



MILJØOVERVÅKNING

M-567 | 2016

# Grenseområdene Norge-Russland

## Luft- og nedbørkvalitet, april 2015 – mars 2016



# KOLOFON

## Utførende institusjon

NILU - Norsk institutt for luftforskning  
P.O. Box 100, 2027 Kjeller

## ISBN nr. / ISSN nr.

ISBN: 978-82-425-2843-8 (elektronisk)  
ISSN: 2464-3327

## Oppdragstakers prosjektansvarlig

Tore Flatlandsmo Berglen

## Kontaktperson i Miljødirektoratet

Camilla Fossum Pettersen

## M-nummer

567|2016

## År

2016

## Sidetall

112

## Miljødirektoratets kontraktnummer

15078043

## Utgiver

NILU - Norsk institutt for luftforskning  
NILU Rapport 16/2016  
NILU prosjekt nr.: O-8976

## Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

## Forfatter(e)

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

## Tittel - norsk og engelsk

Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2015-mars 2016.  
Air quality monitoring in the border areas of Norway and Russia - progress report April 2015-March 2016.

## Sammendrag - summary

Smelteverkene i NV-Russland slipper ut store mengder svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) og tungmetaller. Utslippene påvirker luft- og nedbørkvalitet i grenseområdet. Miljøovervåkingen viser at grenseverdier for SO<sub>2</sub> er overholdt på Svanvik i 2015, men overskredet i Karpdalen for timeverdier i 2015, sesongmiddel vinter 2015/16, samt for time- og døgn i 2016 (pr 31. mars). Målsetningsverdier for Ni og As er overholdt. The nickel smelters in NW Russia emit large quantities of sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and heavy metals. These emissions lead to enhanced concentrations of environmental pollutants in the border areas. The monitoring program shows that air quality in Karpdalen violates Norwegian threshold values for SO<sub>2</sub> hourly mean values in 2015, seasonal mean winter 2015/16 and hourly mean and daily mean values in 2016 (as of 31st March).

## 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 omkranser bysentrum i Zapoljarnij og viser pipene og pipeutslipp fra briketteringsanlegget.

# Innhold

Innhold .....	1
1. Sammen drag .....	3
2. Резюме .....	6
3. Tiivistelmä .....	10
4. Summary .....	14
5. Innledning .....	17
5.1 Historikk .....	17
5.2 Utslipp .....	17
5.3 Dagens situasjon .....	21
5.4 Miljøeffekter .....	22
6. Måleprogram og grenseverdier .....	24
6.1 Måleprogram .....	24
6.2 Målinger april 2015 - mars 2016 .....	27
6.3 Grenseverdier fra EUs luftkvalitetsdirektiver og norske luftkvalitetskriterier .....	29
7. Måleresultater meteorologi .....	32
7.1 Vindmålinger .....	33
7.2 Temperatur .....	37
7.3 Luftens relative fuktighet .....	39
7.4 Atmosfærisk stabilitet .....	40
7.5 Nedbørmålinger .....	41
8. Måleresultater svoveldioksid (SO <sub>2</sub> ) .....	42
8.1 Måleperiode 1. april 2015 - 31. mars 2016 .....	42
8.1.1 Svanvik .....	44
8.1.2 Karpdalen .....	46
8.1.3 Episode 25.-27. februar i Karpdalen og på Svanvik .....	50
8.1.4 Viksjøfjell .....	54
8.1.5 Konsentrasjonsvindroser .....	56
8.2 Analyse av SO <sub>2</sub> -målinger over flere år .....	59
8.2.1 Måleprogrammets omfang .....	59
8.2.2 Variasjon fra år til år av enkelte nøkkelparametre .....	61
8.2.3 Timemiddelverdier .....	64
8.2.4 Døgnmiddelverdier - grenseverdi 125 µg/m <sup>3</sup> .....	65
8.2.5 Døgnmiddelverdier - øvre og nedre vurderingsterskel .....	66
8.2.6 Års- og vinterhalvårsmiddelverdier .....	66
9. Måleresultater tungmetaller i svevestøv .....	68
10. Måleresultater hovedkomponenter og tungmetaller i nedbør .....	74
10.1 Nedbørmengde .....	75
10.2 Konsentrasjon i nedbør .....	75
10.3 Våtavsetning .....	77
11. Konklusjon .....	83
12. Referanser og annet relevant stoff om forurensning i grenseområdene mellom Norge og Russland .....	84
12.1 Internett sider .....	84

12.2	Litteratur .....	86
12.3	Eldre NILU-rapporter fra prosjektet .....	92
<b>Vedlegg A Vind- og konsentrasjonsdata Svanvik og Karpdalen april - september 2015 og oktober 2015 - mars 2016 .....</b>		<b>95</b>
<b>Vedlegg B Værstatistikk for Svanvik, Nyrud og Kirkenes lufthavn Høybuktmoen mars 2015 - mars 2016 .....</b>		<b>100</b>
<b>Vedlegg C Plott av timemiddelverdier av SO<sub>2</sub>, april 2015 - mars 2016 .....</b>		<b>104</b>

# 1. Sammendrag

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 (SO<sub>2</sub>) og tungmetaller. Disse utslippene påvirker luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene. Pasvikdalen og Jarfjord i Sør-Varanger kommune har de høyeste målte konsentrasjonene av SO<sub>2</sub> og tungmetaller i Norge. ESA har påpekt at Norge har helse-/miljøskadelige verdier i luft.

## Utslipp

Utslippene av SO<sub>2</sub> fra briketteringsanlegget i Zapoljarnij og nikkelsmelteverket i Nikel i Russland er rundt 100 000 tonn i året. Dette er omlag 5 ganger større enn Norges totale SO<sub>2</sub>-utslipp. Fram til desember 2015 var utslippene fordelt med omtrent 40 000 tonn fra Zapoljarnij og 60 000 tonn fra Nikel. Briketteringsanlegget i Zapoljarnij har gjennomgått en oppgradering med nye produksjonslinjer. Denne moderniseringen er nå fullført (pr desember 2015, kilde Kola GMK), og det er ventet å gi reduserte utslipp fra Zapoljarnij (ned til om lag 8 000 tonn SO<sub>2</sub> pr år), men økte utslipp fra Nikel. Nikel ligger nærmere norskegrensen enn Zapoljarnij og endringen i utslippsmønsteret er ventet å gi økt miljøbelastning på norsk side.

Disse utslippene medfører meget høye konsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i smelteverkernes nærrområder og utslippene transporteres til Norge ved østlig og sørlig vind i og med at Nikel og Zapoljarnij ligger få kilometer fra den norske grensen. Målinger av SO<sub>2</sub> sammenholdt med vindretning, viser klart at anleggene i Nikel og Zapoljarnij er hovedkildene til SO<sub>2</sub> i grenseområdene. Utslippene var tidligere over 400 000 tonn SO<sub>2</sub> per år (1970/80-tallet). Dette skyldes bruk av malm fra Sibir med høyere innhold av svovel. Siden den gang har utslippene og de målte konsentrasjonene blitt redusert.

## Måleprogram

NILU har gjort målinger av luftforurensninger i grenseområdene siden 1974. Det norske måleprogrammet omfatter både meteorologiske forhold, luft- og nedbørkvalitet og finansieres av Miljødirektoratet og Klima- og miljødepartementet. Målingene er en del av det bilaterale miljøvernssamarbeidet mellom Norge og Russland. Det felles norsk-russiske miljøsamrådet i grenseområdene har pågått siden 1988.

Målingene på norsk side av grensen omfatter følgende stasjoner; Svanvik, Karpdalen, Karpbukta og Viksjøfjell. På Svanvik i Pasvikdalen og i Karpdalen ved Jarfjord måles SO<sub>2</sub> (monitor), meteorologiske forhold, samt tungmetaller i svevestøv og nedbør. I Karpbukta måles hovedkomponenter i nedbør. I tillegg er det utplassert passive prøvetakere for måling av langtidsmidler av SO<sub>2</sub> på Viksjøfjell (Jarfjordfjellet). På russisk side måler Hydrometeorologisk institutt i Murmansk konsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i Nikel og Zapoljarnij, i tillegg til målinger av meteorologiske forhold i Nikel og Jäniskoski.

## Luftkvalitet - SO<sub>2</sub>

En oppsummering av måleresultatene for SO<sub>2</sub> i perioden 1. april 2015 - 31. mars 2016, samt for kalenderåret 2015, er gitt i Tabell 1. Målingene viser at miljøbelastningen av SO<sub>2</sub> på Svanvik var lavere denne måleperioden enn den forrige. Dette gjelder alle parametre, både maksimumsverdier og gjennomsnittsverdier. Forrige måleperiode var preget av to episoder med meget høye verdier. I Karpdalen var miljøbelastningen grunnet SO<sub>2</sub> høyere enn foregående periode. Dette gjelder alle parametre og både sommer- og vintersesongen, med to unntak. Unntakene er maksimal 10-minuttersverdi, der maksimum denne perioden er noe lavere enn forrige periode og høyeste timemiddelverdi som er tilnærmet lik. 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.

Måleresultatene i Tabell 1 viser at norske grenseverdier er overholdt på Svanvik i 2015, 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 2015 da det forekom 27

timeverdier over 350 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> og tillatt antall overskridelser pr kalenderår er 24. For 2016 er grenseverdi for time allerede overskredet med 38 overskridelser pr 31. mars. Likeledes er grenseverdi for døgnmiddel (125 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> med tre tillatte overskridelser pr kalenderår) også overskredet i Karpdalen i 2016 med sju verdier pr 31. mars. Sesongmiddel for vinterhalvår (20 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) er overskredet i Karpdalen for vinteren 2015/16 med målt gjennomsnittskonsentrasjon 29,8 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

Tabell 1: Viktige nøkkeltall for SO<sub>2</sub> fra målingene 1. april 2015-31. mars 2016, samt kalenderåret 2015.

Rapporteringsperioden 1. april 2015 - 31. mars 2016	Svanvik	Karpdalen
Høyeste 10-minuttersverdi µg/m <sup>3</sup>	1119	781
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m <sup>3</sup> sommer	12	6
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m <sup>3</sup> vinter	9	107
Høyeste timemiddelverdi µg/m <sup>3</sup>	524	613
Antall timemiddel > 350 µg/m <sup>3</sup> sommer	6	1
Antall timemiddel > 350 µg/m <sup>3</sup> vinter	4	50
Høyeste døgnmiddel sommer µg/m <sup>3</sup>	86	81
Høyeste døgnmiddel vinter µg/m <sup>3</sup>	155	429
Antall døgnmiddel > 125 µg/m <sup>3</sup>	1	7
Middelverdi sommer µg/m <sup>3</sup>	8,5	6,7
<sup>1)</sup> Middelverdi vinter µg/m <sup>3</sup>	7,9	29,8
<b>Kalenderåret 2015</b>		
<sup>2)</sup> Antall timemiddel > 350 µg/m <sup>3</sup>	8	27
<sup>3)</sup> Antall døgnmiddel > 125 µg/m <sup>3</sup>	0	2
<sup>1)</sup> Årsmiddelverdi µg/m <sup>3</sup>	7,5	11,8

1) Norsk grenseverdi for vinterperioden (1. oktober-31. mars) og for et kalenderår er 20 µg/m<sup>3</sup>, satt for virkning på økosystemer.

2) Norsk grenseverdi for timemiddelverdi av SO<sub>2</sub> er 350 µg/m<sup>3</sup> og denne kan overskrides 24 ganger per kalenderår.

3) Norsk grenseverdi for døgnmiddelverdi av SO<sub>2</sub> er 125 µg/m<sup>3</sup> og denne kan overskrides tre ganger per kalenderår.

Målinger med passive prøvetakere på Viksjøfjell viser høye gjennomsnittsverdier. Middelverdi for sommersesongen 2015 var omlag 17 µg/m<sup>3</sup> og vintermiddel 2015/16 omlag 34 µg/m<sup>3</sup>. NILU vil påpeke at det er noen huller i måleserien grunnet logistikkproblemer, samt at brikkene enkelte ganger ble våte. Det gjør at målt vintermiddel er en underestimert av reelt nivå. Utfra målingene kan det ikke sees en reduksjon i nivåene av SO<sub>2</sub> på Viksjøfjell vinteren 2015/16, det vil si etter at utslippene fra Zapoljarnij er redusert.

#### 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 Al<sup>1</sup>. 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, arsen, kobber og kobolt). Målsettingsverdiene (Ni og As) ble overholdt i 2015 både på Svanvik og i Karpdalen.

<sup>1</sup>Pb:bly, Cd: kadmium, Zn: sink, Ni: nikkell, As: arsen, Cu: kobber, Co: kobolt, Cr: krom, V: vanadium, Al: aluminium. Al er ikke tungmetall, men analyseres og rapporteres her. Likeledes, As er et metalloid/halvmetall, men analyseres og rapporteres også her.

Tabell 2: Middelverdier av metaller i luft på Svanvik og i Karpdalen sommerhalvåret 2015, vinterhalvåret 2015/16, samt kalenderåret 2015.

Stasjon	Periode	Ni ng/m <sup>3</sup>	As ng/m <sup>3</sup>	Cu ng/m <sup>3</sup>	Co ng/m <sup>3</sup>
Svanvik	April - september 2015	7,23	1,51	5,43	0,31
	Oktober 2015 - mars 2016	10,60	2,05	7,78	0,41
	<sup>1)</sup> Kalenderår 2015	7,81	1,25	5,79	0,31
Karpdalen	April - september 2015	7,26	1,89	5,97	0,30
	Oktober 2015 - mars 2016	10,86	3,90	9,91	0,44
	<sup>1)</sup> Kalenderår 2015	8,44	2,46	7,34	0,33

1) Målsetningsverdier ("target value") for tungmetaller er 20 ng/m<sup>3</sup> for nikkel og 6 ng/m<sup>3</sup> for arsen gitt som årsmiddel (gjeldende fra 1. januar 2013). Dette gjelder innholdet av tungmetaller i PM<sub>10</sub>-fraksjonen.

### Nedbørkvalitet

På Svanvik, i Karpdalen og i Karpbukt gjøres det prøvetaking for analyser av nedbørkvalitet. Prøvene fra Karpbukt analyseres med hensyn på hovedkomponenter<sup>2</sup>, mens prøvene fra Svanvik og Karpdalen analyseres med hensyn på 10 tungmetaller/elementer.

Samlet målt nedbør i rapporteringsperioden var 398 mm på Svanvik, 405 mm i Karpdalen og 527 mm i Karpbukt. Dette er omlag som foregående periode. Svanvik har lavest årsnedbør av alle luftkvalitetsstasjoner i Fastlands-Norge.

Ni, As, Cu og Co regnes som spormetaller fra produksjonen ved smelteverkene. Trendene og mønsteret i konsentrasjonene av disse fire varierer. Det er vanskelig å gi noen fullgod forklaring på forskjellene og variasjonene siden alle fire kommer fra samme kilder/prosess.

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. I denne måleperioden var avsetningen på Svanvik høyere enn foregående periode. Avsetning av tungmetaller i nedbør har økt markant fra 2004 sammenlignet med tiden før 2004.

### Meteorologi

De meteorologiske målingene i Sør-Varanger omfatter hovedsakelig vindretning, vindhastighet, temperatur og relativ fuktighet på Svanvik og i Karpdalen. Om sommeren er vindretningen på Svanvik variabel (vind fra alle kanter). Vind fra øst kan føre utslippene fra Nikel mot Svanvik (siden Svanvik ligger vest for Nikel). Hyppigst forekommende vindretning om vinteren er fra sørlig kant. Dette medfører at Karpdalen har høyere konsentrasjoner vinterstid (siden Karpdalen ligger nord for Nikel og Zapoljarnij).

Maksimumstemperaturen på Svanvik var 24,6°C (19. august 2015) og minimumstemperaturen vinteren 2015/16 var -35,8°C (7. januar 2016). Middeltemperaturen siste periode (et år) var 1,8°C på Svanvik og 1,9°C i Karpdalen. Dette er noe høyere enn forrige periode.

<sup>2</sup> Som hovedkomponenter regnes SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>

## 2. Резюме

*Прилегающие к границе России с Норвегией территории богаты металлами и минералами. У пгт. Никеля с 30-х гг. прошлого века имеются плавильные заводы, производящие именно никель. Перерабатываемая руда богата тяжелыми металлами, как никелем и медью, а содержит также некоторое количество серы (~5-6%), что приводит к выбросу плавильными заводами больших объемов сернистого ангидрида (SO<sub>2</sub>) и тяжелых металлов. Эти выбросы влияют на качество атмосферного воздуха и окружающую среду на приграничных территориях. В долине Паз (Pasvikdalen) и поселке Ярфьорд (Jarffjord) (муниципалитет Сёр-Варангер (Sør-Varanger)) имеются самые высокие зафиксированные в Норвегии концентрации SO<sub>2</sub> и тяжелых металлов. Наблюдательный орган ЕАСТ (ESA) отметило, что в атмосферном воздухе Норвегии имеются вредные для здоровья населения (окружающей среды) показатели.*

### Выбросы

Выбросы SO<sub>2</sub> с брикетировочного завода в г. Заполярном и никелеплавильного завода в пгт. Никеле (Россия) составляют около 100 тыс. тонн в год, что примерно в 5 раз больше суммарных выбросов SO<sub>2</sub> Норвегии. До декабря 2015 г. выбросы распределялись так, что около 40 тыс. тонн шло из г. Заполярного, а 60 тыс. тонн из пгт. Никеля. Брикетировочный завод в г. Заполярном прошел модернизацию с внедрением новых производственных линий, законченную на декабрь 2015 г. (по данным Кольской ГМК), и ожидается снижение выбросов из г. Заполярного (до примерно 8 тыс. тонн в год), а увеличение выбросов из пгт. Никеля. Пгт. Никель находится поближе к границе с Норвегией, чем г. Заполярный, и ожидается, что изменение схемы выбросов приведет к увеличению экологического воздействия по норвежскую сторону.

Эти выбросы приводят к очень высоким концентрациям SO<sub>2</sub> на примыкающих к плавильным заводам территориях, и поскольку пгт. Никель и г. Заполярный находятся в немногих километрах от норвежской границы, при восточных и южных ветрах выбросы переносятся на Норвегию. Измерения уровней SO<sub>2</sub> в сопоставлении с направлением ветра явно показывают, что основными источниками SO<sub>2</sub> на приграничных территориях являются объекты в пгт. Никеле и г. Заполярном. Раньше (в 70-е - 80-е гг. прошлого века) выбросы вследствие применения сибирской руды с более высоким содержанием серы превышали 400 тыс. тонн SO<sub>2</sub> в год. С тех пор сокращаются выбросы, уменьшаются фиксируемые концентрации.

### Программа измерений

Норвежским институтом исследования атмосферного воздуха (NILU) измерения загрязнений атмосферного воздуха в приграничных районах производятся с 1974 г. Норвежская программа измерений, включающая как метеорологические условия, так и качество воздуха и осадков, финансируется Агентством окружающей среды и Министерством климата и окружающей среды. Измерения являются частью двустороннего норвежско-российского сотрудничества в области охраны окружающей среды. Совместное норвежско-российское сотрудничество в области охраны окружающей среды на приграничных территориях осуществляется с 1988 г.

Измерения с норвежской стороны границы включают комплексы измерений в следующих пунктах: Сванвик (Svanvik), Карпдален (Karpdalen), Карпбукт (Karpbukt), Викшёфельл (Viksjøfjell). В п. Сванвик (долина р. Паз) и д. Карпдален у Ярфьорда измеряются SO<sub>2</sub> (монитор), метеорологические условия, а также тяжелые металлы в взвешенной пыли и осадках. В п. Карпбукт измеряются главные составные осадков. Дополнительно на х. Викшёфельл (Ярфьордфельл (Jarffjordfjellet)) размещены дощечки для измерения долгосрочных средних показателей. С российской стороны Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды выполняет измерения концентрации SO<sub>2</sub> в пгт. Никеле и г. Заполярном, а также метеорологических данных в пгт. Никеле и п. Янискоски.

### Качество воздуха - SO<sub>2</sub>

Обобщение зафиксированных показателей SO<sub>2</sub> за период 1 апреля 2015 г. - 31 марта 2016 г., а также за календарный 2015 год приведено в Таблице 1. Измерения показывают, что в п. Сванвик



экологическое воздействие  $SO_2$  в течение данного периода измерений было ниже предыдущего по всем параметрам, включая как максимальные, так и средние показатели. Тем не менее следует отметить, что характерными для прошедшего периода измерений были два эпизода с весьма высокими показателями. В д. Карпдален экологическое воздействие  $SO_2$  было выше предыдущего периода измерений по всем параметрам как летнего, так и зимнего сезона, за два исключения: Наивысший 10-минутный показатель за данный период нечто ниже прошлого периода, а наивысший среднечасовой показатель приблизительно одинаков. Ожидается, что повышенные выбросы в пгт. Никеле после реконструкции и снижения в г. Заполярном приведут к увеличению экологического воздействия в д. Карпдален, поскольку д. Карпдален находится прямо севернее пгт. Никеля, а в зимнее время преобладают южные ветры.

Приведенные в Таблице 1 результаты измерений показывают соблюдение в 2015 г. в п. Сванвик 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 д. Карпдален предельный среднечасовой показатель в 2015 г. был превышен, поскольку было зафиксировано 27 среднечасовых показателей больше  $350 \mu g SO_2/m^3$ , а допускается за календарный год 24. За 2016 г. предельный среднечасовой показатель уже превышен 38 превышениями на 31 марта. И предельный среднесуточный показатель ( $125 \mu g SO_2/m^3$  с допуском в 3 превышения за календарный год) превышен в д. Карпдален за 2016 г. 7 превышениями на 31 марта. Средний показатель за зимний сезон ( $20 \mu g SO_2/m^3$ ) в д. Карпдален превышен за зиму 2015-2016 гг., с зафиксированной средней концентрацией в  $29,8 \mu g SO_2/m^3$ .

Таблица 1: Важные ключевые показатели  $SO_2$  из измерений 1 апреля 2015 г.-31 марта 2016 г., а также за календарный 2015 г.

Период отчетности 1 апреля 2015 г. - 31 марта 2016 г.	Сванвик	Карпдален
Наивысший 10-минутный показатель $\mu g/m^3$	1119	781
Кол-во 10-минутных показателей $>500 \mu g/m^3$ летом	12	6
Кол-во 10-минутных показателей $>500 \mu g/m^3$ зимой	9	107
Наивысший среднечасовой показатель $\mu g/m^3$	524	613
Количество среднечасовых показателей $>350 \mu g/m^3$ летом	6	1
Количество среднечасовых показателей $>350 \mu g/m^3$ зимой	4	50
Наивысший среднесуточный показатель летом $\mu g/m^3$	86	81
Наивысший среднесуточный показатель зимой $\mu g/m^3$	155	429
Количество среднесуточных показателей $> 125 \mu g/m^3$	1	7
Средний показатель лета $\mu g/m^3$	8,5	6,7
<sup>1)</sup> Средний показатель зимы $\mu g/m^3$	7,9	29,8
<b>Календарный 2015 г.</b>		
<sup>2)</sup> Количество среднечасовых показателей $>350 \mu g/m^3$	8	27
<sup>3)</sup> Количество среднесуточных показателей $> 125 \mu g/m^3$	0	2
<sup>1)</sup> Среднегодовой показатель, $\mu g/m^3$	7,5	11,8

1) Норвежский предельно допустимый уровень за зимний период (1 октября - 31 марта) и за календарный год, установленный в части воздействия на экосистемы, составляет  $20 \mu g/m^3$ .

