

Finnfjord AS

Oppdaterte spredningsberegninger av utslipp til luft

Tore Flatlandsmo Berglen, Miha Markelj, Torleif Weydahl,
Tove Marit Svendby, Henrik Grythe og Dag Tønnesen



Forord

Dette er et prosjekt utført av NILU - Norsk institutt for luftforskning på oppdrag for Finnfjord AS på Finnsnes. NILU gjorde en studie for Finnfjord AS i 2020 der det ble gjort modellberegninger av utslipp fra bedriften (NILU rapport 05/2021). Miljødirektoratet har nå pålagt Finnfjord AS å gjennomføre nye spredningsberegninger av NO_x, SO₂ og støv. Miljødirektoratet skriver blant annet:

«Bedriften skal utarbeide en revidert spredningsberegning for NO_x, NO₂, SO₂ og svevestøv.

Revidert spredningsberegningen må oppfylle følgende krav:

- Utredningen må vise tydelig om det kan være overskridelser av gjeldende grenseverdi i forurensningsforskriften kapittel 7 og gjeldende luftkvalitetskriterier.*
- Utredningen må vise hvor eventuelle konsentrasjoner over grenseverdier og luftkvalitetskriterier kan oppstå. Resultatene på lokal skala for PM₁₀ skal presenteres i et kart. - Det må gjøres beregning både for utslippsgrensen og for faktiske utslipp.*
- Utredningen må også vise hvilket utslippsnivå fra bedriften ville gi konsentrasjoner innenfor forurensningsforskriften kapittel 7 og luftkvalitetskriterier.»*

I tillegg er det oppdaget en feil i tallgrunnlaget når det gjelder utslipp av NO₂/NO_x. Dette hadde i sin tur konsekvenser for modellberegningene fra 2020. I herværende rapport er dette rettet opp.

Arbeidet er hovedsakelig utført av Tore Flatlandsmo Berglen som har vært prosjektleder og oppdatert rapporten, Miha Markelj har utført CONDEP modellberegninger og gjort databearbeiding. Tove Svendby er ansvarlig for modellberegninger ved hjelp av modellsystemet WRF-EMEP. Thorleif Weydahl, Henrik Grythe og Dag Tønnesen har bidratt i faglige diskusjoner og kvalitetssikring. Alle medforfattere har bidratt til rapporten. Ellers har følgende kollegaer ved NILU bidratt i prosjektet; Claudia Hak var intern kvalitetskontrollør og Randi Nordby Henriksen har bidratt med redigering av rapporten.

Innhold

Forord	2
Sammendrag	4
1 Introduksjon	5
2 Utslipp, bakgrunnsnivåer og tålegrenser.....	8
2.1 Utslipp fra Finnfjord AS	8
2.2 Generelt om komponentene som vurderes i denne studien	9
2.3 Bakgrunnskonsentrasjoner og grenseverdier	10
2.4 Meteorologiske forhold ved Finnfjord	12
2.5 Forsuring og eutrofiering, eksisterende nivåer og tålegrenser	13
3 Konsentrasjon på lokal skala- CONCX / CONDEP	20
3.1 CONCX / CONDEP-modellsystem	20
3.2 Utslippspunkter ved Finnfjord	20
3.3 NO _x / NO ₂	21
3.4 SO ₂	24
3.5 Svevestøv PM ₁₀	27
4 Konsentrasjon og avsetning på regional skala- WRF-EMEP	31
4.1 WRF-EMEP modellsystem	31
4.2 Konsentrasjon og avsetning - NO _x	32
4.3 Konsentrasjon og avsetning - SO ₂	35
4.4 Konsentrasjon - svevestøv / PM ₁₀	38
4.5 Konsentrasjon – inert gass og inert partikkel	39
5 Referanser	40
Vedlegg A Detaljerte utslippsdata	42
Vedlegg B Norske grenseverdier, luftkvalitetskriterier, samt tiltaksverdier og grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren	44
Vedlegg C Konsentrasjon – inert gass og inert partikkel	50

Sammendrag

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning (NILU) har, på oppdrag fra Finnfjord AS, gjort oppdaterte spredningsberegninger og avsetningsberegninger for utslipp til luft fra smelteverket på Finnsnes. Bakgrunnen for studien er krav fra Miljødirektoratet om reviderte spredningsberegninger av utslipp til luft.

Fokus i denne studien er NO_x, SO₂ og svevestøv/PM₁₀. Utslipp for Finnfjord AS er oppgitt av oppdragsgiver. Det er redegjort for gjeldende utslipp, luftkvalitetskriterier, eksisterende bakgrunnskonsentrasjoner og avsetning. Tålegrenser for skogsjord, vegetasjon og overflatevann er vist og diskutert. Det er gjort modellberegninger av timemiddel-, døgnmiddel- og årsmiddelkonsentrasjoner på lokal skala ved hjelp av CONDEP-modellen og regionale beregninger ved hjelp av modellsystemet WRF-EMEP.

En stor andel av forurensningen slippes ut gjennom lanternider på taket. Når det gjelder utslippene går NO_x og SO₂ i all hovedsak ut gjennom lanternidene på taket av renseanlegget. Støv/PM slippes hovedsakelig ut fra nødskorsteinene på ovnene og fra lanternidene på taket og sjalusiene på veggene i tappehallen (fordelt om lag 50/50 siste år). Ved svak vind vil det termiske løftet dominere og spredning og fortykning blir god. Ved sterkere vind, fra 3 m/s og oppover, kan det oppstå bygningsturbulens og nedtrekk av røykfanen, som igjen gir høye konsentrasjoner rett ved smelteverket og i umiddelbar nærhet. CONDEP-beregningene viser at høyeste årsmiddelkonsentrasjon av NO₂ som følge av utslipp fra Finnfjord er 1,9 µg/m³, mens det er 6 timemiddelverdier over 200 µg/m³ som er timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse (18 tillatte overskridelser). Selv om bakgrunn og andre lokaler kilder tas med er norske grenseverdier for NO₂ overholdt.

SO₂ viser høye konsentrasjoner ved smelteverket og i umiddelbar nærhet. For SO₂ kan overskridelse av grenseverdier oppstå opptil 500-600 m fra smelteverket. Høyeste årsmiddelkonsentrasjon av svevestøv/PM₁₀ som følge av utslipp fra Finnfjord er 4 µg/m³, mens det er 3 døgnmiddelverdier over 50 µg/m³, som er døgngrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse (25 tillatte overskridelser). Selv om bakgrunn og andre lokaler kilder tas med er norske grenseverdier for PM₁₀ overholdt.

De beregnede konsentrasjonene er høyere enn luftkvalitetskriteriet for NO₂ for time og PM₁₀ for døgn. Merk at disse ikke er juridisk bindende.

Konklusjonene er gyldige for aktuelle utslipp og for utslipp tilsvarende utslippsgrensen gitt av norske myndigheter.

Beregninger med WRF-EMEP modellsystemet viser liten påvirkning på regional skala (opptil 50 km fra smelteverket). Det er beregnet at av utslippene fra Finnfjord avsettes 16 % av nitrogen, 15 % av svovel og 12 % av PM₁₀ innenfor det innerste gridet (105 x 105 km²).

For å verifisere modellresultatene og for å tallfeste konsentrasjonene i den virkelige atmosfæren anbefales det å gjøre målinger av SO₂ med høy tidsoppløsning. Måleprogrammet bør også inkludere målinger av meteorologi, det vil si vindretning og -styrke.

Finnfjord AS

Oppdaterte spredningsberegninger av utslipp til luft

1 Introduksjon

Finnfjord AS¹ ligger i Senja kommune i Troms og Finnmark fylke om lag 70 km sørvest for Tromsø i luftlinje. Bedriften ble grunnlagt i 1960 og er en av Europas største produsenter av ferrosilisium (FeSi). Ferrosilisium er en viktig bestanddel i stål og stållegeringer. Per i dag er det tre reduksjonsovner i drift med en produksjonskapasitet på 100 000 tonn ferrosilisium i året. I tillegg er det installert en damp turbin for energigjenvinning som samlet produserer opp til 340 GWt elektrisk kraft pr. år. Finnfjord sysselsetter 145 årsverk og har en årlig omsetning på om lag 1,5 mrd. norske kroner. For bilder av smelteverket se forsiden eller Finnfjord sin hjemmeside. Geografisk plassering av Finnfjord og Finnsnes er gitt i Figur 1.

Aktivitetene ved Finnfjord AS vil uvegerlig føre til utslipp til luft. Utslipp til luft fra Finnfjord slik de er rapportert til norske myndigheter er gjengitt i Tabell 1 (kap. 2.1). I denne oppdaterte studien fokuseres det primært på NO_x (nitrogenoksider, en samlebetegnelse for NO+NO₂), SO₂ (svoveldioksid) og svevestøv/PM.

NILU har tidligere utført en studie vedrørende utslipp til luft fra Finnfjord AS sitt anlegg:

- Berglen, T.F., Svendby, T.M., Vo Thanh D. og Tønnesen, D. (2022). Finnfjord AS Spredningsberegninger av utslipp til luft. Kjeller, NILU (NILU rapport 05/2021).

NILU har også utført måleprogram for luftkvalitet ved Finnfjord AS:

- Hak, C., Halse, A.K. og Halvorsen, H.L., Kartlegging av 2-4 ring PAHer og SO₂ rundt FeSi-/Si-smelteverk. Passive luftmålinger rundt Finnfjord AS, oktober - desember 2014 og analyse av mikrosilikastøv. Kjeller, NILU (NILU OR 19/2016)

Nedlastbar fra: https://www.nilu.no/wp-content/uploads/dnn/19-2016_Finnfjord-PAH-PAS-CH-final.pdf

- Hak, C., Luftkvalitetsmålinger i nærområdet til Finnfjord AS oktober 2011 – mai 2012. Kjeller, NILU (NILU OR 31/2012).

Nedlastbar fra: <https://www.nilu.no/wp-content/uploads/dnn/31-2012-CH-Finnfjord.pdf>

I tillegg har NILU også utført prøvetaking og analyse av mose rundt Finnfjord:

- Uggerud, H. and Steinnes, E., Metal pollution around Norwegian industries studied by analysis of naturally growing moss samples - 2015 survey. Kjeller, NILU (NILU report 1/2017).

Nedlastbar fra: <https://www.nilu.no/wp-content/uploads/dnn/1-2017-Metal-pollution-around-Norwegian-industries-HTU.pdf>

¹ Bedriftens hjemmeside: <http://www.finnfjord.no/no/> [besøkt 23. november 2022].

I 2020/2021 utførte NILU som nevnt en studie av utslipp til luft der det ble gjort spredningsberegninger fra Finnfjord AS sitt smelteverk ved Finnsnes, jfr. NILU rapport 05/2021, prosjekt o120091. Nå er bedriftens utslippstillatelse oppdatert (sist endret 17.11.2022) og i den anledning stiller Miljødirektoratet nye krav til dokumentasjon. Samtidig er det avdekket at bedriftens rapportering av NO_x-utslipp har avvirket fra rutinene slik at spredningsberegningene av NO_x må oppdateres.

Miljødirektoratet stiller blant annet krav om å:

“Jfr. pkt. 14.3 Utføre spredningsberegning av SO₂, NO_x og støv.

Bedriften skal utarbeide en revidert spredningsberegning for NO_x, NO₂, SO₂ og svevestøv.

Revidert spredningsberegningen må oppfylle følgende krav:

- Utredningen må vise tydelig om det kan være overskridelser av gjeldende grenseverdi i forurensningsforskriften kapittel 7 og gjeldende luftkvalitetskriterier.*
- Utredningen må vise hvor eventuelle konsentrasjoner over grenseverdier og luftkvalitetskriterier kan oppstå. Resultatene på lokal skala for PM₁₀ skal presenteres i et kart.*
- Det må gjøres beregning både for utslippsgrensen og for faktiske utslipp.*
- Utredningen må også vise hvilket utslippsnivå fra bedriften ville gi konsentrasjoner innenfor forurensningsforskriften kapittel 7 og luftkvalitetskriterier.»*

Dette begrunnes blant annet med:

«2.1.2 Spredningsberegning av utslipp til luft (punkt 14.3 i tillatelsen)

Finnfjord har sendt en spredningsberegning 8. februar 2021 etter krav fra Miljødirektoratet, jf. tillatelsen før endring punkt 14.3. Rapportens konklusjon er at det vil kunne oppstå høye timesmiddelkonsentrasjoner rett ved smelteverket, men det er ikke fastsatt hvor ofte. Videre viser regionale beregninger at det er sannsynlig at norske grenseverdier er overholdt for NO_x/NO₂ og støv. Det har imidlertid vært feil tallgrunnlag for beregning av NO_x/NO₂ i beregningen, siden det ble funnet at Finnfjord har rapportert NO_x-utslipp feil fra 2015 til 2020, jf. revisjonsrapport datert 17. november 2021. Finnfjord har opplyst til Miljødirektoratet at de utreder nytt renseanlegg med NO_x-rensing og svovelrensing. Bedriften har ikke tatt en investeringsbeslutning angående dette.»

Prosjektets målsetting er å svare på Miljødirektoratets oppdaterte krav. Arbeidet vil ta utgangspunkt i studien som ble gjort i 2020/2021 (NILU rapport 5/2021)



Figur 1: Topografisk kart over Finnfjord, Finnsnes og nærliggende områder, stort kart (øverst) og detaljkart (nederst). Industriområdet til Finnfjord er markert i grått/blått, litt øst for sentrum av tettstedet Finnsnes. Kilde: norgeskart.no², drevet av Kartverket.

2 Utslipp, bakgrunnsnivåer og tålegrenser

2.1 Utslipp fra Finnfjord AS

Samlede utslipp fra Finnfjord AS slik de er rapportert til norske myndigheter er gjengitt i Tabell 1.

Tabell 1: Utslipp til luft fra Finnfjord AS for 2021 slik de er rapportert til norske myndigheter, gjengitt fra databasen <https://www.norskeutslipp.no>³. Komponenter merket med 0,0, ingen utslipp eller "Ikke relevant" er utelatt. Bedriften tilhører sektoren landbasert industri og bransjen "Produksjon av ferrolegeringer". Enhet: g, kg eller tonn pr. år.

Utslipp pr. komponent	Mengde pr. år
Arsen	36,55 kg
Benzo[a]pyren (BaP)	4,72 g
Benzo[g,h,i]perylene (BGHIP)	0,01 g
Bly	21,50 kg
Flyktige organiske forbindelser (VOC)	2,30 tonn
Kadmium	0,60 kg
Karbondioksid (CO ₂)	301 140 tonn
Karbondioksid biomasse (CO ₂ (B))	12 560 tonn
Karbondioksid fossilt (CO ₂ (F))	288 580 tonn
Karbonmonoksid (CO)	62,92 tonn
Klimagasser (CO ₂ -ekv)	289 231,53 tonn
Kobber (Cu)	24,77 kg
Kvikksølv (Hg)	1,89 kg
Lystgass (N ₂ O)	1,61 tonn
Metan (CH ₄)	6,91 tonn
Molybden (MO)	0,53 kg
Naftalen (NAP)	168,77 kg
Nikkel (Ni)	33,57 kg
Nitrogenoksider (NO _x)	1145,79 tonn
PAH-16-USEPA (PAH-16EPA)	201,74 kg
PAH-4 (PAH-4)	0,05 kg
Partikulært utslipp til luft fra industri (INSTOV)	368,50 tonn
Sink (Zn)	60,54 kg
Svoveldioksid (SO ₂)	819,27 tonn

<https://www.norskeutslipp.no/lat=7681674.578020927&markerLon=620368.5049790635&panel=searchOptionsPanel&sok=Finfierda> [besøkt 23. november 2022].

³ <https://www.norskeutslipp.no/no/Diverse/Virksomhet/?CompanyID=5712> [besøkt 23. november 2022].

Detaljerte utslipp og fysiske utslippsdata (utgangstemperatur, utgangshastighet, skorsteinshøyde m.m.) for hver enkelt skorstein slik de er oppgitt av Finnfjord er gjengitt i Tabell 2 i Vedlegg A. Av komponentene i Tabell 1 er det NO_x, SO₂ og partikler som er mest relevante for denne studien.

Utslippene kan variere fra år til år. For eksempel har utslippene av NO_x variert mellom 761 tonn og 1145,79 tonn pr. år mellom 2015 og 2021. Likeledes har utslipp i kategorien «Partikulært utslipp til luft fra industri (INSTOV)» variert mellom 307 tonn og 478,50 tonn pr. år i samme periode. Årlige utslipp av Svoveldioksid (SO₂) har variert mellom 795,71 og 1069,66 tonn.

I denne studien er det brukt utslipp lik 1145,79 tonn pr. år for NO_x, 478,50 tonn pr. år for svevestøv (PM) og 1069,66 tonn pr. år for SO₂ i modellberegningene. Det vil si de maksimale årlige utslippene rapportert de siste sju årene.

For ytterligere informasjon om utslipp fra ferrosilisiumsmelteverk, se Kero mfl. (2017).

2.2 Generelt om komponentene som vurderes i denne studien

Nitrogenoksider (NO_x)

NO_x (NO + NO₂) dannes ved forbrenning ved høy temperatur. Luft består av 78 % molekylært nitrogen, N₂, der bindingen mellom nitrogenatomene N-N er meget sterk. Høy temperatur/mye energi kan bryte opp denne bindingen og NO_x dannes. Mesteparten av NO_x slippes ut i form av NO (~90-95 % avhengig av kildetype), mens det resterende slippes ut som NO₂. I denne studien er det antatt at 95% av NO_x slippes ut i form av NO og 5% i form av NO₂.

Samlede utslipp av NO_x i Norge i 2021 var 143 200 tonn (2018: 163 500 tonn, kilde: SSB⁴). Utslippene fra kategorien Olje- og gassutvinning – stasjonær forbrenning er nå største kilde (40 400 tonn i 2021), fulgt av Innenriks sjøfart og fiske (32 300 tonn). Utslippene fra olje- og gassutvinning har vært tilnærmet stabile siden 2005, energibehovet har gått opp, men nye anlegg har turbiner med lav-NO_x teknologi. Tidligere var transport og motorredskaper en stor kilde, men utslippene fra denne sektoren har gått ned de senere årene, hovedsakelig på grunn av teknologiforbedringer som følge av skjerpede utslippskrav. De viktigste naturlige kildene til NO_x er lyn og utslipp fra jord. NO₂ er en giftig gass og det er derfor etablert strenge luftkvalitetskrav og grenseverdier.

Mesteparten av NO_x tapes fra atmosfæren ved at det går over til HNO₃/NO₃⁻, men noe avsettes også direkte på bakken i form av NO₂ og utgjør en del av den samlede N-avsetningen. HNO₃ er svært vannløselig og tapes ved våtavsetning i nedbør. Løst i vann bidrar HNO₃ til forsuring av nedbør og vassdrag. Nitrogen fungerer som gjødsel, planter og alger trenger nitrogen for å vokse, men for mye nitrogen kan virke skadelig og bl.a. forskyve artssammensetningen mot arter som tåler høy nitrogenbelastning. NO_x er også viktig med tanke på ozon (O₃). Reaksjoner mellom NO_x og hydrokarboner med sollys tilstede gir dannelse av ozon. Ozon er svært reaktivt og er skadelig for planter og dyr ved tilstrekkelige doser.

Levetiden for NO_x i atmosfæren er typisk en dag (Jacob, 1999).

⁴ <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn> [besøkt 27. februar 2020].

Svoveldioksid (SO₂)

Samlede utslipp av SO₂ i Norge i 2021 var 14 700 tonn (2018: 16 300 tonn (kilde: SSB⁵), hvor Industri og bergverk – prosessutslipp (bl.a. smelteverk) var klart største kilde (til sammen 9 400 tonn). Også internasjonalt er industri en stor antropogen (menneskeskapt) kilde av SO₂, men også skipsfart har store utslipp. De antropogene utslippene av svovel er sterkt reduserte i Europa de senere år som en følge av rens tiltak. Angående naturlige utslipp er vulkaner en viktig svovelkilde, samt DMS (dimetylsulfid, CH₃SCH₃) som stammer fra alger i havet. På global skala har sulfatpartikler betydning for jordas strålingsbalanse og klima, men for denne studien er svovel viktig med tanke på lokal luftkvalitet. Svovelutslipp gir også sur nedbør (svoveloksider løst i vann som H₂SO₄) som bidrar til forsuring av jord og vann. Sur nedbør er mindre kritisk i Norge i dag enn det var tidligere.

