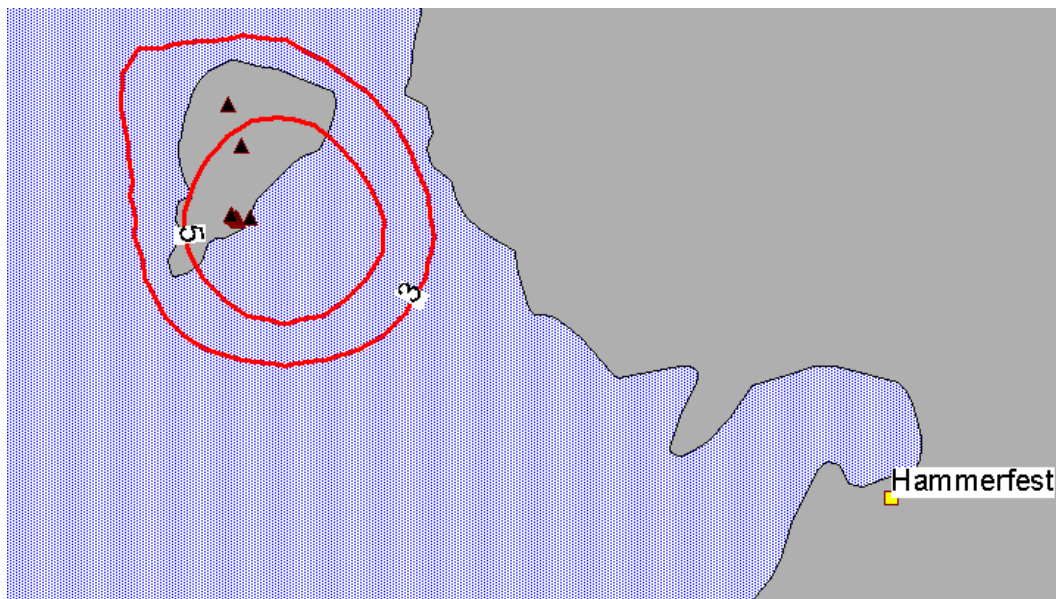
Figur 21: Maksimal timemiddelkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av SO_2 fra utslipp fra Hammerfest LNG med tilhørende skipstrafikk.

6.1.3 Konsentrasjoner av svevestøv (partikler mindre enn $10 \mu\text{m}$ i luft, PM_{10})

Det er beregnet konsentrasjoner av PM_{10} i luft midlet over både døgn og år. Beregningene viser:

- Maksimalt døgnmiddel blir $10 \mu\text{g PM}_{10}$
- 8. høyeste døgnmiddel blir $0,7 \mu\text{g PM}_{10}$
- Årsmiddel blir $0,1 \mu\text{g PM}_{10}$

Figur 22 viser spredningsberegninger for maksimalt døgnmiddel. Beregning av både årsmiddel og maksimalt døgnmiddel er lavere enn EUs grenseverdi, Nasjonalt Mål og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier.



Figur 22: Maksimal døgnmiddelkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av PM_{10} fra utslipp fra Hammerfest LNG med tilhørende skipstrafikk.

6.2 Avsetninger

Det har blitt utført spredningsberegninger med tilhørende avsetningsberegninger for både nitrogen og svovel for ett års utslipp. Det har blitt beregnet både våtavsetning og tørravsetning for begge komponentene. Avsetning har et stort influensområde, for beregning av avsetninger er det valgt et større griddet modellområdet enn det som ble brukt for beregning av konsentrasjoner i luft. Figur 23 viser modellområdet som er benyttet for beregning av avsetning.



Figur 23: Grid som er benyttet til å beregne avsetning til sjø og bakke. Skipsrute er tegnet med gul/rød linje. Hver gridrute er 100 km^2 , hele modellområdet er $40\,000 \text{ km}^2$.

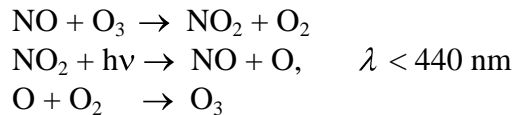
For beregning over et regionalt modellområde som vist i Figur 23 vil meteorologien variere innenfor griddet, se kapittel 4. I beregningene er det benyttet meteorologidata fra målingene på Melkøya. Siden målingene er tatt like ved utslippspunktet er dette de beste inngangsdata som kan benyttes. Likevel vil meteorologiske variasjoner innenfor modellområdet gi noe høyere usikkerhet ved beregninger av regionale avsetninger enn ved beregninger av lokale konsentrasjoner i luft.