2) Предельно допустимый среднечасовой показатель  $SO_2$  Норвегии составляет  $350 \mu g/m^3$ , допускается его превышение 24 раза в календарный год.

3) Предельно допустимый среднесуточный показатель  $SO_2$  Норвегии составляет  $125 \mu g/m^3$ , допускается 3 превышения в календарный год.

Измерения пассивными средствами на х. Викшёфьелл показывают высокие средние показатели. Средний показатель за летний сезон 2015 г. был примерно  $17 \mu g/m^3$ , а за зиму 2015 - 2016 гг. - около  $34 \mu g/m^3$ . Следует отметить, однако, что в серии измерений из-за проблем с логистикой имеются сбои, и что были некоторые случаи, когда средства измерения промокли, что привело к занижению в измерениях реального уровня среднезимнего показателя. На основании измерений зимой 2015 - 2016 гг., т. е. после сокращения выбросов из г. Заполярного, снижения уровней  $SO_2$  на х. Викшёфьелл не наблюдается.

**Качество воздуха - тяжелые металлы**

В п. Сванвик и д. Карпдален измеряется содержание металлов в взвешенной пыли (атмосферном воздухе), т. е. недельные пробы на Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co, Cr, V, Al<sup>3</sup>. Средние концентрации на двух указанных измерительных комплексах приведены в Таблице 2. Измерения содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе и осадках в п. Сванвик и д. Карпдален показывают повышенные концентрации металлов-индикаторов никелевых заводов (никель, мышьяк, медь, кобальт). В 2015 г. целевые показатели (Ni, As) были выдержаны как в п. Сванвик, так и в д. Карпдален.

Таблица 2: Средние показатели металлов в атмосферном воздухе в п. Сванвик и д. Карпдален за летнее полугодие 2015 г. и зимнее полугодие 2015-2016 гг., а также за календарный 2015 г.

Станция	Период	Ni нг/м <sup>3</sup>	As нг/м <sup>3</sup>	Cu нг/м <sup>3</sup>	Co нг/м <sup>3</sup>
Сванвик	Апрель - сентябрь 2015 г.	7,23	1,51	5,43	0,31
	Октябрь 2015 г. - март 2016 г.	10,60	2,05	7,78	0,41
	<sup>1)</sup> Календарный 2015 г.	7,81	1,25	5,79	0,31
Карпдален	Апрель - сентябрь 2015 г.	7,26	1,89	5,97	0,30
	Октябрь 2015 г. - март 2016 г.	10,86	3,90	9,91	0,44
	<sup>1)</sup> Календарный 2015 г.	8,44	2,46	7,34	0,33

1) Целевые показатели («target value») по металлам: никель - 20 нг/м<sup>3</sup>, мышьяк - 6 нг/м<sup>3</sup> утверждены среднегодовыми величинами (действующими с 1 января 2013 г.), в части содержания тяжелых металлов фракции РМ<sub>10</sub>.

**Качество осадков**

В п. Сванвик, д. Карпдален и п. Карпбукт изымаются пробы для анализа качества осадков. Пробы из п. Карпбукт анализируются на главные составные<sup>4</sup>, а пробы из п. Сванвик и д. Карпдален анализируются на 10 тяжелых металлов (элементов).

Совокупные осадки за отчетный период в п. Сванвик составили 398 мм, в д. Карпдален 405 мм, а в п. Карпбукт 527 мм. Это примерно на уровне предыдущего периода. Сванвик имеет самые низкие годовые осадки всех комплексов измерений качества атмосферного воздуха на норвежском материке.

Ni, As, Cu, Co считаются металлами-индикаторами производства плавильных заводов. Тренды и образ их концентраций варьируют. Трудно убедительно объяснить разницы и вариации, поскольку все четыре идут из тех же источников (процессов).

Выделение Ni, As, Cu, Co осадками в п. Сванвик обычно гораздо больше летом, чем зимой. Причиной этому является высшая частотность ветров с пгт. Никеля на п. Сванвик в летнее время. За указанный период измерений выделение в п. Сванвик было выше, чем за предыдущий период. Выделение тяжелых металлов осадками резко увеличилось с 2004 г. по сравнению с периодом до 2004 г.

**Метеорология**

<sup>3</sup> Pb - свинец, Cd - кадмий, Zn - цинк, Ni - никель, As - мышьяк, Cu - медь, Co - кобальт, Cr - хром, V - ванадий, Al - алюминий. Al тяжелым металлом не является, а здесь анализируется и учитывается. Таким же образом As - металлоид (полуметалл), а здесь также анализируется и учитывается

<sup>4</sup> Главными составными считаются SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>

Измерения метеорологических данных в Сёр-Варангере в основном включают направление ветра, скорость ветра, температуру, относительную влажность в п. Сванвик и д. Карпдален. Летом направление ветра в п. Сванвик варьируется (ветры со всех сторон). Восточные ветры могут нести выбросы из пгт. Никеля на п. Сванвик (поскольку п. Сванвик находится западнее пгт. Никеля. Зимой преобладают южные ветры, что означает повышение концентраций в д. Карпдален в зимнее время (поскольку д. Карпдален находится севернее пгт. Никеля и г. Заполярного).

Впрочем, самая высокая температура в п. Сванвик составила  $24,6^{\circ}$  по Цельсию (19 августа 2015 г.), а самая низкая температура зимы 2015-2016 гг. -  $-35,8^{\circ}$  по Цельсию (7 января 2016 г.). Средняя температура прошлого периода измерений (за год) составила  $1,8^{\circ}$  по Цельсию в п. Сванвик, а в д. Карпдален -  $1,9^{\circ}$  по Цельсию, что нечто выше прошедшего периода.

Перевод с норвежского Дага Клаастада

## 3. Tiivistelmä

Venäjän ja Norjan välinen rajaseutu on hyvin metalli- ja mineraalirikasta aluetta. Venäjällä sijaitsevassa Nikkelissä on ollut 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 (SO<sub>2</sub>) ja raskasmetalleja. Nämä päästöt vaikuttavat raja-alueiden ilmanlaatuun ja ympäristöön. Paatsjoen laaksossa ja Jarfjordin (Rautavuonon) alueella Etelä-Varangin kunnassa on mitattu Norjan korkeimmat SO<sub>2</sub>- ja raskasmetallipitoisuudet ilmassa. ESA on tuonut esille, että Norjan ilmatilassa olevat pitoisuudet ovat vaarallisia terveydelle ja ympäristölle.

### Päästöt

Zapoljarnyn briketointilaitoksen ja Nikkelin sulaton yhteiset vuosittaiset SO<sub>2</sub>- päästöt ovat noin 100 000 tonnia. Luku on noin viisinkertainen Norjan SO<sub>2</sub>-kokonaispäästöihin verrattuna. Päästöt jakautuivat joulukuuhun 2015 mennessä siten, että noin 40 000 tonnia tulee Zapoljarnysta ja 60 000 tonnia Nikkelistä. Zapoljarnyn briketointilaitos on nykyaikaistettu uusilla tuotantolinjoilla. Nykyaikaistaminen on saatettu loppuun (joulukuussa 2015, Kola GMK:n mukaan) ja sen odotetaan vähentävän Zapoljarnyn päästöjä (noin 8 000 tonniin SO<sub>2</sub> vuodessa), mutta vastavuoroisesti lisäävän Nikkelin päästöjä. Nikkeli sijaitsee lähempänä Norjan rajaa kuin Zapoljarny ja päästöissä tapahtuvien muutosten odotetaan lisäävän ympäristönkuormitusta Norjan puolella rajaa.

Päästöt aiheuttavat erittäin korkeita SO<sub>2</sub>-pitoisuuksia sulaton lähiympäristössä. Päästöt ajautuvat itä- ja etelätuulten mukana Norjan puolelle, koska Nikkeli ja Zapoljarny sijaitsevat vain muutaman kilometrin päässä Norjan rajasta. SO<sub>2</sub>- mittaukset verrattuna tuulten suuntiin osoittavat selvästi, että Nikkelin ja Zapoljarnyn laitokset ovat SO<sub>2</sub>- päästöjen päälähteitä raja-alueilla. Aiemmat päästöt olivat 400 000 tonnia SO<sub>2</sub> vuodessa (1970/80-luvuilla). Tämä johtui siitä, että aiemmin jalostettava malmi oli peräisin Siperiasta ja sisälsi korkeampia määriä rikkiä. Päästöt ovat sittemmin pienentyneet ja mitatut pitoisuudet laskeneet.

### Mittausohjelma

Norjan ilmantutkimuslaitos NILU on mitannut raja-alueiden ilmansaasteita vuodesta 1974 lähtien. Norjan mittausohjelma käsittää sekä meteorologiset olosuhteet että ilman- ja sadeveden laadun. Ohjelman rahoittajat ovat ympäristöhallinto ja ilmasto- ja ympäristöministeriö. Mittaukset ovat osa Norjan ja Venäjän välistä yhteistyötä ympäristön suojelemiseksi. Yhteinen norjalaisvenäläinen ympäristöyhteistyö raja-alueella on jatkunut vuodesta 1988 lähtien.

Norjan puolella mittauksia tehdään seuraavilla asemilla: Svanvik, Karpdalen, Karpbukt ja Viksjøfjell. Paatsjoenlaaksossa sijaitsevalla Svanvikin asemalla ja Rautavuonon Karpdalenissa tarkkaillaan rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>) (seuranta), meteorologisia olosuhteita, raskasmetalleja leijumassa ja sadevedessä. Karpbuktissa pääkomponentteja mitataan sadevedestä. Viksjøfjell-tunturiin (Rautavuonon tunturiin) on lisäksi asennettu mittareita pitkäaikaiskeskiarvoille. Murmanskin hydrometeorologian laitos mittaa SO<sub>2</sub>- pitoisuuksia Nikkelissä ja Zapoljarnyssa sekä meteorologisia olosuhteita Nikkelissä ja Jäniskoskella.

### Ilmanlaatu, SO<sub>2</sub>

Taulukossa 1 nähdään SO<sub>2</sub>- mittauksen tulokset ajanjaksolta 1.4.2015- 31.3.2016 ja kalenterivuodelta 2015. Tulosten perusteella voidaan todeta, että SO<sub>2</sub>:n aiheuttama ympäristönkuormitus on Svanvikissa tällä mittausjaksolla ollut edellistä matalammalla tasolla. Tämä koskee lähes kaikkia tunnuslukuja, sekä korkeimpia pitoisuuksia että keskiarvoja. On kuitenkin huomattava, että edellistä mittauskautta leimasivat kaksi tapahtumaa, jolloin arvot olivat erittäin korkealla. SO<sub>2</sub>:sta johtuva ympäristönkuormitus oli Karpdalenissa korkeampi aikaisempaan mittausjaksoon verrattuna. Tämä koskee kahta poikkeusta lukuun ottamatta kaikkia tunnuslukuja ja sekä kesä- että talvikautta. Poikkeukset ovat korkein 10-minuuttiarvo, jolloin korkein arvo tällä ajanjaksolla oli hieman aikaisempaa ajanjaksoa matalampi ja korkein tuntikeskiarvo lähes sama. 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.

Taulukosta 1 luettavista mittaustuloksista käy ilmi, että Svanvikissa pysyttiin 2015 norjalaisissa raja-arvoissa sekä tuntikeskiarvoissa (keskiarvo tunnin aikana), vuorokausikeskiarvoissa (keskiarvo vuorokauden aikana) että talvikauden ja kalenterivuoden keskiarvoissa. Karpdalenissa tuntikeskiarvon raja-arvo ylitettiin 2015, kun 27 tuntiarvoa ylitti  $350 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ . Sallittu tuntiarvojen ylitys kalenterivuoden aikana on 24 kertaa. Vuonna 2016 tuntikeskiarvo ylittyi jo 38 kertaa 31.3. mennessä. Karpdalenissa on vuorokausikeskiarvon raja-arvo ( $125 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ , kolme sallittua raja-arvon ylitystä kalenterivuoden aikana) lisäksi ylittynyt seitsemän kertaa 31. maaliskuuta 2016 mennessä. Vuoden talvipuoliskon kauden keskiarvo ( $20 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ ) on Karpdalenissa talvella 2015-2016 ylittynyt, kun keskimääräiseksi pitoisuudeksi on mitattu  $29,8 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .

Taulukko 1: Tärkeitä  $\text{SO}_2$ :n tunnuslukuja 1.4.2015 - 31.3.2016 väliseltä mittausajanjaksolta sekä kalenterivuodelta 2015.

Raportointijakso 1.4.2015 - 31.3.2016	Svanvik	Karpdalen
Korkein 10-minuuttiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1119	781
> 500 10-minuuttiarvojen määrä kesällä	12	6
> 500 10-minuuttiarvojen määrä talvella	9	107
Korkein tuntikeskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	524	613
> $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tuntikeskiarvojen määrä kesällä	6	1
> $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tuntikeskiarvojen määrä talvella	4	50
Korkein vuorokausikeskiarvo kesällä $\mu\text{g}/\text{m}^3$	86	81
Korkein vuorokausikeskiarvo talvella $\mu\text{g}/\text{m}^3$	155	429
> $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuorokausikeskiarvojen määrä	1	7
Keskiarvo kesällä $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8,5	6,7
<sup>1)</sup> Keskiarvo talvella $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,9	29,8
<b>Kalenterivuosi 2015</b>		
<sup>2)</sup> > $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tuntikeskiarvojen määrä talvella	8	27
<sup>3)</sup> > $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuorokausikeskiarvojen määrä	0	2
<sup>1)</sup> Vuorokausikeskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,5	11,8

1) Norjassa raja-arvo talvikaudella (1. 10.-31. 3.) ja kalenterivuodelle on  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , joka on asetettu vaikutuksista ekosysteemiin.

2) Norjassa raja-arvo  $\text{SO}_2$ :n tuntikeskiarvolle on  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , joka saa ylittyä 24 kertaa kalenterivuoden aikana.

3) Norjassa raja-arvo  $\text{SO}_2$ :n vuorokausikeskiarvolle on  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , joka saa ylittyä kolme kertaa kalenterivuoden aikana.

Viksjøfjellin passiivisen näytteenoton mittaustulosten keskiarvot olivat korkeita. Kesäkauden 2015 keskiarvo oli noin  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja talvikeskiarvo 2015/16 oli noin  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . On kuitenkin huomattava, että mittaussarjoissa oli joitakin aukkoja, jotka johtuivat logistiikkaongelmista ja siitä, että palat kostuivat ajoittain. Mitattu talvikeskiarvo on edellä mainituista syistä johtuen todellista tasoa alempana. Viksjøfjellin mittausten perusteella  $\text{SO}_2$ -tasoissa ei voida nähdä laskua talvella 2015-2016 Zapoljarnyn päästöjen vähentymisen jälkeenkään.

#### Ilmanlaatu, raskasmetallit

Svanvikin ja Karpdalenin asemilla otetaan näytteitä raskasmetalleista leijumassa/ilmassa, toisin sanoen

viikönäytteet 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 hivenmetalleiden (nikkeli, arseeni, kupari ja koboltti) kohonneita pitoisuuksia. Tavoitearvot (Ni ja As) saavutettiin vuonna 2015 sekä Svanvikissa että Karpdalenissa.

Taulukko 2:

Svanvikin ja Karpdalenin asemilla ilmasta mitatut metallien keskiarvot kesäkaudella 2015, talvikaudella 2015/16 ja kalenterivuonna 2015.

Asema	Ajanjakso	Ni ng/m <sup>3</sup>	As ng/m <sup>3</sup>	Cu ng/m <sup>3</sup>	Co ng/m <sup>3</sup>
Svanvik	Huhti-syyskuu 2015	7,23	1,51	5,43	0,31
	Lokakuu 2015- maaliskuu 2016	10,60	2,05	7,78	0,41
	<sup>1)</sup> Kalenterivuosi 2015	7,81	1,25	5,79	0,31
Karpdalen	Huhti-syyskuu 2015	7,26	1,89	5,97	0,30
	Lokakuu 2015- maaliskuu 2016	10,86	3,90	9,91	0,44
	<sup>1)</sup> Kalenterivuosi 2015	8,44	2,46	7,34	0,33

1) Raskasmetallien tavoitearvot ("target value") ovat vuosikeskiarvoina ilmoitettuina 20 ng/m<sup>3</sup> nikkeliille ja 6 ng/m<sup>3</sup> arseenille (voimassa 1.1.2013 lähtien). Tämä koskee raskasmetallien määrää PM<sub>10</sub>-hiukkasessa.

## Sadannan laatu

Svanvikissa, Karpdalenissa ja Karpbukassa otetaan näytteitä sadeveden laadun analysoimiseksi. Karpbuktan näytteistä analysoidaan pääkomponentit[2], kun taas Svanvikin ja Karpdalenin näytteistä analysoidaan 10 raskasmetallia/elementtiä.

Svanvikin kokonaissadanta oli 398 mm, Karpdalenin 405 mm ja Karpbukin 527 mm. Sadantaa kertyi suunnilleen saman verran kuin edellisellä seurantajaksolla. Svanvikin vuosisadanta on matalin kaikista manner-Norjan ilmanlaatua mittaavista asemista.

Nikkeliä, arseenia, kuparia ja kobolttia pidetään sulattamon hivenmetalleina. Näiden metallien pitoisuuksien suuntaukset ja mallit vaihtelevat. On vaikeaa antaa yhtä tyhjentävää selitystä muutoksille ja vaihtelulle, koska kaikki neljä ainetta ovat lähtöisin samasta lähteestä/prosessista.

Sadannan laskeumat (Ni, As, Cu ja Co) ovat Svanvikissa tavallisesti korkeampia kesällä kuin talvella. Tämä johtuu siitä, että tuulen suunta on kesäisin useimmiten Nikkelistä Svanvikiin päin. Svanvikissa mitattu laskeuma oli kuitenkin tällä mittausjaksolla aikaisempaa matalampi. Metallipitoisuudet sadannassa ovat lisääntyneet huomattavasti vuodesta 2004 verrattuna aikaan ennen vuotta 2004.

## Säähavainnot

Meteorologiset mittaukset Etelä-Varangin kunnassa käsittävät pääasiallisesti tuulen suunnan, tuulen voimakkuuden, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden Svanvikissa ja Karpdalenissa. Tuulen suunta vaihtelee kesäisin Svanvikissa (tuulee kaikista ilmansuunnista). Idästä puhaltava tuuli voi johtaa Nikkelin päästöt

[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 sitä analysoidaan ja siitä raportoidaan tässä yhteydessä. Arseeni on puolestaan puolimetalli, mutta sitäkin analysoidaan ja siitä raportoidaan tässä.

[2] Pääkomponentteina pidetään seuraavia: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>

Svanvikiin (koska Svanvik sijaitsee Nikkelistä länteen). Talvisin tuuli puhaltaa useimmiten etelän suunnasta. Tämän vuoksi Karpdalenin pitoisuudet ovat korkeimmillaan talvisin (koska Karpdalen sijaitsee Nikkelistä ja Zapoljarnysta pohjoiseen).

Korkein Svanvikissa mitattu lämpötila oli 24,6 °C (19.8.2015) ja alin talvella 2015-2016 mitattu lämpötila oli -35,8 °C (7.1.2016). Viime vuosiseurantajakson keskilämpötila oli Svanvikissa 1,8 °C ja Karpdalenissa 1,9 °C. Keskilämpötila on hieman aikaisempaa jaksoa korkeampi.

## 4. Summary

*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 (SO<sub>2</sub>) 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 SO<sub>2</sub> in all of Norway.*

### Emissions

The total emissions of SO<sub>2</sub> from the briquetting facility in Zapolyarny and the smelter in Nikel sum up to around 100 000 tonnes per year. Until December 2015, the emissions added up to about 40 000 tonnes from Zapolyarny and 60 000 tonnes from Nikel, respectively. This is about 5 times larger than the total SO<sub>2</sub>-emissions from all sources in Norway. These emissions contribute to very high SO<sub>2</sub>-concentrations in the Norwegian-Russian border area. The facilities are located close to the border and the emissions enter Norway with eastern and southerly winds. The continual monitoring of SO<sub>2</sub> in relation to wind direction clearly shows that the industries in Zapolyarny and Nikel are the main source of SO<sub>2</sub> in the border areas.

The emissions of SO<sub>2</sub> were even higher in the 1970's/80's. These high emissions were due to use of ore imported from Siberia, with a very high content of sulphur. Since then the emissions and the measured concentrations have been reduced. The reconstruction/upgrade of the briquetting facility in Zapolyarny is now finished (as of December 2015, source Kola GMK) and new production lines are in operation. This upgrade will reduce the emissions from Zapolyarny to about 8 000 tonnes annually, but the emissions from Nikel are expected to increase.

### Measurement Program

NILU has been measuring air pollutants in the border areas since 1974. The measurements in this report are part of the Norway national government program for monitoring air pollution and are also a part of bilateral cooperation between Norway and Russia. This Norwegian-Russian cooperation for environmental monitoring in the border area has been ongoing since 1988. The Norwegian measurement program includes collecting data on meteorological conditions, air quality, and precipitation quality, and the program is financed by the Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratet) in cooperation with the Norwegian Ministry of Climate and Environment (KLD).

During the period April 2015 - March 2016, the measurements on the Norwegian side of the border were taken from the following stations: Svanvik, Karpdalen, Karpbukt, and Viksjøfjell. The Svanvik station (located 8 km west of Nikel) and the Karpdalen station (at Jarfjord, located 15 km east of Kirkenes, and about 30 km north of Nikel) includes continuous measurements of SO<sub>2</sub> using monitor, meteorological conditions, and sampling and analysis of heavy metals in particles and precipitation. In Karpbukt, there is sampling of precipitation for analysis of main components<sup>5</sup> in precipitation. In addition, at Viksjøfjell (at Jarfjordfjellet) SO<sub>2</sub> passive sampling was performed. On the Russian side of the border, the Hydrometeorological Institute in Murmansk measures SO<sub>2</sub> concentrations in Nikel and Zapolyarny, as well as the meteorological conditions in Nikel and Jäniskoski.

### Air Quality - SO<sub>2</sub>

A summary of the measurement results for SO<sub>2</sub> during the period 01 April 2015 - 31 March 2016 and the calendar year 2015 is presented in Table 1. The monitoring results show that the environmental impact from SO<sub>2</sub> pollution was lower at Svanvik during this monitoring period than during the previous period (April 2014 - March 2015). This statement is valid for all parameters, both average values and maximum values. But note

<sup>5</sup> Typical main components are defined as SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>.



that the monitoring results from the previous period were very much influenced by two episodes with very high concentrations. In Karpdalen, the environmental impact from SO<sub>2</sub> pollution was higher than during the previous monitoring period. This statement is valid for all parameters and both summer and winter seasons with two exceptions. These exceptions are "highest 10-minute average value" (maximum lower than previous monitoring period) and "highest hourly average value" (same as previous monitoring period).

The values presented in Table 1 show that the monitoring results for SO<sub>2</sub> at Svanvik are in compliance with Norwegian legislation, both concerning hourly average values, daily average values and seasonal average, and annual average values. In Karpdalen, the threshold value for hourly average is exceeded, there were 27 values over 350 µg/m<sup>3</sup> and maximum number given in the legislation is 24. In 2016, the threshold value for hourly average is already exceeded with 38 exceedances as of 31. March (and still counting). In addition, the threshold value for daily average values is also exceeded in 2016 (7 exceedances as of 31. March and still counting, 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/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, while maximum value given in the legislation is 20 µg/m<sup>3</sup>.