Levetiden for SO₂ i atmosfæren er typisk en dag. Levetiden for H₂SO₄ avhenger av nedbørmengde, men er i størrelsesorden noen dager (Berglen et al., 2004).

Støv / PM

Råstoffene i prosessen for å produsere ferrosilisium består hovedsakelig av jernmalmpelletts (Fe₂O₃), kvarts (SiO₂) og karbon i form av kull, koks og biokarbon (C). I håndteringen av disse frigjøres støv. Prosessen foregår også ved høy temperatur slik at det kan forekomme fordampning. I produksjonen av ferrosilisium dannes det også silika, silisiumdioksid (SiO₂). Silika er et ultrafint pulver bestående av nesten helt runde partikler med en gjennomsnittsstørrelse på 0,15 µm. I utgangspunktet var silika et avfallsstoff fra produksjonen, men er i dag en ressurs og selges som et selvstendig produkt.

Støvutslippene fra Finnfjord er derfor sammensatte. I studiene for Finnfjord legges det vekt på mengde og konsentrasjon av totalstøv.

2.3 Bakgrunnskonsentrasjoner og grenseverdier

NILU utfører overvåkingsprogram av langtransportert forurensning på oppdrag fra Miljødirektoratet og Klima- og miljødepartementet. Siste publiserte rapport dekker kalenderåret 2021 (Aas mfl., 2022). Det gjøres målinger av ozon (O₃), nitrogendioksid (NO₂), støv/partikler PM₁₀ og PM_{2.5}⁶, samt uorganiske komponenter⁷ i luft og nedbør. Stasjonene i prosjektet er Birkenes, Sandve, Prestebakke, Hurdal, Kårvatn, Tustervatn, Svanvik og Zeppelin. Merk dog at det måles ulike komponenter på de ulike stasjonene. Birkenes og Zeppelin har status som observatorier og måler flest komponenter. På Andøya i Vesterålen ble det gjort målinger av organiske miljøgifter og tungmetaller (Bohlin-Nizzetto mfl., 2022). Vikedal, Treungen, Brekkebygda, Høylandet, Nausta, Vatnedalen og Løken måler kun uorganiske komponenter i nedbør. Formålet med måleprosjektene er å tallfeste bakgrunnsnivåene i Norge av ulike miljøgifter og tilførsel av disse.

⁵ <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn> [besøkt 27. februar 2020].

⁶ PM₁₀ («Particulate Matter») betegner partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm (mikrometer), også kalt svevestøv. PM_{2.5} betegner partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 2,5 µm.

⁷ Som uorganiske komponenter regnes SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺ og K⁺ gitt som ioner.

Nærmeste stasjon som måler NO₂ i forhold til Finnsnes er Tustervatn. Tustervatn ligger ved Mosjøen om lag 600 km unna, men regnes likevel som representativ for forholdene i norsk rural bakgrunn og også Finnsnes. I 2021 var årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂ på Tustervatn 0,27 µg NO₂/m³. Høyeste målte konsentrasjon i 2021 var 3,76 µg NO₂/m³ (Aas mfl., 2022). I forurensningsforskriften er timegrenseverdi av NO₂ for beskyttelse av menneskets helse 200 µg/m³. Denne grenseverdien må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår. Årsgrenseverdi for NO₂ for beskyttelse av menneskets helse er 40 µg/m³. Grenseverdi for beskyttelse av vegetasjonen er 30 µg/m³ NO_x. Se ellers Vedlegg B for beskrivelse av Norske grenseverdier, luftkvalitetskriterier, samt tiltaksverdier og grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren.

Når det gjelder SO₂ er det ikke lenger bakgrunnsmålinger i Norge. Som nevnt i kap 2.2 er utslippene og konsentrasjonene av SO₂ sterkt reduserte i Europa de senere tiårene og SO₂ som forurensning er på mange måter løst. Eneste unntak er industristeder med punktutslipp fra industri som raffinerier, cellulose, silisiumkarbid og andre smelteverk. Men utenom disse stedene er konsentrasjonene nær 0 (under deteksjonsgrensen). Grenseverdiene gitt i Forurensningsforskriften Del 3 kap 7 sier at timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse er 350 µg/m³ og grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår. Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse er 125 µg/m³, grenseverdien må ikke overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår. Grenseverdi for beskyttelse av økosystemet (kalenderår og vinterperioden 1/10–31/3) er 20 µg/m³.

Svevestøv/partikler (PM₁₀ og PM_{2.5}) måles på Birkenes, Hurdal, Kårvatn og Zeppelin. Av disse ligger Kårvatn i Møre og Romsdal lavest. Årsmiddel av PM₁₀ ved Kårvatn i 2021 var 3,3 µg/m³ med de høyeste verdiene observert i mai-juli. Høyeste ukeverdi var 17,1 µg/m³, der mesteparten var i form av PM_{2.5} (13,9 µg/m³). Forurensningsforskriften gir ingen grenseverdi for time, men grenseverdi for PM₁₀ for døgn er 50 µg/m³, og denne må ikke overskrides mer enn 25 ganger pr. kalenderår. Grenseverdien for årsmiddel av PM₁₀ er 20 µg/m³. PM_{2.5} har grenseverdi på 10 µg/m³ for år.

Innstramning av luftkvalitetskriteriene

Folkehelseinstituttet har varslet at luftkvalitetskriteriene for årsmiddel av NO₂, PM₁₀ og PM_{2.5} vil bli skjerpet. De nye, oppdaterte verdiene er basert på anbefalinger fra WHO og ble annonsert under Bedre Byluft-forum arrangert av Miljødirektoratet i november 2022. Disse verdiene inngår i arbeidet med de nye planretningslinjene, T-1520. De nye verdiene for årsmiddel er som følger: NO₂ 10 µg/m³, PM₁₀ 15 µg/m³ og PM_{2.5} 5 µg/m³. De nye oppdaterte luftkvalitetskriteriene vil bli publisert i løpet av våren 2023 (personlig kommunikasjon, Marit Låg, FHI).

EU-kommisjonen er i gang med å revidere luftkvalitetsdirektivet og forslag til nytt direktiv er nå ute på høring. Endringene innebærer blant annet strengere grenseverdier for svevestøv (PM₁₀ og PM_{2.5}), nitrogendioksid (NO₂), svoveldioksid (SO₂) og benzen. Likeledes innføring av døgn grenseverdi for flere komponenter: PM_{2.5}, NO₂ og karbonmonoksid (CO). Samt at målsetningsverdiene for bly (Pb), arsen (As), kadmium (Cd) og benzo[a]pyren (B[a]P) omgjøres til grenseverdier. De foreslåtte grenseverdiene skal etter planen tre i kraft i 2030.

2.4 Meteorologiske forhold ved Finnfjord

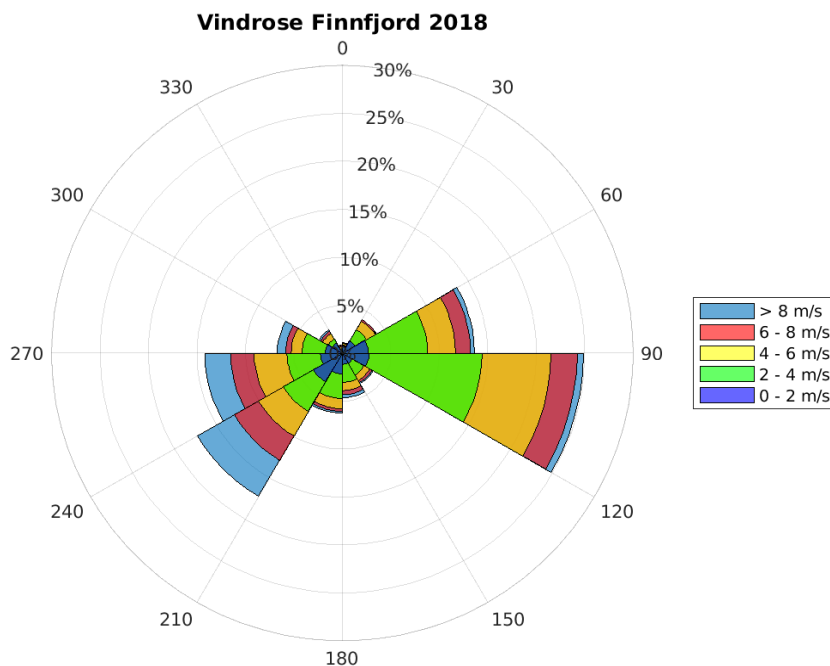
Når det gjelder spredning av forurensning fra en punktkilde er det tre faktorer som er avgjørende; vindretning, vindhastighet og atmosfærens vertikale stabilitet.

Vindforhold ved Finnfjord

Finnsnes og Finnfjord er omgitt av høye fjell og topografien i området påvirker vindforholdene sterkt, det vil si vindretning og -hastighet. Det ingen meteorologiske stasjoner i området som måler vind. Den lokale stasjonen Laukhella⁸ måler kun snødybde og nedbør.

For å illustrere vindforholdene ved Finnfjord er vindrose for 2018 gitt i Figur 2. Vindrosen er basert på meteorologiske data fra WRF-modulen (**W**eather **R**esearch and **F**orecast) som også er grunnlaget for de regionale spredningsberegningene i kap. 3 og 4.

Hyppigst forekommende vindretning lokalt på Finnfjord er fra sør-vestlig kant, fra sektorene 210° til 270°, og fra østlig kant fra sektorene 60° til 120°. Sørvestlig vind er pålandsvind som vil bringe utslippene fra Finnfjord mot Resmålstuva, Finnfjordvatnet og videre innover i landet, mens østlig vind vil bringe utslippene mot Senja og videre ut mot storhavet. Se ellers kart over området i Figur 1.



Figur 2: Vindrose for Finnfjord i bakkenivå for 2018 fra WRF-modulen. Vindrosen viser frekvensen av vind i tolv 30-graders sektorer, dvs. hvor ofte det blåser fra disse retningene sortert etter ulike hastighetsklasser. Enhet: prosent % og hastighet m/s.

⁸ <https://www.yr.no/nn/vêrvarsel/dagleg-tabell/5-88200/Noreg/Troms%20og%20Finmark/Senja/Laukhella> [besøkt 29. januar 2021].

Atmosfærens stabilitet

Atmosfærens stabilitet er et mål for termisk turbulens⁹ og er avgjørende for den vertikale spredningen og fortynningen av luftforurensninger. Det er den vertikale temperaturprofilen i atmosfæren som avgjør hvor stabil eller ustabil atmosfæren er. Fire stabilitetsklasser defineres på følgende måte:

Ustabil sjiktning; temperaturen avtar raskt med høyden, forekommer ved sterk solinnstråling som gir oppvarming av bakken. Ustabil sjiktning gir god spredning av luftforurensende utslipp, men er ugunstig ved utslipp fra høye skorsteiner fordi utslippene vil nå bakken nær kilden før de er særlig fortynnet, noe som kan gi høye bakkekonsentrasjoner.

Nøytral sjiktning; temperaturen avtar litt med høyden, forekommer oftest ved overskyet vær med eller uten nedbør og i perioder med sterk vind. Nøytral temperatursjiktning gir vanligvis gode spredningsforhold.

Lett stabil og stabil sjiktning; det vil si at temperaturen øker med høyden (inversjon), forekommer oftest om natta og om vinteren når det er sterk utstråling og avkjøling ved bakken og lite vind. Ved slike forhold undertrykkes spredningen av luftforurensninger. Dette er mest ugunstig for utslipp fra kilder nær bakken, som diffuse utslipp, som vil tynnes og transporteres langsomt og i noen situasjoner kan til og med akkumuleres. Men ved stabil sjiktning vil ikke utslipp fra høye skorsteiner nå bakken før på store avstander.

Alle fire stabilitetsklassene kan opptre ved svak vind. Når vinden øker vil temperaturprofilen typisk bli nøytral, det vil si at temperaturen avtar litt med høyden. Finnfjord ligger ved sjøen og har et typisk nordnorsk kystklima hvor det blåser ofte. Da vil atmosfæren som regel ha en nøytral vertikal sjiktning.

2.5 Forsuring og eutrofiering, eksisterende nivåer og tålegrenser

Dette underkapitlet refererer til studier av avsetning og tålegrenser utført av kolleger på NILU, NIVA, NINA og Meteorologisk institutt. Studiene omhandler perioden 2012 – 2016, samt trender. Det er pågående studier for å oppdatere disse med data for tidsrommet 2017 – 2021. Men disse oppdaterte rapportene er ikke publiserte pr. januar 2023. Derfor gjengis det her kunnskap fra studiene som dekker 2012 – 2016.

Forsuring betyr senkning av pH i vassdrag og innsjøer grunnet økning i sur nedbør. Nedbør har en «naturlig» surhet rundt pH=5,6 på grunn av «naturlig»¹⁰ forekommende CO₂ i atmosfæren, men økt tilførsel av CO₂, SO₂ og NO_x gir økt konsentrasjon av [H⁺] og derved lavere pH i regnvann som i sin tur gir lavere pH i elver, innsjøer og jordsmonn.

Eutrofiering (overgjødning) innebærer økt planteproduksjon forårsaket av økt tilførsel av næringssalter. Eutrofiering kan være et problem både for vegetasjon, ferskvanns-økosystemer og marine økosystemer. For vegetasjon og marine miljøer er eutrofiering hovedsakelig knyttet til økt tilførsel av nitrogen. I ferskvann er eutrofiering også forårsaket av økt tilførsel av fosfor.

⁹ Turbulens er uregelmessige og tilsynelatende tilfeldige variasjoner i væskers og gassers bevegelse. Turbulens blir ledsaget av små, lokale variasjoner i trykk, temperatur og massetetthet. <https://snl.no/turbulens> [besøkt 29. januar 2021].

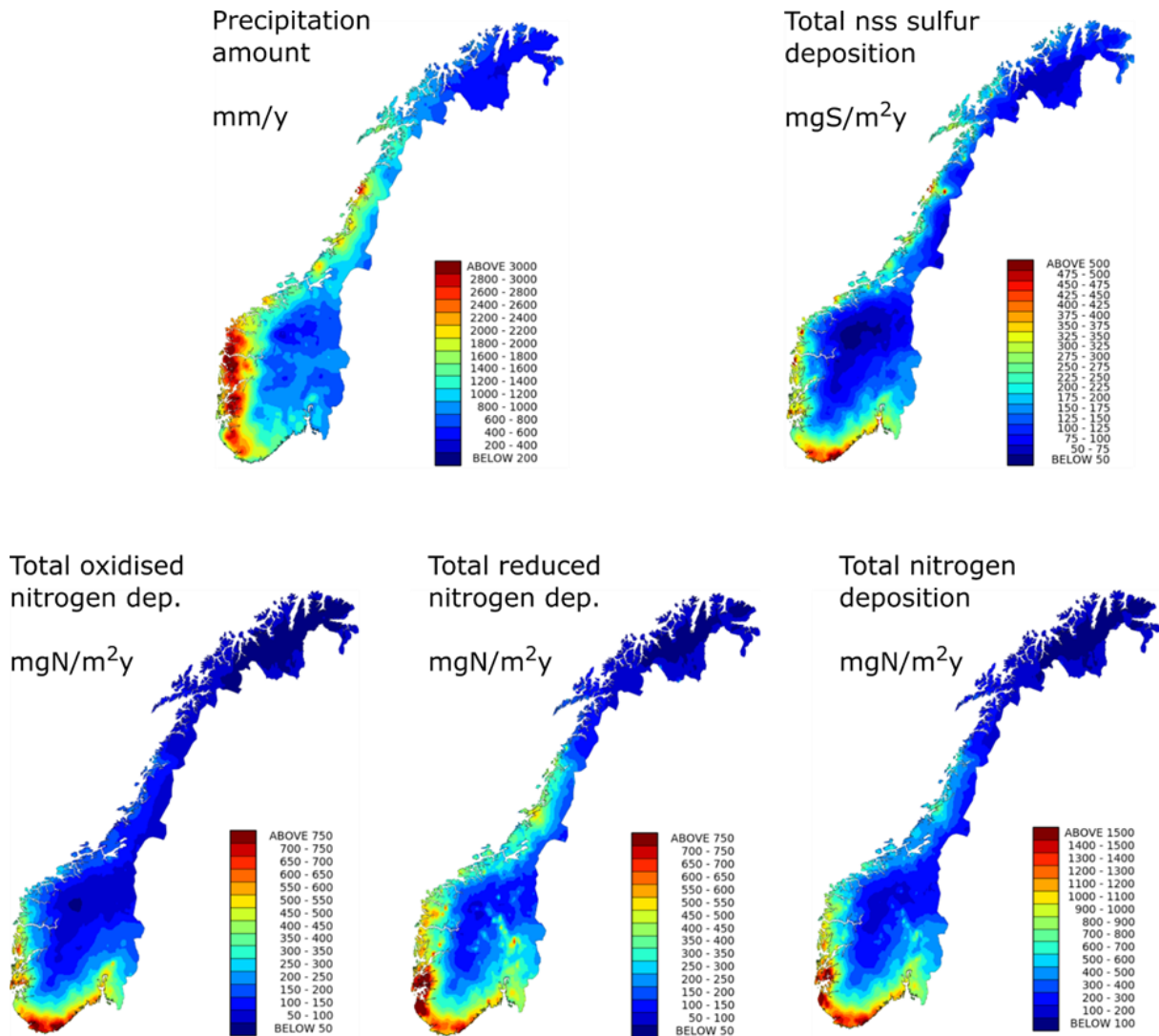
¹⁰ Naturlig i «» siden økningen i CO₂ i industriell tid er forårsaket av menneskeskapte/antropogene utslipp.

For denne studien er økt utslipp av NO_x med dertil økt avsetning av nitrogen mest relevant. En effekt av eutrofiering er fremvekst av arter som tåler mye nitrogen på bekostning av arter som tåler mindre nitrogen. Nitrogensterke arter fortrenger de nitrogensvake med tilhørende tap av biologisk mangfold.

For å vurdere avsetning fra industri og dets mulige effekt på miljøet er det viktig å etablere to viktige begreper; eksisterende avsetning og naturens tålegrense. Med andre ord er det tre begreper som må sammenstilles, eksisterende avsetning (bakgrunn), økt bidrag fra ferrosilisiumsvirksomheten på Finnfjord og naturens evne til å tåle denne (økte) avsetningen.

NILU har på oppdrag fra norske myndigheter gjort flere studier tidligere for å bestemme eksisterende avsetning av uorganiske komponenter i Norge. Siste studie er oppdatert med tall for årene 2012-2016 (Aas et al., 2017). Total avsetning av nitrogen er vist i Figur 3. De største verdiene sees på Sør-Vestlandet grunnet langtransportert forurensning fra Europa (opp mot $1500 \text{ mg N}/(\text{m}^2 \text{ år})$). Laveste verdier sees i Nord-Norge og spesielt Finnmark (avsetning under $200 \text{ mg N}/(\text{m}^2 \text{ år})$).

Oppdatert avsetning av svovel er også vist i Figur 3. Igjen er det Sør-Vestlandet som har de høyeste verdiene (over $500 \text{ mg S}/\text{m}^2 \text{ år}$) grunnet langtransportert forurensning. Nord-Norge har lave verdier, dog er det noe forhøyede verdier i Øst-Finnmark grunnet utslipp, transport og avsetning av svovel fra smelteverkene i N-V Russland (Berglen et al., 2020).

