

Utslipp til luft fra Boliden Odda AS

Reviderte spredningsberegninger og
konsekvensvurderinger av økte utslipp

Torleif Weydahl og Tove Svendby



NILU rapport 01/2022	ISBN: 978-82-425-3071-4 ISSN: 2464-3327	TILGJENGELIGHET: A – Åpen
DATO 04.01.2022	ANSVARLIG SIGNATUR Ole-Anders Braathen (sign.) Viseadministrerende direktør	ANTALL SIDER 39
TITTEL Utslipp til luft fra Boliden Odda AS Reviderte spredningsberegninger og konsekvensvurderinger av økte utslipp	PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen / Torleif Weydahl	NILU PROSJEKT NR. O-118119 / O-121027.5
	KVALITETSSIKRER Dag Tønnesen	
FORFATTER(E) Torleif Weydahl og Tove Svendby	OPPDRAGSGIVERS REF. Agnar Målsnes	
REFERAT NILU - Norsk Institutt for luftforskning har på oppdrag for Boliden Odda AS, utført sprednings- og avsetningsberegninger i forbindelse med utslipp fra sinkproduksjonsanlegget. Studien beregner luftkonsentrasjon og avsetning av svovel (forsuring) og konsentrasjon av metaller/svevestøv ved dagens sinkproduksjon og ved en planlagt utvidelse. Timesmiddel-, døgnmiddel- og årsmiddel-konsentrasjon av SO ₂ og PM ₁₀ er beregnet til å være innenfor grenseverdier og luftkvalitetskriterier ved dagens og utvidet produksjon. Beregningene viser mulig overskridelse av målsetningsverdien for kadmium ved en utvidelse av produksjonen. Utvidelse i produksjon gir et ytterligere bidrag til overskridelsen av tålegrensen (forsuring) i området rundt Odda. Økningen i avsetning forøvrig er beregnet å være i områder hvor tålegrensen er mer robust. Rapporten er en revisjon av NILU-rapport 3/2019.		
TITLE Emissions to air from Boliden Odda AS - Assessment of increased emissions through model calculations		
EMNEORD Luftkvalitet Industriforurensning Modellering		
ABSTRACT NILU has performed dispersion and deposition calculations for the Zinc-production facility run by Boliden Odda AS. The study presents calculations of concentrations and deposition of SO ₂ and concentrations of metals/particles at today's and extended production. Calculated concentrations (hourly, daily and yearly) of SO ₂ and PM ₁₀ are within the legal and recommended limit values. However, the calculations show possible exceedance of limit values for cadmium with extended production. The extended production will also increase the exceedance of tolerances for acidification in the vicinity of Odda. Outside Odda, the increase of acidification is relatively small.		
PUBLISERINGSTYPE: Digitalt dokument (pdf)		FORSIDEBILDE: Agnar Målsnes

© NILU – Norsk institutt for luftforskning

Sitering: Weydahl, T., Svendby, T. (2022). Utslipp til luft fra Boliden Odda AS. Reviderte spredningsberegninger og konsekvensvurderinger av økte utslipp (NILU rapport 01/2022). Kjeller: NILU.

NILU er ISO-sertifisert i henhold til NS-EN ISO 9001/ISO 14001 og akkreditert i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.

Forord

Prosjektet er utført av NILU - Norsk institutt for luftforskning på oppdrag fra Boliden Odda AS. Formålet med prosjektet er å kvantifisere effekter av økte utslipp ved utvidet produksjon ved anlegget. Denne rapporten inngår som en del av dokumentasjonen når Boliden Odda AS søker om utvidet utslippstillatelse.

Arbeidet er utført av Torleif Weydahl og Tove Svendby (WRF-EMEP). Prosjektleder har vært Dag Tønnesen og senere Torleif Weydahl ved avdeling for by og industri.

Kontaktperson ved Boliden Odda har vært Agnar Målsnes. Det ble gjennomført en befarings på anlegget den 16. november 2018 i forbindelse med utarbeidelse av NILU-rapport 3/2019. Denne rapporten er en revisjon av studien fra 2019.

EMEP-WRF-beregningene er utført med ressurser gjort tilgjengelig av UNINETT Sigma2 – Nasjonal infrastruktur for tungregning og datalagring i Norge.

Innhold

Forord	2
Innhold	3
Sammendrag	5
1 Innledning	6
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Prosjektets målsetning og avgrensning	6
1.3 Kort anleggsbeskrivelse.....	7
2 Grenseverdier og luftkvalitetskriterier	8
2.1 Generelt om utslippskomponenter til luft ved Boliden Odda AS	9
2.1.1 SO ₂ /SO ₃ :.....	9
2.1.2 Kadmium, Cd	9
2.1.3 Arsen, As.....	9
2.1.4 Nikkel, Ni	9
2.1.5 Bly, Pb.....	10
2.1.6 Sink, Zn	10
2.2 Arbeidstilsynets grenser på industriområdet	10
2.3 Grenseverdier, målsetningsverdier og luftkvalitetskriterier	11
2.4 Utslipp relativt grenseverdiene.....	11
3 Konsentrasjoner, avsetning og belastning av miljø	12
3.1 Bakgrunnskonsentrasjoner og avsetning av svovel	12
3.2 Belastning av miljø og tålegrenser i Sørfjorden.....	14
3.2.1 Forsuring av overflatevann og tålegrenser	15
3.2.2 Forurensningsbelastning ved tungmetaller	17
4 Metode og inngangsdata til utslipps- og spredningsberegninger	19
4.1 Beregningsmetoder.....	19
4.1.1 CONCX	19
4.1.2 CONDEP	19
4.1.3 WRF-EMEP.....	19
4.2 Utslipp fra anlegget.....	20
4.2.1 Svovelutslipp	22
4.2.2 Tungmetaller	23
4.2.3 Diffuse utslipp til luft.....	25
4.3 Meteorologiske forhold	26
4.3.1 Vind og stabilitet	26
4.3.2 Nedbør.....	27
5 Beregnet konsentrasjon og avsetning – konsekvenser av økte utslipp	28
5.1 Beregnet maksimale timemiddelkonsentrasjoner	28
5.1.1 Svovelgassutslipp fra svovelsyrefabrikken.....	28
5.1.2 Svovelsyreaerosoler fra kjøletårn ved elektrolysehall	30
5.1.3 Utslipp av tungmetaller.....	30
5.2 Beregnet årsmiddelkonsentrasjoner	31
5.2.1 Årsmiddelkonsentrasjon av svoveldioksid	31

5.2.2	Årsmiddelkonsentrasjoner av tungmetaller, beregnet ved kadmium..	33
5.3	Beregnet tørr- og våtavsetning	34
5.3.1	Årsmiddel av avsetning ved WRF-EMEP	34
5.3.2	Avsetning sett opp mot tålegrenser.....	36
6	Oppsummering	37
7	Referanser	39

Sammendrag

NILU - Norsk Institutt for luftforskning har på oppdrag for Boliden Odda AS, utført sprednings- og avsetningsberegninger i forbindelse med utslipp fra anlegget på Eitrheimsneset i Sør fjorden (Odda). Studien beregner luftkonsentrasjon og avsetning av svovel (forsuring), og konsentrasjon av metaller/svevestøv ved dagens sinkproduksjon på 200 000 tonn/år og ved en planlagt utvidelse til 350 000 tonn/år.

Rapporten er en revisjon av NILU-rapport 3/2019, hvor utslippsnivåene av svoveldioksid (SO₂) og svovelsyreaerosol (H₂SO₄) er endret i henhold til gjeldende utslippsnivåer. Det er spesielt utslippet av H₂SO₄ som er høyere sammenlignet med rapporten fra 3/2019. Beregningene i denne reviderte utgaven viser at disse endringene ikke har vesentlig betydning for konklusjonene i 3/2019-rapporten.

Konsekvensvurderingene er basert på de gaussiske spredningsmodellene CONCX og CONDEP samt WRF-EMEP som kombinerer den kjemiske spredningsmodellen EMEP med meteorologiske data modellert ved WRF. Det er også benyttet meteorologiske data fra en lokal målestasjon på Eitrheimsneset. Utslippsdata for eksisterende og utvidet produksjon er basert på opplysninger fra Boliden Odda.

Beregningene viser at grenseverdien for arbeidsmiljø ikke er overskredet ved normal drift av anlegget for komponentene som er vurdert. Ved utvidet produksjon, er timesmiddel av konsentrasjonen av SO₂ beregnet til å være under 40 µg/m³ (CONCX) i en avstand ca. 1000 meter fra utslippspunktet. Maksimalt årsmiddelkonsentrasjon av SO₂ er beregnet til 4,2 µg/m³ (CONDEP). Ved en betraktning av vindrose, er maksimal døgnmiddelkonsentrasjon beregnet til ca. 8 µg/m³. Alle beregnede konsentrasjoner av svovel er langt under forurensningsforskriftens grenseverdier for luftkvalitet (§ 7-6), og også innenfor helsemyndighetenes luftkvalitetskriterier. Tilsvarende er også svevestøvkonsentrasjonene (PM₁₀) estimert til å være godt innenfor luftkvalitetskriteriene.

Konsentrasjoner av kadmium (Cd) er, ved dagens produksjon, beregnet (CONDEP) til å ligge på nivå med forurensningsforskriftens målsetningsverdi for årsmiddel (§ 7-7) på 5 ng/m³ i nærområdet nord-vest for Eitrheimsneset, hvor det ligger en barnehage. Beregningene viser mulig overskridelse av målsetningsverdien (maksimalt beregnet til 6,3 ng/m³) i dette området ved en utvidelse av produksjonen.

I følge rapport utarbeidet av NIVA og NILU¹, er tålegrensen for forsuring av overflatevann overskredet i området rundt og sør for Odda. Utvidelse i produksjon vil dermed øke denne overskridelsen noe, og økningen i total avsetning i et område på 15 x 15 km², som omfatter Odda, er ved WRF-EMEP beregnet til ca. 5%. Økning i avsetning forøvrig er beregnet å være i områder hvor tålegrensen er mer robust, primært nord langs Sør fjorden og i fjellområdene nord-øst for Odda. For hele det indre beregningsområdet, som dekker et område på 60 x 60 km² rundt Odda, er økningen i total avsetning på 1,0 prosent ved utvidet produksjon. Med unntak av den nærmeste kvadratkilometeren til anlegget, er økningen i avsetning ved utvidet produksjon generelt mindre enn årlige variasjoner i våtavsetning ved variasjon i nedbør og spredningsforhold.

¹ Austnes, K., Lund, E., Sample, J. E., Aarrestad, P. A., Bakkestuen, V., & Aas, W. (2018). *Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge – Oppdatering med perioden 2012-2016* (Miljødirektoratet M-966|2018). Oslo: NIVA.

Utslipp til luft fra Boliden Odda AS

Reviderte spredningsberegninger og konsekvensvurderinger av økte utslipp

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med vurderinger om fremtidig utvidelse av produksjon ved fabrikken Boliden Odda ønsker oppdragsgiver (Boliden Odda AS) et tilbud på spredningsberegninger av økte utslipp til luft. Boliden Odda planlegger å øke sin årsproduksjon av sink fra dagens 200.000 tonn til omlag 350.000 tonn, samt å utvide med tilleggsprodukt. Utslippsøkningen består i økte utslipp av svovel i form av SO₂ og svovelsyre-aerosoler (H₂SO₄). Endringer i prosess vil samtidig kunne gi en økning i utslipp av metaller, men endringer i utslippsbetingelser og plasseringer av utslipp kan medføre at konsentrasjonsbidrag endres ulikt utslippsendringen. For disse komponentene finnes det også en annen større bedrift i nærheten, slik at endring av samlet belastning i Sørfjorden ikke kan beregnes uten at det også tas hensyn til disse utslippene. Dominerende vindretning langs fjorden fører imidlertid til at utslippene i liten grad bidrar til høy belastning av de samme områdene.

Sørfjorden er et område som historisk har vært sterkt belastet med forurensning fra industrivirksomheter, og fortsatt regnes både fjorden og terrenget rundt som et av de mest forurensede områdene i Norge. Moseprøver foretatt i nærområdet viser for eksempel svært forhøyede verdier av tungmetaller². Tålegrensen for forsuring ved svovel og nitrogenforbindelser er også overskredet ifølge rapporter utarbeidet for Miljødirektoratet av NIVA og NILU³. Det må i denne sammenheng bemerkes at langtransportert forurensning også er en vesentlig bidragsyter til forsuring ved svovel og nitrogenforbindelser. I de siste årene er det gjennomført en rekke tiltak for å rense opp historiske utslipp i Sørfjorden og forbedre renseteknologien for å redusere framtidige utslipp.

Denne rapporten er en revisjon av rapport 3/2019. Hensikten med revisjonen er å beregne konsekvensen av utslipp av svoveldioksid (SO₂) og svovelsyreaerosol (H₂SO₄) i henhold til gjeldende utslippsnivåer etter pålegg fra Miljødirektoratet. Det er spesielt utslippet av H₂SO₄ som er høyere sammenlignet med rapporten 3/2019. Denne endringen skyldes ikke først og fremst endringer i prosess eller utslipp, men at fordelingen av utslippet mellom SO₂ og H₂SO₄ er endret.

1.2 Prosjektets målsetning og avgrensning

Prosjektets mål er å gjennomføre spredningsberegninger og vurdere konsekvenser av utslipp til luft fra eksisterende fabrikk på Eitrheimsneset og ved utvidelse i produksjonskapasitet. Det skal beregnes konsekvenser for økte utslipp av svovel i form av forsuring. I tillegg skal det vurderes hvordan utslippene påvirker lokal luftkvalitet i form av konsentrasjonsbidrag til

² Steinnes, E. & Uggerud, H. (2017). *Metal pollution around Norwegian industries studied by analysis of naturally growing moss samples* (NILU report 1/2017). Kjeller: NILU.

³ Austnes, K., Lund, E., Sample, J. E., Aarrestad, P. A., Bakkestuen, V., & Aas, W. (2018). *Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge – Oppdatering med perioden 2012-2016* (Miljødirektoratet M-966|2018). Oslo: NIVA.

metaller og svevestøv i luft. Denne rapporten skal kunne brukes som dokumentasjon i forbindelse med søknad om utslipp.

Rapporten omhandler kun de vesentligste punktutslippene til luft. Virksomhetens diffuse utslipp er ikke vurdert spesielt, men Boliden Odda AS forventer ingen økning i disse utslippene ved utvidelse av produksjonen. Virksomhetens utslipp til vann og avfallslagring forøvrig er ikke behandlet her.

1.3 Kort anleggsbeskrivelse

Boliden Odda er lokalisert på Eitrheimsneset nord for Odda sentrum sør i Sørfjorden (Figur 1-1). Eitrheimsneset er en halvøy i fjorden som i sin helhet er anvendt til industrivirksomhet (Figur 1-2). Hovedproduktet fra prosessen er sink og sinklegeringer, men det produseres også enkelte bi-produkter som svovelsyre (H_2SO_4), kadmium og kobbersement. Prosessen genererer en del avfall, i hovedsak lutningsrest bestående av svovel, jarositt (jern) og andre metaller, som lagres sammen i fjellhalldeponi.



Figur 1-1 Kartutsnitt som viser sinkproduksjonsfabrikken Boliden Odda AS sin plassering i Sørfjorden (rød pil).

Råvarene til framstillingen losses ved kaianlegg som også er den største bidragsyteren til diffuse støvutslipp.



Figur 1-2 Anlegget til Boliden Odda AS på Eitrheimsneset sett fra nord-vest. Foto: Agnar Målsnes

Utslipp av svoveldioksid SO_2 fra Boliden Odda har bakgrunn i prosessen ved at sinkkonsentrat røstes (brennes) som gir sinkoksid og svovelgass i en eksoterm reaksjon. Svovelgassen ledes videre til svovelsyrefabrikken som omdanner oksidert svovelgass (SO_3) til svovelsyre (H_2SO_4). Den delen av SO_3 -gassen som ikke omdannes til svovelsyre i denne prosessen ledes gjennom en sjøvannsvasker og omdannes til H_2SO_4 . Noe H_2SO_4 -aerosol vil unnsnippe vaskeren og slippes ut til omgivelsene.