Table 1: Key values for SO<sub>2</sub> measurements taken from 01 April 2015 - 31 March 2016, as well as calendar year 2015.

01 April 2015 - 31 March 2016	Svanvik	Karpdalen
Highest 10 minute average value µg/m <sup>3</sup>	1119	781
# 10 minute average values > 500 µg/m <sup>3</sup> summer	12	6
# 10 minute average values > 500 µg/m <sup>3</sup> winter	9	107
Highest hourly average value µg/m <sup>3</sup>	524	613
# Hourly average values > 350 µg/m <sup>3</sup> summer	6	1
# Hourly average values > 350 µg/m <sup>3</sup> winter	4	50
Highest daily average µg/m <sup>3</sup> summer	86	81
Highest daily average µg/m <sup>3</sup> winter	155	429
# Daily averages > 125 µg/m <sup>3</sup>	1	7
Average value µg/m <sup>3</sup> summer	8.5	6.7
<sup>1)</sup> Average value µg/m <sup>3</sup> winter	7.9	29.8
<b>Calendar year 2015</b>		
<sup>2)</sup> # Hourly average values > 350 µg/m <sup>3</sup>	8	27
<sup>3)</sup> # Daily averages > 125 µg/m <sup>3</sup>	0	2
<sup>1)</sup> Average value µg/m <sup>3</sup>	7.5	11.8

1) The Norwegian limit value for impacts on ecosystems is 20 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> per winter season and per calendar year.

2) The Norwegian limit value for hourly mean SO<sub>2</sub> concentrations is 350 µg/m<sup>3</sup>, and can be exceeded no more than 24 times a year.

3) The Norwegian limit value for daily mean SO<sub>2</sub> concentration is 125 µg/m<sup>3</sup>, and can be exceeded no more than 3 times a year.

Passive sampling measurements taken at Viksjøfjell showed high values. Average value during summer season 2015 was around 17 µg/m<sup>3</sup>, and during winter season 2015/16, the mean concentration was about 34 µg/m<sup>3</sup>. It should be noted that there were periods with no sampling and periods where the samplers were wet. These concentrations then represent an underestimation of the real values. The monitoring results at Viksjøfjell show no decreasing trend compared to previous monitoring periods.

#### Air Quality - metals

From October 2008, NILU began measuring heavy metals in particles/air at Svanvik (Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co, Cr, V and Al<sup>6</sup>). In autumn 2011, sampling of particles/air was initiated in Karpdalen. Both stations now take samples at weekly intervals. The average 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, arsenic, copper and cobalt). The values presented in

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

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.

Table 2: Average values of elements found in air at Svanvik and in Karpdalen during summer season 2015, winter season 2015/2016, as well as calendar year 2015.

Station	From date	To date	Ni ng/m <sup>3</sup>	As ng/m <sup>3</sup>	Cu ng/m <sup>3</sup>	Co ng/m <sup>3</sup>
Svanvik	April 2015	September 2015	7.23	1.51	5.43	0.31
	October 2015	March 2016	10.60	2.05	7.78	0.41
	1) Calendar year 2015		7.77	7.81	1.25	0.31
Karpdalen	April 2015	September 2015	7.26	1.89	5.97	0.30
	October 2015	March 2016	10.86	3.90	9.91	0.44
	1) Calendar year 2015		7.38	8.44	2.46	0.33

1) The target values for metals are 20 ng/m<sup>3</sup> for nickel and 6 ng/m<sup>3</sup> for arsenic in PM<sub>10</sub> given as annual average.

### Precipitation Quality

Precipitation quality is monitored at Svanvik, in Karpdalen and in Karpbukt. Samples from Karpbukt are analyzed for the typical main components, while samples from Svanvik and Karpdalen are analyzed for metals.

Total precipitation during the monitoring period added up to 398 mm at Svanvik, 405 mm in Karpdalen and 527 mm in Karpbukt respectively. This is approximately the same amount in comparison to the previous monitoring period. Svanvik has the lowest annual precipitation amounts in comparison to all of the other air quality monitoring stations in mainland Norway.

Ni, As, Cu and Co are considered trace metals from smelter industry. The trends in concentrations of these four elements have been found to be different. It is difficult to explain these different patterns since they are all trace metals originating 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. During this monitoring period, the deposition of Ni increased compared to previous monitoring periods. Deposition of metals with precipitation has risen from 2004 in comparison to years before 2004.

### Meteorology

The meteorological measurements in South-Varanger mainly include wind direction, wind speed, temperature, and relative humidity at Svanvik and in Karpdalen. During the summer, wind direction at Svanvik is variable. Wind from the east normally gives increased SO<sub>2</sub> concentrations at Svanvik due to the emissions from Nikel. The most frequently occurring wind direction during winter is from the south. This means that Karpdalen experiences the highest concentrations during winter time.

The maximum temperature recorded at Svanvik was 24.7°C (19. August 2015), and the minimum temperature recorded was -35.8°C (7. January 2016). The average temperature for the entire period was 1.8°C at Svanvik and 1.9°C in Karpdalen. This is higher than during the previous monitoring period.

## 5. Innledning

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 videreføres 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 (SO<sub>2</sub>) og tungmetaller. Disse utslippene påvirker luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene.

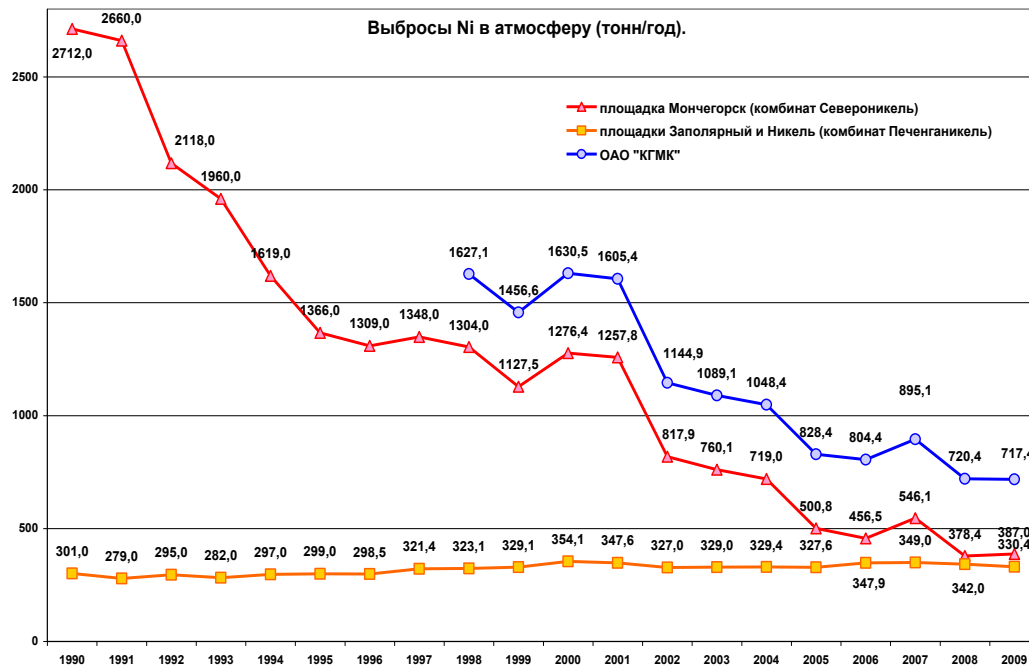
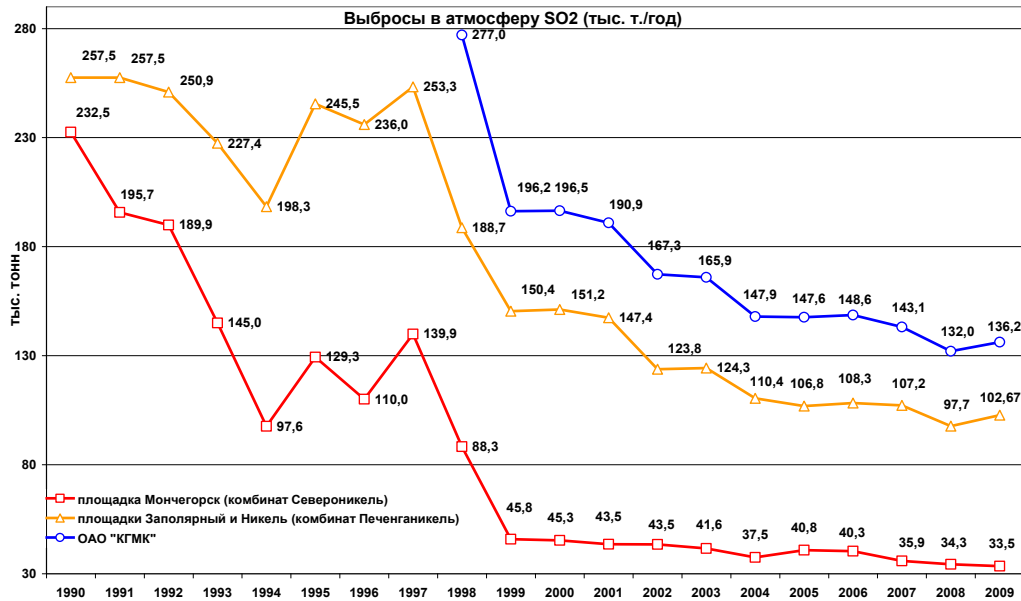
### 5.1 Historikk

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 (ofte forkortet Kola MMC eller Kola GMK), som igjen er en del av Norilsk-Nickelkombinatet.

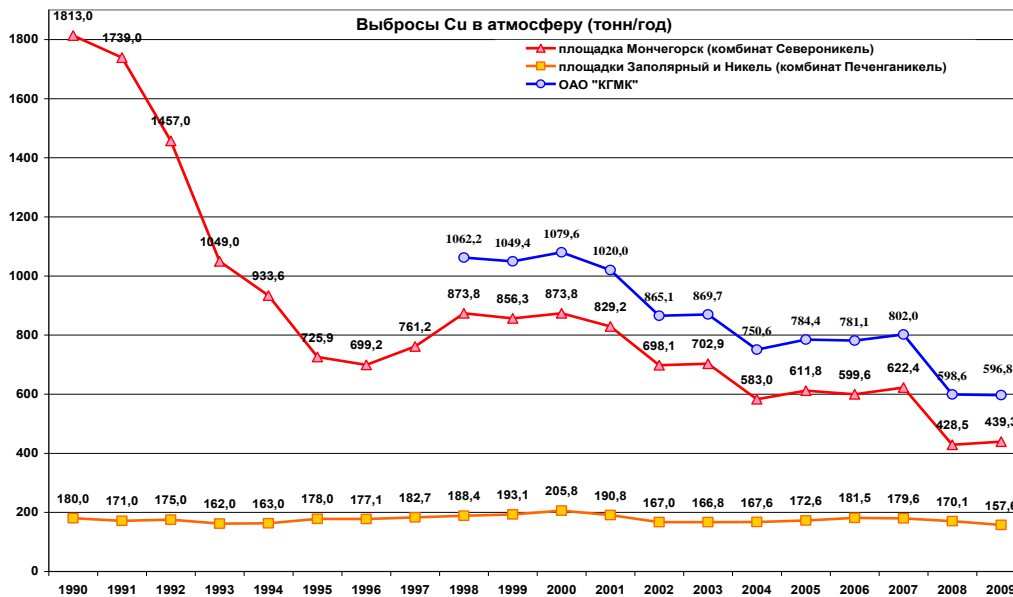
### 5.2 Utslipp

Aktiviteten i grenseområdene består i dag av gruver rundt Zapoljarnij og Nikel<sup>7</sup>. Deretter et anrikningsanlegg i Zapoljarnij hvor malmen knuses, oppkonsentreres og hvor det lages nevestore malmbriketter. Derfor kalles også anlegget i Zapoljarnij for briketteringsanlegg (se bildet på forsiden). Brikettene sendes så til smelteverket i Nikel som produserer nikkelmatte. Nikkelmatte er et mellomprodukt i foredlingen av nikkelmalm og inneholder omlag 40 % nikkel. Deretter sendes nikkelmatten til smelteverket i Monchegorsk som viderefører denne og produserer ren nikkel og andre nikkelrelaterte produkter. Kart (Figur 4) på side 25 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 SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> per år. Fram til desember 2015 var utslippsfordelingen 60'000 tonn fra Nikel og rundt 40'000 tonn fra Zapoljarnij (Figur 1). Totalutslippet er mer enn 5 ganger større enn Norges samlede utslipp. Sent 1970- og tidlig 1980-tallet var de totale utslippene over 400'000 tonn SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> er det også anseelige utslipp av tungmetaller fra anleggene i Nikel og Zapoljarnij. De offisielle rapporterte utslippstallene for 2009 utgjorde til sammen 330 tonn nikkel og 158 tonn kobber (Figur 1).

<sup>7</sup> For videre detaljer, se <http://www.nornik.ru/en/about-norilsk-nickel/operations/kola-mmc/> [URL 23-05-2016]



Figur 1: Utslippstall fra Kola MMC (datterselskap av Norilsk-Nickel): Utslipp av SO<sub>2</sub> (øverst denne side, enhet 1000 tonn/år), Ni (nederst denne side, enhet tonn/år) og Cu (neste side, enhet tonn/år). Orange kurve viser utslipp fra Pechenganikel (Nikel og Zapoljarnij), rød kurve viser Severonikel (verk i Monchegorsk) og blå viser sumner. Takk til Bellona for fremskaffelse av tallene.



Figur 1 forts.

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 produksjonslinje ble satt i drift i desember 2014, og det er nå stadfestet at den siste produksjonslinjen ble satt i drift i desember 2015 <sup>8</sup>.

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 røstes<sup>9</sup> slik de ble tidligere. Dermed vil svovelet forbli i malmen og ikke slippes ut. Utslippene av SO<sub>2</sub> 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 norgesgrensen 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.

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

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



Figur 2: 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.

Bildene i Figur 2, Figur 3 (neste side) og Figur 10 (side 45) viser eksempler på utslipp fra smelteverket i Nikel slik de sees lokalt. I 2008 ble den ene pipen delvis demontert og det er nå to høye og en kortere pipe ved verket.

Angående utslipp vist i Figur 2, Figur 3 og Figur 10, så er  $\text{SO}_2$  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 bilde av røyken fra Nikel i Figur 10 på side 45). Årsaken til variasjonen er ukjent. En stor andel av utslippene er såkalte diffuse utslipp som slippes ut direkte fra selve smeltehallen og 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 smeltehallen.

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 målingene.

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



Figur 3: Smelteverket og Nikel by, sett fra Høyde 96 i Pasvikdalen 19. juni 2008. Pasvikvassdraget og Svanevann skiller Norge og Russland. Nordlig vind bringer utslippene inn mot Nikel by.  $SO_2$ -middelkonsentrasjonen på stasjonen i Nikel by var omlag  $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da bildet ble tatt. Foto: Christoffer Aalerud, Fylkesmannen i Finnmark.

Figur 3 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 fortykning før utslippet når bakken. Resultatet er høye målte bakkekonsentrasjoner i nærområdet. Målte time-konsentrasjoner i Nikel by i perioden da bildet ble tatt var  $1470 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (19. juni 2008 kl. 11-12 norsk tid) og  $1527 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (kl. 12-13, begge målingene fra NILUs stasjon i Nikel). De målte 10-minuttersverdiene var tidvis enda høyere.

Mengden utslipp/røykgass fra smelteverket i Nikel er sterkt varierende på kort tidsskala. Med kun minutters mellomrom kan det variere fra tilnærmet intet utslipp til så å velte røyk ut av pipene/bygningene. Dette skyldes sannsynligvis produksjonsmønsteret. Merk dog at det ikke foreligger detaljerte opplysninger om produksjonen eller produksjonsmetodene.

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

## 5.3 Dagens situasjon

Utslippene fra smelteverkene bidrar til forhøyede konsentrasjoner av svovel dioksid 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. Det er inntil videre også betydelige utslipp fra briketteringsanlegget i Zapoljarnij som ligger lenger øst og utslippene herfra 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 30 og Tabell 32, samt Figur 21 i kap. 10.3). Denne økningen ble også observert i andre, uavhengige måleprogrammer i grenseområdene (eks Garmo et al, 2015).

## 5.4 Miljøeffekter

Miljøovervåkingsdata viser at områdene rundt Pasvikelva og Jarfjord i Sør-Varanger kommune i Øst-Finnmark har størst påvirkning av forsurende SO<sub>2</sub> og skadelige tungmetaller i hele Norge (www.miljostatus.no), og innhold av tungmetallene kobber (Cu) og nikkel (Ni) i moser er blant de høyeste i Europa (AMAP 2005, Harmens et al., 2015). Overvåking av effektene i regionen fra disse utslippene har vært en viktig del av miljøarbeidet helt siden 1980-tallet; både i form av nasjonale overvåkingsprogrammer i Norge, Finland og Russland, men også som et samarbeid mellom de tre landene. Det trilaterale Pasvikprogrammet (Fylkesmannen i Finnmark 2008) bidro til økt kunnskap på 2000-tallet, og enkeltprosjekter har siden bidratt med kunnskap på viktige områder. For luft er det permanente systemer for miljøovervåking (bl.a. herværende prosjekt), samt at det bl.a. er overvåking av vannkvalitet på Jarfjordfjellet (Garmo et al., 2015).

Gjennom det trilaterale prosjektet TEC (Trilateral cooperation on Environmental Challenges in the Joint Border Area) har det de siste årene blitt gjennomført en god del nye undersøkelser både når det gjelder miljøtilstanden og matsikkerhet i grenseområdet (Ylikörkkö et al., 2015). Dette prosjektet har hatt flere ulike deler og blant annet gjort innledende undersøkelser av mulige kombinerte effekter av klimaendringer og forurensning. Alger, plankton og fisk er blitt undersøkt videre ut fra tidligere studier, og her finnes et godt grunnlag for å evaluere forandringer i vannkvalitet på grunn av forurensning, innføring av nye arter, klimaendringer osv. Fortsatt ses de sterkeste effektene av forurensning i den russiske innsjøen Kuetsjärvi ved byen Nikel. Men innføring av fremmede arter som for eksempel lagesild til Pasvikelva, og vassdragsreguleringen med sju kraftverk og tilhørende dammer, spiller også stor rolle på vann-økosystemenes funksjon og tilstand.

Mest åpenbar effekt, direkte fra de svære forsurende nedfallene av svoveldioksid i 1970- og 80 tallene, er den ødeleggelse av vegetasjon og landskap som fortsatt er utbredt mellom byene Nikel og Zapoljarnij. Fjernanalyse viser at arealer med reinlav-hei på disse følsomme subarktiske alpine tundraområdene ble tydelig redusert og områder med ødelagt landskap økte betydelig i areal fra 1973 til 1999, spesielt åpenbart mellom 1973 og 1985 (Tømmervik, Høgda og Solheim 2003). I områdene som er hardest forurenset er vegetasjonen forsvunnet, med tilhørende store erosjonsproblemer.

I samme periode ble det også observert direkte påvirkning fra svovelnedfall på vegetasjon i Norge i områdene nær den russiske metallindustrien, men i betydelig mindre omfang enn i Russland (Fylkesmannen i Finnmark 2008, Myking et al., 2009). I de ødelagte landområdene i Russland kan man nå, når svovelutslippene er gått ned, finne tegn som tyder på at enkelte pionerarter av mose og lav er i ferd med å etablere seg igjen (Fylkesmannen i Finnmark 2008). Revegeteringsprosjekter i områdene ved Nikel har hatt noe fremgang, selv om mye gjenstår.

Ferskvannssystemer og landbaserte (terrestriske) økosystemer på norsk side av grensen ser derimot ut til å ha klart seg relativt godt trass i utslippene fra smelteverkene i nordvestre Russland. Dette gjelder spesielt effekter av forsurende SO<sub>2</sub>. Viktige årsaker er at de mest nærliggende områdene i Norge i Pasvik, vest for Nikel, er forskånet for den verste eksponering av SO<sub>2</sub> da fremherskende vindretning er fra sør i dette området. En annen viktig grunn er stor pH-bufrende evne i berggrunnen i området ved Svanvik, og i tillegg at utslippene fra anleggene inneholder støv med pH-bufrende evner. Jarfjordområdet, som ligger nord for Nikel og Zapoljarnij er mer utsatt for nedfall av luftforurensning, og granittberggrunnen her er mer følsom for forsuring. Her har imidlertid minkende forsurende nedfall de seneste tiårene resultert i økende pH-verdier og mindre forsuring (Fylkesmannen i Finnmark, 2008, Garmo, Scancke og Høgåsen 2015, Puro-Tahvanainen et al., 2011).

Når det gjelder tungmetaller er det tre måleprogrammer på norsk side som alle viser samme trend med økning i tungmetaller, spesielt for Cu og Ni, i grenseområdene mellom Norge og Russland de siste ti årene. Det er programmet for overvåking av norske innsjøer (Garmo et al., 2015), programmet for innsamling og analyse av mose hvert 5. år (Steinnes, Berg og Uggerud 2011a, Steinnes et al., 2011b) og herværende program. I tillegg så avslører analyse av tungmetaller i ulike lag ned i sediment-prøver fra opptil 45 innsjøer økt nedfall i nåtid, sammenliknet med for-industriell tid, og med størst avsetning det siste årtiene (2001-2010) (Dauvalter og Rognerud 2001, Rognerud et al., 2013, Ylikörkkö et al., 2015). Avsetning av Ni og Cu, men også kobolt (Co), arsen (As), kadmium (Cd), bly (Pb) og kvikksølv (Hg) er betydelig høyere nærmere metallindustrien og spesielt utsatte er områdene nord-nordøst for verkene.



Det er også funnet forhøyede verdier av tungmetaller i fisk i området. Fisken i Pasvik-vassdraget er stort sett frisk, men verdiene i fisk i en del sjøer på russisk side nær smelteverket i Nikel viser store mengder tungmetaller (Vannregionmyndigheten Finnmark 2009, Ylikörkkö et al., 2015), og miljøgifter. Spesielt gjelder dette innsjøen Kuetsjärvi ved byen Nikel, som i tillegg til utslipp til luft også er resipient for avløpsvann fra smelteverket og byen Nikel. Forhøyede verdier av kvikksølv og organiske miljøgifter (som DDT og PCB) er funnet i Kuetsjärvi ved Nikel og nedstrøms i Pasvikelva ved Skrukkebukta. Disse forbindelsene kan sannsynligvis også ha andre kilder enn metallindustrien, dette bør undersøkes videre.

Jarfjordområdet er betydelig eksponert for forurensning. Innsjøer her, nærmest forurensningskildene, har de høyeste nivåene av tungmetaller og miljøgifter. En del av disse innsjøene er også påvirket av lang-transportert kvikksølv, og av dioksiner fra gamle utslipp fra AS Syd-Varanger i Kirkenes. På tross av dette så viser de seneste undersøkelsene at den økologiske tilstanden til de undersøkte innsjøene kan betraktes som moderat god til god (G. Christensen, pers. komm.) (Ylikörkkö et al., 2015).