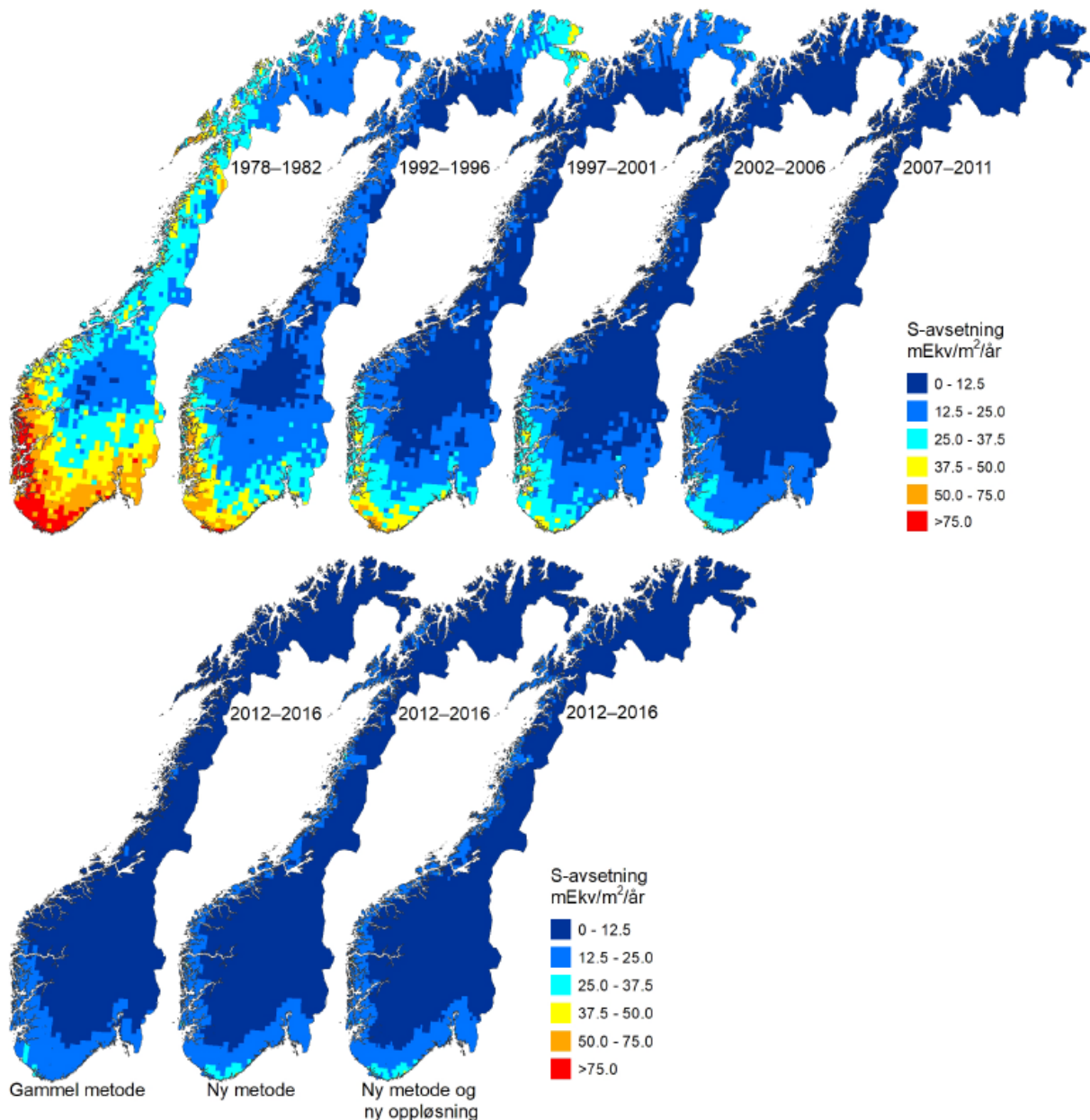


Figur 3: Avsetning av svovel korrigert for sjøsalt (nss, øverst), samt nitrogen (oksidert, redusert og total, nederst) gitt som årsmiddel for perioden 2012 - 2016. Enhet: mg N/(m² år). Kilde Aas et al., 2017.

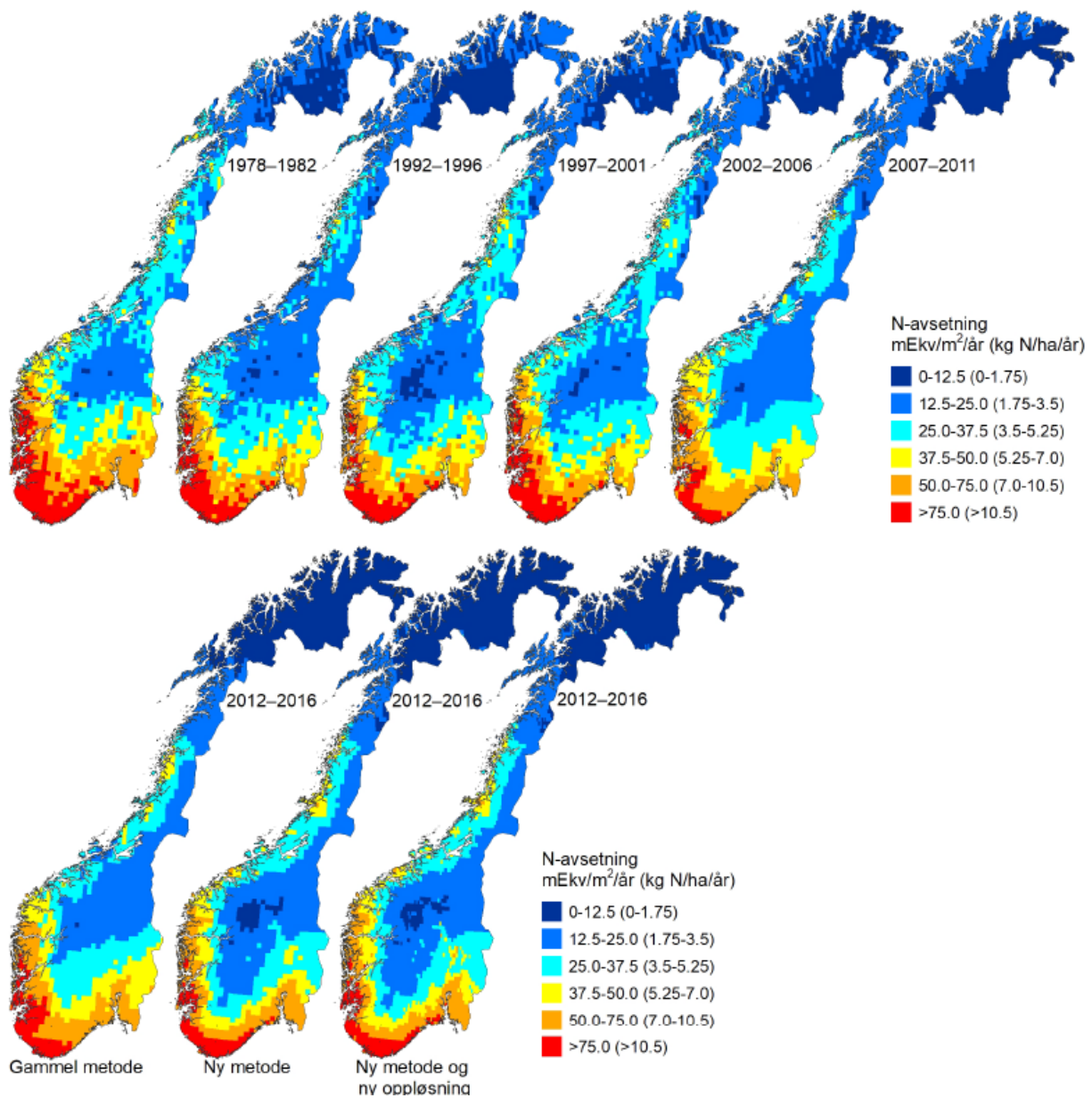
Naturens tålegrense er her definert som «et kvantitativt mål for tilførsel av forurensninger som, ut fra dagens viten, ikke fører til skadelige effekter på følsomme komponenter i økosystemet, slik som reduserte fiskebestander/fiskedød, skogskader/skogsdød og endringer i artssammensetning og mengde av arter» Nilsson og Grennfelt (1988). Tålegrensebegrepet kommer til anvendelse både når det gjelder forurensning og eutrofiering.

NIVA - Norsk institutt for vannforskning har på oppdrag fra norske myndigheter gjort flere studier tidligere for å bestemme overskridelser av tålegrenser for forurensning og nitrogen for Norge. Siste studie er oppdatert med tall for årene 2012-2016 (Austnes et al., 2018). Total avsetning av svovel og nitrogen fra 1978 – 2016 er gitt i Figur 4 og Figur 5. Merk at denne figuren bygger på det samme underlagsmaterialet som i Figur 3, men er her omregnet til mEkv / (m² år). Utslipp av ulike forurensende stoffer kan sammenveies til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forurensende effekt.

Et viktig poeng ved Figur 4 er tidstrenden fra 1978 – 2016. Som tidligere nevnt har utslippene av svovel gått sterkt nedover i Europa de siste 30 år, mest av alt takket være internasjonale avtaler som CLRTAP/Langtransportkonvensjonen i 1979 og Gøteborgprotokollen i 1999 og teknologiutvikling, men også på grunn av økonomisk krise i den tidligere Sovjetunionen på 1990-tallet.

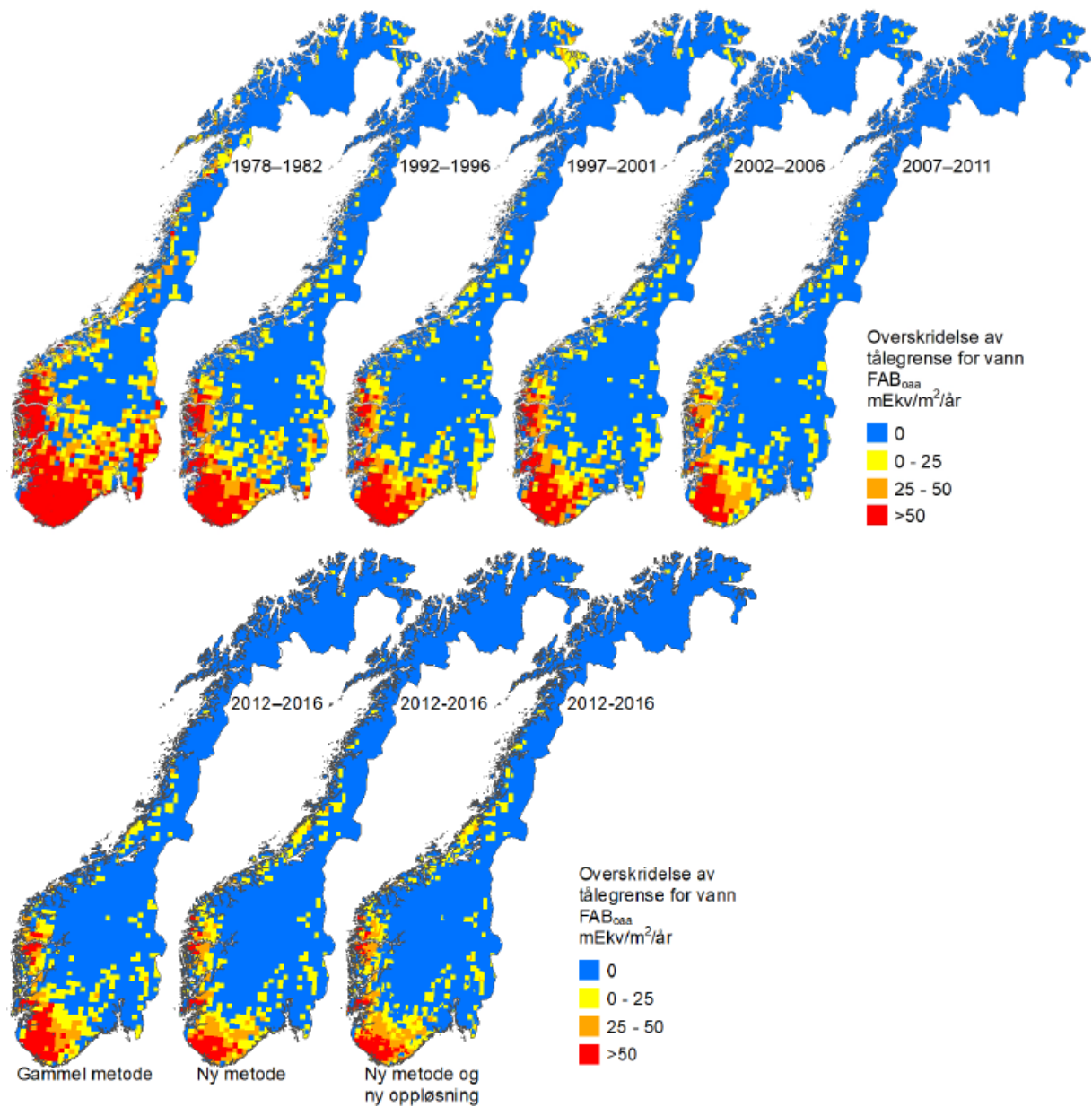


Figur 4: Avsetning av svovel i fem perioder fra 1978 til 2011 (over) og for 2012-2016 med gammel og ny metode for avsetningsberegning (under). Kilde: Austnes et al., 2018.



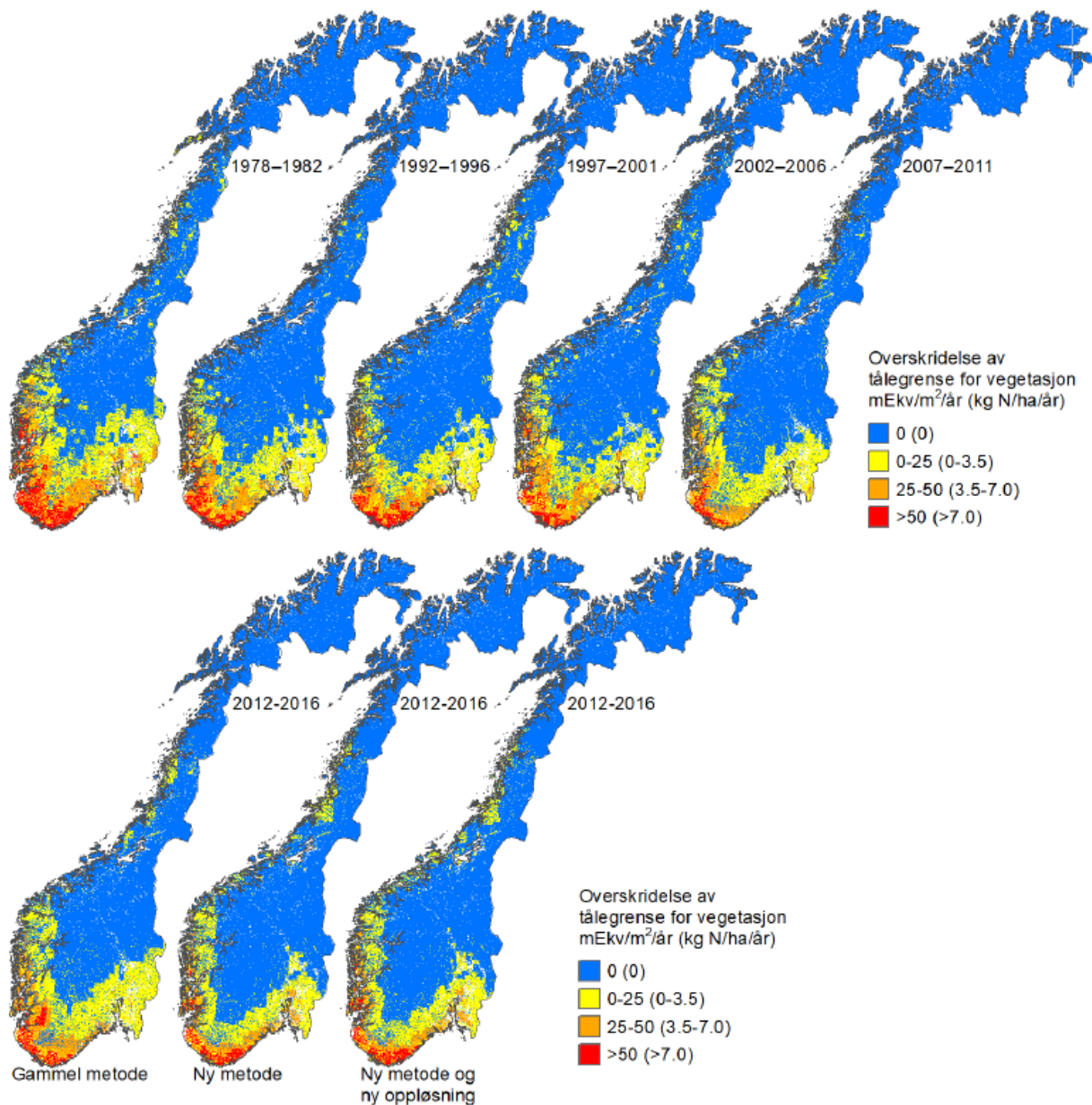
Figur 5: Avsetning av nitrogen i fem perioder fra 1978 til 2011 (over) og for 2012-2016 med gammel og ny metode for avsetningsberegning (under). Kilde: Austnes et al., 2018.

Figur 6 viser overskridelser av tålegrenser for forsurening av overflatevann med bruk av FAB_{0aa}-modellen (Austnes et al., 2018). Igjen er det Sør-Vestlandet som er mest rammet med overskridelser, mens indre delene av Østlandet og Trøndelag, samt Nord-Norge er markert i blått (ikke overskridelser).



Figur 6: Beregnet overskridelse av tålegrenser for forsurening av overflatevann med bruk av FAB_{0aa} -modellen for 1978-2011 (over) og for 2012-2016 med gammel og ny metode for avsetningsberegning (under).

Også når det gjelder overskridelse av tålegrenser for overgjødningseffekter (Figur 7) er Sør-Vestlandet mest rammet, mens indre delene av Østlandet og Trøndelag, samt Nord-Norge har ikke overskridelser (markert i blått).



Figur 7: Beregnet overskridelse av tålegrenser for overgjødning av vegetasjon for 1978-2011 (over) og for 2012-2016 med gammel og ny metode for avsetningsberegning (under).

I fastsettelsen av tålegrenser og beregning av overskridelser er det gjort visse antagelser og forenklinger. Landet er delt inn i ruter, for vann og jord er størrelsen på hver rute $\frac{1}{4}$ lengdegrad og $\frac{1}{8}$ breddegrad. Dette tilsvarer $13,9 \times 13,9 \text{ km}^2$ ved 60°N . Hele Norge dekkes da av 2303 ruter. Verdier tilegnes hver rute. Men det kan finnes enkeltlokalteter innen hver rute med annen berggrunn, annen vegetasjon eller annen naturtype som gir større følsomhet overfor avsetning av nitrogen og svovel.

3 Konsentrasjon på lokal skala- CONCX / CONDEP

3.1 CONCX / CONDEP-modellsystem

I tidligere rapport for Finnfjord smelteverk ble det beregnet maksimale timemiddelkonsentrasjoner nær utslipps-punktene ved hjelp CONCX-modellen (Bøhler, 1987). CONCX er en enkel og robust gaussisk spredningsmodell som beregner konsentrasjoner nedstrøms av et utslippspunkt ved ulike vindstyrker og ved fire ulike stabilitetsforhold i atmosfæren (ustabilt, nøytralt, lett stabilt og stabilt). I beregningene antas det at utslippskomponenten ikke inngår i kjemiske reaksjoner. Modellen må ses på som en første tilnærming til å estimere maksimale timemiddelkonsentrasjoner.

Som inngangsdata til modellen brukes skorsteinshøyde, utslippsmengde i g/s, skorsteinsdiameter, utslippshastighet, temperatur på avgassen (for å beregne termisk løft), samt høyde på bygninger rundt (grunnet bygningsturbulens). Alle disse parametrene er oppgitt av Finnfjord og gjengitt i Tabell 2 i Vedlegg A. CONCX-modellen beregner deretter maksimale bakkekonsentrasjoner i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som funksjon av avstand fra kilden.

CONCX er en konservativ modell. Med «konservativ» menes her at modellen vil tolke usikkerheter i en retning som vil overestimere de beregnede konsentrasjonene «for å være på den sikre siden». Sagt på en annen måte, det er lagt inn faktorer og marginer som gjør at modellen beregner en form for «worst case»-maksimumskonsentrasjoner.

