



MILJØOVERVÅKNING

M-808 | 2017

Grenseområdene Norge-Russland

Luft- og nedbørkvalitet kalenderåret 2016



KOLOFON

Utførende institusjon

NILU - Norwegian Institute for Air Research
P.O. Box 100, 2027 Kjeller

ISBN: 978-82-425-2905-3 (electronic)
ISSN: 2464-3327

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Tore Flatlandsmo Berglen

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Camilla Fossum Pettersen

M-nummer

808

År

2017

Sidetall

114

Miljødirektoratets kontraktnummer

17078062

Utgiver

NILU - Norsk institutt for luftforskning
NILU rapport 32/2017
NILU prosjekt nr. O-8976

Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

Forfatter(e)

Tore Flatlandsmo Berglen, Franck Dauge, Erik Andresen, Tove Marit Svendby, Dag Tønnesen, Marit Vadset og Rita Larsen Våler

Tittel - norsk og engelsk

Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet kalenderåret 2016.
Air quality monitoring in the border areas of Norway and Russia - progress report 2016.

Sammendrag - Summary

Smelteverkene i NV-Russland slipper ut store mengder svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller. Utslippene påvirker luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene. Miljøovervåkingen viser at grenseverdier for SO₂ er overholdt på Svanvik i 2016, men overskredet i Karpdalen for timemiddelverdier og døgnmiddelverdier i 2016, samt sesongmiddel vinter 2015/16. Målsettingsverdier for Ni og As er overholdt.
The nickel smelters in NW Russia emit large quantities of sulphur dioxide (SO₂) and heavy metals. These emissions lead to enhanced concentrations of environmental pollutants in the border areas. The monitoring programme shows that air quality in Karpdalen violates Norwegian limit values for SO₂ hourly mean values and daily mean values in 2016, as well as seasonal mean winter 2015/16.

4 emneord

Luftkvalitetsmålinger, nedbørkvalitet, tungmetaller, Sør-Varanger

4 subject words

Air quality monitoring, precipitation chemistry, heavy metals, Sør-Varanger

Forsidefoto

Forsidebilde: Benjamin Flatlandsmo Berglen. Bildet er tatt 15. mai 2016 fra veien som går fra sentrum av Nikel og opp til veien mot Zapoljarnij og viser pipene og diffuse utslipp fra smelteverket.

Innhold

1. Sammendrag: Luft- og nedbørkvalitet i grense-områdene mot Russland i 2016	4
1.1 Резюме/russisk Качество атмосферного воздуха и осадков в приграничных районах в 2016 г	7
1.2 Tiivistelmä/finsk Venäjän vastaisten raja-alueiden ilman- ja sadeveden laatu 2016 .	11
1.3 Summary: Air and precipitation quality in the Norwegian-Russian border areas in 2016	15
2. Utslipp, målinger og grenseverdier	18
2.1 Historikk om utslipp.....	18
2.2 Måleprogram i 2016	23
2.3 Grenseverdier fra EUs luftkvalitets-direktiver og norske luftkvalitetskriterier	28
3. Måleresultater meteorologi 2016	32
3.1 Vindmålinger	32
3.2 Temperatur.....	34
3.3 Luftens relative fuktighet.....	35
3.4 Nedbørmålinger.....	36
4. Måleresultater svoveldioksid (SO ₂)	39
4.1 Måleresultater SO ₂ i 2016	40
4.1.1 Svanvik	42
4.1.2 Karpdalen	43
4.1.3 Episode 25.-27. februar i Karpdalen og på Svanvik.....	43
4.1.4 Viksjøfjell	46
4.1.5 Konsentrasjonsvindroser	48
4.2 Trender av SO ₂ 1974 - 2016.....	50
4.2.1 Timemiddelverdier - grenseverdi 350 µg/m ³	52
4.2.2 Døgnmiddelverdier - grenseverdi 125 µg/m ³	55
4.2.3 Døgnmiddelverdier - øvre og nedre vurderingsterskel	56
4.2.4 Sesongmidler sommer og vinter.....	57
4.2.5 Årsmiddelverdier	58
4.3 Uorganiske komponenter i nedbør	60
5. Måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør	64
5.1 Tungmetaller i svevestøv	64
5.2 Tungmetaller i nedbør - konsentrasjon.....	66
5.3 Tungmetaller i nedbør - våtavsetning	67
6. Konklusjon	71
7. Referanser og relevant stoff om forurensning i grenseområdene Norge - Russland	72

7.1	Internettsider	72
7.2	Litteratur	74
7.3	Eldre NILU-rapporter fra prosjektet	80
Vedlegg A	Værstatistikk Svanvik, Karpdalen, Nyrud og Kirkenes lufthavn Høybuktmoen.....	83
Vedlegg B	10-minuttersverdier og timemiddelverdier SO ₂ , januar - desember 2016	90
Vedlegg C	Elementer i luft i 2016 - Ni, Cu, Co, As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn.....	104

1. Sammendrag: Luft- og nedbørkvalitet i grense-områdene mot Russland i 2016

Grenseområdene mellom Russland og Norge er rike på metaller og mineraler. Ved byen Nikel i Russland har det siden 1930-tallet vært smelteverk som produserer nettopp nikkel. Malmen som videreføres er rik på tungmetaller som nikkel og kobber, men inneholder også en viss mengde svovel (~5-6 %). Dette medfører at smelteverkene slipper ut store mengder svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller. Disse utslippene påvirker luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene. Pasvikdalen og Jarfjord i Sør-Varanger kommune har de høyeste målte konsentrasjonene av SO₂ og tungmetaller i Norge. ESA har påpekt at Norge har helse-/miljøskadelige verdier i luft.

Utslipp

Utslippene av SO₂ fra briketteringsanlegget i Zapoljarnij og nikkelsmelteverket i Nikel i Russland er rundt 100 000 tonn i året. Dette er omlag 6 ganger større enn Norges totale SO₂-utslipp. På 1970/80-tallet var utslippene over 400 000 tonn i året. De høye utslippene den gang skyldtes import av svovelholdig malm fra Norilsk i Sibir. Briketteringsanlegget i Zapoljarnij har nylig gjennomgått en oppgradering med nye produksjonslinjer og dette vil gi reduserte utslipp fra Zapoljarnij (ned til om lag 8 000 tonn SO₂ pr år), men økte utslipp fra Nikel på kort sikt. Nikel ligger nærmere norskogrensene enn Zapoljarnij og endringen i utslippsmønsteret er ventet å gi økt miljøbelastning på norsk side. De russiske verkene slipper også ut tungmetaller. Nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) regnes som spormetaller fra nikkerverkene.

Måleprogram

NILU har gjort målinger av luftforurensninger i grenseområdene siden 1974 på oppdrag fra norske myndigheter (nå Miljødirektoratet, Klima- og miljødepartementet). På Svanvik i Pasvikdalen og i Karpdalen ved Jarfjord måles SO₂ (monitor), tungmetaller i svevestøv og nedbør, samt meteorologi. I Karpbukt måles uorganiske¹ komponenter i nedbør. På Viksjøfjell er det utplassert passive prøvetakere for måling av langtidsmidler av SO₂.



Figur 1: Norske målestasjoner for luftkvalitet, nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene mellom Norge og Russland i kalenderåret 2016.

¹ Som uorganiske komponenter regnes SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺.

Luftkvalitet - SO₂

En oppsummering av måleresultatene for SO₂ i 2016 er gitt i Tabell 1. Målingene viser at miljøbelastningen av SO₂ på Svanvik i 2016 var om lag som i 2015 (noen parametre økte, andre minket). I Karpdalen var miljøbelastningen grunnet SO₂ høyere i 2016 enn i 2015. Økte utslipp i Nikel etter ombygging og reduksjon i Zapoljarnij er ventet å gi økt miljøbelastning i Karpdalen siden Karpdalen er rett nord for Nikel og fremherskende vindretning er fra sør vinterstid.

Målinger med passive prøvetakere på Viksjøfjell viser høye gjennomsnittsverdier. Middelverdi for sommersesongen 2016 var omlag 19 µg/m³, for vintermånedene var middelverdien omlag 33 µg/m³. Utfra målingene kan det ikke sees en reduksjon i nivåene av SO₂ på Viksjøfjell i 2016, dvs. etter at utslippene fra Zapoljarnij er redusert.

Tabell 1: Viktige nøkkeltall for SO₂ fra målingene i 2016

Kalenderåret 2016	Svanvik	Karpdalen
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m ³	11	85
Høyeste 10-minuttersverdi µg/m ³	1112	721
¹⁾ Antall timemiddel > 350 µg/m ³	4	43
Høyeste timemiddelverdi µg/m ³	578	600
²⁾ Antall døgnmiddel > 125 µg/m ³	1	7
Høyeste døgnmiddel µg/m ³	155	429
³⁾ Middelverdi vinter µg/m ³ (vinteren 2015/16)	7,9	29,8
Middelverdi sommer µg/m ³	3,5	7,7
³⁾ Årsmiddelverdi µg/m ³	5,7	17,9

1) Norsk grenseverdi for timemiddelverdi av SO₂ er 350 µg/m³ og denne kan overskrides 24 ganger per kalenderår.

2) Norsk grenseverdi for døgnmiddelverdi av SO₂ er 125 µg/m³ og denne kan overskrides tre ganger per kalenderår.

3) Norsk grenseverdi for vinterperioden (1. oktober-31. mars) og kalenderår er 20 µg/m³.

Måleresultatene i Tabell 1 viser at norske grenseverdier er overholdt på Svanvik i 2016, både når det gjelder timemiddelverdi (gjennomsnitt over en time), døgnmiddelverdi (gjennomsnitt over et døgn) og middelverdi for vintersesong og kalenderår. I Karpdalen er grenseverdi for timemiddel overskredet i 2016 da det forekom 43 timeverdier over 350 µg SO₂/m³ og tillatt antall overskridelser pr. kalenderår er 24. Likeledes er grenseverdi for døgnmiddel (125 µg SO₂/m³ med tre tillatte overskridelser pr kalenderår) også overskredet i Karpdalen i 2016 med sju verdier. Sesongmiddel for vinterhalvår (20 µg SO₂/m³) er overskredet i Karpdalen for vinteren 2015/16 med målt gjennomsnittskonsentrasjon 29,8 µg SO₂/m³.

Luftkvalitet - tungmetaller

På Svanvik og i Karpdalen gjøres det prøvetaking av tungmetaller i svevestøv/luft, dvs ukeprøver av Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co og Cr, V og Al². Gjennomsnittskonsentrasjonen for de to stasjonene er gitt i Tabell 2. Målinger av tungmetaller i luft og nedbør på Svanvik og i Karpdalen viser forhøyede konsentrasjoner av spormetaller fra nikkilverkene (nikkel, kobber, kobolt og arsen). Målsettingsverdiene (Ni og As) ble overholdt i 2016 både på Svanvik og i Karpdalen.

²Pb: bly, Cd: kadmium, Zn: sink, Ni: nikkel, As: arsen, Cu: kobber, Co: kobolt, Cr: krom, V: vanadium, Al: aluminium. Al er ikke tungmetall, men inkluderes her. Likeledes, As er et metalloid/halvmetall.

Tabell 2: Middelverdier av metaller i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2016 ¹.

Kalenderåret 2016	Svanvik	Karpdalen
Ni ng/m ³	7,24	7,56
Cu ng/m ³	5,88	6,27
Co ng/m ³	0,29	0,31
As ng/m ³	1,73	2,25

1) Målsettingsverdier ("target value") for tungmetaller er 20 ng/m³ for nikkel og 6 ng/m³ for arsen gitt som årsmiddel (gjeldende fra 1. januar 2013). Dette gjelder innholdet av tungmetaller i PM₁₀-fraksjonen.

Nedbørkvalitet

Tre stasjoner har prøvetaking av nedbør, Karpbukt (uorganiske komponenter), Svanvik og Karpdalen (begge 10 tungmetaller/elementer). Ni, As, Cu og Co regnes som spormetaller fra produksjonen ved smelteverkene. Avsetningen med nedbør av Ni, As, Cu og Co er vanligvis langt høyere om sommeren enn om vinteren på Svanvik. Dette skyldes høyere frekvens av vind fra Nikel mot Svanvik sommerstid. Karpdalen er mest utsatt vinterstid. Avsetning av tungmetaller i nedbør har økt markant fra 2004 sammenlignet med tiden før 2004.

Meteorologi

Om sommeren er vindretningen variabel. Hyppigst forekommende vindretning om vinteren er fra sørlig kant. Dette medfører at Karpdalen har høyere konsentrasjoner vinterstid (Karpdalen ligger nord for Nikel og Zapoljarnij). Minimumstemperaturen på Svanvik i 2016 var -35,8°C (7. januar) og maksimumstemperaturen 26,8°C (3. juli). Middelttemperaturen siste periode (et år) var 1,8°C på Svanvik og 1,9°C i Karpdalen.

1.1 Резюме/russisk

Качество атмосферного воздуха и осадков в приграничных районах в 2016 г

Примыкающие к границе России и Норвегии территории богаты металлами и минералами. Пгт Никель получил свое название благодаря металлу, выплавка которого ведется здесь с 1930-х гг. Перерабатываемая руда богата тяжелыми металлами, например, никелем и медью, и содержит, кроме того, некоторое количество серы (ок. 5-6%), что приводит к выбросу плавильными печами больших объемов сернистого ангидрида (SO₂) и тяжелых металлов. Эти выбросы влияют на качество атмосферного воздуха и окружающую среду на приграничных территориях. В долине реки Паз (Pasvikdalen) и поселке Ярфьорд (Jarfjord) (муниципалитет Сёр-Варангер (Sør-Varanger)) зафиксированы самые высокие в Норвегии концентрации SO₂ и тяжелых металлов. Наблюдательный орган ЕАСТ (ESA) отметил, что в атмосферном воздухе Норвегии содержатся концентрации, вредные для здоровья населения и окружающей среды.

Выбросы

Выбросы SO₂ из цеха брикетирования в Заполярном и горно-металлургического комбината в Никеле (Россия) составляют около 100 тыс. тонн в год, что примерно в 6 раз больше суммарных выбросов SO₂ Норвегии. В 1970-80-х гг. выбросы составляли более 400 тыс. тонн в год. В то время большие объемы выбросов объяснялись высоким содержанием серосодержащей руды, поступавшей из Норильска. В цехе брикетирования в г. Заполярном недавно произведена модернизация, внедрены новые производственные линии, что приведет к снижению объемов выбросов в Заполярном (примерно до 8 тыс. тонн SO₂ в год) и одновременно - на короткое время - к их увеличению в Никеле. Никель расположен ближе к границе с Норвегией, чем Заполярный, и ожидается, что изменение схемы выбросов приведет к увеличению экологической нагрузки на норвежской стороне границы. С горно-металлургического комбината также идут выбросы тяжелых металлов. Металлами-индикаторами производства никеля считаются никель (Ni), медь (Cu), кобальт (Co) и мышьяк (As).

Программа измерений

Норвежский институт исследования атмосферного воздуха (NILU) с 1974 г. проводит измерения загрязнений атмосферного воздуха в приграничных районах по государственному заказу (в настоящее время по заказу Агентства окружающей среды при Министерстве климата и окружающей среды).

В Сванвике (Svanvik) в долине р. Паз и в Карпдалене (Karpdalen) возле Ярфьорда измеряются концентрации SO₂ (с помощью монитора), тяжелых металлов во взвешенной пыли и атмосферных осадках, а также метеорологические условия. В Карпбукте (Karpbukta) измеряются неорганические³ компоненты атмосферных осадков. На горе Виксёфьелл (Viksøfjell) размещены пассивные пробоотборники для измерения долгосрочных средних показателей SO₂.

³ Неорганическими компонентами считаются SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺.



Рис. 1: Расположение норвежских станций, проводивших в 2016 календарном году измерения качества атмосферного воздуха, качества осадков и метеорологических условий в районе границы между Норвегией и Россией.

Качество атмосферного воздуха - SO₂

Обобщение зафиксированных показателей SO₂ за 2016 г. приведено в Таблице 1. Измерения показывают, что в Сванвике экологическая нагрузка от SO₂ в 2016 г. была примерно такой же, как в 2015 г. (некоторые параметры возросли, некоторые уменьшились). В Карпдалене экологическая нагрузка от SO₂ в 2016 г. была выше, чем в 2015 г. Ожидается, что увеличение выбросов в Никеле после модернизации комбината и снижение их в Заполярном приведут к увеличению экологической нагрузки в Карпдалене, поскольку Карпдален расположен по прямой линии к северу от Никеля, а в зимнее время там преобладают южные ветры.

Измерения с помощью пассивных пробоотборников на горе Викшёфьелл показывают повышенные средние концентрации. Средний показатель за летний сезон 2016 г. составил ок. 19 мкг/м³, а в зимние месяцы - ок. 33 мкг/м³. Измерения не зафиксировали снижения уровня SO₂ на Викшёфьелле в 2016 г. после снижения выбросов в Заполярном.

Таблица 1: Важные ключевые показатели SO₂ в измерениях 2016-го года

2016-й календарный год	Сванвик	Карпдален
Кол-во 10-минутных показателей >500 мкг/м ³	11	85
Максимальный 10-минутный показатель, мкг/м ³	1112	721
¹⁾ Кол-во среднечасовых показателей > 350 мкг/м ³	4	43
Максимальный среднечасовой показатель, мкг/м ³	578	600
²⁾ Кол-во среднесуточных показателей > 125 мкг/м ³	1	7
Максимальный среднесуточный показатель, мкг/м ³	155	429
³⁾ Средний показатель за зиму, мкг/м ³ (зима 2015/16 гг.)	7,9	29,8
Средний показатель за лето, мкг/м ³	3,5	7,7
³⁾ Среднегодовой показатель, мкг/м ³	5,7	17,9

1) Предельно допустимый среднечасовой показатель SO₂ составляет в Норвегии 350 мкг/м³, его превышение допускается 24 раза в течение одного календарного года.

2) Предельно допустимый среднесуточный показатель SO₂ составляет в Норвегии 125 мкг/м³, его превышение допускается 3 раза в течение одного календарного года.

3) Предельно допустимый уровень за зимний период (1 октября-31 марта) и за календарный год составляет 20 мкг/м³.

Приведенные в Таблице 1 результаты измерений показывают соблюдение в 2016 г. в Сванвике норвежских предельно допустимых концентраций, как по среднечасовым показателям (средней величине за час), среднесуточным показателям (средней величине за сутки), так и по средним показателям за зимний сезон и за календарный год. В Карпдалене предельный среднечасовой показатель в 2016 г. был превышен, поскольку было зафиксировано 43 среднечасовых показателя, превышающих 350 мкг SO²/м³, в то время, как допускается 24 превышения в календарный год. Предельный среднесуточный показатель (125 мкг SO²/м³ при допущении трех превышений в календарный год) был превышен в Карпдалене в 2016 г. семь раз. Средний показатель за зимний сезон (20 мкг SO²/м³) превышался в Карпдалене зимой 2015-2016 гг., средняя концентрация в зимнее полугодие составила 29,8 мкг SO²/м³.

Качество атмосферного воздуха - тяжелые металлы

В Сванвике и Карпдалене еженедельно отбираются пробы на содержание во взвешенной пыли (атмосферном воздухе) тяжелых металлов - Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co, Cr, V и Al⁴. Средние концентрации, зарегистрированные на двух станциях, приведены в Таблице 2. Измерения содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе и осадках в Сванвике и Карпдалене выявляют повышенные концентрации металлов-индикаторов производства никеля (никель, медь, кобальт и мышьяк). В 2016 г. ни в Сванвике, ни в Карпдалене не было превышений целевых показателей (Ni, As).

Таблица 2: Средние показатели металлов в атмосферном воздухе в Сванвике и Карпдалене за 2016-й календарный год¹.

2016-й календарный год	Сванвик	Карпдален
Ni нг/м ³	7,24	7,56
Cu нг/м ³	5,88	6,27
Co нг/м ³	0,29	0,31
As нг/м ³	1,73	2,25

1) Целевые показатели ("target value") по тяжелым металлам (никель - 20 нг/м³, мышьяк - 6 нг/м³) указаны как среднегодовые величины (введены с 1 января 2013 г.) и касаются содержания тяжелых металлов во фракции PM₁₀.

Качество атмосферных осадков

Отбор проб атмосферных осадков проводится с трех станций - в Карпбукте (на неорганические компоненты), в Сванвике и Карпдалене (на 10 тяжелых металлов/элементов). Ni, As, Cu, Co считаются металлами-индикаторами деятельности горно-металлургического комбината. В Сванвике осаждение Ni, As, Cu и Co с атмосферными осадками обычно гораздо больше летом, чем зимой. Это объясняется более высокой частотностью ветров со стороны Никеля по направлению к Сванвику в летнее время. Карпдален больше подвержен этим ветрам в зимний период. Осаждение тяжелых металлов с атмосферными осадками резко увеличилось с 2004 г. по сравнению с периодом до 2004 г.

⁴ Pb - свинец, Cd - кадмий, Zn - цинк, Ni - никель, As - мышьяк, Cu - медь, Co - кобальт, Cr - хром, V - ванадий, Al - алюминий. Алюминий не является тяжелым металлом, хотя и включен сюда, так же, как и мышьяк, являющийся металлоидом, т.е. полуметаллом.

Метеорологические условия

Летом направление ветра изменчиво. Зимой преобладают южные ветры, что означает повышение концентраций в зимнее время в Карпдалене (поскольку Карпдален находится севернее Никеля и Заполярного). Самая низкая температура в Сванвике в 2016 г. была $-35,8^{\circ}\text{C}$ (7 января), а самая высокая $26,8^{\circ}\text{C}$ (3 июля). Средняя температура прошлого периода измерений (за год) составила $1,8^{\circ}\text{C}$ в Сванвике и $1,9^{\circ}\text{C}$ в Карпдалене.

1.2 Tiivistelmä/finsk

Venäjän vastaisten raja-alueiden ilman- ja sadeveden laatu 2016

Venäjän ja Norjan välinen rajaseutu on hyvin metalli- ja mineraalirikasta aluetta. Venäjällä sijaitsevassa Nikkelissä on ollut nimensä mukaisesti nikkeliä tuottava sulatto 1930-luvulta lähtien. Jatkojalostettava malmi sisältää paljon raskasmetalleja, kuten nikkeliä ja kuparia, mutta myös jonkin verran rikkiä (~5-6 %). Tämän takia sulaton päästöt sisältävät suuria määriä rikkidioksidia (SO₂) ja raskasmetalleja. Nämä päästöt vaikuttavat raja-alueiden ilmanlaatuun ja ympäristöön. Paatsjoen laaksossa ja Jarfjordin (Rautavuonon) alueella Etelä-Varangin kunnassa on mitattu Norjan korkeimmat SO₂- ja raskasmetallipitoisuudet. ESA on tuonut esille, että Norjan ilmatilassa olevat pitoisuudet ovat vaarallisia terveydelle ja ympäristölle.

Päästöt

Zapoljarnyn briketointilaitoksen ja Nikkelin sulaton yhteiset vuosittaiset SO₂- päästöt ovat noin 100 000 tonnia. Luku on noin kuusinkertainen Norjan SO₂-kokonaispäästöihin verrattuna. Päästöt olivat 1970/80-luvuilla yli 400 000 tonnia vuodessa. Suuret päästöt johtuivat tuolloin rikkipitoisen malmin tuonnista Siperian Norilskista. Zapoljarnyn briketointilaitos on jonkin aikaa sitten nykyaikaistettu uusilla tuotantolinjoilla, mikä vähentää Zapoljarnyn päästöjä (noin 8 000 tonniin SO₂ vuodessa), mutta lisää lyhyellä aikavälillä Nikkelin päästöjä. Nikkeli sijaitsee lähempänä Norjan rajaa kuin Zapoljarny ja päästöissä tapahtuvien muutosten odotetaan lisäävän ympäristönkuormitusta Norjan puolella rajaa. Venäjän laitokset aiheuttavat myös raskasmetallipäästöjä. Nikkelilaitosten hivenmetalleja ovat (Ni), kupari (Cu), koboltti (Co) ja arseeni (As).

Mittausohjelma

Norjan ilmantutkimuslaitos NILU on mitannut raja-alueiden ilmansaasteita vuodesta 1974 lähtien maan viranomaisten toimeksiannosta. Nykyinen toimeksiantaja on ilmasto- ja ympäristöministeriön alainen ympäristövirasto. Paatsjoenlaaksossa sijaitsevalla Svanvikin asemalla ja Rautavuonon Karpdalenissa tarkkaillaan rikkidioksidia (SO₂) (seuranta), meteorologisia olosuhteita, raskasmetalleja leijumassa ja sadevedessä. Karpbuktissa mitataan epäorgaanisia⁵ pääkomponentteja sadevedestä. Viksjøfjell-tunturiin (Rautavuonon tunturiin) on lisäksi asennettu mittareita rikkidioksidin pitkäaikaiskeskiarvoille.

⁵ Epäorgaanisia komponentteja ovat mm. SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺.



Kuva 1: Norjalaisia mittausasemia, joissa tarkkaillaan ilman- ja sadevedenlaatua sekä meteorologisia olosuhteita Norjan ja Venäjän välisillä raja-alueilla kalenterivuonna 2016.

Ilmanlaatu, SO₂

Taulukossa 1 nähdään tiivistelmä SO₂-mittausten tuloksista vuodelta 2016. Tulosten perusteella voidaan todeta, että SO₂:n aiheuttama ympäristönkuormitus on Svanvikissa tällä mittausjaksolla ollut noin vuoden 2015 tasolla. Jotkut muuttujista olivat nousseet, toiset taas laskeneet. SO₂:sta johtuva ympäristönkuormitus oli Karpdalenissa vuonna 2016 vuotta 2015 suurempi. Nikkelin lisääntyvien päästöjen odotetaan Zapoljarnyn uudistamisen ja vähentyvien päästöjen seurauksena lisäävän Karpdalenin ympäristönkuormitusta johtuen sen sijainnista suoraan Nikkelistä pohjoiseen ja koska vallitseva tuulensuunta talvisin on etelästä.

Viksjøfjellin passiivisen näytteenoton mittaustulosten keskiarvot olivat korkeita. Kesäkauden 2016 keskiarvo oli noin 19 µg/m³ ja talvikeskiarvo oli noin 33 µg/m³. Viksjøfjellin mittausten perusteella SO₂-tasoissa ei vuonna 2016 voida nähdä laskua Zapoljarnyn päästöjen vähentymisen jälkeenkään.

Taulukko 1: Tärkeitä SO₂:n tunnuslukuja vuoden 2016 mittauksista

Kalenterivuosi 2016	Svanvik	Karpdalen
> 500 µg/m ³ 10-minuuttiarvojen määrä	11	85
Korkein µg/m ³ 10-minuuttiarvo	1112	721
¹⁾ > 350 µg/m ³ tuntikeskiarvojen määrä	4	43
Korkein tuntikeskiarvo µg/m ³	578	600
²⁾ > 125 µg/m ³ vuorokausikeskiarvojen määrä	1	7
Korkein vuorokausikeskiarvo µg/m ³	155	429
³⁾ Keskiarvo talvella 2015/2016 µg/m ³	7,9	29,8
Keskiarvo kesällä µg/m ³	3,5	7,7
³⁾ Vuosikeskiarvo µg/m ³	5,7	17,9

1) Norjassa raja-arvo SO₂:n tuntikeskiarvolle on 350 µg/m³, joka saa ylittyä 24 kertaa kalenterivuoden aikana.

2) Norjassa raja-arvo SO₂:n vuorokausikeskiarvolle on 125 µg/m³, joka saa ylittyä kolme kertaa kalenterivuoden aikana.

3) Norjassa raja-arvo talvikaudella (1. 10.-31. 3.) ja kalenterivuodelle on 20 µg/m³.

Taulukosta 1 luettavista mittaustuloksista käy ilmi, että Svanvikissa pysyttiin 2016 norjalaisissa raja-arvoissa sekä tuntikeskiarvoissa (keskiarvo tunnin aikana), vuorokausikeskiarvoissa (keskiarvo vuorokauden aikana) että talvikauden ja kalenterivuoden keskiarvoissa. Karpdalenissa tuntikeskiarvon raja-arvo ylitettiin 2016, kun 43 tunti-arvoa ylitti $350 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Sallittu tuntiarvojen ylitys kalenterivuoden aikana on 24 kertaa. Karpdalenissa on vuorokausikeskiarvon raja-arvo ($125 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$, kolme sallittua raja-arvon ylitystä kalenterivuoden aikana) myös ylittynyt seitsemän kertaa vuoden 2016 aikana. Vuoden talvipuoliskon kauden keskiarvo ($20 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$) on Karpdalenissa talvella 2015-2016 ylittynyt, kun keskimääräiseksi pitoisuudeksi on mitattu $29,8 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$.

Ilmanlaatu, raskasmetallit

Svanvikin ja Karpdalenin asemilla otetaan näytteitä raskasmetalleista leijumassa/ilmassa, toisin sanoen viikkonäytteet seuraavista: Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co ja Cr, V ja Al[1]. Näillä kahdella asemalla mitattujen pitoisuuksien keskiarvot ilmoitetaan taulukossa 2. Svanvikin ja Karpdalenin raskasmetallimittaukset ilmasta ja sadevedestä osoittavat sulattamon hivenmetallien (nikkeli, arseeni, kupari ja koboltti) kohonneita pitoisuuksia. Tavoitearvot (Ni ja As) saavutettiin vuonna 2016 sekä Svanvikissa että Karpdalenissa.

Taulukko 2:

Svanvikin ja Karpdalenin asemilla ilmasta mitatut metallien keskiarvot kalenterivuonna 2016¹⁾

Kalenterivuosi 2016	Svanvik	Karpdalen
Ni ng/m ³	7,24	7,56
Cu ng/m ³	5,88	6,27
Co ng/m ³	0,29	0,31
As ng/m ³	1,73	2,25

1) Raskasmetallien tavoitearvot ("target value") ovat vuosikeskiarvoina ilmoitettuina 20 ng/m^3 nikkelille ja 6 ng/m^3 arseenille (voimassa 1.1.2013 lähtien). Tämä koskee raskasmetallien määrää PM_{10} -hiukkasessa.

Sadannan laatu

Näytteitä sadeveden laadun analysoimiseksi otetaan kolmella asemalla: Karpbukassa, Svanvikissa ja Karpdalenissa. Karpbukasta näytteistä analysoidaan epäorgaaniset pääkomponentit, kun taas Svanvikin ja Karpdalenin näytteistä analysoidaan 10 raskasmetallia/elementtiä. Nikkeliä, arseenia, kuparia ja kobolttia pidetään sulattamojen hivenmetalleina. Sadannan laskeumat (Ni, As, Cu ja Co) ovat Svanvikissa tavallisesti huomattavasti korkeampia kesällä kuin talvella. Tämä johtuu siitä, että Nikkelistä tuulee eniten Svanvikiin päin kesäisin. Karpdalen altistuu eniten talviaikaan. Metallipitoisuudet

[1]Pb: lyijy, Cd: kadmium, Zn: sinkki, Ni: nikkeli, As: arseeni, Cu: kupari, Co: koboltti, Cr: kromi, V: vanadium, Al: alumiini. Alumiini ei ole raskasmetalli, mutta siitä raportoidaan tässä yhteydessä. Arseeni on puolestaan metalloidi/puolimetalli.

sadannassa ovat lisääntyneet huomattavasti vuodesta 2004 verrattuna aikaan ennen vuotta 2004.

Säähavainnot

Tuulen suunta vaihtelee kesäisin. Talvisin tuuli puhaltaa useimmiten etelän suunnasta. Tämän vuoksi Karpdalenin pitoisuudet ovat korkeimmillaan talvisin (Karpdalen on Nikkelin ja Zapoljarnyn pohjoispuolella). Alin lämpötila Svanvikissa 2016 oli -35,8 °C (7.1.) ja korkein 26,8 °C (3.7.). Viime vuosiseurantajakson keskilämpötila oli Svanvikissa 1,8 °C ja Karpdalenissa 1,9 °C.

1.3 Summary: Air and precipitation quality in the Norwegian-Russian border areas in 2016

The soil in the border areas between Russia and Norway is rich in metals and minerals. In the city of Nikel in Russia there has been a smelter producing nickel since the 1930's. The ore has a high content of nickel and other metals, but it also contains a certain percentage of sulphur (typically 5-6%). As a result, the smelters emit large quantities of sulphur dioxide (SO₂) and metals. These emissions affect air quality and the environment in the border areas. The Pasvik valley and Jarfjord area in South-Varanger municipality have the highest measured concentrations of SO₂ in all of Norway. EFTA Surveillance Authority has pointed out breaches of EEA legislation related to air quality in the border areas.

Emissions

The total emissions of SO₂ from the briquetting facility in Zapolyarny and the smelter in Nikel sum up to around 100 000 tonnes per year. This is about 6 times larger than the total SO₂ emissions from all sources in Norway. In the 1970's/80's the emissions of SO₂ were even higher, more than 400 000 tonnes per year. These high emissions were due to use of ore imported from Norilsk in Siberia, with a very high content of sulphur. The briquetting facility in Zapolyarny has been modernized recently with two new production lines. This upgrade will reduce the emissions from Zapolyarny to about 8 000 tonnes annually, but the emissions from Nikel are expected to increase in the short term. Nikel is located close to the Norwegian border and the change in emission pattern is expected to give higher environmental impact in Norway. The smelters also emit elements like nickel (Ni), copper (Cu), cobalt (Co) and arsenic (As). These are considered trace metals from smelter activity.

Monitoring Programme

NILU has been monitoring air pollution in the border areas since 1974, funded by Norwegian Authorities (Norwegian Environment Agency, Ministry of Climate and Environment). At Svanvik in the Pasvik valley and in Karpdalen in the Jarfjord area there is monitoring of SO₂ (continuously), heavy metals analysis in particles/PM₁₀ and precipitation, as well as meteorological parameters. In Karpbukt there is sampling of inorganic components in precipitation. At Viksjøfjell there is passive sampling of SO₂ (14-days mean).



Figure 1: Norwegian monitoring stations for air quality, precipitation quality and meteorology in the border areas between Norway and Russia in 2016.

Air quality - SO₂

A summary of the monitoring results for SO₂ in 2016 is given in Table 1. The monitoring results show that the environmental impact from SO₂ pollution at Svanvik in 2016 was about the same as in 2015 (some parameters were higher, some were lower). In Karpdalen, the environmental impact from SO₂ pollution was higher in 2016 than in 2015. Increased emissions from Nikel due to the upgrade of the briquetting facility and reduced emissions from Zapolyarny are expected to give stronger environmental impact in Karpdalen since Karpdalen is located north of Nikel and the prevailing wind direction is from south during wintertime.

Monitoring of SO₂ at Viksjøfjell using passive samplers shows high mean values. Mean value for the summer season 2016 was about 19 µg/m³, for the winter season the average value was about 33 µg/m³. The values at Viksjøfjell have not been reduced in 2016, after the upgrade and modernization of the Zapolyarny facility.

Table 1: Key values for SO₂ results in 2016.

Calendar year 2016	Svanvik	Karpdalen
# 10 minute average values > 500 µg/m ³	11	85
Highest 10 minute average value µg/m ³	1112	721
¹⁾ # Hourly average values > 350 µg/m ³	4	43
Highest hourly average value µg/m ³	578	600
²⁾ # Daily averages > 125 µg/m ³	1	7
Highest daily average µg/m ³	155	429
³⁾ Average value µg/m ³ winter (winter 2015/16)	7.9	29.8
Average value µg/m ³ summer	3.5	7.7
³⁾ Annual mean value µg/m ³	5.7	17.9

1) The Norwegian limit value for hourly mean SO₂ concentrations is 350 µg/m³, and can be exceeded no more than 24 times a year.

2) The Norwegian limit value for daily mean SO₂ concentration is 125 µg/m³, and can be exceeded no more than 3 times a year.

3) The Norwegian limit value for impacts on ecosystems is 20 µg/m³ SO₂ per winter season and per calendar year.

The values presented in Table 1 show that the monitoring results for SO₂ at Svanvik are in compliance with Norwegian legislation, both concerning hourly mean values, daily mean values and seasonal mean for winter, as well as annual mean value. In Karpdalen, the limit value for hourly mean values is exceeded. There were 43 hourly mean values over 350 µg/m³ and maximum number given in the legislation is 24. In addition, the limit value for daily mean values is also exceeded in 2016. There were 7 daily mean values over 125 µg/m³, while maximum number given in the legislation is 3. The seasonal winter average value is also exceeded in Karpdalen for winter 2015/16, average value was 29.8 µg/m³ SO₂, while maximum value given in the legislation is 20 µg/m³.

Air quality - elements

Both at Svanvik and in Karpdalen there is analysis of heavy metals in PM₁₀/air samples, i.e Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co, Cr, V and Al⁶. The mean concentrations found at these two stations are given in Table 2. Monitoring of metals in air and precipitation at Svanvik and in Karpdalen shows enhanced concentrations of specific trace metals from the smelting industries (nickel, copper, cobalt and arsenic). The values presented in Table 2 show that the monitoring results for Ni and As are in compliance with Norwegian target values both at Svanvik and in Karpdalen, given as annual mean values in PM₁₀.

Table 2: Average values of elements found in air at Svanvik and in Karpdalen during calendar year 2016.

Calendar year 2016	Svanvik	Karpdalen
¹⁾ Ni ng/m ³	7.24	7.56
Cu ng/m ³	5.88	6.27
Co ng/m ³	0.29	0.31
¹⁾ As ng/m ³	1.73	2.25

1) The target values for metals are 20 ng/m³ for nickel and 6 ng/m³ for arsenic in PM₁₀ given as annual mean.

Precipitation Quality

Precipitation quality is monitored at Svanvik, in Karpdalen and in Karpbukt. Samples from Karpbukt are analyzed for inorganic components, while samples from Svanvik and Karpdalen are analyzed for metals. Ni, Cu, Co and As are considered trace metals from smelter activity. The deposition of metals Ni, Cu, Co, and As with precipitation is normally a lot higher during summer than during winter at Svanvik. This is due to the fact that the frequency of wind from the direction of Nikel towards Svanvik is significantly higher during summer in comparison to winter. Karpdalen experiences higher values during wintertime. Deposition of metals with precipitation has increased from 2004 in comparison to years before 2004.

Meteorology

During summer, wind direction at Svanvik is variable. The most frequently occurring wind direction during winter is from the south. This means that Karpdalen experiences the highest concentrations during winter time (Karpdalen is located north of Nikel and Zapolyarny). The minimum temperature recorded in 2016 was -35.8 °C at Svanvik (7. January 2016) and the maximum temperature recorded at Svanvik was 26.8 °C (3. July 2016). The average temperatures for the calendar year 2016 were 1.8 °C at Svanvik and 1.9 °C in Karpdalen.

⁶Pb: lead, Cd: cadmium, Zn: zinc, Ni: nickel, As: arsenic, Cu: copper, Co: cobalt, Cr: chromium, V: vanadium, Al: aluminium. As is strictly speaking not a metal but a metalloid, but is listed among metals here.

2. Utslipp, målinger og grenseverdier

Grenseområdene mellom Russland og Norge er rike på metaller og mineraler. Ved byene Nikel og Zapoljarnij i Russland er det gruver og smelteverk som produserer nikkel. Malmen som videreforedles er rik på nikkel og andre tungmetaller, men inneholder også en viss mengde svovel (~5-6 %). Dette medfører at smelteverkene slipper ut store mengder svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller. Disse utslippene påvirker luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene.