Utslipp av tungmetaller er i hovedsak fra lutningsavdelingen hvor sinkoksid løses i fortennet svovelsyre og renses for uønskede komponenter, blant annet tungmetaller, gjennom en lutningsprosess i et sett med gradvis sterkere svovelsyre. Lutningsavdelingen, samt kadmiumstøperiet har mange punktutslipp til luft med bidrag til utslipp av tungmetaller som kadmium, arsen, bly, kvikksølv og nikkel.

Sinkmetall utvinnes fra sinkoksidløsningen i fortennet svovelsyre gjennom en elektrolyseprosess. Denne delen av prosessen har det største utslippet av sink og svovelsyre (H_2SO_4) til luft i form av aerosoler/væskedråper. Disse slipper ut fra kjøletårnene som kjøler ned sinkoksidløsningen i en åpen prosess motstrøms med luft.

2 Grenseverdier og luftkvalitetskriterier

Boliden Odda er underlagt EUs «Industrial Emission directive» (IED) som gir føringer for anvendelse av «Best Available Technology» (BAT). I tillegg er man underlagt rapportering til norske miljømyndigheter og EUs sentrale utslippsregister (E-PRTR).

2.1 Generelt om utslippskomponenter til luft ved Boliden Odda AS

Luftkvalitetskriterier og helsemessige konsekvenser av utslippskomponenter er basert på rapport fra Folkehelseinstituttet (FHI) ⁴.

2.1.1 SO₂/SO₃:

Utslippene av svovel er sterkt redusert i Europa de senere år pga. rens tiltak. Industri og skipstrafikk er generelt de viktigste kildene. Av naturlige utslipp er vulkaner en viktig svovelkilde. Sur nedbør er mindre kritisk i Norge i dag enn det var for noen år tilbake. Grunnen til dette er at utslippene har gått ned i Vest-Europa. Men fortsatt kan forsurening av overflatevann være et problem, spesielt i Sør-Vestre del av Norge.

SO₂ tapes hovedsakelig ved tørravsetning og ved oksidasjon til sulfat (SO₄²⁻ i partikkelform eller løst i vann, H₂SO₄ betegnes som svovelsyre). SO₂ oksideres både i gassfase ved OH og i væskefase ved H₂O₂, O₃, HO₂NO₂ eller katalytiske metaller⁵. SO₂ som tas opp i vann eller på partikler vil raskt omdannes til sulfat. Levetiden for SO₂ i atmosfæren er typisk en dag. Levetiden for H₂SO₄ avhenger av nedbøren, men er i størrelsesorden noen dager.

Folkehelseinstituttet har fastsatt et luftkvalitetskriterium for døgn som er basert på studier av helseeffekter av lave konsentrasjoner i større befolkningsgrupper og et 15 minutts-kriterium basert på kliniske studier av astmatikere.

2.1.2 Kadmium, Cd

Kilder til tungmetallet kadmium i luft er utslipp fra metallindustri. Totalt utslipp i Norge tilsvarer omtrent den mengden som kommer via langtransportert forurensning. Eksponering for kadmium i uteluft er gjennom svevestøv og tobakksrøyk (FHI). Største inntak er likevel via vann og mat. Kadmium kan ha effekter på luftveisystemene og langtidseksponering kan gi lungekreft. Direkte inhalasjon av kadmium i uteluft er generelt ikke ansett som et helseproblem, men nedfall kan gi opphopning i jord og økt inntak gjennom matvarer som igjen kan gi nyre- og skjelettskader. På denne bakgrunnen er det fastsatt et luftkvalitetskriterium på 2,5 ng/m³ som er strengere enn målsetningsverdien (se Tabell 2-2).

2.1.3 Arsen, As

Kilder til tungmetallet arsen i luft er vulkanutbrudd, bakteriell nedbrytning av arsenforbindelser, impregnering av trevirke, tobakk, fossilt brensel og industri (FHI). Alvorligste helsemessige konsekvens er utvikling av lungekreft, og luftkvalitetskriteriet er fastsatt på bakgrunn av dette.

2.1.4 Nikkel, Ni

Industri og forbrenning av olje og kull er viktigste kilder til nikkel. Eksponering kan gi risiko for å utvikle kreft i lunger, nese og strupe og det er fastsatt et luftkvalitetskriterium på 10 ng/m³

⁴ Folkehelseinstituttet (2013). Luftkvalitetskriterier – Virkninger av luftforurensning på helse (Rapport 2013:9).

⁵ 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. Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 109, D19310. doi:10.1029/2003JD003948

ut i fra dette. I praksis er den største helsemessige betydningen gjennom opptak i luft i arbeidsmiljø og gjennom sigarettøyk.

2.1.5 Bly, Pb

Tidligere var blytilsetning i bensin den viktigste kilden til bly i uteluft, i dag er industri den viktigste kilden. Eksponering for bly kan gi forstyrrelse av bloddannelse og effekter på nervesystem, nyre-funksjon og hjerte-karsystem. Effektene inntreffer ved høyere konsentrasjoner enn det som er gjennomsnitt for konsentrasjoner i uteluft i Norge. Luftkvalitetskriteriet er fastsatt ut i fra følsomhet hos spedbarn og foster.

2.1.6 Sink, Zn

Sink er i utgangspunktet et essensielt næringsstoff for mennesker og dyr. Kilder til utslipp er gruvedrift, industri og forbrenning av kull og avfall. Høye doser sinkoksid (16 mg/m^3) i to timer har vist å gi metallrøykfeber, men det er vesentlige høyere konsentrasjoner enn det som er vanlig i uteluft. Det er per i dag ikke fastsatt luftkvalitetskriterium for sink. I arbeidsmiljø er det satt en grense på 5 mg/m^3 . BAT-kravet i EU-forskriften er satt til 1 mg/m^3 og målt konsentrasjon av sink i avgasstrømmen fra kjøletårnene ved Boliden Odda er godt under dette.

2.2 Arbeidstilsynets grenser på industriområdet

Arbeidstilsynet har definert grenseverdier som ikke må overskrides i arbeidsmiljøet.⁶ Grenseverdiene gjelder innenfor industriområdet ved Boliden Odda og resultatene vil også bli vurdert opp mot denne. For SO_2 er grenseverdien at konsentrasjonen i arbeidsmiljø ikke skal overstige $1,3 \text{ mg/m}^3$. Denne ble sist endret i 2018. Tabell 2-1 beskriver grenseverdier for arbeidsmiljø for komponenter relevant for Boliden Odda.

Tabell 2-1 Arbeidstilsynets grenseverdier på industriområdet.

Navn	Formel	$\mu\text{g/m}^3$	Anmerkning (*)	Siste endret
Sink	Zn	5000		
Svoveldioksid	SO_2	1300	E	2018
Arsen	As	10	K	
Bly	Pb	50	GR	
Kadmium	Cd	50	K	
Kvikksølv	Hg	20	AE	2007
Nikkel	Ni	50	AKR	2000

(*) A: Kjemikalier som skal betraktes som at de fremkaller allergi eller annen overfølsomhet i øynene eller luftveier, eller som skal betraktes som at de fremkaller allergi ved hudkontakt. E: EU har en veiledende grenseverdi for stoffet. G: EU har fastsatt en bindende grenseverdi for stoffet. K: Kjemikalier som skal betraktes som kreftfremkallende. R: Kjemikalier som skal betraktes som reproduksjonstoksiske.

⁶ Arbeidstilsynet (u.å.). Grenseverdier for kjemisk påvirkning. Hentet februar 2019 fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/grenseverdier-for-kjemisk-pavirking/>

2.3 Grenseverdier, målsetningsverdier og luftkvalitetskriterier

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenligne målte og/eller beregnede konsentrasjoner med luftkvalitetskriterier eller grenseverdier for luftkvalitet. På bakgrunn av EUs luftkvalitetsdirektiv⁷ er det fastsatt grenseverdier og målsetningsverdier i forurensningsforskriften § 7-6 og § 7-7 oppsummert i Tabell 2-2. I tillegg har norske miljømyndigheter (FHI) fastsatt luftkvalitetskriterier som angir nivåer som er trygge for alle, også sårbare grupper.

Tabell 2-2 Grenseverdier og målsetningsverdier som angitt i Forurensningsforskriften samt luftkvalitetskriterier fastsatt av FHI per desember 2021. (*) Nye grenseverdier for svevestøv er vedtatt og vil bli innført i 2022.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Målsetningsverdi	Luftkvalitetskriterier (FHI)
SO ₂	15 min.			300 µg/m ³
	Time	350 µg/m ³		
	Døgn	125 µg/m ³		20 µg/m ³
	År	20 µg/m ³		
Pb	År	500 ng/m ³		500 ng/m ³
Cd	År		5 ng/m ³	2,5 ng/m ³
As	År		6 ng/m ³	2 ng/m ³
Ni	År		20 ng/m ³	20 ng/m ³
Svevestøv (*)	Døgn	50 µg/m ³		30 µg/m ³
	År	25 µg/m ³		20 µg/m ³

2.4 Utslipp relativt grenseverdiene

Det er utført en enkel kartlegging hvor utslippskomponentenes utslippsmengde er sammenstilt med grenseverdiene. Dette gir et sammenlignbart mål på nødvendig fortykning for å oppnå bakkekonsentrasjon innenfor grenseverdiene gitt at spredningsforholdene er like for alle komponenter. Ved Boliden Odda vil utslippet av tungmetaller typisk være fra samme del av prosessen og dermed ha lignende spredningsprofil. Tabell 2-3 viser at det er kadmium-utslippet som krever størst grad av fortykning for å overholde målsetningsverdien. Derne st krever arsen henholdsvis 21 % og 31 % av fortykningen til kadmium for å overholde henholdsvis målsetningsverdier og luftkvalitetskriterier. I den videre kartleggingen av bakkekonsentrasjoner av tungmetaller er derfor kadmium valgt som representativ komponent. Svo velutslippene er behandlet separat.

⁷ EU (2008). Directive 2008/50/EC of the European parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*, L152, 1-44.

Tabell 2-3 Beregnet nødvendig fortytning av utslipp for å oppnå grenseverdi. Utslippsmengdene er for utvidet produksjon som oppgitt av Boliden Odda AS.

	Enhet	SO ₂	Pb	Cd	As	Ni	PM ₁₀
Grense-/målesetningsverdi	ng/år	20000	500	5	6	20	25000
Luftkvalitetskriterium	ng/år	20000	100	2,5	2	10	20000
Årlig utslipp	kg/år	37000	29	24	6	15	700
Beregnet nødvendig fortytning for å oppnå grenseverdier (og som prosent av Cd – maks.)	Gm ³ /år	2350 (39%)	58 (1%)	4800 (100%)	1000 (21%)	750 (16%)	28 (0,6%)
Beregnet nødvendig fortytning for å oppnå luftkvalitetskriterium (og som prosent av Cd – maks.)	Gm ³ /år	2350 (24%)	290 (3%)	9600 (100%)	3000 (31%)	1500 (16%)	35 (0,4%)

3 Konsentrasjoner, avsetning og belastning av miljø

3.1 Bakgrunnskonsentrasjoner og avsetning av svovel

NILU har på oppdrag fra Miljødirektoratet et omfattende prosjekt for å måle langtransportert forurenset luft og nedbør. Dette er en del av statlig program for forurensningsovervåking. Resultatene publiseres i årlige rapporter, den siste rapporten er publisert i 2018 for 2017⁸.

Det er ingen målestasjon i umiddelbar nærhet til Odda. Stasjonen i Vikedal ligger omlag 70 km sør-sørvest for Odda og måler hovedkomponenter⁹ i nedbør. Birkenes (observatorium) ligger omtrent 200 km sør for Odda og har et mer utvidet måleprogram, men denne ligger øst for vannskillet og derved i «regnskyggen» når værsystemer kommer vestfra. Slik sett er Birkenes ikke påvirket av langtransportert forurensning fra vest på samme måte som stasjonene på vestkysten av Norge. På den annen side er Birkenes i større grad preget av forurensning som transporteres inn fra sør.

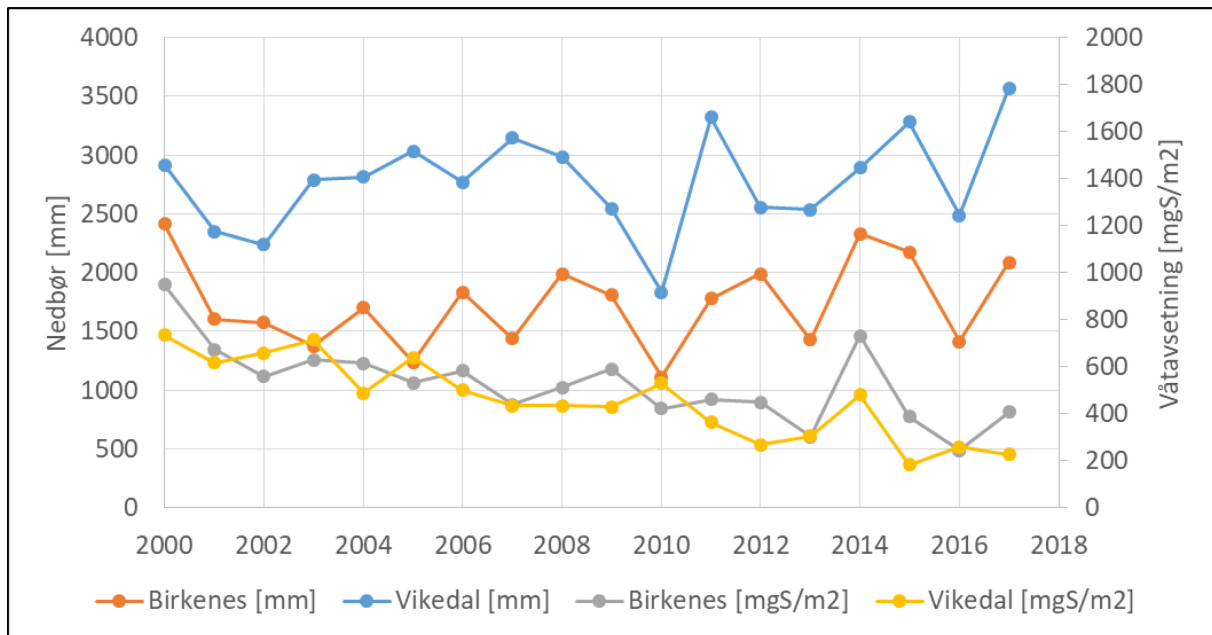
Årsmiddelkonsentrasjoner av svovel SO₄* i Vikedal og Birkenes er vist i Tabell 3-1 for årene 2015 til 2017. Selv om 2015 var et relativt nedbørsrikt år er likevel avsetningen i Vikedal større i 2016. Dette kan skyldes sesongvariasjoner i nedbør og at vindretninger varier. Langtransportert forurensning kan også ved mye nedbør avsettes i områder lenger sør (for eksempel Birkenes) før den når Vikedal og Odda.

Tabell 3-1 Konsentrasjoner og våtavsetning av svovel ved utvalgte målestasjoner. Kilde: M-1064, 2018

Stasjon	Volum vektet årsmiddel konsentrasjon SO ₄ * [mgS/l]			Våtavsetning SO ₄ * [S/m ²]		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
År						
Vikedal	0,06	0,10	0,06	182	258	227
Birkenes	0,18	0,17	0,20	387	245	408

⁸ Aas, W. et al. (2018). Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway (M-1064|2018).