CONCX beregner altså maksimale timemiddelkonsentrasjoner, men sier ikke i hvilken retning disse konsentrasjonene vil oppstå. I de oppdaterte kravene fra Miljødirektoratet er det blant annet et punkt om at *«Utredningen må vise hvor eventuelle konsentrasjoner over grenseverdier og luftkvalitetskriterier kan oppstå. Resultatene på lokal skala for PM10 skal presenteres i et kart.»*

For å imøtekomme kravet om kart er det utført beregninger med CONDEP-modellen. CONDEP løser de fysiske ligningene på samme måte som CONCX, men tar i tillegg hensyn til vindhastighet og -retning, samt stabilitet. CONDEP kan kjøres på ulike måter for å få resultater for et år, a) enten ved hjelp av årsmidlede vinddata og stabilitet. Dette gir årsmiddel av komponenten som undersøkes. Eller b) ved hjelp timesvise vinddata for et år som danner inngangsdata for 8760 ulike beregninger¹¹ som i sum gir både årsmiddel og fordeling av time- / døgnmiddelkonsentrasjoner i nærområdet.

For å få resultater både som timemiddel og årsmiddel er metode b) valgt i denne studien. Resultatene er sammenlignet med norske grenseverdier, samt tiltaksverdier og grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren¹².

3.2 Utslippspunkter ved Finnfjord

Ved Finnfjord er det til sammen fem utslippspunkter, Ovn 1-3, Utstøpning og Renseanlegget. Ovn 1-3 har hovedsakelig utslipp av støv og små utslipp av NO_x og SO₂. Utstøpningen har kun

¹¹ Det er $24 \times 365 = 8760$ timer i et vanlig år.

¹² https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358/KAPITTEL_8#KAPITTEL_8 [besøkt 10. januar 2023].

utslipp av støv, det vil si ingen utslipp av NO_x og SO₂, mens renseanlegget har store utslipp av NO_x og SO₂ og lite støv, se detaljer i Vedlegg A.

For å presisere, utslippene av NO_x og SO₂ går i all hovedsak ut gjennom lanternidene på taket av renseanlegget. Støv/PM slippes hovedsakelig ut fra nødskorsteinene på ovnene og fra lanternidene på taket og sjalusiene på veggene i tappehallen (fordelt om lag 50/50 siste år).

3.3 NO_x / NO₂

På Finnfjord er det til sammen fire utslippspunkter som slipper ut NO_x, Ovn 1-3 og renseanlegget hvor renseanlegget er klart dominerende kilde. I beregningene er det antatt samme fordeling mellom disse fire som i den tidligere rapporten slik at Ovn 1 har beregnet utslipp lik 1,91 tonn, Ovn 2 og 3 har utslipp lik 3,74 tonn pr. år, mens renseanlegget har utslipp lik 1136,4 tonn, til sammen 1145,79, se kap. 2.1 for detaljer om utslipp.

Utslippstallene er oppgitt for total NO_x, mens grenseverdiene er oppgitt for NO₂. Eneste unntak er grenseverdi for beskyttelse av vegetasjonen (jfr. Tabell 3 i Vedlegg B). I denne studien er det antatt at 95 % av NO_x slippes ut i form av NO og 5 % i form av NO₂. I røykfanen nær smelteverket vil det være liten omdanning av NO til NO₂ og antagelsen om 95/5-fordeling gjelder også for de beregnede konsentrasjonene nedstrøms Finnfjord.

Spredningsberegningene av utslipp fra Ovn 1-3 utført med CONCX-modellen (Berglen mfl., 2021) viste at det både er et godt termisk løft og godt dynamisk løft som i sum gir god spredning av utslippet. I tillegg er utslippene små. Termisk løft skyldes at røykfanen er varmere enn omgivelsene og dynamisk løft skyldes vertikalhastigheten ut av skorsteinen. Eksempelvis har avgassen fra ovn 2 en utgangstemperatur på 460 °C og hastighet ut av skorsteinen på 5,2 m/s. I tillegg er skorsteinsmunningen 47 m over bakken. Sagt med andre ord, utslippene fra Ovn 1-3 påvirker ikke luftkvaliteten i området.

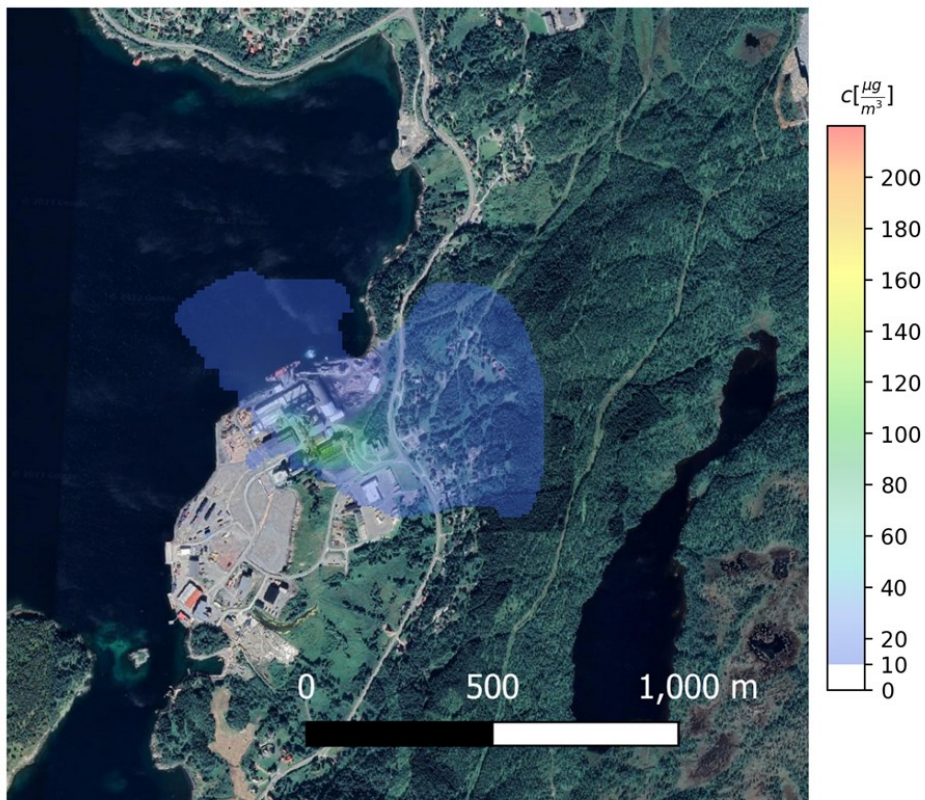
Det er først og fremst utslipp fra renseanlegget som påvirker lokal luftkvalitet. Spredningsberegningene for renseanlegget viste at det er termisk løft og god spredning ved vindhastigheter opp til 3-4 m/s. Ved sterkere vind, det vil si sterkere enn 4 m/s, så kan den horisontale vinden dominere over det vertikale løftet slik at det kan oppstå bygningsturbulens og nedtrekk som igjen gir forhøyede konsentrasjoner rett ved smelteverket.

CONDEP modellresultater for NO₂ er gitt i Figur 8. De høyeste verdiene opptrer rett ved smelteverket innenfor industriområdet. Som nevnt over er det utslipp fra renseanlegget som gir størst påvirkning på nærområdene, markert med den sørligste svart firkanten i Figur 8. Modellberegningene for 2018 viser 6 timemiddelverdier over grenseverdien på 200 µg/m³ når områder både innenfor og utenfor industriområdet regnet med. Det tillatte antallet er 18. Selv med naturlig, rural bakgrunnsverdi rundt 0,3 µg/m³ og maksimumskonsentrasjon i underkant av 4 µg/m³ (kap. 2.3), samt bidrag fra lokal veitrafikk er norsk grenseverdi for time for NO₂ overholdt med klar margin. Dette gjelder både innenfor industriområdet og utenfor. Luftkvalitetskriteriet for time er 100 µg/m³ (Tabell 4) og høyeste beregnede timemiddelverdi er høyere enn det. Merk dog at de høyeste timeverdiene opptrer nær smelteverket og innenfor industriområdet. Luftkvalitetskriteriene er ikke juridisk bindende.

Høyeste årsmiddel av NO₂ som følge av utslipp fra Finnfjord er 1,9 µg/m³, like øst for bedriften (ikke vist). Grenseverdien for årsmiddel for NO₂ på 40 µg/m³ er overholdt med god margin

selv når bakgrunnsverdi og andre kilder tas med i betraktningen. Luftkvalitetskriteriet for år er $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabell 4) og er også overholdt med klar margin.

Det er ikke beregnet konsentrasjoner for 15-minutters middel, jfr. luftkvalitetskriteriet ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 15 minutter). Forholdet mellom gjennomsnitt for en lengre periode t_1 og maksimal korttidskonsentrasjon for perioden t_2 er gitt ved forholdet mellom den naturlige logaritmen for t_1 og t_2 . Dette forholdet er gyldig ned til tidsrom på rundt 5 minutter. For $t_1 = 60$ minutter og $t_2 = 15$ minutter er forholdet en faktor $1,5^{13}$. Det er derved sannsynlig at det kan oppstå 15-minutters konsentrasjoner høyere enn $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men igjen nær smelteverket og innenfor industriområdet.



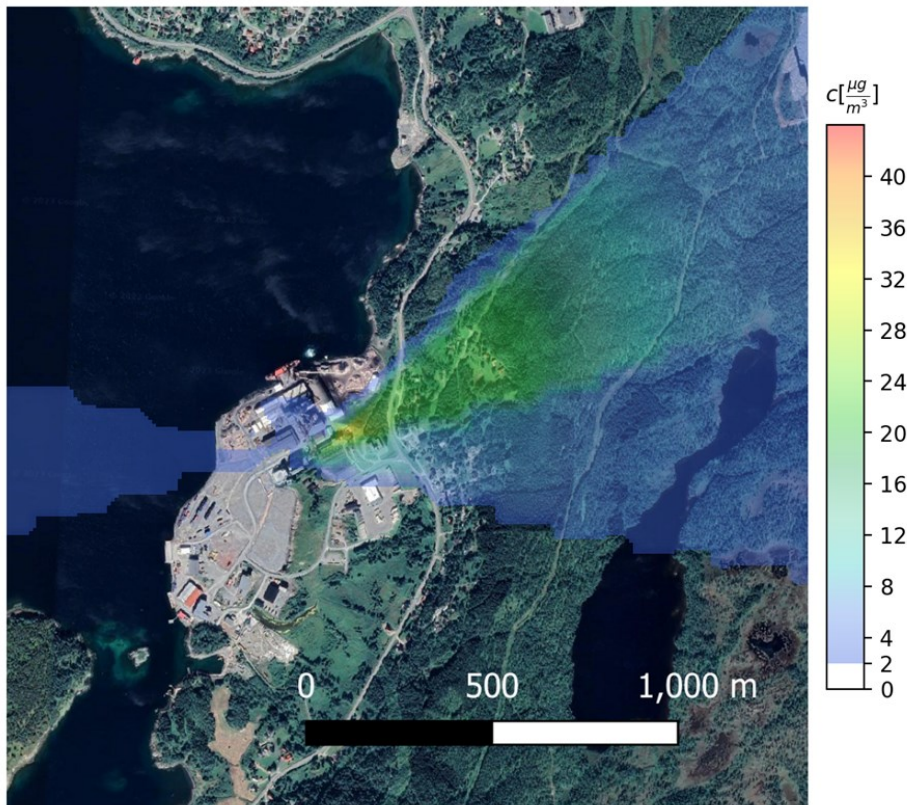
Figur 8: CONDEP modellresultater for NO_2 -utslipp fra renseanlegget, 19. høyeste timemiddelkonsentrasjon. Norske grenseverdier for NO_2 er overholdt. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Årsmiddel for NO_x (= $\text{NO} + \text{NO}_2$) er gitt i Figur 9. Det sees tydelig forhøyede verdier mot øst/nord-øst og mot vest. Spredningen kan forklares med vindmønsteret, jfr. vindrose i Figur 2. I beregningene er det brukt utslipp lik 1145,79 tonn pr. år for NO_x . Dette er høyere enn tallene brukt i beregningene i NILU rapport 5/2021 og økningen skyldes en feil i tallgrunnlaget som nå er rettet opp.

Beregningene viser maksimal beregnet årsmiddelkonsentrasjon av NO_x på $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Igjen opptrer de høyeste verdiene nær smelteverket/innenfor industriområdet. Typisk verdi i

¹³ $\ln(60)=4,09$, $\ln(15)=2,71$. Forholdet mellom dem er da $4,09 / 2,71 \sim 1,5$.

området øst for Rv 86 er rundt $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bidraget fra andre kilder i området er ikke kjent. Dog er bidrag fra veitrafikk og bakgrunn viktige kilder. Det er derfor vanskelig å bedømme konsentrasjonene av NO_x rundt Finnfjord og sammenligne med norsk årsgrenseverdi for NO_x ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Merk at denne grenseverdien gjelder for beskyttelse av økosystemet og vegetasjonen, ikke helse. Se ellers diskusjon rundt eutrofiering og tålegrenser i kap. 2.5, samt modellresultater for avsetning av nitrogen i kap. 3.3.



Figur 9: CONDEP modellresultater for NO_x -utslipp fra renseanlegget gitt som årsmiddelkonsentrasjon. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Som argumentert tidligere er CONDEP en konservativ modell som heller mot å overestimere konsentrasjonene som opptrer i den virkelige atmosfæren. Spredningen er også sterkt avhengig av vindretning. Under måleperioden oktober 2011 – mai 2012 (Hak, 2012) var fremherskende vindretning fra øst mot vest og utslippene fra Finnfjord ble da overveiende transportert vestover utover sjøen og mot Senja. I måneder med østlig vind var det lave konsentrasjoner ved smelteverket. I denne beregningen er det brukt WRF vinddata for 2018 med en større andel vestlig vind (se vindrose i Figur 2) og da blir det mer spredning mot øst og høyere verdier over land rett ved smelteverket.

Finnfjord AS har en utslippstillatelse/årsgrense for NO_x -utslipp fra punktkilder på 1250 tonn. I beregningene i denne studien er det brukt årlig utslipp lik 1145,79 tonn, som igjen tilsvarer 92 % av maksimale tillatte utslipp. Utslipp lik 1250 tonn vil ikke endre på konklusjonene gitt over, det vil si at grenseverdi for NO_2 fortsatt er overholdt.

Miljødirektoratet stiller også krav om at «Utredningen må også vise hvilket utslippsnivå fra bedriften ville gi konsentrasjoner innenfor forurensingsforskriften kapittel 7 og luftkvalitets-

kriterier». Luftkvalitetskriteriet for time er overskredet nær smelteverket (ikke juridisk bindende) med dagens utslipp.

Se ellers kap. 3.4 om SO₂ for bredere diskusjon om spredning av utslipp fra renseanlegget.

3.4 SO₂

Også for SO₂ er det til sammen 4 utslippspunkter, Ovn 1-3 og renseanlegget (Vedlegg A). Ovn 1-3 har små utslipp, renseanlegget er klart dominerende kilde. Ovn 1-3 gir knapt utslag, for ovnene er de beregnede bakkekonsentrasjonene mellom 0 og 0,2 µg/m³ (ikke vist).

SO₂ fra renseanlegget slippes ut gjennom en 34 m lang og 3,5 m bred lanternide, det vil si horisontal spalte på taket, 29 m over bakken. Røykgasstemperaturen er typisk 105 °C. Det gir et visst termisk løft, det vil si at røykgassen stiger fordi den er varmere enn omgivelsene.

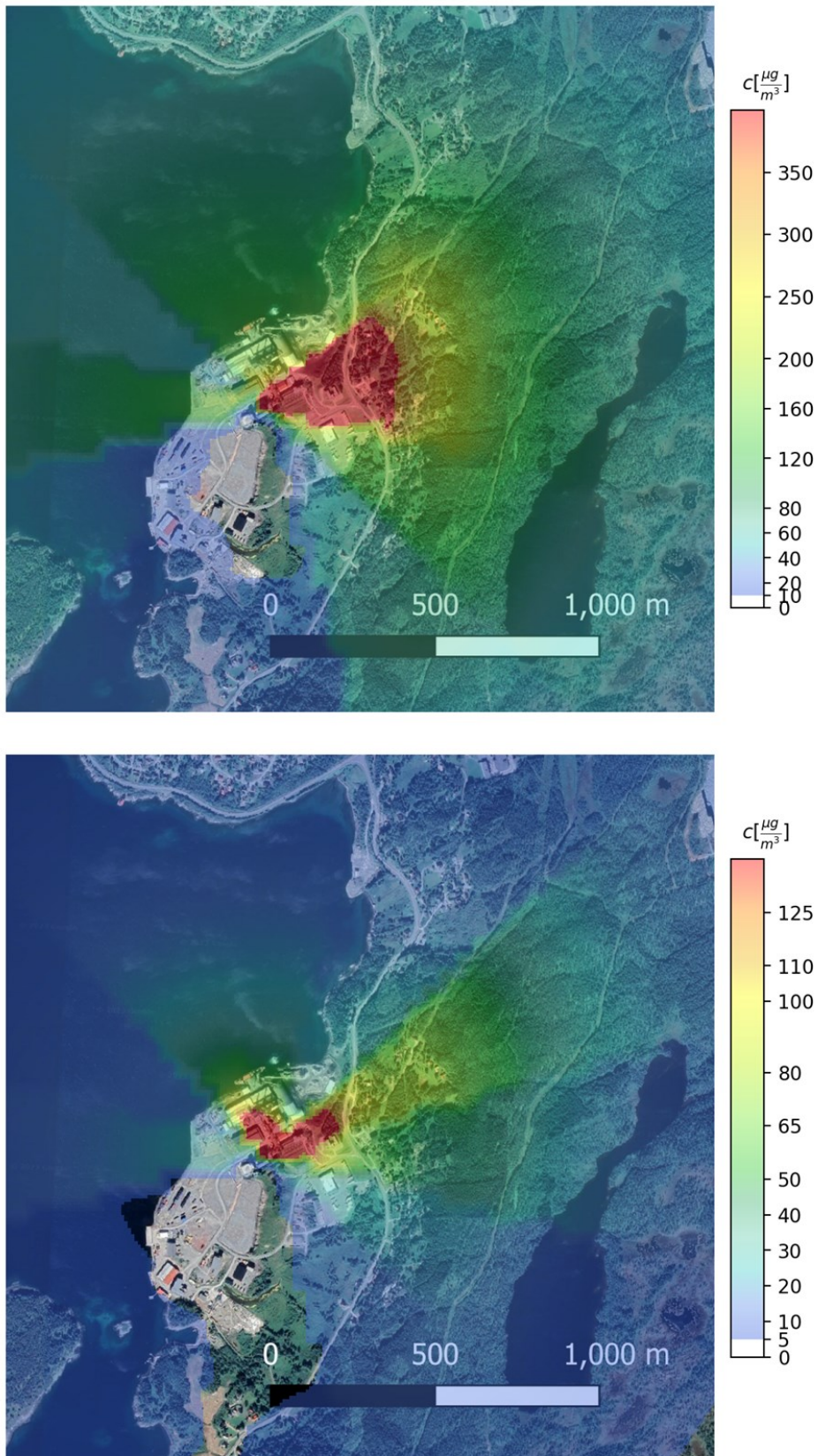
Det faktum at røykgassen slippes ut over tak gir et særegent spredningsmønster. Ved lave vindhastigheter, 0-3 m/s er spredningen og fortyningen god. Det termiske, vertikale løftet er sterkere enn den horisontale vinden og det blir lave bakkekonsentrasjoner i smelteverkets nærrområde. Ved rundt 3-4 m/s og sterkere vind skjer det en endring. Da blir den horisontale vinden sterkere og kan dominere over det vertikale løftet. Dette kan igjen gi turbulens nedstrøms pga. bygningene og røyken trekkes nedover. I slike situasjoner kan det oppstå høye konsentrasjoner like ved smelteverket og deretter spredning langs bakken. Følsomhetstester utført med modellen viser at små variasjoner i vindforholdene og utslippsforhold kan gi store utslag. De beregnede konsentrasjonene må derfor tolkes med varsomhet.

Ved svært høye vindhastigheter blir konsentrasjonene lavere fordi det da er større volum luft for å fortynne utslippene.