2.1 Historikk om utslipp

Området øst i Pasvikdalen var finsk fra 1920 og fram til krigen (kalt Finskekilen eller Petsamo). Sommeren 1921 fant en ung, finsk geologistudent nikkel i berggrunnen i dette området. På 1930-tallet ble det anlagt smelteverk ved byen Kolosjoki for å utvinne og foredle disse nikkelforekomstene. Nikkel er en viktig bestanddel i rustfritt stål og smelteverket var et viktig strategisk mål under 2. verdenskrig/ Fortsettelseskrigen / Den store Fedrelandskrigen (Jacobsen, 2006). Etter siste krig ble området øst for Pasvikelva en del av Sovjetunionen og byen og smelteverket skiftet navn til Nikel. Det har pågått utvinning og produksjon av nikkel siden den gang. Etter oppløsningen av Sovjetunionen og opprettelsen av Den russiske føderasjon på 1990-tallet ble verket privatisert. Verket eies i dag av Kola Bergverkskompani (på russisk benevnt Кольская ГМК / Kolskaya GМК, på engelsk benevnt Kola MMC / Kola Mining and Metallurgical Company, dvs det lokale selskapet), som igjen er en del av NorNickelkombinatet.

Aktiviteten i grenseområdene består i dag av gruver rundt Zapoljarnij og Nikel⁷. Derrest et anrikningsanlegg i Zapoljarnij hvor malmen knuses, oppkonsentreres og hvor det lages nevestore malmbriketter. Derfor kalles også anlegget i Zapoljarnij for briketteringsanlegg. Brikettene sendes så til smelteverket i Nikel (se bildet på forsiden) som produserer nikkelmatte. Nikkelmatte er et mellomprodukt i foredlingen av nikkelmalm og inneholder omlag 40 % nikkel. Deretter sendes nikkelmatten til smelteverket i Monchegorsk som videreforedler denne og produserer ren nikkel og andre nikkelrelaterede produkter. Kart (Figur 2) på side 23 viser geografisk plassering av utslippskildene og NILUs målestasjoner. Utslippene av svoveldioksid fra Nikel og Zapoljarnij skyldes høyt innhold av svovel i selve malmen. Utslippene av SO₂ fra smelteverkene i grenseområdene har gått gradvis nedover de siste 20-30 årene, men totale svovelutslipp fra virksomhetene i Nikel og Zapoljarnij utgjør fortsatt omlag 100'000 tonn SO₂ per år. Fram til desember 2015 var utslippsfordelingen 60'000 tonn fra Nikel og rundt 40'000 tonn fra Zapoljarnij. Totalutslippet er mer enn 5-6 ganger større enn Norges samlede utslipp.

Anlegget i Zapoljarnij har de senere år gjennomgått en modernisering med installering av nye produksjonslinjer. Ombyggingen har til dels budt på store tekniske problemer og utfordringer, men det ser nå ut til at problemene er løst. Det er tidligere opplyst fra smelteverket at første

⁷ For videre detaljer, se <http://www.nornik.ru/en/about-norilsk-nickel/operations/kola-mmc/> [URL 23-05-2017]

produksjonslinje ble satt i drift i desember 2014, og det er nå stadfestet at den siste produksjonslinjen ble satt i drift i desember 2015⁸.

Moderniseringen innebærer to vesentlige forandringer. De nye produksjonslinjene vil gi nevestore briketter, ikke små pellets som tidligere. Brikettene er større og gir mindre friksjon og derved mindre støvutslipp. For det andre innebærer moderniseringen at malmbrikettene tørkes, ikke røstes⁹ slik de ble tidligere. Dermed vil svovelet forbli i malmen og ikke slippes ut. Utslippene av SO₂ i Zapoljarnij vil etter planen reduseres til 8'000 tonn pr år (fra rundt 40'000 tonn pr år tidligere). Men svovelet forblir i malmbrikettene og vil deretter slippes ut fra anlegget i Nikel når brikettene videreføres der. Reduksjonen i Zapoljarnij vil derved gi økte utslipp i Nikel. Nikel ligger nærmere norskegrensen enn Zapoljarnij og endringen i utslippsmønsteret er ventet å gi økt miljøbelastning på norsk side. Det eksisterer planer for ombygging og oppgradering av smelteverket i Nikel, men dette vil ta noe lenger tid.

Etter planen vil moderniseringen også innebære at utslipp av tungmetaller fra Zapoljarnij vil reduseres i og med at utslipp av støv blir mindre.

Sent 1970- og tidlig 1980-tallet var de totale utslippene fra Nikel og Zapoljarnij over 400'000 tonn SO₂ per år. De store utslippene den gang, skyldtes bruk av malm fra Norilsk i Sibir med meget høyt innhold av svovel (opptil 24 % S). I dag brukes kun lokal malm.

I tillegg til SO₂ er det også anselige utslipp av tungmetaller fra anleggene i Nikel og Zapoljarnij. De offisielle rapporterte utslippstallene for 2009 utgjorde til sammen 330 tonn nikkell og 158 tonn kobber.



Bilde 1: Røyken fra smelteverket i Nikel sett fra torget foran rådhuset 18. april 2015. Bildene er tatt med kun få minutters mellomrom. Den gule bygningen er rådhuset i Nikel. Bildene viser hvordan utslippene kan skifte raskt, både med tanke på mengde og farge (gul røyk på venstre bilde og svart røyk på høyre). Merk dog at røyken her kommer fra to ulike piper. Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

Bilde 1 og Bilde 2 (neste side) viser eksempler på utslipp fra smelteverket i Nikel slik de sees lokalt. Angående utslipp vist i Bilde 1 og Bilde 2, så er SO₂ en usynlig gass og synes derfor ikke på bildene. Røyken som sees er hovedsakelig vanndamp og partikler. Fargen på røyken kan variere fra tilnærmet hvit, gulaktig, ulike sjatteringer i grått og over mot svart (se spesielt

⁸ Opplysningene om moderniseringen er gitt under møte i Zapoljarnij 18. mars 2016, BEAC Working Group on Environment.

⁹ Røsting er den prosessen som utføres når malm varmes opp over lang tid for å fjerne forurensning/uønskede komponenter fra malmen.

bilde av røyken fra Nikel i Bilde 2). Årsaken til variasjonen er ukjent. En stor andel av utslippene er såkalte diffuse utslipp som slippes ut direkte fra selve smeltehallen og



Bilde 2: Røyken fra smelteverket i Nikel sett fra isen på Pasvikelva ved Utnes. Bildene er tatt 18. april 2016 om kvelden. Øverst vises nærbilde av utslippene, mens nederste bilde viser hvordan den svarte røyken stiger opp til et visst nivå og bringes så horisontalt sørover. Røykfanen kan sees som en svart stripe på himmelen flere mil av gårde. Legg også merke til de diffuse utslippene, samt røyken fra skorsteinen til varmekraftverket i Nikel (til høyre nedenfor verket). Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

bygningene, ikke fra pipene. Dette er røyk og avgasser som slippes ut nær bakken og som forblir i bakkenivå ved stabile forhold. Diffuse utslipp bidrar til høye bakke-konsentrasjoner i smelteverkets nærområde, og utslippene driver innover Nikel by ved vind fra nordlig kant (byen ligger like sørvest for verket). På mange måter fungerer ikke pipene etter hensikten. Formålet med en pipe er å slippe ut forurensningen høyt oppe slik at utslippet fortynnes og konsentrasjonen er lavere når røykfanen når bakken. Ved utslipp i bakkenivå blir konsentrasjonen meget høy nær utslippspunktet. Andelen diffuse utslipp virker å ha økt de senere årene. En mulig forklaring er at sørveggen på smelteverket er tatt ned og røyk unnslipper direkte ut i friluft fra smelتهallen.

Det kan også virke som om utslippene generelt og også diffuse utslipp har økt sist vinter sammenlignet med tidligere uten at det er bekreftet gjennom overvåking. Utslippene i Zapoljarnij er redusert og det er forventet at utslippene vil øke i Nikel. Det skal bli interessant å følge målingene framover på norsk og russisk side og se hvordan endret utslippsmønster vil påvirke konsentrasjonene.

Vedrørende utslipp av tungmetaller er det installert rensiltak i pipene (filtre), slik at pipeutslipp inneholder en forholdsmessig mindre andel svevestøvpartikler med tungmetaller sammenlignet med diffuse utslipp som kommer direkte fra bygningene.

Bilde 2 er en god illustrasjon av utslippene og forurensningen i Nikel. Her driver utslippene sørover inn over Nikel by. En forholdsvis stor andel av utslippene kommer direkte fra bygningene. Da får utslippene intet løft, og det er svært liten fortynning før utslippet når bakken. Resultatet er høye målte bakkekonsentrasjoner i nærområdet (jfr Murmansk UGMS sitt måleprogram).

Mengden utslipp/røykgass fra smelteverket i Nikel er sterkt varierende på kort tidsskala. Med kun minutter mellomrom kan det variere fra tilnærmet intet utslipp til så å velte røyk ut av pipene/bygningene. Dette skyldes produksjonsmønsteret. Eksempelvis er det plutselig økte utslipp når smelтеdигlene tømmes i smelتهallen.

Ellers ga norske myndigheter i 1991 tilsagn om støtte på 300 millioner kroner til modernisering og innføring av rensiltak i Nikel. NorNickel-konsernet meldte i desember 2009 at tiltakene ikke blir gjennomført og støtten ble derved trukket tilbake (se eks. Hønneland og Rowe, 2008 for bakgrunnshistorikk).

Utslippene fra smelteverkene bidrar til forhøyede konsentrasjoner av svoveldioksid og tungmetaller i Pechenga og Sør-Varanger og luftforurensningen i grenseområdene mellom Russland og Norge er betydelig. Smelteverket i byen Nikel ligger 7 km fra den norske grensen. Når vinden kommer fra øst vil røyken fra smelteverket komme inn over Pasvikdalen og gi høye, kortvarige konsentrasjoner, såkalte "episoder". Ved vind fra sør vil utslippene fra Nikel bringes inn over Karpdalen og Jarfjordfjellet. Dette er særlig fremtredende om vinteren da hyppigst forekommende vindretning er fra sør. Utslipp fra Zapoljarnij blåser inn over Jarfjordområdet ved østlig og sørlig vind.

Fra 2004 og framover har man observert en økning i konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør (se Tabell 16,

Tabell 17, samt Figur 14 i kap. 5.3). Denne økningen ble også observert i andre, uavhengige måleprogrammer i grenseområdene (eks Garmo et al, 2016).

Utslippene fra smelteverket i Nikel kommer som tidligere nevnt både fra pipene og fra selve bygningene (diffuse utslipp). Om vinteren er det dårlige spredningsforhold, dvs. svak vind og inversjon. Inversjon er et værphenomen der temperaturen øker opp til et visst høydenivå hvorpå temperaturen igjen avtar med høyden. Dette skyldes igjen avkjøling fra bakken og opptrer typisk om vinteren og om natten. Temperaturmaksimumet virker som et lokk og hindrer vertikal spredning ifra bakken. Utslipp under dette nivået (diffuse utslipp fra bygningene) vil ikke slippe igjennom lokket. Dette sees ved at utslippet fra bygningene ved smelteverket driver langs bakken med meget langsom vertikal fortykning opp til et visst nivå. Utslippet fra pipene er ofte over dette lokket og blandes raskt i den frie atmosfære, dog ikke nedover. Inversjon opptrer som nevnt ofte om vinteren. Da er hyppigst forekommende vindretning fra sør (se vindroser i Figur 3), og utslippene driver da (heldigvis) nordover og vekk fra selve Nikel by.

Om sommeren og på dagtid er lufta mer ustabil pga. oppvarming fra sola. Da er det relativt god vertikal blanding, og utslippene fra bygningene blandes oppover og utslipp fra pipene blandes nedover. Imidlertid ligger Nikel by såpass nær smelteverket at utslippene fra bygningene uansett vil drive langs bakken innover byen ved vind fra nord, avstanden/tiden er for kort slik at utslippene ikke rekker å blandes mye vertikalt. Bilde 2 viser spredning fra smelteverket. Røykfanene fra bygningene og pipe er adskilt nær smelteverket, men så blandes de og former en gråhvit fane som driver inn over Nikel by.

2.2 Måleprogram i 2016

I 2016 ble det foretatt målinger og prøvetaking ved i alt fire norske stasjoner i grenseområdene mellom Norge og Russland; Svanvik, Karpdalen, Karpbukt og Viksjøfjell. Svanvik og Karpdalen måler SO_2 kontinuerlig med monitorer, samt at det er prøvetaking for tungmetaller i luft og nedbør. I tillegg måles det meteorologiske parametre. I Karpbukt gjøres det prøvetaking av nedbør for analyse av uorganiske komponenter, mens det på Viksjøfjell måles langtidsmidler av SO_2 (14 dager). Kart som viser plasseringen av stasjonene er vist i Figur 2.



Figur 2: Norske målestasjoner for luftkvalitet, nedbørskvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene mellom Norge og Russland i kalenderåret 2016. Data fra de norske stasjonene rapporteres og analyseres i denne studien.

På Svanvik og i Karpdalen måles SO_2 med kontinuerlig registrerende instrumenter. Data fra stasjonene overføres trådløst til NILU med GSM eller GPRS senest 2 timer etter at målingene er utført. Etter en enkel automatisk kvalitetskontroll for å luke ut åpenbare feil legges dataene ut på internett tilgjengelig for publikum (www.luftkvalitet.info). Disse dataene er ikke endelig kvalitetskontrollerte. Ved hvert månedsskifte gjennomgår dataene en grundig kvalitetssjekk (SO_2 og meteorologi) og de skaleres for å kompensere for drift i instrumentet (SO_2). Deretter legges de over i NILUs databaser. SO_2 -instrumentene på Svanvik og i Karpdalen

kalibreres av lokal stasjonsholder omlag en gang pr. uke. Alle instrumenter gjennomgår kvartalsvis ettersyn av ingeniør fra NILU.

På Svanvik og i Karpdalen tas det også filterprøver av tungmetaller i luft/svevestøv (PM_{10}) for de ti metallene Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co, Cr, V og Al¹⁰ (dog er As strengt tatt et halvmetall/metalloid). Tungmetaller vil aldri opptre i gassform ved normal trykk og temperatur. Tungmetaller som måles her er festet til partikler/svevestøv. Uttrykkene "tungmetaller i luft" og "tungmetaller i svevestøv" beskriver samme fenomen og brukes ofte om hverandre. Filtrene skiftes av lokale stasjonsholdere og sendes NILU for analyse. Siden grenseverdiene for tungmetaller i luft er satt for årsmiddel i PM_{10} , er det mest relevant og anvendelig å ta ukeprøver som i sum utgjør kontinuerlige målinger. Denne metoden gir middelkonsentrasjon, men ikke maksimumskonsentrasjon/ maksimal belastning.

Både på Svanvik og i Karpdalen måles vindhastighet, vindretning, temperatur og relativ fuktighet, lufttrykk, samt om det har regnet (nedbørsindikator) ved hjelp av Vaisala WTX-520. Instrumentene på Svanvik er plassert i 10 m høyde over bakken for å få målinger som er upåvirket av bygninger (målebua) og eksempelvis trær (se Bilde 3). I Karpdalen er instrumentet plassert 4 m over bakken (se Bilde 4).

På Viksjøfjell måles SO_2 med passive prøvetakere. Dette er små «brikker» som eksponeres og som så sendes til NILU for analyse. Prøvetakerne eksponeres i 14 dager av gangen og analysen gir gjennomsnittlig konsentrasjon for denne perioden.

I Karpbukt, på Svanvik og i Karpdalen tas det ukesprøver av nedbør. Prøvene fra Karpbukt analyseres med hensyn på nedbørmengde, ledningsevne, pH og de uorganiske komponentene SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ (gitt som ioner), mens prøvene fra Svanvik og Karpdalen analyseres med hensyn på de samme 10 komponentene som i luft (Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co, Cr, V og Al), samt nedbørmengde.

Data fra dette prosjektet publiseres også i NILUs oversiktsrapporter som presenterer resultater fra overvåkingen av luft- og nedbørkjemi i Norge i 2016 (Bohlin-Nizzetto og Aas, 2017, Aas et al., 2017).

Resultater fra måleprogrammet er også presentert i felles rapporter om luftkvaliteten i grenseområdene utarbeidet av den norsk-russiske ekspertgruppen for luft. Første rapport ble publisert i mars 2015¹¹ (Mokrotovarova et al., 2015), mens oppdatert rapport (med resultater t.o.m. 2015) ble overlevert den felles norsk-russisk miljøkommisjon i mai 2017 (Pettersen et al., 2017). Rapportene gir en god oversikt over norske og russiske grenseverdier for luftkvalitet, måle- og analysemetoder, samt måleprogram og -resultater på norsk og russisk side.

EU-direktivet 2008/50/EC krever måledata minst 90% av tiden hvert år for de stasjonene som skal innrapportere SO_2 måledata til EU. Dette kravet er oppfylt på de norske stasjonene (Svanvik og Karpdalen).

¹⁰ Pb: bly, Cd: kadmiom, Zn: sink, Ni: nikkel, As: arsen, Cu: kobber, Co: kobolt, Cr: krom, V: vanadium, Al: aluminium.

¹¹ Nedlastbar fra: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2015/Januar1/Russian-Norwegian-ambient-air-monitoring-in-the-border-areas/> [URL 04-05-2017]

Målestasjon Svanvik

NILU har målt luftkvaliteten på Svanvik siden 1974. Målestasjonen er vist i Bilde 3. Svanvik er en viktig målestasjon, ikke bare for dette måleprogrammet, men også for Strålevernet, NIBIO/LMT, NVE ¹² m.fl. Dette gjenspeiles av alle de ulike instrumentene som er utplassert. Svanvik ligger 8 km vest for Nikel og pipene ved smelteverket og røyken kan sees fra Svanvik.



Bilde 3: NILUs målestasjon på Svanvik. Den ligger ute på jordet ved Svanhovd miljøsenter (NIBIO). Merk inntak for støvmålinger på taket til venstre og inntak for SO₂-målinger på taket til høyre (svanehals). Masten har meteorologiinstrumenter i 10 m høyde. To nedbørprøvetakere til høyre tar prøver for tungmetaller. Instrumentet helt til høyre tilhører NVE. Stativet med metallplater i bakgrunnen er en del av et europeisk korrosjonsprosjekt (Grøntoft og Ferm, 2014). Strålevernets instrumenter er skjult bak måleboden.

¹² Strålevernet: engelsk nrpa, Norwegian Radiation Protection Authority. LMT: Landbruksmeteorologisk tjeneste (NIBIO AgroMetBase). NVE: Norges Vassdrags- og Energidirektorat.

Målestasjon Karpdalen

Det har vært to stasjoner i Karpdalen. Opprinnelig var det en stasjon på gården Nyjord fra 1986-1988 som målte døgnprøver. Så ble stasjonen flyttet i oktober 1988 samtidig som det ble installert monitor som ga timemiddelverdier (se omfanget av basisundersøkelsen 1988-1991 i Tabell 7). Monitoren var i drift til 1991, men det ble gjort døgnprøver til 1994. Så var stasjonen ute av drift i 14 år før den ble gjenåpnet 16. oktober 2008. Motivasjonen for å reetablere målingene i Karpdalen var å få en bedre oversikt over eksponeringen på befolkningen også nord for smelteverkene. Som nevnt er hyppigst forekommende vindretning fra sør vinterstid og utslippene bringes nordover mot Jarfjordfjellet og Karpdalen. Målingene gjort under basisundersøkelsen 1988-1991 viste at Viksjøfjell hadde de høyeste konsentrasjonene i vintermånedene (Sivertsen et al., 1991). Men på Jarfjordfjellet bor det ingen mennesker og det er noen utfordringer knyttet til infrastruktur (værhardt og uten vei store deler av året). Karpdalen ble derfor vurdert som best egnet for å tallfeste eksponering på befolkning. Stasjonen er vist i Bilde 4.



Bilde 4: Målestasjonen i Karpdalen sett fra sør-øst. Stasjonen er plassert ute på et myrete jorde, samme sted som i 1988-94. Det er ikke høytvoksende vegetasjon rundt stasjonen. Like vest for stasjonen er det en liten kolle. Måleboden har trakt og svanehals på taket til venstre som er inntak for SO_2 , mast til høyre er meteorologi-instrumenter. Legg også merke til barduneringen, det er værhardt i Karpdalen om vinteren. Til venstre for måleboden står prøvetaker for tungmetaller i luft. Den hvite nedbørsamleren for tungmetaller i nedbør er plassert midt mellom måleboden og veien. Merk også nærhet til vei og strøm, infrastruktur er viktig kriterium for valg av plassering av målestasjon.

Andre stasjoner og måleprogrammer i grenseområdene

Landbruksmeteorologisk datatjeneste (NIBIO) har også to værstasjoner på Svanvik som måler vind og temperatur i 2 og 10 m høyde. Meteorologisk institutt har værstasjon ved Kirkenes lufthavn (Høybukthoen) som måler vindretning, vindhastighet, temperatur, nedbør og luftfuktighet. I oktober 2012 ble det også opprettet en målestasjon ved Nyrud som måler nedbør, temperatur og snødybde. Stasjonen på Nyrud var erstatning for en tidligere stasjon på Noatun (se vedlegg A). Resultater fra alle disse tre stasjonene brukes til å kvalitetssikre dataene fra NILUs program og de legges løpende ut på www.yr.no. I tillegg har Pasvik Kraft en nedbørmåler på Skogfoss som måler mengde nedbør og snødybde på døgnbasis (se Bilde 8 på side 37) for bilde av stasjonen).

Svanvik er også en av 33 stasjoner som er med i et landsdekkende varslingsnettverk som kontinuerlig måler radioaktivitet i omgivelsene, radnett¹³. Dette nettverket driftes av Statens strålevern og ble etablert etter Tsjernobyl-ulykken i 1986. Stasjonen overfører data via GPRS, og det varsles automatisk hvis strålingen går over fastsatte grenser (Møller et al., 2016). I tillegg har Svanvik og Viksjøfjell to av seks luftfilterstasjoner som er en del av Statens stråleverns nettverk for overvåknings- og varslingsystem for radioaktivitet i luft (de fire andre er Skibotn, Ørland, Østerås og Sola, se Møller et al., 2016). Filtrene herfra byttes ukentlig.



Bilde 5: Målestasjonen på Nyrud øverst i Pasvikdalen, om lag 65 km sør for Svanvik og 4 km sør for Noatun. Nedbørsamler til venstre, masten til høyre har termometer og måler for snødybde. Stasjonen driftes av Meteorologisk institutt. Bak sees Nyrud gård som nå er politistasjon, Pasvikelva skimtes bak bjørketrærne og også øya Vaarlamasari på russisk side. Bildet er tatt 27. mai 2017. Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

I Russland installerte Murmansk Avdeling for hydrometeorologi og miljøovervåking (heretter benevnt Murmansk UGMS) i 2010 monitorer som måler SO₂ i Nikel og Zapoljarnij (Optec C-

¹³ For mer informasjon, se <http://radnett.nrpa.no> [URL 08-06-2015]

105). Resultatene fra disse målingene er offentlig tilgjengelige¹⁴. Dette gjør at både Russland og Norge måler luftkvalitet (SO₂) i grenseområdene ved hjelp av monitor med høy tidsoppløsning og dataene er av likeverdig og høy vitenskapelig kvalitet. Samarbeidet mellom Russland og Norge om miljøovervåkingen fungerer godt og den norsk-russiske ekspertgruppen for luft møtes jevnlig for å utveksle data og informasjon.

Finland har også egne målestasjoner som måler konsentrasjoner av SO₂. I finsk Lappland er det nå to stasjoner med SO₂-målinger, Muonio og Enare. Måleresultatene legges fortløpende ut på internett på samme måte som i Norge¹⁵ (se også referanseliste kap. 7 for utfyllende adresser).

2.3 Grenseverdier fra EUs luftkvalitetsdirektiver og norske luftkvalitetskriterier

Norge implementerte i 2002 EU-direktivene for luftkvalitet i "Forskrift om lokal luftkvalitet". Dette innebærer at EUs grense- og målsetningsverdier er et minstekrav til luftkvalitet i Norge og at overskridelser av grense- og målsetningsverdiene utløser krav om avbøtende tiltak for å bedre luftkvaliteten. Denne forskriften er fra 1.7.2004 en del av "Forskrift om begrensning av forurensning" (forurensningsforskriften¹⁶). Kommunene er delegert forurensningsmyndighet etter forskriften om lokal luftkvalitet, kapittel 7.

Gjennom EU-direktivene for luftkvalitet, 2008/50/EC og 2004/107/EC, gir forurensningsforskriftens kapittel 7 en rekke terskelverdier i tillegg til selve grense- og målsetningsverdiene. Overskridelser av disse utløser forskjellige plikter for forurensningsmyndigheten og anleggseiere (forurenser). Følgende begreper er viktige å forstå:

- *grenseverdi*: et nivå som er fastsatt for å unngå, forebygge og minske de skadelige effektene på helse og/eller på miljøet i sin helhet, som skal oppnås innen en viss tidsfrist, og som ikke skal overskrides når det er oppnådd. Overskridelser utløser krav om tiltak hos anleggseier.
- *målsetningsverdi*: et nivå med samme hensikt som grenseverdiene. Overskridelser utløser krav om tiltak hos anleggseier så lenge kostnadene ikke er uforholdsmessig høye.
- *alarmterskel*¹⁷: et nivå som ved kortvarig eksponering utgjør en risiko for menneskers helse og der forurensningsmyndighet umiddelbart skal sette i gang informasjonstiltak.
- *øvre vurderingsterskel*: et nivå som gir føringer for omfang av overvåkingsprogram innenfor et område. Ved overskridelse av øvre vurderingsterskel er "høykvalitetsmålinger" obligatoriske. Det er også plikt til å utarbeide tiltaksutredning ved nivåer over denne terskelen. Terskelverdien regnes som overskredet hvis konsentrasjonene har vært over terskelen minimum tre år av de siste fem.
- *nedre vurderingsterskel*: et nivå som gir føringer for omfang av overvåkingsprogram. Så lenge det ikke gjennomføres representative målinger andre steder i regionen er overvåking påkrevd ved overskridelse av nedre vurderingsterskel. Noen "høykvalitetsmålinger" kan imidlertid erstattes med

¹⁴ http://www.kolgimet.ru/monitoring-zagrjaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrjaznenie-atmosfernogo-vozdukha/?no_cache=1 [URL 04-05-17]

¹⁵ <http://www.ilmanlaatu.fi/ilmanynt/nyt/ilmanynt.php> [URL 04-05-2017]

¹⁶ FOR 2004-06-01 nr 931: <http://www.lovddata.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#7-6> [URL 04-05-2017]

¹⁷ Se forurensningsforskriftens kap 7, § 7-10 Alarmterskler.

beregningsmetoder så lenge konsentrasjonen ikke er over øvre vurderingsterskel. Ved konsentrasjoner under dette nivået er det tilstrekkelig med beregningsmetoder og faglig skjønn for å vurdere luftkvaliteten. Terskelverdien regnes som overskredet hvis konsentrasjonene har vært over terskelen minimum tre år av de siste fem.

Tabell 3 gir grenseverdier, alarmterskel, vurderingsterskler for SO₂ i luft for beskyttelse av helse og økosystemer. Grenseverdiene for beskyttelse av helse trådte i kraft i 2005, mens grenseverdien for beskyttelse av økosystemer trådte i kraft i 2002. I tillegg er Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttets luftkvalitetskriterier¹⁸ gitt. Dette er helsemessige betraktninger av hvilke konsentrasjoner som gir et minimum av helseeffekter i befolkningen og har ingen forvaltningsmessig status.

Tabell 4 gir målsetningsverdier, vurderingsterskler og luftkvalitetskriterier for nikkel, arsen og kadmium i luft for beskyttelse av helse + grenseverdi for bly. Konsentrasjonene beregnes ut fra totalt innhold av PM₁₀-fraksjonen. Målsetningsverdiene trådte i kraft i 2013.

Tabell 3: Grenseverdier, alarmterskel, vurderingsterskler og luftkvalitetskriterier for SO₂ i utendørs luft for beskyttelse av helse og økosystemer¹⁹.

Type grenseverdi	Virkning på	Gjelder innen	Femten minutters-verdi (µg/m ³)	Timemiddel-verdi (µg/m ³)	Døgnmiddel-verdi (µg/m ³)	Oktobermars (µg/m ³)	Kalenderår (µg/m ³)	Antall tillatte overskridelser i kalenderåret	Grenseverdien gjeldende fra		
Grenseverdi	Helse	EU / EØS		350				24	01.01.2005		
Alarmterskel				500 ¹⁾							
Grenseverdi								125		3	01.01.2005
Øvre vurderingsterskel								75		3	
Nedre vurderingsterskel			50	3							
Luftkvalitetskriterium	Helse	Norge	300		20			0			
Grenseverdi	Økosystem	EU / EØS				20	20	0	04.10.2002		
Øvre vurderingsterskel							12	12		0	
Nedre vurderingsterskel							8	8		0	

¹⁾ Helsefare ved eksponering i minst 3 påfølgende timer.

Som tidligere nevnt krever EU-direktivet 2008/50/EC måldata minst 90% av tiden hvert år for de stasjonene som skal innrapportere SO₂ måldata til EU. Når det gjelder målinger av

¹⁸ <https://www.fhi.no/publ/2013/luftkvalitetskriterier---virkninger/> [URL 04-05-2017]

¹⁹ µg betegner mikrogram, dvs. 1/1'000'000 gram ("million'te dels") gram.

tungmetaller krever EU-direktivet 2004/107/EC måledata minst 14 % av tiden for indikative målinger og 50 % av tiden for kontinuerlige målinger. Kravet til datafangst er 90 % av denne tiden. EU-direktivene gir videre krav om årlige rapporteringer fra medlemslandene senest 9 måneder etter årets slutt. Bl.a. skal det rapporteres om soner hvor grense- og målsetningsverdier overskrides, hvilke nivåer som er målt, og på hvilke dager disse nivåene er målt. Videre skal årsaken til de høye verdiene rapporteres (artikkel 27 i 2008/50/EC). Senest to år etter utgangen av det året slike høye konsentrasjoner er registrert, skal EU-kommisjonen overleveres tiltaksutredninger som beskriver tiltak som må gjennomføres for at grense- og målsetningsverdiene skal overholdes innen direktivets frist og overholdes etter fristen (artikkel 23). Hvert 3. år skal EU-kommisjonen underrettes om framdriften knyttet til gjennomføringen av tiltak.

Verdens helseorganisasjon (WHO) utarbeider også retningslinjer (Air quality guideline) for nivåer av luftforurensning. Disse kan sammenliknes med de norske luftkvalitetskriteriene. WHO's grense for SO₂ korttidsmiddel er 500 µg/m³ som gjennomsnitt over 10 minutter. Dette tilsvarer i praksis WHO's tidligere retningslinje på 350 µg/m³ som timemiddelverdi. WHO anbefaler døgnmiddelkonsentrasjoner under 20 µg/m³, som tilsvarer de norske luftkvalitetskriteriene.

Tabell 4: Målsetningsverdier for tiltak, vurderingsterskler og luftkvalitetskriterier for arsen, kadmium og nikkell i utendørs luft for beskyttelse av helse²⁰ samt grenseverdi for bly.

Type grenseverdi		Virkning på	Gjelder innen	Kalenderår (ng/m ³)	Målsetningsverdien gjeldende fra
Arsen	Målsetningsverdi	Helse	EU / EØS	6	1.1.2013
	Øvre vurderingsterskel			3,6	
	Nedre vurderingsterskel			2,4	
	Luftkvalitetskriterium		Norge	2	
Kadmium	Målsetningsverdi	Helse	EU / EØS	5	1.1.2013
	Øvre vurderingsterskel			3	
	Nedre vurderingsterskel			2	
	Luftkvalitetskriterium		Norge	2,5	
Nikkel	Målsetningsverdi	Helse	EU / EØS	20	1.1.2013
	Øvre vurderingsterskel			14	
	Nedre vurderingsterskel			10	
	Luftkvalitetskriterium		Norge	10	
Bly	Årsgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	Helse	EU / EØS	0,5 µg/m ³	

For tungmetaller i vann er tålegrense for nikkell i nedbør beregnet til 4-6 mg/(m² år) for Øst-Finnmark (gitt som avsetning). Dette gjelder med tanke på drikkevann (Reinds et al., 2006).

²⁰ ng betegner nanogram, dvs. 1/1'000'000'000 ("milliard'te del") gram.

EUs regelverk gjelder altså for Norge gjennom EØS-avtalen. Russland er ikke medlem av EU og grense- og målsetningsverdiene nevnt i dette kapitlet kommer derfor ikke til anvendelse i Russland. EUs grense- og målsetningsverdier er sammen med nasjonale luftkvalitetskriterier likevel brukt som sammenligningsgrunnlag i denne rapporten. Disse verdiene representerer konsentrasjoner og avsetninger med ulike grader av effekter på miljø og helse.

Russiske grenseverdier er utførlig presentert i fellesrapporten fra ekspertgruppen (Pettersen et al., 2017). Russland opererer med begrepet MAC («Maximum Allowable Concentration»). For korttidsmidler (i praksis 20-minutter) er grensen $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for SO_2 . For døgnmiddel og årsmiddel er MAC $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3. Måleresultater meteorologi 2016

Meteorologiske målinger, spesielt vindretning og -hastighet, er grunnleggende for å bestemme spredning, transport og avsetning av luftforurensning. I et måleprogram hvor det gjøres kontinuerlige målinger (monitorer) er det derfor svært viktig å samtidig måle meteorologiske parametre. NILU gjør målinger av meteorologiske parametre både på Svanvik og i Karpdalen.

Smelteverket i Nikel er den største enkeltkilden for forurensning i området, men det finnes ingen meteorologiske målinger fra Nikel som er åpent tilgjengelige. Svanvik ligger cirka 8 km vest for Nikel by, og er den norske stasjonen som ligger nærmest smelteverket. Karpdalen ligger ved Jarfjordfjellet om lag 30 km nord for Nikel. Stasjonsplasseringene er vist i Figur 2. Stasjonen på Svanvik ligger fritt og målingene herfra regnes for å være representative for forholdene i området og analyseres i dette kapitlet. De meteorologiske måleresultatene lagres som timemiddelverdier.

Manglende vinddata i perioder om vinteren skyldes som regel problemer med snø på instrumentet. Dette oppdages som oftest ved at målingene viser konstant vindhastighet og/eller -retning over en lengre periode. Det er tegn på at noe er galt og resultatene strykes. Disse periodene sammenfaller som regel også med lav temperatur.

Vinteren 2015/16 var det tidvis store problemer med meteorologiinstrumentet på Svanvik, først og fremst med sensoren for vindretning og -hastighet. Dette gjenspeiles i den lave datadekningen visse måneder (eksempelvis 23,4% i januar 2016 for vind, mens dekning er 100% for de andre parametrene). Instrumentet ble byttet i februar (også lav datadekning), men problemene vedvarte. En sammenligning mellom NILUs instrument og LMTs instrument på Svanvik viser i perioden til dels store forskjeller (dog ikke alltid). Også en sammenligning mellom NILUs instrumenter på Svanvik og i Karpdalen viser at det innimellom var noe galt med vindmålingene fra Svanvik. En løsning på dette ville vært å gå gjennom dataene og kvalitetssikre ved å luke ut opplagte gale data, men beholde plausible verdier. Men det er viktig å ha en sammenhengende og konsistent dataserie i analysen. I vindrosen og analysen av vindretning vs. SO₂-konsentrasjoner for vinteren 2015/16 er derfor dataserien for LMTs instrument brukt. I mars ble NILUs instrument byttet igjen og fra 1. april 2016 fungerer instrumentet tilfredsstillende.

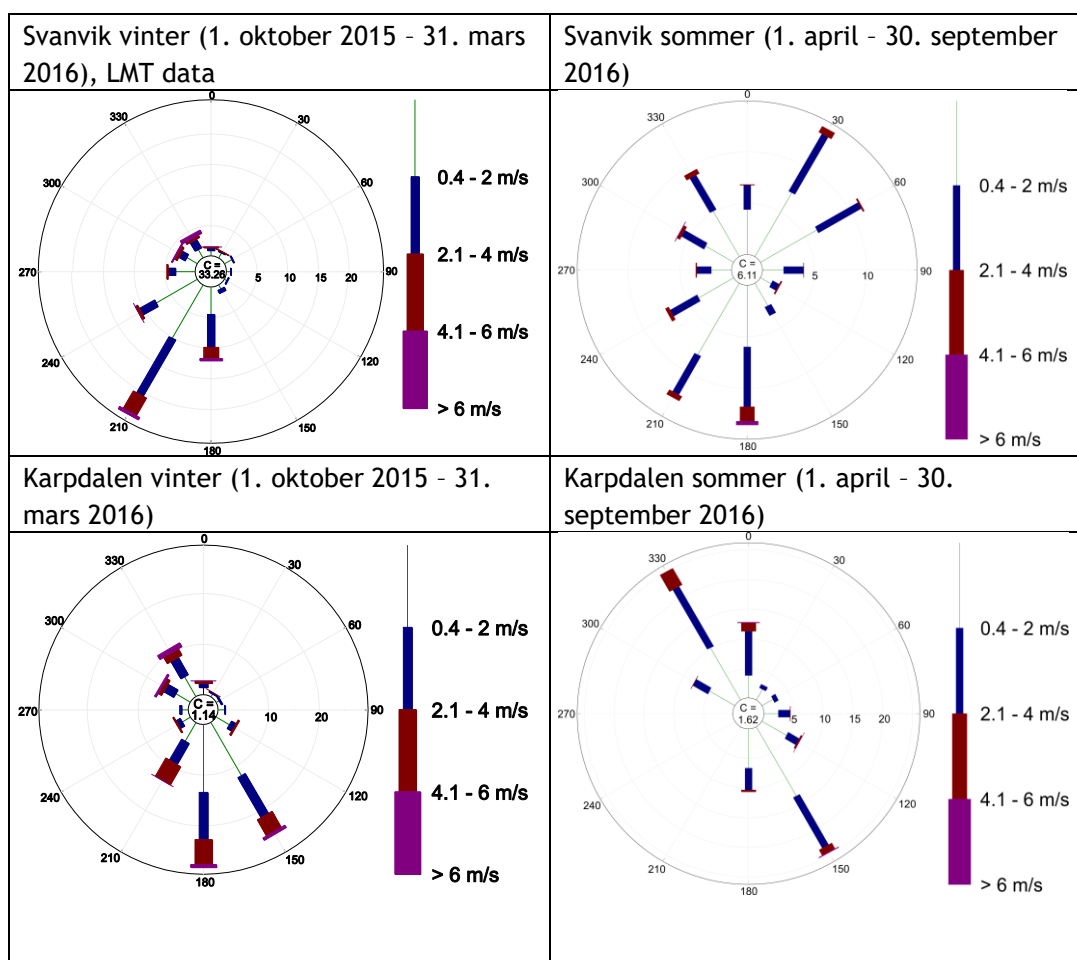
Tabeller med detaljerte meteorologiske data gjengis i Vedlegg A.