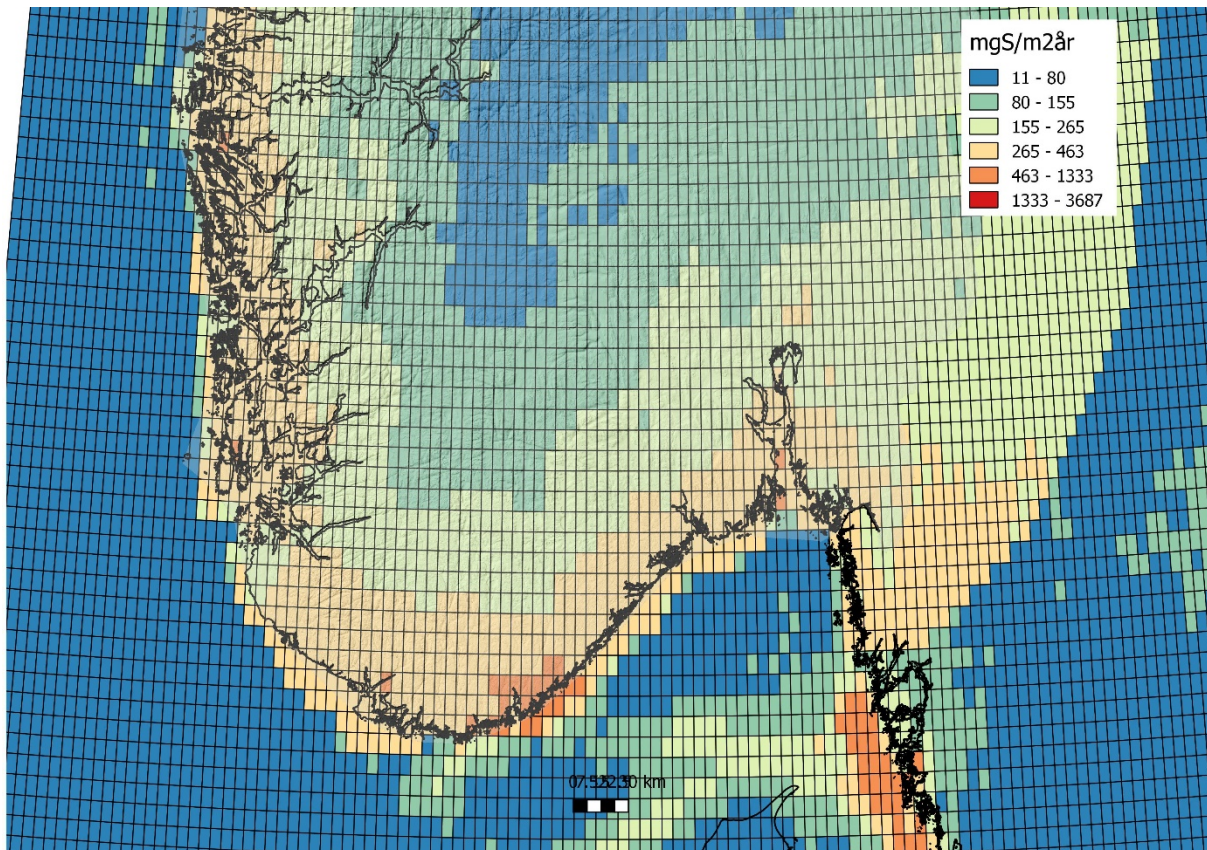
⁹ Som hovedkomponenter i nedbør regnes SO₄, NH₄, NO₃, Na, Mg, Cl, Ca, K



Figur 3-1 Konsentrasjon av SO_4^* , nedbør og våtavsetning ved målestasjonene Birkenes og Vikedal. Våtavsetningen av svovel har gått gradvis ned siden år 2000, men varierer naturlig noe fra år til år.

Europeiske målinger og beregninger av langtrantransportert forurensning har sitt utspring i «Convention on Long-range Transboundary Air Pollution» (CLRTAP) fra 1979, en internasjonal konvensjon for grenseoverskridende luftforurensning. EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) er et europeisk overvåkningsprogram under CLRTAP. Her har NILU ansvaret for å koordinere alle målinger av langtransportert luftforurensning i Europa (EMEP-CCC), mens Meteorologisk institutt koordinerer EMEP MSC-W med ansvar for modellutvikling og beregninger av forurensningsflukser mellom ulike europeiske land. EMEP-modellen har vært brukt til beregninger av atmosfærisk spredning og kjemi i over 30 år i Europa og er et av de viktigste instrumentene for FNs langtransportkonvensjon.

Resultat fra EMEP modellen som er kjørt for Norge og nord-Europa for tidsrommet 2012-2016 er vist i Figur 3-2. Modellen er videre beskrevet i kapittel 4.1.3.



Figur 3-2 Resultat fra EMEP som viser svovelavsetning i tidsrommet 2012-2016 over Sør-Norge. Figuren viser at avsetningen i området Odde er i størrelsesorden 80-160 mgS/m² per år.

3.2 Belastning av miljø og tålegrenser i Sjørfjorden

Utslipp av SO₂ kan ha flere ulike effekter på natur og miljø. Eksempelvis kan høye konsentrasjoner av SO₂ gi sviskader på vegetasjon. Dette er bl.a. kjent fra Øst-Finnmark der høye utslipp av SO₂ fra smelteverk på russisk side ga (og fortsatt kan gi) skader på vegetasjon. En annen effekt av SO₂ er forsurening. SO₂ oksideres til sulfat/svovelsyre og gir sur nedbør. Forsuring som følge av sur nedbør har vært et stort problem i Norge. Problemet er mindre nå enn for noen tiår tilbake pga. utslippsreduksjoner i Vest-Europa og derved redusert tilførsel med langtransportert forurensning.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har og har hatt flere prosjekter for å kartlegge tålegrenser for vegetasjon, skogsjord og overflatevann (se blant annet rapport M-966¹⁰). Tålegrenser for overgjødning av vegetasjon er i hovedsak relatert til avsetning av nitrogen og er derfor ikke behandlet i sammenheng med utslipp fra Boliden. Overskridelser av tålegrenser for forsurende komponenter i skogsjord er et lite problem i Norge og rapport M-966 viser ingen overskridelse av tålegrenser for skogsjord siden perioden 1992-1996.

¹⁰ Austnes, K., Lund, E., Sample, J. E., Aarrestad, P. A., Bakkestuen, V., & Aas, W. (2018). *Overskridelser av tålegrenser for forsurening og nitrogen for Norge – Oppdatering med perioden 2012-2016* (Miljødirektoratet M-966|2018). Oslo: NIVA.

3.2.1 Forsuring av overflatevann og tålegrenser

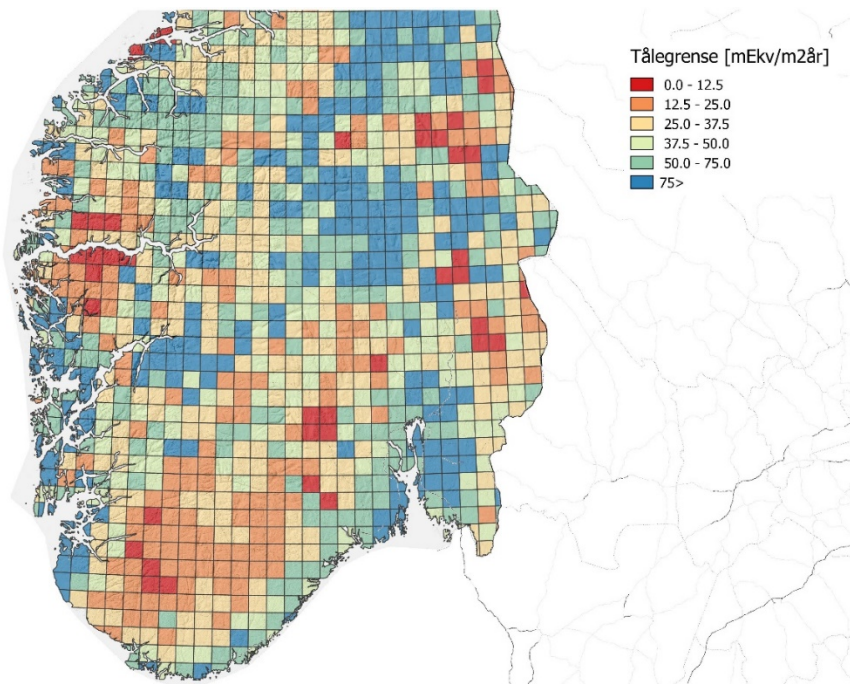
Forurenset luft og nedbør inneholder svovel og nitrogen i form av sulfat (SO_4^-), nitrat (NO_3^-), og ammonium (NH_4^+). Disse komponentene bidrar til forsuring av jord og vann i Norge. Svovel tas i begrenset grad opp i vegetasjonen og de tilførte sulfationene vil normalt renne gjennom jorda og ut i vassdraget. Sulfat kalles derfor et mobilt anion. Når sulfat som er et anion (negativt ladet ion) transporteres gjennom systemet, må det samtidig transporteres like store mengder kationer (positivt ladete ioner). Kationene er hovedsakelig hydrogen-, aluminium-, kalsium- og magnesiumioner. Hydrogenioner gjør vannet surt og aluminiumioner kan gi biologiske skader.

Tålegrenser for atmosfærisk tilførsel av forurensende stoffer til et økosystem, utledet fra Nilsson og Grennfelt (1988)¹¹, kan beskrives slik:

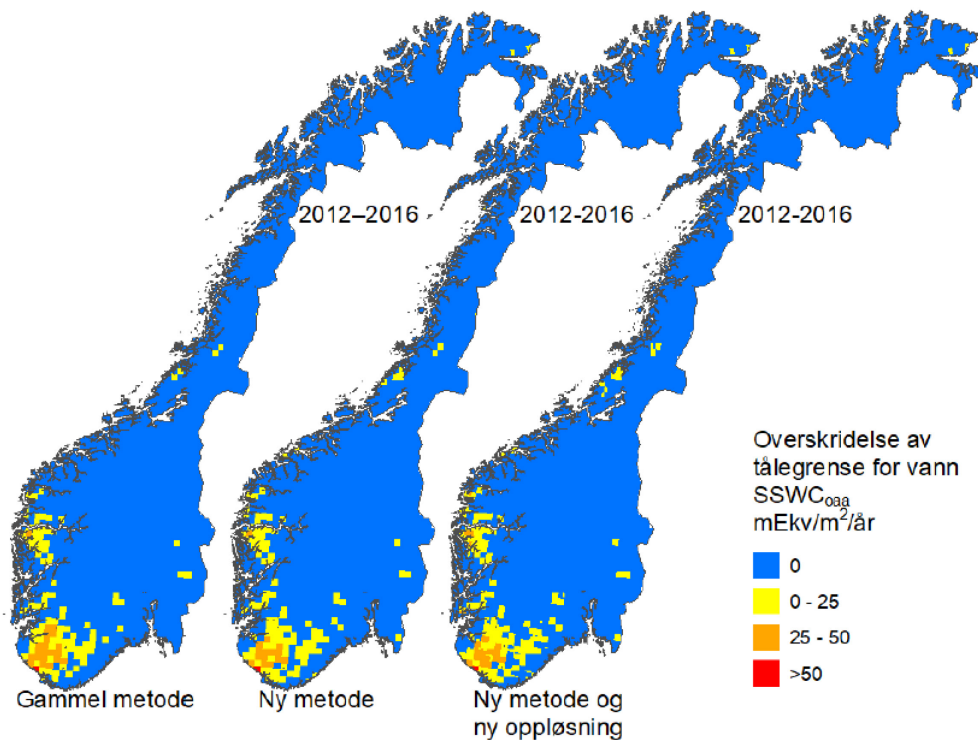
“Et kvantitativt mål for tilførsel av forurensninger som, ut fra dagens viten, ikke fører til skadelige effekter på følsomme komponenter i økosystemet, slik som reduserte fiskebestander/fiskedød, skogskader og endringer i artssammensetning og mengde av arter.”

Denne definisjonen gir oss en ramme for å lage tallmessige anslag for de belastninger som kan gi uønskede skader. Tålegrenser for overflatevann er grundigst utredet for svoveltilførsler. I store deler av Norge og i mange andre land er tålegrensen for denne forbindelse forlenget overskredet, og effektene registreres ved sure, fisketomme vann. For svovel kjenner en i dag årsak/virkningsforholdet godt, og dose/responsforholdet kan uttrykkes ved hjelp av enkle modeller. Nitrogenets kretsløp er derimot svært komplisert, spesielt på grunn av biologisk opptak i planter og jord. Vegetasjonsdekke og jorddybde påvirker biologisk opptak av nitrogen. Derfor er tålegrensen for nitrogen vesentlig vanskeligere å fastsette enn for svovel. For Norge er det utarbeidet tålegrenser for forsuring fra sterke syrer (svovel- og salpetersyre) til overflatevann og skogsjord og for overgjødning (eutrofiering) av terrestrisk vegetasjon med nitrogen (M-966). Tålegrensene for overflatevann er vist for Sør-Norge i Figur 3-3. Overskridelse av tålegrenser kan beregnes ved SWWC-metoden som gir et «best case» estimat på overskridelse med inkludering av organiske syrer i effektleddet i modellen. Overskridelsen beregnet ved denne metoden er vist i Figur 3-4. For forsuring ved svovel er SWWC-metoden en akseptabel metode, mens den for nitrogen vil være noe på den ikke-konservative siden. Som Figur 3-4 viser er det store områder med overskridelse av tålegrenser sørvest i Sør-Norge.

¹¹ Nilsson, V. J. & Grennfelt, P. (1988). *Critical loads for sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden 19-24 March, 1998* (Miljørapport 1988:15) (NORD 1988:97). København: Nordisk Ministerråd.

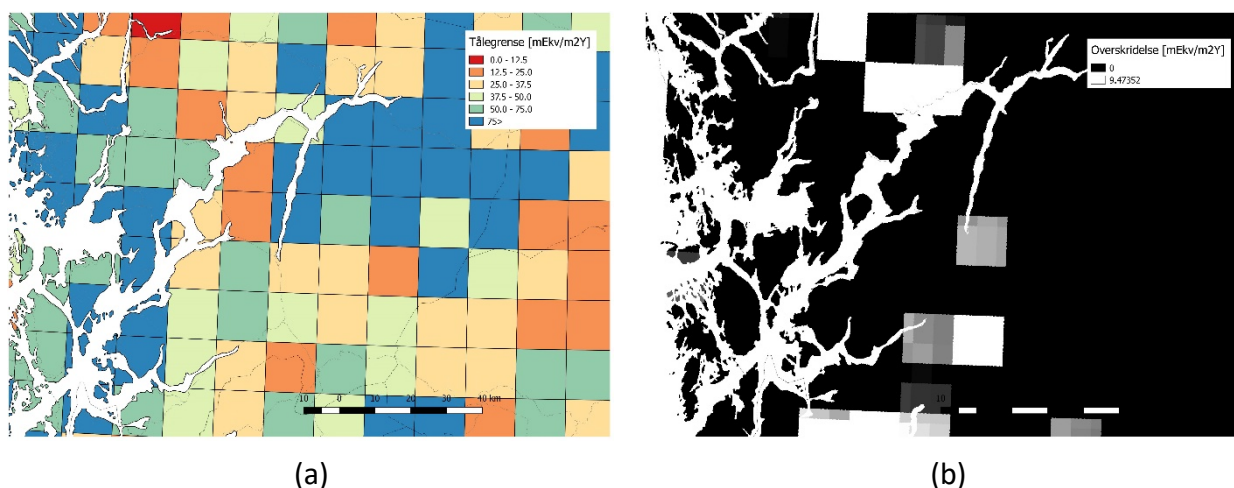


Figur 3-3 Tålegrenser for forsurening av overflatevann. Figuren er basert på shape-fil oversendt av NIVA.