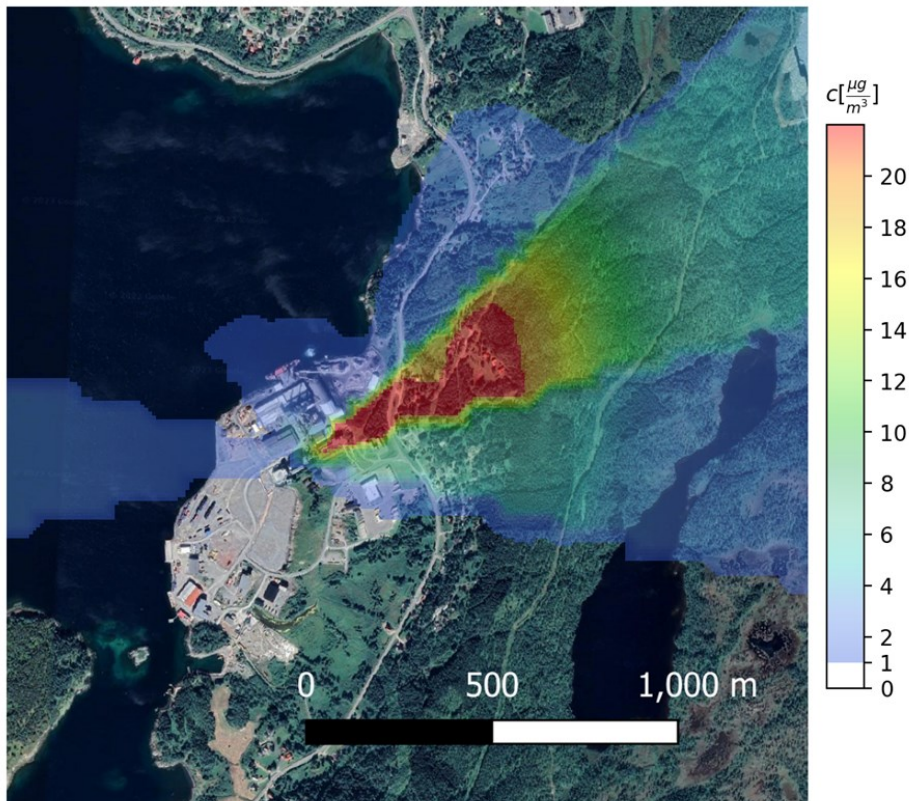
I denne oppdaterte studien er det gjort CONDEP-beregninger for å tallfeste konsentrasjonene av SO₂ i nærområdet til Finnfjord AS. Resultater for timemiddelkonsentrasjon, døgnmiddelkonsentrasjon og årsmiddelkonsentrasjon er vist i Figur 10. I likhet med beregningene for NO₂/NO_x sees de høyeste konsentrasjonene nær smelteverket og innenfor industriområdet. Innenfor industriområdet ved smelteverket gjelder grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren. Grenseverdi for SO₂ er 1,3 mg/m³ fastsatt for en referanseperiode på åtte timer. Luktterskel¹⁴ for SO₂ er også 1,3 mg/m³ (Devos et al. 1990). Utenfor industriområdet, fra om lag 300 m og utover gjelder de generelle grenseverdiene for omgivelsesluft gitt i forurensningsforskriften¹⁵. For SO₂ er timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse 350 µg/m³ med 24 tillatte overskridelser pr. kalenderår.

¹⁴ Når luktterskel skal fastsettes for en komponent på en mest mulig objektiv måte brukes et luktpanel. Et luktpanel består av en gruppe friske mennesker som er ikke-røykere og spesielt trent. Paneldeltagerne bruker spesielle luktmasker. I begynnelsen sendes frisk, luktfri luft gjennom maskene. Gassen som skal testes tilsettes så i økende konsentrasjoner inntil 50 % av panelet kan fornemme lukten (ED50). Denne konsentrasjonen kalles terskelverdi.

¹⁵ https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3-1#§7-1 [besøkt 28. januar 2021].



Figur 10: CONDEP modellresultater for SO₂-utslipp fra renseanlegget, 25. høyeste timemiddelkonsentrasjon (øverst), 4. høyeste døgnmiddelkonsentrasjon (nederst) og årsmiddelkonsentrasjon (neste side). De røde feltene viser konsentrasjoner høyere enn norsk grenseverdi for omgivelsesluft. Enhet: µg/m³.



Figur forts.

Tidligere målinger med passive prøvetakere viste forhøyede konsentrasjoner på stasjoner øst for smelteverket. Eksempelvis ble den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen observert ved målepunkt 5 'Finnfjord (Torheim)' i perioden 26. oktober 2011 – 4. mai 2012 (Hak, 2012). Maksimum den gang var $4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og hyppigst forekommende vindretning var fra østlig kant, det vil si fra smelteverket og mot fjorden og Senja («andre veien»). Under måleprogrammet 6. oktober 2014 – 8. januar 2015 ble igjen de høyeste konsentrasjonene observert ved Finnfjord Torheim, 3-måneders gjennomsnitt den gang var $9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hak mfl., 2016).

Måleprogrammene i 2011-12 og 2014-15 ble utført ved bruk av passive prøvetakere. Disse prøvetakerne gir gjennomsnittskonsentrasjon, men vil ikke fange opp de maksimale korttidskonsentrasjonene. Men ved å sammenholde andel vind fra smelteverket mot målestasjonene og gjennomsnittlig konsentrasjon kan det gjøres en første tilnærming for å indikere konsentrasjonene når røykfanen står fra verket mot målestasjonene. For å utdype; gitt en antagelse om at konsentrasjonene kun skyldes vind fra én retning, at denne ene vindretningen forekommer i 5%, m.a.o. 1/20-del av tiden og at dette gir en gjennomsnittskonsentrasjon på $9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Under disse forholdene vil gjennomsnittskonsentrasjonen i røykfanen da være $192 \mu\text{g}/\text{m}^3 (= 20 \times 9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3)$. Dette overslaget indikerer at det kan forekomme høye korttidskonsentrasjoner som følge av utslipp fra Finnfjord AS.

Turbulens er i sin natur ikke-lineær og kaotisk. Ved svak vind vil det være godt løft i utslippet og god spredning. Men ved middels vind, fra 3-4 m/s og sterkere vil det kunne oppstå bygningsturbulens og nedtrekk av røykfanen som igjen vil kunne gi dårlig spredning og høye konsentrasjoner rett ved smelteverket og i umiddelbar nærhet. I slike situasjoner med vindforhold som kan gi risiko for bygningnedtrekk vil konsentrasjonen variere mye på kort

geografisk og tidsmessig skala. Det er derfor vanskelig å beregne og tallfeste nøyaktige konsentrasjoner. Merk også at CONDEP gir et konservativt anslag av maksimumskonsentrasjonene og gir på mange måter «worst case».

For å oppsummere resultatene fra CONDEP modellberegningene så er konklusjonen at utslipp fra Finnfjord AS gir overskridelse av grenseverdi for omgivelsesluft, både timemiddelverdi (grense $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med 24 tillatte overskridelser) og årsmiddelverdi (grense $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Overskridelsene kan typisk opptre opptil 500-600 m fra smelteverket, se kart i Figur 10. Modellberegningene viser også konsentrasjoner høyere enn døgn grenseverdi for omgivelsesluft som er $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med 3 tillatte overskridelser. De høyeste verdiene opptrer dog innenfor industriområdet og verdiene utenfor er lavere.

I disse beregningene er det brukt meteorologiske data for 2018, se Figur 2. Vind og vær vil variere, og i år med andre vindforhold og annen retningsfordeling vil bildet kunne være et annet, eks. hvis vinden står fra øst utover sjøen. Men uansett er konklusjonen at SO_2 -utslippene fra Finnfjord AS gir overskridelser av grenseverdi for omgivelsesluft.

Luftkvalitetskriteriene utarbeidet av Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet er $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 15 minutter og $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for døgn (Tabell 4). Disse kriteriene er strengere enn grenseverdiene. Gitt at grenseverdiene for SO_2 er overskredet følger det at også luftkvalitetskriteriene er overskredet.

Finnfjord AS har en utslippstillatelse/årsgrense for SO_2 -utslipp fra punktkilder på 1800 tonn. I beregningene i denne studien er det brukt årlig utslipp lik 1069,66 tonn, som igjen tilsvarer 59 % av maksimale tillatte utslipp. Beregningene viser allerede overskridelse av grenseverdier for SO_2 . Å øke utslipp opp til utslippsgrensen vil ikke endre på konklusjonene gitt over, men overskridelsene vil bli større.

Miljødirektoratet stiller også krav om at «*Utredningen må også vise hvilket utslippsnivå fra bedriften ville gi konsentrasjoner innenfor forurensingsforskriften kapittel 7 og luftkvalitetskriterier*». Som beregnet over er grenseverdier og luftkvalitetskriteriet for SO_2 overskredet. Ytterligere økning i utslipp vil gi større overskridelser.

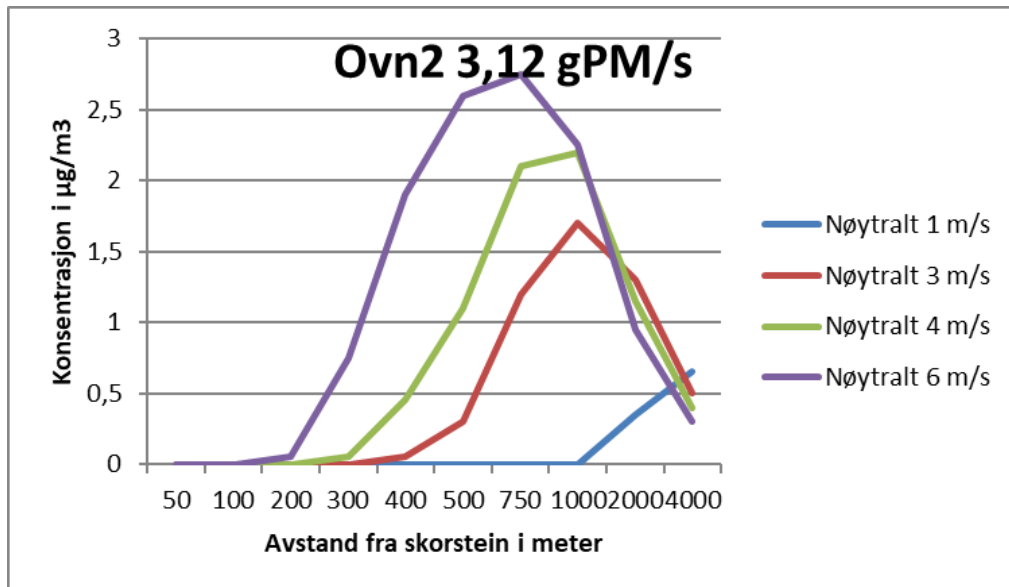
Anbefaling om målinger

Det er gjort flere ulike modellsimuleringer for utslipp fra Finnfjord AS som beregner høye konsentrasjoner nær smelteverket. For å verifisere modellresultatene og for å tallfeste konsentrasjonene i den virkelige atmosfæren anbefales det å gjøre målinger av SO_2 med høy tidsoppløsning. Måleprogrammet bør også inkludere målinger av meteorologi, det vil si vindretning og -hastighet. Målinger er eneste måte å fremskaffe nøyaktig informasjon om luftkvaliteten ved Finnfjord.

3.5 Svevestøv PM_{10}

Støv slippes ut fra fem ulike kildepunkter ved Finnfjord, Ovn 1-3, utstøpning og renseanlegget. Av disse er utstøpning klart størst, dernest Ovn 2. I beregningene er det antatt samme fordeling mellom disse fem som i NILU rapport 5/2021 slik at Ovn 1 har beregnet utslipp lik 20,0 tonn, Ovn 2 128,3 tonn, Ovn 3 86,0 tonn, Utstøpning har utslipp lik 224,6 og Renseanlegg 19,6 tonn pr. år, til sammen 478,5 tonn årlig utslipp i beregningene, igjen se kap. 2.1 for detaljer om utslipp.

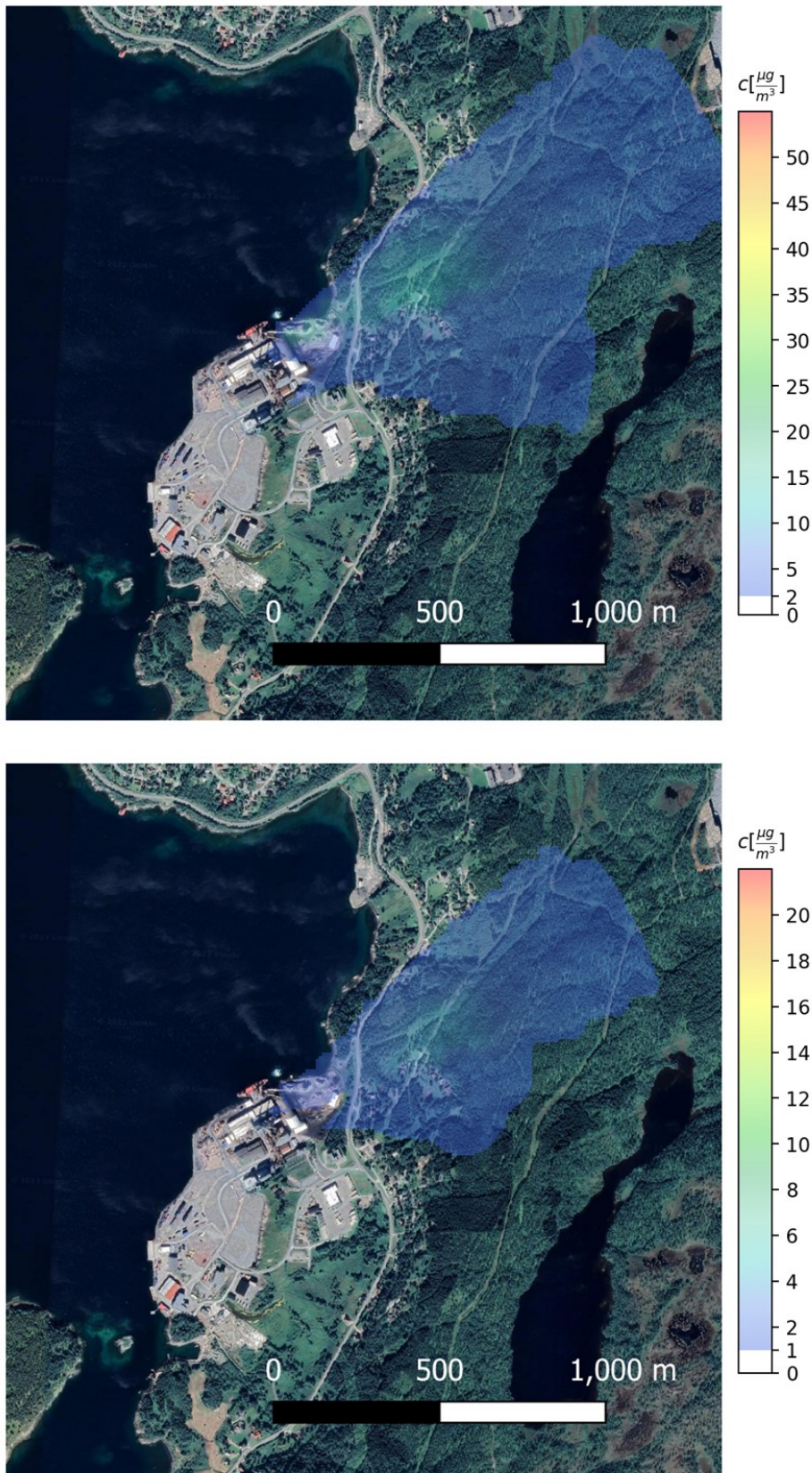
Spredningsberegningene av utslipp fra Ovn 1-3 utført med CONCX-modellen (NILU rapport 5/2021) viste at det både er et godt termisk løft og godt dynamisk løft¹⁶ som i sum gir god spredning av utslippet. Konsentrasjonene for Ovn 2 gjengitt i Figur 11 viser en klassisk profil med 0 i konsentrasjon nær smelteverket. Så slår røykfanen ned i bakken et stykke unna og maksimum opptrer typisk ved 750-1000 m hvorefter konsentrasjonene går ned etter hvert som utslippene fjerner seg med vinden. For ovn 1 og 3 er konsentrasjonene lavere.



Figur 11: CONCX modellresultater for støvutslipp fra Ovn 2, nøytral sjiktning og fire ulike vindhastigheter. Den horisontale aksene gir antall meter fra skorsteinen og den vertikale aksene gir konsentrasjon av PM_{10} som timemiddel. Merk at CONCX er en konservativ modell som gir «worst case»-maksimumskonsentrasjoner. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Støv fra utstøpning slippes ut gjennom en tilsvarende lanternide som renseanlegget og med samme utslippsparemetre. Eneste unntak er at utslippet er 21 m over bakkenivå, ikke 29 m som for renseanlegget.

¹⁶ Igjen, termisk løft skyldes at røykfanen er varmere enn omgivelsene, dynamisk løft skyldes høy vertikallhastighet oppover ut av skorsteinen.



Figur 12: CONDEP modellresultater for støv-utslipp fra Utstøpning og Renseanlegget, 26. høyeste døgnmiddelkonsentrasjon av PM₁₀ (øverst) og årsmiddelkonsentrasjon av PM₁₀ (nederst). Enhet: µg/m³

CONDEP modellresultater for utslipp av støv fra Utstøpning og Renseanlegg er gitt i Figur 12. Utslipp av støv fra Ovn 1-3 gir som sagt god spredning og lave verdier og er ikke vist.

Høyeste beregnede døgnmiddelkonsentrasjon som følge av utslipp fra Finnfjord er $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, like øst for utslippspunktet innenfor industriområdet. Beregningene viser 3 døgn høyere enn grenseverdi på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Antall tillatte overskridelser av døgnmiddel er 25 og selv med naturlig, rural bakgrunnsverdi rundt $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kap. 2.3) er norsk grenseverdi for døgn for PM_{10} overholdt med god margin. Luftkvalitetskriteriet for døgn er $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10} , Tabell 4¹⁷) og høyeste beregnede døgnmiddelverdi er høyere enn det. Luftkvalitetskriteriene er ikke juridisk bindende.

Høyeste årsmiddel av PM_{10} som følge av utslipp fra Finnfjord er $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, like øst for bedriften. Årsgrenseverdi for PM_{10} er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, så årsgrenseverdi er også overholdt med god margin. Luftkvalitetskriteriet for PM_{10} for år er også $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, igjen er det overholdt.

For å oppsummere så viser modellberegningene gjort i denne studien at konsentrasjonene av PM_{10} vil være lavere enn både norske grenseverdier for omgivelsesluft, og tiltaks- og grenseverdier for arbeidsatmosfære også om man tar hensyn til eksisterende bakgrunnskonsentrasjoner i området og bidrag fra eks. veitrafikk. Det er vist i kap. 2.3. at bakgrunnskonsentrasjonene av PM_{10} er lave i Nord-Norge. Som argumentert tidligere er CONDEP en konservativ modell som heller mot å overestimere maksimalkonsentrasjonene. Det er derfor en trygg konklusjon å stadfeste at summen av bakgrunn, andre kilder og maksimale beregnede konsentrasjoner som skyldes utslipp fra Finnfjord er lavere enn grenseverdiene. Luftkvalitetskriteriet for døgn er overskredet, men er ikke juridisk bindende.

Finnfjord AS har en utslippstillatelse/årsgrense for svevestøv (PM) på 300 tonn, i tillegg har bedriften en årsgrense på 240 tonn støv fra produksjonshall . I beregningene i denne studien er det brukt årlig utslipp lik 478,5 tonn, som igjen tilsvarer 87 % av maksimale samlede utslipp. Utslipp lik 300 + 240 tonn vil ikke endre på konklusjonene gitt over, det vil si at grenseverdi for PM fortsatt er overholdt.

Miljødirektoratet stiller også krav om at «*Utredningen må også vise hvilket utslippsnivå fra bedriften ville gi konsentrasjoner innenfor forurensingsforskriften kapittel 7 og luftkvalitetskriterier*». Luftkvalitetskriteriet for døgn er overskredet nær smelteverket (ikke juridisk bindende) med dagens utslipp.