6.2.1 Våtsavsetning

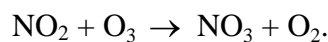
Det har blitt utført spredningsberegninger for å kartlegge bidrag til våtavsetning av nitrogen og svovel fra Hammerfest LNG både med og uten skipstrafikk til og fra anlegget. Våtavsetningen er beregnet med en trajektoriemodell, INPUFF (Knudsen og Hellevik, 1992), som regner utslipp, kjemiske reaksjoner og avsetning fra time til time. Modellen tar hensyn til nedbør og nedbørintensitet.

Nitrogenavsetning

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 nitrat (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 Karasjøk er 51 – 95 µg/m³. 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 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 og 20 x 20 gridruter, hele modellområdet er 40 000 km². Modellen simulerer utslipp av NO_x sekundvis i hele simuleringsperioden. Hvert sekund slippes et puff som inneholder gitt mengde NO_x. Ved nedbør vil 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.

Svovelavsetning

Det er laget en modell for beregning av svovelavsetning (Gjerstad et al., 2005). Denne modellen har utgangspunkt i INPUFF som ble benyttet for nitrogenavsetning. Endringene i forhold til INPUFF ligger i kjemirutinen og avsetningshastighet. I modellen avsettes det lite SO₂ med nedbør. Uten skyer skjer oksidasjon av SO₂ i gassfase til sulfat via OH. Denne reaksjonen har en tidsskala på ca 5 døgn. Med vanndråper til stede øker oksidasjonshastigheten mye. I dråpene vil SO₂ finnes som enten svovelsyre (H₂SO₄), bisulfitt (HSO₃⁻) eller svoveltrioksid (SO₃⁻) og fordelingen er bestemt av pH-verdien. Ved typiske pH-verdier i atmosfæren vil det aller meste være i form av HSO₃⁻.

I væskefase oksideres firverdige svovel til sulfat via tre reaksjonsveier: Via H₂O₂, O₃ og katalysert via oppløste metallioner som f.eks. jern. Under vanlige atmosfæriske betingelser er H₂O₂ oksidasjon den raskeste, men hastigheten på O₃-

reaksjonen øker sterkt med økende pH-verdier, og ved uvanlig høye pH-verdier kan dermed O₃-reaksjonen bli den begrensende.

Oksidasjon via H₂O₂ er tilnærmet uavhengig av pH opp til en pH på ca 5, og skjer så raskt i dråpene at med vanlige antagelser for skyvanninnhold og gasskonsentrasjoner, betyr det en levetid for SO₂ i gassfasen på 10-60 minutter. Disse tidsskalaene er gjort uten hensyn til eventuell massetransport begrensninger, det vil si tidsskalaen for diffusjon fra gassfase inn i dråpene.

6.2.2 Tørravsetning

Det har blitt utført spredningsberegninger for å kartlegge bidrag til tørravsetning av nitrogen og svovel fra Hammerfest LNG både med og uten skipstrafikk til og fra anlegget. Tørravsetningen er beregnet med CONDEP, hvor det antas at konsentrasjonsfordelingen i røykfanen er normalfordelt både horisontalt og vertikalt vinkelrett på vindretningen (Bøhler, 1987). Beregningene er utført for ustabile, nøytrale og stabile atmosfæriske forhold, og det er tatt hensyn til bygningsturbulens og at vindstyrken øker med høyden.

Deposisjonshastighet for SO₂ i Norge varierer mellom 0,1 og 0,7 cm/s og for NO_x varierer den mellom 0,1 og 0,5 cm/s (SFT, 2005). Deposisjonshastigheten er høyest om sommeren og lavest om vinteren, den er også høyere i Sør-Norge enn i Nord-Norge på grunn av lengden på vekstsesongen. Vi har derfor antatt følgende deposisjonshastigheter i spredningsmodellen: For NO_x 0,1 cm/s om vinteren og 0,4 cm/s om sommeren, for SO₂ 0,1 cm/s om vinteren og 0,5 cm/s om sommeren.