Figur 3-4: Overskridelse av tålegrenser for vann_{00a} (organiske syrer inkludert) i Norge, beregnet med $SSWC_{00a}$ metoden med gammel og ny metode for avsetningsberegning. Kilde: rapport M-966

Figur 3-5 viser et mer detaljert kartutsnitt der tålegrensene for forsurening av overflatevann ($vann_{00a}$) i influensområdet for utslippene fra Bolidens Odda sitt anlegg kommer tydeligere frem. Tålegrensene i hver rute er beregnet ut fra tilgjengelige vannkjemiske data for innsjøer og elver i hver rute. Kartet til høyre viser at området sør i Sørfjorden og noe lenger sør for Odda overskrider tålegrens for forsurening beregnet med $SSWC_{00a}$ metoden.



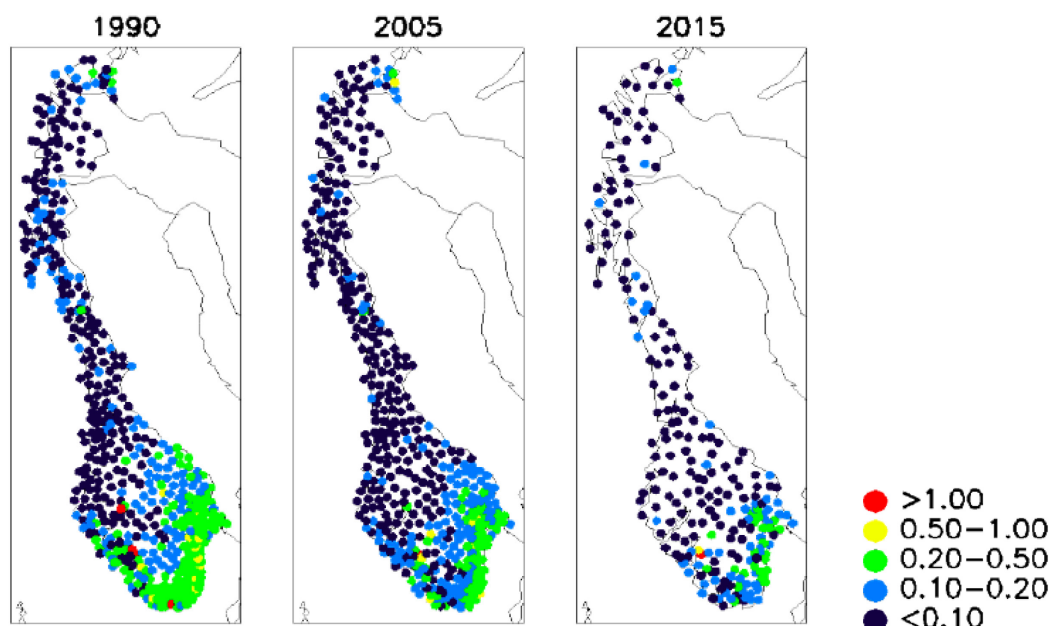
Figur 3-5 NIVA beregnede (a) tålegrenser og overskridelser av (b) tålegrenser. Figurene er generert basert på shape-filer mottatt fra NIVA.

3.2.2 Forurensningsbelastning ved tungmetaller

Odda regnes som et av de mest forurensningsbelastede områdene i Norge, blant annet ifølge en rapport utarbeidet av NILU og NTNU¹². Denne rapporten er basert på et stort antall moseprøver hvor konsentrasjoner av tungmetaller er analysert. I nærområdet til Odda er konsentrasjoner av kadmium, bly og sink i moseprøvene målt til mer enn 50 ganger bakgrunnsnivået.

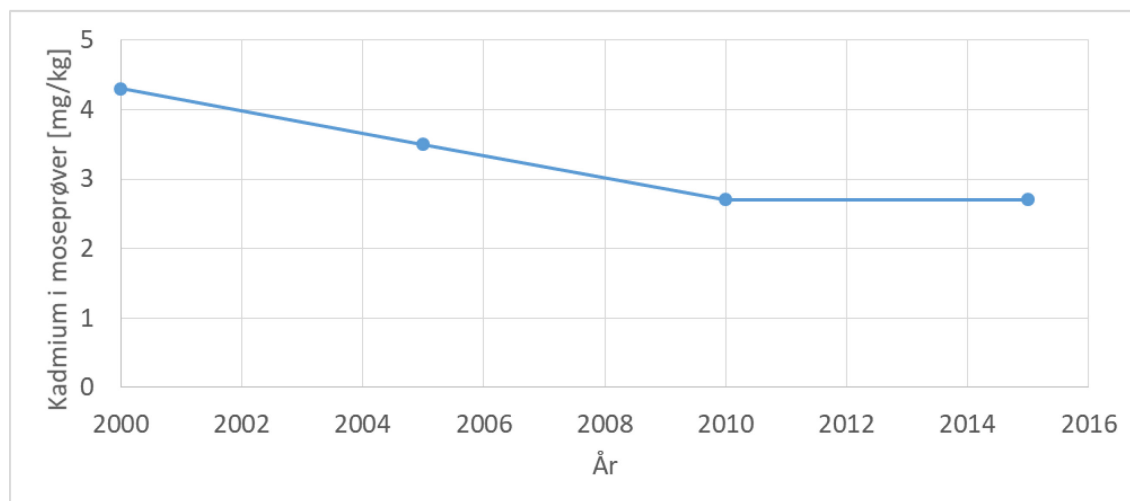
Resultat fra moseprøvene viser at det generelt har vært en nedadgående trend i forurensningsnivået. Figur 3-6 viser verdier for kadmium for årene 1990, 2005 og 2015. I 2015 er de høyeste konsentrasjonene av kadmium funnet i Sørfjorden rundt Odda.

¹² Steinnes, E. & Uggerud, H. (2017). *Metal pollution around Norwegian industries studied by analysis of naturally growing moss samples* (NILU report 1/2017). Kjeller: NILU.



Figur 3-6 Konsentrasjon av kadmium i moseprøver M-594 «Atmospheric deposition of heavy metals in Norway» Miljødirektoratet, utarbeidet av NILU/NTNU.

Som Figur 3-7 viser har det vært en viss nedadgående trend i konsentrasjonene av kadmium i moseprøver i nærområdet til Eitrheimsneset. Selv om det er få målepunkt, ser denne trenden ut til å stagnere fra 2010 som i stor grad samsvarer med utslippsutviklingen som presenteres senere i rapporten (kapittel 4.2.2).



Figur 3-7 Utvikling i konsentrasjon av kadmium i moseprøver hentet i nærheten til Eitrheimsneset (Odda-A). Basert på tall fra Steinnes og Uggerud (2017).

I en tidligere studie¹³ fra 2003 ble luftkvalitet (svevestøv) og meteorologi målt i en tremånedersperiode. Resultatene fra denne studien viste perioder med forhøyede svevestøvverdier og fare for overskridelse av årsmiddel for tungmetallet kadmium i området nord-vest for anlegget. Bidraget fra anlegget til svevestøvkonsentrasjoner i omgivelsene krever

¹³ Haugsbakk, I. (2003). *Måling av meteorologi og luftkvalitet omkring Outokumpu Norzink AS og Tinfos Titan & Iron KS i Odda* (NILU OR 83/2003). Kjeller: NILU.

mye lavere fortykning enn bidragene til kadmium- og svovelkonsentrasjoner (se tabell 2-3). De målte forhøyde konsentrasjonene skyldes neppe bidrag fra regulære utslipp ved anlegget. Andre mulige kilder er veitrafikk, vedfyring, annen industri og diffuse utslipp.

4 Metode og inngangsdata til utslipps- og spredningsberegninger

Konsekvensvurderingene er basert på beregningsmetodene CONCX, CONDEP og WRF-EMEP. Utslippsdata for eksisterende og utvidet produksjon er basert på opplysninger fra Boliden Odda. Meteorologiske data er modellert ved WRF og hentet fra lokal målestasjon på Eitrheimsneset.

4.1 Beregningsmetoder

4.1.1 CONCX

Rapporten presenterer beregnet maksimale timemiddelkonsentrasjoner nær utslippspunktene. Til dette er CONCX-modellen benyttet¹⁴. CONCX er en enkel og robust gaussisk spredningsmodell. Dette innebærer at det antas at konsentrasjonene er normalfordelt horisontalt og vertikalt normalt på vindretningen. CONCX beregner konsentrasjoner nedstrøms av et utslippspunkt ved ulike vindstyrker og ved ulike stabilitetsforhold i atmosfæren. Som inngangsdata til modellen behøves opplysninger om pipehøyde, høyde på bygninger rundt (pga. bygningsturbulens), utslippshastighet og temperatur på avgassen (for å beregne termisk løft). Modellen beregner deretter maksimale bakkekonsentrasjoner som funksjon av avstand fra kilden.

4.1.2 CONDEP

CONDEP¹⁴ er en robust modell for beregning av middelkonsentrasjoner i luft for år og halvår fra skorsteinsutslipp og hallutslipp, tilpasset norske forhold. Modellen har en innebygget modul for utslipp gjennom takspalter. Modellen er som CONCX en stasjonær gaussisk spredningsmodell. Spredningsdata for modellen består i en oppdeling av forekomst for vindhastighet, vindretning og spredningsklasser i 12 sektorer for vindretning, 4 klasser av vindhastighet og 4 ulike spredningsforhold, der spredningsforholdene er klassifisert i fire klasser; ustabile (U), nøytrale (N), lett stabile (LS) og stabile (S) atmosfæriske forhold. En kort beskrivelse av stabilitetsklassene er gitt i kapittel 4.3. Utover meteorologiske data krever CONDEP tilsvarende inngangsdata som CONCX for pipeutslipp.

Beregningene med CONDEP bruker statistiske meteorologiske vinddata fra lokal målestasjon på Eitrheimsneset fra årene 2011 til og med 2015. CONDEP antar at vindfeltet er uniformt i beregningsområdet. For beregningene i denne studien er det ikke lagt inn topografiske data (høydeprofiler) i beregningene.

4.1.3 WRF-EMEP

WRF-EMEP består i realiteten av to separate modeller: 1) EMEP-modellen, en kjemisk spredningsmodell som brukes for å beregne fotokjemi, transport og avsetning av luftforurensning¹⁵, og 2) WRF (Weather Research and Forecasting model) som genererer

¹⁴ Bøhler, T. (1987). *Users guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP* (NILU TR 8/87). Lillestrøm: NILU.

¹⁵ Simpson, D. et al. (2012). The EMEP MSC-W chemical transport model – technical description. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12, 7825-7865. doi:10.5194/acp-12-7825-2012.

meteorologiske inngangsdata til EMEP-modellen. WRF er en fritt tilgjengelig meteorologimodell utviklet ved NCAR, USA (<http://wrf-model.org/>). Til studier av punktkilder er det en mulighet for å nøste med gradvis finere oppløsning nær punktkilden/skorsteinen. I denne studien er modellene nøstet tre ganger. Fokus i denne studien er konsentrasjoner og avsetning i Odda sitt nærområde. Videre nedbrytning i jord/vegetasjon er ikke vurdert her.

Det ytterste domenet dekker hele Europa og har en gridboksoppløsning på 50×50 km². Dette ytterste modelldomenet vil fange opp langtransportert forurensning, eksempelvis fra Sentral-Europa og Storbritannia. Det midtre modelldomenet dekker Sør-Norge og nordvestlige deler av Europa og har en gridboksoppløsning på 10×10 km². Det innerste modelldomenet dekker området rund Odda (totalt 60×60 km²) og har en gridboksoppløsning på 1×1 km². De to innerste modelldomenene er sentrert rundt Odda, mens det ytterste er noe skjevt plassert for å dekke utslipp og transport fra Europa.

WRF bruker synoptiske meteorologiske data¹⁶ som randbetingelse for å beregne meteorologiske parametre for modelldomenene. I denne studien er inngangsdata for 2015 benyttet og meteorologien er derved representativ for år 2015. Som vist i kapittel 4.3 er det variasjoner fra år til år av de meteorologiske forhold. Dette gjelder både vind (retning og styrke), nedbørmengde og temperatur. Dette gjør at spredning og avsetning av utslippene fra Odda også vil variere mellom ulike år. Resultatene fra modellkjøringene med EMEP presentert her er representative for år 2015, men det bør dog nevnes at andre år med andre meteorologiske forhold ville gitt noe forskjellige resultater. Variasjon fra år til år reflekteres også i konsentrasjon og avsetning av svovel referert i kapittel 2.4.

Merk at tallene beregnet med WRF-EMEP ikke er direkte sammenlignbare med resultatene fra CONCX-modellen siden CONCX beregner maksimalt timemiddel for hver enkel kilde separat, mens WRF-EMEP beregner konsentrasjoner basert både på utslipp fra Boliden Odda, andre utslipp i regionen (både SO_x og andre gasser), samt bidrag fra transport utenfra.

WRF-EMEP beregningene er heller ikke direkte sammenlignbare med CONDEP-beregningene, siden CONDEP-beregningene kun omfatter utslippene fra Boliden Odda og meteorologiske vinddata fra lokal målestasjon (gjennomsnitt fra 2011 til 2015). CONDEP/CONCX beregner heller ingen avsetning eller kjemisk omdanning som påvirker konsentrasjonene.

4.2 Utslipp fra anlegget

Boliden Odda AS har utslipp til luft fra punktutslipp i form av støv, aerosoler og SO₂-gass. I tillegg er det diffuse utslipp av i hovedsak støv som i stor grad stammer fra losse- og innmatingsoperasjoner ved kaianlegget.

Alle data for punktutslipp er oppgitt av Boliden Odda AS. Som Tabell 4-1 viser vil økningen i produksjonen medføre økte utslipp av sink og tungmetaller – i størrelsesorden 60 %. I tillegg vil utslippet av SO₂ mer enn tredobles, mens utslipp av H₂SO₄ øker med omtrent 70%. Disse verdiene er lagt til grunn for spredningsberegningene i denne rapporten.

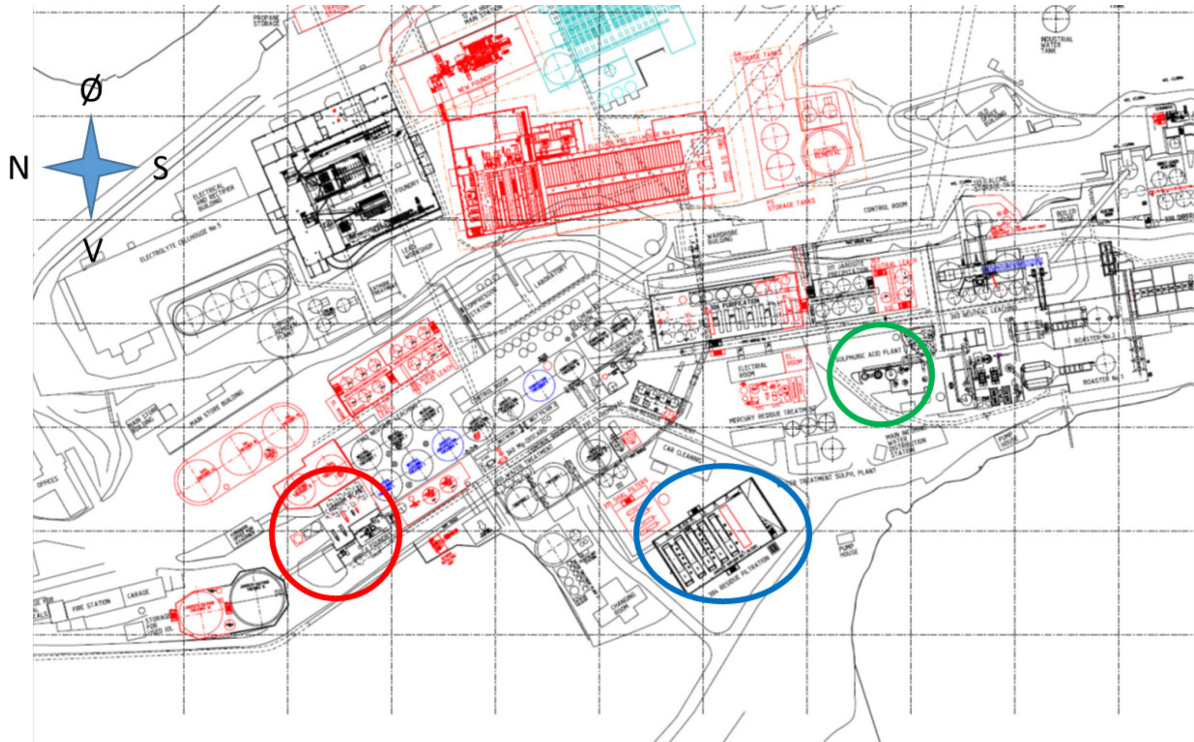
¹⁶ Innen meteorologi betegner synoptisk skala værsystemer med en størrelsesorden 1000 km eller mer.