¹⁷ Luftkvalitetskriteriet for $\text{PM}_{2.5}$ for døgn er $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for år (Tabell 4). Størrelsesfordelingen for støv fra Finnfjord er ikke kjent. Det er derfor vanskelig å bedømme $\text{PM}_{2.5}$ -konsentrasjonen, både for døgn og år.

4 Konsentrasjon og avsetning på regional skala- WRF-EMEP

I studiene for Finnfjord AS er modellsystemet WRF-EMEP kjørt med to ulike scenarier, med og uten utslipp fra Finnfjord smelteverk. Tanken er at forskjellen mellom de to ulike modellkjøringene vil tallfeste bidraget fra Finnfjord til den totale forurensningssituasjonen og avsetningen.

NO_x og SO₂ som er undersøkt i denne studien har typisk levetid i atmosfæren på rundt en dag (Jacob, 1997 og Berglen mfl., 2004). Levetiden for PM varierer og avhenger av partiklenes størrelse, sammensetning, vannløslighet m.m. På lokal skala rett ved smelteverket kan det antas at komponentene som slippes ut ikke gjennomgår kjemiske reaksjoner. Derfor er beregninger gjort på lokal skala gjort ved hjelp av den gaussiske modellen CONDEP. På regional skala, dvs. flere titall kilometer, vil kjemien spille inn. Det er derfor nødvendig å benytte en modell med kjemiske reaksjoner inkludert. I denne studien er WRF-EMEP modellsystem satt opp for et område som dekker Finnfjord og avstander opp til 50 km fra smelteverket.

4.1 WRF-EMEP modellsystem

WRF-EMEP er et integrert modellsystem som består av en prognostisk meteorologisk modul WRF (**W**eather **R**esearch and **F**orecast)¹⁸ som beregner meteorologiske data og en spredningsmodell EMEP (**E**uropean **M**onitoring and **E**valuation **P**rogramme)¹⁹ som beregner kjemi og avsetning. Modellsystemet deler atmosfæren inn i «bokser» (gridrutenett, kalt Eulersk modell på fagspråket). Til studier av punktkilder som Finnfjord er det en mulighet for å nøste med gradvis finere oppløsning, det vil si minst bokser nær utslippspunktet. I denne studien er modellen nøstet tre ganger. Gridrutene er minst i området rundt punktkildene på Finnfjord, og så blir de gradvis større med økende avstand fra utslippspunktet.

Det ytterste domenet dekker hele Europa og har en gridoppløsning/boksstørrelse på 50 × 50 km². Dette ytterste modelldomenet vil fange opp langtransportert forurensning, eksempelvis fra Sentral-Europa og Storbritannia. Det midtre modelldomenet dekker Nord-Norge og nordvestlige deler av Europa og har en gridoppløsning på 5 × 5 km². Det innerste modelldomenet dekker området rundt Finnfjord (totalt 105 × 105 km²) og har en gridoppløsning på 1 × 1 km². De to innerste modelldomenene er sentrert rundt Finnfjord, mens det ytterste er noe skjevt plassert for å dekke utslipp og transport fra Europa. På denne måten beregner modellen samlet bidrag og påvirkning på lokal og regional luftkvalitet og avsetning fra Finnfjordanlegget.

Som inngangsdata til modellen er det benyttet meteorologi for 2018. Med andre ord bruker modellen værdata for 2018 beregnet av WRF-modellen. Som kjent var 2018 preget av høye temperaturer og lite nedbør i sommermånedene. Se eksempelvis vindrose i Figur 2 på side 12.

Når det gjelder utslipp i modellen er det benyttet spesifikke utslippsmengder for Finnfjord for 2021. Ellers i beregningene brukes norske utslipp representative for 2015 (bakgrunnsutslipp). Dette krevde en del tilpasning av utslippene i modellen, blant annet måtte utslipp fra Finnfjord fjernes fra de norske utslippene for å unngå at de ble telt dobbelt. Detaljerte utslippsdata, det

¹⁸ <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model> [besøkt 8. januar 2023].

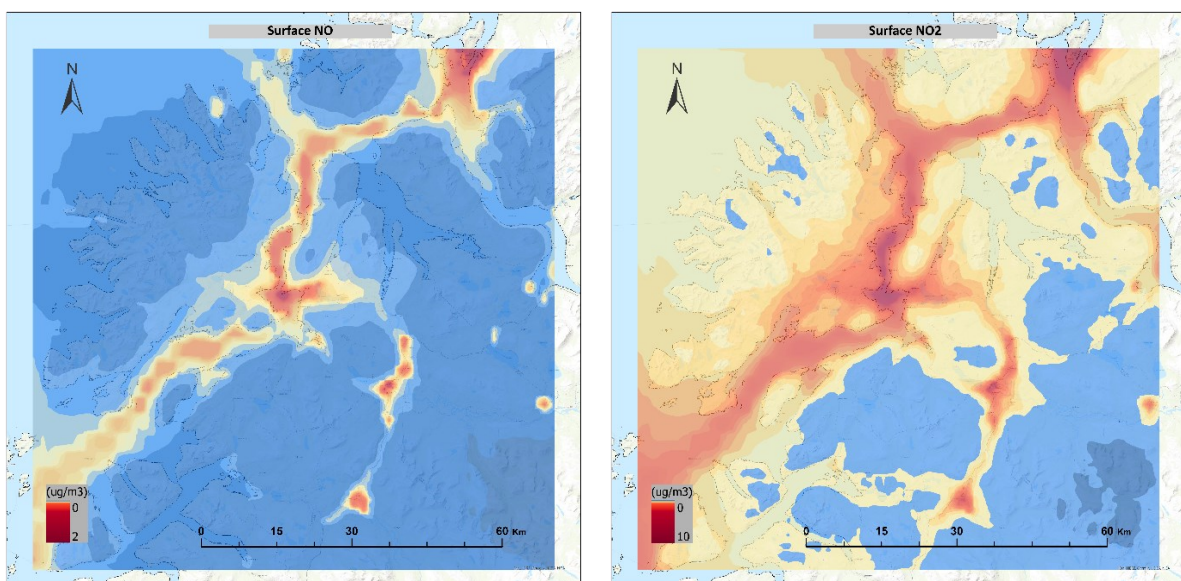
¹⁹ <https://emep.int> [besøkt 8. januar 2023].

vil si mengde av hver enkelt komponent, skorsteinshøyder, utgangstemperatur, utgangshastighet ble oppgitt av Finnfjord AS.

4.2 Konsentrasjon og avsetning - NO_x

Årsmiddelkonsentrasjon av NO_x (NO og NO₂) i bakkenivå for det innerste domenet er gitt i Figur 13. Tromsø by sees tydelig i resultatene, se rødt maksimum i øvre kant i Figur 13, men det er også noe forhøyede verdier ved Finnsnes/Finnfjord. Her vil utslipp fra biltrafikk og andre lokale kilder bidra. Ellers sees bidraget fra skipstrafikk langs fjordene både for NO og NO₂.

Modellberegningene viser at maksimumskonsentrasjonene av NO og NO₂ ved Finnsnes og i Finnfjord sitt nærområde gitt som årsmiddel er hhv. 1,0 µg/m³ (NO) og 5,9 µg/m³ (NO₂), begge to beregnet i gridboks 4 km vest for Finnfjord. Merk at her er det stort bidrag fra tettstedet Finnsnes. Fagbrukertjeneste for luftkvalitet beregner årsmiddelkonsentrasjon av NO₂ på rundt 16 µg/m³ i Finnsnes sentrum der biltrafikk bidrar med nesten 90 % og nær 10 % skyldes bakgrunn. Forskjellen i resultater skyldes at modellen til Fagbrukertjenesten har en oppløsning på 100 × 100 m², mens WRF-EMEP har en oppløsning på 1 × 1 km². Det vil si at gridrutene er 100 ganger større i WRF-EMEP og derved «smøres» maksimalverdiene ut over et større område.



Figur 13: Årsmiddelkonsentrasjon av NO (venstre) og NO₂ (høyre) i bakkenivå for det innerste domenet (105 × 105 km², alle utslipp inkludert). Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: µg/m³.

Tromsø ligger i utkanten av det indre grid-området. De beregnede verdiene for Tromsø er hhv. 2,0 µg/m³ (beregnet årsmiddel NO) og 9,6 µg/m³ (beregnet årsmiddel NO₂). Dette er langt lavere enn målinger fra stasjonen Hansjordnesbukta i Tromsø der årsmiddel for NO og NO₂ i 2018 var henholdsvis 26,0 µg/m³ og 32,4 µg/m³. Det er tre årsaker til dette avviket, Hansjordnesbukta er en veinær stasjon der konsentrasjonene er sterkt påvirket av biltrafikk og derved høyere enn verdiene ellers i Tromsø. Dessuten ligger halve Tromsøya i det mellomste grid-domenet der gridrutene er 5 × 5 km². Og til slutt skal det nevnes at WRF-EMEP

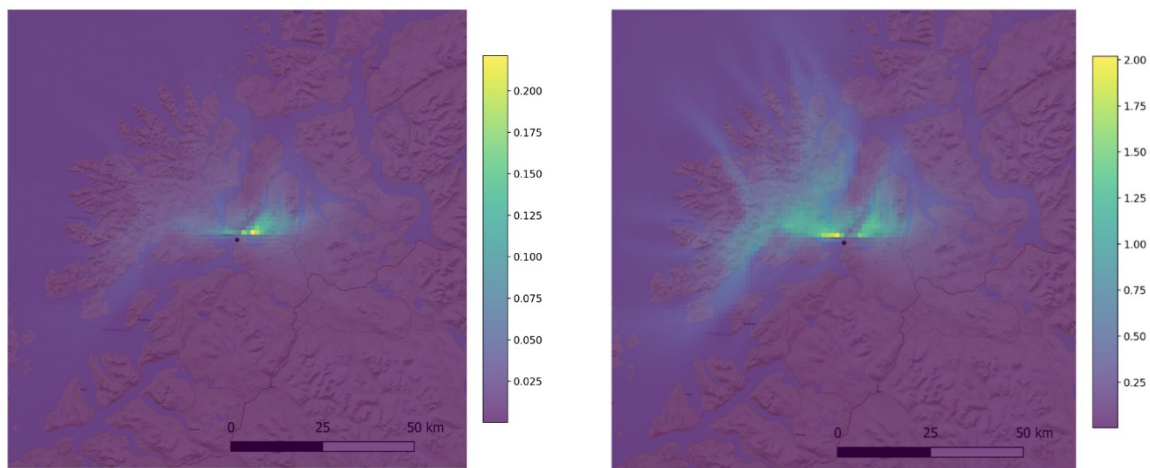
her ikke er satt opp for å beregne detaljert, småskala kjemi i byområder, til det er modellopløsningen for grov, som sagt $1 \times 1 \text{ km}^2$ og $5 \times 5 \text{ km}^2$.

Bidrag fra Finnfjord AS

Bidraget fra Finnfjord AS, det vil si forskjellen mellom kjøringen med utslipp fra smelteverket og kjøringen uten utslipp fra smelteverket er vist i Figur 14. Merk at for disse differanseplottene så er det kun utslippene fra selve smelteverket som er utelatt i den ene kjøringen. Utslipp fra skip og andre virksomheter i forbindelse med aktiviteten ved Finnfjord er en annen utslippskategori og utenfor Finnfjords ansvarsområde og er derfor inkludert i begge.

Bidraget fra Finnfjord, med andre ord forskjellen i konsentrasjon med og uten Finnfjord-utslippene beregnes til å være henholdsvis $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO) og $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO₂). Det vil si litt over 10 % bidrag fra Finnfjord i umiddelbar nærhet til smelteverket. I gridboksen som dekker Finnfjord øker NO_x med over 50%, dog fra en lav verdi.

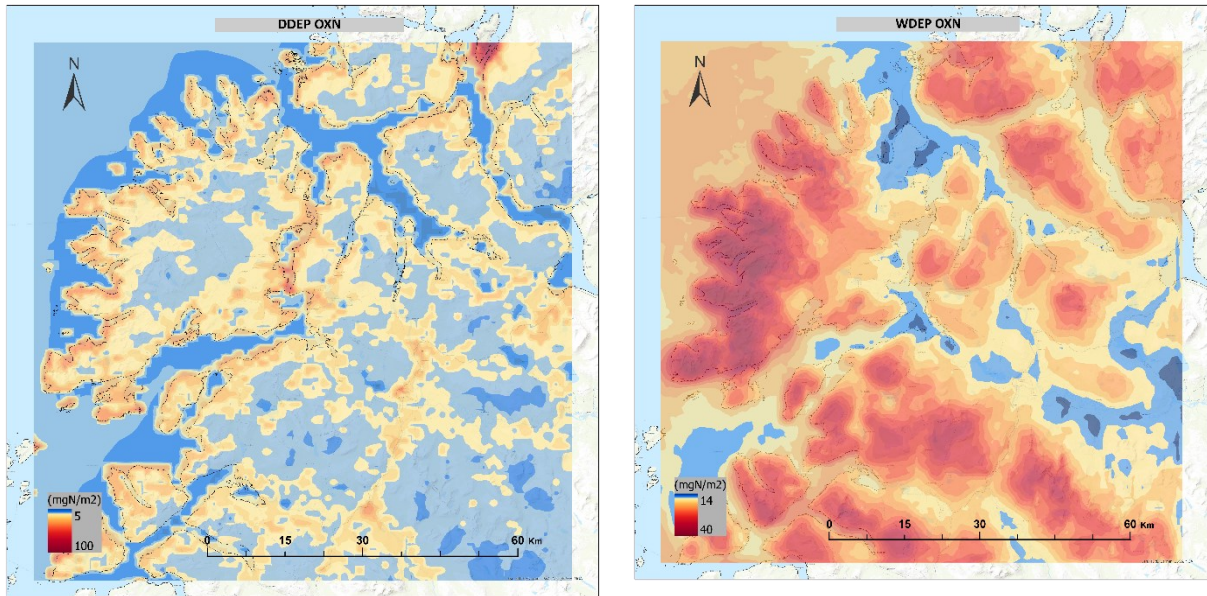
Beregninger med WRF-EMEP modellsystem viser at på regional skala er konsentrasjonene av total NO_x, NO og NO₂ lave og bidraget fra Finnfjord smelteverk er lite.



Figur 14: Årsmidlet bidrag fra Finnfjord av NO (venstre) og NO₂ (høyre) i bakkenivå for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$), det vil si forskjell mellom kjøring med og uten utslipp fra Finnfjord AS. Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

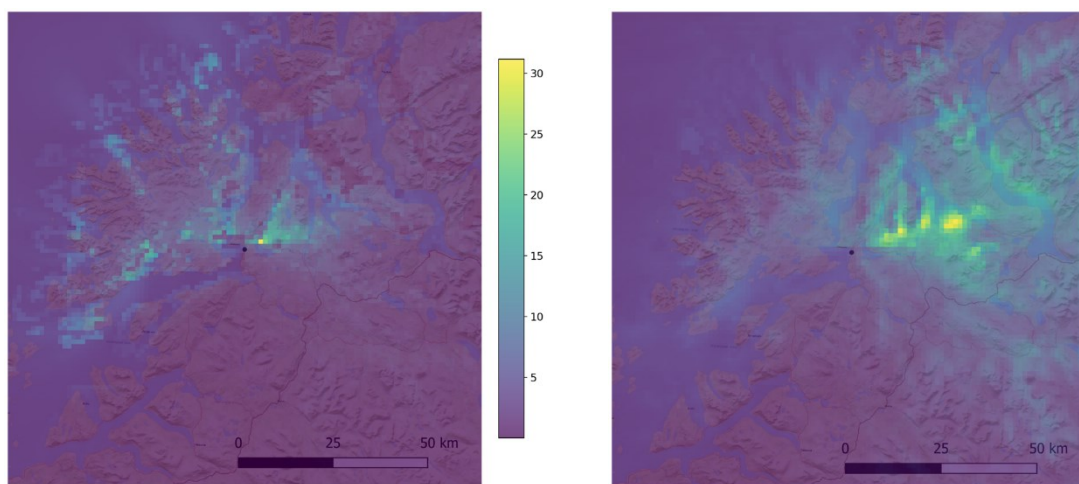
Avsetning

Tørr- og våtavsetning av nitrogen for innerste modelldomene er vist i Figur 15. Merk at tørravsetning og våtavsetning ikke har maksimum på samme geografiske sted. Tørravsetning er en funksjon av bakkekonsentrasjon, overflatens/bakkens beskaffenhet og gassens avsetningshastighet, mens våtavsetning er styrt av nedbør (mengde, intensitet og høyde på skyen som det regner fra) og gassens løselighet. Dette er to vidt forskjellige prosesser som gir forskjellige geografisk fordeling. For avsetningen i et gitt punkt er det summen som teller (tørr + våt) og det er også total avsetning som teller med tanke på tilførsel til vegetasjon og overflatevann.



Figur 15: Tørr- (venstre) og våtavsetning (høyre) av nitrogen for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$, alle utslipp inkludert. Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: mg N/m^2 .

Merk at tørravsetning er i stor grad styrt av bakkekonsentrasjonene slik at differanse-plottene for tørravsetning (Figur 16) samsvarer med differanseplottene for overflatekonsentrasjoner av NO og NO_2 (Figur 14). Differanseplottet for våtavsetning gir størst avsetning øst for Finnfjord (Figur 16 høyre). Dette kan forklares ved at utslippene fra Finnfjord bringes østover (se vindrose i Figur 2), luftmassene heves på grunn av topografi og kondenserer, det blir skydannelse og deretter tapes forurensningen ved nedbør. Dette fenomenet kalles orografisk nedbør²⁰.



Figur 16: Årsmidlet bidrag fra Finnfjord til tørr- (venstre) og våtavsetning (høyre) av nitrogen for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$), det vil si forskjell mellom kjøring med og uten utslipp fra Finnfjord AS. Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: mg N/m^2 .

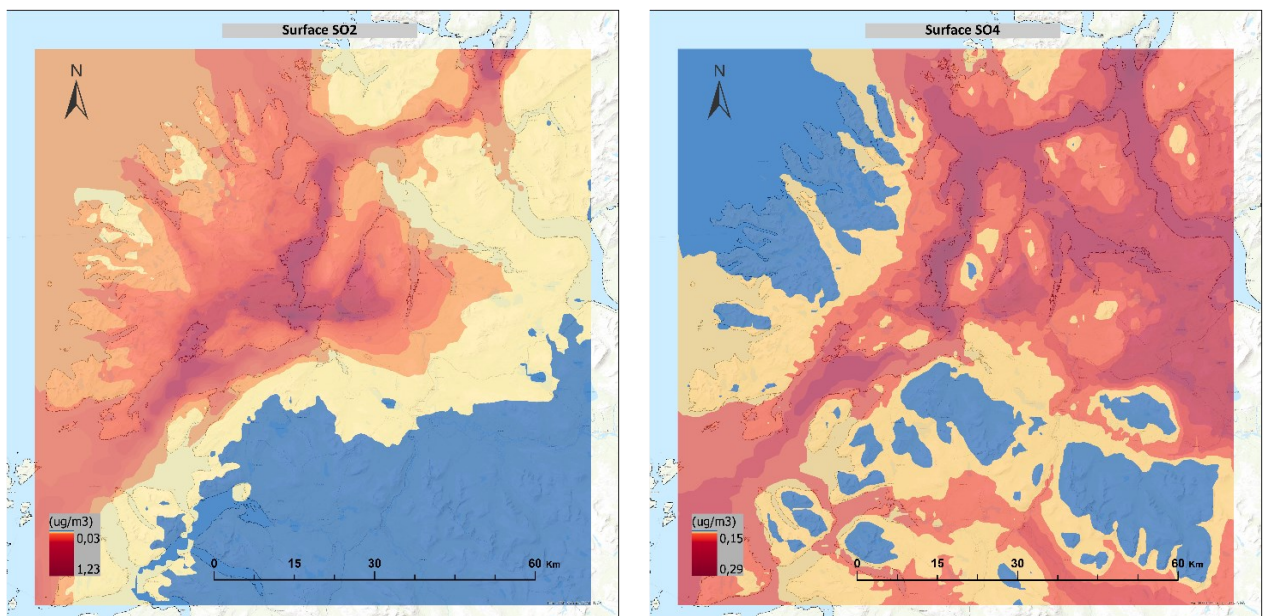
²⁰ https://snl.no/orografisk_nedbør [besøkt 21. januar 2021].