3.1 Vindmålinger

Figur 3 viser vindroser for periodene oktober 2015-mars 2016 (vintersesong) og april-september 2016 (sommersesong) fra Svanvik og Karpdalen. Vindrosene viser frekvensen av vind i tolv 30-graders sektorer, dvs. hvor ofte det blåser fra disse retningene. Symbolet C i midten av vindrosene står for frekvensen av vindstille (i prosent). Med vindstille menes her at gjennomsnittlig vindhastighet har vært mindre enn 0,4 m/s.

Om sommeren «blåser det fra alle kanter» på Svanvik. Smelteverket ligger øst-sørøst for Svanvik (se Figur 2) og vind fra østlig til sørøstlig kant (sektorene 90°, 120° og 150°) vil bringe utslippene fra Nikel mot Svanvik. Anlegget i Zapoljarnij ligger nærmest rett øst for Svanvik og øst-nordøst (sektorene 60° og 90°) kan bringe utslipp fra Zapoljarnij inn mot Svanvik. Om vinteren er hyppigst forekommende vindretning på Svanvik klart fra sør/sørlig kant. Disse vindretningene vil bringe utslippene nordover fra Nikel, bort fra selve Nikel by og inn over Jarfjordfjellet og Karpdalen. Høyeste timemiddelvind på Svanvik ble målt 15. mars 2016 (11,2 m/s). Dette er noe svakere maksimum enn foregående måleperiode.

Vinden i Karpdalen er preget av topografiske effekter. I Karpdalen er hyppigst forekommende vindretning om sommeren fra sør og sørøst og nord og nordvest hvor vinden følger dalføret ut/inn dalen. Om vinteren er hyppigst forekommende vindretning klart fra sør og sør-sørøst hvor vinden kommer fra sørlig retning i over 2/3 av tiden. Vind fra sør og sør-øst bringer utslipp fra smelteverkene inn over Karpdalen. Vind fra vest forekommer sjelden, det er en kolle like vest for stasjonen (Bilde 4).



Figur 3: Vindroser fra Svanvik og Karpdalen for periodene oktober 2015 - mars 2016, dvs. vinter og april-september 2016, dvs. sommer (vindrosene viser frekvensen av vind i tolv 30-graders sektorer, dvs. hvor ofte det blåser fra disse retningene). Merk at «Svanvik vinter» viser data fra LMT.



Bilde 6: Sola kunne sees på Svanvik første gang etter mørketida tirsdag 19. januar 2016. Egentlig skulle sola dukke opp mandag 18., men da var det overskyet. Fotograf Alexander Kopatz, NIBIO Svanhovd.

3.2 Temperatur

Sommeren 2016 var relativt varm med flere perioder med temperaturer over 20°C fra juni til august. Temperaturene lå også jevnt over eller lik normalen (Vedlegg A), i motsetning til sommeren før (2015) som var preget av lave temperaturer og lite «sommervarme». Den høyeste temperaturen på NILUs stasjon på Svanvik i perioden var 26,8°C og ble målt 3. juli kl. 13-14 (norsk sommertid). Maksimumstemperaturen i Karpdalen var 27,6°C, også målt 3. juli kl. 14-15. Likeledes hadde Kirkenes lufthavn maksimumstemperatur 3. juli med 28,0°C, mens Nyrod opplevde sin varmeste dag 24. juli med maksimum 28,5°C.

Den laveste temperaturen ved NILUs instrument på Svanvik var $-35,8^{\circ}\text{C}$ (7. januar 2016 kl. 4-5). Første gang man så sola på Svanvik etter mørketiden var tirsdag 19. januar (Bilde 6), dvs. egentlig skulle den vært synlig mandag 18., men da var det overskyet. I Karpdalen var minimumstemperaturen $-34,0^{\circ}\text{C}$ (igjen 7. januar 2016 kl. 4-5). Kirkenes lufthavn hadde $-31,5^{\circ}\text{C}$ som minimum, mens Nyrud hadde $-38,7^{\circ}\text{C}$ som laveste temperatur (også 7. januar 2016). Siste frostnatt på Svanvik (T målt 10 m over bakken) våren 2016 var natten mellom 3. og 4. mai. Første tilfelle av frost høsten 2016 forekom 17. oktober. Dvs. at det var nesten fem og en halv måneder uten frost i Pasvik sommeren 2016.

Det er lokale forskjeller i temperatur og nattefrost på bakken kan forekomme selv om sommeren. Snøfall er observert i alle årets 12 måneder i Pasvik. Karpdalen og Kirkenes lufthavn ligger nærmere kysten enn Svanvik og Nyrud og har generelt lavere maksimumstemperatur og høyere minimumstemperatur. Merk også at maksimumstemperaturen er over 0°C for alle månedene ($0,0^{\circ}\text{C}$ for Svanvik januar 2016), dvs. at det vanligvis er milde perioder selv vinterstid. Middeltemperaturen siste periode (et år) var $1,8^{\circ}\text{C}$ på Svanvik og $1,9^{\circ}\text{C}$ i Karpdalen. Dette er noe høyere enn forrige periode.

3.3 Luftens relative fuktighet



Bilde 7: Tåke i Gjøkbukta, Øvre Pasvik naturreservat, 4. august 2014. Bildet er tatt fra Noatun og sørover. Noatun ligger omlag 2 km nord for Nyrud nedover Pasvikelva (se kart i Figur 2). Det var tidligere en meteorologisk stasjon her som siden ble erstattet av stasjonen på Nyrud. NILU hadde også målestasjon for SO_2 på Noatun under basisundersøkelsen 1988-1991. Foto: Rolf Kollstrøm.

Relativ fuktighet er det prosentvise forholdet mellom luftas absolutte fuktighet og den fuktighet som må til for å oppnå metning ved en gitt temperatur. Et generelt trekk for målingene er at de laveste middelverdiene av relativ fuktighet ble målt i vår-/sommermånedene. Dette skyldes at temperaturen er høyere om sommeren slik at luften dermed kan ta opp mer fuktighet. På Svanvik der NILU og LMT har instrumenter i hhv. 10 og 2 m viser målingene høyere relativ fuktighet nær bakken i sommermånedene. Et annet generelt trekk er at stasjonene nær sjøen (Høybukta og Karpdalen) viser noe høyere verdier enn stasjonene inne i landet, dvs. innlandsluften er tørrere enn den fuktige sjøluften. Karpdalen mottar også luft både sørfra ("innlandsluft") og nordfra ("sjøluft"), se vindroser Figur 3. Nyrud viser høye verdier i enkelte måneder. En plausibel forklaring på dette er at stasjonen ligger nær Pasvikelva og derved påvirkes av den. På kalde dager dannes det ofte tåke/frosttåke nær elva, med tilhørende høy luftfuktighet (illustrert i Bilde 7). I denne delen av Pasvikelva er det forholdsvis sterk strøm og isen legger seg sent om høsten og går tidlig om våren.

3.4 Nedbørmålinger

Vaisala-instrumentene på Svanvik og i Karpdalen måler også nedbør ved hjelp av en «tromme» som registrerer nedbør som faller. Erfaringsmessig vil denne metoden underrapportere mengde nedbør, spesielt om vinteren. På denne bakgrunnen kalles nedbørmålingene for «precipitation indicator» som angir når det har vært nedbør, men ikke mengde.

I måleprogrammet foretas det prøvetaking for målinger av uorganiske komponenter²¹ og tungmetaller i nedbør ved tre stasjoner: Svanvik, Karpdalen (begge tungmetaller) og Karpbukta (uorganiske komponenter), se Figur 2 for stasjonsplassering. Formålet med målingene er å tallfeste tilførsel av elementer i nedbør, men målingene gir også mengde. Målt nedbør på Svanvik i 2016 var Svanvik 562 mm, i Karpdalen 624 mm og i Karpbukta 694 mm. Detaljerte resultater for de tre stasjonene er vist i hhv. Tabell 28 (Svanvik, Vedlegg C), Tabell 29 (Karpdalen, Vedlegg C) og Tabell 23 (Karpbukta, vedlegg B).

Av de tre stasjonene er Svanvik preget av innlandsklima og har minst nedbør. Karpdalen ligger noen kilometer inn i landet og er preget av luft sørfra (innlandsluft) og luft nordfra (sjøluft) og ligger mellom de to mtp. mengde nedbør. Karpbukta ute ved kysten har mest nedbør. Svanvik er eneste stasjon av disse tre som har utarbeidet nedbørnormal (middel for 1961-1990). Sammenlignet med normalen for Svanvik kom det mer nedbør enn normalt i 2016, spesielt om sommeren (juni og august måneder). Eneste unntak var høsten (september til november) der det kom mindre nedbør enn normalt (se meteorologiske data i Vedlegg A). Pasvikkdalen er meget tørr, rundt 400 - 500 mm som årsnedbør er lite. Samtidig faller mye av dette i sommerhalvåret/veksts sesongen. Kombinert med mange lystimer (midnattssol fra 19. mai til slutten av juli) gjør dette at Pasvikkdalen er grønn og frodig trass i lite totalnedbør.

²¹ Igjen; som uorganiske komponenter regnes SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ .



Bilde 8: Pasvik kraft sin målestasjon på Skogfoss. Stasjonen måler nedbør og snødybde på døgnbasis og data er tilgjengelige fra databasen eKlima. Bildet er tatt 25. mai 2017. Ellers kan nevnes at det dagen etter ble målt 2 cm snø på stasjonen (ingen snø da bildet ble tatt, mørk stolpe gir litt varmere mikroklima akkurat rundt målebåndet). Fotograf: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

I tillegg til målingene i dette overvåkingsprogrammet er det to stasjoner i grenseområdene som kun måler nedbør. Pasvik Kraft har en nedbørmåler ved Skogfoss kraftstasjon om lag 20 km sør for Svanvik (her måles også snødybde). Den måler døgnpøver og dataene legges ut på eKlima²². Likeledes er det en målestasjon i Øvre Neiden (om lag 4 mil fra Svanvik i luftlinje) som også måler nedbør der dataene vises på yr.no (også nedlastbare fra eKlima). Målestasjonen på Skogfoss er vist i Bilde 8. Øvre Neiden målestasjon hadde i alt 606 mm nedbør i 2016, mens på Skogfoss målestasjon falt det 669 mm. Resultater for snødybde og nedbør i 2016 er vist i Figur 4.

²² http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL [URL 01-06-2017]



Figur 4: Snø- og nedbørsobservasjoner fra stasjonene Skogfoss (øvre panel) og Øvre Neiden (nedre panel) i 2016. Snødybde vises som løpende dagobservasjoner, mens nedbør vises som månedsmidler. Enhet: cm (snø) og mm (nedbør).

4. Måleresultater svoveldioksid (SO₂)

Svanvik og Karpdalen har nå kontinuerlig registrerende instrumenter som måler SO₂-konsentrasjonen hvert 10. sekund. Dataloggeren på instrumentet regner ut gjennomsnitt for 10 minutter og 1 time, som så overføres til NILU. Høy tidsopløsning er nødvendig for å måle maksimalkonsentrasjoner i episoder. Dette gir informasjon om hvor lenge episodene varer og hvor ofte de forekommer. Timemiddelverdiene kan også knyttes direkte til målte vindretninger for å bestemme kilde(r) eller kildeområde(r). Øyeblikkskonsentrasjonene lagres i loggerens minne noen dager før de overskrives. Om ønskelig kan rådata for hvert 10. sekund tas ut fra loggeren ved spesielle forurensningsepisoder, som eksempelvis 20. oktober 2014 (Berglen et al., 2015). Disse dataene gir et meget detaljert bilde av tidsforløpet under episodene.

De kontinuerlig registrerende instrumentene (API100-monitorene) måler blandingsforhold (antall molekyler SO₂ pr antall molekyler luft) og har en usikkerhet avhengig av måleområdet; 5 ppb ^{footnote 23} for blandingsforhold mellom 0 og 40 ppb, 12,5% for måleverdier over 40 ppb. Faktoren som brukes til å beregne konsentrasjonene er fastsatt av EU og antar en fast lufttemperatur lik 20 °C og et fast atmosfærisk trykk lik 1013 hPa (mbar). Faktoren er da 2,66 (1 ppb SO₂ gir 2,66 µg/m³). Dette vil si at de målte konsentrasjonene er beregnet i forhold til en referansetemperatur 20 °C.

Opprinnelig ble det utgitt to rapporter i året, en for sommer- (april - september) og en for vintersesongen (oktober - mars, se referanseliste i kap. 7). Siden ble to halvårsrapporter slått sammen og det ble utgitt en årsrapport for april - mars påfølgende år (første dekket perioden april 1997-mars 1998). Fra 2017 vil det bli rapportert for kalenderår (januar - desember, denne første rapporten omhandler 2016). Dette gjøres fordi grenseverdier og målsetningsverdier gjelder for kalenderår (Tabell 3 og Tabell 4, eneste unntak er SO₂ halvårsmiddel for vinter) og det er da naturlig at rapporteringen følger samme intervall. For denne første rapporten for kalenderåret 2016 blir det noe overlapp med forrige rapport, gitt at fjorårets utgave dekket april 2015 - mars 2016 (Berglen et al., 2016).

²³ ppb: parts per billion, dvs. milliard'tedele, 1 / 1'000'000'000.

4.1 Måleresultater SO₂ i 2016

Datadekningen på Svanvik og Karpdalen i 2016, dvs. hvor stor andel av tiden instrumentene fungerte tilfredsstillende, var stort sett meget god. Svanvik hadde godkjente målinger i 98,7% av tiden og Karpdalen i 94,3% av tiden. Lav datadekning i Karpdalen skyldes problemer i september og oktober. Instrumentet ble skiftet i midten av september (akkrediteringen krever årlig skifte av instrument og service ved NILUs verksted på Kjeller). Men det nye instrumentet begynte å falle ut sporadisk allerede 20. september etter kun fire dagers drift. Det ble gjort ulike tiltak for å bøte på problemene (frakobling og restart, installering av spenningsutjevner m.m.), uten at det løste problemene. Nytt instrument ble derfor sendt oppover fra Kjeller og installert 6. oktober. Fra fredag 7. oktober var det igjen gyldige målinger i Karpdalen. Det er ikke praktisk mulig å oppnå 100% datadekning. Årsaken til det er at instrumentet kalibreres jevnlig. På Svanvik gjøres dette en gang pr uke. Det blir altså ikke gjort målinger mens kalibrering pågår.

Et sammendrag av de viktigste måleresultatene for Svanvik og Karpdalen er gitt i Tabell 5. Tabeller med 10-minuttersverdier over 500 µg/m³ og grafisk fremstilling av de timesvise data er gitt i Vedlegg B. Når det gjelder miljøbelastningen på Svanvik og i Karpdalen så er et typisk mønster at Svanvik har de høyeste konsentrasjonene på kort tidsskala (10-minutter, time), se eksempelvis at maksimal 10-minuttersverdi på Svanvik var 1112 µg/m³ på Svanvik i 2016 mens den var 721 µg/m³ i Karpdalen (Tabell 5, samt Tabell 21 for Svanvik og Tabell 22 for Karpdalen i vedlegg B). Dette skyldes nærheten til Nikelverket. Men de høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) er høyest i Karpdalen. Karpdalen er typisk også mest utsatt vinterstid pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør. Se ellers plott av timekonsentrasjonene i Vedlegg B.

Nærmere vurdering av opphavet for SO₂-konsentrasjonene i Karpdalen (Zapoljarnij/Nikel) er beskrevet i kap. 4.1.5 (Konsentrasjonsvindroser).

Tabell 5: Sammendrag av målinger av SO₂ med kontinuerlig registrerende instrument på Svanvik og i Karpdalen i kalenderåret 2016 (enhet konsentrasjon µg/m³).

Svanvik	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgns-obs	Antall døgnmidler				Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier		Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min > 500
				>50	>75	>90	>125			>100	>350		
Januar	20,9	155,3	31	3	2	1	1	350,7	737	38	1	389,6	0
Februar	14,0	95,2	29	3	2	1	0	523,6	681	19	1	750,0	2
Mars	0,2	1,8	31	0	0	0	0	4,4	731	0	0	5,2	0
April	7,8	63,7	30	1	0	0	0	577,6	711	12	2	1112,2	6
Mai	2,9	33,2	31	0	0	0	0	233,1	736	4	0	278,3	0
Juni	3,3	47,5	30	0	0	0	0	290,2	709	6	0	1016,3	1
Juli	1,9	20,7	31	0	0	0	0	120,8	733	2	0	185,3	0
August	3,1	33,4	31	0	0	0	0	201,8	734	7	0	328,6	0
September	2,1	31,5	30	0	0	0	0	237,3	713	5	0	553,5	2
Oktober	2,3	45,4	31	0	0	0	0	111,2	736	1	0	178,5	0
November	7,4	47,3	30	0	0	0	0	309,2	715	9	0	470,6	0
Desember	3,4	13,6	31	0	0	0	0	65,0	736	0	0	88,5	0
Jan - des 2016	5,7	155,3	366	7	4	2	1	577,6	8672	103	4	1112,2	11
Karpdalen	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgns-obs	Antall døgnmidler				Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier		Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min > 500
				>50	>75	>90	>125			>100	>350		
Januar	51,0	195,4	31	11	8	6	3	446,2	739	128	7	511,9	1
Februar	51,4	429,4	29	5	4	4	3	600,2	686	108	24	612,3	51
Mars	29,4	128,2	31	8	6	4	1	530,5	736	73	7	720,6	23
April	9,3	85,5	30	1	1	0	0	379,2	714	16	1	494,4	0
Mai	8,1	53,1	31	1	0	0	0	270,0	734	15	0	436,7	0
Juni	7,2	49,6	30	0	0	0	0	257,7	710	10	0	521,3	1
Juli	3,7	22,5	31	0	0	0	0	166,4	738	4	0	254,0	0
August	8,9	50,4	31	1	0	0	0	410,8	729	16	1	571,1	1
September	10,2	61,4	20	1	0	0	0	387,8	452	14	1	655,3	2
Oktober	6,9	43,5	26	0	0	0	0	285,2	595	8	0	378,0	0
November	13,6	78,0	30	1	1	0	0	404,9	715	21	1	664,0	6
Desember	11,0	58,1	31	1	0	0	0	400,8	735	12	1	474,2	0
Jan - des 2016	17,9	429,4	351	30	20	14	7	600,2	8283	425	43	720,6	85

4.1.1 Svanvik

Generelt viser målingene at miljøbelastningen på Svanvik grunnet SO₂ i 2016 var om lag som i 2015. Noen verdier var lavere enn året før (eksempelvis årsmiddel), mens andre verdier var høyere i 2016 enn i 2015 (eksempelvis høyeste døgnmiddel og høyeste timemiddel).

I 2016 var det 11 10-minutters verdier over WHO's retningslinje på 500 µg/m³ på Svanvik (se Tabell 5 og Tabell 21) mot 19 året før. Disse var fordelt på fire ulike dager (26. februar, 29. april, 17. juni og 30. september). Maksimumsverdien 1112 µg/m³ den 29. april kl. 13:20-13:30 (norsk sommertid) var om lag som maksimumsverdien forrige periode (1119 µg/m³ den 23. juni 2015), men mye lavere enn maksimumsverdien i 2014 (3541 µg/m³ målt 20. oktober 2014, se Berglen et al., 2015). Merk at også Karpdalen hadde høye konsentrasjoner den 26. februar 2016 (se kap 4.1.3). Dvs at det var episoder med høye konsentrasjoner både på Svanvik og i Karpdalen denne dagen.

Norsk grenseverdi for timemiddel er på 350 µg/m³ med 24 tillatte overskridelser. Antall timemiddelverdier over 350 µg/m³ på Svanvik var lavere i 2016 sammenlignet med 2015 (fire i 2016, åtte i 2015). De fire verdiene forekom 24. januar, 26. februar og 29. april (merk at disse samsvarer stort sett med høye 10-minuttersverdier i Tabell 21). Høyeste timemiddelverdi på Svanvik i 2016 var 578 µg/m³, målt 29. april 2016 kl. 13-14, jfr. tidligere avsnitt.

Norsk grenseverdi for døgnmiddel er på 125 µg/m³ med 3 tillatte overskridelser. Den høyeste døgnmiddelverdien på Svanvik i 2016 var 155 µg/m³ (24. januar). Dette var eneste døgnmiddelverdi over 125 µg/m³, noe høyere enn i 2015 (maksimum 90 µg/m³). WHO's retningslinje ("target guideline") på 20 µg/m³ som døgnmiddelverdi er langt unna å oppfylles i grenseområdene.

Middelverdien på Svanvik i kalenderåret 2016 var 5,7 µg/m³, litt lavere enn i 2015 (7,5 µg/m³). Middelverdien vinteren 2015/16 var 7,9 µg/m³, dvs. omlag som gjennomsnittet de siste ni årene sett under ett.

Måleresultatene i Tabell 5 viser at norske grenseverdier er overholdt på Svanvik i 2016, både når det gjelder timemiddelverdi, døgnmiddelverdi og middelverdi for vintersesong og kalenderår (jfr kap. 2.3).

Samtidige målinger av vindretning og -hastighet og SO₂-konsentrasjon viser at røykfanene fra verkene i Nikel og Zapoljarnij er ganske smale, som oftest med bare noen få kilometers utstrekning. Konsentrasjonen blir derfor høy når røykfanen sveiper over målestasjonen, mens bare noen graders endring i vindretningen kan føre til at målestasjonen ikke blir eksponert. Den brå endringen i konsentrasjonsnivået vises klart i Figur 5 samt i Vedlegg B. I lange perioder er stasjonen ikke eksponert og mottar «ren» bakgrunnsluft.

4.1.2 Karpdalen

Målingene viser at miljøbelastningen i Karpdalen grunnet SO_2 i kalenderåret 2016 var høyere enn foregående år (2015). Dette gjelder alle parametre og både sommer- og vintersesongen, med to små unntak. Unntakene er maksimal 10-minuttersverdi der maksimum denne perioden ($721 \mu\text{g}/\text{m}^3$) er noe lavere enn forrige år ($781 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og høyeste timemiddelverdi som er tilnærmet lik ($600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nå mot $613 \mu\text{g}/\text{m}^3$ forrige år se Tabell 8). De målte verdiene viser igjen hvordan Karpdalen er mest utsatt vinterstid grunnet fremherskende vindretning fra sør.

Det ble målt 85 10-minuttersverdier over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2016 (Tabell 22). Disse forekom i syv ulike måneder, januar (29.), februar (19., 25., 26.), mars (2., 5., 7., 27., 30.), juni (18.), august (31.), september (19.) og november (7.). Flest verdier forekom 26. februar (47), mens den høyeste verdien forekom 27. mars kl. 20:20 - 20:30 ($721 \mu\text{g}/\text{m}^3$). I 2015 var det til sammenligning 52 10-minuttersverdier over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med maksimum $781 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Antall timemiddelverdier over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Karpdalen var høyere i 2016 sammenlignet med 2015 (43 i 2016, 27 i 2015). De 43 verdiene forekom i åtte ulike måneder med flest i januar (7), februar (24) og mars (7), dvs. vintermånedene der vinden ofte står fra sør. Merk at høye timemiddelverdier stort sett samsvarer med høye 10-minuttersverdier i Tabell 22 (Vedlegg B). Høyeste timemiddelverdi i Karpdalen i 2016 var $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$, målt 26. februar kl. 05-06, jfr. tidligere avsnitt.

I 2016 var det syv døgnmidler over $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Karpdalen, tre i januar, tre i februar og en i mars. I februar var det tre etterfølgende dager med høye døgnverdier, $307 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den 25. februar, $429 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den 26. februar og $147 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den 27. februar. $429 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den 26. februar var også maksimal døgnverdi for vinterperioden og høyeste døgnmiddel som er registrert siden vinteren 2010/11.

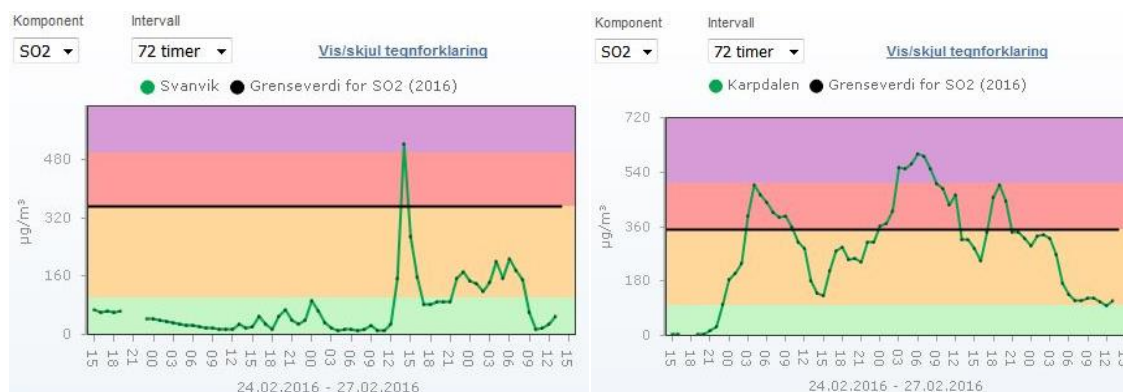
Middelverdien i Karpdalen i kalenderåret 2016 var $17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sesongmiddel for vinteren 2015/16 var $29,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er høyere enn vinteren før ($18,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2014/15), og nesten fire ganger så høyt som vintermiddelet på Svanvik.

I 2016 ble det observert 43 timer over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Karpdalen. Forurensningsforskriften tillater 24 timeverdier over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i løpet av et kalenderår (se kap 2.3), og grenseverdien for time ble derved overskredet i 2016. Likeledes ble det i 2016 observert 7 døgn over $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Karpdalen. Forurensningsforskriften tillater 3 døgnverdier over $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i løpet av et kalenderår, og grenseverdien for døgn ble også overskredet i 2016. Grenseverdien for vintersesong gitt i Forurensningsforskriften er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Middelverdien vinteren 2015/16 var $29,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Berglen et al., 2016), noe som medfører at grenseverdien for vintersesong også ble brutt.

4.1.3 Episode 25.-27. februar i Karpdalen og på Svanvik

Torsdag 25. - lørdag 27. februar var det høye konsentrasjoner av SO_2 i Karpdalen (Figur 5 og Tabell 22). Spesielt natt til fredag 26. februar og om morgenen var det vedvarende høye timekonsentrasjoner over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er alarmterskel definert i lovverket (se Tabell 3). Det er dog tvilsomt om de høye konsentrasjonene dekket et område større enn 100 km^2 . Sentrale og lokale myndigheter og media ble varslet og befolkningen informert. Samme tid

som det var høye konsentrasjoner i Karpdalen, var det en time med høye SO₂ konsentrasjoner på Svanvik (26. februar kl. 13-14, se Tabell 21 Vedlegg B).



Figur 5: Episodene på Svanvik (venstre) og i Karpdalen (høyre) 25.-27. februar slik de ble vist offentlig på luftkvalitet.info (timemiddelskonsentrasjoner).²⁴

For å undersøke opphavet til disse høye konsentrasjonene ble det gjort modellsimuleringer med WRF-EMEP-modellen. Poenget var å finne ut om det fortrinnsvis var utslipp fra Zapoljarnij eller Nikel som ga disse høye konsentrasjonene.

Modellbeskrivelse WRF-EMEP1987

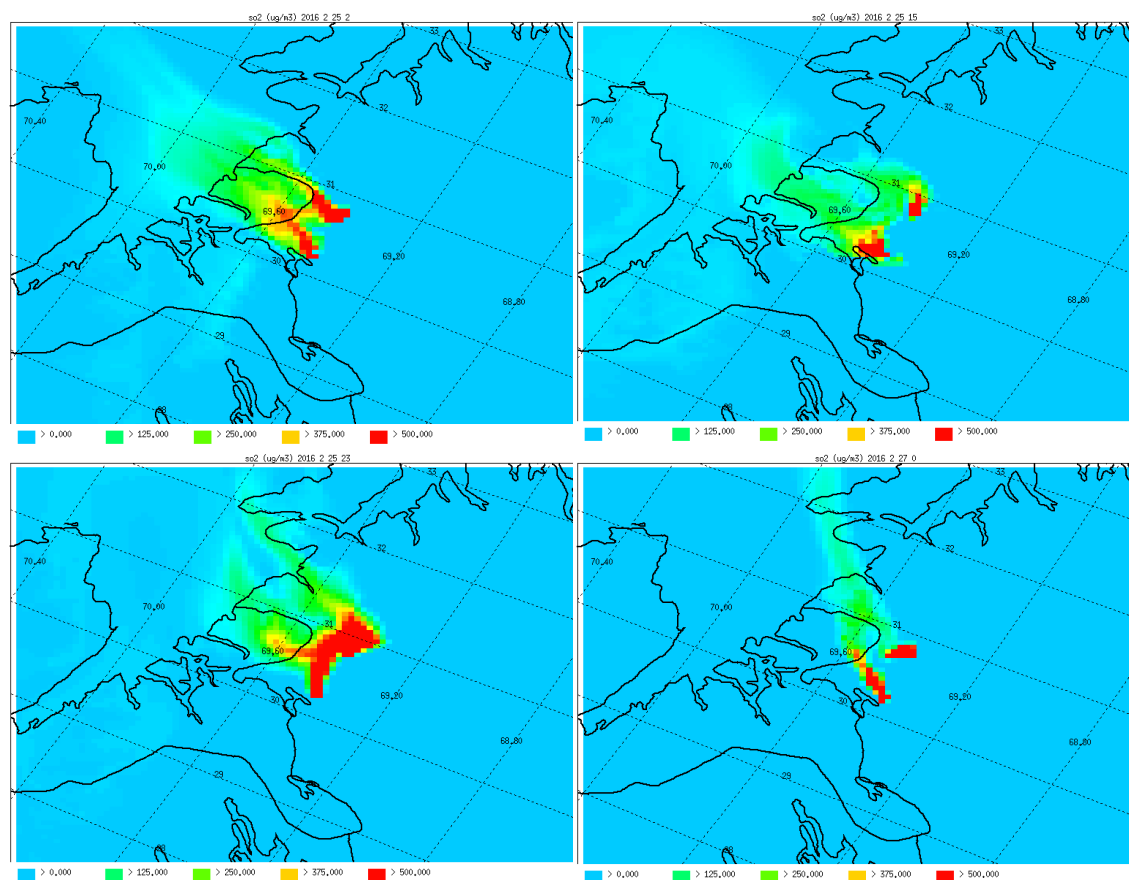
I perioden 2014 - 2016 hadde NILU et prosjekt finansiert av norske myndigheter der oppgaven var å implementere WRF-EMEP-modellen for grenseområdene Norge-Russland. Dette prosjektet bygget på tidligere erfaringer med WRF-Chem (Engdahl et al., 2014) og TAPM-modellene (Ylikörkkö et al., 2015). Formålet var å studere utslipp, spredning, fotokjemi og tap av SO₂ og tungmetaller fra smelteverkene på russisk side.

WRF-EMEP er en atmosfærekjemimodell som deler atmosfæren inn i «bokser» (gridrutenett). Gridrutene er minst i området rundt punktkildene i Nikel og Zapoljarnij, og så blir de gradvis større med økende avstand fra utslippspunktene. I denne studien er gridrutene hhv 2×2 km² innerst, så 10×10 km² og ytterst 50×50 km². Først utarbeides det meteorologiske data som blant annet vind, relativ fuktighet, temperatur og nedbør ved hjelp av en værvarslingsmodell (WRF, Weather Research and Forecasting). Derneft brukes disse værvarslingsdataene til å drive kjemimodulen av modellen og derved beregne spredning og tap av utslippene fra Nikel og Zapoljarnij.

Modellen ble kjørt for perioden 20.-29. februar 2016. Som en første tilnærming ble det brukt utslipp lik 40 000 tonn SO₂ fra Zapoljarnij og 60 000 tonn SO₂ fra Nikel. Dette er antatt utslippsfordeling fra tidligere, dvs. før utslippene ble redusert i Zapoljarnij. For utslippene

²⁴ Se <http://www.luftkvalitet.info/home/graph.aspx?type=2&topic=1&id={ee5094f9-6a3a-4334-9742-93114edf7007}×eriesid={2ec17124-2997-40b8-97c1-4aefd88d6f3b}> og <http://www.luftkvalitet.info/home/graph.aspx?type=2&topic=1&id={00271d35-0cd7-42cc-8964-468420ef3d18}×eriesid={47be61e9-0b2b-4515-94ba-ca8fad1293bf}> (klikkbare lenker).

fra Nikel er det antatt at halvparten er diffuse utslipp sluppet ut i bakkenivå, mens den andre halvparten slippes ut av pipene i 140 m høyde. Modellresultatene er vist i Figur 6.



Figur 6: WRF-EMEP modellresultater for fire ulike tidspunkter for innerste modelldomene der atmosfæren er delt opp i gridrutenett hvor boksene er 2x2 km². Utslippene og røykfanen fra Zapoljarnij (rødt felt oppe til høyre, dvs høye verdier) og Nikel (rødt felt nede til venstre) sees tydelig.

Svanvik er for det meste påvirket av Nikel (om lag 8 km unna), mens Karpdalen kan være påvirket av både Zapoljarnij og Nikel. Et poeng i den henseende er at forurensningen tilbakelegger en lenger distanse fra den slippes ut fra smelteverkene i Zapoljarnij/Nikel til målestasjonen i Karpdalen enn til målestasjonen på Svanvik. Luftmassene som treffer målestasjonene er derved ikke like gamle. Sagt med andre ord, selv om forhøyede konsentrasjoner opptrer samtidig på Svanvik og i Karpdalen, er det ikke gitt at SO₂ fra Nikel og Zapoljarnij som gir disse episodene har blitt sluppet ut samtidig.

Modellresultatene viser tydelig utslipp og spredning av SO₂ fra Nikel og Zapoljarnij og røykfanen som brer seg ut nedstrøms av smelteverkene. En konklusjon fra modellkjøringene, som også understøttes av analyse av vindretning, er at de høye konsentrasjonene i Karpdalen 25.-27. februar overveiende skyldtes utslipp fra Nikel som ble transportert nordover, og i mindre grad utslipp fra Zapoljarnij.

4.1.4 Viksjøfjell

Sommeren 2009 ble det påbegynt målinger av SO₂ på Viksjøfjell. Dette er en stasjon hvor det ble gjort målinger tidligere, men som ble nedlagt i 1996. Viksjøfjell ligger på Jarfjordfjellet og er over tregrensen (391 m.o.h.). Zapoljarnij ligger sør for Viksjøfjell og man kan se røykfanen fra anlegget i Zapoljarnij i godvær, se Bilde 9.

Målingene av SO₂ gjøres her ved hjelp av passive prøvetakere (gule eller røde brikker med impregnert filter) som henges opp på en sydvendt vegg. Prøvetakerne blir eksponert i 14 dager og så sendt tilbake til NILU for analyse. To prøvetakere eksponeres samtidig. Målingene gjøres i samarbeid med Forsvaret.



Bilde 9: Utsikt fra Viksjøfjell sørover. Røykfanen fra anlegget i Zapoljarnij sees i det fjerne. Foto: Christoffer Aalerud, Fylkesmannen i Finnmark.

Måleresultater for SO₂ på Viksjøfjell er vist i Tabell 6. Det er værhardt på Viksjøfjell og en del av prøvetakerne blir våte av horisontalt regn eller tåke. Dette er forsøkt utbedret med tak over prøvetakeren. I Tabell 6 er det tidvis stor forskjell mellom de to prøvetakerne som ble eksponert samtidig (se eksempelvis 16.10 - 30.10.). Dette skyldes som regel fuktighet i en av prøvetakerne. Væte på prøvetakerne gir usikre målinger. Merk dog at analyseresultatene heller blir for lave enn for høye. Middelverdi for sommersesongen 2016 var omlag 19 µg/m³ (middel av de to prøvetakerne), for vintermånedene var middelverdien omlag 33 µg/m³ (inkludert verdi for prøvetaker no. 2 16.-30.10.). Dette viser igjen hvordan miljøbelastningen nord for smelteverkene er størst vinterstid pga. fremherskende vindretning fra sør. Det har i perioder vært problemer med forsendelsene til Viksjøfjell (eks. forsvinner i postgangen) og derved er det noen huller i måleserien.

Det er nå stadfestet fra smelteverket at den siste produksjonslinjen i Zapoljarnij ble satt i drift i desember 2015. Dette er ment å redusere utslippene fra anlegget i Zapoljarnij til 8000 tonn SO₂ pr år. Trass i de reduserte utslippene i Zapoljarnij er det vanskelig å se noen tilsvarende reduksjon i de målte konsentrasjonene på Viksjøfjell i 2016. For eksempel er de målte konsentrasjonene 24.1.-7.2.2016 rundt 60 µg/m³. Det er også et poeng at sbovelet som tidligere ble sluppet ut i Zapoljarnij nå forblir i brikettene og slippes ut i Nikel i stedet for. Og modellkjøringer og analyser av utslipp og spredning har vist at røykfanen fra Nikel treffer Viksjøfjell ved vind fra sørlig og sørvestlig kant, se diskusjon og modellresultater angående episodene i Karpdalen og på Svanvik 25.-27. februar (kap 4.1.3). Det vil bli interessant å se om Viksjøfjell vil oppleve reduksjon i miljøbelastningen etter at utslippsmønsteret har endret seg.

Tabell 6: Måleresultater for SO₂ på Viksjøfjell i 2016. Enhet: µg/m³.