Tabell 4-1 Totale punktutslipp til luft fra Boliden Odda ved dagens anlegg, tillegget ved økt produksjon. Alle tall i kilogram med mindre de er angitt i tonn (t). (*) Merk at dagens anlegg slipper ut 1,2 tonn Zn og 4,3 tonn H₂SO₄ fra elektrolysehall S-IV som skal stanses når utvidelsen er på plass. Derfor er dette trukket fra totalt utslipp ved 350.000 t.

	DAGENS ANLEGG									
PROSESSAVSNITT:	Zn (t)	As	Cd	Cu	Pb	Hg	Støv (t)	SO ₂ (t)	SO ₃ (t)	H ₂ SO ₄ (t)
Røsteanlegg og svovelsyreproduksjon	0,0	0,1	0,1	0,9	1,7	0,1	0,013	8,8	0,0	3,7
Lutningsavdeling inkl. Cd og Vannrens	0,7	3,3	15	13	14	0,7	-	2,3	0,0	0,0
Elektrolysehaller med gipsfelling (*)	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7
Støperiet	0,1	0,4	0,0	0,6	0,5	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
SINKVERKET pr. 2017	3,5	4	15	15	17	0,8	0,5	11,1	0	13,4
	TILLEGG VED ØKT PRODUKSJON 350.000t									
PROSESSAVSNITT:	Zn (t)	As	Cd	Cu	Pb	Hg	Støv(t)	SO ₂ (t)	SO ₃ (t)	H ₂ SO ₄ (t)
Røsteanlegg og svovelsyreproduksjon	0,1	0,3	0,2	2,0	3,9	0,1	0,03	25,7	0,0	8,3
Lutningsavdeling inkl. Cd og Pb/Ag	0,3	1,5	9	6,7	8,1	0,4	-	0,0	0,0	0,0
Elektrolysehaller med gipsfelling	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	5,4
ØKNING i Støperiet	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
TOTAL ØKNING P350	2	2	9	9	12	0,5	0,2	25,7	0	13,7
	(Elektrolysehall S-IV stanses)									
	PUNKTUTSLIPP - UTSLIPP TIL LUFT VED 350.000t									
PROSESSAVSNITT:	Zn (t)	As	Cd	Cu	Pb	Hg	Støv(t)	SO ₂ (t)	SO ₃ (t)	H ₂ SO ₄ (t)
Røsteanlegg og svovelsyreproduksjon	0,1	0,4	0,3	2,9	5,6	0,2	0,04	34,5	0	12
Lutningsavdeling inkl. Cd og Pb/Ag	1	4,8	24	20	22	1,1	-	2,3	0	0
Elektrolysehaller med gipsfelling	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0	0	10,8
Støperiet	0,2	0,4	0,0	0,7	0,6	0,0	0,6	0	0	0
TOTALE PUNKTUTSLIPP 350.000t	4,3	5,6	24	23	28	1,3	0,6	37	0	23

EMEP-modellen opererer med et beregningsnettverk på 1 x 1 km. I praksis vil det si at alle utslipp fra Boliden plasseres innenfor den samme geografiske ruten. CONCX-beregninger er generiske i forhold til lokasjon og gir konsentrasjoner i relativ avstand til utslippsskilden.

For CONDEP-beregningene er utslippspunktene plassert som skissert i Tabell 4-1 under.



Figur 4-1 Figuren angir hvor utslippene er lokalisert i spredningsberegningene med CONDEP. Blå sirkel: Utslipp til luft av kadmium fra filterstasjon. Øvrige kadmiumutslipp fra lutningsprosessen er også forenklet allokert her. Rød sirkel: Utslipp av kadmium fra Cd støperi. Grønn sirkel: SO₂-utslipp fra svovelsyrefabrikk.

4.2.1 Svovelutslipp

Det er forbundet noe utslipp av svovelgass og svovelsyraerosol med svovelsyreproduksjonen. Anlegget har installert sjøvannsvasker før utslipp til luft som reduserer mengden SO₂ i avgassen. Totalt utslipp fra avgasspipe på svovelsyrefabrikken er på 11,1 og 13,4 tonn/år for henholdsvis SO₂ og H₂SO₄ ved dagens produksjon.

Data for dagens utslipp og fra utvidet produksjon med fysiske utslippsparemetre er gitt i Tabell 4-2. For CONDEP-beregningene er det antatt at en ny svovelsyrefabrikk vil ligge 100 meter fra eksisterende svovelsyrefabrikk.

Tabell 4-2 Data for svovelutslippet med fysiske utslippsparametre. (*) Totale utslipp fra svovelsyreproduksjonen omfatter også utslippsmengde fra møllefilter.

	Utslipp dagens anlegg	Tilleggsutslipp ved ombygging. Det er antatt en volumstrøm og dimensjon på pipe som gir samme utløps-hastighet.
Årlig massestrøm	11,1 tonn SO ₂	25,7 tonn SO ₂
Massestrøm	0,35 g SO ₂	0,81 g SO ₂
Volumstrøm skorstein	41809 m ³ /t	96801 m ³ /t
Skorsteinsdiameter	1,40 m	2,1 m
Skorsteinshøyde	30 m	30 m
Bygningshøyde	25 m	25 m
Avgasstemperatur	15 °C	15 °C

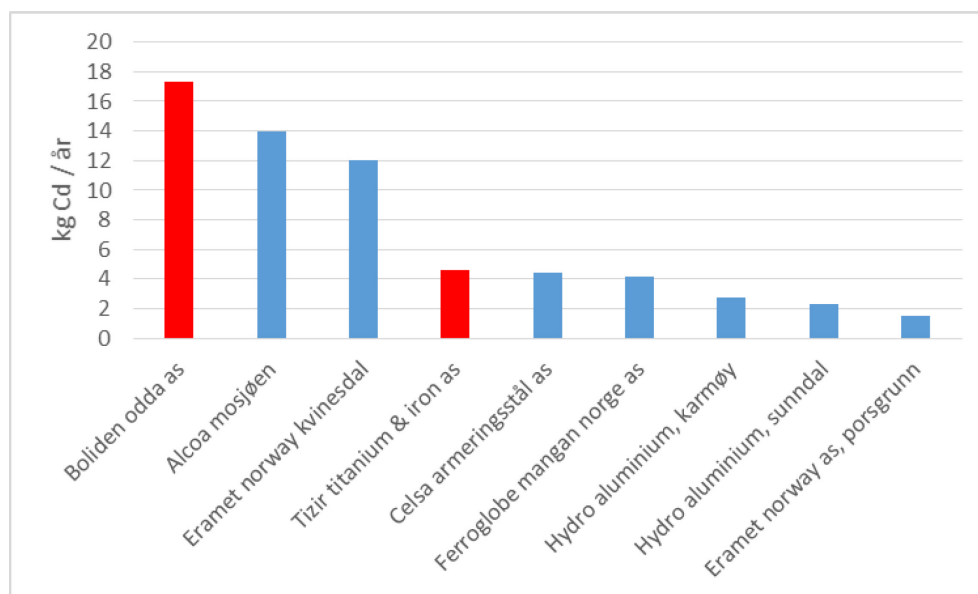
Tabell 4-3 Data for utslipp av svovelsyreaerosol med relaterte fysiske utslippsparametre. Totalt utslipp fra elektrolysehaller og gipsfelling.

Tårn 1-5	Utslipp dagens anlegg	Tilleggsutslipp ved ombygging.
Årlig massestrøm	13,4 tonn H ₂ SO ₄ /år	9,4 tonn H ₂ SO ₄ /år
Massestrøm	0,42 g H ₂ SO ₄ /s	0,30 g H ₂ SO ₄ /s
Volumstrøm Tårn 1-5	551017 m ³ /t	
Tverrsnittsareal 5 tårn	5 x 10 m ² x 5 tårn = 250 m ²	
Kjøletårn høyde	26,8 m	26,8 m
Avgasstemperatur	38 °C	38 °C

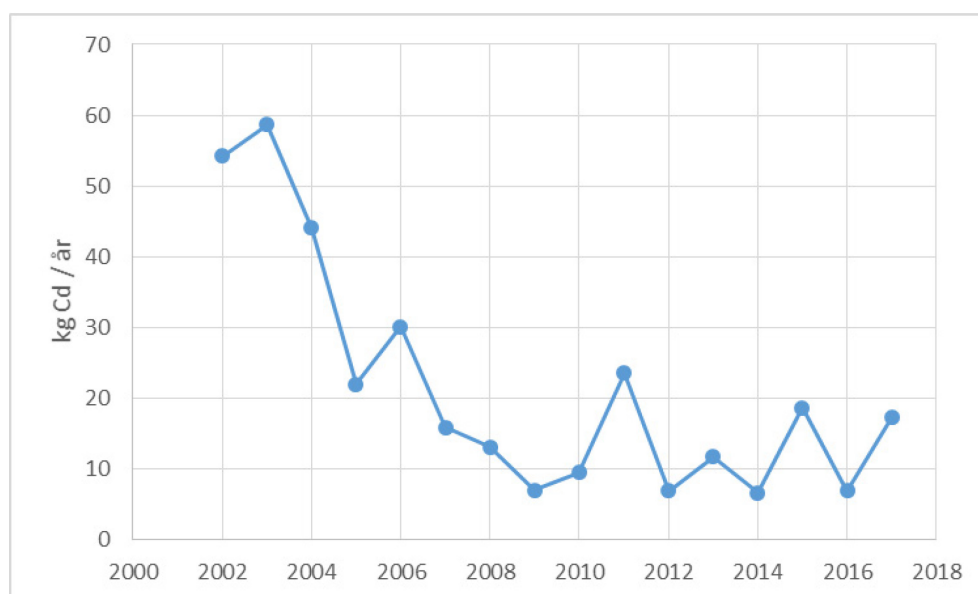
4.2.2 Tungmetaller

Kadmium er representativ komponent for utslipp av øvrige tungmetaller (se kapittel 2.4).

I følge norskeutslipp.no er Boliden Odda den største utslippsskilden til kadmium i Norge (Figur 4-2), selv om utslippsmengden har vært betydelig redusert sin 2003 (Figur 4-3). Tizir titanium & iron AS som er lokalisert i Tyssedal i Sørfjorden var i 2017 den fjerde største utslippsskilden til kadmium.



Figur 4-2 Utslipp av kadmium fra de 10 største bidragsyterne til utslipp i Norge i 2017. Foruten Boliden Odda AS er også Tizir titanium & iron AS (Tyssedal) lokalisert i Sørffjorden. Kilde: norskeutslipp.no.



Figur 4-3 Utslipp av kadmium fra Boliden Odda fra de siste 17 år. Kilde: norskeutslipp.no

Ved Boliden Odda er det lutningsavdelingen inkludert kadmiumstøperiet som har de største utslippene av tungmetaller. Dette er også det prosessavsnittet med høyest antall punktutslipp. For kadmium er det største enkeltutslippet fra vakuumpumper ved filterstasjonen med 6,4 kg/år. Totalt er kadmiumutslippet ved dagens produksjon 15 kg/år. En utvidelse av produksjonen er anslått å ville gi ytterligere 9 kg/år. For spredningsberegninger av kadmiumutslippet fordelt på 4 punktutslipp og 4 hallutslipp. Hallutslipp er forenklet antatt å være lokalisert ved filterstasjonen.

Tabell 4-4 Punktutslipp av kadmium modellert som pipeutslipp. (*) Enkelte fysiske parametere er antatt basert på annen input /visuell vurdering

Kadmium	Cd støperi	Nye Cd RBDF11	Nye Cd RDBF12	Filterstasjon
Årlig utslipp [kg/år]	1,8	2,3	1,5	6,4
Volumstrøm skorstein	9766	7125	6736	5000
Skorsteinsdiameter [m]	0,62	0,62(*)	0,62(*)	0,62(*)
Skorsteinshøyde [m]	21	21 (*)	21(*)	24
Avgasstemperatur [°C]	50(*)	50(*)	50(*)	50

Tabell 4-5 Punktutslipp av kadmium modellert som hallutslipp. Disse er lagt inn i modellen som et generelt hallutslipp (antatt 20 meter høyde)

Kadmium	Nøytrallutning	Jarosittfelling	Rensegulv	Klorfelling	Tank-45
Årlig utslipp [kg/år]	0,80	0,20	0,90	0,6	0,40
Volumstrøm	10642	6137	76206	102057	32691

For utvidelsen av anlegget er det antatt at utslippet øker ved filterstasjon og støperi. Metodisk er det implementert ved at å legge til to nye utslippspunkt tilsvarende filterstasjon og Nye Cd RBDF11.

4.2.3 Diffuse utslipp til luft

Diffuse utslipp til luft er ikke behandlet spesielt i denne rapporten. Boliden Odda oppgir selv lossingen av råvarer på kaianlegg som den største kilden til diffus spredning. Etter røsteovnen er anlegget i stor grad en lukket prosess med posefilter på utluft. Støvflukt fra støv som er samlet på bakken vil øke med økende vindhastighet. Graden av økning er avhengig av partikkelstørrelsen. For partikler i svevestøvfraksjonen (PM₁₀) er mengden opphvirvlet støv pr. tidsenhet proporsjonalt med kvadratet av vindhastigheten. Støvflukt fra råmateriale på transportbånd vil også bidra med utslipp som følge av selve transportbevegelsen. Total mengde støv som blåser av er svært avhengig av hvordan råmaterialet er sammensatt. Det henvises til en studie som nylig er utført på oppdrag for Boliden¹⁷ som til dels kvantifiserer det diffuse støvutslippet. Det diffuse utslippet av sink er kvantifisert til 130-300 kg per 30 dager.

¹⁷ Grythe, H. Uggerud, H.T, Andresen, E. Bäcklund, A. Weydahl, T (2021) Diffuse utslipp ved lossing ved Boliden. Metodeutvikling og notat. NILU-rapport 19/2021

4.3 Meteorologiske forhold

4.3.1 Vind og stabilitet

Boliden Odda ligger på Eitrheimsneset innerst i Sørfjorden. Området sør i Sørfjorden domineres av vindretninger som følger fjorden sør-nord. Dominerende vindretning er fra sør-sørøst, sekundært fra nord.

Tidligere vindmålinger har vist at det blåser hovedsakelig i hoveddalens retning. Sørlige vinder mest om vinteren, og typisk mer kraftig vind på denne årstiden. Om sommeren fordelt mellom nordlige og sørlige, en tendens til nordlige om dagen og sørlige om natta¹⁸.

Ustabile atmosfæriske forhold (U) forekommer oftest om dagen og om sommeren, ved klarvær med sterk solinnstråling og svak til middels vindstyrke. Da varmer solen opp bakken, og det dannes vertikale turbulente luftstrømmer som gir god vertikal spredning av avgassene. For utslipp i bakkenivå vil disse fortynnes raskt, mens det for skorsteinsutslipp kan forekomme høye konsentrasjoner nær utslippet på grunn av kortvarige nedslag av avgass.

Nøytrale atmosfæriske forhold (N) forekommer ved høye til moderate vindstyrker og oftest ved overskyet vær. Høy vindstyrke og god mekanisk blanding gir moderat til god horisontal og vertikal fortykning av avgassene.