6.2.3 Resultater av beregninger

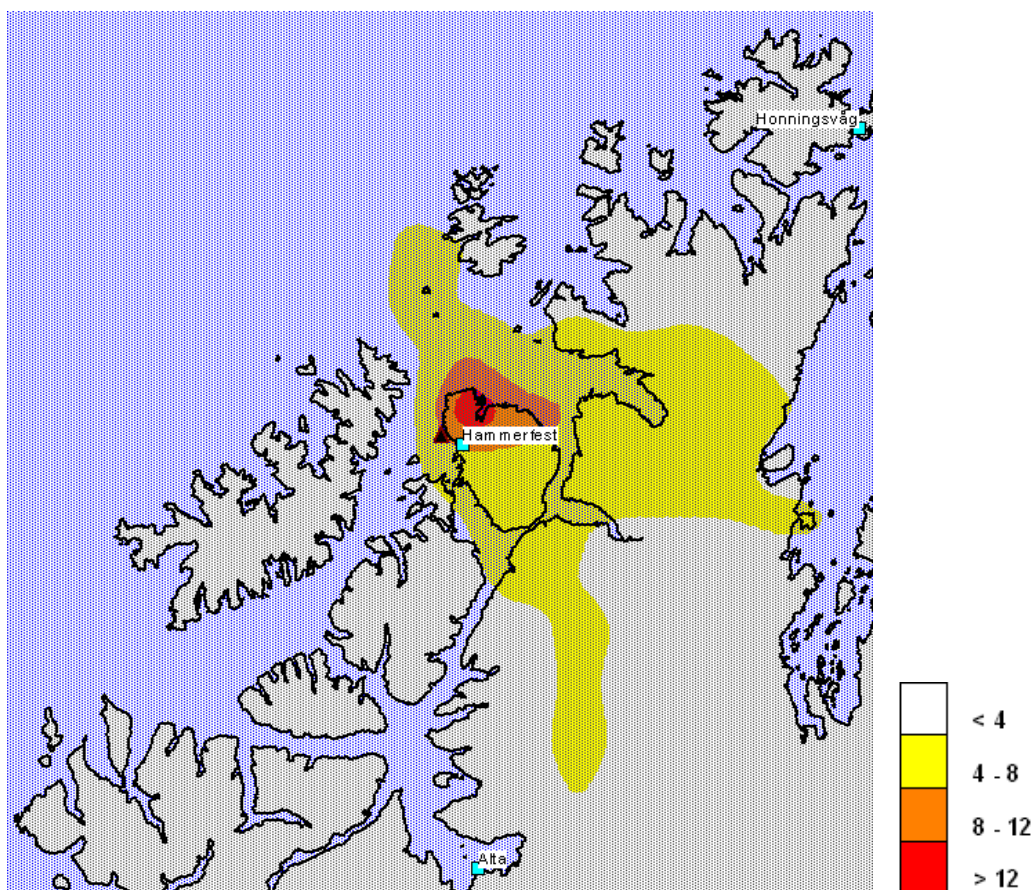
Det er beregnet tørr- og våtavsetning hver for seg midlet over ruter på 10 km x 10 km. For både nitrogen og svovel er beregnet avsetningsnivå i den gridruta som gir høyest verdi gitt i Tabell 12 sammen med vurdering av dagens avsetningsnivå.

Figur 24 viser nitrogenavsetning av utslipp fra Hammerfest LNG med tilhørende skipstrafikk. NO_x-utslipp fra skip utgjør ca. 1 % av utslipp fra Hammerfest LNG, avsetningsberegninger fra utslipp fra Hammerfest LNG uten tilhørende skipstrafikk gir derfor en grafisk framstilling som er tilnærmet identisk med Figur 24, selv om Tabell 12 viser at maksimal avsetning er noe lavere.