Moser er ekstremt følsomme indikatorer på nedfall da de tar opp stort sett all næring fra nedbør. Undersøkte moser i regionen hadde samtlige høye konsentrasjoner av Cu og Ni, men de på lokaliteter i Russland (5-7 km fra smelteverket i Nikel), hadde høyere nivåer enn de i Norge (8-12 km) og betydelig høyere enn de i Finland (40-80 km) (Rautio og Poikolainen 2014). Nivåene av tungmetaller i moser var omtrent de samme i 2011 som i 2004, men nivåene i 2011 lå noe høyere på lokaliteter aller nærmest smelteverket. Dette var også gyldig for nåler på furutrær i noen tilfeller. Dette studiet viste at mesteparten av tungmetallene avsettes mindre enn 15 km fra smelteverket i Nikel. Svovelkonsentrasjoner i nåler på furutrær var høyest i noen av lokalitetene nærmest Nikel og verdiene generelt omtrent de samme 2011 som 2014.

Prøvetaking av jord viser at nivåene av Cu og Ni er høye i Pasvik med en tendens til økning de senere år. Pb (bly) og Hg (kvikksølv) forekommer i høye konsentrasjoner i jord nær Kirkenes, hvilket antyder lokale kilder til disse (Jensen et al., 2013). Det er lave konsentrasjoner av tungmetaller i grunnvannet på Svanvik (Jæger og Frengstad 2015). Utslippene av tungmetaller har økt den siste tiden. Dette kan gi opphopning av tungmetaller i biomasse, som med tiden, og i kombinasjon med for eksempel klimaendringer, kan lede til forandringer av prosesser og omsetning i økosystemene.

Utslippene til luft fra smelteverkene har hatt omfattende følger for fugler og små pattedyr med risiko for nedsatt helse og reduserte reproduksjonsevner. Konsentrasjonene av tungmetaller i svarthvite fluesnappere er høyere i nærheten av smelteverkene enn i mindre forurensete områder og formeringsevnen har avtatt i disse områdene. Antallet gråsidemus, rødmus og vanlig spissmus er lavere 7 kilometer fra Nikel enn 13 kilometer unna byen. Bestanden av gråsidemus er rundt fem ganger så stor som rødmus-bestanden i forurensete områder mens rødmusa vanligvis er mer utbredt (Fylkesmannen i Finnmark, 2008).

Det er gjort en del undersøkelser vedrørende matsikkerhet og helse i grenseregionen gjennom det trilaterale TEC-prosjektet (Ylikörkkö et al., 2015). Foreløpige resultater viser forhøyede nivåer av tungmetaller i bær og sopp, spesielt i nærheten av smelteverket, og forhøyede nivåer av kvikksølv i ferskvannsfisk i flere av de undersøkte innsjøene. Derimot er nivåer av metaller i elg og rein lave mens det er funnet forhøyede nivåer av dioksiner i reinkjøtt (T. Sandanger, pers. komm.). Her vil pågående og kommende undersøkelser være svært viktige for videre informasjon.

## 6. Måleprogram og grenseverdier

### 6.1 Måleprogram

På norsk side startet målinger av SO<sub>2</sub> i Kirkenes og på Svanvik i 1974. I 1978 ble målingene utvidet med to nye stasjoner, Holmfoss og Jarfjordbotn (se kart i Figur 4). I 1986 ble stasjonen i Jarfjordbotn flyttet til Karpdalen. Under den såkalte basisundersøkelsen i 1988 ble målenettet ytterligere utvidet med stasjoner på Viksjøfjell, Noatun og Kobbfoss. De første årene ble målingene utført ved hjelp av en prøvetaker kalt "kommunekasse" der SO<sub>2</sub> 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](http://www.luftkvalitet.info)).

På russisk side ble det satt i gang norske SO<sub>2</sub>-målinger på tre russiske stasjoner; SOV1, SOV2 (Maajärvi<sup>10</sup>) og SOV3 i 1990. I 1991 ble det opprettet en norsk stasjon i Nikel by som målte SO<sub>2</sub>.

Utover 1990-årene ble de fleste stasjonene nedlagt pga. reduserte bevilgninger. I rapporteringsperioden 2015/2016 måles SO<sub>2</sub> i luft og meteorologi på Svanvik, samt tungmetaller i luft og tungmetaller i nedbør. 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. Stasjonen i Karpdalen er fullt operativ og måler SO<sub>2</sub> og meteorologi, samt tungmetaller i luft og nedbør. Fra juli 2009 gjøres det målinger med passive SO<sub>2</sub>-prøvetakere på Viksjøfjell. Disse resultatene rapporteres også her. Stasjonen i Karpbukta har prøvetaking for analyse av hovedkomponenter i nedbør.

Fram til august 2008 hadde NILU en stasjon i Nikel by som målte SO<sub>2</sub> (instrument finansiert av det norske Miljøverndepartementet). Denne ble da stengt av russiske myndigheter pga. manglende formelle tillatelser. HydroMet i Murmansk gjør i dag egne målinger av SO<sub>2</sub> i bl.a. Nikel og Zapoljarnij. Resultatene fra disse målingene er offentlig tilgjengelige<sup>11</sup>. Samarbeidet mellom Russland og Norge om miljøovervåkingen er bedret de siste årene og den norsk-russiske ekspertgruppen for luft møtes jevnlig for å utveksle data og informasjon.

Den norsk-russiske ekspertgruppen for luft har utarbeidet en felles rapport om luftkvaliteten i grenseområdene (publisert i mars 2015<sup>12</sup>). Rapporten gir en god oversikt over norske og russiske grenseverdier for luftkvalitet, måle- og analysemetoder, samt måleprogram og -resultater på norsk og russisk side. Rapporten ble laget etter initiativ fra den felles norsk-russiske miljøkommisjon.

Finland har også egne målestasjoner som måler konsentrasjoner av SO<sub>2</sub>. I finsk Lappland er det nå to stasjoner med SO<sub>2</sub>-målinger, Muonio og Enare. Måleresultatene legges fortløpende ut på internett på samme måte som i Norge<sup>13</sup> (se også referanseliste kap.12.1 for utfyllende adresser).

I 2008 og 2011 ble måleprogrammet utvidet til også å omfatte tungmetaller i luft hhv. på Svanvik og i Karpdalen. Sommeren 2013 ble det igangsatt prøvetaking og analyse av tungmetaller i nedbør i Karpdalen.

Filtrene som brukes til partikkelprøvetaking er veid før og etter eksponering. På denne måten kan man beregne avsatt støv og få konsentrasjon av svevestøv i luft på Svanvik og i Karpdalen.

<sup>10</sup> "järvi" er finsk og betyr innsjø, den tilsvarende samiske betegnelsen er "jav'ri". Järvi og jav'ri brukes tidvis omhverandre i stedsnavn i grenseområdene.

<sup>11</sup> [http://www.kolgimet.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=54&Itemid=239](http://www.kolgimet.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=239) [URL 01-05-14]

<sup>12</sup> Nedlastbar fra: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2015/Januar1/Russian-Norwegian-ambient-air-monitoring-in-the-border-areas/> [URL 24-05-2016]

<sup>13</sup> <http://www.ilmanlaatu.fi/ilmanynt/nytilmanynt.php> [URL 24-05-2016]



Figur 4: Målestasjoner for luftkvalitet, nedbørskvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene mellom Norge og Russland i perioden april 2015-mars 2016. Data fra de norske stasjonene rapporteres og analyseres i denne studien.

### Målestasjon Svanvik

NILU har målt luftkvaliteten på Svanvik siden 1974. Målestasjonen er vist i Figur 5. Svanvik er en viktig målestasjon, ikke bare for dette måleprogrammet, men også for Strålevernet, NIBIO/LMT, NVE <sup>14</sup> m.fl. Dette gjenspeiles av alle de ulike instrumentene som er utplassert. Svanvik ligger 8,5 km vest for Nickel og pipene ved smelteverket og røyken kan sees fra Svanvik (se Figur 10).



Figur 5: NILUs målestasjon på Svanvik. Den ligger ute på jordet ved Svanhovd miljøsenner (NIBIO). Merk inntak for støvmålinger på taket til venstre og inntak for SO<sub>2</sub>-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.

### Målestasjon Karpdalen

Stasjonen i Karpdalen gjenåpnet 16. oktober 2008. Stasjonen ble nedlagt i 1992 (døgnprøver til 1994) og var ute av drift i 14 år før gjenåpningen. 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. Bilde av stasjonen er vist i Figur 6.

<sup>14</sup> Strålevernet: engelsk nrpa, Norwegian Radiation Protection Authority. LMT: Landbruksmeteorologisk tjeneste (NIBIO AgroMetBase). NVE: Norges Vassdrags- og Energidirektorat.



Figur 6: Målestasjonen i Karpdalen sett fra sør-øst. Stasjonen er plassert ute på et myrete jorde, samme sted som i 1986-94. 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<sub>2</sub>, mast til høyre er meteorologiinstrumenter. 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.

## 6.2 Målinger april 2015 – mars 2016

Måleprogrammet for luft- og nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i perioden april 2015 - mars 2016 er vist i Tabell 3 og Tabell 4. Plasseringen av målestasjonene er vist i Figur 4.

Tabell 3: Måleprogram for luftkvalitet i grenseområdene i perioden april 2015 - mars 2016.

Stasjon	SO <sub>2</sub> (timeverdier)	SO <sub>2</sub> (14 dagers middel)	Tungmetaller (Syv dagers middel)
Svanvik	x		x
Karpdalen	x		x
Viksjøfjell		x	

Tabell 4: Måleprogram for nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i perioden april 2015 - mars 2016.

Stasjon	Nedbørkvalitet (ukeverdier)	Meteorologiske forhold (timeverdier)				
		Vindretning	Vindhastighet	Temperatur	Relativ fuktighet	Lufttrykk
Svanvik	x <sup>1)</sup>	x	x	x	x	x
Karpdalen	X <sup>1)</sup>	x	x	x	x	x
Karpbukt	x <sup>2)</sup>					

1) Tungmetaller i nedbør.

2) Hovedkomponenter i nedbør.

På Svanvik og i Karpdalen måles SO<sub>2</sub> 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](http://www.luftkvalitet.info)). Disse dataene er ikke endelig kvalitetskontrollerte. Ved hvert månedsskifte gjennomgår dataene en grundig kvalitetssjekk (SO<sub>2</sub> og meteorologi) og de skaleres for å kompensere for drift i instrumentet (SO<sub>2</sub>). Deretter legges de over i NILUs databaser. SO<sub>2</sub>-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 Viksjøfjell måles SO<sub>2</sub> 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 analyser gir gjennomsnittlig konsentrasjon for denne perioden.

På Svanvik og i Karpdalen tas det også filterprøver av tungmetaller i luft/svevestøv (PM<sub>10</sub>) for de ti metallene Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co, Cr, V og Al<sup>15</sup> (dog er As strengt tatt et halvmetall/metalloid). Filtrene skiftes av lokale stasjonsholdere og sendes NILU for analyse. Fra høsten 2011 ble også prøvetakingsfrekvensen endret slik at det nå tas ukeprøver hvor alle filtre analyseres. Siden grenseverdiene for tungmetaller i luft er satt for årsmiddel i PM<sub>10</sub> er det mest relevant og anvendelig å ta ukeprøver som i sum utgjør kontinuerlige målinger. Tidligere ble det tatt døgnprøver og kun de mest eksponerte filtrene ble analysert. Dette ga maksimumskonsentrasjon/ maksimal belastning, men ikke middel-konsentrasjon.

I Karpbukt, på Svanvik og i Karpdalen tas det ukeprøver av nedbør. Prøvene fra Karpbukt analyseres med hensyn på nedbørmengde, ledningsevne, pH og hovedkomponentene SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Na, Mg, Cl, Ca og K, 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 2015 (Nizzetto og Aas, 2016, Aas et al., 2016).

På Svanvik måles vindhastighet, vindretning, temperatur og relativ fuktighet og lufttrykk 10 m over bakken (Vaisala WTX-520 fra 19. september 2013), før dette var det et Aanderaa-instrument som også målte temperaturdifferansen mellom 10 m og 2 m ( $\Delta T$ ) som er et mål for atmosfærisk stabilitet (vertikal blanding). Instrumentene på Svanvik er plassert i 10 m høyde for å få målinger som er upåvirket av bygninger (målebua) og eksempelvis trær. I Karpdalen brukes en Vaisala WTX-520 værstasjon 4 m over bakken som måler vindhastighet, vindretning, temperatur, relativ fuktighet samt lufttrykk.

Landbruksmeteorologisk datatjeneste (NIBIO) har også en værstasjon på Svanvik som måler vind og temperatur i 10 m. Data fra denne legges ut på yr.no. Meteorologisk institutt har værstasjon ved Kirkenes lufthavn (Høybukta). Her måles 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 B).

Svanvik er også en av 33 stasjoner som er med i et landsdekkende varslingsnettverk som kontinuerlig måler radioaktivitet i omgivelsene, radnett<sup>16</sup>. 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., 2014). I tillegg har Svanvik en av fem luftfilterstasjoner som er en del av Statens stråleverns nettverk for overvåknings- og varslingsystem for radioaktivitet i luft (også Møller et al., 2014). Filtrene herfra byttes ukentlig.

EU-direktivet 2008/50/EC krever måledata minst 90% av tiden hvert år for de stasjonene som skal innrapportere SO<sub>2</sub> måledata til EU. Dette kravet er oppfylt på de norske stasjonene (Svanvik og Karpdalen) og ble stort sett oppfylt i Nikel da denne var i drift. Russland er ikke underlagt EUs regelverk og rapporteringsplikt. De norske grenseverdiene er de samme som EUs grenseverdier og representerer et godt mål for hvilke konsentrasjoner og belastninger som vurderes som skadelige for miljø og helse.

<sup>15</sup> Pb: bly, Cd: kadmium, Zn: sink, Ni: nikkel, As: arsen, Cu: kobber, Co: kobolt, Cr: krom, V: vanadium, Al: aluminium.

<sup>16</sup> For mer informasjon, se <http://radnett.nrpa.no> [URL 08-06-2015]

## 6.3 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 målsettingsverdier er et minstekrav til luftkvalitet i Norge og at overskridelser av grense- og målsettingsverdiene utløser krav om avbøtende tiltak for å bedre luftkvaliteten. Denne forskriften er fra 1.7.2004 en del av "Forskrift om begrensning av forurensning" (forurensningsforskriften<sup>17</sup>). 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 målsettingsverdiene. 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.
- *målsettingsverdi*: et nivå med samme hensikt som grenseverdiene. Overskridelser utløser krav om tiltak hos anleggseier så lenge kostnadene ikke er uforholdsmessig høye.
- *alarmterskel*<sup>18</sup>: 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 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 5 gir grenseverdier, alarmterskel, vurderingsterskler for SO<sub>2</sub> 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 luftkvalitetskriterier<sup>19</sup> gitt. Dette er helsemessige betraktninger av hvilke konsentrasjoner som gir et minimum av helseeffekter i befolkningen og har ingen forvaltningsmessig status.

Tabell 6 gir grenseverdi for PM<sub>10</sub> i luft (PM<sub>10</sub>: partikler med diameter mindre enn 10 µm).

Tabell 7 gir målsettingsverdier, vurderingsterskler og luftkvalitetskriterier for nikkel, arsen og kadmium i luft for beskyttelse av helse. Konsentrasjonene beregnes ut fra totalt innhold av PM<sub>10</sub>-fraksjonen. Målsettingsverdiene trådte i kraft i 2013.

Som tidligere nevnt krever EU-direktivet 2008/50/EF måledata minst 90% av tiden hvert år for de stasjonene som skal innrapportere SO<sub>2</sub> måledata til EU. Når det gjelder målinger av tungmetaller krever EU-direktivet 2004/107/EF 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 målsettingsverdier 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/EF). Senest to år etter utgangen av det året

<sup>17</sup> FOR 2004-06-01 nr 931: <http://www.lovdata.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#7-6> [URL 08-06-2015]

<sup>18</sup> Se forurensningsforskriftens kap 7, § 7-10 Alarmterskler.

<sup>19</sup> <http://www.fhi.no/dokumenter/5f190bc3fa.pdf> [URL 08-06-2015]

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.

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 allikevel brukt som sammenligningsgrunnlag i denne rapporten. Disse verdiene representerer konsentrasjoner og avsetninger med ulike grader av effekter på miljø og helse.

Tabell 5: Grenseverdier, alarmterskel, vurderingsterskler og luftkvalitetskriterier for SO<sub>2</sub> for beskyttelse av helse og økosystemer<sup>20</sup>.

Type grenseverdi	Virkning på	Gjelder innen	Femten minuttersverdi (µg/m <sup>3</sup> )	Timemiddelverdi (µg/m <sup>3</sup> )	Døgnmiddelverdi (µg/m <sup>3</sup> )	Oktobermars (µg/m <sup>3</sup> )	Kalenderår (µg/m <sup>3</sup> )	Antall tillatte overskridelser i kalenderåret	Grenseverdien gjeldende fra	
Grenseverdi	Helse	EU / EØS		350				24	01.01.2005	
Alarmterskel				500 <sup>1)</sup>						
Grenseverdi								125		3
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

<sup>1)</sup> Helsefare ved eksponering i minst 3 påfølgende timer.

<sup>20</sup> µg betegner mikrogram, dvs. 1/1'000'000 gram ("million'te dels") gram.



Tabell 6: Grenseverdier av PM<sub>10</sub> for beskyttelse av menneskets helse som gjelder for Norge og EU. <sup>1)</sup>

Komponent		Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien	Dato for oppnåelse av grenseverdi
Svevestøv PM <sub>10</sub>					
1.	Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse.	1 døgn (fast)	50 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 35 ganger pr. år.	1. januar 2005
2.	Årsgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse.	Kalenderår	40 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>		1. januar 2005

<sup>1)</sup> Det kan også opplyses om at miljømyndighetene skjerpet grenseverdien for PM<sub>10</sub> fra og med 1. januar 2016. De nye særnorske grenseverdiene stiller krav om maksimalt 30 overskridelser pr år for døgnverdi og 25 µg/m<sup>3</sup> for årsmiddel.

Tabell 7: Målsetningsverdier, vurderingsterskler og luftkvalitetskriterier for arsen, kadmium og nikkel for beskyttelse av helse<sup>21</sup>.

Type grenseverdi		Virkning på	Gjelder innen	Kalenderår (ng/m <sup>3</sup> )	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	

Verdens helseorganisasjon (WHO) utarbeider også retningslinjer (Air quality guideline) for nivåer av luftforurensning. Disse kan sammenliknes med de norske luftkvalitetskriteriene. WHO's grense for SO<sub>2</sub> korttidsmiddel er 500 µg/m<sup>3</sup> som gjennomsnitt over 10 minutter. Dette tilsvarer i praksis WHO's tidligere retningslinje på 350 µg/m<sup>3</sup> som timemiddelverdi. WHO anbefaler døgnmiddelkonsentrasjoner under 20 µg/m<sup>3</sup>, som tilsvarer de norske luftkvalitetskriteriene.

Russiske grenseverdier er utførlig presentert i fellesrapporten fra ekspertgruppen (Mokrotovarova et al., 2015). Russland opererer med begrepet MAC («Maximum Allowable Concentration»). For korttidsmidler (i praksis 20-minutter) er grensen 500 µg/m<sup>3</sup> for SO<sub>2</sub>. For døgnmiddel og årsmiddel er MAC 50 µg/m<sup>3</sup>.

For tungmetaller i vann er tålegrense for nikkel i nedbør beregnet til 4-6 mg/(m<sup>2</sup> år) for Øst-Finnmark (gitt som avsetning). Dette gjelder med tanke på drikkevann (Reinds et al., 2006).

<sup>21</sup> ng betegner nanogram, dvs. 1/1'000'000'000 ("milliard'te dels") gram.

## 7. Måleresultater meteorologi

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 9 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 4. 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.

Målinger fra Landbruksmeteorologisk tjeneste (LMT) på Svanvik (stasjon Pasvik), Kirkenes Lufthavn Høybuktknoen og Nyrud benyttes for å kvalitetssikre og sammenligne målingene av temperatur og relativ fuktighet. Resultater fra alle disse tre stasjonene legges løpende ut på [www.yr.no](http://www.yr.no).

Svanvik og Karpdalen har samme instrumentering, dvs Vaisala WTX-520. Instrumentet er plassert i 10 m på Svanvik og 4 m i Karpdalen. Tidligere var det et Aanderaa-instrument på Svanvik, men det ble faset ut 19. september 2013. Vaisala måler ikke stabilitet ( $\Delta T$ ) slik Aanderaa gjorde, se kap 7.4 for diskusjon.

Tabell 8 viser datadekningen for de meteorologiske målingene på Svanvik og i Karpdalen. 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, nærmere bestemt vindretning og -styrke. 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, 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  $SO_2$ -konsentrasjoner for vinteren 2015/16 er derfor dataserien for LMTs instrument brukt. I mars ble NILUs instrumentet byttet igjen og fra 1. april 2016 fungerer instrumentet tilfredsstillende (dvs neste måleperiode).

Forskjell i datadekning mellom vindhastighet og vindretning skyldes vindstille forhold. I praksis er det vindretningsdata for alle timer med data for vindhastighet.

Tabell 8: Datadekning i prosent av tiden for de meteorologiske målingene på Svanvik og i Karpdalen i periodene april-september 2015 og oktober 2015-mars 2016. Merk den lave datadekningen vinteren 2015/16 for vind på Svanvik.

Stasjon	Måned	Vind- hastighet 1	Vind- Retning 1	Tempe- ratur	Rel. fuktighet	Trykk	Nedbør 2 («indikator»)
Svanvik	April 2015	100,0	100,0	100	100,0	100,0	100
	Mai	100,0	100,0	100	100,0	100,0	100
	Juni	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,86
	Juli	100,0	100,0	100	100,0	100,0	100
	August	98,7	98,7	99,1	99,1	99,1	99,06
	September	99,4	99,4	100	100,0	100,0	100
	Apr. - sept.2015	99,7	99,7	99,8	99,8	99,8	99,8
	Oktober 2015	84,3	84,3	100,0	100,0	100,0	100,0
	November	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Desember	72,2	72,2	100,0	100,0	100,0	100,0
	Januar 2016	23,4	23,4	100,0	100,0	100,0	100,0
	Februar	69,8	69,8	100,0	100,0	100,0	100,0
	Mars	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Okt.2015 - mar.2016	74,9	74,9	100,0	100,0	100,0	100,0
Stasjon	Måned	Vind- hastighet	Vind- retning	Tempe- ratur	Rel. fuktighet	Trykk	Nedbør 1, 2
Karpdalen	April 2015	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Mai	98,4	98,4	100,0	100,0	100,0	100,0
	Juni	99,7	99,7	99,7	99,7	99,7	99,7
	Juli	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5
	August	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
	September	100,0	100,0	77,1	100,0	100,0	100,0
	Apr. - sept.2015	99,6	99,6	96,1	99,8	99,8	99,8
	Oktober 2015	91,3	91,3	83,9	88,4	100,0	100,0
	November	99,7	99,2	44,6	44,4	99,9	99,9
	Desember	90,7	90,7	48,0	75,3	100,0	100,0
	Januar 2016	93,8	93,8	86,0	100,0	100,0	100,0
	Februar	75,9	75,9	44,7	81,2	99,7	99,7
	Mars	100,0	100,0	95,7	100,0	100,0	100,0
	Okt.2015 - mar.2016	91,9	91,9	67,5	81,8	99,9	99,9

1) Merk den lave datadekningen vinteren 2015/16 for vind på Svanvik. Se tekst for forklaring.