Stabile/lett stabile atmosfæriske forhold (S/LS) er typisk for stille, klare netter og vintersituasjoner med avkjøling av bakken og det nederste luftlaget. Temperaturen øker med høyden over bakken og dette gir dårlig vertikalspredning i det stabile laget. Når relativt varm luft fra sjø transporteres innover kaldt land, vil det nederste luftlaget stabiliseres. Dette gir dårlig spredning av røykfanen både vertikalt og horisontalt. For bakkeutslipp vil denne situasjonen være kritisk, idet den vertikale fortykningen er liten. For skorsteinsutslipp vil liten vertikal spredning føre til at utslippet først når ned til bakken langt fra utslippet.

Tidligere målinger har også vist at området i Odda domineres av nøytrale atmosfæriske stabilitetsforhold. I vintermånedene kan også periodevis stabile atmosfæriske forhold opptre som gir i utgangspunktet dårligere spredningsforhold. Samtidig vil også fortykningen være større før nedslag i terrenget enn ved nøytrale atmosfæriske forhold hvor utslippet blandes mer direkte mot bakken. Nøytrale atmosfæriske forhold vil dermed typisk gi de høyeste bakkekonsentrasjonene i nærområdet til Boliden Odda.

For CONDEP-beregningene er det derfor antatt utelukkende nøytrale atmosfæriske forhold.

Vindrose fra Folgefonna skisenter (Figur 4-4) som ligger på fjellplatået nordvest for Odda viser at dominerende vindretning er fra sør-sørøst i dette området. Beregnet vindrose i Odda basert på meteorologiske data for 2015 med WRF, Figur 4-5 (a), viser at vind fra sør (svakt sørøst) dominerer. For de lokale spredningsberegningene med CONDEP er data for årene 2011 til 2015 fra den lokale målestasjonen på Eitrheimsneset benyttet. Disse gir at dominerende vindretning ved Bolidens industrianlegg er fra sørøst, Figur 4-5 (b), samt at rolige vindforhold dominerer i større grad enn WRF-data indikerer. Beregninger med WRF-værdata vil dermed gi noe mer spredning av utslippene fra anlegget.

¹⁸ Haugsbakk, I. (2003). *Måling av meteorologi og luftkvalitet omkring Outokumpu Norzink AS og Tinfos Titan & Iron KS i Odda* (NILU OR 83/2003). Kjeller: NILU.

Vindforholdene i en relativ trang fjord som Sørfjorden vil i stor grad preges av topografien og ha store lokale variasjoner. Sørvestlig vind ved målestasjonen vil ofte bøyes av mot nord og slik sett ligne mer på WRF-data i mange tilfeller.

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 30°

Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

Vindhastighet (m/s)

- > 20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

Stille (%)

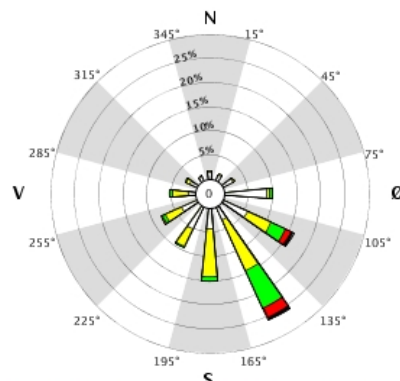


År: 2015 - 2018

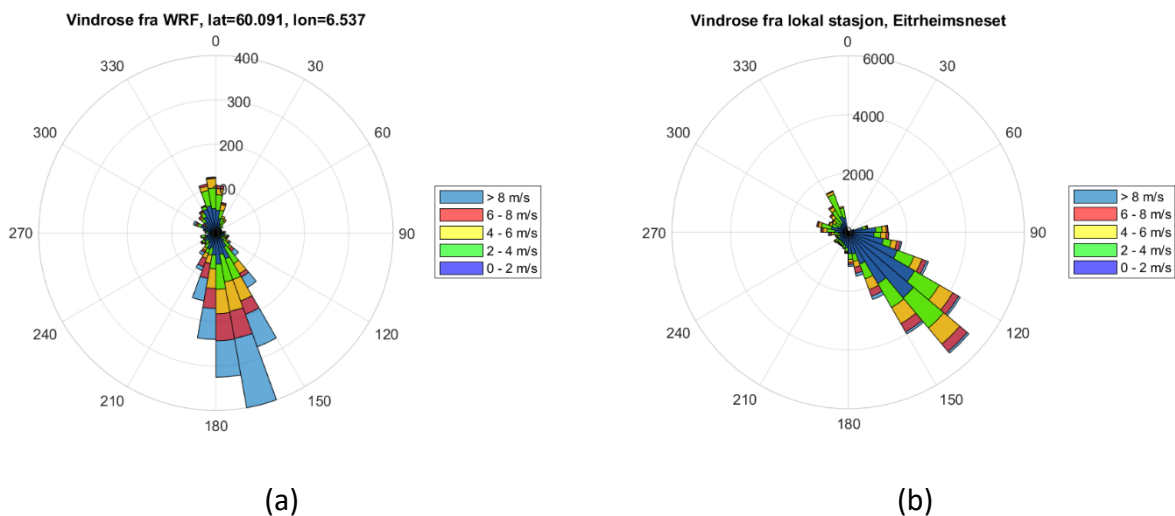
jan

Tidspunkt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)

49085 FOLGEFONNA SKISENTER



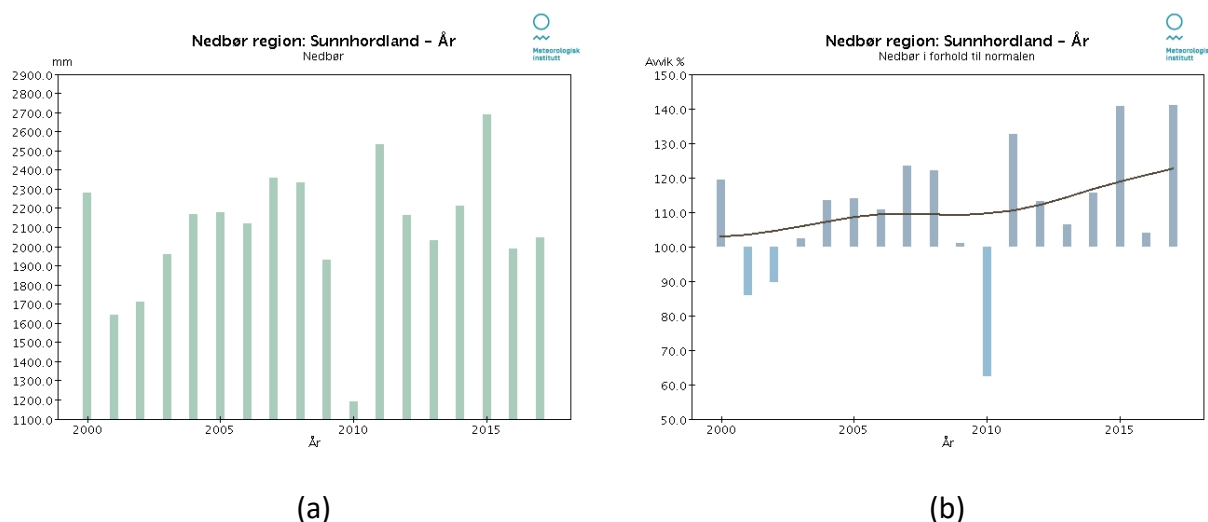
Figur 4-4 Vindrose fra Folgefonna skisenter for perioden 2015 til 2018.



Figur 4-5 (a) Vindrose basert på beregnede meteorologiske data med WRF for 2015 for beregningsruten hvor Boliden Odda er lokalisert. (b) Vindrose basert på data fra lokal værstasjon ved Boliden for årene 2011 til og med 2015

4.3.2 Nedbør

Nedbørsmengde og fordeling av denne påvirker våtavsetningen av de vannløselige komponentene som slippes ut ved Boliden Odda AS. Det kan være store variasjoner i nedbør fra år til år. Nedbørsmengde i Sunnhordaland region som blant annet omfatter Odda (Figur 4-6) viser at 2015 var et år med betydelig mer nedbør enn normalen. Mer nedbør betyr generelt lavere konsentrasjoner, men større avsetning av forurensning i terrenget.



Figur 4-6 Met data for nedbør [mm] i Sunnhordaland regionen for årene 2000 til 2018

5 Beregnet konsentrasjon og avsetning – konsekvenser av økte utslipp

I dette kapitlet er resultatene fra konsentrasjons- og avsetningsberegningene presentert og diskutert. Beregningene er basert på metodene gitt i kapittel 4.1 og utslippene som presentert i kapittel 4.2.

5.1 Beregnet maksimale timemiddelkonsentrasjoner

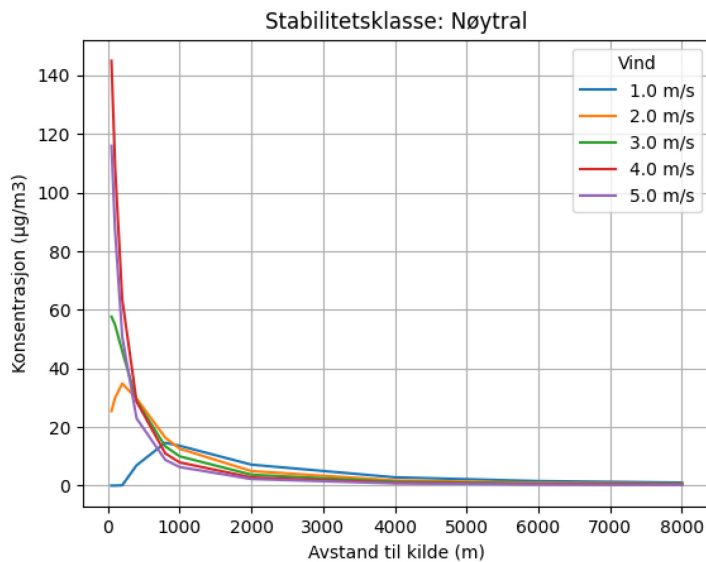
Det er beregnet maksimale timemiddelkonsentrasjoner nær utslippspunktet med CONCX-modellen. Denne metoden er benyttet for å beregne timesmiddelkonsentrasjoner for SO₂ og H₂SO₄-aerosol i nærområdet. Øvrige komponenter knyttes i forurensningsforskriften kun til et årsmiddel og er behandlet i neste delkapittel.

Det bør bemerkes at CONCX er en enkel gaussisk spredningsmodell som ikke tar høyde for topografi eller avsetning. Hensikten med disse beregningene er å gi et overslag på maksimalt konsentrasjonsnivå i nærområdet til utslippene.

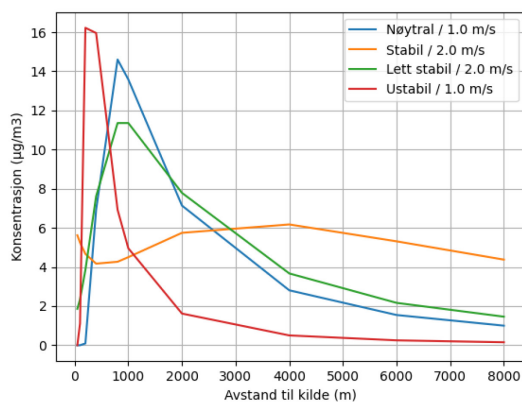
5.1.1 Svovelgassutslipp fra svovelsyrefabrikken

Pipen på svovelsyrefabrikken er modellert med fysiske inngangsdata som gitt i kapittel 4.2.1 og konsentrasjonsprofilene for nøytrale stabilitetsbetingelser er gitt i Figur 5-1. For vindhastigheter fra 4 m/s og oppover gir modellen fullt nedtrekk bak pipen ved bygningsturbulens, noe som resulterer i relativt høye konsentrasjoner de første 100 meterne fra utslippspunktet. Erfaringsmessig er dette konservative estimat fra modellen. I ca. 500 meters avstand fra utslippspunktet er de maksimale bakkekonsentrasjonene under 30 µg/m³, som er mer enn en faktor 10 under grenseverdiene for timesmiddel for svovel. I Figur 5-2a er konsentrasjonsprofil som gir maksimal konsentrasjon 1000 meter fra utslippspunktet sammenstilt for ustabile, nøytrale, lett stabile og stabile forhold. Lett stabile forhold over 4 m/s gir nedtrekk bak utslippspunktet, men er vurdert som sjeldent forekommende. Under alle disse forholdene er maksimale bakkekonsentrasjoner beregnet til vesentlig under

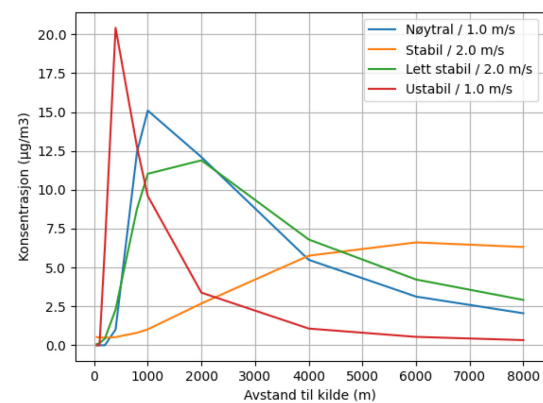
20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Av figuren går det fram at det er nøytral sjikting og 1 m/s vind som gir maksimumskonsentrasjon innenfor ca. 1000 meter fra utslippet. Ustabil sjikting vil ikke oppstå ved høyere vindhastigheter enn 3-4 m/s siden sterk vind vil bryte opp instabiliteten. Figur 5-2b gir tilsvarende maksimale bakkekonsentrasjoner for utlipp fra utvidelsen alene. Dersom begge disse pipene ligger innenfor den samme blandingssonen, vil maksimal timesmiddelkonsentrasjon være under 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ca. 1000 meter fra utslippet.



Figur 5-1 Konsentrasjonsprofil i avstand fra utslippskilden for nøytrale stabilitetsforhold for vindhastigheter fra 1 m/s til 5 m/s. Vindhastigheter over 5 m/s har lignende nivå og profil som denne vindhastigheten.



(a)



(b)

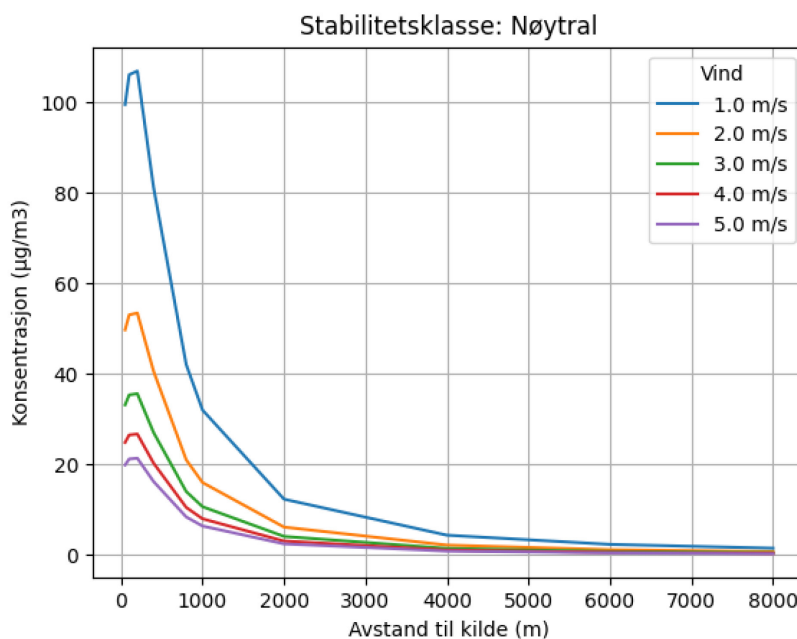
Figur 5-2 Konsentrasjonsprofil i avstand fra utslippskilden ved utlipp fra (a) dagens produksjon og (b) utvidelsen alene. Maksimal teoretisk konsentrasjon fra utvidet produksjon er summen av disse profilene dersom utslippet fra pipene ligger innenfor samme blandingszone.