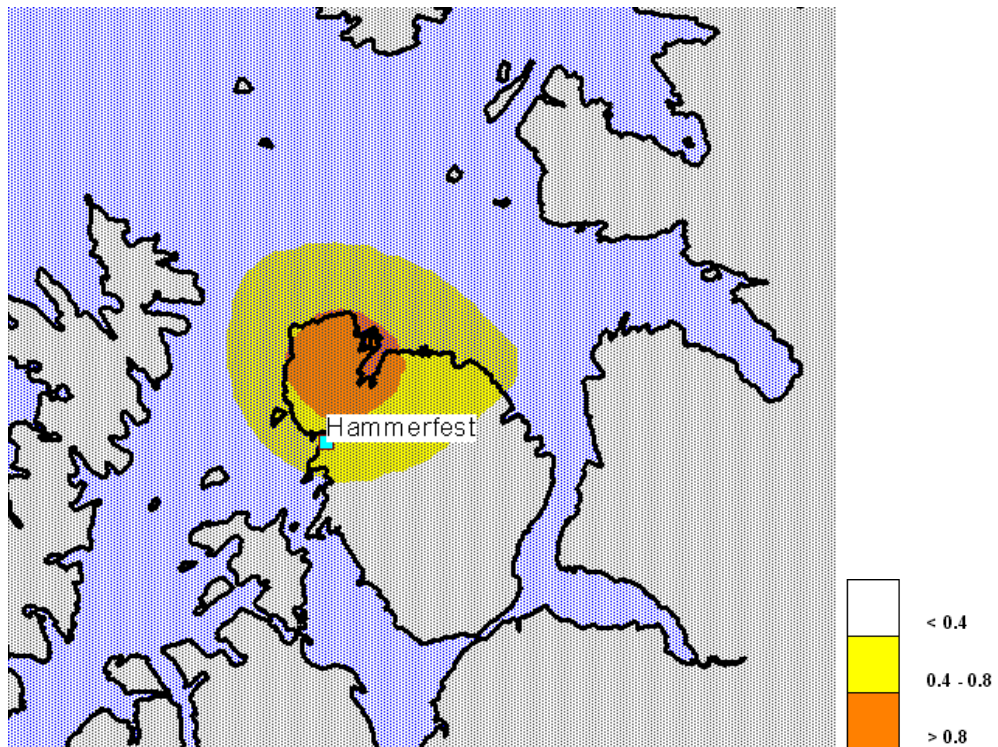
Figur 25 viser svovelavsetning av utslipp fra Hammerfest LNG med tilhørende skipstrafikk. Figur 26 viser svovelavsetning av utslipp fra Hammerfest LNG uten tilhørende skipstrafikk. Figurene viser at skipstrafikken er dominerende for avsetning av svovel.

Tabell 12: Dagens avsetningsnivå sammen med beregnet tillegg fra utslipp fra Hammerfest LNG med- og uten skipstrafikk.

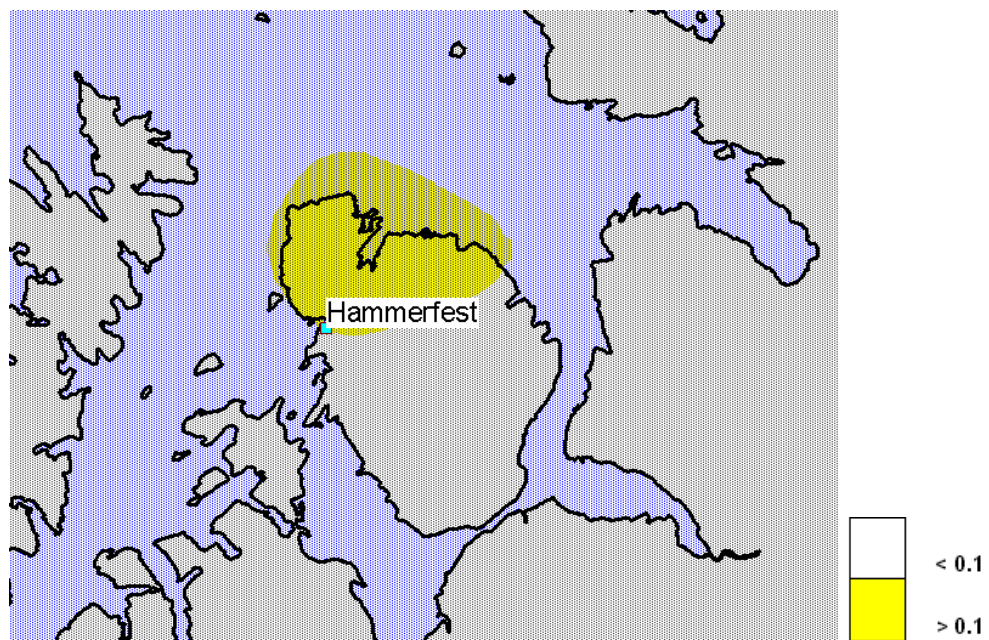
Scenario	Nitrogenavsetning mg N /m ² per år	Svovelavsetning mg S /m ² per år
Vurdering av dagens avsetningsnivå innenfor hele influensområdet	100 - 300	150 - 500
Målt årlig avsetning ved Forsøl 2007/2008	182	709
Målt årlig avsetning ved Stangenes 2007/2008	117	326
Maksimalt tillegg fra Hammerfest LNG	15	0,2
Maksimalt tillegg fra Hammerfest LNG inkl. skipstrafikk	16	1,3



Figur 24: Sommert tørr- og våtavsetning av nitrogen for utslipp fra Hammerfest LNG med skipstrafikk, enhet: mg N/m² per år.