2) Vaisala nedbørmåler består av en «tromme» som registrerer nedbør som faller og treffer. Erfaringsmessig er mengde nedbør underrapportert, spesielt om vinteren, men målingene indikerer når det har vært nedbør. Dataene strykes i kvalitetskontrollen hvis nedbørmengde vurderes som gal. På bakgrunn av dette ble det innført en ny komponent, «precipitation indicator». Både Svanvik og Karpdalen har prøvetaking for tungmetaller i nedbør og mengde nedbør kan beregnes utfra disse.

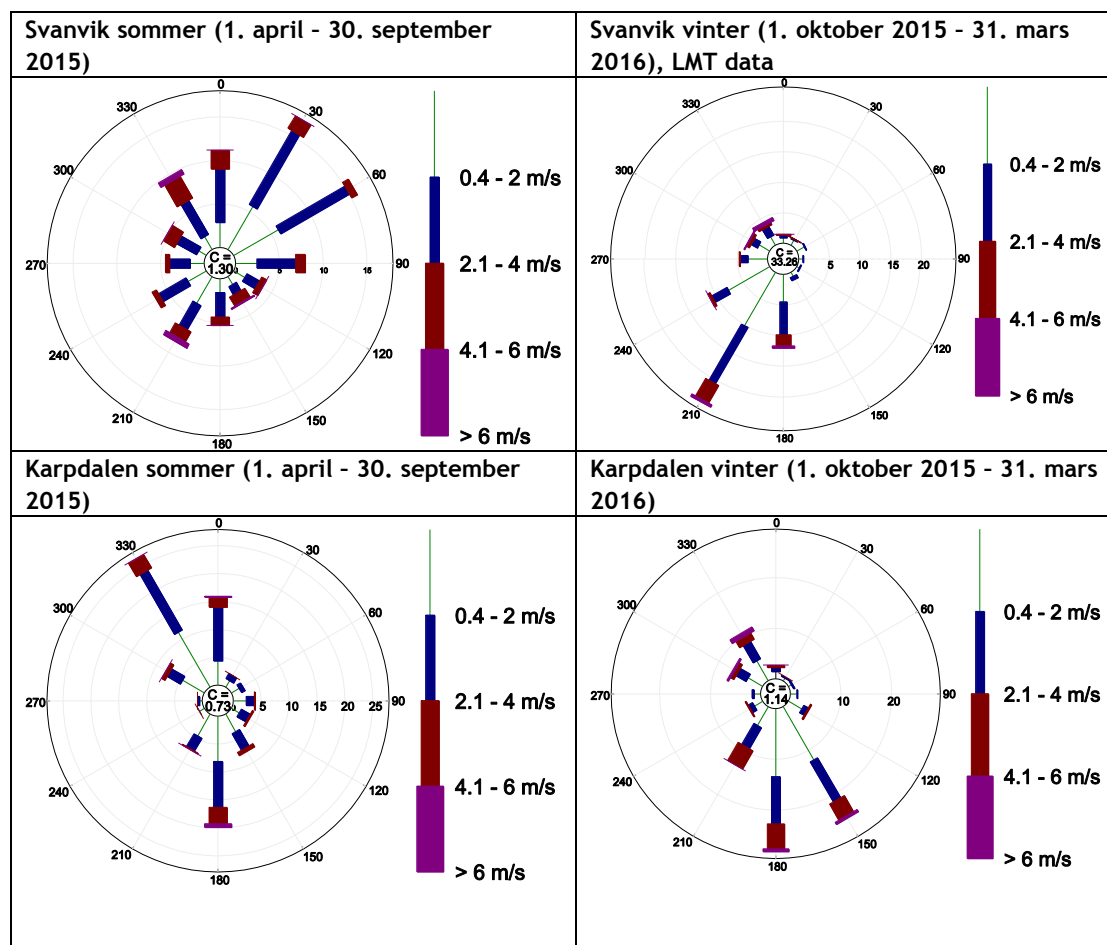
## 7.1 Vindmålinger

Figur 7 viser vindrosen for periodene april-september 2015 og oktober 2015-mars 2016 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. Med vindstille menes her at gjennomsnittlig vindhastighet har vært mindre enn 0,4 m/s. Se også vedlegg A for oversikt over vindhastigheter og -retninger.

Om sommeren «blåser det fra alle kanter» på Svanvik. Vindretningsfordelingen på Svanvik sommeren 2015 liknet i hovedtrekk på fordelingen fra sommeren før (2014). Forekomsten av vind fra østlig kant var omtrent som sommeren 2014. Smelteverket ligger øst-sørøst for Svanvik (se Figur 4) 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.

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 (Figur 6).



Figur 7: Vindroser fra Svanvik og Karpdalen for periodene april-september 2015 og oktober 2015 - mars 2016 (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.

Tabell 9 gir andel vindstille, midlere vindhastighet, hyppigheten av vind over 6 m/s, maksimal timemiddel vindhastighet månedvis og totalt for sommerhalvåret 2015 og vinterhalvåret 2015/16 for Svanvik og Karpdalen. Høyeste timemiddelvind på Svanvik ble målt 15. mars 2016 (11,2 m/s). Dette er noe svakere vind enn foregående måleperiode. Andel vindstille på Svanvik og i Karpdalen i perioden er omlag som foregående periode.

Tabell 9: Statistikk over vindhastighet på Svanvik og i Karpdalen i periodene april - september 2015 og oktober 2015-mars 2016 (m/s). Data for LMTs instrument for oktober 2015-mars 2016 er også vist.

Stasjon	Måned	Andel vindstille (%)	Midlere vindhastighet (m/s)	Andel > 6 m/s (%)	Maks. timemiddel (m/s)	Tid for maks.
Svanvik	April 2015	1,5	3,4	1,5	6,5	2. kl 18, 08. kl 23, 19. kl 11
	Mai	0,5	3,2	2,6	7,2	24. kl 16
	Juni	0,1	2,9	2,1	8,3	2. kl 12
	Juli	0,3	2,6	0,0	5,3	5. kl 10 og 11
	August	3,5	1,9	0,0	4,9	4. kl 09
	September	1,8	2,4	1,8	7,0	29. kl 18 og 19
	Apr. - sept.2015	1,3	2,7	1,3	8,3	2. juni kl 12
	Oktober 2015	0,6	2,8	0,8	6,9	27. kl 15
	November	1,9	3,2	1,5	7,2	4. kl 23, 14. kl 20
	Desember	5,2	2,8	2,0	10,6	18. kl 13
	Januar 2016	0,0	2,7	0,6	6,1	01. kl 14
	Februar	0,2	4,0	10,3	8,7	21. kl 10
	Mars	0,5	4,1	14,8	11,2	15. kl 18
Okt.2015 - mar.2016	1,6	3,4	5,7	11,2	15. mars kl 18	
Svanvik LMT	Oktober 2015	25,8	1,4	0,0	5,8	25. kl 09
	November	20,6	2,0	0,8	8,2	14. kl 20
	Desember	29,2	1,7	1,5	9,1	18. kl 14 og 15
	Januar 2016	69,5	0,7	1,3	7,8	01. kl 06
	Februar	43,2	1,4	0,3	6,3	08. kl 17
	Mars	11,3	2,4	3,9	8,7	15. kl 18
	Okt.2015 - mar.2016	33,2	1,6	1,3	9,1	18. des kl 14 og 15
Karpdalen	April 2015	0,3	2,6	1,7	7,0	1. kl 12
	Mai	0,1	2,8	0,3	6,2	2. kl 00
	Juni	0,1	2,5	1,5	7,7	2. kl 11
	Juli	0,5	2,4	0,1	6,7	19. kl 15
	August	1,1	1,9	0,0	5,5	14. kl 18
	September	2,2	2,2	1,5	7,4	29. kl 18
	Apr. - sept.2015	0,7	2,4	0,8	7,7	2. juni kl 11
	Oktober 2015	0,9	1,8	0,3	6,6	24. kl 21
	November	1,1	2,4	0,7	6,8	14. kl 23
	Desember	0,7	2,8	3,3	8,2	24. kl 23
	Januar 2016	1,6	2,7	0,0	5,8	12. kl 11, 26. kl 10
	Februar	1,5	2,4	2,7	7,9	8. kl 11
	Mars	1,1	2,8	5,9	9,8	17. kl 08
	Okt.2015 - mar.2016	1,1	2,5	2,2	9,8	17. mars kl 08

Når det gjelder andelen vindstille bør det bemerkes at det ble skiftet instrumenttype på Svanvik 19. september 2013. Tidligere ble det brukt et Aanderaa-instrument som målte vindhastighet ved hjelp av en mekanisk vindmåler (propell med skåler) hvor det var en viss friksjon og det krevde en viss hastighet for å bevege vindmåleren. Vaisala-instrumentet benytter en akustisk metode, dvs et system av høyttalere og mikrofoner for å beregne vind, og det har derved ingen bevegelige deler og ingen friksjon. Andelen vindstille blir derved større med Aanderaa enn med Vaisala, siden det kreves sterkere vind for å få Aanderaa-vindmåleren til å rotere.

Merk også at LMTs instrument viser høyere andel vindstille (33,2 % vinteren 2015/16 mot 1,6 % for NILUs eget instrument). Dette skyldes at programmet som regner ut vindhastighet basert på soniske signaler er annerledes i LMTs instrument enn i NILUs. Prosentandelen vindstille iflg LMT er om lag på samme nivå som NILUs Aanderaa-instrument som ble benyttet fram til 2013 (typisk 30-35 % vindstille).



*Figur 8: Sola kunne sees på Svanvik første gang etter mørketida tirsdag 19. januar. Egentlig skulle sola dukke opp mandag 18., men da var det overskyet. Fotograf Alexander Kopatz, NIBIO Svanhovd.*

## 7.2 Temperatur

Tabell 10 gir en oversikt over temperaturmålingene på Svanvik, i Karpdalen, Meteorologisk institutts stasjon på Kirkenes lufthavn Høybuktknoen (inkl. normaltemperaturen/middelverdien for 30-årsperioden 1961-1990) og på Nyrud. Den høyeste temperaturen på NILUs stasjon på Svanvik i perioden var 24,6°C og ble målt 19. august 2015 kl. 16-17 (norsk sommertid). LMT sine målinger i 2 m på Svanvik viste også høyeste temperatur 19. august (25,8°C, se Vedlegg A). Maksimumstemperaturen i Karpdalen var 21,8°C, målt 18. august kl. 14-15. Både Kirkenes lufthavn og Nyrud hadde maksimumstemperatur 19. august med hhv. 23,9°C og 25,9°C. Sommeren 2015 var preget av lave temperaturer og lite «sommervarme». Det gjenspeiles også ved at maksimumstemperaturene sommeren 2015 var alle lavere enn maksimumstemperaturene sommeren før (som riktignok var spesielt varm). Dog var det høye temperaturer midt i august og en mild høst og første frostnatt kom relativt sent.

Den laveste temperaturen ved NILUs instrument på Svanvik var -35,8°C (7. januar 2016 kl. 4-5). Første gang man så sola på Svanvik etter mørketiden var tirsdag 19. januar (Figur 8), dvs egentlig skulle den vært synlig mandag 18., men da var det overskyet. På LMTs stasjon i 2 m høyde på Svanvik var minimumstemperaturen -37,3°C (også 7. januar 2016). I Karpdalen var minimumstemperaturen -34,0°C (igjen 7. januar 2015 kl. 4-5). Kirkenes lufthavn hadde -31,5°C som minimum, mens Nyrud hadde -38,7°C som laveste temperatur (begge 7. januar 2016). Siste frostnatt på Svanvik (T målt 10 m over bakken) våren 2015 var natten mellom 4. og 5. mai. Første tilfelle av frost høsten 2015 forekom natten mellom 1. og 2. oktober. Dvs at det var nesten fem måneder uten frost i Pasvik sommeren 2015.

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°C for Svanvik januar 2016), dvs. at det vanligvis er milde perioder selv vinterstid. Middelttemperaturen siste periode (et år) var 1,8°C på Svanvik og 1,9°C i Karpdalen. Dette er noe høyere enn forrige periode.

Tabell 10: Temperaturer på Svanvik (NILUs instrument 10 m over bakken), Svanvik (LMTs instrument), i Karpdalen (NILU 4 m over bakken), Kirkenes lufthavn Høybuktknoen (inkl. normalen for 1961 - 1990) og Nyrud i perioden april 2015 - mars 2016. Enhet °C. Kilder eksterne data: LMT og klima.

Stasjon		April 2015	Mai 2015	Juni 2015	Juli 2015	August 2015	September 2015
Svanvik NILU	Middel	1,2	6,2	9,7	10,3	12,9	9,4
	Maks.	6,9	19,5	22,5	20,0	24,6	18,8
	Min.	-8,1	-3,9	2,5	3,2	4,9	2,0
Svanvik LMT	Middel	1,2	6,3	9,7	10,4	12,7	9,1
	Maks.	8,8	21,4	23,9	21,5	25,8	19,6
	Min.	-9,1	-5,7	0,5	1,3	2,7	0,4
Karpdalen	Middel	0,7	5,6	8,7	9,1	11,8	8,1
	Maks.	6,2	17,3	21,7	18,3	21,8	12,9
	Min.	-10,0	-3,7	2,2	1,7	5,0	1,0
Kirkenes Lufthavn	Middel	0,7	5,6	8,8	9,5	12,4	9,1
	Maks.	6,1	15,5	22,6	18,2	23,9	18,8
	Min.	-7,6	-2,2	3,4	4,8	6,2	2,7
	Normal	-2,4	3,0	8,5	12,1	10,5	6,2
Nyrud	Middel	1,3	6,7	10,0	10,8	12,8	9,2
	Maks.	8,5	20,9	22,3	21,8	25,9	20,3
	Min.	-8,7	-3,5	0,1	1,3	1,1	-1,1
		Oktober 2015	November 2015	Desember 2015	Januar 2016	Februar 2016	Mars 2016
Svanvik NILU	Middel	1,9	-2,3	-7,0	-18,8	-7,1	-2,7
	Maks.	7,5	5,9	2,3	0,0	3,3	7,6
	Min.	-5,1	-17,0	-26,1	-35,8	-26,3	-18,3
Svanvik LMT	Middel	1,5	-2,8	-8,4	-19,9	-7,9	-3,0
	Maks.	8,5	5,9	2,3	-0,1	3,3	8,9
	Min.	-7,9	-19,6	-27,6	-37,3	-28,1	-22,3
Karpdalen	Middel	2,2	-3,6	-7,0	-18,5	-2,8	-2,4
	Maks.	7,0	0,8	2,3	-0,2	2,6	7,7
	Min.	-4,3	-15,8	-22,3	-34,0	-15,4	-16,5
Kirkenes lufthavn	Middel	1,7	-2,5	-5,9	-15,6	-6,6	-3,2
	Maks.	7,3	5,4	2,3	-0,2	2,3	6,0
	Min.	-4,7	-13,5	-18,5	-31,5	-22,5	-14,3
	Normal	0,4	-5,5	-9,7	-11,8	-11,3	-7,4
Nyrud	Middel	1,0	-2,8	-9,1	-20,7	-8,5	-3,3
	Maks.	8,5	5,8	2,4	0,0	3,0	9,0
	Min.	-7,8	-17,7	-29,2	-38,7	-29,2	-22,5



## 7.3 Luftens relative fuktighet

Tabell 11 viser månedsmiddelverdiene av luftens relative fuktighet for hver måned i periodene april-september 2015 og oktober 2015-mars 2016 for stasjonene Svanvik (10 og 2 m over bakken), Karpdalen, Kirkenes lufthavn Høybuktknoen og Nyrud. Et generelt trekk for alle stasjonene er at de laveste middelverdiene av relativ fuktighet ble målt i 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 (Høybuktknoen 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 7. 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 (illustrasjon i Figur 9). I denne delen av Pasvikelva er det forholdsvis sterk strøm og isen legger seg sent om høsten og går tidlig om våren.

Tabell 11: 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 Høybuktknoen og Nyrud i perioden april 2015 - mars 2016. Enhet °C. Kilder eksterne data: LMT og eklima.

Stasjon	April 2015	Mai 2015	Juni 2015	Juli 2015	August 2015	September 2015
Svanvik NILU	73	70	65	71	77	81
Svanvik LMT	76	74	69	75	82	86
Karpdalen	77	74	71	78	81	82
Kirkenes lufthavn	79	76	72	77	81	84
Nyrud	75	72	68	75	81	85
	Oktober 2015	November 2015	Desember 2015	Januar 2016	Februar 2016	Mars 2016
Svanvik NILU	85	83	86	80	82	75
Svanvik LMT	90	87	87	80	85	78
Karpdalen	87	83	85	82	83	76
Kirkenes lufthavn	87	87	87	85	87	80
Nyrud	91	88	89	81	86	77



Figur 9: 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 4). 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.

## 7.4 Atmosfærisk stabilitet

Tidligere målte NILU temperaturredifferansen ( $\Delta T$ ) mellom 10 m og 2 m.o.b. ( $T_{10m} \div T_{2m}$ ) med Aanderaa-instrumentet (faset ut i september 2013).  $\Delta T$  er et mål for termisk stabilitet som er avgjørende for den vertikale spredningen og fortyningen av luftforurensninger. Fire stabilitetsklasser er definert; ustabil sjiktning, nøytral sjiktning, lett stabil sjiktning og stabil sjiktning.

Nøytral sjiktning, det vil si når temperaturen avtar litt med høyden, forekommer oftest ved overskyet vær med eller uten nedbør og i perioder med sterk vind. Nøytral temperatursjiktning gir vanligvis gode spredningsforhold. Ustabil sjiktning, når temperaturen avtar raskt med høyden, forekommer ved sterk solinnstråling som gir oppvarming av bakken. Ustabil sjiktning gir god vertikal spredning av bakkenære utslipp, men er ugunstig ved utslipp fra høye skorsteiner fordi utslippene vil nå bakken nær kilden før de er særlig fortynt, noe som kan gi høye bakkekonsentrasjoner.

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

### Stabilitet og spredning fra Nikel

Utslippene fra smelteverket i Nikel kommer som tidligere nevnt både fra pipene og fra selve bygningene (diffuse utslipp). Ved lett stabil og stabil sjiktning er det inversjon, dvs. at temperaturen øker opp til et visst maksimumsnivå hvorpå temperaturen igjen avtar med høyden. Dette temperaturmaksimumet virker som et lokk og hindrer vertikal spredning fra 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. Det er ofte vindstille eller svak vind under slike forhold. Utslipet fra pipene er ofte over dette lokket og blandes raskt i den frie atmosfære, dog ikke nedover. Denne situasjonen med inversjon (lett stabil og stabil sjiktning) forekommer som sagt hyppigst om vinteren. Vinterstid er hyppigst forekommende vindretning fra sør (se vindroser i Figur 7) og utslippene driver da (heldigvis) nordover og vekk fra selve Nikel by.

Ved ustabil og nøytral sjiktning 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. Bildet i Figur 3 tatt 19. juni 2008 viser spredning fra smelteverket. Det var nøytral sjiktning rundt tidspunktet da bildet ble tatt og derved forholdsvis god vertikal spredning. Røykfanene fra bygningene og pipe er adskilt nær smelteverket, men så blandes de og former en gråhvit fane som driver inn over Nikel by.

## 7.5 Nedbørmålinger

I forbindelse med nedbørsprøver som analyseres for tungmetaller (Svanvik og Karpdalen) og hovedkomponenter (Karpbukt) måles det også mm nedbør på ukesbasis. Disse resultatene er presentert i kap. 10.

## 8. Måleresultater svoveldioksid (SO<sub>2</sub>)

Svanvik og Karpdalen har kontinuerlig registrerende instrumenter som måler SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen hvert 10. sekund. Dataloggeren på instrumentet regner ut gjennomsnitt for 10 minutter og 1 time som så overføres til NILU. Høy tidsoppløsning 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). Om ønskelig kan rådata for hvert 10. sekund tas ut fra loggeren ved spesielle forurensningsepisoder.

De kontinuerlig registrerende instrumentene (API100-monitorene) måler i blandingsforhold (antall molekyler SO<sub>2</sub> pr antall molekyler luft) og har en usikkerhet avhengig av måleområdet; 5 ppb<sup>22</sup> 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 SO<sub>2</sub> gir 2,66 µg/m<sup>3</sup>). Dette vil si at de målte konsentrasjonene er beregnet i forhold til en referansetemperatur 20 °C.

### 8.1 Måleperiode 1. april 2015 – 31. mars 2016

Tabell 12 viser at datadekningen på Svanvik og Karpdalen var stort sett meget god, over 97% for alle måneder, bortsett fra Karpdalen i juli 2015. Da ble det strømbuud på stasjonen 3. juli etterfulgt av instrumentfeil. Dette ble rettet 14. juli, dvs nesten 12 dager uten målinger. Likeledes var det lav datadekning på Svanvik i september 2015. Instrumentet ble skiftet i august, men det nye instrumentet gikk ned 15. september. Det tok noen dager å få tilsendt nytt instrument. Nytt instrument var på plass igjen 21. september, dvs seks dager uten målinger. 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.

Tabell 12: Datadekning i prosent av tiden for SO<sub>2</sub>-målingene på Svanvik og i Karpdalen i periodene april - september 2015 og oktober 2015 - mars 2016.

Måned	Svanvik	Karpdalen
April 2015	99,3	99,3
Mai	97,7	99,3
Juni	98,9	98,5
Juli	99,5	61,7
August	98,7	98,8
September	80,1	98,8
<b>Apr.-sept. 2015</b>	<b>95,7</b>	<b>92,6</b>
Oktober 2015	99,2	98,8
November	99,3	98,2
Desember	99,1	98,7
Januar 2016	99,1	99,3
Februar	97,8	98,6
Mars	98,3	98,9
<b>Okt. 2015 - mar. 2016</b>	<b>98,8</b>	<b>98,8</b>

<sup>22</sup> ppb: parts per billion, dvs. milliard'tedele, 1 / 1'000'000'000.

Tabell 13: Sammendrag av målinger av SO<sub>2</sub> med kontinuerlig registrerende instrument på Svanvik og i Karpdalen i periodene april - september 2015 og oktober 2015-mars 2016 (enhet konsentrasjon µg/m<sup>3</sup>).