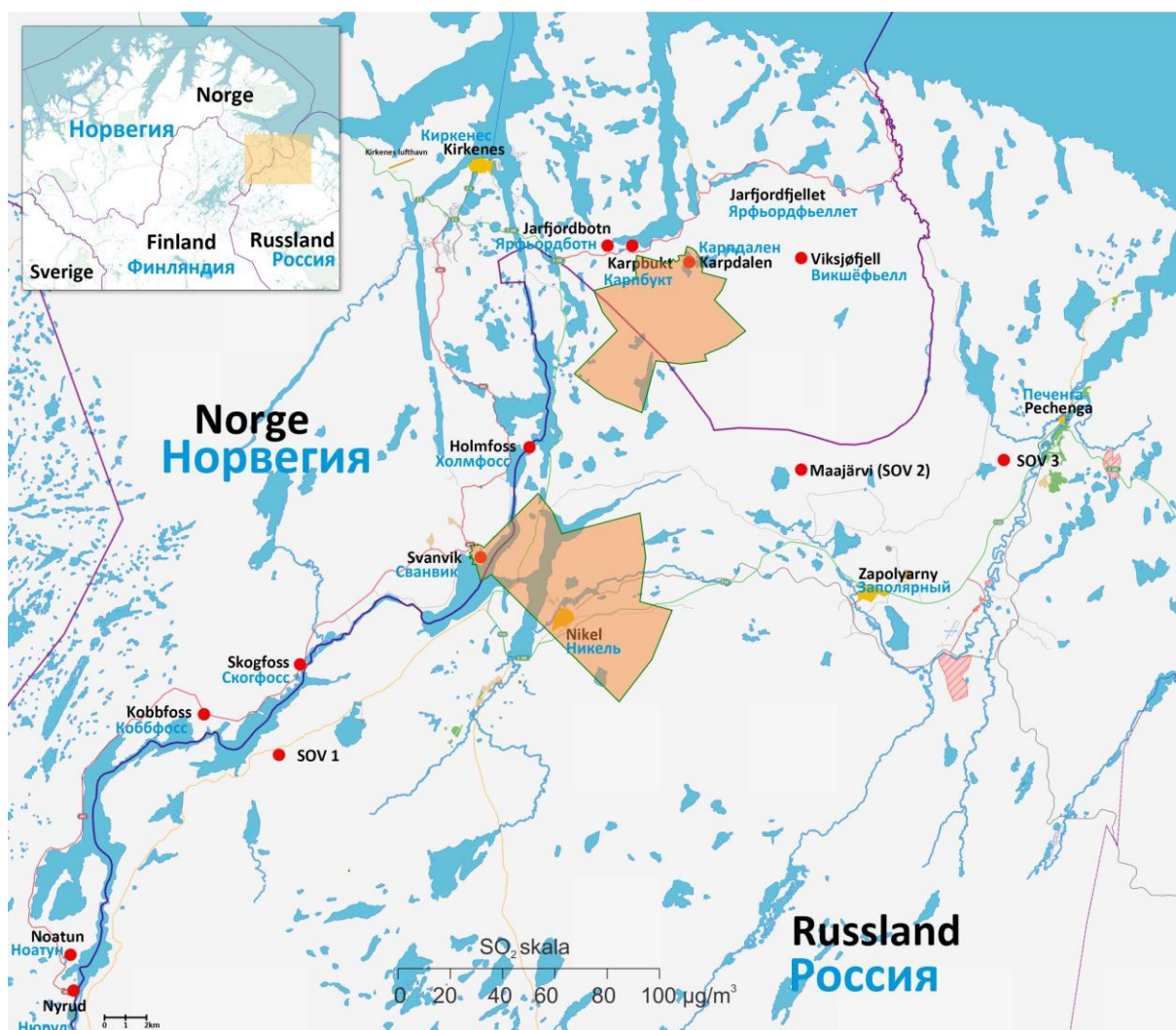
Fra dato	Til dato	Antall døgn	SO ₂ prøvetaker 1	SO ₂ prøvetaker 2
27.12.2015	10.01.2016	14	15,7	19,3
10.01.2016	24.01.2016	14	23,1	32,4
24.01.2016	07.02.2016	14	61,0	56,2
07.02.2016	21.02.2016	14	38,7	43,4
21.02.2016	06.03.2016	14	24,2	17,7
06.03.2016	20.03.2016	14	19,4	26,8
20.03.2016	03.04.2016	14	29,1	29,9
03.04.2016	17.04.2016	14	17,7	19,0
17.04.2016	01.05.2016	14	27,2	27,3
01.05.2016	15.05.2016	14	19,6	26,4
15.05.2016	29.05.2016	14	18,2	15,5
29.05.2016	12.06.2016	14	4,4	5,8
12.06.2016	26.06.2016	14	9,3	8,5
26.06.2016	10.07.2016	14	15,9	12,0
10.07.2016	24.07.2016	14	15,9	20,0
24.07.2016	07.08.2016	14	16,9	27,4
07.08.2016	21.08.2016	14	19,3	15,0
21.08.2016	04.09.2016	14	11,7	19,5
04.09.2016	18.09.2016	14	10,4	10,9
18.09.2016	02.10.2016	14	50,3	52,4
02.10.2016	16.10.2016	14	13,2	7,8
16.10.2016	30.10.2016	14	32,0	124,5
30.10.2016	13.11.2016	14	9,1	12,9
13.11.2016	27.11.2016	14	10,4	12,0
27.11.2016	11.12.2016	14	16,7	20,4
11.12.2016	25.12.2016	14	16,9	14,3
25.12.2016	08.01.2017	14	1)	1)

1) Ingen prøver mottatt.

4.1.5 Konsentrasjonsvindroser

Timemiddelverdiene av SO₂ på Svanvik og Karpdalen er sammenholdt med målt vindretning og vindhastighet. Ut fra dette er det beregnet konsentrasjonsvindroser som vist i Figur 7 og Figur 8, med middelkonsentrasjoner for hver av de 12 30°-vindsektorene. Konsentrasjonsvindroser viser middelkonsentrasjonen når vinden blåser fra en bestemt vindretning. I disse to figurene er det brukt samme skala for konsentrasjon. Resultatene er gitt pr sesong, dvs vintersesongen 2015/16 og sommersesongen 2016. Dette skyldes at det er store forskjeller i vindretning sommer/vinter (fremherskende vindretning vinterstid er som kjent fra sør).

Merk at konsentrasjonsroser kun inkluderer tidspunkter som har verdier for både SO₂ og vind. Dvs at måneder med lav datadekning for vind (Svanvik januar 23,4%, Karpdalen november 56,5% og desember 39,0%) bidrar mindre selv om det var nær 100% datadekning for SO₂-monitorene og det forekom høye SO₂-konsentrasjoner.



Figur 7: Middelkonsentrasjoner av SO₂ på Svanvik og Karpdalen i perioden oktober 2015 - mars 2016 (µg/m³) sortert etter vindretning. Figuren viser middelkonsentrasjoner av SO₂ for hver av 12 30°-vindsektorer. For Svanvik er det brukt vinddata fra LMTs instrument.

I vinterhalvåret 2015/16 var middelkonsentrasjonen på Svanvik $7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Middelkonsentrasjonen ved vind fra den mest belastede sektoren var $78,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (120° , dvs øst-sørøst, se Figur 7). Dette er høyere enn tidligere perioder. Sommeren 2016 var middelverdien for SO_2 $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik. Igjen ga vind i sektoren 120° den høyeste midlede retningskonsentrasjonen med $34,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figur 8). Dette er nær samme verdi som sommeren 2015, $34,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I Karpdalen var middelkonsentrasjonen $29,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vinteren 2015/16 og høyest konsentrasjon ($57,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) forekom ved vind fra sektor 210° , dvs. sør-sørvest, altså retning Nikel. Sommeren 2016 var middelkonsentrasjonen $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og høyest konsentrasjon ($18,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) forekom ved vind fra sektor 240° , dvs. sørvest.

Konsentrasjonsvindroser som vist i Figur 7 og Figur 8 understreker klart at utslipp fra Nikel og Zapoljarnij er opphavet til de høye konsentrasjonene som måles i grenseområdene.



Figur 8: Middelkonsentrasjoner av SO_2 på Svanvik og Karpdalen i perioden april - september 2016 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sortert etter vindretning. Figuren viser middelkonsentrasjoner av SO_2 for hver av 12 30° -vindsektorer. Svanvik er mest belastet når det blåser fra anlegget i Nikel.

4.2 Trender av SO₂ 1974 – 2016

Som forklart i kap. 2.1 ble smelteverket i Nikel anlagt på 1930-tallet, og det har vært utslipp av SO₂ og tungmetaller siden den gang. De norske SO₂-målingene startet i Kirkenes-området og på Svanvik i 1974 (Hagen, 1977). I 1978 ble målingene utvidet med to nye stasjoner, Holmfoss og Jarfjordbotn (se kart i Figur 2 side 23). I 1986 ble stasjonen i Jarfjordbotn flyttet til Karpdalen. Da den såkalte basisundersøkelsen startet i 1988 ble nye stasjoner opprettet på Viksjøfjell, på Noatun og på Kobbfoss. I 1990 og 1991 startet også målinger på russisk side med norsk måleutstyr på SOV 1, SOV 2 (Maajärvi²⁵), SOV 3 og i Nikel (se kart i Figur 2). Utover 1990-årene ble de fleste stasjonene nedlagt pga. reduserte bevilgninger. Stasjonen i Karpdalen ble gjenåpnet i oktober 2008.

De første årene ble målingene utført ved hjelp av en prøvetaker kalt ”kommunekasse” der SO₂ ble absorbert i en løsning og analysert i laboratoriet etterpå. Nå gjøres målinger med kontinuerlige monitører hvor resultatene etter en enkel kvalitetssikring legges ut på internett i nær sanntid (www.luftkvalitet.info).

Tabell 7 gir en oversikt over måleperiodene på de ulike norskfinansierte stasjonene i grenseområdene fra starten i 1974. I tabellen er det skilt mellom døgnprøvetakere (som bare gir døgnmiddelverdier), og kontinuerlig registrerende instrumenter (monitører) hvor verdiene måles kontinuerlig og midles til timemiddel-verdier. Noen stasjoner har i perioder hatt begge typer prøvetakere. På Svanvik er det lagret middelverdier over 10 minutter fra 1.7.2001, i Karpdalen fra gjenåpning i oktober 2008. I Nikel ble middelverdier over 10 minutter logget fra 1.12.2004 (fram til 31. august 2008).

Merk at denne oversikten kun viser de norske/norskfinansierte stasjonene. De siste årene har Russland (Murmansk UGMS) bygd ut sitt målenettverk og gjør egne målinger i Zapoljarnij og Nikel. Resultatene er åpent tilgjengelige på internett, samt i årsrapporter fra Murmansk Oblast miljøverndepartement om miljøtilstanden i Murmansk oblast (på russisk).

Se ellers oversikt i referanselisten (kap. 7) for informasjon om Russlands og Finlands målestasjoner. Resultater og trender 2010 - 2015 er også behandlet i den oppdaterte fellesrapporten fra ekspertgruppen for luft (Pettersen et al., 2017).

²⁵ ”järvi” er finsk og betyr innsjø, den tilsvarende samiske betegnelsen er ”jav’ri”. Järvi og jav’ri brukes tidvis omhverandre i stedsnavn i grenseområdene.

Tabell 7: Oversikt over SO₂-målinger i grenseområdene med døgnpåretakere (døgnmiddelverdier) og med kontinuerlig registrerende monitører (timemiddelverdier) i perioden 1974-2016. Merk det omfattende programmet under basisundersøkelsen 1988-1991.

Målested	Prøvetakings-tid	'74-'77	'78-'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97
Kirkenes	Døgn														
Svanvik	Døgn														
Svanvik	Time														
Holmfoss	Døgn														
Jarfjordbotn	Døgn														
Karpdalen	Døgn														
Karpdalen	Time														
Viksjøfjell	Time														
Noatun	Døgn														
Noatun	Time														
Kobbfoss	Døgn														
SOV 1	Time														
Maajärvi	Time														
SOV 3	Time														
Nikel	Time														

Målested	Prøvetakings-tid	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10-'16
Kirkenes	Døgn													
Svanvik	Døgn													
Svanvik	Time													
Holmfoss	Døgn													
Jarfjordbotn	Døgn													
Karpdalen	Døgn													
Karpdalen	Time													
Viksjøfjell	Time													
Noatun	Døgn													
Noatun	Time													
Kobbfoss	Døgn													
SOV 1	Time													
Maajärvi	Time													
SOV 3	Time													
Nikel	Time													

Formålet med å vise de lange tidsseriene er å anskueliggjøre utviklingen i luftkvaliteten i grenseområdene de siste 43 år. Tabellene og figurene nedenfor er utarbeidet for å vise hvordan luftkvaliteten har vært og er i forhold til (nåværende) grenseverdier og vurderingsterskler i forurensningsforskriften og luftkvalitetskriteriene. Likeledes er middelverdier for sommersesong gjengitt for å vise forskjellene mellom sommer og vinter.

Utviklingen i de målte konsentrasjoner følger i stor grad utviklingen i utslipp. Som kjent ble det sluppet ut over 400 000 tonn SO₂ årlig på 1970/80-tallet pga. bruk av svovelholdig malm fra Sibir, mens det nå slippes ut om lag 100 000 tonn SO₂ årlig, dvs. utslippene er redusert med 75% (se diskusjon i kap 2).

4.2.1 Timemiddelverdier - grenseverdi 350 µg/m³

Timemiddelverdier av SO₂ er målt siden 1989 på Svanvik og i 1988-1991 og fra 2008 i Karpdalen. Som vist i Tabell 8 (Svanvik) og Tabell 9 (Karpdalen) var miljøbelastningen og de målte verdiene høyere på 1980- og 1990-tallet enn i dag. Det gjelder både for antall timemiddelverdier over 350 µg/m³ (grenseverdi fra 1.1.2005), men også for høyeste timemiddelkonsentrasjon (tallverdi).

Tabell 8 viser meget høye målte konsentrasjoner av SO₂ rundt 1989-90. På den tiden vokste det fram et sterkt fokus på miljøvern og folkelig engasjement i grenseområdene. Mest kjent er folkeaksjonen Stopp Dødsskyene fra Sovjet som var aktiv 1990-1995²⁶. NRK lagde også flere dokumentarprogrammer som viser utslippene og miljødeleggelsene på den tiden²⁷. Rundt 1990 var utslippene 250-300 000 tonn SO₂, dvs. tre ganger høyere enn i dag.

Figur 9 (side 55) viser antall overskridelser av grenseverdien hvert år fram til 2016. Fra 1992 er antall overskridelser på Svanvik under nåværende grenseverdier, gitt at det er tillatt med 24 overskridelser i året. Målingene av timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik fra høsten 1988 til i dag har vist at mer enn halvparten av verdiene har vært under 1 µg/m³. Målingene for årene før 1989 viser til dels langt høyere års- og døgnmiddelkonsentrasjoner enn målinger for årene etter 1989. Det er derfor sannsynlig at timeverdier over 350 µg/m³ har forekommet hyppigere på 1970- og 1980-tallet enn i dag. Den aller høyeste timemiddelverdien målt på Svanvik noensinne av NILU (fra det ble installert monitor som måler timemiddel i 1989 til i dag) var 2458 µg/m³ i 1990.

²⁶ Se «Historien om Stopp Dødsskyene fra Sovjet», Thorbjørn Bjørkli (red.), Beallječohkka Innovation, 2016.

²⁷ Se eks <https://tv.nrk.no/serie/studio-nord/FTRO30002091/25-04-1991> og <https://tv.nrk.no/program/FFMR00001493/miljoevern-i-grenseland> [besøkt 26-05-2017].

Tabell 8: Målestatistikk for SO₂ fra Svanvik i perioden 1974-2016. Dataene logges som døgnmiddelverdier 1974-1988 og som timemiddelverdier fra 1989. 10-minuttersverdier er tilgjengelige fra 1.7.2001.

År	Årsmiddel- verdi (µg/m ³)	Antall døgn > 125 µg/m ³	Høyeste døgnmiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall timer > 350 µg/m ³	Høyeste timemiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall 10-min > 500 µg/m ³	Høyeste 10-min konsentrasjon µg/m ³
1974	30,8	13	306				
1975	17,6	5	192				
1976	23,7	7	239				
1977	27,0	14	208				
1978	25,4	10	313				
1979	17,8	6	172				
1980	26,9	15	287				
1981	24,6	5	192				
1982	19,6	3	163				
1983	29,6	6	237				
1984	23,9	3	170				
1985	24,8	8	154				
1986	21,1	3	189				
1987	26,3	8	208				
1988	20,4	4	363				
1989	12,2	3	610	31	2305		
1990	13,9	3	514	38	2458		
1991 ¹	12,2	4	412	38	1578		
1992	7,5	4	244	18	671		
1993	9,3	2	172	16	795		
1994	8,1	4	215	7	1264		
1995	11,0	3	264	21	1906		
1996	7,7	2	138	8	744		
1997	10,6	5	187	23	732		
1998	14,5	6	168	14	2177		
1999	7,9	1	145	3	440		
2000	7,7	4	198	10	653		
2001	9,0	2	236	5	480		
2002	8,9	1	128	10	503	18	877
2003	5,9	1	127	5	595	9	1416
2004	5,7	0	95	2	416	2	638
2005	6,2	1	160	4	511	11	600
2006	6,2	0	101	2	504	4	933
2007	6,0	2	230	3	454	8	618
2008	8,0	1	238	10	787	24	1195
2009	6,8	0	98	3	585	14	1216
2010	8,0	1	156	6	433	13	620
2011	7,3	0	93	6	858	25	1099
2012	7,1	1	137	7	582	14	1026
2013	7,6	2	142	15	410	17	1064
2014	8,8	2	396	24	1417	82	3541
2015	7,5	0	90	8	434	19	1119
2016	5,7	1	155	4	578	11	1112

¹) Stasjonen på Svanvik lå opprinnelig i utkanten av jordet på daværende Statens forsøksgård. I forbindelse med at Svanhovd Miljøsenster ble bygget i 1991-93 (åpnet juni 1993) ble stasjonen flyttet om lag 100 m bort på jordet der den ligger i dag (se Bilde 3). Flyttingen ble gjort 18.-23. august 1991.

Tabell 9: Målestatistikk for SO₂ fra Karpdalen i perioden 1986-1994, samt 2009-2016. Dataene logges som døgnmiddelverdier 1986-1994 og som timemiddelverdier 1988-1991 (under basisundersøkelsen), samt fra gjenåpningen 16.10.2008. 10-minuttersverdier er også tilgjengelige fra oktober 2008.

År	Årsmiddel-verdi (µg/m ³)	Antall døgn > 125 µg/m ³	Høyeste døgnmiddel-konsentrasjon µg/m ³	Antall timer > 350 µg/m ³	Høyeste timemiddel-konsentrasjon µg/m ³	Antall 10-min > 500 µg/m ³	Høyeste 10-min konsentrasjon µg/m ³
1986	30,8	2	266 ¹				
1987	28,3	14	600 ¹				
1988	23,1	5	266 ¹	36 ²	939 ²		
1989	32,7	7	432	89	968		
1990	22,9	7	523	90	940		
1991	35,3	5	338	34 ²	756 ²		
1992	17,0	6	208				
1993	6,8	0	89				
1994	8,8	0	117				
2009	13,8	3	263	12	561	20	695
2010	20,4	13	507	73	793	179	681
2011	19,8	7	449	51	854	159	1732
2012	16,6	6	206	15	573	36	848
2013	15,6	2	162	15	724	52	862
2014	13,2	3	207	15	616	40	871
2015	11,8	2	366	27	613	52	781
2016	17,9	7	429	43	600	85	721

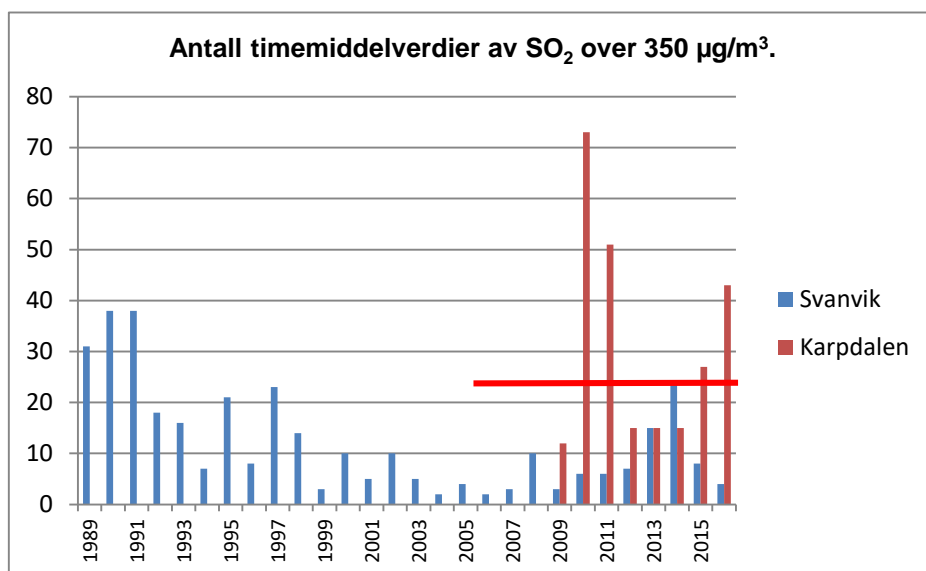
¹⁾ Stasjonen lå opprinnelig på gården Nyjord 1986 - 1988 og tok døgnprøver.

²⁾ Ny stasjon med monitor (timemiddel) ble åpnet 1. oktober 1988 der den nåværende stasjonen ligger.

Observasjoner av timemidler opphørte 15. mars 1991.

Selv om utslippene og miljøbelastningen er lavere i dag enn for noen tiår siden forekommer det fortsatt episoder med meget høye konsentrasjoner både på Svanvik og i Karpdalen. Eksempelvis var det i 2014 24 timemiddelverdier over 350 µg/m³ på Svanvik og maksimalt timemiddel var 1418 µg/m³. Dette høye antallet skyldes hovedsakelig to episoder 28. mai og 20. oktober 2014 med hhv. to og 11 timeverdier over 350 µg/m³. 1418 µg/m³ målt 20. oktober 2014 er høyeste verdi målt de senere år. 24 overskridelser i 2014 var da det høyeste antall timeverdier over 350 µg/m³ som er registrert siden 1991 (Tabell 8).

I Karpdalen har det vært overskridelse av grenseverdi for timemiddel i 2010, 2011, 2015 og 2016 (Figur 9). Spesielt utpeker vinteren 2010/11 seg med meget høye verdier og stort antall timemiddelverdier over 350 µg/m³, 73 i 2010, 51 i 2011. Høyeste målte timemiddelverdi i Karpdalen siden målingene ble gjenopptatt høsten 2008 er 854 µg/m³ (målt 13. februar 2011 kl. 8-9). Merk også at antallet timemidler over 350 µg/m³ var over dagens grense i alle årene 1988-1991, selv med begrenset måleperiode i 1988 (tre mnd) og 1991 (2,5 mnd).



Figur 9: Antall timemiddelverdier av SO₂ over grenseverdien på 350 µg/m³ på Svanvik (1989-2016) og i Karpdalen (2009-2016). Norsk lovverk tillater 24 overskridelser per kalenderår (gjeldende fra 2005, markert med rød linje).

NILU hadde som kjent en målestasjon i Nikel by fra 1991 til den ble stengt 31. august 2008 (se Tabell 7). Høyeste målte timeverdi i Nikel de siste årene NILUs målestasjon var operativ var 5071 µg/m³ (21. mars 2008 kl. 05 norsk tid). Det kan også nevnes at de russiske målingene som Murmansk UGMS gjør i Nikel viser maksimale verdier over 4000 - 7000 µg/m³ (se referanseliste kap 7.1 for nettsadresse).

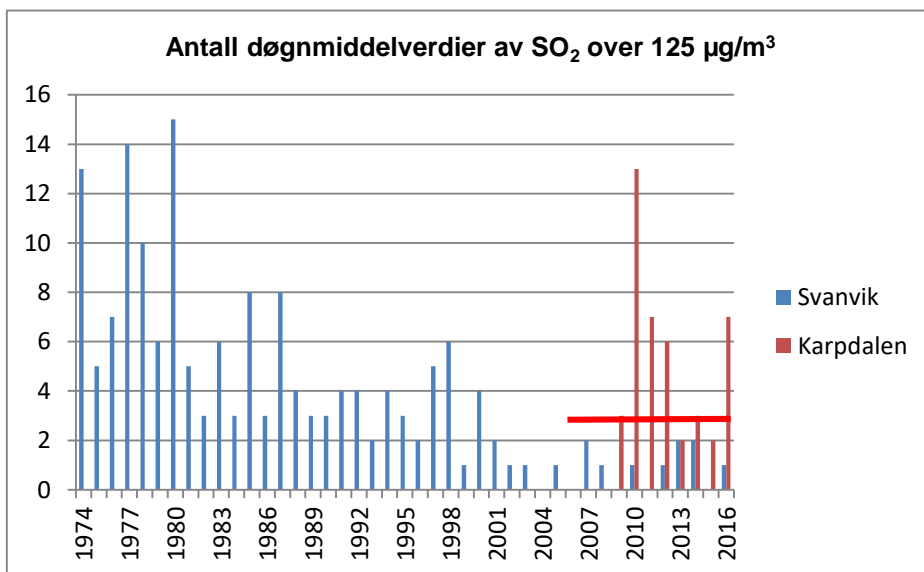
4.2.2 Døgnmiddelverdier - grenseverdi 125 µg/m³

Den norske grenseverdien for døgnmiddel av SO₂ på 125 µg/m³ tillates overskredet tre ganger i året og ble gjort gjeldende fra 1.1.2005 (se kap. 2.3). Tabell 8 og Figur 10 viser at antall overskridelser av 125 µg/m³ på Svanvik har variert mye fra år til år, men at det generelt har vært færre overskridelser etter 2000 enn tidligere. I løpet av de 16 siste årene har det ikke vært mer enn tre overskridelser av 125 µg/m³ pr år, dvs. siste år med overskridelse av nåværende grenseverdi var år 2000 med fire overskridelser. Gjennomsnittet de 10 siste årene er 1,0 overskridelser pr år (0,27 %), lavest i 2009, 2011 og 2015 med ingen overskridelser.

I Karpdalen har det vært overskridelse av grenseverdi for døgnmiddel i 2010, 2011, 2012 og 2016 (Figur 10). Igjen utpeker vinteren 2010/11 seg med meget høye verdier og stort antall døgnmiddelverdier over 125 µg/m³, 13 i 2010, 7 i 2011. Merk også at antallet døgnmidler over 125 µg/m³ var over dagens grense i alle årene 1987-1992. Generelt måles de høyeste konsentrasjonene i Karpdalen om vinteren pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør.

Ved de andre stasjonene i måleprogrammet som nå er stengt (eksempelvis Viksjøfjell, Maajärvi og Nikel, ikke vist) var det atskillig flere overskridelser av 125 µg/m³. Dette gjaldt særlig på de russiske stasjonene, hvor det hyppig forekom døgnmiddelverdier høyere enn 125 µg/m³, typisk i 10-20 % av tiden. Det kan også nevnes at høyeste målte døgnmiddelverdi i Nikel i 2008 (1. januar-31. august) var 1092 µg/m³ (12. juni). Under sommerepisoden i 2007 var maksimal målt døgnmiddelverdi på 2390 µg/m³ (i juli). Da Viksjøfjell var operativ med

kontinuerlige målinger (monitor) var det overskridelser i mellom 2,5 % (1993) og 8,8 % (1989) av målingene.



Figur 10: Antall døgnmiddelverdier av SO₂ over grenseverdien på 125 µg/m³ på Svanvik (1974-2016) og i Karpdalen (2009-2016). Norsk lovverk tillater 3 overskridelser per kalenderår (gjeldende fra 2005, markert med rød linje).

4.2.3 Døgnmiddelverdier - øvre og nedre vurderingsterskel

Luftkvalitet sammenlignes også mot øvre og nedre vurderingsterskel gitt i forurensningsforskriften og luftkvalitetsdirektivet (se kap 2.3 og Tabell 3). Vurderingstersklene definerer bl.a. krav om målinger og tiltaksutredninger. For SO₂ er øvre vurderingsterskel 75 µg/m³ og nedre vurderingsterskel 50 µg/m³ gitt som døgnmidler med tre tillatte overskridelser pr kalenderår (Tabell 3). Terskelverdiene regnes som overskredet hvis konsentrasjonene har vært over terskelen minimum tre år av de siste fem.

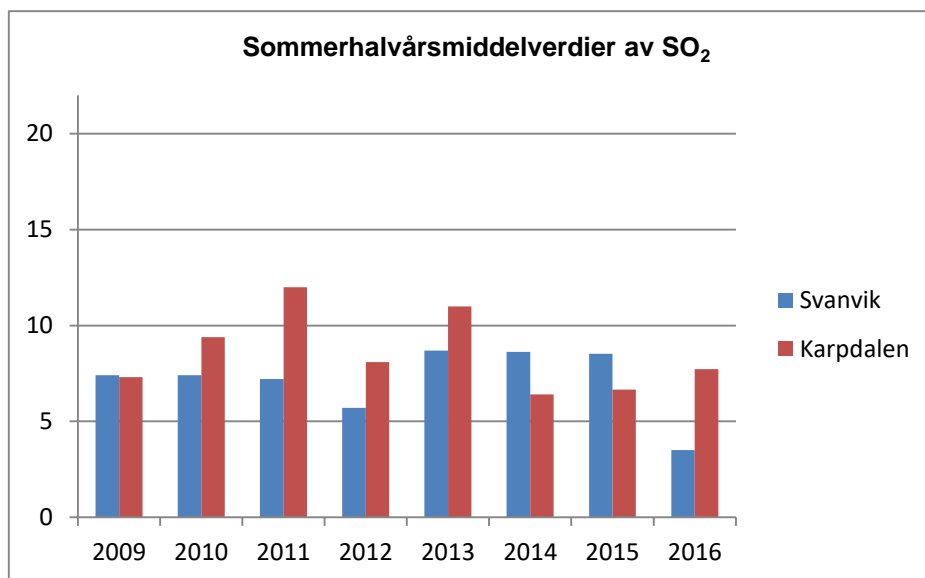
Antallet overskridelser av visse terskelverdier gitt som døgnmiddel er vist i Tabell 10. Døgnverdier over 75 µg/m³ har forekommet på Svanvik og i Karpdalen i alle år med målinger. På Svanvik var det i 2016 fire døgn over 75 µg/m³ og syv døgn over 50 µg/m³, siste fem år er antall døgn over 75 µg/m³ mellom fire og seks, mens antall døgn over 50 µg/m³ er mellom 11 og 18. I Karpdalen var det i 2016 20 døgn over 75 µg/m³ (mellom syv og 20 siste fem år) og 30 døgn over 50 µg/m³ (mellom 20 og 35 siste fem år). Øvre vurderingsterskel er derved overskredet både på Svanvik og i Karpdalen.

Tabell 10: Antallet overskridelser av visse terskelverdier, norsk grenseverdi ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tidligere Nasjonalt mål ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$), samt øvre og nedre vurderingsterskel ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), alt gitt som døgnmiddel for Svanvik og Karpdalen de siste fem år.

Stasjon	År	Antall døgn $>125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>90 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Svanvik	2012	1	3	4	14
	2013	2	3	5	11
	2014	2	4	4	18
	2015	0	0	6	13
	2016	1	2	4	7
Karpdalen	2012	6	10	13	35
	2013	2	7	12	29
	2014	3	7	11	24
	2015	2	5	7	20
	2016	7	14	20	30

4.2.4 Sesongmidler sommer og vinter

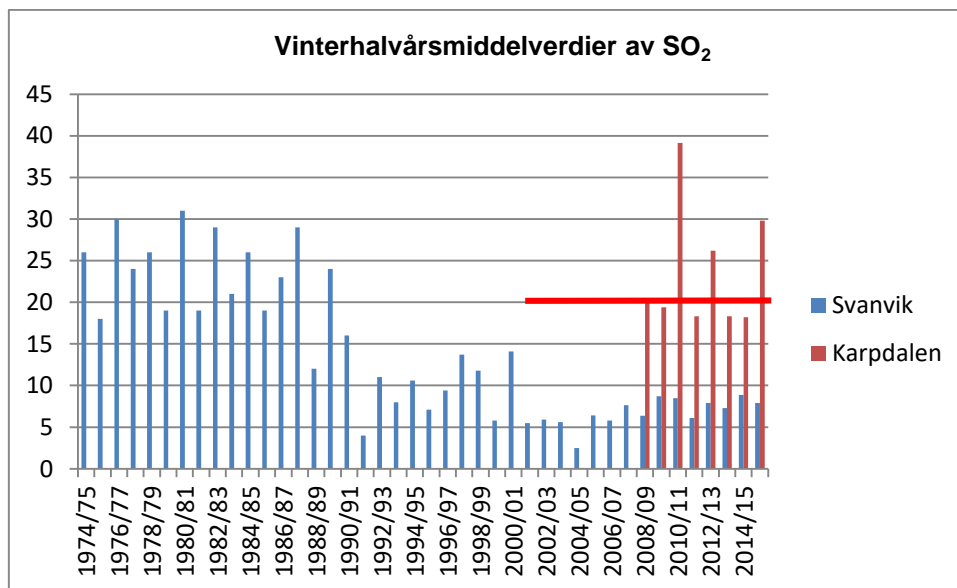
Grenseverdien for beskyttelse av økosystem er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ både for kalenderår og vinterhalvår (oktober-mars), gjeldende fra 4. oktober 2002 (se Tabell 3). Halvårsmiddelverdier for sommer er vist i Figur 11, halvårsmiddelverdier for vinter er vist i Figur 12 og årsmidler er vist i Figur 13.



Figur 11: Middelverdier av SO₂ på Svanvik og i Karpdalen for sommerhalvårene 2009-2016. Det er ingen grenseverdi for beskyttelse av økosystem for sommerhalvåret (jfr neste figur). Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Det er ingen grenseverdi for sommersesongen, men halvårsmidler for Svanvik og Karpdalen vises for å illustrere hvordan belastningen er mindre sommerstid enn vinterstid (merk ulik skala i figurene for sommer- og vintermiddel). Dette skyldes først og fremst at det er

kraftigere vind og bedre vertikal blanding og derved bedre spredning og fortynning av utslippene/røykfanen sommerstid.

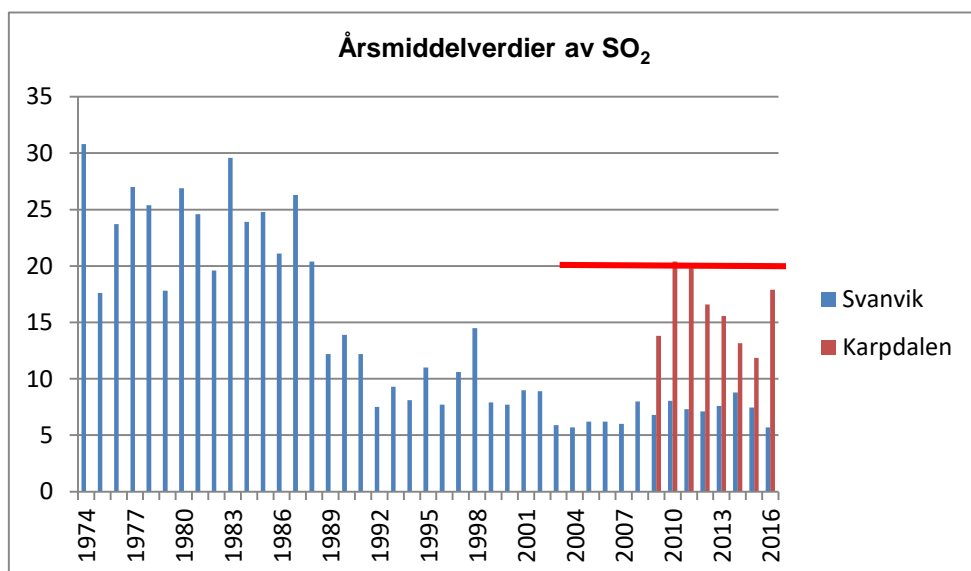


Figur 12: Vinterhalvårsmiddelverdier av SO₂ på Svanvik 1974/75-2015/16 og i Karpdalen (2008/09-2015/16). Grenseverdi for beskyttelse av økosystem er 20 µg/m³ (gjeldende fra 2002, markert med rød strek). Enhet: µg/m³.

Sammenligning av Figur 11 og Figur 12 viser at middelverdier for vinterhalvåret på Svanvik i hovedsak samsvarer med årsmiddelverdiene. Verdien på 20 µg/m³ ble overskredet siste gang på Svanvik vinteren 1989/90 (grenseverdi 20 µg/m³ gjeldende fra 4. oktober 2002). Karpdalen hadde 29,8 µg/m³ som middelverdi vinteren 2015/16. Dette medfører at grenseverdien for vintersesong er overskredet. Samtidig er dette nest høyeste vintermiddelverdi siden stasjonen i Karpdalen ble gjenåpnet i oktober 2008 (mens vinteren før hadde den laveste sesongverdien siden 2008, 18,2 µg/m³). Middelverdiene for vinter har variert mellom 18,2 µg/m³ (altså 2014/15) og 39,1 µg/m³ (vinteren 2010/11, som hadde stor belastning). Se ellers diskusjon av de målte verdiene i Karpdalen i kap 4.1.2.

4.2.5 Årsmiddelverdier

Grenseverdien for beskyttelse av økosystem er 20 µg/m³ både for kalenderår og vinterhalvår (oktober-mars), gjeldende fra 4. oktober 2002.



Figur 13: Årsmiddelverdier av SO₂ på Svanvik (1974-2016) og i Karpdalen (2009-2016). Grenseverdi for beskyttelse av økosystem er 20 µg/m³ (gjeldende fra 2002, markert med rød linje). Enhet: µg/m³.

Årsmiddelverdien på Svanvik var 5,7 µg/m³ i 2016. Siden 1999 har årsmiddel på Svanvik ligget mellom 5,7 µg/m³ (2004 og 2016) og 9,0 µg/m³ (2001). I perioden før 1989 ble verdien på 20 µg/m³ overskredet de fleste årene på Svanvik (Figur 13), mens årsmiddelverdiene ligger under 20 µg/m³ fra 1989²⁸. Grenseverdien ble overholdt i Karpdalen i 2016 (årsmiddel 17,9 µg/m³). Maksimal årsmiddelverdi i Karpdalen siden gjenåpningen i 2008 er 20,4 µg/m³ i 2010. Grenseverdien for årsmiddel er derved overholdt alle årene siden den gang²⁹.

Historisk sett ble verdien på 20 µg/m³ som årsmiddel overskredet i alle år hvor det ble utført målinger, dette gjaldt både norske (Viksjøfjell 1988-1995) og russiske stasjoner (Nikel, SOV1, SOV2 og SOV3, se kart i Figur 2). Særlig store overskridelser var det på de russiske stasjonene, da spesielt Nikel (operativ til 31. august 2008). Målingene utført av Murmansk UGMS siden 2010 viser typiske årsmiddelkonsentrasjoner i Nikel mellom 69 µg/m³ (2009) og 110 µg/m³ (2011) og mellom 78 µg/m³ (2015) og 97 µg/m³ (2013) i Zapoljarnij, se oppdatert fellesrapport fra ekspertgruppen for luft (Pettersen et al., 2017).

Merk også at konsentrasjonene som måles med passive prøvetakere på Viksjøfjell nå, 25-30 µg/m³ som langtidsmiddel (kap. 4.1.4) er like høye som konsentrasjonene som ble målt på 1990-tallet.

SO₂-målingene (Figur 13) gjenspeiler et betydelig lavere SO₂-utslipp i Nikel de 25 siste årene enn på 1970- og 1980-tallet. Som tidligere nevnt er samlede utslipp fra Pechenga-Nikel kombinatet (Nikel og Zapoljarnij) nå rundt 100'000 tonn SO₂ pr. år. Målet er å komme ned til 79'900 tonn SO₂ pr. år (opplysninger gitt under ekspertgruppemøte i oktober 2016).

²⁸ Man kan strengt tatt ikke snakke om overskridelse av grenseverdien på Svanvik før oktober 2002 siden grenseverdien da ikke hadde trådt i kraft. Dog sammenligner vi alle årsmidler med 20 µg/m³ siden dette er gjeldende grense.

²⁹ Årsmiddelverdi i Karpdalen i 2010 var 20,4 µg/m³. Grenseverdien er 20 µg/m³, ikke 20,0 µg/m³ og 20,4 avrundes nedover til 20 og medfører derved en overholdelse av grenseverdien.

4.3 Uorganiske komponenter i nedbør

Prøvetaking for målinger av uorganiske komponenter³⁰ i nedbør foretas ved en stasjon, Karpbukt, for stasjonsplassering se Figur 2 side 23. Prøvene av nedbør tas vanligvis over en uke med skifte hver mandag. Dessuten skiftes det på første dato i hver måned hvis denne ikke faller på en mandag.

På Svanvik ble det gjort nedbørmålinger av uorganiske komponenter fra høsten 1988 t.o.m. 2003. I 1990 ble det opprettet en stasjon i Karpdalen som ble nedlagt 1.4.1998. Som erstatning for Karpdalen ble det opprettet ny stasjon i Karpbukt 15.9.1998. Karpbukt ligger ved Jarfjorden der Karpdalen munner ut. Det er ca. 4 km mellom de to stasjonsplasseringene. Stasjonen i Karpbukt er vist i Bilde 10.