Figur 25: Sommert tørr- og våtavsetning av svovel for utslipp fra Hammerfest LNG med skipstrafikk, enhet: mg S/m² per år.



Figur 26: Sommert tørr- og våtavsetning av svovel for utslipp fra Hammerfest LNG uten skipstrafikk, enhet: mg S/m² per år.

7 Referanser

- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K.E. (2008) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2007. Kjeller (NILU OR 29/2008). (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1033/2008).
- AirQUIS (2008) AirQUIS 2003. URL: www.airquis.com.
- Bøhler, T. (1987) Users guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87).
- eKlima (2008) URL: www.eklima.no.
- Gjerstad, K. I. (2006) Modellering av spredning og avsetning basert på prognoser for utslipp. Kjeller (NILU OR 31/2006).
- Gjerstad, K. I. (2008) Måledata juli 2007-juni 2008, Miljøovervåking av utslipp til luft fra Snøhvit-Hammerfest LNG. Kjeller (NILU OR 70/2008).
- 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).
- Tønnesen, D. (1993) Forundersøkelse på Slettnes, Sørøya 1992. Kjeller, Norsk institutt for luftforskning. Ref: O-91081.
- Tønnesen, D. (2006) Oppdatering av utslipp fra skipstrafikk, Melkøya. Miljøovervåking av utslipp til luft fra Snøhvit-Hammerfest LNG. Kjeller (NILU OR 25/2006).



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

Deltaker i CIENS og Miljøalliansen

ISO-sertifisert etter NS-EN ISO 9001

RAPPORT TYPE OPPDRAGRAPPORT	NILU OR 4/2009 Rapport no.: 8/R.2	ISBN 978-82-425-2070-8 (trykt) 978-82-425-2071-5 (elektronisk) ISSN 0807-7207
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 34
TITTEL Modellberegninger av luftkvalitet og avsetningsnivå april 2007 – april 2008 Miljøovervåking av utslipp til luft fra Snøhvit-Hammerfest LNG	PROSJEKTLEDER Karl Idar Gjerstad	KONTRAKTØRS REF. O-106037
FORFATTER(E) Karl Idar Gjerstad	TILGJENGELIGHET * A	OPPDRAKSGIVERS REF: Kontrakt nr. 4501053696 Asgeir Lorås
OPPDRAKSGIVER StatoilHydro PRO PSK ANS 4035 Stavanger		
REFERAT Norsk institutt for luftforskning (NILU) har beregnet konsentrasjoner i luft av NO ₂ , SO ₂ og PM ₁₀ , samt nitrogen- og svovel avsetning som følge av utslipp til luft fra Hammerfest LNG med tilhørende skipstrafikk. Beregningene viser at konsentrasjon av NO ₂ kan overskride SFTs anbefalte luftkvalitetskriteriet, men ikke Nasjonale mål eller EUs grenseverdier. For SO ₂ og PM ₁₀ er det ikke overskridelser av noen grenser. Videre viser beregningene en maksimal avsetning på 16 mg N /m ² og 1,3 mg S /m ² per år.		
KEYWORDS Spredningsberegning	Avsetning	Snøhvit
TITTEL Calculation of dispersion and deposition, April 2007 – April 2008		
ABSTRACT Norwegian Institute for Air Research (NILU) has calculated concentrations of NO ₂ , SO ₂ , and PM ₁₀ from emission from Hammerfest LNG and corresponding shipping. Also deposition of nitrogen and sulfur has been calculated. Calculations show that concentration of NO ₂ might exceed the recommended threshold of SFT, but not the National target values nor the EU threshold values. There is no exceedences of SO ₂ nor PM ₁₀ . Calculations gives a maximum deposition of 16 mg N /m ² /y and 1,3 mg S /m ² /y.		

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