Svanvik	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgns-obs	Antall døgnmidler				Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier			
				>50	>75	>90	>125			>100	>350	>700	>1000
April 2015	7,8	74,2	30	1	0	0	0	292,5	715	16	0	0	0
Mai	4,8	32,2	31	0	0	0	0	138,2	727	4	0	0	0
Juni	6,9	75,0	30	1	1	0	0	434,1	712	12	2	0	0
Juli	12,3	71,6	31	2	0	0	0	414,4	740	28	3	0	0
August	13,1	78,7	31	3	2	0	0	383,7	734	34	1	0	0
September	5,6	85,9	25	1	1	0	0	239,0	577	9	0	0	0
<b>Apr. - sept. 2015</b>	<b>8,5</b>	<b>85,9</b>	<b>178</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>434,1</b>	<b>4205</b>	<b>103</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Oktober 2015	3,9	38,5	31	0	0	0	0	399,7	738	9	1	0	0
November	4,3	33,4	30	0	0	0	0	89,8	715	0	0	0	0
Desember	4,5	81,8	31	1	1	0	0	375,3	737	10	1	0	0
Januar 2016	20,9	155,3	31	3	2	1	1	350,7	737	38	1	0	0
Februar	14,0	95,2	29	3	2	1	0	523,6	681	19	1	0	0
Mars	0,2	1,9	31	0	0	0	0	4,5	731	0	0	0	0
<b>Okt. 2015-mar. 2016</b>	<b>7,9</b>	<b>155,3</b>	<b>183</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>523,6</b>	<b>4339</b>	<b>76</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Karpdalen	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgns-obs	Antall døgnmidler				Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier			
				>50	>75	>90	>125			>100	>350	>700	>1000
April 2015	8,7	41,3	30	0	0	0	0	245,3	715	12	0	0	0
Mai	7,3	41,2	31	0	0	0	0	237,5	739	9	0	0	0
Juni	2,7	13,0	30	0	0	0	0	118,5	709	1	0	0	0
Juli	3,9	27,4	20	0	0	0	0	99,5	459	0	0	0	0
August	10,4	80,6	31	1	1	0	0	455,1	735	25	1	0	0
September	5,7	65,3	30	1	0	0	0	343,2	711	10	0	0	0
<b>Apr. - sept. 2015</b>	<b>6,7</b>	<b>80,6</b>	<b>172</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>455,1</b>	<b>4068</b>	<b>57</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Oktober 2015	4,2	46,1	31	0	0	0	0	262,3	735	6	0	0	0
November	26,1	107,9	30	6	3	3	0	613,0	707	59	8	0	0
Desember	18,1	87,6	31	5	1	0	0	513,2	734	43	4	0	0
Januar 2016	51,0	195,4	31	11	8	6	3	446,2	739	128	7	0	0
Februar	51,4	429,4	29	5	4	4	3	600,2	686	108	24	0	0
Mars	29,4	128,2	31	8	6	4	1	530,5	736	73	7	0	0
<b>Okt. 2015-mar. 2016</b>	<b>29,8</b>	<b>429,4</b>	<b>183</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>613,0</b>	<b>4337</b>	<b>417</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Et sammendrag av SO<sub>2</sub>-målingene på Svanvik og Karpdalen i perioden april 2015 - mars 2016 er gitt i Tabell 13. Grafisk fremstilling av de timevise dataene er gitt i Vedlegg C. I Tabell 16 på side 53 gjengis noen nøkkeltall fra Tabell 13, Tabell 14 og Tabell 15 og disse verdiene sammenlignes med tall fra foregående rapporteringsperioder.

### 8.1.1 Svanvik

Generelt viser målingene at miljøbelastningen på Svanvik grunnet SO<sub>2</sub> i denne rapporteringsperioden var lavere denne måleperioden enn den forrige (dvs enn perioden april 2014 - mars 2015). Dette gjelder alle parametre, både maksimumsverdier og gjennomsnittsverdier. Merk dog at forrige periode var preget av to episoder med meget høye verider, 28. mai og 20. oktober 2014.

#### Måleperioden april 2015 - mars 2016

I sommerhalvåret april - september 2015 var det 12 10-minutters verdier over WHO's retningslinje på 500 µg/m<sup>3</sup> på Svanvik (se Tabell 14) mot 33 sommeren før. Disse var fordelt på seks ulike dager (15. april, 23. juni, 24. og 27. juli, 27. august samt 22. september). I vinterhalvåret 2015/16 var det ni verdier over dette nivået mot 38 vinteren før. Overskridelsene forekom på fire ulike dager, 2. og 18. oktober, 1. desember og 26. februar. Maksimumsverdien 1119 µg/m<sup>3</sup> den 23. juni kl. 18:50-19:00 (norsk sommertid) var lavere enn maksimumsverdien forrige periode (3541 µg/m<sup>3</sup> den 20. oktober 2014), og om lag som maksimumsverdien fra perioden før det (1113 µg/m<sup>3</sup> målt 19. februar 2014, se Tabell 16). Merk at også Karpdalen hadde høye konsentrasjoner den 26. februar 2016 (se kap 8.1.2). Dvs at det var episoder med høye konsentrasjoner både på Svanvik og i Karpdalen denne dagen.

Norsk grenseverdi for timemiddel er på 350 µg/m<sup>3</sup>. Antall timemiddelverdier over 350 µg/m<sup>3</sup> på Svanvik var lavere for sommersesongen 2015 sammenlignet med perioden før (seks mot ni sommeren 2014). I vintersesongen 2015/16 var det fire timemidler over 350 µg/m<sup>3</sup> mot 11 vinteren før. De fire forekom i fire ulike måneder (18. oktober og 1. desember 2015, 24. januar og 26. februar 2016). Høyeste timemiddelverdi på Svanvik i perioden april 2015 - mars 2016 var 524 µg/m<sup>3</sup>, målt 26. februar 2016 kl. 13-14, jfr. tidligere avsnitt.

Den høyeste døgnmiddelverdien på Svanvik var 86 µg/m<sup>3</sup> sommeren 2015 og 155 µg/m<sup>3</sup> vinteren 2015/16. Begge maksimumsverdier var lavere enn foregående periode. Det var en døgnmiddelverdi over 125 µg/m<sup>3</sup> som er norsk grenseverdi for døgn med tre tillatte overskridelser per kalenderår (to perioden før). WHO's retningslinje ("target guideline") på 20 µg/m<sup>3</sup> som døgnmiddelverdi er langt unna å oppfylles i grenseområdene.

Av Tabell 16 ser man at middelverdien på Svanvik sommeren 2015 (8,5 µg/m<sup>3</sup>) er tredje høyeste sesonggjennomsnitt de ni siste måleperiodene sett under ett. Kun 8,7 µg/m<sup>3</sup> april 2013-mars 2014 og 8,6 µg/m<sup>3</sup> foregående periode er høyere. Middelverdien vinteren 2015/16 (7,9 µg/m<sup>3</sup>) er omlag som gjennomsnittet de siste ni årene sett under ett. Det vil også si at middelkonsentrasjonen for vinteren 2015/16 på Svanvik er under norsk grenseverdi for vintersesong (se kap 6.3).

Tidligere målinger av standardavviket i vindretningen på Viksjøfjell tyder på at røykfanene fra de høye pipene i Nikel og Zapoljarnij er ganske smale, som oftest med bare noen få kilometers utstrekning. Dette vil også gjelde for Svanvik. Konsentrasjonen blir derfor høy når røykfanen sveiper over målestasjonen, mens bare noen graders endring i vindretningen kan føre til at målestasjonen ikke blir eksponert. I lange perioder er stasjonen ikke eksponert, eller verdiene er lavere enn deteksjonsgrensen. Denne variasjonen i konsentrasjonsnivået vises klart i Figur 11 samt i Vedlegg C.



Figur 10: 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.

Tabell 14: Episoder med 10-minuttersverdier av SO<sub>2</sub> over 500 µg/m<sup>3</sup> på Svanvik i perioden april 2015 - mars 2016.<sup>1)</sup>

Stasjon	Dato	Fra kl.	Til kl.	10-min. verdi	Timeverdi <sup>2)</sup>
Svanvik	15.04.2015	13:30	13:40	540,9	239,8
	23.06.2015	18:40	18:50	735,1	376,6
		18:50	19:00	1118,7	376,6
		19:00	19:10	878,7	434,1
	24.07.2015	06:10	06:20	767,8	414,4
		06:20	06:30	634,4	414,4
	27.07.2015	17:10	17:20	545,8	390,6
		17:20	17:30	508,0	390,6
		18:10	18:20	647,7	404,4
	27.08.2015	07:10	07:20	583,6	383,7
		07:20	07:30	568,2	383,7
	22.09.2015	06:40	06:50	555,2	228,8
	02.10.2015	09:50	10:00	598,6	150,5
		10:00	10:10	580,5	295,5
		10:10	10:20	501,9	295,5
	18.10.2015	14:50	15:00	583,2	219,8
		15:00	15:10	532,1	399,7
	01.12.2015	02:40	02:50	855,7	375,3
		02:50	03:00	617,2	375,3
	26.02.2016	13:30	13:40	675,6	523,6
	13:40	13:50	750,0	523,6	

<sup>1)</sup> 500 µg/m<sup>3</sup> er WHO sin anbefalte verdi for 10-minutters verdi

<sup>2)</sup> Grenseverdi 350 µg/m<sup>3</sup>.

### 8.1.2 Karpdalen

Målingene viser at miljøbelastningen i Karpdalen grunnet SO<sub>2</sub> i denne rapporteringsperioden var høyere enn foregående periode. Dette gjelder alle parametre og både sommer- og vintersesongen, med to unntak. Unntakene er maksimal 10-minuttersverdi der maksimum denne perioden (781 µg/m<sup>3</sup>) er noe lavere enn forrige periode (871 µg/m<sup>3</sup>) og høyeste timemiddelverdi som er lik (613 µg/m<sup>3</sup> nå mot 616 µg/m<sup>3</sup> forrige periode, se Tabell 16).

Tallene fra siste rapporteringsperiode viser igjen hvordan Karpdalen er mest utsatt vinterstid grunnet fremherskende vindretning fra sør.

Det ble målt seks 10-minuttersverdier over 500 µg/m<sup>3</sup> sommeren 2015 mot en sommeren før (og 37 sommeren 2013). Disse forekom på tre ulike dager (16. og 23. august, samt 26. september). Vinteren 2015/16 var det 107 verdier over 500 µg/m<sup>3</sup> mot 52 vinteren før og 10 vinteren 2013/14. De 107 verdiene forekom på 16 ulike dager (fire i november og tre i desember 2015, en i januar, tre i februar og fem i mars 2016). Merk også episoden 26. februar der det var 47 10-minuttersverdier over 500 µg/m<sup>3</sup>. Vinteren 2015/16 har det nest høyeste antall 10-minuttersverdier over 500 µg/m<sup>3</sup> de siste 9 årene, bare overgått av vinteren 2010/11. Vinteren 2010/11 var dog meget spesiell, se tidligere rapport Berglen et al., 2011). Høyeste 10-minuttersverdi denne perioden var 781 µg/m<sup>3</sup> målt 13. november, se Tabell 14. Dette er lavere enn på Svanvik.



Tabell 15: Episoder med 10-minuttersverdier av SO<sub>2</sub> over 500 µg/m<sup>3</sup> i Karpdalen i perioden april 2015 - mars 2016.

Stasjon	Dato	Fra kl.	Til kl.	10-min. verdi	Timeverdi
Karpdalen	16.08.2015	10:30	10:40	521,1	324,5
	23.08.2015	07:20	07:30	523,3	455,1
	26.09.2015	10:40	10:50	523,1	343,2
		10:50	11:00	653,8	343,2
		11:00	11:10	581,3	217,3
		11:10	11:20	566,1	217,3
	08.11.2015	16:40	16:50	516,0	348,6
		16:50	17:00	658,2	348,6
		17:00	17:10	554,1	416,5
		17:20	17:30	515,0	416,5
		18:20	18:30	595,4	465,4
		18:30	18:40	625,7	465,4
		18:40	18:50	551,3	465,4
		19:30	19:40	546,1	488,3
		19:40	19:50	511,1	488,3
	13.11.2015	07:40	07:50	586,8	305,1
		07:50	08:00	693,4	305,1
		08:00	08:10	681,8	613,0
		08:10	08:20	781,3	613,0
		08:20	08:30	704,4	613,0
		08:30	08:40	606,2	613,0
		08:40	08:50	529,3	613,0
	15.11.2015	20:20	20:30	550,3	490,3
		20:30	20:40	602,3	490,3
		20:40	20:50	545,1	490,3
	17.11.2015	01:20	01:30	512,2	407,4
		02:10	02:20	643,2	571,9
		02:20	02:30	722,6	571,9
		02:30	02:40	714,7	571,9
		02:40	02:50	574,0	571,9
	19.12.2015	08:40	08:50	531,0	322,3
		08:50	09:00	555,1	322,3
	20.12.2015	12:20	12:30	511,0	400,8
		12:30	12:40	666,8	400,8
	30.12.2015	00:20	00:30	573,7	513,2
		00:30	00:40	601,8	513,2
		00:40	00:50	592,6	513,2
		00:50	01:00	553,4	513,2
	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

Tabell 15 forts.: Episoder med 10-minuttersverdier av SO<sub>2</sub> over 500 µg/m<sup>3</sup> i Karpdalen i perioden april 2015 - mars 2016

Stasjon	Dato	Fra kl.	Til kl.	10-min. verdi	Timeverdi
Karpdalen forts.	25.02.2016	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
		08:10	08:20	511,1	503,8
		09:20	09:30	503,5	484,9

Tabell 15 forts.: Episoder med 10-minuttersverdier av SO<sub>2</sub> over 500 µg/m<sup>3</sup> i Karpdalen i perioden april 2015 - mars 2016

Stasjon	Dato	Fra kl.	Til kl.	10-min. verdi	Timeverdi	
Karpdalen forts.	26.02.2016	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	02:40	02:50	615,2	291,6
			02:50	03:00	542,7	291,6
			03:00	03:10	575,1	187,7
			19:00	19:10	580,6	530,3
			19:10	19:20	671,7	530,3
			19:20	19:30	720,6	530,3
			19:30	19:40	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

Sommeren 2015 var det en timemiddelverdi over 350 µg/m<sup>3</sup> mot ingen sommeren før. Vintersesongen 2015/16 var det 50 timeverdier over 350 µg/m<sup>3</sup>, åtte i november og fire i desember 2015, samt sju i januar, 24 i februar og sju i mars 2016. Dette er det høyeste antall timeverdier over 350 µg/m<sup>3</sup> siden vinteren 2010/11 (da var det 102 timeverdier over 350 µg/m<sup>3</sup>, igjen dette var en meget spesiell vinter i Karpdalen). De 24 timeverdiene over 350 µg/m<sup>3</sup> i februar 2016 kom alle den 25. (åtte stk) og 26. (16 stk). Maksimalt timemiddel i Karpdalen var 613 µg/m<sup>3</sup> (13. november 2015 kl. 8-9).

Sommeren 2015 var det ingen døgnmidler over  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mens det var sju i løpet av vintersesongen 2015/16, 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 sommeren 2014 var  $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sesongmiddel for vinteren 2015/16 var  $29,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (se Tabell 13 og Tabell 16). 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.

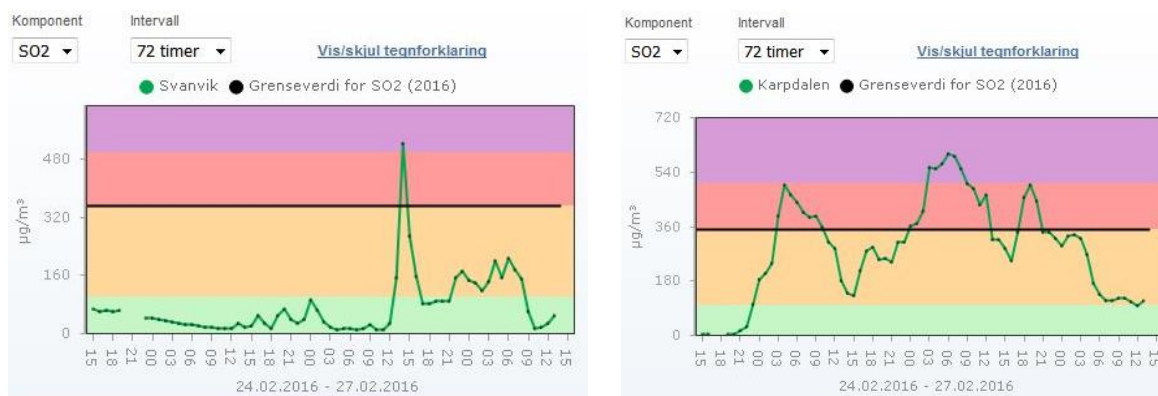
I perioden januar til mars 2016 ble det observert 38 timer over  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i Karpdalen. Forurensningsforskriften tillater 24 timeverdier over  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i løpet av et kalenderår, og grenseverdien for timeverdien er derved allerede overskredet i 2016. I samme periode var det sju døgn med døgnmiddel over  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dette betyr at også grenseverdien for døgnmiddel er overskredet i 2016. Grenseverdien for sesongmiddel er på  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Middelverdien vinteren 2015/16 var på  $29,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (tabell 13), noe som medfører at grenseverdien for sesongmiddelet på  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  også er brutt.

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). Dette skyldes nærheten til Nikilverket. 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  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonene i Karpdalen (Zapoljarnij/Nikkel) er beskrevet i kap. 7.1.4 (Konsentrasjonsvindroser).

### 8.1.3 Episode 25.-27. februar i Karpdalen og på Svanvik

Torsdag 25. - lørdag 27. februar var det høye konsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i Karpdalen (Figur 11 og Tabell 15). Spesielt natt til fredag 26. februar og om morgenen var det vedvarende høye konsentrasjoner over  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som er alarmterskel definert i lovverket, (se Tabell 5). Det er dog tvilsomt om de høye konsentrasjonene dekket et område større enn  $100 \text{ km}^2$ . 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  $\text{SO}_2$  konsentrasjoner på Svanvik (26. februar kl. 13-14, se Tabell 14).



Figur 11: Episodene på Svanvik (venstre) og i Karpdalen (høyre) 25.-27. februar slik de ble vist offentlig på [luftkvalitet.info](http://luftkvalitet.info).<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Se <http://www.luftkvalitet.info/home/graph.aspx?type=2&topic=1&id={ee5094f9-6a3a-4334-9742-93114edf7007}&timeseriesid={2ec17124-2997-40b8-97c1-4aefd88d6f3b}> og <http://www.luftkvalitet.info/home/graph.aspx?type=2&topic=1&id={00271d35-0cd7-42cc-8964-468420ef3d18}&timeseriesid={47be61e9-0b2b-4515-94ba-ca8fad1293bf}> (klikkbare lenker).

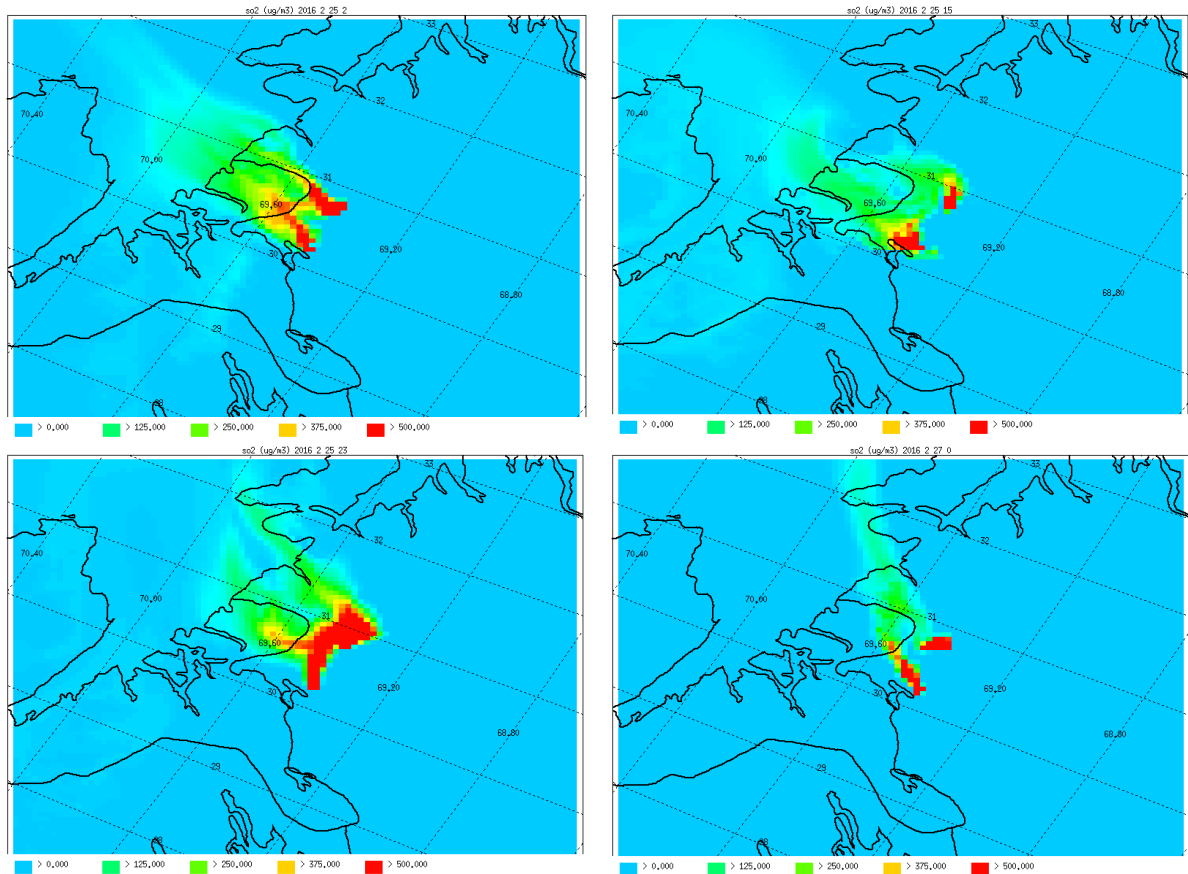
For å undersøke opphavet til disse høye konsentrasjonene ble det gjort modellsimuleringer med WRF-EMEP-modellen. Poenget var å finne ut om det fortrinnsvis var utslipp fra Zapoljarnij eller Nikel som ga disse høye konsentrasjonene.

#### **Modellbeskrivelse WRF-EMEP**

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 SO<sub>2</sub> 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 km<sup>2</sup> innerst, så 10×10 km<sup>2</sup> og ytterst 50×50 km<sup>2</sup>. 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 SO<sub>2</sub> fra Zapoljarnij og 60 000 tonn SO<sub>2</sub> fra Nikel. Dette er antatt utslippsfordeling fra tidligere, dvs før utslippene ble redusert i Zapoljarnij. For utslippene 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 12.



Figur 12: WRF-EMEP modellresultater for fire ulike tidspunkter for innerste modelldomene der atmosfæren er delt opp i gridrutenett hvor boksene er  $2 \times 2$  km<sup>2</sup>. 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 SO<sub>2</sub> fra Nikel og Zapoljarnij som gir disse episodene har blitt sluppet ut samtidig.

Modellresultatene viser tydelig utslipp og spredning av SO<sub>2</sub> 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.