Vi bør bemerke at lokal vindretning fra utslippspunkt inn mot Eittheimsneset (vind fra vest) kan gi høyere bakkekonsentrasjoner enn beregnet siden terrenget stiger fra øst mot vest fra

svovelsyrefabrikken og inn mot anlegget. Men ved normale driftsforhold vil ikke bakkekonsentrasjonene overstige grenseverdien for timesmiddel. I følge meteorologiske data er det sjelden at det blåser fra vest, og dette er en følge av den lokale topografien.

5.1.2 Svovelsyreaerosoler fra kjøletårn ved elektrolysehall

Utslippet fra kjøletårnet ved elektrolysehallen er modellert ved inngangsdata som gitt i kapittel 4.2.1. Fordi utløpshastigheten på utslippet fra kjøletårnet er lav så er utslippskilden modellert som en volumkilde på nivå med høyden til kjøletårnet. Det vil si at vi i utgangspunktet ser bort ifra termisk røykløft og kun betrakter spredningen av en volumkilde fra kjøletårnets høyde. Ved denne metoden er den maksimale timesmiddel bakkekonsentrasjonen beregnet til under $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 500 meter fra utslippspunktet ved dagens produksjon som vist for nøytrale blandingsforhold i Figur 5-3. Erfaring tilsier at det vil være et visst termisk røykløft ved rolige vindforhold (1-2 m/s) slik at maksimal bakkekonsentrasjon 500 meter fra utslippspunktet er betydelig lavere ($<30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se f.eks. fotografiet i Figur 1-2 som er tatt på et tidspunkt med vindstille forhold. Utslippet holder ca. 38°C . Som oppsummert i Tabell 4-1, er det en økning i utslippet av H_2SO_4 på ca. 70% ved utvidelse av anlegget. Dersom utslippet fra utvidelsen er innenfor den samme blandingssonen som det opprinnelige anlegget vil maksimal timesmiddelkonsentrasjon innenfor 500 meter fra utslippspunkt være mindre enn $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hensyntatt termisk røykløft ved rolige vindforhold.



Figur 5-3 Konsentrasjonsprofil som funksjon av avstand fra utslippskilde ved nøytrale stabilitetsforhold og ved vindhastigheter fra 1 m/s til 5 m/s for dagens produksjon. Utvidelsen gir et tilleggsutslipp av H_2SO_4 på 70%. Beregningene ved lave vindhastigheter er svært konservative fordi det kan forventes et visst termisk løft under slike forhold.

5.1.3 Utslipp av tungmetaller

Timesmiddel konsentrasjoner er kun angitt i forhold til lovgivning på arbeidsmiljø. Konsentrasjonen av kadmium er målt til $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på pipa på filterstasjonen. Denne

konsentrasjonen vil under alle omstendigheter være fortennet til langt under arbeidsmiljølovens krav på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på bakkenivå der hvor arbeidere befinner seg.

5.2 Beregnet årsmiddelkonsentrasjoner

For estimering av årsmiddelkonsentrasjoner for svovelkomponenter er to forskjellige modeller benyttet. WRF-EMEP beregner konsentrasjon og avsetning på et område på $60 \times 60 \text{ km}^2$ med 1 km gridoppløsning sentrert rundt Odda, dvs. 60×60 bokser. Metode og randbetingelse er beskrevet i kapittel 4.1.3. For det innerste domenet er modellen kjørt med utslippsmengde som ved dagens produksjon og som ved utvidet produksjon som angitt i Tabell 4-2, men modellen tar også høyde for langtransportert forurensning. I sistnevnte tilfellet er det gjort WRF-EMEP-beregninger med 50 km oppløsning, basert på WRF-meteorologi for 2015 og offisielle EMEP utslippsdata fra 2015. CONDEP er benyttet for å beregne årsmiddelkonsentrasjoner i nærområdet til anlegget. For disse beregningene er det benyttet et beregningsområde på $3 \times 3 \text{ km}^2$ med 100 meters oppløsning.

For å beregne årsmiddel konsentrasjon av tungmetaller i svevestøv er kun CONDEP benyttet.

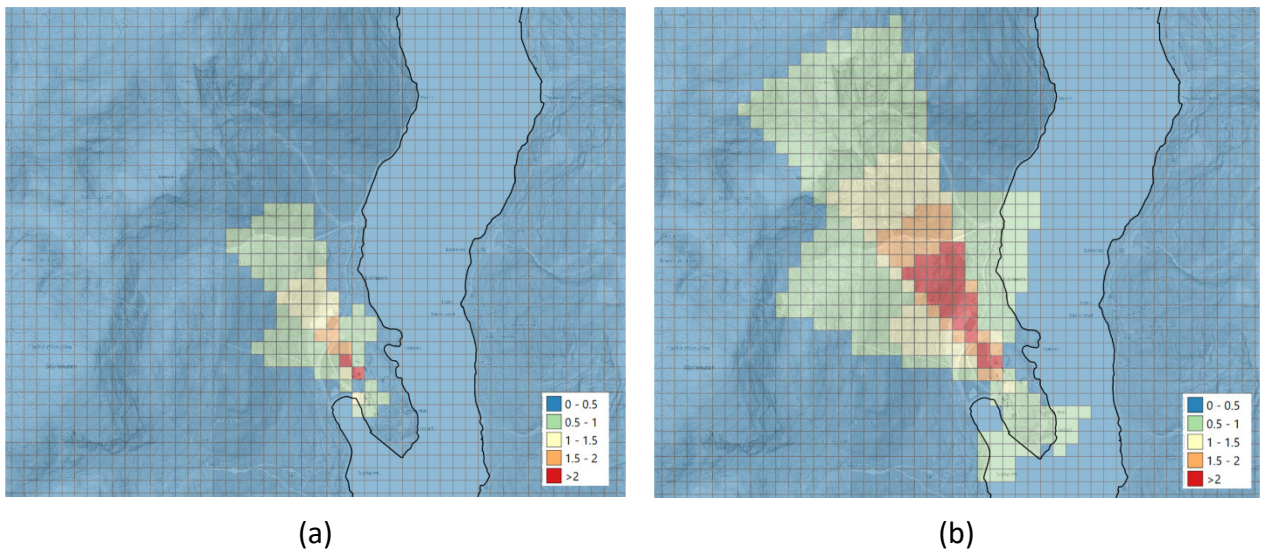
5.2.1 Årsmiddelkonsentrasjon av svoveldioksid

For utvidet produksjon er det antatt at det bygges ny svovelsyrefabrikk og at den lokaliseres 100 meter fra eksisterende fabrikk.

CONDEP beregner ingen årsmiddelverdier for svoveldioksid over grenseverdien på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verken ved dagens produksjon eller samlet ved utvidelsen. Utslipet av svoveldioksid vil mer enn tredobles ved utvidet produksjon, noe som også reflekteres i konsentrasjonene. Årsmiddelkonsentrasjonene er likevel langt under årsmiddel i forurensningsforskriften. Høyeste konsentrasjon innenfor en 100×100 gridcelle er beregnet til $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved henholdsvis dagens og utvidet produksjon. Dette vil være inne på anlegget, ca. 500 meter fra utslippspunktet er konsentrasjonen omtrent halvert fra dette nivået. Bakgrunnsbidraget er ikke regnet inn her, men vil være på godt under $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

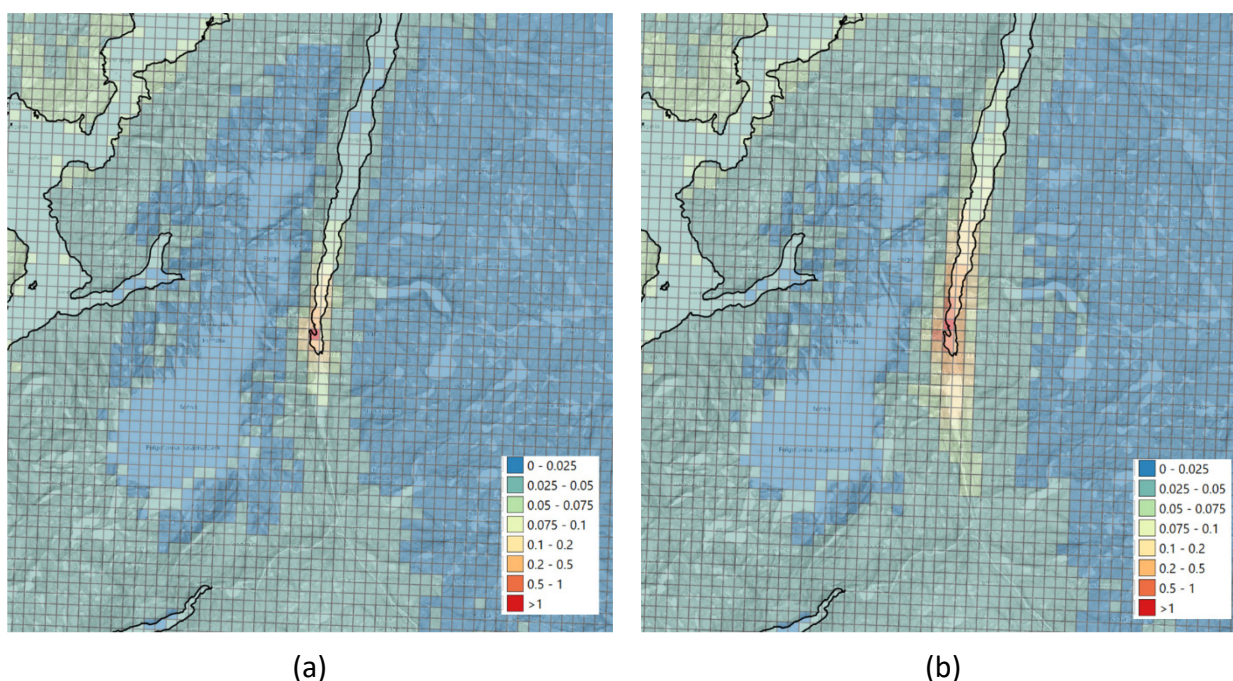
Maksimale konsentrasjoner over et døgn kan estimeres på bakgrunn av maksimale årsmiddelkonsentrasjoner og forekomst av vind fra den oftest forekommende vindretningen.

Årsmiddelverdien i en gitt retning er tilnærmet proporsjonal med forekomst av vind i den retningen. Dersom det blåser i samme retning hele døgnet blir maksimal døgnmiddelkonsentrasjon ca. $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for SO_2 og $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_{10} .



Figur 5-4 Årsmiddel konsentrasjonsfelt SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) beregnet med CONDEP for (a) dagens produksjon og (b) samlet med utvidet produksjon. Merk at CONDEP ikke tar høyde for topografi og at vindfeltet er antatt uniformt. Det vil derfor naturlig være noe avbøyning mot nord i terrenget.

WRF-EMEP beregner generelt lavere konsentrasjoner per gridcelle, hovedsakelig fordi utslippet spres på et grovere nettverk, men også fordi noe tapes ved kjemisk omdanning og avsetning. Med unntak av beregningscellen hvor utslippene i Boliden Odde AS er lagt inn, er høyeste beregnede konsentrasjon $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved henholdsvis eksisterende og utvidet produksjon. Dette er en økning på litt over 200 %. Modellerte timesverdier fra 2015 viser maksimal SO_2 bakkekonsentrasjon på $26,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i utslippsgridet, men verdier over $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er relativt sjeldne og forekommer kun ved spesielle meteorologiske forhold. Som Figur 5-5 viser er den relative økningen i konsentrasjoner betydelig, men absoluttverdiene er langt under grenseverdien og luftkvalitetskriteriet.



Figur 5-5 WRF-EMEP beregnet årsmiddel konsentrasjon (2015) for SO_2 ($\mu g/m^3$) ved (a) dagens produksjon og (b) samlet med utvidet produksjon.

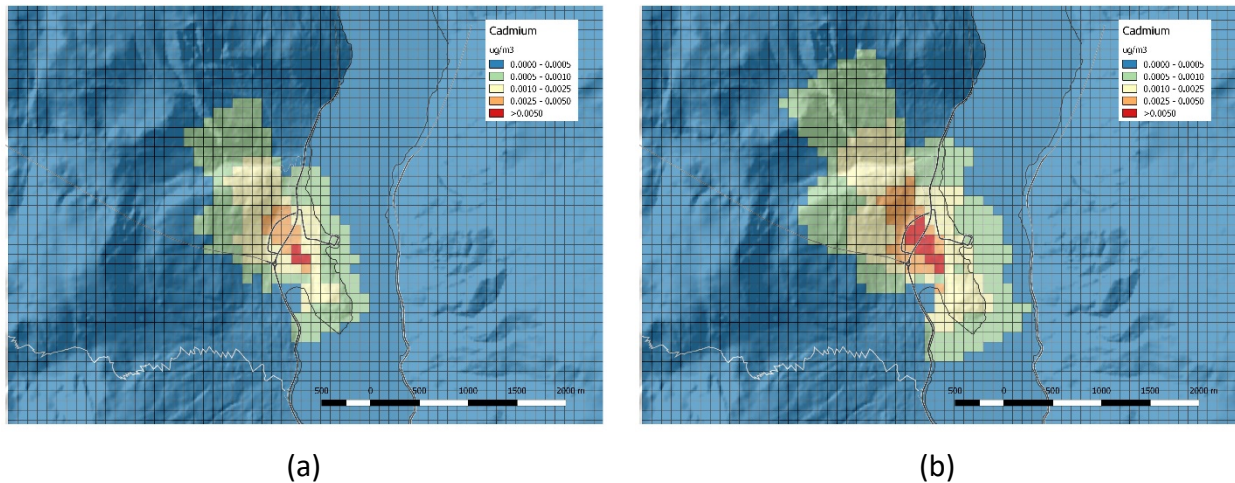
5.2.2 Årsmiddelkonsentrasjoner av tungmetaller, beregnet ved kadmium

Som vist i kapittel 2.4 er kadmiumutslippet det utslippet av tungmetaller som krever mest fortykning for å overholde grenseverdiene. Beregnede kadmiumkonsentrasjoner kan dermed benyttes til å vurdere utslipp av øvrige tungmetaller.

Ved dagens produksjon ligger kun området nær anlegget (golfbanen) over målsetningsverdien på $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ (Figur 5-6). Ved utvidet produksjon vil også andre siden av Eitrheimsvegen der hvor barnehagen er lokalisert ligge over målsetningsverdien på $5 \text{ ng}/\text{m}^3$. Maksimal beregnet konsentrasjon i beregningsområdet ved økt produksjon er $6,3 \text{ ng}/\text{m}^3$, eller omtrent 25 prosent over målsetningsverdien.

Med argumentasjonen gitt i kapittel 2.4 er det kun tungmetallet kadmium som overskrider grenseverdier eller målsetningsverdier i nærområdet.

Usikkerheten i slike beregninger er generelt relativt stor, og det er en viss innebygget konservatisme. Det er antatt at utslippet øker ved filterstasjon og støperi ved utvidet produksjon. Ved en plassering vesentlig unna disse delene av anlegget kan konsentrasjonsprofilen endre seg noe.