16 % av nitrogen fra Finnfjord avsettes i det innerste gridet ($105 \times 105 \text{ km}^2$), det vil si avsettes innenfor 50 km fra Finnfjord. Eksisterende avsetning i området rundt $100\text{--}200 \text{ mg N}/(\text{m}^2 \text{ år})$, se Figur 3, mens beregnet bidrag fra Finnfjord er maksimalt $30 \text{ mg N}/(\text{m}^2 \text{ år})$ for tørr- og våtavsetning (max. beregnet for én gridrute). Slik sett vil utslippene fra Finnfjord øke tilførsel av nitrogen med $\sim 20\%$ i et lite område nedstrøms utslippet. Nord-Norge er lite utsatt når det gjelder overskridelse av tålegrenser for overgjødning av vegetasjon (eutrofiering, se Figur 7 i kap. 2.5). Slik sett vil bidraget fra Finnfjord heller ikke bidra til overskridelse av tålegrense.

4.3 Konsentrasjon og avsetning - SO_2

Årsmiddelkonsentrasjon av SO_2 og sulfat SO_4^{2-} i bakkenivå for det innerste domenet er gitt i Figur 17. Skipstrafikk en annen kilde til svovel og bidrar til litt forhøyede verdier langs fjordene. Sulfat (SO_4^{2-}) er en sekundær komponent dannet ved omdanning/oksidasjon av SO_2 i gassfase ved OH eller væskefase ved H_2O_2 , O_3 , HO_2NO_2 eller metaller (katalytisk, se Berglen et al., 2004). Av disse er væskefasekjemien klart viktigst når det gjelder kjemisk tap av SO_2 og dannelse av sulfat. Bidraget fra Finnfjord til sulfatnivåene vil først sees der det er både SO_2 fra Finnfjord og skyer. Sulfat vil dannes et stykke unna utslippspunktet, levetiden for SO_2 i atmosfæren er typisk en dag.

Modellberegningene viser at maksimumskonsentrasjonene av SO_2 i Finnfjord sitt nærområde gitt som årsmiddel er $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, beregnet i gridboksen 5 km vest for Finnfjord. Både NO_x og SO_2 har levetid i atmosfæren på typisk en dag (se kap. 2.2). Konsentrasjonene nær Finnfjord som skyldes utslipp fra smelteverket vil være styrt av utslipp og spredning, ikke kjemi.

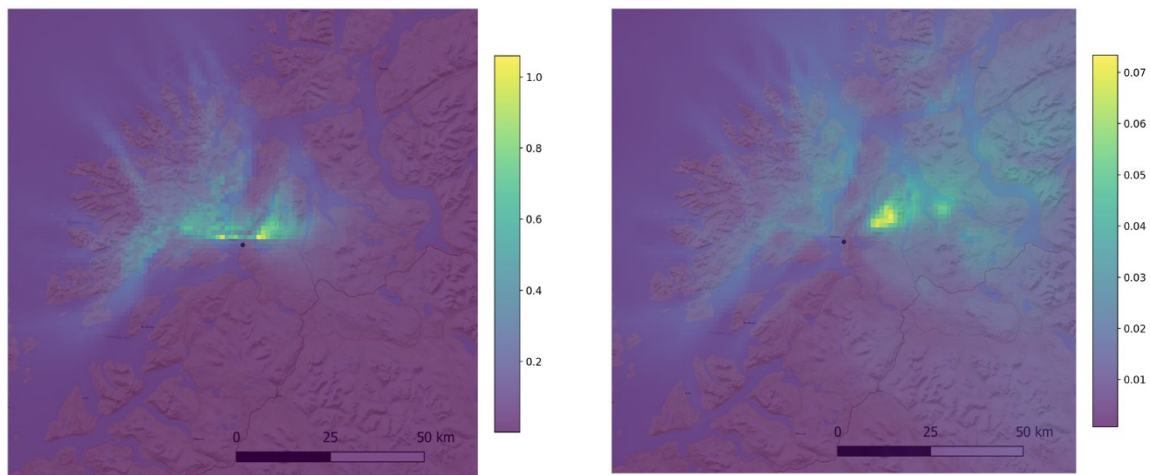


Figur 17: Årsmiddelkonsentrasjon av SO_2 (venstre) og sulfat (SO_4^{2-} , høyre) i bakkenivå for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$, alle utslipp inkludert). Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bidrag fra Finnfjord AS

Figur 18 viser bidraget fra Finnfjord AS, det vil si forskjellen mellom kjøringen med utslipp fra smelteverket og kjøringen uten utslipp fra smelteverket. Det sees et lite signal med litt forhøyede verdier av SO_2 ved Finnfjord. Igjen er det kun utslippene fra selve smelteverket som er utelatt i den ene kjøringen. Utslipp fra skip og andre virksomheter på Finnfjord er ikke tema i denne studien og er derfor inkludert i begge. Bidraget fra Finnfjord til SO_2 er naturlig nok størst nærmest Finnfjord, mens bidraget til sulfat er størst et stykke unna. Dette skyldes at sulfat som nevnt er en sekundær komponent og bidraget fra Finnfjord sees tydeligst nordover og østover fra Finnfjord der skydannelsen (og nedbøren, jfr. våtavsetning) er størst.

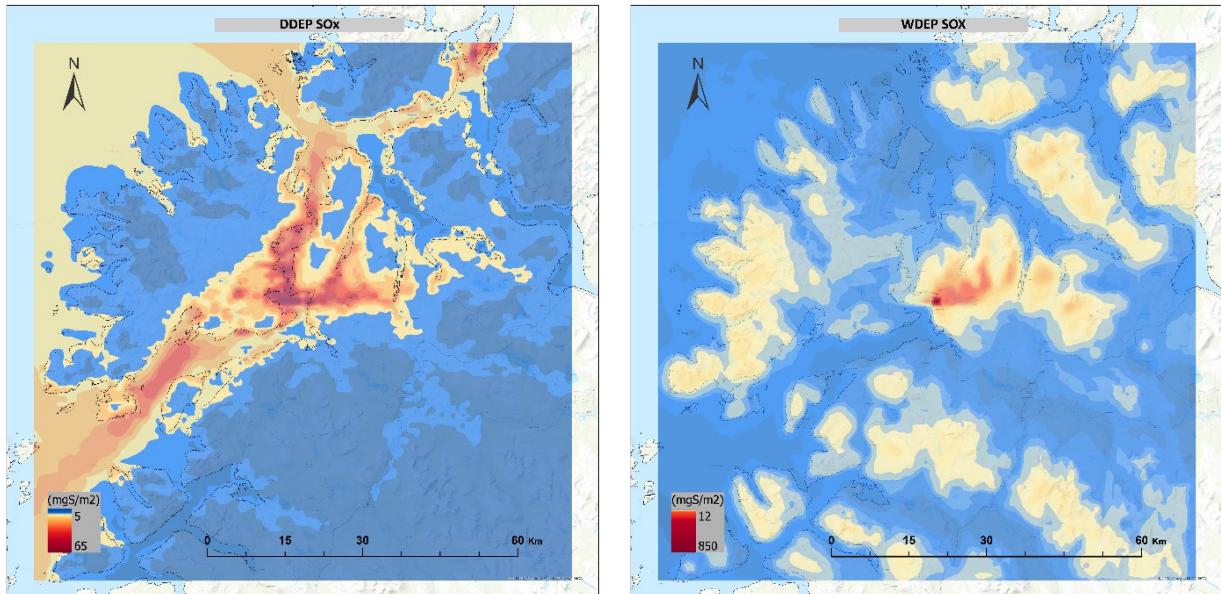
Bidraget til SO_2 fra Finnfjord (forskjellen i konsentrasjon med og uten Finnfjord-utslippene) beregnes til å være maksimalt $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{SO}_2$. Beregningene med WRF-EMEP modellsystem viser at på regional skala er konsentrasjonene av SO_2 ved Finnsnes / Finnfjord lave. Svovelutslippene har gått ned de siste 30 årene og bidraget fra Finnfjord smelteverk representerer ikke et problem på regional skala.



Figur 18: Årsmidlet bidrag fra Finnfjord av SO_2 (venstre) og sulfat (SO_4^{2-} , høyre) i bakkenivå for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$), det vil si forskjell mellom kjøring med og uten utslipp fra Finnfjord AS. Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Avsetning

Tørr- og våtavsetning av svovel for innerste modelldomene er vist i Figur 19. For nitrogen (kap. 4.2) har tørravsetning og våtavsetning ikke maksimum på samme geografiske sted da prosessene er styrt av ulike parametre. For avsetningen i et gitt punkt er det totalavsetning som teller, det vil si summen av tørravsetning og våtavsetning. Det er også total avsetning som teller med tanke på tilførsel til vegetasjon og jordsmonn.

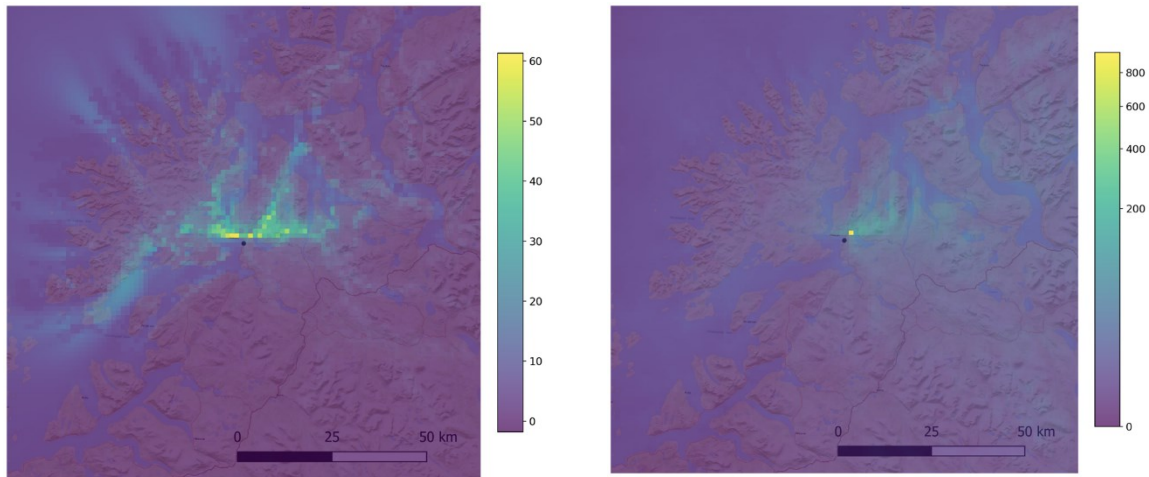


Figur 19: Tørr- (venstre) og våtavsetning (høyre) av svovel for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$, alle utslipp inkludert). Merk ulike skala i de ulike plottene. Enhet: mg S/m^2 .

15 % av svovel fra Finnfjord avsettes i det innerste gridet ($105 \times 105 \text{ km}^2$), det vil si avsettes innenfor 50 km fra Finnfjord. Som tidligere nevnt har utslippene av svovel i Europa og Norge har gått ned seneste tiårene (kap. 2.2) og situasjonen med tanke på forsurening har bedret seg tilsvarende. Eksisterende avsetning i området er rundt $300 \text{ mg S}/(\text{m}^2 \text{ år})$, se Figur 3. Utslippene fra smelteverket vil øke tilførsel av svovel noe i et mindre område nær Finnfjord. Men Nord-Norge har ingen overskridelser av tålegrenser for forsurening av overflatevann, se Figur 6. Slik sett vil bidraget fra Finnfjord ikke bidra til overskridelse av denne tålegrensen.

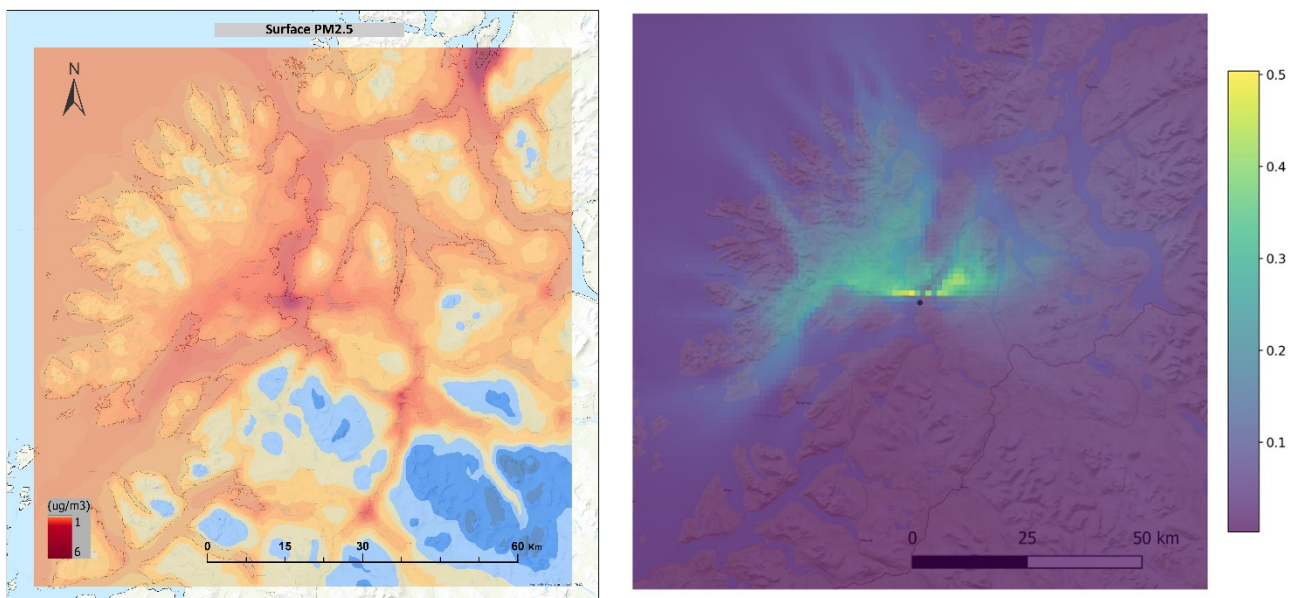
Bidrag fra Finnfjord AS til avsetning av svovel

På lik linje med nitrogen, tørravsetning er i stor grad styrt av bakkekonsentrasjonene slik at mønsteret i differanseplottet for tørravsetning (Figur 20) samsvarer med differanseplottet for overflatekonsentrasjon av SO_2 (Figur 18). Merk også at det for svovel, i motsetning til avsetning av nitrogen, så er det en viss tørravsetning av svovel over vann. Differanseplottet for våtavsetning gir størst avsetning i gridboksen som dekker Finnfjord og videre nordøstover (Figur 20 høyre). Dette kan igjen forklares ved at utslippene fra Finnfjord tas raskt opp i skyer, men også tapes raskt slik at påvirkningen blir mer lokal. NO_x er mindre vannløselig slik at NO_x tas tregere opp i sky og derved sees på påvirkningen/maks. avsetning fra NO_x lenger nedstrøms enn for svovel, jfr. sammenligning av Figur 16 (nitrogen) og Figur 20 (svovel).



Figur 20: Årsmidlet bidrag fra Finn fjord til tørr- (venstre) og våtavsetning (høyre) av svovel for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$), det vil si forskjell mellom kjøring med og uten utslipp fra Finn fjord AS. Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: mg S/m^2 .

4.4 Konsentrasjon - svevestøv / PM_{10}



Figur 21: Årsmiddelkonsentrasjon av PM_{10} i bakkenivå for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$, venstre, alle utslipp inkludert), samt bidrag fra Finn fjord (høyre), det vil si forskjell mellom kjøring med og uten utslipp fra Finn fjord AS. Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: $\mu\text{g/m}^3$.

Årsmiddelkonsentrasjon av svevestøv/PM i bakkenivå for det innerste domenet er gitt i Figur 21. Figuren viser også bidraget fra Finn fjord AS, det vil si forskjellen mellom kjøringen med utslipp fra smelteverket og kjøringen uten utslipp fra smelteverket (høyre del). Resultatene for PM_{10} viser tydelig noe forhøyede verdier av sjøsalt ute i havet (oransje i venstre del av plottet) som avtar når man nærmer seg land. Ellers er det noe forhøyede verdier

rundt Finnsnes og i fjordene på grunn av utslipp fra oppvarming, veitrafikk og skipstrafikk. Merk at det ikke er noe kjemisk tap av svevestøv/PM, konsentrasjonene er kun bestemt av utslipp, spredning og avsetning.

Konsentrasjonene av PM₁₀ er lave rundt Finnfjord, den høyeste beregnede verdien er 2,7 µg/m³. Differanseplottet (høyre plott i Figur 21) viser at bidraget til PM₁₀-nivåene fra Finnfjord AS er maksimalt 0,5 µg/m³, det vil si litt over 10 % bidrag fra Finnfjord i umiddelbar nærhet til smelteverket. Dette stemmer bra overens med andre, lignende beregninger av svevestøv/PM₁₀²¹.

Med tanke på avsetning så viser modellberegningene at 12 % av PM₁₀-utslippet avsettes innenfor det innerste gridområdet på 105 × 105 km².

Uansett, beregningene med WRF-EMEP modellsystem viser at konsentrasjonene av PM₁₀ ved Finnfjord er lave og lavere enn både norske grenseverdier og bakgrunnsstasjoner sørpå.

4.5 Konsentrasjon – inert gass og inert partikkel

I NILU rapport 05/2021 ble det også beskrevet en metode for å beregne eventuelle fremtidige konsentrasjoner av gasser/partikler som ikke gjennomgår kjemiske reaksjoner. Resonnementet er fortsatt gyldig, men i denne rapporten er dette kapitlet flyttet til Vedlegg C.

²¹ <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/fagbrukertjeneste-for-luftkvalitet/?kommune=5421&underside=aarsmiddel#close> [besøkt 10. januar 2023].

5 Referanser

NILUs rapport fra 2021:

Berglen, T.F., Svendby, T.M., Vo, T.D., Tønnesen, D. (2021) Finn fjord AS. Spredningsberegninger av utslipp til luft. Kjeller, NILU (NILU rapport 05/2021).

NILU har tidligere utført måleprogram for luftkvalitet ved Finn fjord AS sitt anlegg:

Hak, C., Halse, A.K., Halvorsen, H.L. (2016) Kartlegging av 2-4 ring PAHer og SO₂ rundt FeSi-/Si-smelteverk. Passive luftmålinger rundt Finn fjord AS, oktober - desember 2014 og analyse av mikrosilikastøv. Kjeller, NILU (NILU OR 19/2016).

Nedlastbar fra: <http://hdl.handle.net/11250/2421734>

Hak, C. (2012) Luftkvalitetsmålinger i nærområdet til Finn fjord AS oktober 2011 – mai 2012. Kjeller, NILU (NILU OR 31/2012).

Nedlastbar fra: <https://hdl.handle.net/11250/2717736>

Andre referanser:

Aas, W., Hjellbrekke, A.-G., Fagerli, H., Benedictow, A. (2017) Deposition of major inorganic compounds in Norway 2012-2016. Kjeller, NILU (NILU OR 41/2017).

Aas, W., Berglen, T.F., Eckhardt, S., Fiebig, M., Solberg, S., Yttri, K.E. (2022) Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway. Annual Report 2021. Kjeller, NILU (Norwegian Environment Agency, M-2303 2022) (NILU report 18/2022).

Austnes, K., Lund, E., Sample, J.E., Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Aas, W. (2018) Overskridelser av tålegrenser for forsurening og nitrogen for Norge. Oppdateringer med perioden 2012-2016. Oslo, NIVA (Miljødirektoratet rapport, M-966/2018) (NIVA-rapport 7239-2018).