Tabell 16: Noen utvalgte SO<sub>2</sub>-verdier fra Tabell 13 og Tabell 14 sammenlignet med tilsvarende tall for de sju foregående rapporteringsperiodene. <sup>1)</sup>

	Apr '07- mar '08	Apr '08- mar '09	Apr '09- mar '10	Apr '10- mar '11	Apr '11- mar '12	Apr '12- mar '13	Apr '13- mar '14	Apr '14- mar '15	Apr '15- mar '16
<b>Svanvik</b>									
Høyeste 10-min.verdi µg/m <sup>3</sup>	998	1195	821	620	1099	1026	1113	3541	1119
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m <sup>3</sup> sommer	6	14	2	11	25	7	14	33	12
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m <sup>3</sup> vinter	9	10	5	2	2	5	14	38	9
Høyeste timemiddel- verdi µg/m <sup>3</sup>	598	787	459	433	858	582	744	1418	524
Antall timemiddel > 350 µg/m <sup>3</sup> sommer	3	2	0	6	6	2	9	9	6
Antall timemiddel > 350 µg/m <sup>3</sup> vinter	7	3	1	0	4	6	5	11	4
Antall døgnmiddel > 125 µg/m <sup>3</sup>	2	0	0	1	0	2	1	2	1
Høyeste døgnmiddel sommer µg/m <sup>3</sup>	129	59	76	156	88	72	130	160	86
Høyeste døgnmiddel vinter µg/m <sup>3</sup>	238	98	113	96	110	142	100	396	155
Middelverdi sommer µg/m <sup>3</sup>	7,2	6	7,4	7,4	7,2	5,7	8,7	8,6	8,5
Middelverdi vinter µg/m <sup>3</sup>	7,6	6,4	8,7	8,5	6,1	7,9	7,3	8,9	7,9
<b>Karpdalen</b>									
Høyeste 10-min.verdi µg/m <sup>3</sup>		582	695	917	1732	848	862	871	781
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m <sup>3</sup> sommer		-	5	7	18	1	37	1	6
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m <sup>3</sup> vinter		13 <sup>2)</sup>	19	296	3	42	10	54	107
Høyeste timemiddel- verdi µg/m <sup>3</sup>		561	579	854	838	725	714	616	613
Antall timemiddel > 350 µg/m <sup>3</sup> sommer		-	2	4	3	0	10	0	1
Antall timemiddel > 350 µg/m <sup>3</sup> vinter		9 <sup>2)</sup>	17	102	3	15	4	27	50
Antall døgnmiddel > 125 µg/m <sup>3</sup>		3	5	15	3	5	1	4	7
Høyeste døgnmiddel sommer µg/m <sup>3</sup>		-	82,7	94,9	112	79	119	59	81
Høyeste døgnmiddel vinter µg/m <sup>3</sup>		263 <sup>2)</sup>	204	507	139	260	164	366	429
Middelverdi sommer µg/m <sup>3</sup>		-	7,3	9,4	12,0	8,1	11,0	6,4	6,7
Middelverdi vinter µg/m <sup>3</sup>		20,5 <sup>2)</sup>	19,4	39,1	18,3	26,2	18,3	18,2	29,8

1) Tidligere har data fra Nikel vært inkludert, men disse er nå utelatt. Eks var høyeste 10-minuttersverdi i Nikel 11292 µg/m<sup>3</sup> (april 2007 - mars 2008) og 7921 µg/m<sup>3</sup> (april - august 2008). Høyeste timeverdi var 5962 µg/m<sup>3</sup> (april 2007 - mars 2008) og 4346 µg/m<sup>3</sup> (april - august 2008). Antallet timemidler høyere enn 350 µg/m<sup>3</sup> var 341 april - september 2007 og antallet timemidler høyere enn 350 µg/m<sup>3</sup> var 135 oktober 2007 - mars 2008. Dette for å vise situasjonen i Nikel sammenlignet med situasjonen på de norske stasjonene.

2) Karpdalen har data fra 16. oktober 2008 (5½ måneder data vinteren 2008/09).

### 8.1.4 Viksjøfjell

Sommeren 2009 ble det påbegynt målinger av SO<sub>2</sub> 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 Figur 13.

Målingene av SO<sub>2</sub> 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.



Figur 13: Utsikt fra Viksjøfjell sørover. Røykfanen fra anlegget i Zapoljarnij sees i det fjerne. Foto: Christoffer Aalerud, Fylkesmannen i Finnmark.

Måleresultater for SO<sub>2</sub> på Viksjøfjell er vist i Tabell 17. 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 17 er det tidvis stor forskjell mellom de to prøvetakerne som ble eksponert samtidig (se eksempelvis 29.11 - 13.12.2015). 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. Middelerverdi for sommersesongen 2015 var omlag 17 µg/m<sup>3</sup> (middel av de to prøvetakerne), vintermiddel 2015/16 var omlag 34 µg/m<sup>3</sup>. 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.

Som diskutert i kap 5.2 er det nå stadfestet fra smelteverket at den siste produksjonslinjen i Zapoljarnij ble satt i drift i desember 2015 (jfr opplysninger gitt under møte i Zapoljarnij 18. mars 2016, BEAC Working Group on Environment). Dette er ment å redusere utslippene fra anlegget i Zapoljarnij til 8000 tonn SO<sub>2</sub> pr år. Den nye produksjonsmetoden innebærer tørking av malmen, ikke røsting som tidligere. Det lages også nå nevestore malmbriketter, ikke små pellets som tidligere.

Trass i de reduserte utslippene i Zapoljarnij er det vanskelig å se noen tilsvarende reduksjon i de målte konsentrasjonene på Viksjøfjell. For eksempel er de målte konsentrasjonene 24.1.-7.2.2016 rundt 60 µg/m<sup>3</sup>. Det er også et poeng at svovelet som tidligere ble sluppet ut i Zapoljarnij nå forblir i brikettene og slippes ut i



Nikkel 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 8.1.3).

Tabell 17: Måleresultater for SO<sub>2</sub> på Viksjøfjell april 2015-mars 2016. Enhet: µg/m<sup>3</sup>.

Fra dato	Til dato	Antall døgn	SO <sub>2</sub> prøvetaker 1	SO <sub>2</sub> prøvetaker 2
07.04.2015	20.04.2015	13	1)	1)
20.04.2015	03.05.2015	13	11,6	11,8
03.05.2015	17.05.2015	14	16,3	16,7
17.05.2015	31.05.2015	14	16,5	12,2
31.05.2015	14.06.2015	14	10,7	11,3
14.06.2015	28.06.2015	14	14,4	21,5
28.06.2015	12.07.2015	14	10,7	14,4
12.07.2015	26.07.2015	14	9,4	14,4
26.07.2015	09.08.2015	14	20,2	39,2
09.08.2015	23.08.2015	14	32,8	38,5
23.08.2015	06.09.2015	14	6,1	7,6
06.09.2015	20.09.2015	14	15,5	10,8
20.09.2015	04.10.2015	14	20,5	20,2
04.10.2015	18.10.2015	14	9,1	12,0
18.10.2015	01.11.2015	14	88,8	68,8
01.11.2015	15.11.2015	14	39,7	33,4
15.11.2015	29.11.2015	14	22,7	34,3
29.11.2015	13.12.2015	14	104,1	22,7
13.12.2015	27.12.2015	14	5,8	7,4
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

1) Ingen prøver mottatt.

### 8.1.5 Konsentrasjonsvindroser

Timemiddelverdiene av SO<sub>2</sub> på Svanvik og Karpdalen er sammenholdt med målt vindretning og vindhastighet. Ut fra dette er det beregnet konsentrasjonsvindroser som vist i Figur 14 og Figur 15, 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. Midlede vind- og konsentrasjonsdata for Svanvik og Karpdalen sommer- og vintersesong er gjengitt i Vedlegg A.

På Svanvik var middelverdien for SO<sub>2</sub> 8,5 µg/m<sup>3</sup> sommeren 2015. Vind i sektoren 120° (øst-sørøst) ga den høyeste midlede retningskonsentrasjonen med 34,5 µg/m<sup>3</sup> (Figur 14). Dette er lavere enn sist periode. Til sammenligning har middelkonsentrasjonene ved vind fra de mest belastede sektorene ligget mellom 33,1 og 79 µg/m<sup>3</sup> de siste somrene. I vinterhalvåret 2015/16 var middelkonsentrasjonen 7,9 µg/m<sup>3</sup>. Middelkonsentrasjonen ved vind fra den mest belastede sektoren var 78,0 µg/m<sup>3</sup> (også 120°, Figur 15). Dette er også høyere enn tidligere perioder. Foregående vintre har maksimum retningskonsentrasjon ligget mellom 26 µg/m<sup>3</sup> og 73 µg/m<sup>3</sup> (for 10° sektorinndeling).

For Karpdalen var middelverdien for SO<sub>2</sub> 6,7 µg/m<sup>3</sup> sommeren 2015 og 29,8 µg/m<sup>3</sup> vinteren 2015/16 (Tabell 13). Sommeren 2015 forekom den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen (19,0 µg/m<sup>3</sup>) ved vind fra sektor 180°, dvs rett sør. Vinteren 2015/16 forekom høyest gjennomsnittskonsentrasjon (57,9 µg/m<sup>3</sup>) ved vind fra sektor 210°, dvs sør-sørvest, altså retning Nikel.

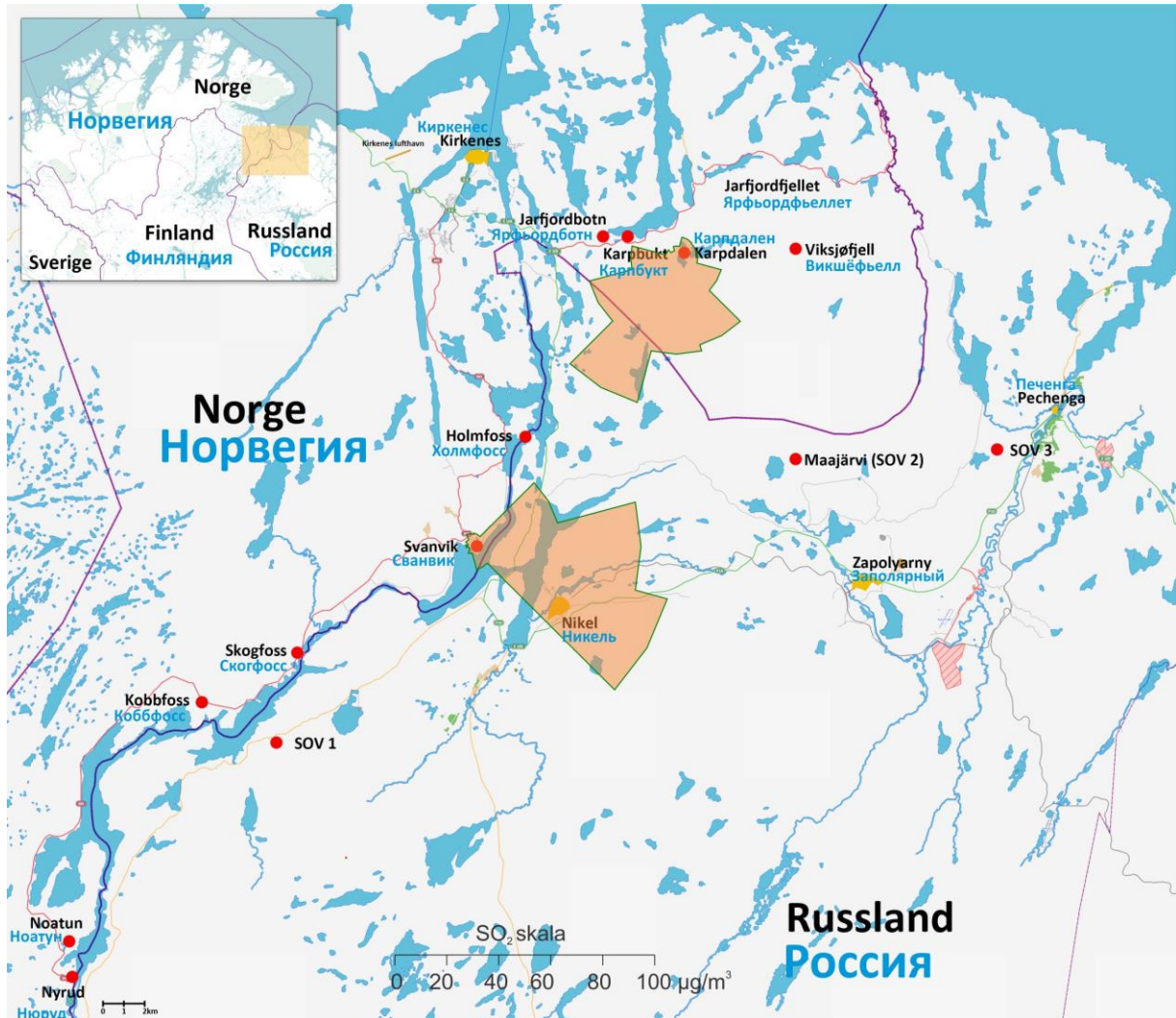
Konsentrasjonsvindroser som vist i Figur 14 og Figur 15 understreker klart at utslipp fra Nikel og Zapoljarnij er opphavet til de høye konsentrasjonene som måles i grenseområdene.

I tidligere rapporteringsperioder har det tidvis vært bestemte "sjeldne" vindretninger som har gitt store utslag. Forrige periode (vinteren 2014/15) forekom de høyeste konsentrasjonene (28,0 µg/m<sup>3</sup>) når vinden stod fra sektor 270°, dvs fra rett vestlig kant. Likeledes forekom maksimum 35 µg/m<sup>3</sup> også ved vind fra sektor 270° vinteren 2013/14, samt eksempelvis 160 µg/m<sup>3</sup> (igjen vind fra sektor 270°) i 2011/12 og hhv. 101 µg/m<sup>3</sup> og 82 µg/m<sup>3</sup> før det. Felles for alle disse tilfellene som kunne virke ulogiske ved første øyekast var at alle vindretninger forekom i mindre enn 1% av tiden. Og disse høye konsentrasjonene opptrådte alltid ved svak vind.

Tidligere rapporter har altså vist at høye verdier av SO<sub>2</sub> ved vind fra vest kan altså forekomme og kan forklares utfra meteorologiske analyser. En mulig forklaring på de høye verdiene ved vestlig vind er at to ulike luftmasser møtes; et sørlig vinddrag fra innlandet bringer forurensningen nordover. Ved kysten kommer luftmassene fra innlandet i kontakt med vestavinden langs kysten og forurensningen bringes så østover. Dvs. at banene som forurensningen følger får en knekk, og i Karpdalen registreres høye konsentrasjoner ved vind fra vest. NILU har sjekket at det ikke er noen lokale svovelkilder i Karpdalen som kan gi store utslag. Like vest for stasjonen er det en 20 m høy kulle (se Figur 6).



Figur 14: Middelskonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  på Svanvik og Karpdalen i perioden april - september 2015 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sortert etter vindretning. Figuren viser middelskonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  for hver av 12  $30^\circ$ -vindsektorer. Svanvik er mest belastet når det blåser fra anlegget i Nikel.



Figur 15: Middelskonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> på Svanvik og Karpdalen i perioden oktober 2015 - mars 2016 (µg/m<sup>3</sup>) sortert etter vindretning. Figuren viser middelskonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> for hver av 12 30°-vindsektorer. For Svanvik er det brukt vinddata fra LMTs instrument.

## 8.2 Analyse av SO<sub>2</sub>-målinger over flere år

### 8.2.1 Måleprogrammets omfang

Foregående kapittel (kap. 8.1) omhandler resultater fra siste måleperiode (april 2015 - mars 2016). I dette kapitlet analyseres måldata sortert etter kalenderår (januar-desember), altså noe forskjøvet. Dette gjøres fordi grenseverdier og målsetningsverdier gjelder for kalenderår (Tabell 5 - Tabell 7).

De norske SO<sub>2</sub>-målingene startet i Kirkenes-området og på Svanvik allerede i 1974 (Hagen, 1977). Senere ble målingene utvidet til Holmfoss, Jarfjordbotn og 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 (Maajärvi), SOV 3 og i Nikel (se Figur 4).

Tabell 18 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 timemiddelverdier. Noen stasjoner har i perioder hatt begge typer prøvetakere. I Nikel ble middelverdier over 10 minutter logget fra 1.12.2004 (fram til 31. august 2008). Monitorene som brukes på Svanvik og i Karpdalen i dag måler øyeblikkskonsentrasjoner hvert 10. sekund. Disse øyeblikkskonsentrasjonene lagres i loggerens minne noen dager før de overskrives. Ved episoder (eks 20. oktober 2014) kan disse verdiene overføres og tas vare på for detaljert analyse av tidsforløpet. Kun midler over 10 minutter og time logges og overføres til NILU. På Svanvik er det lagret middelverdier over 10 minutter fra 1.7.2001, i Karpdalen fra gjenåpning i oktober 2008.

Merk at denne oversikten kun viser de norske/norskfinansierte stasjonene. De siste årene har Russland (HydroMet Murmansk) bygd ut sitt målenettverk og legger sine resultater ut på internett, se oversikt i referanselisten (kap. 12.1) for informasjon om Russlands og Finlands målestasjoner.

Tabell 18: Oversikt over SO<sub>2</sub>-målinger i grenseområdene med døgnpåretakere (døgnmiddelverdier) og med kontinuerlig registrerende monitorer (timemiddelverdier) i perioden 1974-2015. 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-'15
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													

### 8.2.2 Variasjon fra år til år av enkelte nøkkelparametre

I det etterfølgende er det gjort en statistisk analyse av SO<sub>2</sub>-verdiene på årsbasis for de målestasjonene som fortsatt er i drift i grenseområdene. Dette gjelder Svanvik (start 1974) og Karpdalen (gjenåpnet oktober 2008). Data fra den tidligere norske stasjonen Viksjøfjell (1989-1996), den norskfinansierte stasjonen i Nikel (1991 - 31. august 2008) og den tidligere russiske stasjonen Maajärvi (1990-2001, også norskfinansiert) er også tatt med for å illustrere bedre hvor store forskjeller det er i luftkvaliteten i grenseområdene.

Tabellene og figurene nedenfor er utarbeidet for å vise hvordan luftkvaliteten er i forhold til grenseverdiene og vurderingstersklene i forurensningsforskriften og luftkvalitetskriteriene. Antall overskridelser av tidligere Nasjonale mål (døgnmiddelverdi på 90 µg/m<sup>3</sup>) er også oppgitt som sammenlikningsgrunnlag. Merk igjen at inndelingen her gjelder kalenderår og ikke rapporteringsperioder (som går fra 1. april til 31. mars påfølgende år).

Hovedtallene fra de foregående delkapitlene er sammenfattet i Tabell 19 og Tabell 20. Tabell 19 gir målestatisikk for Svanvik for årene 1974-2015. Timevise data er først tilgjengelig fra 1989. Tabell 20 gir tilsvarende statistikk for Viksjøfjell (for årene 1989-1995), Maajärvi (1990-2001), Nikel (1992-31. august 2008), samt Karpdalen (2009-2015, dvs. etter gjenåpningen).

Tabell 19: Målestatistikk for SO<sub>2</sub> fra Svanvik i perioden 1974-2015. Dataene logges som døgnmiddelverdier 1974-1988 og som timemiddelverdier fra 1989. Merk at her er dataene sortert etter år, ikke etter rapporteringsperiode, og tallene er derfor ikke direkte sammenlignbare med resultatene i Tabell 13 og Tabell 16.

År	Årsmiddel- verdi (µg/m <sup>3</sup> )	Antall døgn >125 µg/m <sup>3</sup>	Antall døgn >90 µg/m <sup>3</sup>	Antall døgn >75 µg/m <sup>3</sup>	Antall døgn >50 µg/m <sup>3</sup>	Antall timer >350 µg/m <sup>3</sup>	Data- dekning (%)
1974	30,8	13	24	35	64		96,4
1975	17,6	5	11	15	27		97,3
1976	23,7	7	16	20	41		97,8
1977	27,0	14	18	37	57		95,1
1978	25,4	10	17	23	44		85,8
1979	17,8	6	13	21	37		94,8
1980	26,9	15	25	33	54		88,8
1981	24,6	5	13	19	35		72,1
1982	19,6	3	11	17	35		86,3
1983	29,6	6	28	36	55		100,0
1984	23,9	3	20	25	48		99,7
1985	24,8	8	22	34	57		99,7
1986	21,1	3	17	25	44		99,5
1987	26,3	8	15	24	53		97,5
1988	20,4	4	11	18	36		98,4
1989	12,2	3	9	12	22	31	89,2
1990	13,9	3	8	11	31	38	93,9
1991	12,2	4	9	13	26	38	92,0
1992	7,5	4	4	5	14	18	94,2
1993	9,3	2	7	10	20	16	95,3
1994	8,1	4	5	9	16	7	97,3
1995	11,0	3	7	12	26	21	96,2
1996	7,7	2	4	4	14	8	77,2
1997	10,6	5	8	11	17	23	96,2
1998	14,5	6	14	19	34	14	98,9
1999	7,9	1	3	4	16	3	89,8
2000	7,7	4	6	8	14	10	98,2
2001	9,0	2	3	8	17	5	96,5
2002	8,9	1	6	9	20	10	98,7
2003	5,9	1	3	4	9	5	91,2
2004	5,7	0	2	5	9	2	99,2
2005	6,2	1	1	2	7	4	98,7
2006	6,2	0	2	3	8	2	97,3
2007	6,0	2	4	5	10	3	98,6
2008	8,0	1	2	4	12	10	98,4
2009	6,8	0	1	3	17	3	99,0
2010	8,0	1	6	7	15	6	98,9
2011	7,3	0	2	5	14	6	93,4
2012	7,1	1	3	4	14	7	98,7
2013	7,6	2	3	5	11	15	94,5
2014	8,8	2	4	4	18	24	98,9
2015	7,5	0	0	6	13	8	96,8



Tabell 20: Målestatistikk for SO<sub>2</sub> fra Viksjøfjell (1989-1995), Maajärvi (1990-2001), Nikel (1992-31.8.2008) og Karpdalen (2009-2015). Alle data logges som timemiddelverdier.