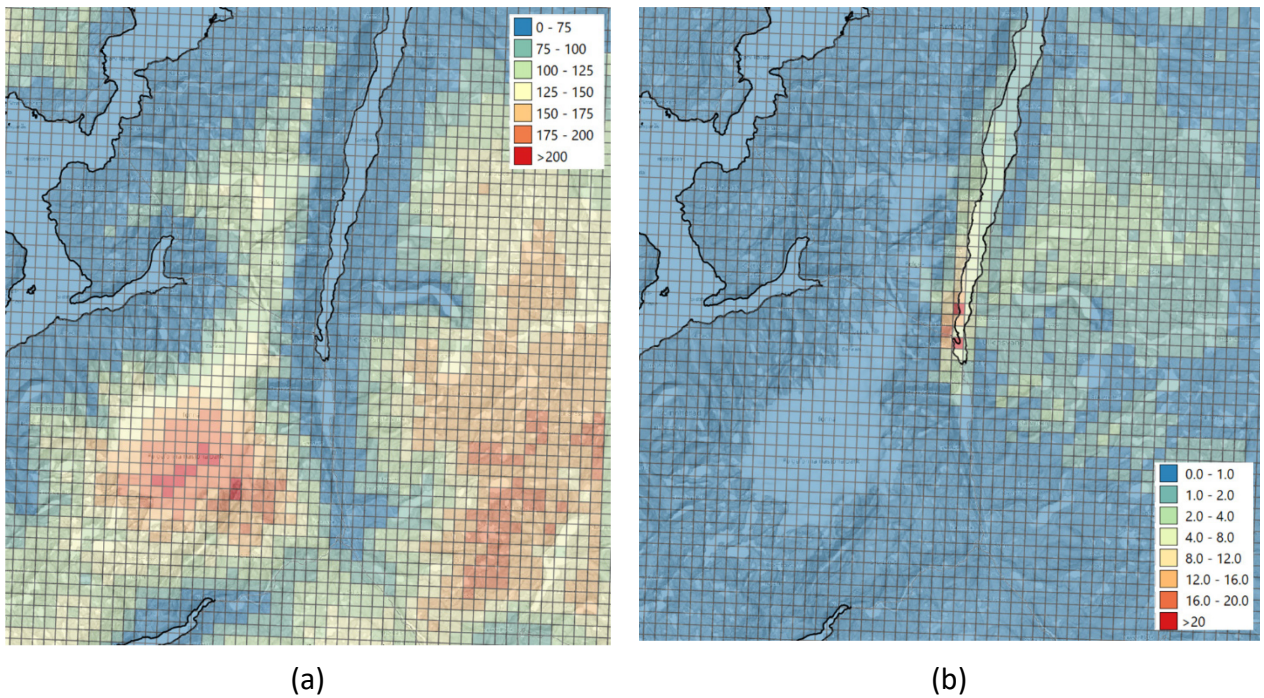
Figur 5-6 Bakkekonsentrasjoner beregnet ved CONDEP for kadmium ved (a) dagens produksjon og (b) samlet med utvidet produksjon. Merk at CONDEP ikke tar høyde for topografi og at utslippet vil bøyes noe av i fjordens lengderetning.

5.3 Beregnet tørr- og våtavsetning

5.3.1 Årsmiddel av avsetning ved WRF-EMEP

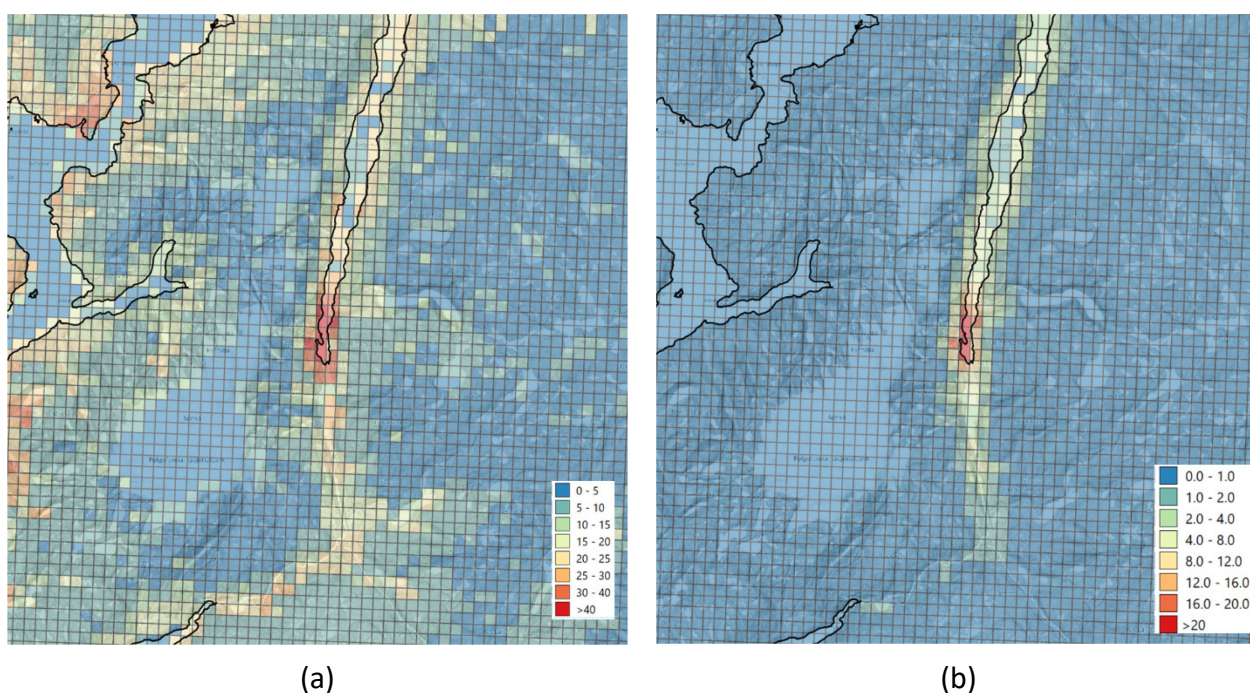
Figur 5-7 viser total våtavsetning av svovel (mgS/m^2) per år som beregnet med WRF-EMEP. Den største våtavsetningen i beregningsområdet er i fjellområdene sør-vest for Odda. Det henger sammen med hvor det faller mest nedbør i beregningsområdet.

Prosentvis er det en vesentlig økning i våtavsetningen i nærområdet til Boliden Odda AS. Utslipet og våtavsetningen er i hovedsak nordover langs fjorden med dominerende vindretning. Når utslippet når en viss høyde vil det også spres og avsettes i fjellområdene øst for Sørfjorden.



Figur 5-7 WRF-EMEP beregnet total våtavsetning av svovel [$\text{mgS}/\text{m}^2\text{år}$] ved (a) dagens produksjon (b) som differanse ved utvidet produksjon. Merk forskjellen i fargeskala mellom figurene hvor alle konturer i (b) faller innunder den første konturen i (a)

Figur 5-8 viser WRF-EMEP beregnet tørravsetning av svovel i beregningsområdet ved dagens produksjon og ved utvidelsen. Den maksimale tørravsetningen er, foruten i nærområdet til Bolidens anlegg på Eitrheimsneset, langs kystlinjene i den vestlige delen av kartutsnittet.

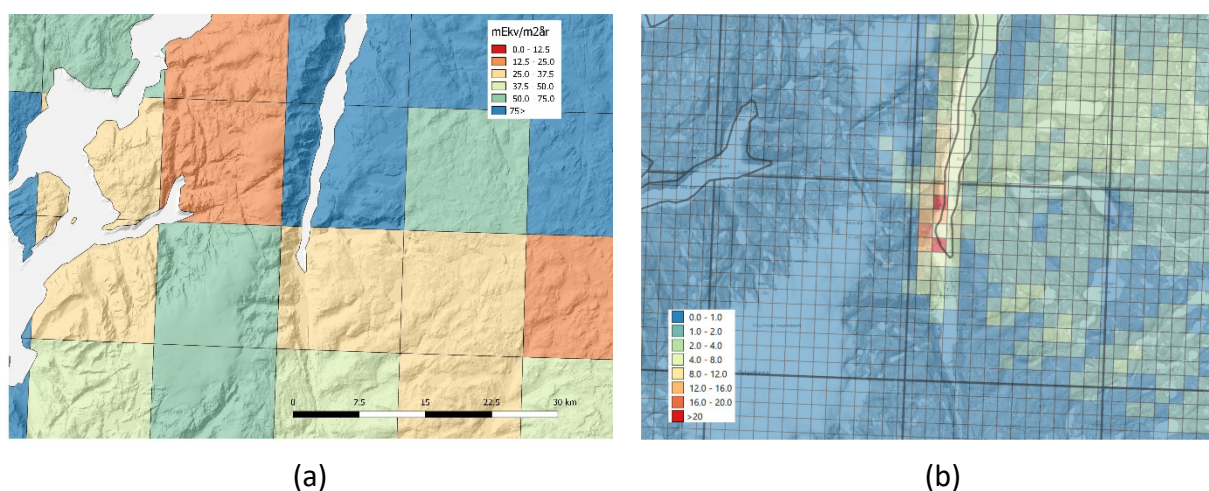


Figur 5-8 WRF-EMEP beregnet total tørravsetning av svovel [$\text{mgS}/\text{m}^2\text{år}$] ved (a) dagens produksjon (b) som differanse ved utvidet produksjon.

5.3.2 Avsetning sett opp mot tålegrenser

Som tidligere vist er tålegrensen for forsurening av overflatevann i området rundt Odda og sør for Odda overskredet. Økningen i total avsetning beregnet i denne studien er maksimalt på ca. 95 prosent i WRF-EMEP gridcellen på $1 \times 1 \text{ km}^2$ som dekker Eitrheimsneset. Denne gridcellen omfatter nordre del av gridcellen på ca. $15 \times 15 \text{ km}^2$ i NIVAs modell hvor det er beregnet overskridelse (se Figur 3-5 i kapittel 3.2.1). Økningen i total avsetning i denne grovere beregningscellen vil være i størrelsesorden ca. 5 prosent. Ellers er det også en viss økning i områdene nord for Eitrheimsneset og øst for Sjøfjorden (Figur 5-7 og Figur 5-8). For hele beregningsområdet som dekker $60 \times 60 \text{ km}^2$ rundt Odda er økningen i total avsetning på ca. 1 prosent. I Figur 5-9 er tålegrensene (NIVA) sammenstilt med endringen i våtavsetning som beregnet i denne studien i kart med samme utsnitt. Merk at avsetningsberegningene som ligger til grunn for overskridelse av tålegrense i Figur 5-9(a) er et gjennomsnitt for årene 2012-2016 og på et grovere nettverk enn avsetningsberegningene i Figur 5-9(b) som også kun er for 2015.

Utslippsendringen vil som nevnt øke overskridelsen av tålegrensen sør i Sjøfjorden. Utover dette er tålegrensen relativt robust i områdene nord for Odda og øst for Sjøfjorden og økningen i avsetning, som er beregnet til ca. 1%, vil være akseptabel. I fjellområdet nord på Folgefonna (vest for Sjøfjorden) er tålegrensen relativt lavere, men her viser WRF-EMEP beregningene en nærmest ubetydelig økning i avsetning.



Figur 5-9 (a) Tålegrenser for forsurening av overflatevann (NIVA) og (b) WRF-EMEP beregnet differanse i våtavsetning [$\text{mgS}/\text{m}^2\text{år}$] ved utvidet produksjon med grid for tålegrenser. Det er kun gridcellen som omfatter Odda som etter NIVAs beregninger har overskridelse av tålegrensen.

Som vist i kapittel 3.1 er årsvariasjonene i avsetning på bakgrunn av endringer i nedbør og spredningsforhold betydelige og i absoluttverdi langt større en økningen ved utvidelse av produksjonen ved Boliden Odda når et område på ca. $15 \times 15 \text{ km}^2$ eller større betraktes.

6 Oppsummering

Beregninger av konsentrasjoner og avsetning etter utvidet produksjon ved Boliden Odda gir følgende konklusjoner:

- Ved normal drift er ikke grenseverdier for arbeidsmiljø overskredet
- Timesmiddel-, døgnmiddel- og årsmiddelkonsentrasjon av SO_2 og PM_{10} er langt under grenseverdier i forurensningsforskriften og helsemyndighetenes luftkvalitetskriterier
- Kadmium er nær målsetningsverdien i forurensningsforskriften ved dagens produksjon. Beregninger viser mulig overskridelse i området på andre siden av fylkesveien (barnehagen) ved utvidelse av produksjonen
- I følge rapport utarbeidet av NIVA og NILU¹⁹, er tålegrensen for forsurening av overflatevann overskredet i området rundt Odda. Utvidelse i produksjon vil øke denne overskridelsen. Økning i total avsetning er på ca. 5% i et område på $15 \times 15 \text{ km}^2$ som dekker Eitrheimsneset/Odda og sørover.
- Økning i avsetning forøvrig er i områder hvor tålegrensen er mer robust. For hele det indre beregningsområdet, som dekker et område på $60 \times 60 \text{ km}^2$ rundt Odda, er økningen i total avsetning på ca. 1 prosent ved utvidet produksjon.

¹⁹ Austnes, K., Lund, E., Sample, J. E., Aarrestad, P. A., Bakkestuen, V., & Aas, W. (2018). *Overskridelser av tålegrenser for forsurening og nitrogen for Norge – Oppdatering med perioden 2012-2016* (Miljødirektoratet M-966|2018). Oslo: NIVA.

- Akkurat i WRF-EMEP beregningscellen som dekker 1 x 1 km² rundt Eitrheimsneset, er økningen i total avsetning på ca. 95 %. Dette samsvarer med utslippsøkningen i SO₂ på ca. 230 % og i H₂SO₄ på ca. 70 %.
- Med unntak av den nærmeste kvadratkilometeren til anlegget, er økningen i avsetning ved utvidet produksjon generelt mindre enn årlige variasjoner i våtavsetning ved variasjon i nedbør og spredningsforhold.

7 Referanser

- Arbeidstilsynet (u.å.). *Grenseverdier for kjemisk påvirkning*. Hentet februar 2019 fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/grenseverdier-for-kjemisk-pavirking/>
- 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. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 109, D19310. doi:10.1029/2003JD003948
- Bøhler, T. (1987). *Users guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP* (NILU TR 8/87). Lillestrøm: NILU.
- Grythe, H. Uggerud, H.T, Andresen, E. Bäcklund, A. Weydahl, T (2021). *Diffuse utslipp ved lossing ved Boliden. Metodeutvikling og notat* (NILU-rapport 19/2021) Kjeller: NILU.
- Simpson, D., Benedictow, A., Berge, H., Bergström, R., Emberson, L. D., Fagerli, H., Flechard, C. R., Hayman, G. D., Gauss, M., Jonson, J. E., Jenkin, M. E., Nyíri, A., Richter, C., Semeena, V. S., Tsyro, S., Tuovinen, J.-P., Valdebenito, Á., & Wind, P. (2012). The EMEP MSC-W chemical transport model – technical description. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12, 7825-7865. doi:10.5194/acp-12-7825-2012
- EU (2008). Directive 2008/50/EC of the European parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*, L152, 1-44.
- Folkehelseinstituttet (2013). *Luftkvalitetskriterier – Virkninger av luftforurensning på helse* (Rapport 2013:9). Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt.
- Haugsbakk, I. (2003). *Måling av meteorologi og luftkvalitet omkring Outokumpu Norzink AS og Tinfos Titan & Iron KS i Odda* (NILU OR 83/2003). Kjeller: NILU.
- Aas, W., Fiebig, M., Solberg, S., & Yttri, K. E. (2018). *Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway. Annual report 2017* (NILU report 10/2018) (Norwegian Environment Agency M-1064|2018). Kjeller: NILU.
- Austnes, K., Lund, E., Sample, J. E., Aarrestad, P. A., Bakkestuen, V., & Aas, W. (2018). *Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge – Oppdatering med perioden 2012-2016* (Miljødirektoratet M-966|2018). Oslo: NIVA.
- Nilsson, V. J. & Grennfelt, P. (1988). *Critical loads for sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden 19-24 March, 1998* (Miljørapport 1988:15) (NORD 1988:97). København: Nordisk Ministerråd.
- Steinnes, E. & Uggerud, H. (2017). *Metal pollution around Norwegian industries studied by analysis of naturally growing moss samples* (NILU report 1/2017). Kjeller: NILU.

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: 978-82-425-3071-4
ISSN: 2464-3327