Berglen, T.F., Berntsen, T.K., Isaksen, I.S.A., Sundet, J.K. (2004) A global model of the coupled sulfur/oxidant chemistry in the troposphere: The sulfur cycle. *J. Geophys. Res.*, 109, D19310, doi:10.1029/2003JD003948

Berglen, T.F., Nilsen, A.-C., Vadset, M., Uggerud, H.T., Hak, C., Andresen, E. (2022) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2021. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-2321/2022) (NILU OR 22/2022).

Bohlin-Nizzetto, P., Aas, W., Halvorsen, H. L., Nikiforov, V., Pfaffhuber, K. A. (2022). Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation. Annual report 2021. (Norwegian Environment Agency, M-2317|2022) (NILU report, 19/2022). Kjeller, NILU.

Bøhler, T. (1987) Users guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm, NILU (NILU TR 8/87).

Devos, M., Patte, F., Ronault, J., Laffort, P., Van Gemert, L. J. (1990) Standardized human olfactory thresholds. Oxford, IRL press.

Jacob, D.J. (1999) Introduction to atmospheric chemistry. Princeton, N.J., Princeton University Press.

Kero, I., Grådahl, S., Tranell, G. (2017) Airborne Emissions from Si/FeSi Production. JOM 69, 365–380. <https://doi.org/10.1007/s11837-016-2149-x> (Open Access).

Nilsson, V.J., Grennfelt, P. (1988) Critical loads for sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden 19-24 March, 1998. København, Nordisk Ministerråd (Miljørapport 1988:15) (NORD 1988:97).

Vedlegg A

Detaljerte utslippsdata

Tabell 2: Detaljerte utslippsdata for de ulike skorsteinene på Finnfjord oppgitt av bedriften. Når det gjelder mengde NO_x, SO₂ og støv som er brukt i modellberegningene er utslippene oppdatert med tall fra databasen NorskeUtslipp, se forklaring i kap. 2.1.

Skorstein/ punktkilde	Bredde- grad	Lengde- grad	Utslippshøyde over bakkenivå (m)	Diameter utløp skorstein (m)	Temperatur gass utløp (grader C)	Flowrate (m ³ /h)	Gasshastighet (m/s)	NO _x (tonn/år)	SO ₂ (tonn/år)	Støv, PM _{2.5} (tonn/år)
Ovn1	69,2224	18,0815	47	3	280	90000	3,5	0,69	1,58	15,33
Ovn2	69,2222	18,0809	47	3,7	460	200000	5,2	1,35	3,14	98,56
Ovn3	69,2221	18,0804	47	3,95	415	200000	4,5	1,35	3,14	66,07
Utstøpning	69,2221	18,0798	21	40	105	-	1,4	0	0	172,50
Renseanlegg	69,2207	18,0809	29	40	105	-	1,4	410,4	950,72	15,10
SUM								413,79	958,58	367,56

Vedlegg B

Norske grenseverdier, luftkvalitetskriterier, samt tiltaksverdier og grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren

Norske grenseverdier

Utendørs luftkvalitet er i Norge regulert i forurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet. Forskriften har som formål å fremme menneskers helse og trivsel og beskytte vegetasjon og økosystemer ved å sette minstekrav til luftkvalitet og sikre at disse blir overholdt. Den skal også bidra til at Norge overholder EUs direktiver om luftkvalitet (2004/107/EC og 2008/50/EC), og inneholder en rekke grenseverdier, målsettingsverdier og andre terskler som bl.a. bestemmer i hvilke tilfeller luftkvaliteten må overvåkes, og når det må gjennomføres tiltak. Kommunene er delegert forurensningsmyndighet etter forskriften (§ 7-4). Norske grenseverdier for SO₂, NO_x og PM₁₀ og PM_{2.5} er gitt i Tabell 3.

Forurensningsforskriften definerer også en alarmterskel²² for SO₂ (§ 7-12) på 500 µg/m³ i tre sammenhengende timer.

²² *Alarmterskel* er et konsentrasjonsnivå i utendørsluft som gir helseeffekter i befolkningen ved korttidseksposering.

Tabell 3: Grenseverdier for tiltak, jfr. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931> § 7-9²³. Forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft skal ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien
Svoveldioksid			
1. Timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 time	350 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår
2. Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 døgn (fast)	125 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår
3. Grenseverdi for beskyttelse av økosystemer	Kalenderår og i vinterperioden (1/10-31/3)	20 µg/m ³	
Nitrogendioksid og nitrogenoksider			
1. Timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 time	200 µg/m ³ NO ₂	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår
2. Årsgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	Kalenderår	40 µg/m ³ NO ₂	
3. Grenseverdi for beskyttelse av vegetasjonen	Kalenderår	30 µg/m ³ NO _x	
Svevestøv PM₁₀			
1. Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse ¹⁾	1 døgn (fast)	50 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 25 ganger pr. kalenderår
2. Årsgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse ¹⁾	Kalenderår	20 µg/m ³	
Svevestøv PM_{2,5}			
Årsgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse ¹⁾	Kalenderår	10 µg/m ³	

1) Oppdatert pr. 1. 1. 2023.

²³ <http://www.lovdata.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#7-6> [besøkt 10. januar 2023].

Luftkvalitetskriterier

Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har utarbeidet luftkvalitetskriterier for uteluft²⁴ i Norge. Hensikten med luftkvalitetskriteriene er å forebygge helseskader av luftforurensning. Kriteriene er satt så lavt at de alle fleste kan utsettes for disse nivåene uten at det oppstår skadevirkninger på helsa. Luftkvalitetskriteriene er stort sett strengere enn grenseverdiene, men er ikke juridisk bindende.

Folkehelseinstituttet har varslet innstramminger av luftkvalitetskriteriene, se kap. 2.3 side 10.

Tabell 4: Luftkvalitetskriterier for ulike forurensningskomponenter relevant for denne studien. Midlingstider fra 15 minutter opptil 1 år.

Komponent	Midlingstid	Luftkvalitetskriterier
PM ₁₀	Døgn	30 µg/m ³
PM ₁₀	År	20 µg/m ³
PM _{2,5}	Døgn	15 µg/m ³
PM _{2,5}	År	8 µg/m ³
NO ₂	15 min	300 µg/m ³
NO ₂	Time	100 µg/m ³
NO ₂	År	30 µg/m ³
SO ₂	15 min	300 µg/m ³
SO ₂	Døgn	20 µg/m ³

²⁴ Se <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet> [besøkt 26. januar 2023].

Likeledes har en rekke offentlige institusjoner samarbeidet om å utarbeide forurensningsklasser og helseråd for en rekke typer forurensning (PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂ og O₃)²⁵, se Tabell 5.

Tabell 5: Forurensningsklasser for PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂ og O₃. Kilde: Luftkvalitet i Norge, skjermdump fra <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 10. januar 2023].

Klasser	Nivå	Helse- risiko	PM ₁₀ Døgn (µg/m ³)	PM _{2,5} Døgn (µg/m ³)	PM ₁₀ Time* (µg/m ³)	PM _{2,5} Time* (µg/m ³)	NO ₂ Time (µg/m ³)	SO ₂ Time (µg/m ³)	O ₃ Time (µg/m ³)
	Lite	Liten	<30	<15	<60	<30	<100	<100	<100
	Moderat	Moderat	30-50	15-25	60-120	30-50	100- 200	100- 350	100- 180
	Høyt	Betydelig	50-150	25-75	120- 400	50-150	200- 400	350- 500	180- 240
	Svært høyt	Alvorlig	>150	>75	>400	>150	>400	>500	>240

* Forurensningsklassen for svevestøv (PM₁₀ og PM_{2,5}) er i utgangspunktet gitt for døgnmiddel (gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av et døgn). Tilsvarende forurensningsklasse for timemiddel (gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av en time) er en matematisk omregning basert på statistikk. Når timemiddelet for svevestøv kommer i forurensningsklassen gul er det mest sannsynlig at døgnet også blir gult. Forurensningsklassene for svevestøv ble revidert i [desember 2018](#).

WHO har oppdatert sine retningslinjer («air quality guidelines»)²⁶. Verdiene er nå 500 µg/m³ for korttidseksponering av SO₂ (10 minutters gjennomsnitt) og 40 µg/m³ for langtidseksponering av SO₂ (24 timers gjennomsnitt).

²⁵ Se forurensningsklasser gjengitt på <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 10. januar 2023].

²⁶ <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> [besøkt 18. januar 2023].

Tiltaksverdier og grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren

Norske myndigheter har definert Tiltaksverdier og grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren (gjeldende fra 1. januar 2013). Disse gir maksimale konsentrasjoner som ikke må overskrides i arbeidsmiljøet, se "FOR 2011-12-06 nr. 1358: Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier)", tilgjengelig fra for eksempel:

<http://www.lovdato.no/for/sf/ad/td-20111206-1358-008.html> [besøkt 10. januar 2023]. Verdier for NO_x og SO₂ er gjengitt i Tabell 6.

Tabell 6: Tiltaksverdier og grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren. Enheter: ppm, «parts per million», det vil si blandingsforhold eller milliond'edele, mg/m³, milligram pr. kubikkmeter, det vil si konsentrasjon (mengde pr. volum). Kilde: Lovdata.

CAS-nr.	Navn	ppm	mg/m ³	anm.	Sist endret
10102-44-0	Nitrogendioksid	0,5	0,96	E ¹³	2018
		1	1,91	S	
10102-43-9	Nitrogenmonoksid	2	2,5	E ¹⁴	2018
7446-09-5	Svoveldioksid	0,5	1,3	E ¹⁸	2018
		1,0	2,7	S	

Fotnoter gitt i tabellen på Lovdata:

- E: EU har en veiledende grenseverdi for stoffet
- S: Korttidsverdi er en verdi for gjennomsnittskonsentrasjonen av et kjemisk stoff i pustesonen til en arbeidstaker som ikke skal overskrides i en fastsatt referanseperiode. Referanseperioden er 15 minutter hvis ikke annet er oppgitt.
- 13: Enkelte bedrifter vil av teknisk-økonomiske årsaker ikke kunne overholde grenseverdiene. Det er disse bedriftenes ansvar å dokumentere et forsvarlig arbeidsmiljø. Det forutsettes at bedriften(e) har en plan for reduksjon av eksponering og at man kan vise lavere verdier over tid. Arbeidstilsynet, ansattrepresentanter og verneombud skal konsulteres og informeres om årlige planer og oppnådde resultater.

For bransjene gruvedrift under jord og tunnel-virksomhet gjelder følgende grenseverdi for nitrogendioksid frem til 21. august 2023: 0,6 ppm, 1,1 mg/m³.

- 14: Enkelte bedrifter vil av teknisk-økonomiske årsaker ikke kunne overholde grenseverdiene. Det er disse bedriftenes ansvar å dokumentere et forsvarlig arbeidsmiljø. Det forutsettes at bedriften(e) har en plan for reduksjon av eksponering og at man kan vise lavere verdier over tid. Arbeidstilsynet, ansattrepresentanter og verneombud skal konsulteres og informeres om årlige planer og oppnådde resultater.

For bransjene gruvedrift under jord og tunnel-virksomhet gjelder følgende grenseverdi for nitrogenmonoksid frem til 21. august 2023: 25 ppm, 30 mg/m³.

- 18: Enkelte bedrifter vil av teknisk-økonomiske årsaker ikke kunne overholde grenseverdiene. Det er disse bedriftenes ansvar å dokumentere et forsvarlig arbeidsmiljø. Det forutsettes at bedriften(e) har en plan for reduksjon av eksponering og at man kan vise lavere verdier over tid. Arbeidstilsynet, ansattrepresentanter og verneombud skal konsulteres og informeres om årlige planer og oppnådde resultater.

Vedlegg C

Konsentrasjon – inert gass og inert partikkel

Konsentrasjon – inert gass og inert partikkel

I kravene fra Miljødirektoratet er det fokus på komponentene NO_x, SO₂ og svevestøv/PM. Dette er omhandlet i kap. 4.2 - 4.4. I tillegg er det gjort kjøring med to inerte komponenter²⁷, en inert gass og en inert partikkel. Dette er gjort for siden å kunne studere og tallfeste konsentrasjoner av forurensningskomponenter som slippes ut fra Finnfjord uten å gjøre nye modellberegninger.

Utslipp til luft er enten i form av gass eller i form av partikler. Eksempler på gasser som regnes som forurensning er flyktige organiske forbindelser VOC (eng. **V**olatile **O**rganic **C**ompounds), karbondioksid CO₂, lystgass N₂O og metan CH₄. Mange tungmetaller som bly Pb, kadmium Cd, kobber Cu og nikkel Ni er knyttet til partikler, de opptrer ikke i gassform ved normalt trykk og temperatur i atmosfæren, men sitter på overflaten eller er en del av små partikler/støv. Atter igjen er det noen komponenter som forefinnes både i gass- og partikkelform. Her er PAH'er (**p**olysykliske **a**romatiske **h**ydrokarboner) et eksempel der de letteste er flyktige/i gassform og de tyngste er i partikkelform.

Metode

Det ble gjort modellkjøring for to inerte komponenter, en gass og en partikkel. Inert i denne sammenheng betyr at komponentene ikke gjennomgår kjemisk tap eller avsetning, kun spredning ved vind.

For begge komponentene er det antatt et utslipp på 1 tonn pr. år. Fysiske utslippsparemetre som skorsteinshøyde, utgangstemperatur og så videre er de samme som for de andre komponentene. Det vil si komponenten «inert gass» slippes ut på samme måte som NO_x og SO₂, mens «inert partikkel» slippes ut på samme måte som PM. Resultater for bakkenivå er gitt i Figur 22. Merk at for inerte partikler (Figur 22 høyre del) ligner resultatene på resultatene for PM (Figur 21 høyre del), dog er skalaen litt forskjellig.

Utslipp av 1 tonn gass/partikkel pr. år ga maksimum beregnet årlig gjennomsnittskonsentrasjon på henholdsvis 0,00008 ppb / 0,00075 µg/m³ (inert gass, se fotnote ²⁸) og 0,0074 µg/m³ (inert partikkel), begge har maksimum nær Finnfjord et lite stykke vestover fra smelteverket.

Tanken er altså at dette forholdet mellom utslipp av inert gass/partikkel og dertil beregnet bakkekonsentrasjon kan brukes til å skalere andre komponenter, både komponenter som er i gassform og komponenter som er knyttet til partikler.

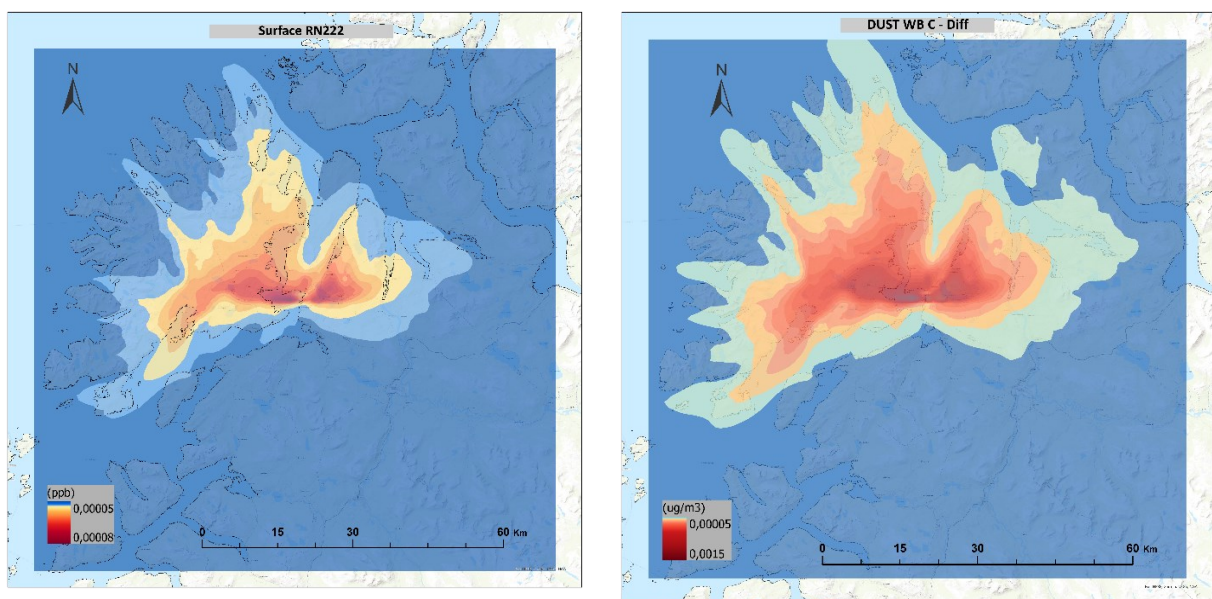
For å eksemplifisere; utslippene av metan CH₄ fra Finnfjord var 6,91 tonn i 2021 (jfr. Tabell 1). Dette er selvsagt 6,91 ganger høyere enn 1 tonn. Da vil den beregnede maksimumskonsentrasjonen av CH₄ på grunn av utslipp fra Finnfjord være 6,91 ganger høyere

²⁷ Jfr. Det Norske Akademis ordbok (<https://naob.no/ordbok/inert>). ETYMOLOGI av latin *iners* (genitiv *inertis*) 'udyktighet, urørlig, treg'. **inert gass** gass som ikke gjennomgår kjemisk reaksjon ved gitte betingelser.

²⁸ For inert gass ble Rn222 benyttet som «dummy tracer», det vil si som et substitutt. Dette var en enkel løsning for å unngå å inkludere nye komponenter i modellen. Rn222 er allerede inkludert i EMEP-modellen, men ble ikke benyttet i de opprinnelig beregningene. Ved en feil ble resultatene skrevet ut i blandingsforhold. Omregning fra blandingsforhold ppb (parts per billion, milliard'tede) til konsentrasjon (µg/m³) ble gjort ved å anta faktorene 1225 g_{luft}/m³ (US Standard atmosphere, konsentrasjon av luft i bakkenivå), 222 g_{Rn222}/mol (molar masse Radon) og 28,97 g_{luft}/mol (molar masse luft). For å regne om fra blandingsforhold ppb til konsentrasjon µg/m³ må resultatene derfor multipliseres med 9,39.

enn beregnet konsentrasjon for 1 tonn utslipp. Altså blir maksimalt bidrag til metankonsentrasjonen i bakkenivå fra Finnfjord $6,91 \times 0,00075 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,0051 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som igjen tilsvarer $5,1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Dette er forsvinnende lite gitt at den atmosfæriske bakgrunnskonsentrasjonen er over $1250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ / rundt 1850 ppb. Metan er ikke et tema i denne studien, men er brukt som et eksempel på hvordan disse resultatene kan brukes.

På samme måte kan resultatene for inert partikkel skaleres for å beregne maksimumskonsentrasjon for komponenter som er knyttet til partikler. Et tonn utslipp av inert partikkel gir maksimal bakkekonsentrasjon lik $0,0074 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Eksempelvis slapp Finnfjord ut 33,57 kg nikkell i 2021 (Tabell 1). Dette utgjør 1/30-del av et tonn. Da vil maksimal bakkekonsentrasjon av nikkell i Finnfjord sitt nærområde være $0,0074 \mu\text{g}/\text{m}^3 / 30 = 0,00025 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,25 \text{ ng}/\text{m}^3$.



Figur 22: Årsmiddel av inert gass (venstre) og inert partikkel (høyre) i bakkenivå for det innerste domenet ($105 \times 105 \text{ km}^2$). Kildestyrke 1 tonn pr. år sluppet ut fra Finnfjord. Merk ulik skala i de ulike plottene. Enhet: blandingsforhold ppb (venstre) og konsentrasjon $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (høyre).

For komponenter som forefinnes både i flyktig og fast form som eksempelvis PAH vil de beregnede maksimumskonsentrasjonene være en kombinasjon av resultatene for inert gass og inert partikkel. For denne gruppen komponenter er den grunnleggende antagelsen at hvis ytterpunktene, dvs. alt som inert gass eller alt som inert partikkel, ligger innenfor det akseptable, så vil også en kombinasjon av disse være innenfor det akseptable.

Denne fremgangsmåten blir en form for «worst case», men er nyttig som en første tilnærming for å estimere bakkekonsentrasjoner grunnet nåværende og fremtidige utslipp fra Finnfjord.

NILU – Norsk institutt for luftforskning

NILU – Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte

NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3111-7

ISSN: 2464-3327