I tillegg til utvasking med nedbør må en også regne med at noe kommer ned i prøvetakerne (flasker med trakt) ved tørravsetning, dvs. at støvpartikler inneholdende tungmetaller daler ned i trakten/flasken.



Bilde 10: Stasjonen i Karpbukt, nedbørsamleren som brukes om sommeren (venstre) og snøsamleren som brukes om vinteren. Plasttrakt fanger sommernedbøren som samles i en plastflaske. Om vinteren samles snø i prøvetaker som så må smeltes og fylles på flasker før forsendelse. Legg også merke til ringen øverst. Den er plassert slik for at fugler skal sette seg på ringen framfor kanten av samleren. Dette for å unngå fugleskit i prøven. Høyre foto: Leif Magnus Eriksen.

³⁰ Igjen; som uorganiske komponenter regnes SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ .

Årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2016 er vist i Tabell 11 mens detaljerte månedsmiddelverdier er vist i Tabell 23 i Vedlegg B.

Tabell 11: Årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2016¹

Måned	Nedbør- mengde mm	Lednings- evne µS/cm	pH	SO ₄ ²⁻ mg S/l	SO ₄ ²⁻ _corr mg S/l	NH ₄ ⁺ mg N/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	Na ⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	K ⁺ mg/l
2016	694	20,62	4,87	0,44	0,27	0,12	0,07	2,01	0,25	3,60	0,13	0,13

¹⁾ Konsentrasjonene av SO₄²⁻ er korrigert for sjøsalt og gitt som mg svovel pr. liter. Å korrigere for sjøsalt vil si å bruke forholdet mellom Cl⁻ og de andre ionene i sjøvann for å beregne bidraget fra ikke-marine kilder i den aktuelle nedbørprøven, mens konsentrasjonene av NO₃⁻ og NH₄⁺ er gitt som mg nitrogen pr. liter.

Uorganiske komponenter som måles i Karpbukt er stoffer som mer eller mindre naturlig finnes i nedbør. Men det er en viss andel antropogent (menneskeskapt) bidrag, slik at dette også regnes som forurensning. Merk at konsentrasjonene av uorganiske komponenter er på mg-nivå (1/1 000 gram), mens tungmetaller (kap 5.2) er på µg-nivå (1/1 000 000 gram). pH i nedbør i Karpbukt er rundt og noe under 5. Ledningsevne er et mål på et stoffs evne til å lede elektrisitet og gir samtidig et mål for vannets renhet, ledningsevnen øker jo mer salter og karbondioksid som er løst i vannet. Nivået (konsentrasjonen) av sulfat er tilnærmet uforandret fra denne rapporteringsperioden sammenlignet med forrige, og høyere enn norske bakgrunnsstasjoner (Aas et al., 2017). Ellers er det endel Na og Cl i nedbøren, også kalt bordsalt når det kombineres. Dette skyldes selvfølgelig at Karpbukt ligger ved sjøen hvor det forekommer aerosoler og sjøsprøyt som inneholder salt. For utdypende sammenligning med måleresultater fra andre stasjoner i Norge og historikk henvises det til Bohlin-Nizzetto og Aas, 2017 og Aas et al., 2017.

Avsetning og trender

Det er også beregnet avsetning med nedbør av de forskjellige elementene både for sommerhalvåret 2015 og vinterhalvåret 2015/16. Avsetningstallene (enhet: mg/m²) regnes ut ved at konsentrasjonen i nedbøren (enhet: µg/liter eller mg/liter³¹) multipliseres med nedbøren (1 mm nedbør tilsvarer 1 liter/m²) for hver uke og summeres over sommerhalvåret 2016 og vinterhalvåret 2015/16. Resultatene er vist i Tabell 12 og Tabell 13 sammen med avsetningstall for tidligere år.

³¹ 1 000 µg = 1 mg, likeledes 1 000 000 µg = 1 000 mg = 1 g.

Tabell 12: Avsetning av uorganiske komponenter med nedbør i sommerhalvårene fra 1989 til 2016. H⁺ angis i $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$, konsentrasjoner av ulike forsurende stoffer sammenveies ofte til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forsurende effekt, avsetning er gitt i mg/m^2 .

Stasjon	Sommer- halvår	H ⁺ $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$	Total SO ₄ ²⁻ -S	Sjøsalt korr. SO ₄ ²⁻ -S	NH ₄ + -N	NO ₃ ⁻ -N	Na ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	K ⁺
Karpdalen	1991		363		54	36	440	62	730	31	38
	1992		410		132	61	440	54	760	73	83
	1993		333		64	48	759	85	1233	65	58
	1994		218	198	56	65	247	32	417	32	25
	1995	7568	177	167	47	34	124	23	192	40	12
	1996	6009	170	143	46	32	317	40	498	50	34
	1997	5320	114	106	23	18	105	15	169	21	11
Karpbukt	1999	5890	152	134	57	41	219	27	384	30	43
	2000	5993	134	118	36	27	190	26	354	26	17
	2001	6210	203	175	57	38	333	44	592	52	35
	2002	4044	150	118	41	28	382	55	684	76	46
	2003	7512	129	101	48	33	336	47	575	52	35
	2004	5808	182	158	25	35	286	41	460	61	42
	2005	5689	219	191	86	40	378	43	555	51	53
	2006	6427	162	149	34	44	159	23	274	29	24
	2007	3878	259	215	75	39	533	74	909	71	49
	2008	4597	155	158	29	33	399	57	605	48	31
	2009	5423	213	182	33	48	369	46	689	38	51
	2010	5822	154	134	32	29	234	29	268	37	27
	2011	6567	183	161	63	39	263	39	440	43	46
	2012	4873	105	79	36	23	302	41	532	38	41
	2013	2871	139	103	44	23	418	54	713	62	37
	2014	6029	207	149	44	36	534	76	916	68	76
	2015	4570	127	102	30	24	305	41	539	52	36
2016	6266	153	123	32	29	363	50	642	39	39	
Svanvik	1989		315		40	48	261	48	405	74	22
	1990		145		23	39	212	31	416	30	25
	1991		160		37	21	76	15	160	<25	<25
	1992		210		61	36	110	16	180	<34	<34
	1993		198		72	33	173	30	286	44	22
	1994		213	202	119	49	107	28	162	40	42
	1995	6712	181	176	50	27	63	19	99	31	25
	1996	4649	120	112	38	22	93	23	154	43	13
	1997	3312	102	98	51	20	48	10	77	24	14
	1998	5170	137	126	50	23	131	25	248	28	16
	1999	4793	117	110	46	35	83	18	150	25	24
	2000	7337	189	181	74	43	90	17	146	31	26
	2001	3625	205	198	75	32	83	21	143	43	26
	2002	3405	164	153	90	28	129	23	192	44	34
2003	2943	109	98	98	58	30	124	21	204	34	25

Tabell 13: Avsetning av uorganiske komponenter med nedbør i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2015/16. H⁺ angis i $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$, konsentrasjoner av ulike forsurende stoffer sammenveies ofte til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forsurende effekt, avsetning er gitt i mg/m^2 .

Stasjon	Vinter- halvår	H ⁺ $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$	Total SO ₄ ²⁻ -S	Sjøsalt korr. SO ₄ ²⁻ -S	NH ₄ ⁺ - N	NO ₃ ⁻ -N	Na ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	K ⁺
Karp- dalen	1991/92		173		33	36	530	64	990	49	56
	1992/93		143		31	34	814	95	1370	58	81
	1993/94	2675	96	59	25	40	443	53	814	30	42
	1994/95	3298	88	62	18	37	321	42	578	26	25
	1995/96	3812	148	71	29	35	940	120	1593	106	53
	1996/97	5061	136	88	24	28	578	71	1184	35	35
	1997/98	3410	120	75	19	25	535	67	968	34	33
Karpbukt	1998/99	3810	75	53	13	22	268	35	495	17	14
	1999/00	5041	138	81	19	31	683	81	1231	40	29
	2000/01	4401	103	65	10	23	457	55	850	24	20
	2001/02	3600	131	65	8	19	783	94	1411	36	29
	2002/03	4430	219	79	28	18	1682	208	3276	79	67
	2003/04	3232	124	58	19	24	793	102	1393	45	29
	2004/05	2411	112	42	6	17	876	102	1473	59	32
	2005/06	3944	162	78	43	37	998	121	1867	49	43
	2006/07	2598	87	45	16	22	501	70	865	31	22
	2007/08	3505	115	58	26	32	673	87	1259	38	29
	2008/09	1841	103	49	28	18	641	84	1040	46	33
	2009/10	2159	80	48	10	18	375	47	807	19	17
	2010/11	2815	94	39	11	17	801	82	1505	29	32
	2011/12	2298	68	44	22	19	290	38	523	21	17
	2012/13	2217	109	46	52	22	745	90	1345	38	27
	2013/14	2992	150	61	33	28	1072	127	1813	56	48
	2014/15	2281	113	66	39	17	555	70	975	45	37
2015/16	2855	100	60	36	23	477	63	870	33	32	
Svanvik	1988/89		56		16	19	294	37	504	33	14
	1989/90		67		13	26	156	26	360	17	12
	1990/91		39		11	18	113	16	205	9	9
	1991/92		87		36	35	210	27	410	17	17
	1992/93		49		23	19	208	26	374	19	11
	1993/94	2168	50	39	24	30	133	17	256	14	7
	1994/95	1603	46	37	22	21	109	15	195	12	9
	1995/96	2694	79	56	29	15	283	39	508	20	15
	1996/97	2093	66	48	38	36	212	39	438	39	15
	1997/98	1031	61	39	33	20	265	33	484	31	24
	1998/99	1332	54	48	41	22	76	12	144	10	8
	1999/00	1932	74	56	37	24	216	26	406	18	12
	2000/01	1484	57	44	37	21	157	20	275	11	11
	2001/02	1365	66	41	42	17	298	37	533	21	18
	2002/03	891	77	26	29	12	604	71	1106	37	29
2003/04	642	34	15	32	12	218	31	350	22	14	

5. Måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør

5.1 Tungmetaller i svevestøv

I dette prosjektet er det nå to prøvetakere for svevestøv (KleinfILTERgerät), en på Svanvik som ble satt opp i oktober 2008 og en i Karpdalen som ble satt opp høsten 2011. På Svanvik benyttes en sekvensiell prøvetaker som bytter filtre automatisk hver uke. Prøvetakeren i Karpdalen er manuell, dvs. at filtrene må byttes av lokal stasjonsholder. Med svevestøv menes PM_{10} , dvs. partikler med aerodynamisk diameter mindre enn $10\ \mu\text{m}$ ^{footnote 32}. Prøvetakingen foregår ved at luft suges inn gjennom et filter der støv avsettes. Etterpå sendes filtrene til NILUs laboratorier for analyse av 10 metaller (Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Co, V, As og Al). Basert på målt luftvolum gjennom instrumentet og mengden (masse) tungmetaller avsatt kan middelkonsentrasjonene i eksponeringsperioden (dvs en uke) regnes ut.

NILU har de siste rapporteringsperiodene gjort målinger av masse av svevestøv. Siden måleresultatene viste lave verdier, dvs. langt under gjeldende grenseverdier og akseptkriterier, besluttet NILU å avslutte ekstra veiing av filtre for bestemmelse av masse støv på Svanvik og i Karpdalen (gjelder fra 2016, for 2015 se tidligere rapporter fra prosjektet).

Luftinntaket på instrumentet er tilpasset PM_{10} siden lovverket definerer tungmetaller som andel av PM_{10} -fraksjonen. NILU måler ikke $PM_{2.5}$ i grenseområdene. På russisk side, nærmere bestemt på stasjonene i Nikel og Zapoljarnij, gjør Murmansk UGMS prøvetaking og analyse av tungmetaller. Merk dog at i Russland måles det totalstøv, dvs. også partikler større enn $10\ \mu\text{m}$, det er ingen størrelsesfraksjonering (Pettersen et al., 2017).

Ni (nikkel), Cu (kobber), Co (kobolt) og As (arsen) regnes som spormetaller fra nikkilverkene på russisk side og det er disse fire elementene som vektlegges i denne rapporten. Middelveidier av for Ni, Cu, Co og As i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2016, samt sommersesongen 2016 er vist i Tabell 14. Detaljerte data for alle 10 elementene som analyseres (Ni, Cu, Co, As i Tabell 24 og Tabell 25, samt Pb, Cd, Zn, Cr, V, Al) er vist i Vedlegg C.

På begynnelsen av 2016 var det tidvis problemer med prøvetakingen i Karpdalen. Som sagt er det en manuell prøvetaker hvor et og et filter skiftes jevnlig. I februar stoppet instrumentet og det ble foretatt kort gjennomsyn med bl.a. skifte av sikringer. Instrumentet fungerte da noen dager før det stoppet igjen. Det ble da besluttet å sende nytt instrument oppover fra Kjeller, men det tok noen uker før nytt instrument var på plass. Derfor er det opphold i februar og ingen målinger i perioden 4. mars - 4. april. Fra april fungerte prøvetakingen igjen, bortsett fra et lite strøbrudd i juni.

³² μm betegner mikrometer, dvs. $1/1'000'000$ meter ("million'te del") meter, eller $1/1000$ millimeter.

Hyppigst forekommende vindretning vinterstid er fra sør (se vindrose Figur 3 på side 33), dette bringer utslippene nordover mot Karpdalen og Jarfjordfjellet. Karpdalen viser derfor vanligvis noe høyere konsentrasjoner enn Svanvik.

Tabell 14: Middelverdier av metaller i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2016, samt sommersesongen 2016.

Fra dato	Til dato	Ni ¹⁾ ng/m ³	Cu ¹⁾ ng/m ³	Co ¹⁾ ng/m ³	As ¹⁾ ng/m ³
Svanvik:					
01.01.2016	01.01.2017	7,24	5,88	0,29	1,73
01.04.2016	01.10.2016	5,29	4,45	0,23	1,11
Karpdalen:					
01.01.2016	01.01.2017	7,56	6,27	0,31	2,25
01.04.2016	01.10.2016	8,92	7,03	0,36	1,98

¹⁾ Ved utregning av vektet middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

Målsetningsverdier ("target value") for tungmetaller er 20 ng/m³ for nikkel og 6 ng/m³ for arsen gitt som årsmiddel, gjeldende fra 1.1.2013 (kap. 2.3). Resultatene viser at gjennomsnittsverdiene for 2016 for Svanvik (årsmiddel 7,68 ng/m³ for Ni og 1,86 ng/m³ for As) og for Karpdalen (årsmiddel 7,56 ng/m³ for Ni og 2,25 ng/m³ for As) ligger godt under målsetningsverdi for år.

Ellers kan det nevnes at resultatene for de andre metallene på Svanvik og i Karpdalen viser at målsetningsverdi for kadmium (Cd, 5 ng/m³ som årsmiddel, se Tabell 4) er overholdt gitt at årsgjennomsnittet i grenseområdene i 2016 var 0,13 ng/m³ (Svanvik) og 0,16 ng/m³ (Karpdalen), se Vedlegg C for detaljer. Også grenseverdi for Bly (Pb, 0,5 µg/m³, tilsvarende 500 ng/m³) var overholdt med 2,30 ng/m³ og 2,56 ng/m³ som årsgjennomsnitt hhv på Svanvik og i Karpdalen.

Under basisundersøkelsen i 1988-1991 ble det også målt tungmetaller i svevestøv på syv forskjellige stasjoner i grenseområdene (Noatun, Kobbfoss, Svanvik, Holmfoss, Kirkenes, Karpdalen og Viksjøfjell). Maksimumsverdiene for 1990-91 på de forskjellige stasjonene lå fra 27,70 til 102,3 ng/m³ for Ni, fra 9,50 til 88,00 ng/m³ for As, fra 53,20 til 119,8 ng/m³ for Cu og 2,47 til 4,05 ng/m³ for Co (Sivertsen et al., 1991). Sammenlignet med målingene fra januar 1990 til mars 1991 er de målte verdiene av de fire tungmetallene Ni, As, Cu og Co i dag i samme størrelsesorden som for 25 år siden. Merk at utslippene av svoveldioksid den gang var rundt 250 000 tonn pr år fra Zapoljarnij og Nikel, rundt 2,5 ganger høyere enn i dag. Utslippene av tungmetaller var dårlig kjent.

Tungmetaller i svevestøv måles også ved observatoriene på Birkenes II (Sør-Norge) og Zeppelinfjellet (Spitsbergen) og på Andøya (Bohlin-Nizzetto og Aas, 2017). Verdiene på disse observatoriene representerer bakgrunnsverdier og har årsmiddelverdier for 2016 mellom 0,11 og 0,19 ng/m³ for Ni, mellom 0,07 og 0,16 ng/m³ for As og mellom 0,18 og 0,41 ng/m³ for Cu. Årsmiddelkonsentrasjonen av Co i 2016 ligger mellom 0,007 og 0,041 ng/m³. Sammenlignet

med disse målingene ligger middelverdiene fra stasjonene i grenseområdene typisk en faktor 10-30 høyere enn bakgrunnsstasjonene i overvåkingsprogrammet i Norge.

Måleresultatene som presenteres her viser forhøyede verdier av tungmetaller i svevestøv. Verdiene tilsier også at det faglig sett var fornuftig å starte svevestøvmålinger på Svanvik høsten 2008 og i Karpdalen høsten 2011.

5.2 Tungmetaller i nedbør - konsentrasjon

Prøvetaking for målinger av tungmetaller i nedbør foretas ved to stasjoner: Svanvik og Karpdalen. Prøvene av nedbørkvalitet tas vanligvis over en uke med skifte hver mandag. Dessuten skiftes det på første dato i hver måned hvis denne ikke faller på en mandag. På Svanvik har nedbørmålingene pågått siden høsten 1988. I 1990 ble det opprettet en stasjon i Karpdalen som ble nedlagt 1.4.1998 (og gjenåpnet i august 2013).

I tillegg til utvasking med nedbør må en også regne med at noe kommer ned i prøvetakerne (flasker med trakt) ved tørravsetning, dvs. at støvpartikler inneholdende tungmetaller daler ned i trakten/flasken.

Årsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen i 2016 er vist i Tabell 15, mens detaljerte månedsmiddelverdier er vist i Tabell 28 og Tabell 29 i Vedlegg C.

Tabell 15: Årsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen i 2016.

Stasjon	Nedbør- mengde mm	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Ni µg/l	As µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	Al µg/l
Svanvik	562	1,04	0,06	5,20	26,49	1,29	29,45	0,83	0,26	0,34	23,98
Karpdalen	624	0,96	0,07	7,23	42,06	1,19	38,55	1,23	0,48	0,46	36,39

Nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) regnes som spormetaller fra nikkilverkene. På Svanvik ble de høyeste konsentrasjonene av Ni i nedbør målt i april, september og oktober (Tabell 28). Cu viser de høyeste konsentrasjonene i april og september, Co i april, september og oktober og As i april og juli. Merk samtidig at SO₂ viste de høyeste konsentrasjonene i januar og februar (Tabell 5). Det er derved ikke noe 1:1-forhold mellom konsentrasjonen av SO₂ og konsentrasjonene av tungmetaller, ei heller mellom de ulike spormetallene fra nikkilverkene.

Middelkonsentrasjonene av Pb og As er noe høyere på Svanvik enn i Karpdalen i 2016, Cd er tilnærmet lik, mens de resterende sju viser høyere konsentrasjoner i Karpdalen, typisk 50% høyere i Karpdalen enn på Svanvik, bortsett fra Cr som er nesten faktor 2 høyere i Karpdalen enn på Svanvik i 2016.

Hvis man ser spesielt på de fire sporelementene Ni, Cu, Co og As målt på Svanvik er det ulike trender i konsentrasjonene av disse. Det er vanskelig å gi noen fullgod forklaring på denne

forskjellen siden alle fire regnes som spormetaller fra smelteverkene. En mulighet er at det er brukt noe forskjellig sammensetning av malm i nikkelproduksjonen eller at produksjonsmetodene varierer, men dette er kun hypoteser. Et annet poeng er at partiklene har ulike hygroskopiske egenskaper slik at det varierer hvor raskt de tas opp i skydråpene og så regnes ut. Mønsteret for konsentrasjoner av metaller i nedbør er også forskjellig fra mønsteret for konsentrasjoner av metaller i luft (kap 5.1), uten at dette er analysert i detalj. Merk også at det er stor variasjon fra måned til måned, og fra år til år, i de målte konsentrasjoner i nedbør. Det er heller ikke kjent hvordan omleggingen av utslippsmønsteret mellom Zapoljarnij og Nikel vil påvirke konsentrasjonene av de ulike elementene.

Tungmetallene Pb, Cd og Zn analyseres rutinemessig i nedbøren på 3 norske bakgrunnsstasjoner under Statlig program for forurensningsovervåking (Birkenes, Hurdal, Kårvatn). Tungmetallene Ni, As, Cu, Co, Cr og V i nedbør analyseres nå bare på Birkenes, på Svanvik og i Karpdalen. I tillegg analyseres Mn på Birkenes og Al i grenseområdene. Utenom Zn, er det betydelig høyere konsentrasjoner på Svanvik og i Karpdalen enn på de andre stasjonene i 2016 (Bohlin-Nizzetto og Aas, 2017).

5.3 Tungmetaller i nedbør - våtavsetning

Det er også beregnet avsetning med nedbør av de forskjellige elementene, både for sommerhalvåret 2015 og vinterhalvåret 2015/16. Avsetningstallene (enhet: mg/m²) regnes ut ved at konsentrasjonen i nedbøren (enhet: µg/liter eller mg/liter³³) multipliseres med nedbøren (1 mm nedbør tilsvarer 1 liter/m²) for hver uke og summeres over sommerhalvåret 2016 og vinterhalvåret 2015/16. Resultatene er vist i Tabell 16 og Tabell 17 sammen med avsetningstall for tidligere år (trender).

Avsetningen i nedbør av Ni, Cu og As på Svanvik for sommerhalvårene fra 1989 til 2016 og for vinterhalvårene fra 1988/89 til 2015/16 er vist i Figur 14 sammen med halvårsmiddelkonsentrasjoner av SO₂. Avsetningen av alle fire elementene Ni, As, Cu og Co gikk opp sommeren 2016 sammenlignet med sommeren før (2015, se også tallene i Tabell 16). Også avsetningen i Karpdalen av disse fire elementene gikk opp i sommersesongen 2016 (kraftig økning). Vinterhalvåret 2015/16 var avsetningen på Svanvik tilnærmet lik vinteren før, i Karpdalen gikk avsetningen noe opp eller var tilnærmet uforandret (Tabell 17).

Avsetningen av nikkel på Svanvik vinteren 2015/16 (1,16 mg/m²) og sommeren 2016 (12,80 mg/m²), samt i Karpdalen vinteren 2015/16 (5,38 mg/m²) og sommeren 2016 (19,99 mg/m²), er i sum over tålegrense for nikkel i nedbør beregnet til 4-6 mg/(m² år) for Øst-Finnmark. Dette gjelder med tanke på drikkevann (Reinds et al., 2006). For ytterligere diskusjon om vannkvalitet henvises til annen rapport under overvåkingsprogrammet (Garmo et al., 2016).

Avsetningen av disse elementene på Svanvik er vanligvis langt høyere om sommeren enn om vinteren (se Figur 14). Sesongvariasjonen skyldes at frekvensen av vind fra Nikel mot Svanvik er klart høyest i sommerhalvåret (se vindrose Figur 3). Som tidligere nevnt er det nå kontinuerlige målinger av tungmetaller i svevestøv både på Svanvik og i Karpdalen (kap. 5.1).

³³ 1 000 µg = 1 mg, likeledes 1 000 000 µg = 1 000 mg = 1 g.

Det er prøvetaking og analyse av tungmetaller i nedbør i Karpdalen fra august 2013. Dette vil i sum gi et godt bilde av spredningen av tungmetaller fra smelteverkene og sesongvariasjonen av disse.

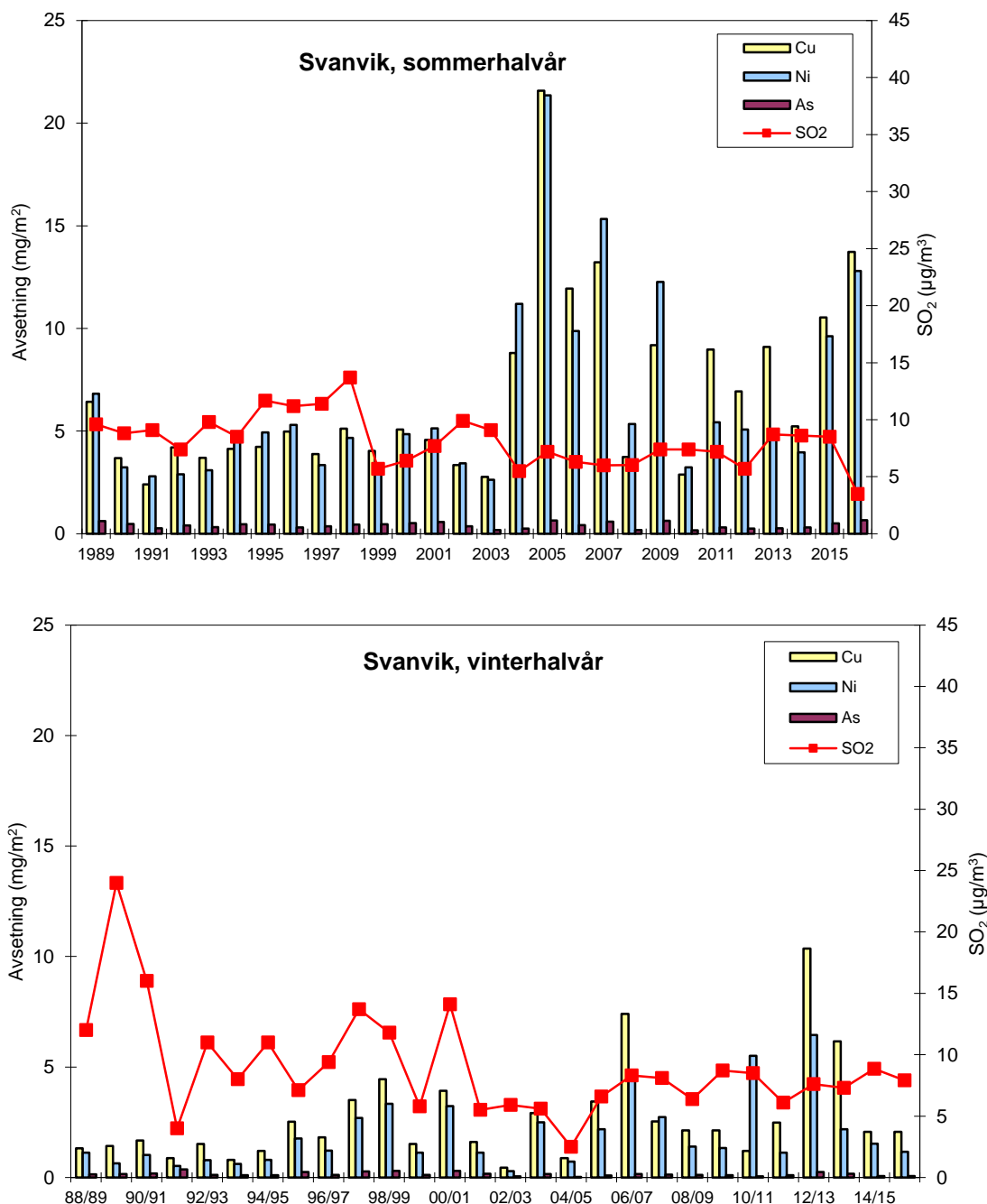
Tabell 16: Avsetning av metaller med nedbør i sommerhalvårene fra 1989 til 2016.

Stasjon	Sommer- halvår	Pb	Cd	Zn	Ni	As	Cu	Co	Cr	V	Al
		mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²
Karp- dalen	1991	0,31	0,12	1,30	1,60	0,13	1,60	0,06	0,19		
	1992	0,54	< 0,03	1,50	1,30	0,24	1,50	< 0,04			
	1993	0,29	0,01	0,91	0,92	0,13	1,01	0,04	0,27		
	1994	0,36	0,02	1,37	2,99	0,27	2,46	0,11	0,16		
	1995	0,37	0,01	0,78	3,10	0,22	1,75	0,12	0,11		
	2014	0,18	0,01	1,41	2,56	0,18	2,75	0,08	0,07	0,07	9,72
	2015	0,34	0,01	1,80	6,08	0,29	5,91	0,21	0,13	0,12	14,23
	2016	0,43	0,03	2,23	19,99	0,59	17,07	0,58	0,25	0,17	18,35
Svanvik	1989	0,64	0,06	1,86	6,82	0,62	6,43	0,19	0,23		
	1990	0,43	0,05	1,67	3,24	0,47	3,68	0,11	0,14		
	1991	0,29	< 0,02	0,87	2,80	0,27	2,40	0,07			
	1992	0,35	< 0,03	0,97	2,90	0,40	4,20	0,08	< 0,17		
	1993	0,27	0,02	0,60	3,10	0,32	3,70	0,12	0,14		
	1994	0,46	0,02	1,66	4,63	0,47	4,14	0,14	0,11		
	1995	0,51	0,03	1,58	4,93	0,45	4,23	0,17	0,12		
	1996	0,21	0,01	0,77	5,31	0,30	4,98	0,17	0,11		
	1997	0,20	0,02	0,65	3,34	0,36	3,89	0,11	0,05		
	1998	0,27	0,02	0,96	4,67	0,45	5,13	0,14	0,08		
	1999	0,26	0,02	2,72	3,24	0,47	4,04	0,11	0,09		
	2000	0,51	0,03	1,54	4,86	0,52	5,08	0,15	0,06		
	2001	0,61	0,04	2,20	5,14	0,57	4,58	0,16	0,10		
	2002	0,33	0,01	1,85	3,43	0,36	3,34	0,10	0,05		
	2003	0,64	0,02	1,71	2,63	0,18	2,77	0,09	0,07		
	2004	0,38	0,02	1,60	11,20	0,26	8,81	0,29	0,13		
	2005	0,63	0,05	1,33	21,36	0,64	21,59	0,62	0,16		
	2006	0,33	0,04	3,07	9,87	0,42	11,95	0,32	0,09		
	2007	0,42	0,08	0,98	15,33	0,60	13,22	0,39	0,21		
	2008	0,13	0,02	0,61	5,35	0,19	3,74	0,16	0,10		
2009	0,44	0,04	0,93	12,27	0,63	9,19	0,33	0,25	0,14	3,73	
2010	0,23	0,02	1,16	3,23	0,17	2,89	0,11	0,11	0,12	4,57	
2011	0,25	0,06	1,25	5,43	0,31	8,97	0,18	0,12	0,09	7,33	
2012	0,19	0,02	1,13	5,08	0,25	6,94	0,16	0,05	0,11	8,01	
2013	0,19	0,01	0,73	4,73	0,26	9,10	0,14	0,04	0,11	4,98	
2014	0,27	0,01	1,01	3,97	0,31	5,23	0,11	0,05	0,10	4,54	
2015	0,53	0,03	1,13	9,62	0,50	10,54	0,29	0,11	0,12	10,72	
2016	0,50	0,03	2,48	12,80	0,66	13,73	0,39	0,13	0,12	12,04	

Tabell 17: Avsetning av metaller med nedbør i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2015/16.

Stasjon	Vinter- halvår	Pb	Cd	Zn	Ni	As	Cu	Co	Cr	V	Al
		mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²
Karpdalen	1991/92	0,51	0,02	0,87	0,47	0,13	0,72	0,01	0,27		
	1992/93	0,29	0,01	1,27	0,62	0,09	1,29	0,02	0,27		
	1993/94	0,15	0,01	0,75	0,41	0,08	0,69	0,02	0,19		
	1994/95	0,19	0,01	0,66	0,78	0,08	1,06	0,03	0,04		
	2013/14	0,16	0,01	1,77	2,35	0,21	6,18	0,08	0,03	0,12	3,88
	2014/15	0,12	0,01	1,05	3,43	0,13	4,10	0,10	0,05	0,08	3,50
	2015/16	0,14	0,01	1,58	5,38	0,14	6,68	0,14	0,04	0,11	3,54
Svanvik	1988/89	0,38	0,02	1,05	1,13	0,14	1,32				
	1989/90	0,14	0,02	0,61	0,64	0,16	1,43	0,02	0,05		
	1990/91	0,18	0,02	0,62	1,02	0,18	1,67	0,04	0,02		
	1991/92	0,17	0,01	0,36	0,52	0,36	0,88	0,01	0,09		
	1992/93	0,09	0,03	0,53	0,78	0,11	1,51	0,03	0,80		
	1993/94	0,09	0,01	0,23	0,62	0,10	0,80	0,02	0,08		
	1994/95	0,14	0,01	0,32	0,80	0,10	1,21	0,02	0,02		
	1995/96	0,14	0,02	0,51	1,76	0,25	2,52	0,06	0,03		
	1996/97	0,12	0,02	0,48	1,21	0,11	1,82	0,04	0,02		
	1997/98	0,36	0,01	0,48	2,69	0,27	3,50	0,08	0,04		
	1998/99	0,12	0,02	0,72	3,33	0,30	4,45	0,10	0,07		
	1999/00	0,13	0,01	0,89	1,12	0,12	1,52	0,04	0,04		
	2000/01	0,35	0,02	0,63	3,23	0,30	3,92	0,10	0,04		
	2001/02	0,27	0,02	0,76	1,12	0,17	1,61	0,03	0,02		
	2002/03	0,57	0,01	0,66	0,28	0,05	0,44	0,01	0,02		
	2003/04	0,19	0,01	0,74	2,50	0,15	2,91	0,07	0,04		
	2004/05	0,05	0,00	0,35	0,71	0,02	0,87	0,02	0,02		
	2005/06	0,17	0,02	0,98	2,18	0,09	3,44	0,06	0,04		
	2006/07	0,15	0,02	0,54	4,53	0,16	7,40	0,17	0,04		
	2007/08	0,07	0,01	0,82	2,73	0,13	2,53	0,07	0,03		
	2008/09	0,08	0,03	0,48	1,40	0,12	2,13	0,05	0,02		
2009/10	0,10	0,01	0,31	1,33	0,10	2,14	0,05	0,02	0,05	0,76	
2010/11	0,07	0,01	0,48	5,50	0,06	1,20	0,08	1,10	0,16	7,47	
2011/12	0,06	0,01	0,21	1,12	0,10	2,48	0,04	0,01	0,03	2,54	
2012/13	0,20	0,01	0,71	6,44	0,24	10,36	0,17	0,04	0,14	3,20	
2013/14	0,12	0,01	0,39	2,18	0,17	6,16	0,07	0,01	0,10	1,20	
2014/15	0,06	0,00	0,74	1,53	0,06	2,07	0,05	0,02	0,05	2,19	
2015/16	0,20	0,00	0,52	1,16	0,06	2,07	0,04	0,02	0,06	2,29	

Merk også den markerte økningen i avsetning av Ni og Cu sommeren 2004. Den økte avsetningen er også observert på andre målestasjoner, for eksempel i Nord-Finland (Stebel et al., 2007). Økningen gjenspeiles også i konsentrasjonene i vann og innsjøer i grenseområdene (Garmo et al., 2016). Det er ikke funnet noen fullgod forklaring på dette. Økning av konsentrasjoner av tungmetaller i nedbør var også foranledning til at det ble bevilget midler til målinger av tungmetaller i luft på Svanvik i 2008 og i Karpdalen i 2011.



Figur 14: Avsetning med nedbør av Cu, Ni og As (mg/m^2) i sommerhalvårene fra 1989 til 2016 og i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2015/16. Halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO_2 er også vist ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

6. Konklusjon

Briketteringsanlegget i Zapoljarnij og smelteverket i Nikel slipper ut store mengder svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller (nikkel Ni, kobber Cu, arsen As og kobolt Co). Disse utslippene påvirker luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene. Ved vind fra øst og sør kommer disse utslippene inn over Pasvikdalen og Jarvfjordfjellet i Sør-Varanger i Øst-Finnmark.

Utslippene fra Zapoljarnij og Nikel utgjør nå i overkant av 100'000 tonn SO₂ pr år. På 1970/80-tallet var utslippene over 400'000 tonn pr år. Det skyldtes bruk av malm fra Sibir med meget høyt innhold av svovel. Siden har utslippene og miljøbelastningen av SO₂ gått ned.

NILU har, på oppdrag av Miljødirektoratet og Klima- og Miljødepartementet, etablert et måleprogram i grenseområdene i nord. De viktigste målestasjonene i programmet er Svanvik, i Pasvikdalen vest for Nikel, og Karpdalen, ved Jarvfjordfjellet nord for Nikel og Zapoljarnij. Begge stasjonene måler SO₂, tungmetaller i luft og tungmetaller i nedbør, samt meteorologi.

Fremherskende vindretning ved målestasjonene er fra sør om vinteren. Dette medfører at Jarvfjordfjellet og Karpdalen har høyest miljøbelastning vinterstid.

Svanvik og Karpdalen kan oppleve kortvarige, høye konsentrasjoner av SO₂, også kalt episoder. Norske grenseverdier for luftkvalitet er ikke overholdt i grenseområdene.

I 2016 ble grenseverdien for SO₂ timemiddelverdi overskredet i Karpdalen med totalt 43 timemiddelverdier over 350 µg/m³, mens lovverket kun tillater 24 overskridelser pr kalenderår.

Likeledes er norsk grenseverdi for døgnmiddelverdi overskredet i Karpdalen i 2016 med syv døgnmiddelverdier over 125 µg/m³, mens lovverket kun tillater 3 overskridelser pr kalenderår. I tillegg ble grenseverdien for vintersesong overskredet i Karpdalen med 29,8 µg/m³ SO₂ som gjennomsnittskonsentrasjon vinteren 2015/16 (grenseverdi 20 µg/m³).

Prøvetaking av tungmetaller/elementer i luft og nedbør viser forhøyede verdier av Ni, Cu, Co, As som regnes som spormetaller fra nikkelsmelteverkene. Norske målsettingsverdier for Ni og As i luft er overholdt. Norske måleprogrammer viser en økning i nivåene av tungmetaller fra 2004 sammenlignet med tiden før 2004. Det er ikke samsvar mellom trender i offisielle utslippstall av tungmetaller fra Russland og trender i norske og finske måleprogrammer.

7. Referanser og relevant stoff om forurensning i grenseområdene Norge - Russland

7.1 Internettsteder

Her er det listet opp endel hjemmesider som er relevante for dette overvåkingsprosjektet (oppdatert pr mai 2017).

Miljødirektoratet (eng Norwegian Environment Agency):
www.miljodirektoratet.no

Klima- og miljødepartementet:
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/kld.html?id=668>

NILU - Norsk institutt for luftforskning:
www.nilu.no

Luftkvalitet.info der SO₂ på Svanvik og i Karpdalen vises i nær sanntid (vises under Sør-Varanger):

<http://www.luftkvalitet.info/home.aspx>

<http://www.luftkvalitet.info/home.aspx?type=Area&id={a7a5388b-2cae-4c04-8f8e-d39463e64974}>

<http://www.luftkvalitet.info/home.aspx?type=Area&id={9e567f24-0ccb-42af-95d4-e88dea291924}>

Miljøstatus i Finnmark:
<http://fylker.miljostatus.no/finnmark/>

Miljøstatus. Avsetning av svovel og nitrogen, kart.
www.miljostatus.no/Tema/Luftforurensning/Sur-nedbor/Avsetning-av-svovel-nitrogen/

Miljøstatus. Kobber i mose, animasjon.
www.miljostatus.no/Tema/Luftforurensning/Nedfall-av-tungmetaller/Kart-Kobber-i-mose/

Fylkesmannen i Finnmark - Miljøvernavdelinga:
<http://fylkesmannen.no/Finnmark/Miljo-og-klima/>

Nasjonalparksamarbeidet i Pasvik:
<http://www.pasvik-inari.net/>

Pasvik Zapovednik (russisk nasjonalpark)
<http://www.pasvik51.ru>

Pasvikprogrammet:

<http://www.pasvikmonitoring.org/>

Statens strålevern:

<http://www.nrpa.no/>

NIBIO Svanhøvd:

http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/bioforsk/forskningscenter/senter/avdeling?p_dimensjon_id=15009

<http://www.svanhovd.no/>

Barentssekretariatet:

<http://www.barents.no/>

Barentsobserver (nettavis med mye relevant stoff om grenseområdene)

<http://www.thebarentsobserver.com/>

Sett Nordfra (nettbasert nyhetsmagasin med nord-perspektiv)

<http://www.settnordfra.no/>

High North News (nyhetsmagasin drevet av High North Centre ved Universitet Nord i Bodø)

<http://www.highnorthnews.com/>

Miljøvernorganisasjoner:

<http://naturvernforbundet.no/>

<http://naturvernforbundet.no/finnmark/>

<http://www.nu.no>

<http://www.bellona.no/>

<http://www.bellona.ru/> (på russisk)

NorNickel (på russisk benevnt НОРНИКЕЛЯ, dvs. moderselskapet/kombinatet):

<http://www.nornik.ru/en/>

Kola Bergverkskompani, på russisk benevnt Кольская ГМК / Kolskaya GMK, på engelsk benevnt Kola MMC / Kola Mining and Metallurgical Company, dvs det lokale selskapet:

<http://www.kolagmk.ru>

Finske meteorologiske institutt

<http://ilmatieteenlaitos.fi/>

<http://sv.ilmatieteenlaitos.fi/> (svensk versjon)

Luftkvalitet nu (Finland):

<http://www.ilmanlaatu.fi/>

<http://www.ilmanlaatu.fi/ilmanynt/nyt/ilmanynt.php>

SO₂-målinger i finsk Lappland:

<http://www.ilmanlaatu.fi/ilmanynt/nyt/ilmanynt.php?as=41&rs=Valitse+kunta&ss=Valitse+mitta+uspaikka&p=sulphurdioxide&pv=01.05.2011&h=10&et=map&ls=ruotsi>

Russiske måleresultater

http://www.kolgimet.ru/monitoring-zagrjaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrjaznenie-atmosfernogo-vozdukha/?no_cache=1

7.2 Litteratur

Mangeårig prosjektleder Leif Otto Hagen og medforfattere har skrevet tilsammen 22 halvårs- og årsrapporter for dette prosjektet fra 1991 og fram til 2006. Av disse er kun den siste tatt med i referanselisten. Likeledes er studier fra før år 2000 utelatt. For tidligere studier, konsulter tidligere rapporter fra prosjektet.

AMAP (2005) AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP).

Amundsen, P.-A., Kashulin, N.A., Terentjev, P. Gjelland, K.Ø., Koroleva, I.M., Dauvalter, V.A., Sandimirov, S. Kashulin, A., Knudsen, R. (2011) Heavy metal contents in whitefish (*Coregonus lavaretus*) along a pollution gradient in a subarctic watercourse. *Environ. Monit Assess.*, 182, 301-316, doi 10.1007/s10661-011-1877-1.

Berglen, T.F., Sivertsen, B., Arnesen, K. (2008) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2007-mars 2008. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1037/2008. TA-2445/2008) (NILU OR, 68/2008).

Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Hansen, T., Ofstad, T., Rode, A., Sivertsen, B., Uggerud, H.T., Vadset, M. (2009) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2008-mars 2009. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1054/2009. TA-2533/2009) (NILU OR, 27/2009).

Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Kalvenes, Ø., Ofstad, T., Rode, A., Tønnesen, D.A., Uggerud, H.T., Vadset, M. (2010) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2009-mars 2010. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1082/2010. TA-2730/2010) (NILU OR, 35/2010).

Berglen, T.F., Arnesen, K., Rode, A., Tønnesen, D. (2011) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2010-mars 2011. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1106/2011. TA 2838/2011) (NILU OR, 31/2011).

Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Rode, A., Tønnesen, D., Vadset, M. (2012) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2011-mars 2012. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1128/2012. TA 2951/2012) (NILU OR, 25/2012).

Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Haugsbakk, I., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2013) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2012 - mars 2013. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1153/2013.) (Miljødirektoratet rapport, M-41/2013) (NILU OR, 42/2013).

- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Haugsbakk, I., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2014) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2013 - mars 2014. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-204/2014) (NILU OR, 33/2014).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Nilsson, L.O., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2015) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2014 - mars 2015. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-384/2015) (NILU OR, 21/2015).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Nilsson, L.O., Svendby, T.M., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2016) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2015 - mars 2016. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-567/2016) (NILU OR, 16/2016).
- Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Finne, T.E., Jensen, H., Lukina, N., Bakkestuen, V. (2006) Epiphytic lichen distribution and plant leaf heavy metal concentrations in Russian-Norwegian boreal forests influenced by air pollution from nickel-copper smelters. *Boreal Environ. Res.*, 11, 441-450.
- Bohlin-Nizzetto, P., Aas, W., Warner, N. (2017) Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation, annual report 2016. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-757/2017) (NILU report, 17/2017).
- Dauvalter, V., Rognerud, S. (2001) Heavy metal pollution in sediments of the Pasvik River drainage. *Chemosphere*, 42, 9-18.
- Dauvalter, V.A., Kashulin, N.A., Sandimirov, S.S., Terentjev, P., Denisov, D., Amundsen, P.-A. (2011) Chemical composition of lake sediments along a pollution gradient in a subarctic watercourse. *J. Environ. Sci. and Health, Part A*, 46, 1020-1033, doi: 10.1080/10934529.2011.584503.
- Engdahl, B.J., Velken, A.V.S., Berglen, T.F., Hodnebrog, Ø., Stordal, F. (2014) Utslipp, spredning og avsetning av SO₂ fra Nikel og Zapoljarnij. En WRF-Chem modellstudie. (Kjeller, NILU OR, 57/2014).
- European Commission (1996) Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. (Rammedirektivet). *Off. J. Eur. Communities*, L296, 21/11/1996, 0055-0063.
- European Commission (1999) Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. *Off. J. Eur. Communities*, L163, 29/06/1999, 0041-0060.
- EU (2005) Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. *Off. J. Eur. Union*, L 23, 3-16.
- Garmo, Ø., Skancke, L.B., Høgåsen, T (2016) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - vannkjemiske effekter 2015. Oslo, Norsk institutt for

- vannforskning. Statlig program for forurensningsovervåking. (Miljødirektoratet rapport, M-613/2016). (NIVA-rapport 7078-2016).
- Grøntoft, T., Ferm, M. (2014) International co-operative programme on effects on materials, including historic and cultural monuments. Trend exposure programme 2011 - 2012. Environmental data report October 2011 to December 2012. Kjeller, NILU (UN/ECE International co-operative programme on effects on materials, including historic and cultural monuments. Report no. 75) (NILU OR, 23/2014).
- Hagen, L.O. (1977) Landsoversikt over luftforurensningstilstanden i Norge, resultater av målingene i kommunene i perioden oktober 1973 - mars 1976. Med databilag. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 14/77).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Johnsrud, M. (1989) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 1 pr. 1.7.1989. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 46/89).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B, Arnesen, K. (2006) Grenseområdene i Norge og Russland. Luft og nedbørkvalitet, april 2005-mars 2006. Kjeller, NILU (NILU OR, 69/2006).
- Harmens, H., Norris, D.A., Steinnes, E., Kubin, E., Piispanen, J., Alber, R., Aleksiyenak, Y., Blum, O., Coşkun, M., Dam, M., De Temmerman, L., Fernández, J.A., Frolova, M., Frontasyeva, M., González-Miqueo, L., Grodzińska, K., Jeran, Z., Korzekwa, S., Krmar, M., Kvietkus, K., Leblond, S., Liiv, S., Magnússon, S.H., Mankovská, B., Pesch, R., Rühling, A., Santamaria, J.M., Schröder, W., Spiric, Z., Suchara, I., Thöni, L., Urumov, V., Yurukova, L., Zechmeister, H.G. (2010) Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ. Pollut.*, 158, 3144-3156.
- Harmens, H., Norris, D.A., Sharps, K., Mills, G., Alber, R., Aleksiyenak, Y., Blum, O., Cucu-Man, S.M., Dam, M., De Temmerman, L., Ene, A., Fernandez, J.A., Martinez-Abaigar, J., Frontasyeva, M., Godzik, B., Jeran, Z., Lazo, P., Leblond, S., Liiv, S., Magnusson, S.H., Mankovska, B., Karlsson, G.P., Piispanen, J., Poikolainen, J., Santamaria, J.M., Skudnik, M., Spiric, Z., Stafilov, T., Steinnes, E., Stihl, C., Suchara, I., Thoni, L., Todoran, R., Yurukova, L., Zechmeister, H.G. (2015) Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some "hotspots" remain in 2010. *Environ. Pollut.*, 200, 93-104.
- Høiskar, B.A.K., Haugen, R. (2005) Nettverket for overvåking av radioaktivitet i luft i Norge. Årsrapport 2004. Kjeller, NILU (NILU OR, 17/2005).
- Hønneland, G., Rowe, L. (2008) Fra svarte skyer til helleristninger. Norsk-russisk miljøvernssamarbeid gjennom 20 år. Trondheim, Tapir akademisk forlag.
- Jacobsen, A.R. (2006) Nikkel, jern og blod. Krigen i Nord 1939-1945. Oslo, Aschehoug.
- Jensen, H.K.B., Finne, T.E., Gwynn, J., Kiel Jensen, L. (2012). Forurensningsbelastning i humusprøver fra østlige og indre Finnmark: tungmetaller, radioaktive elementer, arsen, og PAH(16) og variasjoner i perioden 1995-2011. Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2012.042).

- Jæger, Ø. (2011) Landsomfattende mark- og grunnvannsnnett - årsrapport 2010. Trondheim, Norges Geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2011.028).
- Jæger, Ø., Frengstad, B. (2015) Landsomfattende mark- og grunnvannsnnett - årsrapport 2013 og 2014. Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2015.004).
- Kashulin, N.A., Terentyev, P.M., Amundsen, P-A., Dauvalter, V.A., Sandimirov, S.S., Kashulin, A.N. (2011) Specific Features of Accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in Two Whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) Morphs Inhabiting the Inari-Pasvik Lacustrine-Riverine System. *Aquat. Toxicol.*, 4, 383-392.
- Lappalainen, A., Tammi, J., Puro-Tahvanainen, A. (2007) The effects of nickel smelters on water quality and littoral fish species composition in small water courses in the border area of Finland, Norway and Russia. *Boreal Environ. Res.*, 12, 455-466.
- Mc Innes, H., Sivertsen, B., Arnesen, K. (2007) Grenseområdene i Norge og Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2006-mars 2007. Kjeller, NILU (NILU OR, 43/2007).
- Miljøverndepartementet (2004) Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften). Oslo (FOR 2004-06-01 nr 931).
URL: <http://www.lovddata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20040601-0931.html>
- Mokrotovarova, O., Korotkova, T.D., Pavlova, T.V., Berglen, T.F., Berteig, A., Johannessen, T. (2015) Russian-Norwegian ambient air monitoring in the border areas. Oslo, Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratet rapport, M-322/2015).
- Myking, T., Aarrestad, P.A., Derome, J., Bakkestuen, V., Bjerke, J.W., Gytarsky, M., Isaeva, L., Karaban, R., Korotkov, V., Lindgren, M., Lindroos, A.-J., Røsberg, I., Salemaa, M., Tømmervik, H., Vassilieva, N. (2009) Effects of air pollution from a nickel-copper industrial complex on boreal forest vegetation in the joint Russian-Norwegian-Finnish border area. *Boreal Environ. Res.*, 14, 279-296.
- Møller, B., Dyve, J.E. og Tazmini, K. (2016) Overvaking av radioaktivitet i omgivnadene 2015. Resultat frå Strålevernet sine Radnett- og luftfilterstasjonar, nedbørssamlarar og frå Sivilforsvaret si radiac-måleteneste. Østerås, Statens strålevern (StrålevernRapport, 2015:13).
- Odasz-Albrigtsen, A.M., Tømmervik, H., Murphy, P. (2000) Decreased photosynthetic efficiency in plant species exposed to multiple airborne pollutants along the Russian-Norwegian Border. *Can. J. Bot.*, 78, 1021-1033.
- Pettersen, C. F., Berglen, T. F., Aronsen, H., Guttu, S., Chaus, O., Ustinova, A., Pavlova, T., Korotkova, T.D. (2017) Russian-Norwegian ambient air monitoring in the border areas - Updated report joint 2010-2015. Trondheim, Miljødirektoratet (Miljødirektoratet rapport, M-761/2017).
- Puro-Tahvanainen, A., Zueva, M., Kashulin, N., Sandimirov, S., Christensen, G.N., Grekelä, I. (2011) Pasvik water quality report. Environmental Monitoring Programme in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area. Rovaniemi, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (ELY Report 7/2011).

- Rautio, P., Poikolainen, J. (2014) State of the terrestrial environment in the joint Finnish, Norwegian and Russian border area in 2011 on the basis of bioindicators - Final technical report of the Pasvik programme. In *Reports*, 21. Rovaniemi, Finland, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (Reports, 4/2014).
- Reinds, G.J., Groenenberg, J.E., W. de Vries, W. (2006) Critical loads of copper, nickel, zinc, arsenic, chromium and selenium for terrestrial ecosystems at a European scale. A preliminary assessment. Wageningen, Alterra (Alterra-rapport, 1355).
- Rognerud, S., Dauvalter, V., Fjeld, E., Skjelkvåle, B.L., Christensen, G., Kashulin, A. (2013) Spatial trends of trace-element contamination in recently deposited lake sediment around the Ni-Cu smelter at Nikel, Kola Peninsula, Russian Arctic. *Ambio*, 42, 13.
- Sandanger, T.M., Anda, E., Berglen, T.F., Evenset, A., Christensen, G., Heimstad, E.S. (2013) Health and environmental impacts in the Norwegian border area related to local Russian industrial emissions. Knowledge status. Kjeller, NILU (NILU OR, 40/2013).
- Schartau, A.K., Fjellheim, A., Garmo, Ø.A., Halvorsen, G.A., Hesthagen, T.H., Saksgård, R., Skancke, L.B., Walseng, B., (2016) Effekter av langtransporterte forurensninger i norske innsjøer - forurensningstilstand og trender. Inkludert nye overvåkingsdata fra 2012-2014. Oslo, Norsk institutt for vannforskning Statlig program for forurensningsovervåking. (Miljødirektoratet rapport, M-503/2016).
- Schartau, A.K., Fjellheim, A., Walseng, B., Skjelkvåle, B.L., Halvorsen, G.A., Skancke, L.B., Saksgård, R., Manø, S., Solberg, S., Jensen, T.C., Høgåsen, T., Hesthagen, T., Aas, W., Garmo, Ø. (2011) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2010. Oslo, Norsk institutt for vannforskning (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1094/2011, TA-2793/2011). (NIVA-rapport, 6214-2011).
- Schartau, A.K., Sjøeng, A.M.S., Fjellheim, A., Walseng, B., Skjelkvåle, B.L., Halvorsen, G., Raddum, G.G., Skancke, L.B., Saksgård, R., Solberg, S., Høgåsen, T., Hesthagen, T., Aas, W. (2008) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2007. Oslo, Norsk institutt for vannforskning (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1036/2008) (TA-2349/2008) (NIVA-rapport, 5666-2008).
- Statens forurensningstilsyn (2002) Air pollution effects in the Norwegian-Russian border area. A status report. Oslo, SFT (TA-1860/2002).
- Stebel, K., Christensen, G., Derome, J., Grekelä, I. (eds.) (2007) State of the environment in the Norwegian, Finnish, and Russian border area. Rovaniemi, Lapland Regional Environment Centre (The Finnish Environment, 6/2007).
- Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H.T. (2011a) Three decades of atmospheric metal deposition in Norway as evident from analysis of moss samples. *Sci. Total Environ.*, 412-413, 351-358.
- Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H.T., Pfaffhuber, K.A. (2011b) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 2010 Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1109/2011. TA-2859/2011) (NILU OR, 60/2011).

- Symon, C. (2008) Pasviksprogrammet oppsummeringsrapport. Miljøtilstanden i grenseområdene mellom Norge, Finland og Russland. Vadsø, Fylkesmannen i Finnmark (Rapport, 1-2008).
- Tømmervik, H., Høgda, K.A., Solheim, I. (2003) Monitoring vegetation changes in Pasvik (Norway) and Pechenga in Kola Peninsula (Russia) using multi-temporal Landsat MSS/TM data. *Rem. Sens. Environ.*, 85, 370-388.
- Vannregionmyndigheten Finnmark (2009) Forvaltningsplan for Finnmark, vannområdene Tana, Neiden og Pasvik for perioden 2010-2015. Vadsø, Vannregionmyndigheten i Finnmark.
- World Health Organization (2006) WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. København, WHO.
- Ylikörkkö, J., Christensen, G., Kashulin, N., Denisov, D., Andersen, H.J., Jelkänen, E. (eds.) (2015) Environmental challenges in the joint border area of Norway, Finland and Russia. Rovaniemi, Finland, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (Reports, 41).
- Aamlid, D., Myking, T. (2010) Forest ecosystem monitoring in the Pasvik River valley and adjoining area. In: *John Derome (1947-2010) Memorial seminar, Rovaniemi 2010*. Vantaa, Finnish Forest Research Institute (Working papers, 180). pp. 19-20.
URL: www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp180.pdf
- Aamlid, D., Skogheim, I. (2001) The occurrence of *Hypogymnia physodes* and *Melanelia olivacea* lichens on birch stems in northern boreal forest influenced by local air pollution. *Nor. Geogr. Tidsskr.*, 55, 94-98.
- Aas, W., Fiebig, M., Solberg, S., Yttri, K. (2017) Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway, annual report 2016. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-780/2017) (NILU report, 18/2017).

7.3 Eldre NILU-rapporter fra prosjektet

De eldste rapportene i programmet Norge - Russland er nå gjort tilgjengelig i fulltekst på NILUs web. [URL juni 2016]. Merk at mange av disse rapportene er scannet fra papir og teksten er derved ikke elektronisk søkbar. Ved spørsmål, vennligst send henvendelse til NILUs bibliotek (bibl@nilu.no).

Hagen, L O., Sivertsen, B., Arnesen, K., Innset, B. (1998) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April 1997-mars 1998. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 749/98. TA-1599/1998) (NILU OR, 70/98).

<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=70-98-loh-sft.pdf&filetype=file>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Arnesen, K., Innset, B. (1997) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1996 - mars 1997. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 719/97. TA-1504/1997) (NILU OR, 58/97).

<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=58-97-loh-sft.pdf&filetype=file>

Henriksen, J F., Mikhailov, A A. (1997) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Part II. Kjeller, NILU (NILU OR, 37/97).

<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=37-97-jfh-sft.pdf&filetype=file>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Arnesen, K., Bekkestad, T. (1997) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland april - september 1996. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 702/97. TA-1457/1997) (NILU OR, 32/97).

<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=32-97-loh-sft.pdf&filetype=file>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M., Bekkestad, T. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland oktober 1995 - mars 1996. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 683/97. TA-1401/1997) (NILU OR, 68/96).

<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=68-96-loh-sft.pdf&filetype=file>

Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M., Bekkestad, T. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland april - september 1995. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 665/96. TA-1351/1996) (NILU OR, 40/96).

<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=40-96-loh-sft.pdf&filetype=file>

- Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Tungmetaller i luft 1990-1995. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 658/96. TA-1334/1996) (NILU OR, 28/96).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=28-96-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M., Bekkestad, T. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1994 - mars 1995. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 636/96. TA-1299/1996) (NILU OR, 1/96).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=1-96-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. (1995) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland april - september 1994. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 617/95. TA-1238/1995) (NILU OR, 36/95).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=36-95-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. (1995) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1993 - mars 1994. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 600/95 TA-1193/1995) (NILU OR, 1/95).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=1-95-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Bekkestad, T., Knudsen, S., Johnsrud, M., Larsen, M. (1994) Modellberegninger av SO₂ og metallavsetning i grenseområdene Norge - Russland. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 605/95. TA-1203/1995) (NILU OR, 66/94).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=66-94-tob-sft.pdf&filetype=file>
- Sivertsen, B., Baklanov, A., Hagen, L O., Makarova, T. (1994) Air pollution in the border areas of Norway and Russia. Summary report April 1991 - March 1993. Presented by the Expert Group on Studies of Lokal Air Pollution Problems under the Joint Norwegian-Russian Comm. Kjeller, NILU (NILU OR, 56/94).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=56-94-bs-sft.pdf&filetype=file>
- Hagen, L O., Sivertsen, B., Aarnes, M J. (1994) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1993. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 566/94. TA-1087/1994) (NILU OR, 19/94).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=19-94-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Hagen, L O., Sivertsen, B., Aarnes, M J. (1993) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1992 - mars 1993. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 543/93. TA-1008/1993) (NILU OR, 55/93).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=55-93-loh-sft.pdf&filetype=file>

- Hagen, L O., Sivertsen, B., Aarnes, M J. (1993) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1992. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 526/93. TA-965/1993) (NILU OR, 21/93).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=21-93-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Hagen, L O., Sivertsen, B. (1992) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1991-mars 1992. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr: 505/92 TA 897/1992) (NILU OR, 82/92).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=82-92-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Henriksen, J F., Mikhailov, A A., Mikhailovski, Y. (1992) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 54/92).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=54-92-jfh-sft.pdf&filetype=file>
- Hagen, L O., Sivertsen, B. (1992) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1991. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 483/92. TA-827/1992) (NILU OR, 25/92).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=25-92-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Sivertsen, B., Makarova, T., Hagen, L O., Baklanov, A A. (1992) Air pollution in the border areas of Norway and Russia. Summary report 1990-1991. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 8/92).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=8-92-bs-sft.pdf&filetype=file>
- Sivertsen, B., Hagen, L O., Hellevik, O., Henriksen, J F. (1991) Luftforurensninger i grenseområdene Norge/Sovjetunionen januar 1990 - mars 1991. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 480/92. TA-815/1992) (NILU OR, 69/91).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=69-91-BS-LOH-OHE-JFH.pdf&filetype=file>
- Hagen, L O., Aarnes, M J., Henriksen, J F., Sivertsen, B. (1991) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1991. Framdriftsrapport nr. 5 pr. 1.9.1991. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 473/91. TA-797/1991) (NILU OR, 67/91).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=67-91-loh-sft.pdf&filetype=file>
- Hellevik, O., Sivertsen, B. (1991) Air quality in the border areas between Norway and USSR. Model description and preliminary modelling results. Lillestrøm, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 439/91. TA 730/1991) (NILU OR, 23/91).
<http://www.nilu.no/DesktopModules/NiluWeb.UserControls/Resources/File.ashx?filename=23-91-oh-sft.pdf&filetype=file>

Vedlegg A

**Værstatistikk Svanvik, Karpdalen,
Nyrud og Kirkenes lufthavn
Høybuktmoen**

Her er det gjengitt en del tabeller med detaljerte måleresultater fra stasjonene på Svanvik og i Karpdalen. Resultatene er omtalt i kap. 3.

Tabell 18: Statistikk over vindhastighet på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2016 (av gyldige data). Enhet: % og m/s.

Stasjon	Måned	Andel vindstille (%)	Midlere vindhastighet (m/s)	Andel > 6 m/s (%)	Maks. timemiddel (m/s)	Tid for maks.
Svanvik	Januar	0,0	2.66 *	0,6	6,1	01. kl. 14
	Februar	0,2	3.93*	10,3	8,7	21. kl. 10
	Mars	0,5	4,13	14,8	11,2	15. kl. 18
	April	8,8	1,86	0,0	5,4	17. kl. 08
	Mai	8,2	1,95	0,3	6,1	09.kl. 13 og 13. kl. 03
	Juni	2,8	2,17	0,0	5,9	08. kl. 16-18
	Juli	3,4	2,02	0,0	5,9	03. kl. 11 og 13
	August	4,6	1,87	0,0	5,4	23. kl. 13 og 31. kl. 19
	September	8,8	1,78	1,9	7,3	29. kl. 09
	Oktober	9,0	1,91	0,0	5,6	06. kl. 10
	November	8,9	1,84	1,5	6,9	15. kl. 23 og 16. kl. 01
	Desember	11,2	1,62	1,5	8,4	09. kl. 03
	Kalenderår 2016	6,1	2,24	2,5	11,2	15. mars kl. 18
Karpdalen	Januar	1,6	2,7	0,0	5,8	12. kl. 11 og 26. kl. 10
	Februar	1,5	2,4	2,7	7,9	08. kl. 11
	Mars	1,1	2,8	5,9	9,8	17. kl. 08
	April	1,0	2,2	0,1	6,1	27. kl. 11
	Mai	1,3	2,1	0,4	6,7	12. kl. 11
	Juni	0,7	2,4	0,8	7,4	08. kl. 16
	Juli	1,6	2,2	0,1	6,1	03. kl. 11
	August	2,7	1,9	0,0	5,9	23. kl. 13
	September	4,5	2,0	0,1	6,1	29. kl. 13
	Oktober	3,4	1,7	0,0	4,6	25. kl. 02
	November	4,2	2,7	4,2	8,5	14. kl. 16
	Desember	2,1	2,2	7,2	12,7	09. kl. 4
	Kalenderår 2016	2,0	2,2	1,4	12,7	09. desember kl. 04

Tabell 19: Temperaturer på Svanvik (NILUs instrument 10 m over bakken), Svanvik (LMTs instrument), i Karpdalen (NILUs instrument 4 m over bakken), Kirkenes lufthavn Høybukta (inkl. normalen for 1961 - 1990) og Nyrud i 2016. Enhet °C. Kilder eksterne data: LMT og klima.

Stasjon		Januar 2016	Februar 2016	Mars 2016	April 2016	Mai 2016	Juni 2016
Svanvik NILU	Middel	-18,8	-7,1	-2,7	1,7	8,6	10,6
	Maks.	0,0	3,3	7,6	16,0	20,8	23,2
	Min.	-35,8	-26,3	-18,3	-9,6	-1,1	2,5
Svanvik LMT	Middel	-19,9	-7,9	-3,1	1,6	8,5	10,6
	Maks.	-0,1	3,3	8,9	18,1	22,0	24,7
	Min.	-37,3	-28,1	-22,3	-11,3	-2,4	1,6
Karpdalen	Middel	-18,5	-2,8 ¹	-2,4	1,2	8,1	9,8
	Maks.	-0,2	2,6 ¹	7,7	14,3	20,1	22,9
	Min.	-34,0	-15,4 ¹	-16,5	-9,5	-2,2	1,7
Kirkenes Lufthavn	Middel	-15,6	-6,6	-3,2	1,1	8,3	9,9
	Maks.	-0,2	2,3	6,0	13,7	20,8	23,6
	Min.	-31,5	-22,5	-14,3	-8,3	1,2	2,1
	Normal	-11,8	-11,3	-7,4	-2,4	3,0	8,5
Nyrud	Middel	-20,7	-8,5	-3,3	1,5	8,7	11,0
	Maks.	0,0	3,0	9,0	16,1	23,3	23,0
	Min.	-38,7	-29,2	-22,5	-12,7	-3,5	1,0
		Juli 2016	August 2016	September 2016	Oktober 2016	November 2016	Desember 2016
Svanvik NILU	Middel	15,4	11,9	8,7	3,4	-4,0	-6,9
	Maks.	26,8	21,7	16,2	9,6	3,0	3,6
	Min.	8,7	3,1	0,0	-3,6	-16,3	-29,4
Svanvik LMT	Middel	15,5	11,6	8,3	2,9	-4,1	-8,3
	Maks.	27,9	23,2	17,7	10,1	2,7	3,1
	Min.	7,0	0,7	-1,5	-5,5	-18,2	-31,7
Karpdalen	Middel	14,3	11,3	8,3	3,0	-1,2 ¹	-4,5 ¹
	Maks.	27,6	21,7	14,8	9,3	2,8 ¹	2,8 ¹
	Min.	7,6	0,9	-1,4	-5,1	-10,1 ¹	-18,0 ¹
Kirkenes lufthavn	Middel	14,8	11,5	8,4	3,1	-3,8	-5,3
	Maks.	28,0	22,3	16,3	9,3	3,2	3,9
	Min.	9,5	2,8	-0,1	-4,5	-13,6	-21,7
	Normal	12,1	10,5	6,2	0,4	-5,5	-9,7
Nyrud	Middel	15,7	11,6	8,5	2,7	-3,6	-8,9
	Maks.	28,5	22,7	17,3	10,4	2,8	2,7
	Min.	5,4	0,0	-2,4	-5,8	-17,7	-30,9

¹ : mindre enn 75% datadekning.

Tabell 20: Månedsmiddelverdier av relativ fuktighet (%) på Svanvik (NILUs instrument 10 m over bakken), Svanvik (LMTs instrument 2 m over bakken), i Karpdalen (NILUs instrument 4 m over bakken), Kirkenes lufthavn Høybuktmoen og Nyrud i 2016. Enhet °C. Kilder eksterne data: LMT og klima.

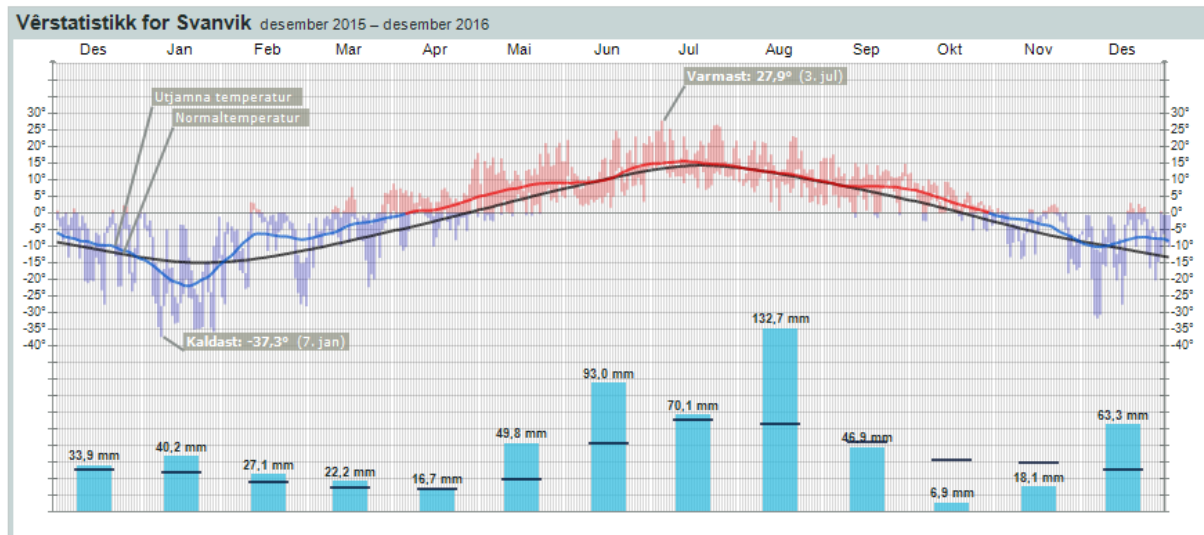
Stasjon	Januar 2016	Februar 2016	Mars 2016	April 2016	Mai 2016	Juni 2016
Svanvik NILU	80	82	75	68	66	71
Svanvik LMT	80	85	78	72	69	75
Karpdalen	82	83	76	71	67	73
Kirkenes lufthavn	85	87	80	76	67	74
Nyrud	81	86	77	72	67	72
	Juli 2016	August 2016	September 2016	Oktober 2016	November 2016	Desember 2016
Svanvik NILU	75	79	82	82	83	82
Svanvik LMT	79	83	87	88	89	88
Karpdalen	79	78	81	84	84	86
Kirkenes lufthavn	78	78	85	87	89	86
Nyrud	78	82	86	88	91	89

De nedenforstående dataene er hentet fra www.yr.no og er gjengitt med tillatelse fra Meteorologisk institutt (<http://www.met.no>) og NIBIO/LMT (Landbruksmeteorologisk Tjeneste, lmt.nibio.no). Kontaktpersoner er Inger Marie Nordin (Meteorologisk institutt) og Berit Nordskog (NIBIO).

Svanvik

<http://www.yr.no/stad/Noreg/Finmark/S%C3%B8r->

[Varanger/Svanvik_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html](http://www.yr.no/stad/Noreg/Finmark/S%C3%B8r-Varanger/Svanvik_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html) [URL januar 2017]:



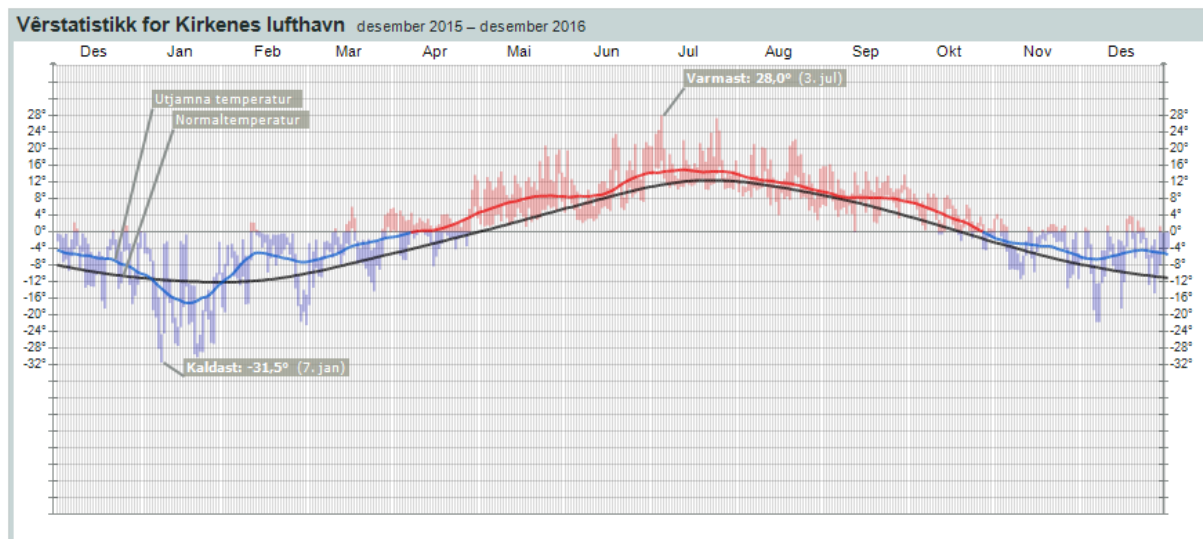
Tabellvisning for temperatur og nedbør per måned

Månader	Temperatur				Nedbør			Vind	
	Gjennomsnitt	Normal	Varmast	Kaldast	Totalt	Normal	Mest på ett døger	Gjennomsnitt	Sterkast vind
des 2016	-8,3°	-11,0°	3,1° 17. des	-31,7° 5. des	63,3 mm	30,0 mm	8,9 mm 14. des	1,2 m/s	9,2 m/s 9. des
nov 2016	-4,1°	-6,0°	2,7° 20. nov	-18,2° 25. nov	18,1 mm	35,0 mm	4,6 mm 3. nov	1,7 m/s	7,4 m/s 16. nov
okt 2016	2,9°	0,5°	10,1° 6. okt	-5,5° 27. okt	6,9 mm	37,0 mm	1,5 mm 13. okt	1,6 m/s	6,5 m/s 6. okt
sep 2016	8,3°	6,5°	17,7° 2. sep	-1,5° 18. sep	46,9 mm	50,0 mm	11,2 mm 15. sep	1,5 m/s	7,9 m/s 29. sep
aug 2016	11,6°	11,5°	23,2° 19. aug	0,7° 14. aug	132,7 mm	63,0 mm	30,7 mm 13. aug	1,6 m/s	6,0 m/s 23. aug
jul 2016	15,5°	14,0°	27,9° 3. jul	7,0° 19. jul	70,1 mm	66,0 mm	23,1 mm 27. jul	1,7 m/s	7,2 m/s 3. jul
jun 2016	10,6°	10,5°	24,7° 17. jun	1,6° 15. jun	93,0 mm	49,0 mm	21,5 mm 9. jun	1,9 m/s	6,8 m/s 9. jun
mai 2016	8,5°	4,5°	22,0° 31. mai	-2,4° 4. mai	49,8 mm	23,0 mm	8,7 mm 20. mai	1,7 m/s	7,4 m/s 12. mai
apr 2016	1,6°	-2,0°	18,1° 29. apr	-11,3° 2. apr	16,7 mm	16,0 mm	7,3 mm 18. apr	1,6 m/s	5,9 m/s 17. apr
mar 2016	-3,0°	-8,0°	8,9° 30. mar	-22,3° 21. mar	22,2 mm	17,0 mm	11,3 mm 20. mar	2,5 m/s	10,5 m/s 15. mar
feb 2016	-7,9°	-13,0°	3,3° 8. feb	-28,1° 28. feb	27,1 mm	21,0 mm	4,3 mm 10. feb	1,4 m/s	7,4 m/s 8. feb
jan 2016	-19,9°	-14,5°	-0,1° 1. jan	-37,3° 7. jan	40,2 mm	28,0 mm	9,1 mm 15. jan	0,7 m/s	9,0 m/s 1. jan
des 2015	-8,4°	-11,0°	2,3° 25. des	-27,6° 18. des	33,9 mm	30,0 mm	6,2 mm 10. des	1,7 m/s	10,2 m/s 18. des

Kirkenes lufthavn Høybuktknoen:

<http://www.yr.no/stad/Noreg/Finnmark/S%C3%B8r->

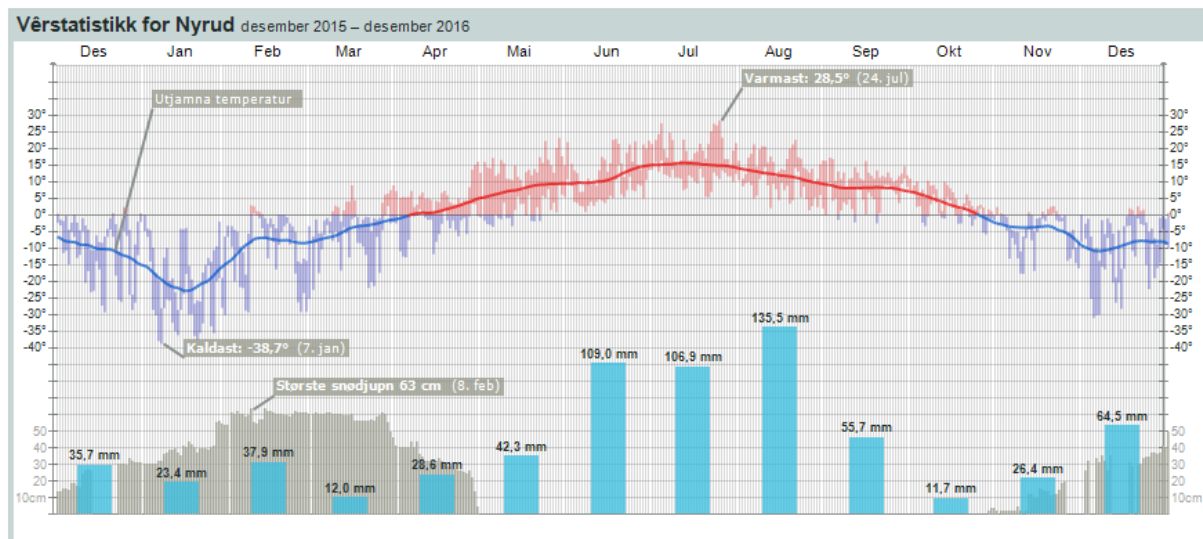
[Varanger/Kirkenes_lufthavn_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html](http://www.yr.no/stad/Noreg/Finnmark/S%C3%B8r-Varanger/Kirkenes_lufthavn_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html) [URL januar 2017]:

**Tabellvisning for temperatur og nedbør per måned**

Månader	Temperatur				Vind	
	Gjennomsnitt	Normal	Varmast	Kaldast	Gjennomsnitt	Sterkast vind
des 2016	-5,3°		3,9° 17. des	-21,7° 5. des	5,6 m/s	23,7 m/s 9. des
nov 2016	-3,8°		3,2° 1. nov	-13,6° 25. nov	4,0 m/s	15,7 m/s 14. nov
okt 2016	3,1°		9,3° 6. okt	-4,5° 27. okt	4,6 m/s	10,9 m/s 6. okt
sep 2016	8,4°		16,3° 1. sep	-0,1° 10. sep	3,7 m/s	11,4 m/s 1. sep
aug 2016	11,5°		22,3° 20. aug	2,8° 28. aug	4,2 m/s	12,3 m/s 23. aug
jul 2016	14,8°		28,0° 3. jul	9,5° 31. jul	3,9 m/s	12,5 m/s 3. jul
jun 2016	9,9°		23,6° 17. jun	2,1° 5. jun	4,5 m/s	16,0 m/s 8. jun
mai 2016	8,3°		20,8° 23. mai	1,2° 16. mai	3,7 m/s	11,2 m/s 9. mai
apr 2016	1,1°		13,7° 28. apr	-8,3° 13. apr	3,7 m/s	9,6 m/s 20. apr
mar 2016	-3,2°		6,0° 15. mar	-14,3° 23. mar	6,2 m/s	21,7 m/s 16. mar
feb 2016	-6,6°		2,3° 8. feb	-22,5° 28. feb	4,5 m/s	14,1 m/s 9. feb
jan 2016	-15,6°		-0,2° 1. jan	-31,5° 7. jan	3,6 m/s	13,8 m/s 14. jan
des 2015	-5,9°		2,3° 7. des	-18,5° 18. des	6,0 m/s	16,7 m/s 18. des

Nyrud :

http://www.yr.no/stad/Noreg/Finnmark/S%C3%B8r-Varanger/Nyrud_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html [URL januar 2017].

**Tabellvisning for temperatur og nedbør per måned**

Månader	Temperatur				Nedbør		
	Gjennomsnitt	Normal	Varmast	Kaldast	Totalt	Normal	Mest på eitt dager
des 2016	-8,9°		2,7° 20. des	-30,9° 4. des	64,5 mm		8,7 mm 31. des
nov 2016	-3,6°		2,8° 20. nov	-17,7° 9. nov	26,4 mm		6,9 mm 11. nov
okt 2016	2,7°		10,4° 6. okt	-5,8° 27. okt	11,7 mm		4,3 mm 1. okt
sep 2016	8,5°		17,3° 1. sep	-2,4° 18. sep	55,7 mm		13,4 mm 15. sep
aug 2016	11,6°		22,7° 20. aug	0,0° 31. aug	135,5 mm		33,2 mm 13. aug
jul 2016	15,7°		28,5° 24. jul	5,4° 20. jul	106,9 mm		30,7 mm 28. jul
jun 2016	11,0°		23,0° 17. jun	1,0° 6. jun	109,0 mm		32,8 mm 19. jun
mai 2016	8,7°		23,3° 28. mai	-3,5° 4. mai	42,3 mm		9,2 mm 20. mai
apr 2016	1,5°		16,1° 29. apr	-12,7° 3. apr	28,6 mm		8,7 mm 18. apr
mar 2016	-3,3°		9,0° 15. mar	-22,5° 1. mar	12,0 mm		2,2 mm 18. mar
feb 2016	-8,5°		3,0° 8. feb	-29,2° 7. feb	37,9 mm		6,8 mm 1. feb
jan 2016	-20,7°		0,0° 1. jan	-38,7° 7. jan	23,4 mm		9,0 mm 27. jan
des 2015	-9,1°		2,4° 25. des	-29,2° 18. des	35,7 mm		6,7 mm 26. des

Vedlegg B

10-minuttersverdier og timemiddelverdier SO₂, januar - desember 2016

Tabell 21: Episoder med 10-minuttersverdier av SO₂ over 500 µg/m³ på Svanvik i kalenderåret 2016.¹⁾

Stasjon	Dato	Fra kl.	Til kl.	10-min. verdi	Timeverdi ²⁾
Svanvik	26.02.2016	13:30	13:40	675,6	523,6
		13:40	13:50	750,0	523,6
	29.04.2016	09:00	09:10	583,5	436,7
		09:10	09:20	740,4	436,7
		09:20	09:30	624,2	436,7
		13:10	13:20	615,8	577,6
		13:20	13:30	1112,2	577,6
		13:30	13:40	1032,0	577,6
	17.06.2016	11:30	11:40	1016,3	290,2
	30.09.2016	05:40	05:50	508,0	180,9
		06:20	06:30	553,5	237,3

¹⁾ 500 µg/m³ er WHO sin anbefalte verdi for 10-minutters verdi.

²⁾ Grenseverdi 350 µg/m³ med 24 tillatte overskridelser pr kalenderår.

Tabell 22: Episoder med 10-minuttersverdier av SO₂ over 500 µg/m³ i Karpdalen i kalenderåret 2016.

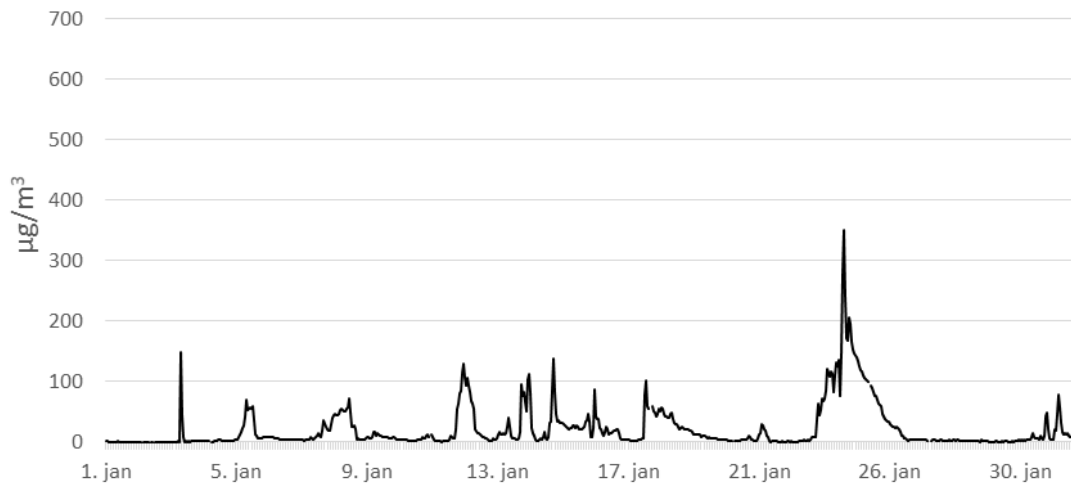
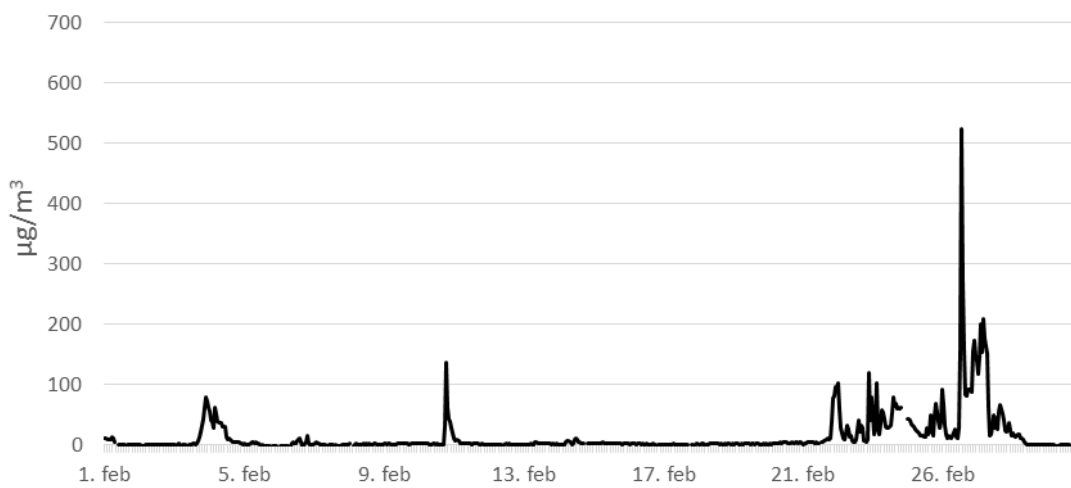
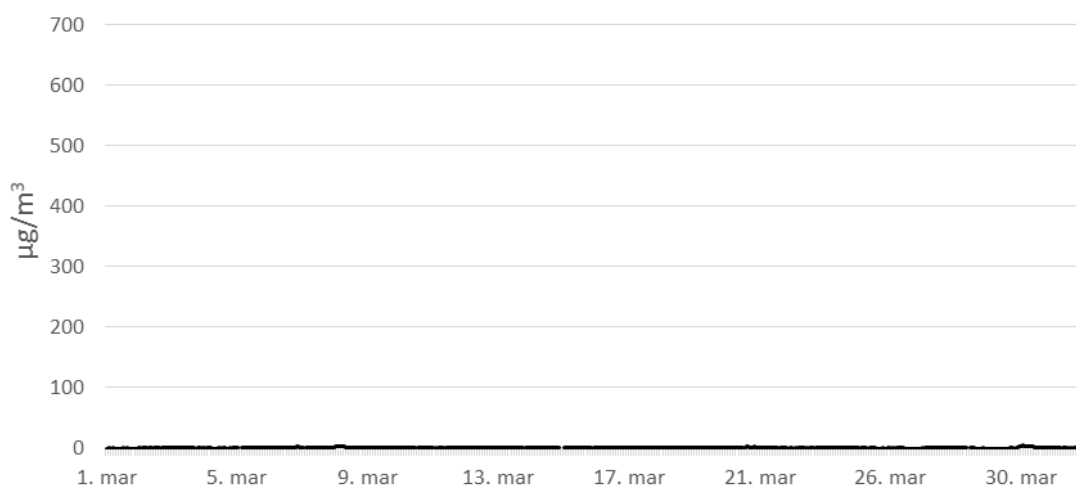
Stasjon	Dato	Fra kl.	Til kl.	10-min. verdi	Timeverdi
Karpdalen	29.01.2016	11:50	12:00	511,9	446,2
	19.02.2016	01:30	01:40	517,4	200,3
	25.02.2016	03:00	03:10	524,2	496,1
		03:10	03:20	520,3	496,1
		03:20	03:30	511,6	496,1
	26.02.2016	02:10	02:20	527,6	555,2
		02:20	02:30	548,3	555,2
		02:30	02:40	588,3	555,2
		02:40	02:50	593,8	555,2
		02:50	03:00	581,5	555,2
		03:00	03:10	546,3	552,8
		03:10	03:20	541,3	552,8
		03:20	03:30	551,8	552,8
		03:30	03:40	567,6	552,8
		03:40	03:50	549,9	552,8
		03:50	04:00	560,2	552,8
		04:00	04:10	550,7	566,8
		04:10	04:20	561,3	566,8
		04:20	04:30	563,4	566,8
		04:30	04:40	568,4	566,8
		04:40	04:50	575,7	566,8
		04:50	05:00	580,7	566,8
		05:00	05:10	600,4	600,2
		05:10	05:20	601,2	600,2
		05:20	05:30	596,5	600,2
		05:30	05:40	593,4	600,2
		05:40	05:50	599,4	600,2
		05:50	06:00	609,7	600,2
		06:00	06:10	610,2	591,5
		06:10	06:20	612,3	591,5
		06:20	06:30	598,6	591,5
		06:30	06:40	580,0	591,5
		06:40	06:50	577,9	591,5
		06:50	07:00	569,7	591,5
		07:00	07:10	556,1	551,1
		07:10	07:20	553,4	551,1
		07:20	07:30	551,1	551,1
		07:30	07:40	554,0	551,1
		07:40	07:50	549,2	551,1
		07:50	08:00	542,7	551,1
	08:00	08:10	533,7	503,8	

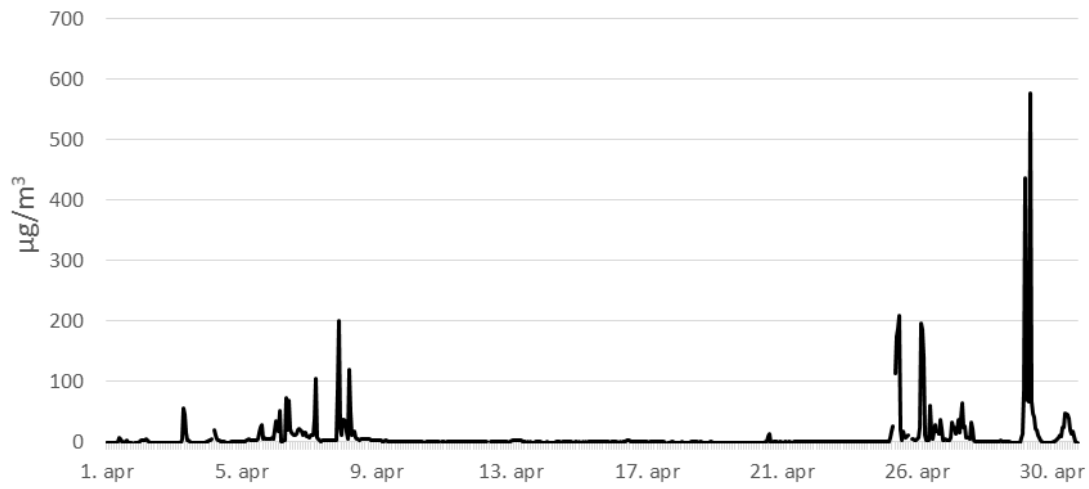
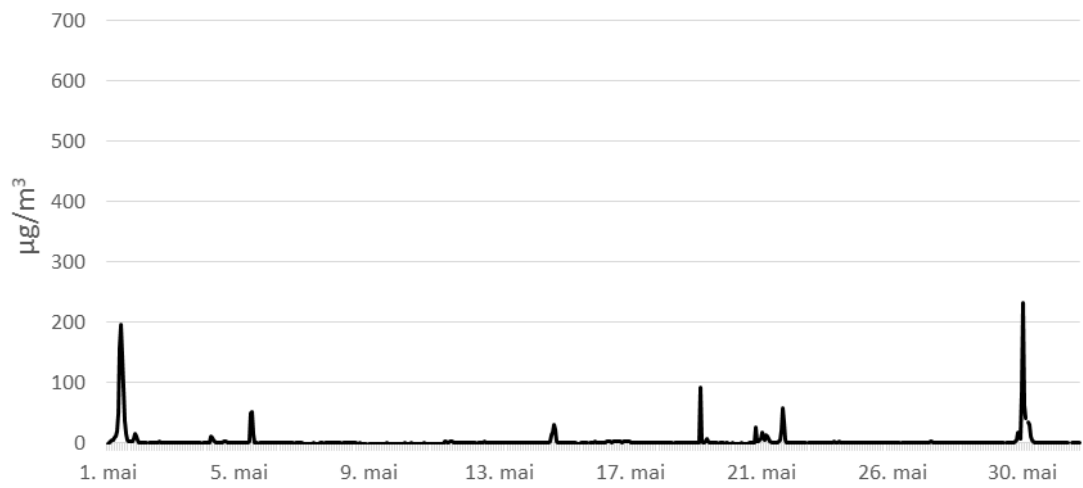
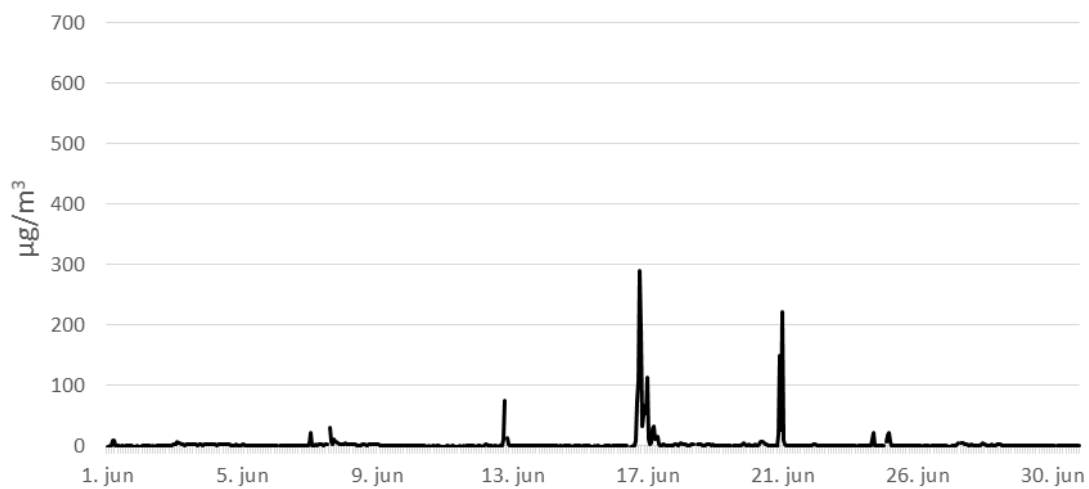
Tabell forts.: Episoder med 10-minuttersverdier av SO₂ over 500 µg/m³ i Karpdalen i kalenderåret 2016.

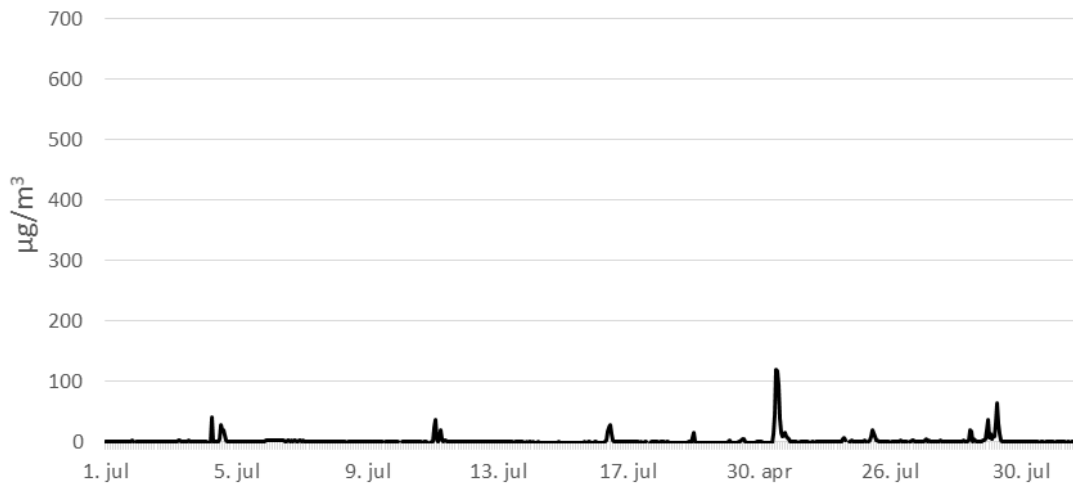
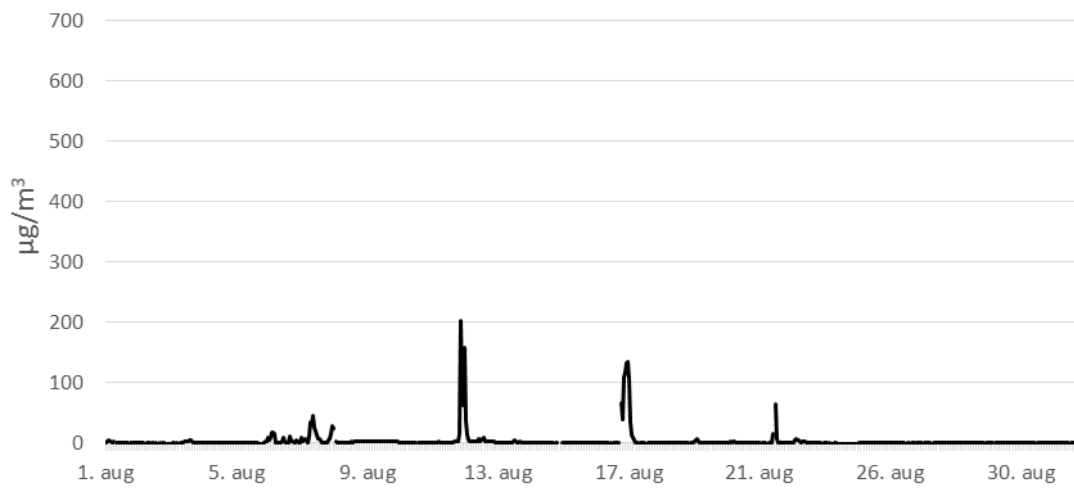
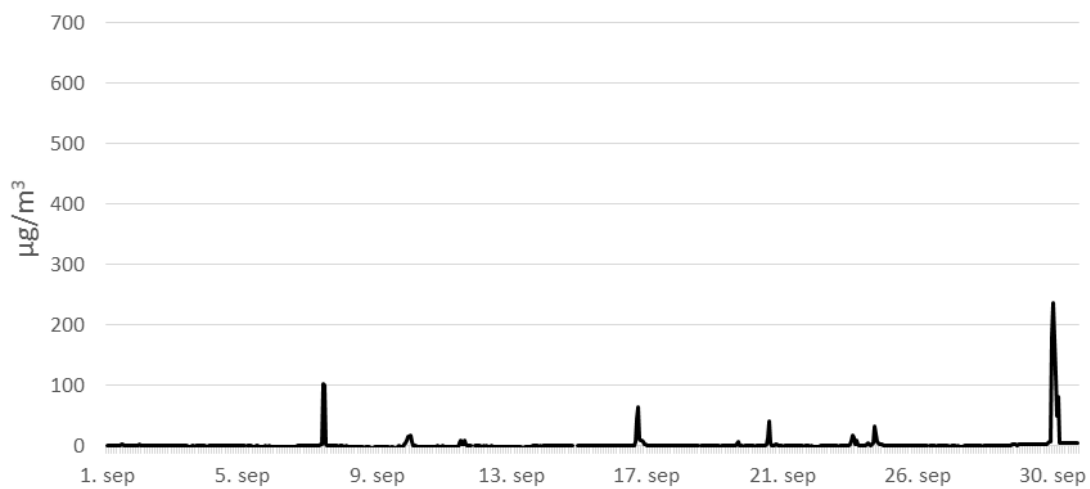
Stasjon	Dato	Fra kl.	Til kl.	10-min. verdi	Timeverdi	
Karpdalen forts.	26.02.2016	08:10	08:20	511,1	503,8	
		09:20	09:30	503,5	484,9	
		09:30	09:40	536,7	484,9	
		09:40	09:50	501,4	484,9	
		11:00	11:10	545,1	467,0	
		11:10	11:20	518,0	467,0	
		18:00	18:10	503,7	498,7	
		18:10	18:20	505,0	498,7	
		18:40	18:50	500,0	498,7	
		18:50	19:00	504,5	498,7	
		19:00	19:10	510,5	447,2	
		02.03.2016	18:40	18:50	541,2	302,0
		05.03.2016	01:50	02:00	597,5	221,8
			02:00	02:10	534,0	180,9
			10:30	10:40	586,5	349,4
		07.03.2016	10:10	10:20	584,8	473,1
			10:20	10:30	514,4	473,1
			17:10	17:20	671,8	530,5
			17:20	17:30	628,3	530,5
			17:30	17:40	545,3	530,5
			17:40	17:50	588,0	530,5
			17:50	18:00	549,2	530,5
		27.03.2016	03:40	03:50	615,2	291,6
			03:50	04:00	542,7	291,6
			04:00	04:10	575,1	187,7
			20:00	20:10	580,6	530,3
			20:10	20:20	671,7	530,3
			20:20	20:30	720,6	530,3
			20:30	20:40	707,0	530,3
		30.03.2016	08:40	08:50	505,4	253,2
			08:50	09:00	509,4	253,2
			09:00	09:10	602,3	469,1
			09:20	09:30	508,1	469,1
			10:40	10:50	571,7	470,9
		18.06.2016	05:50	06:00	521,3	257,7
		31.08.2016	19:10	19:20	571,1	410,8
		19.09.2016	11:50	12:00	655,3	204,0
			12:40	12:50	606,3	387,8
		07.11.2016	01:30	01:40	519,8	312,1
			02:10	02:20	543,0	275,1

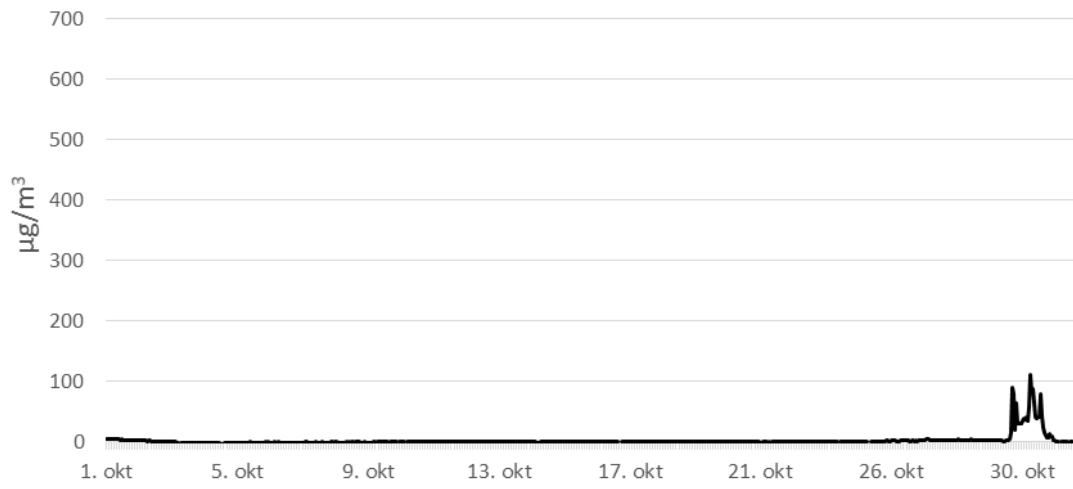
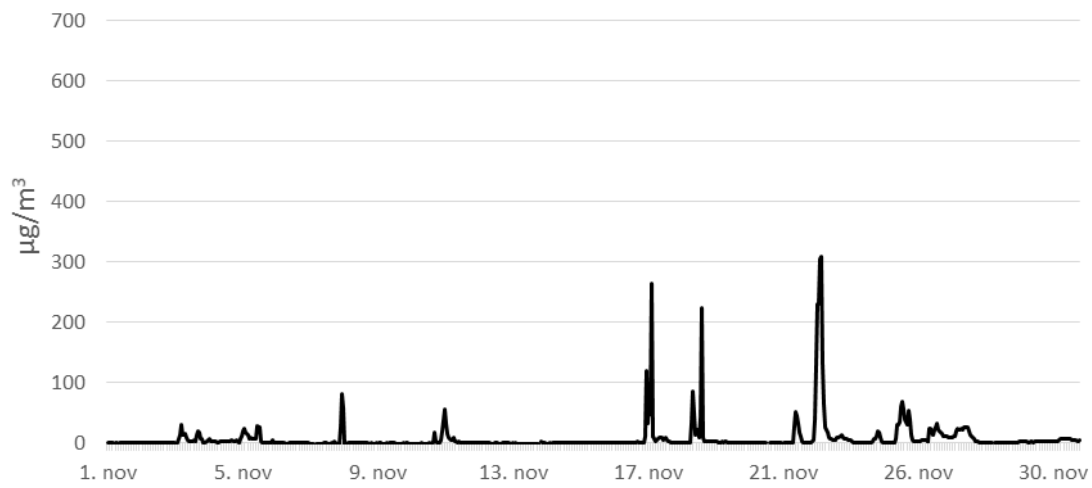
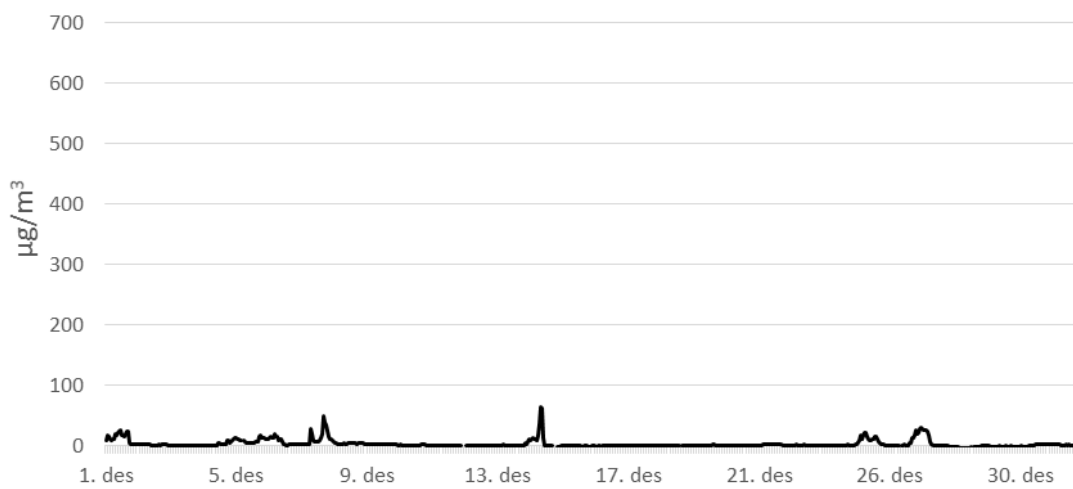
Tabell forts.: Episoder med 10-minuttersverdier av SO₂ over 500 µg/m³ i Karpdalen i kalenderåret 2016.

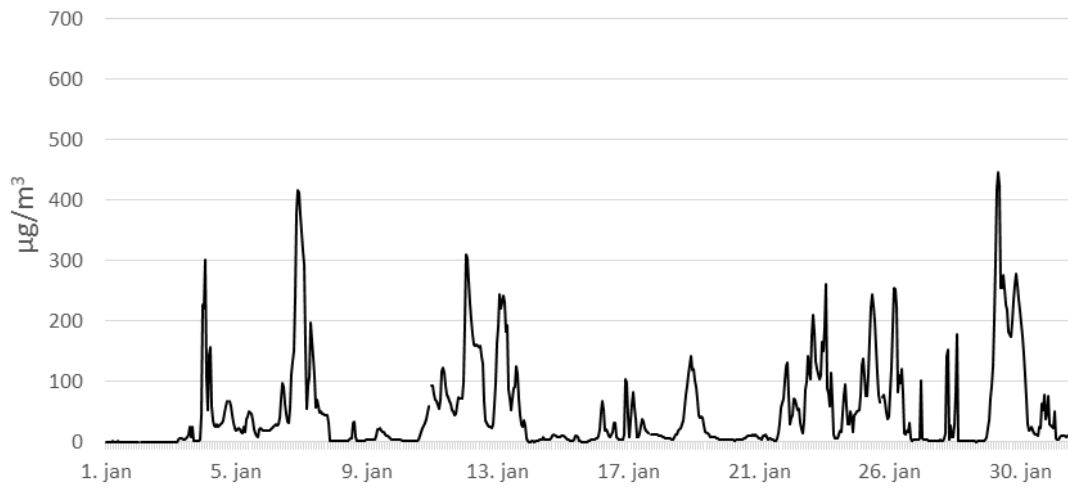
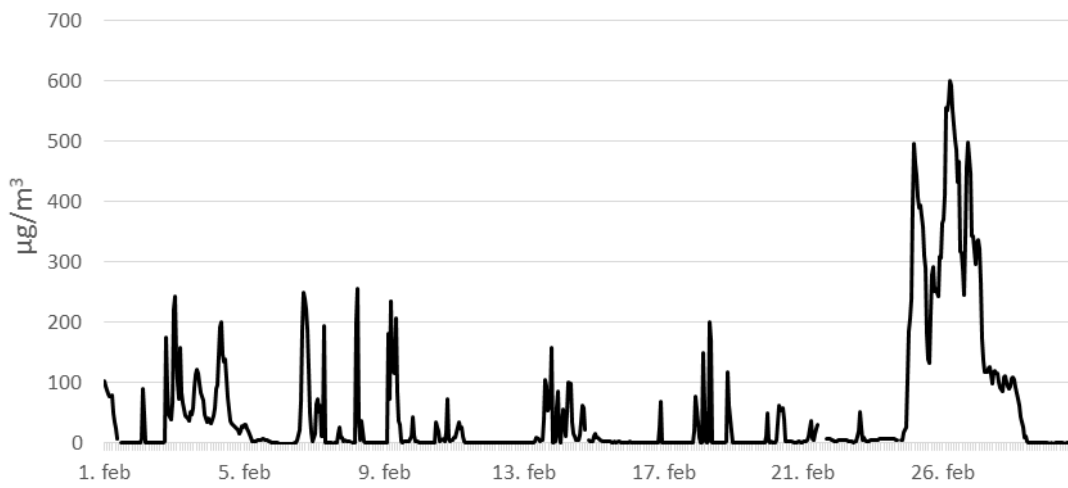
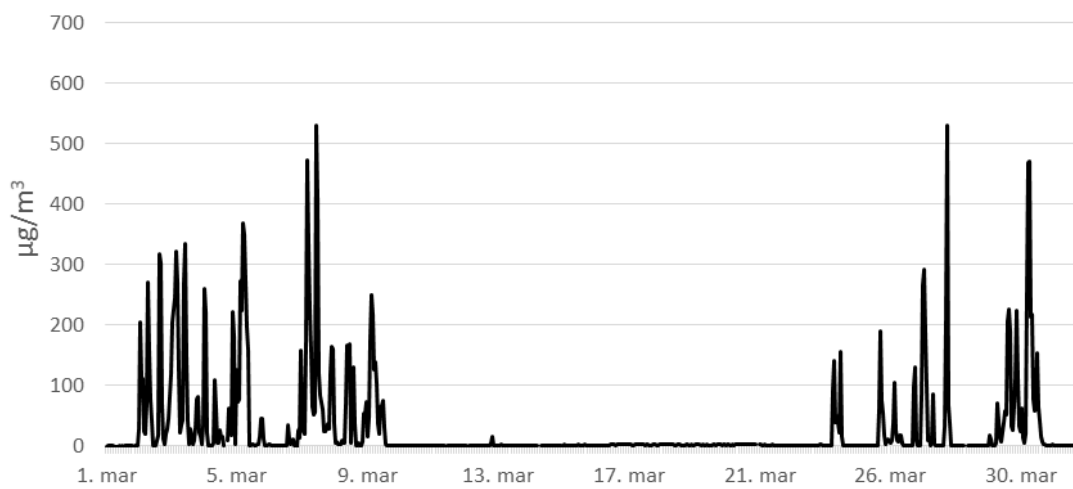
Stasjon	Dato	Fra kl.	Til kl.	10-min. verdi	Timeverdi
Karpdalen forts.	07.11.2016	03:30	03:40	538,2	404,9
		03:40	03:50	528,3	404,9
		03:50	04:00	664,0	404,9
		04:00	04:10	566,8	335,4

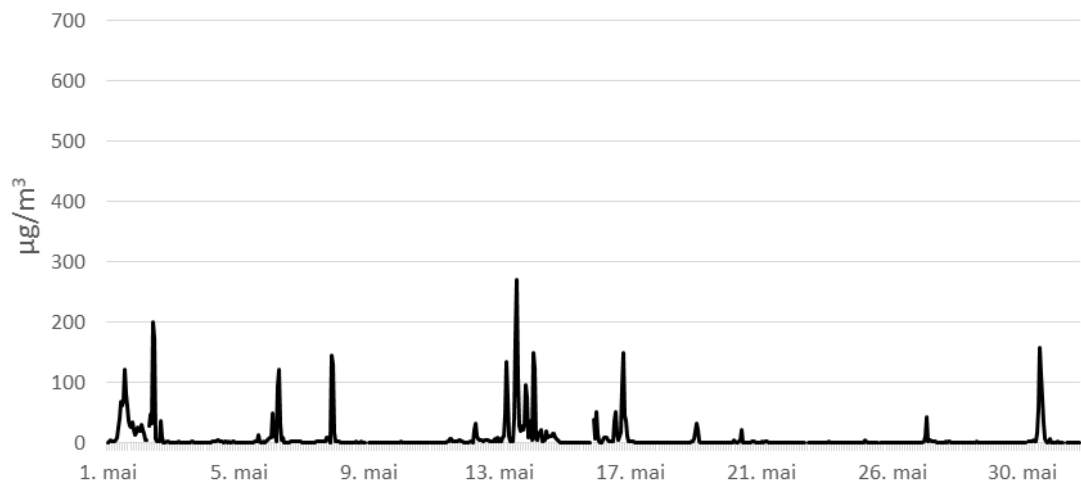
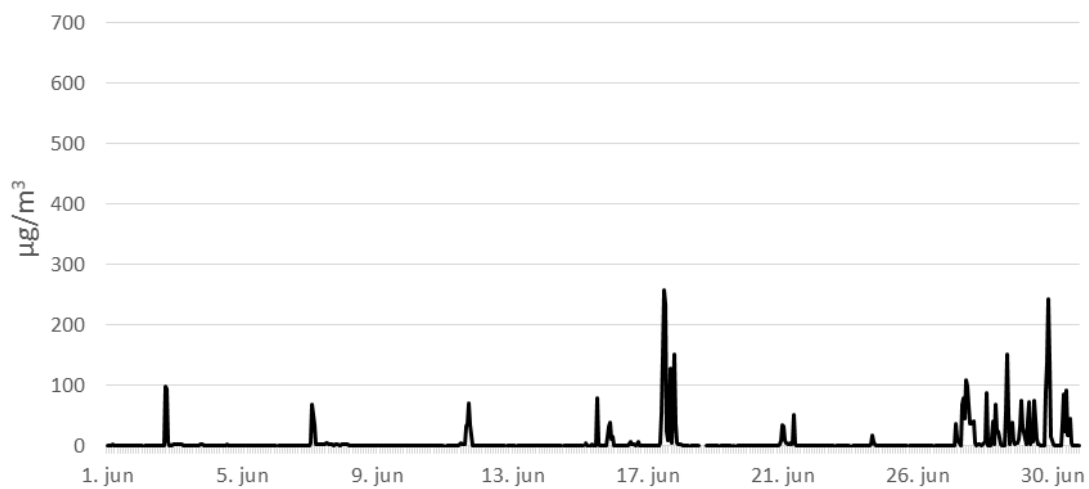
Timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik januar - mars 2016.SO₂ - Svanvik januar 2016SO₂ - Svanvik februar 2016SO₂ - Svanvik mars 2016

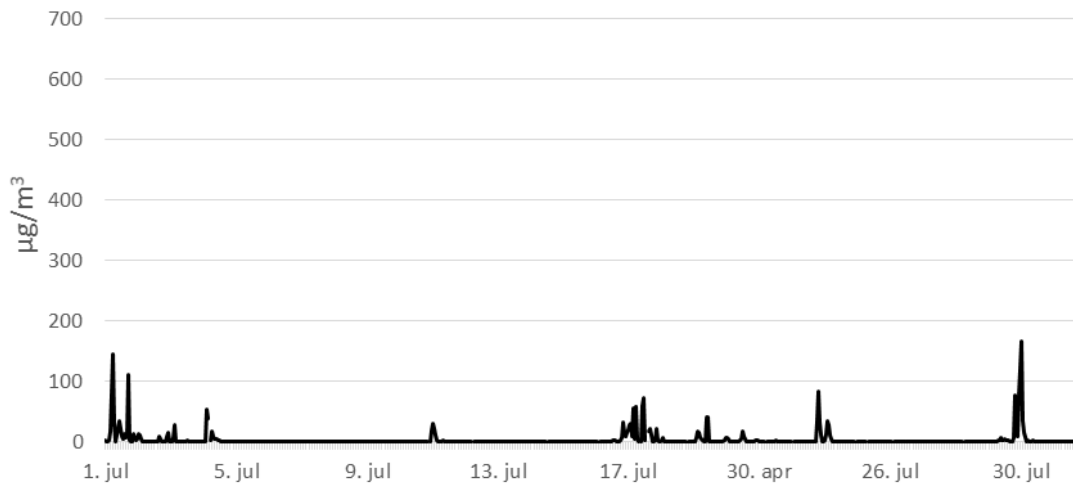
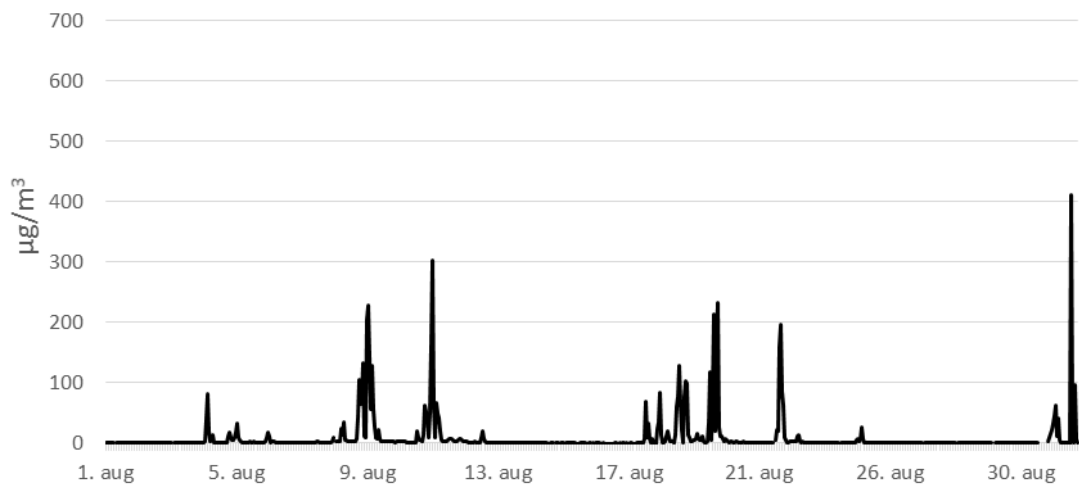
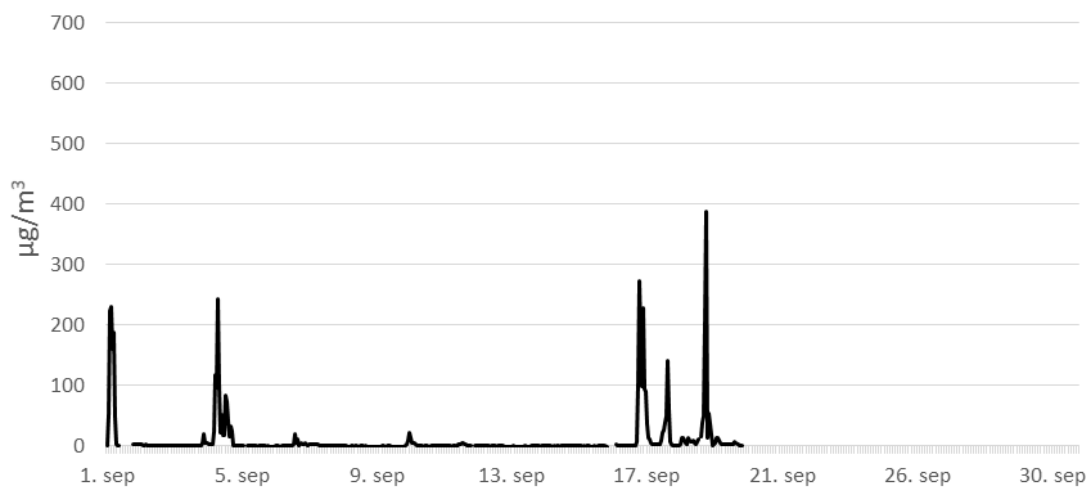
Timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik april - juni 2016.SO₂ - Svanvik april 2016SO₂ - Svanvik mai 2016SO₂ - Svanvik juni 2016

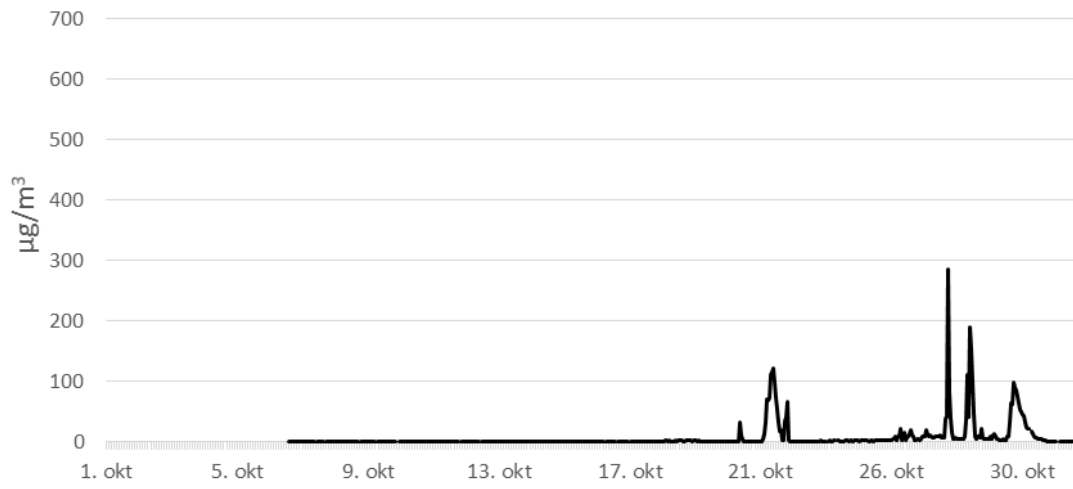
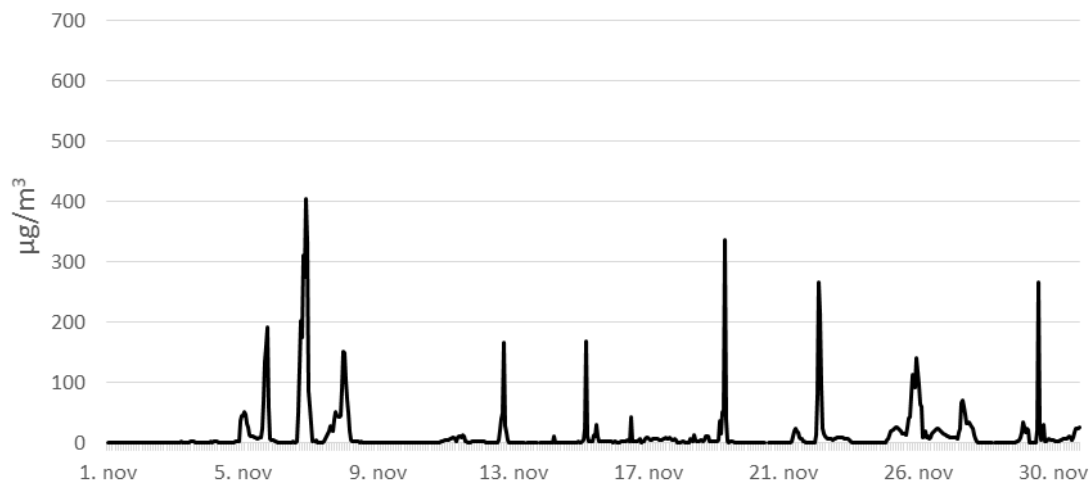
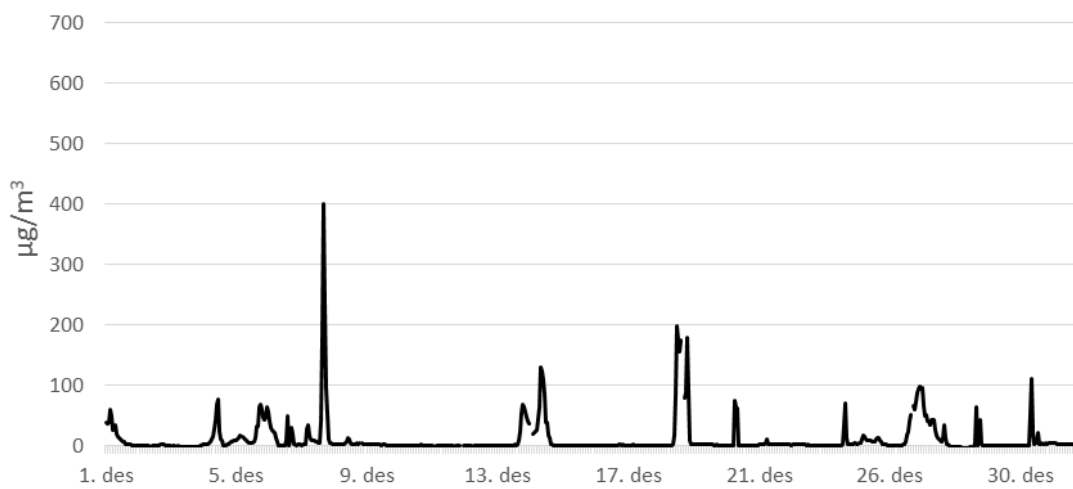
Timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik juli - september 2016.SO₂ - Svanvik juli 2016SO₂ - Svanvik august 2016SO₂ - Svanvik september 2016

Timemiddelverdier av SO₂ på Svanvik oktober - desember 2016.SO₂ - Svanvik oktober 2016SO₂ - Svanvik november 2016SO₂ - Svanvik desember 2016

Timemiddelverdier av SO₂ i Karpdalen januar - mars 2016.SO₂ - Karpdalen januar 2016SO₂ - Karpdalen februar 2016SO₂ - Karpdalen mars 2016

Timemiddelverdier av SO₂ i Karpdalen april - juni 2016.SO₂ - Karpdalen april 2016SO₂ - Karpdalen mai 2016SO₂ - Karpdalen juni 2016

Timemiddelverdier av SO₂ i Karpdalen juli - september 2016.SO₂ - Karpdalen juli 2016SO₂ - Karpdalen august 2016SO₂ - Karpdalen september 2016

Timemiddelverdier av SO₂ i Karpdalen oktober - desember 2016.SO₂ - Karpdalen oktober 2016SO₂ - Karpdalen november 2016SO₂ - Karpdalen desember 2016

Tabell 23: Månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2016. SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ .

Måned	Nedbør- mengde mm	Lednings- evne $\mu S/cm$	pH	SO_4^{2-} mg S/l	SO_4^{2-} _corr mg S/l	NH_4^+ mg N/l	NO_3^- mg N/l	Na^+ mg/l	Mg^{2+} mg/l	Cl^- mg/l	Ca^{2+} mg/l	K^+ mg/l
Januar	55,3	26,87	4,73	0,50	0,28	0,09	0,10	2,59	0,33	4,84	0,13	0,13
Februar	35,9	11,67	5,00	0,34	0,29	0,26	0,14	0,62	0,08	1,10	0,06	0,12
Mars	32,0	39,15	4,74	0,73	0,38	0,20	0,05	4,15	0,52	7,26	0,20	0,23
April	14,6	35,01	4,58	0,92	0,68	0,44	0,23	2,83	0,33	4,66	0,18	0,20
Mai	50,3	13,45	4,63	0,54	0,53	0,11	0,12	0,14	0,03	0,25	0,23	0,04
Juni	122,6	19,87	4,95	0,38	0,20	0,07	0,06	2,12	0,27	3,80	0,12	0,11
Juli	52,8	9,77	4,64	0,34	0,31	0,07	0,08	0,29	0,05	0,46	0,06	0,12
August	130,9	8,94	4,85	0,31	0,29	0,03	0,04	0,24	0,05	0,42	0,04	0,10
September	26,9	9,08	4,96	0,26	0,23	0,14	0,11	0,35	0,07	0,63	0,04	0,05
Oktober	18,3	14,92	4,95	0,46	0,38	0,26	0,15	0,94	0,13	1,58	0,15	0,20
November	40,9	14,11	5,32	0,27	0,15	0,19	0,07	1,51	0,19	2,65	0,12	0,17
Desember	112,7	41,83	5,26	0,59	0,10	0,15	0,04	5,78	0,67	10,41	0,22	0,21
2016	693,2	20,62	4,87	0,44	0,27	0,12	0,07	2,01	0,25	3,60	0,13	0,13

Vedlegg C

**Elementer i luft i 2016 – Ni, Cu, Co, As,
samt Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn**

Det er noen perioder uten prøvetaking og/eller gyldige verdier. Den vanligste årsaken til at resultater blir forkastet er at luftvolumet gjennom instrumentet er for lite. Dette kan igjen skyldes både problemer med blindfilteret³⁴ i instrumentet, samt at det tidvis er problemer med strømbrudd. Ved strømbrudd stopper filterinstrumentet, og det starter ikke automatisk når strømmen kommer tilbake slik tilfellet er for monitorene. Vinterstid kan det også være problemer med at luftinntaket til instrumentet går tett av is.

Tabell 24: Middelverdier av elementer i luft på Svanvik i 2016 (delt pr halvår), samt årsmiddel og middel for sommersesongen 2016.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
31.12.2015	06.01.2016	9,16	9,69	0,35	2,71
06.01.2016	13.01.2016	9,54	8,84	0,4	5,43
13.01.2016	20.01.2016	24,84	14,54	0,87	2,82
20.01.2016	27.01.2016	6,92	4,56	0,26	0,5
27.01.2016	03.02.2016	0,62	0,63	0,02	0,1
03.02.2016	10.02.2016	22,45	14,49	0,85	2,61
10.02.2016	17.02.2016	0,86	0,77	0,03	0,2
17.02.2016	24.02.2016	6,12	5,16	0,22	0,89
24.02.2016	02.03.2016	86,91	63,22	3,61	27,41
02.03.2016	09.03.2016	0,29	0,2	0,01	0,11
09.03.2016	16.03.2016	0,11	0,12	0,01	0,08
16.03.2016	23.03.2016	0,34	0,29	0,02	0,26
23.03.2016	30.03.2016	0,09	0,14	0,01	0,09
30.03.2016	01.04.2016	0,39	0,62	0,07	0,18
01.04.2016	08.04.2016	21,05	17,43	0,89	3,41
08.04.2016	15.04.2016	2,55	1,89	0,12	0,33
15.04.2016	22.04.2016	0,92	0,76	0,07	0,13
22.04.2016	29.04.2016	18,38	16,03	0,75	3,67
29.04.2016	06.05.2016	17,86	14,65	0,77	5,37
06.05.2016	13.05.2016	0,9	0,93	0,07	0,24
13.05.2016	20.05.2016	2,03	3,12	0,1	1,06
20.05.2016	27.05.2016	5,11	3,42	0,19	0,48
27.05.2016	03.06.2016	6,9	5,92	0,29	1,15
03.06.2016	10.06.2016	1,49	1,91	0,07	0,38
10.06.2016	17.06.2016	2,03	1,82	0,12	0,31
17.06.2016	24.06.2016	11,68	9,91	0,5	2,2
24.06.2016	01.07.2016	1,91	2,48	0,09	0,68

³⁴ Blindfilter er et filter som ikke eksponeres, men som ellers behandles på samme måte som de eksponerte filterne. Blindfilter analyseres også og dette er en kvalitetssjekk for å finne ut om prøvene har blitt forurenset for eksempel under transport eller på annen måte.

Tabell forts.: Middelerverdier av elementer i luft på Svanvik i 2016 (delt pr halvår), samt årsmiddel og middel for sommersesongen 2016.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
01.07.2016	08.07.2016	0,65	0,7	0,04 ¹⁾	0,34
08.07.2016	15.07.2016	1,04	0,71	0,04 ¹⁾	0,08
15.07.2016	22.07.2016	5,13	3,79	0,22	0,55
22.07.2016	29.07.2016	1,71	1,3	0,07	0,34
29.07.2016	05.08.2016	3,02	2,02	0,11	0,61
05.08.2016	12.08.2016	6,51	4,92	0,25	1,53
12.08.2016	19.08.2016	14,66	9,7	0,6	3,00
19.08.2016	26.08.2016	4,88	4,98	0,23	0,87
26.08.2016	02.09.2016	0,14 ²⁾	0,15	0,02 ²⁾	0,09
02.09.2016	09.09.2016	2,46	2,08	0,1	0,88
09.09.2016	14.09.2016	2,58	4,16	0,11	0,86
14.09.2016	21.09.2016	2,4	1,76	0,09	0,56
21.09.2016	28.09.2016	0,59	0,53	0,02 ¹⁾	0,14
28.09.2016	05.10.2016	2,19	1,69	0,09	0,4
05.10.2016	12.10.2016	0,15 ²⁾	0,17	0,02 ²⁾	0,04
12.10.2016	19.10.2016	0,14 ²⁾	0,12	0,02 ²⁾	0,08
19.10.2016	26.10.2016	0,41 ¹⁾	0,92	0,03 ¹⁾	0,22
26.10.2016	02.11.2016	20,18	15,83	0,81	5,64
02.11.2016	09.11.2016	0,68	0,51	0,02 ¹⁾	0,18
09.11.2016	16.11.2016	0,15 ²⁾	0,03 ¹⁾	0,02 ²⁾	0,01
16.11.2016	23.11.2016	29,09	24,8	1,17	5,08
23.11.2016	30.11.2016	7,28	11,37	0,25	2,62
30.11.2016	07.12.2016	6,37	5,08	0,21	1,5
07.12.2016	14.12.2016	1,83	1,66	0,07	1,14
14.12.2016	21.12.2016	0,53	0,35	0,02 ¹⁾	0,16
21.12.2016	09.01.2017	3,92	5,81	0,14	1,35
Vektet middel ²⁾					
01.01.2016	01.01.2017	7,24	5,88	0,29	1,73
01.04.2016	01.10.2016	5,29	4,45	0,23	1,11

¹⁾ Målingen er utenfor akkreditert område.

²⁾ Ved utregning av vektet middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

På begynnelsen av 2016 var det tidvis problemer med prøvetakingen i Karpdalen. Som sagt er det en manuell prøvetaker hvor et og et filter skiftes jevnlig. I februar stoppet instrumentet og det ble foretatt kort gjennomsyn med bl.a. skifte av sikringer. Instrumentet fungerte da noen dager før det stoppet igjen. Det ble da besluttet å sende nytt instrument oppover fra Kjeller, men det tok noen uker før nytt instrument var på plass. Derfor er det opphold i februar og ingen målinger i perioden 4. mars - 4. april. Fra april fungerte prøvetakingen igjen, bortsett fra et lite strømbrudd i juni.

Tabell 25: *Middelverdier av elementer i luft i Karpdalen i 2016 (delt pr halvår), samt årsmiddel og middel for sommersesongen 2016.*

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
04.01.2016	11.01.2016	20,12	20,07	0,82	11,47
11.01.2016	18.01.2016	18,99	15,00	0,77	10,34
18.01.2016	25.01.2016	4,15	3,24	0,15	1,05
25.01.2016	01.02.2016	2,56	3,15	0,14	1,2
01.02.2016	24.02. 2016 ¹⁾				
24.02.2016	04.03.2016	20,72	17,44	0,91	8,43
04.03.2016	04.04.2016 ¹⁾				
04.04.2016	11.04.2016 ²⁾	-	-	-	-
11.04.2016	18.04.2016	15,99	14,43	0,75	5,24
18.04.2016	27.04.2016	5,15	4,62	0,22	0,96
27.04.2016	02.05.2016	25,68	19,88	1,11	4,11
02.05.2016	09.05.2016	16,68	12,5	0,71	2,74
09.05.2016	16.05.2016	12,78	11,56	0,54	3,74
16.05.2016	23.05.2016	7,25	5,94	0,28	1,31
23.05.2016	30.05.2016	1,46	1,38	0,07	0,33
30.05.2016	06.06.2016	5,77	4,4	0,25	1,92
06.06.2016	13.06.2016	2,55	2,41	0,11	0,55
13.06.2016	19.06.2016 ³⁾	-	-	-	-
19.06.2016	28.06.2016	3,28	2,29	0,12	0,47
28.06.2016	04.07.2016	23,06	17,8	0,83	3,53

¹⁾ Ingen prøvetaking 01.02 - 24.02, samt 04.03 - 04.04. pga. instrumentfeil. Se tekst for forklaring.

²⁾ Ikke luftvolum 04.04. - 11.04.

³⁾ Strømbrudd 13.06. - 19.06.

Tabell forts.: Middelerverdier av elementer i luft i Karpdalen i 2016 (delt pr halvår), samt årsmiddel og middel for sommersesongen 2016.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
04.07.2016	11.07.2016	1,02	0,96	0,05	0,27
11.07.2016	18.07.2016	5,25	4,59	0,2	0,88
01.08.2016	08.08.2016	5,64	4,25	0,21	1,36
08.08.2016	15.08.2016	15,38	10,98	0,57	5,33
15.08.2016	22.08.2016	18,16	12,69	0,71	3,4
22.08.2016	05.09.2016	8,55	6,67	0,35	2,32
05.09.2016	12.09.2016	3,09	2,97	0,11	0,4
12.09.2016	15.09.2016	0,11	0,18	0,01	0,09
15.09.2016	19.09.2016	8,86	6,73	0,36	1,69
19.09.2016	26.09.2016	5,84	3,97	0,22	1,2
26.09.2016	03.10.2016	9,64	7,14	0,38	1,71
03.10.2016	10.10.2016	0,07	0,12	0,01	0,03
10.10.2016	17.10.2016	0,04 ¹⁾	0,02 ¹⁾	0	0,01
17.10.2016	24.10.2016	0,97	0,66	0,04	0,31
24.10.2016	31.10.2016	15,21	11,01	0,58	2,61
31.10.2016	07.11.2016	0,14	0,16	0,01	0,21
07.11.2016	14.11.2016	0,61	0,69	0,02	0,36
14.11.2016	21.11.2016	1,66	1,75	0,06	0,26
21.11.2016	28.11.2016	1,32	1,76	0,05	0,51
28.11.2016	05.12.2016	3,65	2,97	0,14	1,1
05.12.2016	12.12.2016	0,59	0,70	0,02	0,62
12.12.2016	19.12.2016	2,38	2,01	0,1	1,72
19.12.2016	26.12.2016	4,08	6,32	0,16	1,31
26.12.2016	02.01.2017	4,38	5,64	0,17	3,34
Vektet middel ²					
01.01.2016	01.01.2017	7,56	6,27	0,31	2,25
01.04.2016	01.10.2016	8,92	7,03	0,36	1,98

¹⁾ Målingen er utenfor akkreditert område.

²⁾ Ved utregning av vektet middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

Tabell 26: Middelerverdier av elementer i luft (Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn) på Svanvik i 2016 (delt pr halvår), samt årsmiddel og middel for sommersesongen 2016.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
31.12.2015	06.01.2016	49,93	0,21	0,70	5,42	3,98	13,00
06.01.2016	13.01.2016	23,73	0,36	0,59	7,75	2,58	16,73
13.01.2016	20.01.2016	16,72	0,22	0,67	3,29	10,58	10,10
20.01.2016	27.01.2016	3,59	0,04	0,16	0,41	1,77	1,72
27.01.2016	03.02.2016	0,87 ²⁾	0,01	0,080 ²⁾	0,10	0,35	0,33 ²⁾
03.02.2016	10.02.2016	5,6	0,22	0,30	2,44	1,86	7,79
10.02.2016	17.02.2016	1,01	0,03	0,08 ²⁾	0,43	0,27	0,55
17.02.2016	24.02.2016	13,87	0,06	0,25	1,76	2,61	3,50
24.02.2016	02.03.2016	76,31	1,49	2,30	31,67	16,45	46,30
02.03.2016	09.03.2016	5,89	0,02	0,08	0,50	0,49	1,07
09.03.2016	16.03.2016	5,79	0,01	0,08	0,38	0,12	1,02
16.03.2016	23.03.2016	17,12	0,02	0,08 ²⁾	0,57	0,11	1,45
23.03.2016	30.03.2016	7,33	0,02	0,08 ²⁾	0,60	0,18	2,29
30.03.2016	01.04.2016	78,11	0,03	0,32	0,43	0,29	2,84
01.04.2016	08.04.2016	166,1	0,20	0,67	2,77	4,40	8,37
08.04.2016	15.04.2016	46,43	0,03	0,16 ¹⁾	0,51	0,88	1,44
15.04.2016	22.04.2016	83,95	0,01	0,29	0,35	0,56	1,29
22.04.2016	29.04.2016	189,20	0,24	0,79	4,23	4,66	10,99
29.04.2016	06.05.2016	182,77	0,29	1,02	5,80	4,81	12,39
06.05.2016	13.05.2016	78,92	0,01	0,24 ¹⁾	0,32	0,46	1,52
13.05.2016	20.05.2016	21,93	0,07	0,16 ¹⁾	0,89	0,37	2,89
20.05.2016	27.05.2016	33,35	0,04	0,67	0,60	1,47	1,97
27.05.2016	03.06.2016	64,35	0,09	0,35	1,35	0,82	3,96
03.06.2016	10.06.2016	11,11 ¹⁾	0,03	0,12 ²⁾	0,66	0,32	1,41 ¹⁾
10.06.2016	17.06.2016	74,1	0,03	0,26 ¹⁾	0,46	0,42	1,53 ¹⁾
17.06.2016	24.06.2016	33,8	0,18	0,35 ¹⁾	3,04	0,59	6,02
24.06.2016	01.07.2016	27,2	0,04	0,11 ²⁾	0,74	0,38	1,59 ¹⁾

1) Målingen er utenfor akkreditert område.

2) Data er under deteksjonsgrensen.

Tabell forts.: Middelverdier av elementer i luft (Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn) på Svanvik i 2016 (delt pr halvår), samt årsmiddel og middel for sommersesongen 2016.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
01.07.2016	08.07.2016	30,6	0,02	0,14 ¹⁾	0,50	0,30	1,32 ¹⁾
08.07.2016	15.07.2016	4,50 ²⁾	0,01	0,11 ²⁾	0,10	0,10	0,91 ²⁾
15.07.2016	22.07.2016	27,1	0,05	0,17 ¹⁾	0,86	0,49	1,60 ¹⁾
22.07.2016	29.07.2016	10,24 ¹⁾	0,03	0,11 ²⁾	0,32	0,17	0,89 ²⁾
29.07.2016	05.08.2016	4,93 ¹⁾	0,04	0,11 ²⁾	0,45	0,69	1,07 ¹⁾
05.08.2016	12.08.2016	7,57 ¹⁾	0,08	0,14 ¹⁾	1,85	0,72	2,92 ¹⁾
12.08.2016	19.08.2016	31,3	0,17	0,33 ¹⁾	2,40	0,62	7,65
19.08.2016	26.08.2016	59,3	0,05	0,32 ¹⁾	1,21	0,47	3,05
26.08.2016	02.09.2016	4,34 ²⁾	0,00	0,11 ²⁾	0,20	0,03	0,87 ²⁾
02.09.2016	09.09.2016	7,08 ¹⁾	0,08	0,11 ²⁾	0,58	0,48	1,80 ¹⁾
09.09.2016	14.09.2016	12,42 ¹⁾	0,09	0,11 ²⁾	5,03	0,28	3,94
14.09.2016	21.09.2016	6,67 ¹⁾	0,04	0,11 ²⁾	0,77	0,44	1,65 ¹⁾
21.09.2016	28.09.2016	4,51 ²⁾	0,01	0,11 ²⁾	0,19	0,27	0,91 ²⁾
28.09.2016	05.10.2016	4,50 ²⁾	0,04	0,11 ²⁾	0,41	0,24	0,99 ¹⁾
05.10.2016	12.10.2016	13,13 ¹⁾	0,00	0,11 ²⁾	0,16	0,08	0,88 ²⁾
12.10.2016	19.10.2016	9,85 ¹⁾	0,01	0,11 ²⁾	0,22	0,06	1,47 ¹⁾
19.10.2016	26.10.2016	42,1	0,08	0,44	2,62	0,54	6,83
26.10.2016	02.11.2016	45,6	0,55	0,43	8,70	2,89	16,47
02.11.2016	09.11.2016	4,45 ²⁾	0,02	0,11 ²⁾	0,25	0,39	0,90 ²⁾
09.11.2016	16.11.2016	4,38 ²⁾	0,00 ¹⁾	0,11 ²⁾	0,02	0,05	0,88 ²⁾
16.11.2016	23.11.2016	9,90 ¹⁾	0,55	0,48	7,12	4,35	22,06
23.11.2016	30.11.2016	14,10 ¹⁾	0,23	0,13 ¹⁾	4,28	4,45	9,12
30.11.2016	07.12.2016	12,65 ¹⁾	0,13	0,27 ¹⁾	1,54	4,32	5,90
07.12.2016	14.12.2016	5,64 ¹⁾	0,10	0,15 ¹⁾	1,05	0,42	4,09
14.12.2016	21.12.2016	4,44 ²⁾	0,01	0,11 ²⁾	0,16	0,05	0,90 ²⁾
21.12.2016	09.01.2017	4,38 ²⁾	0,16	0,14 ¹⁾	3,30	2,18	4,79
Vektet middel ³⁾							
01.01.2016	01.01.2017	30,87	0,13	0,27	2,30	1,66	4,97
01.04.2016	01.10.2016	46,21	0,07	0,25	1,33	0,96	3,10

1) Målingen er utenfor akkreditert område.

2) Data er under deteksjonsgrensen.

3) Ved utregning av vektet middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

Tabell 27: *Middelverdier av elementer i luft (Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn) i Karpdalen i 2016 (delt pr halvår), samt årsmiddel og middel for sommersesongen 2016.*

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
04.01.2016	11.01.2016	45,78	0,95	0,98	15,63	16,64	28,74
11.01.2016	18.01.2016	27,34	0,67	0,74	11,64	11,61	21,78
18.01.2016	25.01.2016	2,10	0,09	0,15	1,19	3,29	2,47
25.01.2016	01.02.2016	0,86	0,15	0,05 ²⁾	1,25	1,17	2,69
24.02.2016	04.03.2016	13,67	0,55	0,46	7,98	5,85	13,24
11.04.2016	18.04.2016	51,60	0,31	0,53	3,92	1,73	8,13
18.04.2016	27.04.2016	36,90	0,09	0,21 ²⁾	1,47	2,50	3,92
27.04.2016	02.05.2016	149,70	0,34	0,87	4,65	8,49	11,69
02.05.2016	09.05.2016	199,00	0,17	1,04	3,13	2,55	8,72
09.05.2016	16.05.2016	64,90	0,26	0,44 ¹⁾	3,50	1,15	8,48
16.05.2016	23.05.2016	33,30	0,08	0,29 ²⁾	1,38	1,23	2,89
23.05.2016	30.05.2016	44,50	0,02	0,28 ²⁾	0,40	0,37	1,17
30.05.2016	06.06.2016	80,20	0,10	0,28 ²⁾	1,22	0,75	2,65
06.06.2016	13.06.2016	18,10	0,05	0,28 ²⁾	0,97	0,36	1,71
19.06.2016	28.06.2016	5,30	0,03	0,28 ²⁾	0,68	0,33	1,21
28.06.2016	04.07.2016	64,40	0,30	0,50	4,06	0,79	10,71

1) Målingen er utenfor akkreditert område.

2) Data er under deteksjonsgrensen.

Merknad: Ingen prøvetaking 01.02 - 24.02, samt 04.03 - 04.04. pga. instrumentfeil. Se tekst i kap. 5.1 for forklaring. Ikke luftvolum 04.04. - 11.04. Strømbrudd 13.06. - 19.06.

Tabell forts.: Middelverdier av elementer i luft (Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn) i Karpdalen i 2016 (delt pr halvår), samt årsmiddel og middel for sommersesongen 2016.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
04.07.2016	11.07.2016	26,80	0,02	0,28 ²⁾	0,33	0,47	1,25
11.07.2016	18.07.2016	8,20	0,08	0,28 ²⁾	1,19	0,32	3,03
01.08.2016	08.08.2016	6,90	0,10	0,27	1,13	0,74	2,56
08.08.2016	15.08.2016	9,90	0,32	0,27	5,58	0,53	8,03
15.08.2016	22.08.2016	43,40	0,22	0,39	3,48	0,85	6,70
22.08.2016	05.09.2016	21,60	0,12	0,27	2,03	0,35	3,93
05.09.2016	12.09.2016	3,60	0,03	0,11 ¹⁾	0,58	0,61	1,55
12.09.2016	15.09.2016	6,00	0,01	0,16 ²⁾	0,11	0,06	0,65
15.09.2016	19.09.2016	4,50	0,15	0,22	1,95	0,59	5,67
19.09.2016	26.09.2016	3,60	0,08	0,12 ¹⁾	1,25	1,13	2,49
26.09.2016	03.10.2016	15,90	0,14	0,40	1,77	0,64	5,23
03.10.2016	10.10.2016	8,20	0,00	0,08 ²⁾	0,17	0,08	0,48
10.10.2016	17.10.2016	1,10	0,00 ²⁾	0,08 ²⁾	0,01	0,01	0,15 ²⁾
17.10.2016	24.10.2016	0,90	0,02	0,08 ²⁾	0,27	0,14	0,93
24.10.2016	31.10.2016	55,10	0,25	0,63	5,93	2,67	12,06
31.10.2016	07.11.2016	0,30 ²⁾	0,01	0,08 ²⁾	0,32	0,12	0,56
07.11.2016	14.11.2016	1,00	0,04	0,08 ²⁾	0,80	0,68	1,27
14.11.2016	21.11.2016	2,00	0,02	0,08 ²⁾	0,47	0,52	1,15
21.11.2016	28.11.2016	1,90	0,05	0,08 ²⁾	0,62	0,74	1,53
28.11.2016	05.12.2016	4,20	0,08	0,08 ²⁾	0,98	1,53	3,21
05.12.2016	12.12.2016	1,10	0,05	0,08 ²⁾	0,70	0,55	1,91
12.12.2016	19.12.2016	1,60	0,11	0,08 ²⁾	1,71	0,55	4,43
19.12.2016	26.12.2016	6,80	0,10	0,24	2,08	1,42	4,35
26.12.2016	02.01.2017	4,70	0,34	0,10 ¹⁾	5,25	3,15	8,32
Vektet middel ²							
01.01.2016	01.01.2017	26,22	0,16	0,26	2,56	1,91	5,26
01.04.2016	01.10.2016	39,81	0,13	0,29	2,02	1,13	4,51

¹⁾ Målingen er utenfor akkreditert område.

²⁾ Data er under deteksjonsgrensen.

³⁾ Ved utregning av vektet middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

Tabell 28: Månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør på Svanvik i 2016.

Måned	Nedbør- Mengde Mm	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Ni µg/l	As µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	Al µg/l
Januar	37,3	0,67	0,04	2,06	5,17	0,39	11,66	0,23	0,05	0,48	2,21
Februar	26,4	0,71	0,04	2,61	14,05	0,58	26,80	0,54	0,06	0,57	5,49
Mars	5,3	1,00	0,02	5,92	5,70	0,23	18,41	0,22	0,32	0,32	61,49
April	14,2	1,54	0,19	12,99	62,79	2,60	102,26	2,71	1,85	0,80	44,92
Mai	47,4	1,18	0,06	2,97	33,57	1,57	34,54	1,11	0,31	0,59	32,57
Juni	75,5	0,83	0,05	2,24	29,85	1,17	26,65	0,85	0,15	0,15	15,04
Juli	76,1	1,36	0,09	4,33	32,61	2,61	38,61	1,03	0,25	0,25	13,92
August	142,0	1,46	0,06	9,71	17,32	1,25	19,78	0,49	0,28	0,24	45,41
September	47,7	1,05	0,10	5,80	65,48	1,75	60,45	1,90	0,46	0,34	25,56
Oktober	2,6	0,28	0,04	6,75	96,76	1,21	32,32	2,48	0,34	0,40	61,01
November	21,1	0,84	0,09	4,00	33,12	0,71	38,39	1,16	0,12	0,81	17,27
Desember	66,3	0,26	0,02	2,50	8,00	0,26	10,23	0,23	0,06	0,26	5,35
2016	561,8	1,04	0,06	5,20	26,49	1,29	29,45	0,83	0,26	0,34	23,98

Tabell 29: Månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør i Karpdalen i 2016.

Måned	Nedbør- Mengde Mm	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Ni µg/l	As µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	Al µg/l
Januar	45,6	0,90	0,09	14,56	20,00	0,63	26,49	0,53	0,10	0,90	7,33
Februar	21,5	1,30	0,12	9,48	49,80	1,24	68,05	1,40	0,24	0,92	15,22
Mars	7,7	1,40	0,15	3,99	118,90	1,75	121,54	3,11	0,49	0,96	24,97
April	19,7	1,63	0,15	32,59	147,62	3,17	111,02	4,60	3,90	1,48	71,93
Mai	58,5	1,67	0,11	9,45	111,71	2,41	94,20	3,23	0,90	0,90	56,49
Juni	100,6	0,46	0,03	3,43	21,27	0,59	21,12	0,63	0,27	0,21	39,42
Juli	15,0	0,95	0,09	5,79	82,94	1,96	79,09	2,30	1,01	0,72	162,22
August	152,3	1,33	0,05	2,15	24,90	1,34	22,38	0,72	0,36	0,27	35,86
September	50,5	0,82	0,08	5,15	64,59	1,83	50,98	1,79	0,42	0,27	34,90
Oktober	20,6	1,13	0,13	12,14	102,09	1,91	88,14	3,30	0,90	0,75	73,85
November	48,2	0,57	0,04	9,39	15,05	0,41	17,19	0,50	0,27	0,35	24,18
Desember	83,6	0,42	0,04	8,26	7,63	0,29	9,67	0,23	0,11	0,22	9,96
2016	623,7	0,96	0,07	7,23	42,06	1,19	38,55	1,23	0,48	0,46	36,39

Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | **Faks:** 73 58 05 01

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljødirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptre selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring. Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.