Stasjon	År	Årsmiddel- verdi (µg/m <sup>3</sup> )	Antall døgn >125 µg/m <sup>3</sup>	Antall døgn >90 µg/m <sup>3</sup>	Antall døgn >75 µg/m <sup>3</sup>	Antall døgn >50 µg/m <sup>3</sup>	Antall timer >350 µg/m <sup>3</sup>	Data- dekning (%)
Viksjøfjell	1989	44,8	31	50	62	90	228	90,0
	1990	31,7	19	39	48	75	142	94,5
	1991	35,6	24	34	46	77	183	94,8
	1992	23,6	12	26	39	62	99	94,9
	1993	24,1	9	21	29	50	82	94,3
	1994	29,0	11	23	30	58	92	82,3
	1995	34,6	23	34	46	77	188	97,4
Maajärvi	1990	57,4	33	57	62	96	311	80,1
	1991	62,0	58	76	88	117	398	83,6
	1992	52,5	34	51	60	86	293	79,2
	1993	60,4	35	53	63	80	243	58,1
	1994	54,5	13	18	20	29	91	25,0
	1995	51,2	38	61	78	104	332	89,2
	1996	64,6	27	32	36	44	178	34,6
	1997	51,9	42	66	78	112	334	89,0
	1998	51,9	38	60	69	96	284	84,3
	1999	47,1	29	42	49	71	249	75,8
	2000	37,9	20	38	52	81	167	82,8
	2001	30,8	5	17	27	40	51	43,4
Nikel	1992	57,6	51	69	74	88	386	88,8
	1993	59,0	43	63	73	94	376	93,7
	1994	53,3	50	61	75	90	347	93,0
	1995	61,6	44	51	57	68	255	58,3
	1996	79,4	49	65	71	95	421	89,6
	1997	105,2	78	94	100	120	705	89,6
	1998	129,0	106	122	134	159	872	95,2
	1999	57,2	51	68	83	107	352	97,3
	2000	73,3	68	84	97	115	522	94,6
	2001	55,1	54	73	87	103	389	88,0
	2002	74,3	59	78	88	110	416	77,4
	2003	49,9	51	67	77	92	344	97,8
	2004	37,1	21	30	38	48	129	58,0
	2005	71,4	54	71	77	92	431	87,9
	2006	67,4	61	73	87	96	476	99,2
	2007	93,2	52	69	79	94	469	94,9
2008 <sup>1)</sup>	91,1	57	65	74	90	414	66,2	
Karpdalen	2009	13,8	3	9	11	22	12	98,6
	2010	20,4	13	17	22	39	73	97,5
	2011	19,8	7	12	16	30	51	96,2
	2012	16,6	6	10	13	35	15	98,9
	2013	15,6	2	7	12	29	15	98,0
	2014	13,2	3	7	11	24	15	98,4
	2015	11,8	2	5	7	20	27	95,5

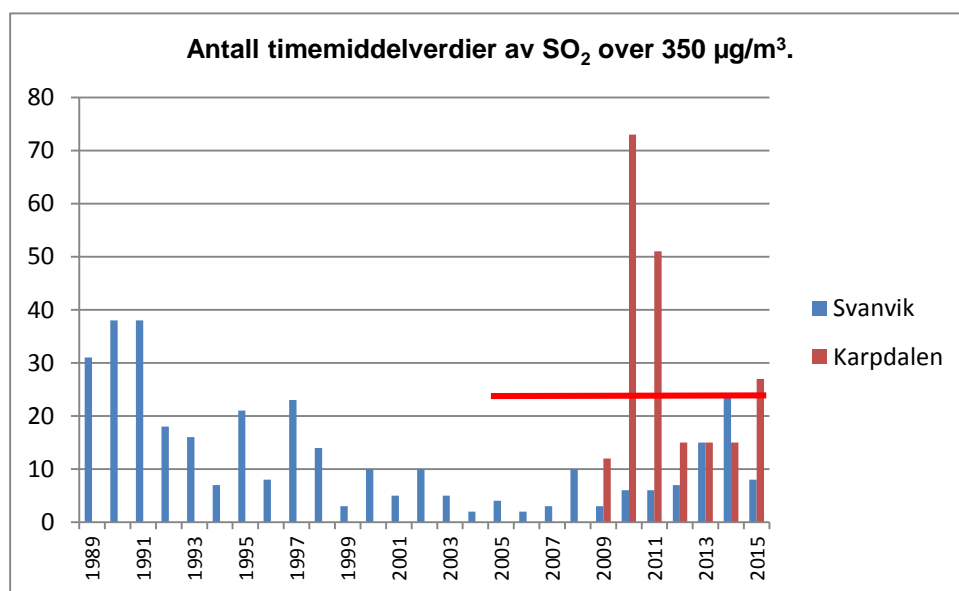
<sup>1)</sup> Nikel hadde data fram til 31. august 2008 (8 måneder) og tallene for 2008 er derfor ikke direkte sammenlignbare med tidligere år. Årsmiddelverdi 91,1 µg/m<sup>3</sup> og antall døgn/timer er regnet ut fra 8 måneder. Datadekning 66,2 % er regnet ut fra hele året.

### 8.2.3 Timemiddelverdier

Grenseverdien for timemiddel av SO<sub>2</sub> er 350 µg/m<sup>3</sup> som tillates overskredet 24 ganger pr år (tilsvarende 0,27% av tiden med fullt datasett). Denne grenseverdien gjelder fra 1.1.2005.

Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> er målt siden 1989 på Svanvik. I 2015 var det 8 timeverdier over 350 µg/m<sup>3</sup>, mot 24 året før. Da skal det sies at episodene 28. mai og 20. oktober 2014 bidro sterkt til det høye antallet i 2014 med hhv. to og 11 timeverdier over 350 µg/m<sup>3</sup>. 24 overskridelser i 2014 var da det høyeste antall timeverdier over 350 µg/m<sup>3</sup> som er registrert siden 1991 (Tabell 19). Figur 16 viser antall overskridelser av grenseverdien hvert år fram til 2015. Fra 1992 er antall overskridelser under nåværende grenseverdien, gitt at det er tillatt med 24 overskridelser i året. Målingene fra årene før 1989 viser til dels langt høyere års- og døgnmiddel-konsentrasjoner enn målinger fra årene etter 1989. Det er derfor sannsynlig at timeverdier over 350 µg/m<sup>3</sup> har forekommet hyppigere på 1970- og 1980-tallet enn i dag.

I Karpdalen var det 27 timemiddelverdier over 350 µg/m<sup>3</sup> i 2015, mot 15 de tre foregående årene. Og det var 51 i 2011 og 73 i 2010, som tidligere nevnt var vinteren 2010/11 spesiell i Karpdalen og de høye konsentrasjonene denne vinteren gjorde at det var overskridelser både i 2010 og 2011 (dvs. mer enn det tillatte antallet, 24 pr kalenderår). 27 timemiddelverdier over 350 µg/m<sup>3</sup> medfører at grenseverdi for timemiddel er brutt i Karpdalen i 2015.



Figur 16: Antall timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> over grenseverdien på 350 µg/m<sup>3</sup> på Svanvik (1989-2015) og i Karpdalen (2009-2015). Norsk lovverk tillater 24 overskridelser per kalenderår (gjeldende fra 2005, markert med rød linje).

Historisk sett har de andre stasjonene i grenseområdene, særlig de russiske, vist konsentrasjoner over 350 µg/m<sup>3</sup> oftere enn på Svanvik. På de russiske stasjonene ble denne verdien overskredet vanligvis i 4-6 % av tiden. Nikel hadde eksempelvis 872 timeverdier høyere enn dette i 1998 (over 10 % av tiden) og 414 fra 1. januar-31. august 2008 (7 % av tiden, Tabell 20). 1998 var dog et ekstremår. På Viksjøfjell var det i 1993 82 overskridelser av grenseverdien for timemiddel (1 % av tiden) og 228 overskridelser i 1989 (2,9% av tiden).

Høyeste målte timeverdi i Nikel de siste årene NILUs målestasjon var operativ var 5071 µg/m<sup>3</sup> (21. mars 2008 kl. 05 norsk tid). Det kan også nevnes at de russiske målingene som HydroMet gjør i Nikel viser maksimale verdier over 4000 - 7000 µg/m<sup>3</sup> (se referanseliste kap 12.1 for adresse).

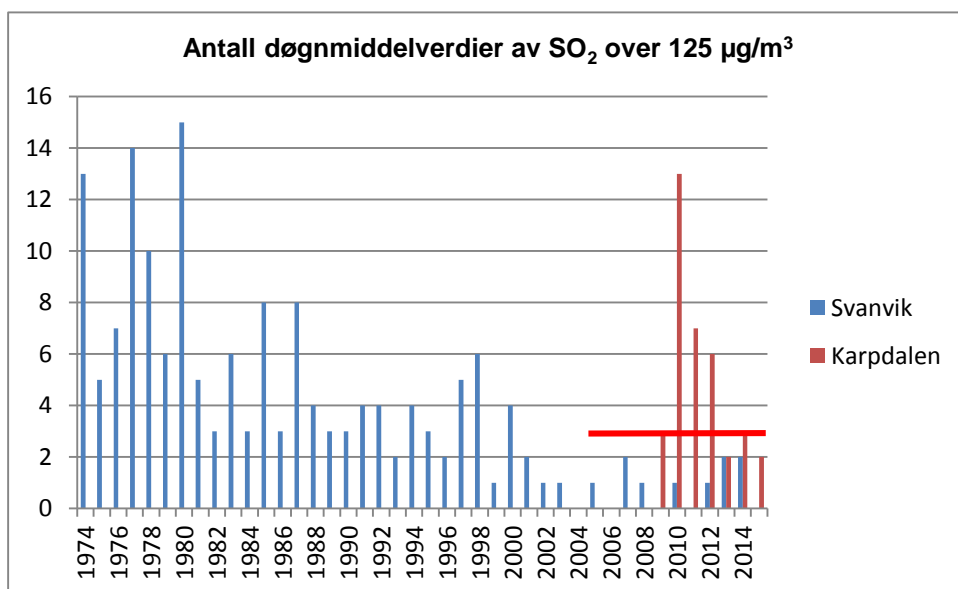
På Svanvik er gjennomsnittet de 10 siste årene 8,4 overskridelser, tilsvarende 0,1 % av tiden, lavest i 2006 med 2 overskridelser (0,02%) og høyest i 2014 med 24 overskridelser (som sagt 0,27%). I Karpdalen var det overskridelser i 0,31% av tiden i 2015 (av tiden med gyldige målinger, som nevnt 27 til sammen).

Målingene av timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> på Svanvik fra høsten 1988 til i dag har vist at mer enn halvparten av verdiene har vært under 1 µg/m<sup>3</sup>. Høyeste målte timemiddelverdi i 2015 på Svanvik var 434 µg/m<sup>3</sup> (23. juni kl. 18-19 norsk sommertid, sees også i Tabell 14). Høyeste verdi målt de senere år var 1418 µg/m<sup>3</sup> målt under episoden 20. oktober 2014. 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/m<sup>3</sup> i 1990. Høyeste målte timemiddelverdi i 2015 i Karpdalen var 613 µg/m<sup>3</sup> (13. november kl. 7-8 norsk vintertid, igjen se Tabell 15), høyeste verdi siden målingene ble gjenopptatt høsten 2008 er 854 µg/m<sup>3</sup> (målt 13. februar 2011 kl. 8-9).

#### 8.2.4 Døgnmiddelverdier - grenseverdi 125 µg/m<sup>3</sup>

Den norske grenseverdien for døgnmiddel av SO<sub>2</sub> på 125 µg/m<sup>3</sup> tillates overskredet tre ganger i året og ble gjort gjeldende fra 1.1.2005 (se kap. 6).

På Svanvik var det ingen døgnverdier over 125 µg/m<sup>3</sup> i 2015 mot to året før (de tidligere omtalte episodene 28. mai og 20. oktober 2014). Figur 17 og Tabell 19 viser at antall overskridelser på Svanvik har variert mye fra år til år, men at det generelt har vært færre overskridelser etter 1988 enn tidligere. I løpet av de 15 siste årene har det ikke vært mer enn tre overskridelser av 125 µg/m<sup>3</sup> pr år. Siste år med brudd på grenseverdi var år 2000 med fire overskridelser. Gjennomsnittet de 10 siste årene er 0,9 overskridelser pr år (0,25 %), lavest i 2006, 2009, 2011 og 2015 med ingen overskridelser.



Figur 17: Antall døgnmiddelverdier av SO<sub>2</sub> over grenseverdien på 125 µg/m<sup>3</sup> på Svanvik (1974-2015) og i Karpdalen (2009-2015). Norsk lovverk tillater 3 overskridelser per kalenderår (gjeldende fra 2005, markert med rød linje).

Målingene i Karpdalen viser to tilfeller med døgnmiddel over 125 µg/m<sup>3</sup> i 2015, mot tre året før og hhv seks, syv og 13 i 2012, 2011 og 2010. De to overskridelsene i 2015 forekom i januar, dvs i forrige rapporteringsperiode, hhv 127 µg/m<sup>3</sup> den 12. og 366 µg/m<sup>3</sup> den 13. januar 2015. Dette er innenfor antall tillatte overskridelser. Karpdalen overskred grenseverdien i 0,55 % av målingene (to av 365 dager). Generelt understreker det at de høyeste konsentrasjonene måles i Karpdalen om vinteren pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør.

Ved de andre stasjonene i oversikten (Tabell 20) har det vært atskillig flere overskridelser av 125 µg/m<sup>3</sup>, særlig på de russiske stasjonene, hvor det hyppig forekom døgnmiddelverdier høyere enn 125 µg/m<sup>3</sup>, typisk i 10-20 % av tiden. Nikel hadde eksempelvis hele 106 overskridelser i 1998, omtrent dobbelt så mange overskridelser som "normalt". Dette tilsvarer opp mot 30 % av tiden. I 2008 (8 måneder) ble 125 µg/m<sup>3</sup> på døgnbasis overskredet i 22,5 % av tiden.

Igjen bør det nevnes at EUs regelverk ikke gjelder i Russland, men sammenligningen gjøres for å vise at luften i Nikel er langt unna å tilfredsstille EUs og norske krav til luftkvalitet. Det kan også nevnes at høyeste målte døgnmiddelverdi i Nikel i 2008 (1. januar-31. august) var  $1092 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (12. juni). Under sommerepisoden i 2007 var maksimal målt døgnmiddelverdi på  $2390 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (i juli).

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

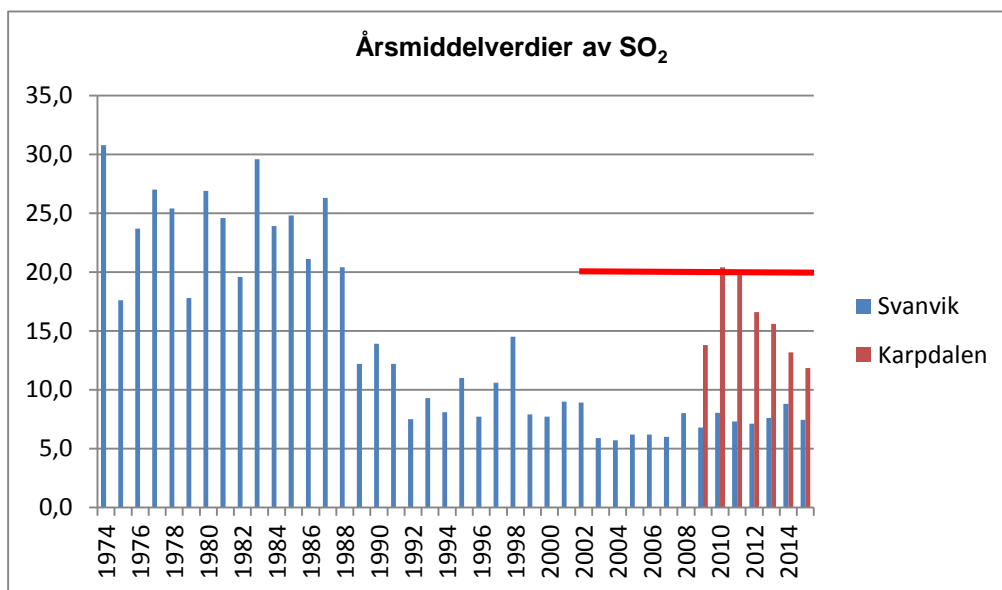
### 8.2.5 Døgnmiddelverdier - øvre og nedre vurderingsterskel

Luftkvalitet sammenlignes også mot øvre og nedre vurderingsterskel gitt i forurensningsforskriften og luftkvalitetsdirektivet (se kap 6.3 og Tabell 5). Vurderingstersklene definerer bl.a. krav om målinger og tiltaksutredninger. For  $\text{SO}_2$  er øvre vurderingsterskel  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og nedre vurderingsterskel  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gitt som døgnmidler (Tabell 5).

På Svanvik var det i 2015 seks døgn over  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og 13 døgn over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabell 19), siste fem år er antall døgn over  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mellom fire og seks, mens antall døgn over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er mellom 11 og 18. I Karpdalen var det i 2015 syv døgn over  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mellom syv og 22 pr år siden oppstart i 2008) og 20 døgn over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mellom 20 og 39 siden oppstarten), se Tabell 20. Døgnverdier over  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  har forekommet på Svanvik og i Karpdalen i alle år med målinger.

### 8.2.6 Års- og vinterhalvårsmiddelverdier

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.



Figur 18: Årsmiddelverdier av  $\text{SO}_2$  på Svanvik (1974-2015) og i Karpdalen (2009-2015). Grenseverdi for beskyttelse av økosystem er  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (gjeldende fra 2002, markert med rød linje). Enhet:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Årsmiddelverdien på Svanvik var  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2015. Siden 1999 har årsmiddel på Svanvik ligget mellom  $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2004) og  $9,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2001). I perioden før 1989 ble verdien på  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  overskredet de fleste årene på Svanvik (Figur 18), mens årsmiddelverdiene ligger under  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fra 1989<sup>24</sup>. Grenseverdien ble overholdt i

<sup>24</sup> 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  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  siden dette er gjeldende grense.

Karpdalen i 2015 (årsmiddel 11,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Maksimal årsmiddelverdi i Karpdalen siden gjenåpningen i 2008 er 20,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2010. Grenseverdien for årsmiddel er derved overholdt alle årene siden den gang<sup>25</sup>.

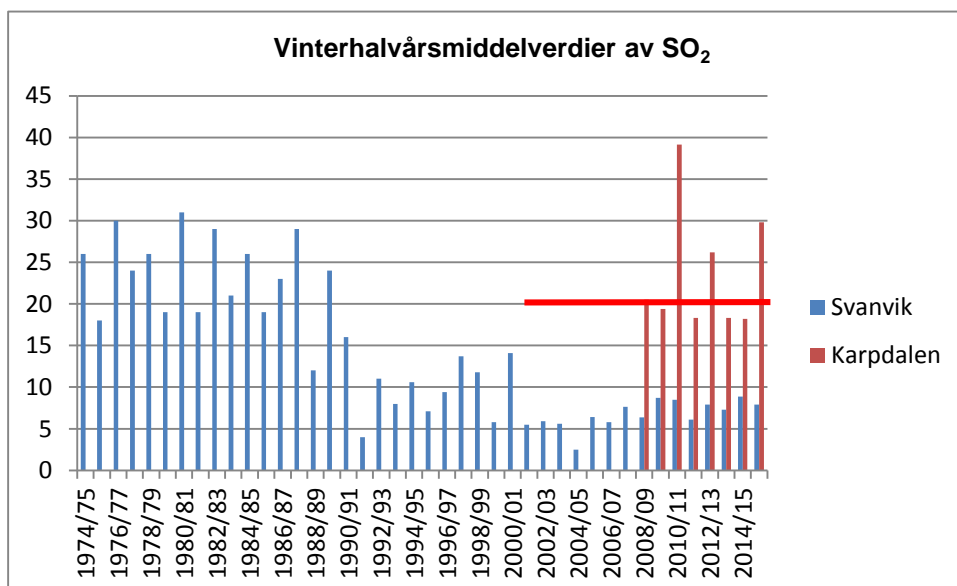
På de andre stasjonene vist i Tabell 20 ble derimot verdien på 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  overskredet for alle år hvor det ble utført målinger. Særlig store overskridelser var det på de russiske stasjonene. De meget høye verdiene i Nikel i 1997-98 i forhold til årene før og etter skyldes høyere frekvens av vind fra nordøst, dvs. fra verket mot byen og målestasjonen disse årene. Fra 1999 var verdiene på et mer "normalt nivå" i Nikel, men med en markert nedgang i 2003 og 2004, for så å gå opp på det "normale nivået" igjen i 2005. Middelverdien i Nikel i 2004 er noe usikker fordi det ikke er målinger i månedene juli-november. 2007 og 2008 viste de høyeste årsmiddelkonsentrasjonene som ble målt siden 1998 (Tabell 20). Målingene utført av HydroMet siden 2010 viser typiske årsmiddelkonsentrasjoner i Nikel mellom 68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2009) og 110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2011), se fellesrapporten fra ekspertgruppen for luft (Mokrotovarova et al., 2015).

Merk også at konsentrasjonene som måles med passive prøvetakere på Viksjøfjell nå, 25-30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som langtidsmiddel (kap. 8.1.3) er like høye som konsentrasjonene som ble målt på 1990-tallet.

SO<sub>2</sub>-målingene på Svanvik (Figur 18) gjenspeiler et betydelig lavere SO<sub>2</sub>-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 omlag 100'000 tonn SO<sub>2</sub> pr. år, se Figur 1 for trender i utslippene.

Figur 18 og Figur 19 viser at vinterhalvårsmiddelverdier på Svanvik i hovedsak samsvarer med årsmiddelverdiene. Karpdalen viser noe ulikt bilde gitt at miljøbelastningen er størst om vinteren pga. fremherskende vindretning. Det er nå åtte vintre med målinger i Karpdalen siden oppstarten i oktober 2008.

Verdien på 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ble overskredet siste gang på Svanvik vinteren 1989/90 (grenseverdi 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gjeldende fra 4. oktober 2002). Karpdalen hadde 29,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Middelverdiene for vinter har variert mellom 18,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (altså 2014/15) og 39,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (vinteren 2010/11, som hadde stor belastning). Se ellers diskusjon i kap 8.1.2. De andre stasjonene i grenseområdene hadde verdier over 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  hver eneste vinter de var operative, unntatt Nikel i 2004/05.



Figur 19: Vinterhalvårsmiddelverdier av SO<sub>2</sub> på Svanvik 1974/75-2015/16 og i Karpdalen (2009/10-2015/16). Grenseverdi for beskyttelse av økosystem er 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (gjeldende fra 2002, markert med rød strek). Enhet:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

<sup>25</sup> Årsmiddelverdi i Karpdalen i 2010 var 20,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Grenseverdien er 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ikke 20,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og 20,4 avrundes nedover til 20 og medfører derved en overholdelse av grenseverdien.

## 9. Måleresultater 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. Med svevestøv menes  $PM_{10}$ , dvs. partikler med diameter mindre enn  $10 \mu m$  fotnote<sup>26</sup>. 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 regnes ut.

For tidligere målinger på Svanvik ble hvert filter eksponert 24 timer (fra kl. 8 om morgenen til påfølgende dag kl. 8) og kun filtre eksponert ved vind fra øst ble analysert. Forhøyede verdier av  $SO_2$  ble brukt som indikator for vind fra Nikel. Denne metoden ga maksimumkonsentrasjon av tungmetaller i luften, men ikke middelkonsentrasjon. Gitt at målsettingsverdiene gjelder for årsmiddel (kap. 6) ble frekvensen endret høsten 2011 slik at hvert filter nå eksponeres en uke, og alle filtrene analyseres. Dette gir middelkonsentrasjon (over uke, sesong, år), men vil samtidig ikke fange opp maksimumkonsentrasjonene.

Resultater for Ni, Cu, Co og As fra Svanvik er vist i Tabell 21 (april - september 2015) og i Tabell 22 (oktober 2015 - mars 2016). Likeledes er resultater for Karpdalen vist i Tabell 23 (april - september 2015) og i Tabell 24 (oktober 2015 - mars 2016).

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 blindfilteret<sup>27</sup> 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.

Ni (nikkel), As (arsen), Cu (kobber) og Co (kobolt) regnes som spormetaller fra nikkelverkene på russisk side og det er disse fire metallene som vises i denne rapporten. De seks andre elementene er tilgjengelige på forespørsel. 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  $ng/m^3$  for Ni, fra 9,50 til 88,00  $ng/m^3$  for As, fra 53,20 til 119,8  $ng/m^3$  for Cu og 2,47 til 4,05  $ng/m^3$  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 20 år siden.

For denne rapporteringsperioden er det også målt mengde støv avsatt på filteret. Det gjøres ved at filtret veies før og etter eksponering. Basert på målt luftvolum gjennom instrumentet og mengden (masse) støv avsatt kan middelkonsentrasjonene regnes ut. Konsentrasjon av svevestøv er vist som femte resultatkolonne i Tabell 21 - Tabell 24.

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 HydroMet i Murmansk prøvetaking og analyse av tungmetaller. Merk dog at i Russland måles det totalstøv, dvs også partikler større enn  $10 \mu m$ , det er ingen størrelsesfraksjonering (Mokrotovarova et al., 2015).

Senvinteren 2015/16 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

<sup>26</sup>  $\mu m$  betegner mikrometer, dvs.  $1/1'000'000$  meter ("million'te del") meter, eller  $1/1000$  millimeter.

<sup>27</sup> Blindfilter er et filter som ikke eksponeres, men som ellers behandles på samme måte som de eksponerte filtrene. 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.

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 etter 4. mars. Fra april fungerte prøvetakingen igjen, dvs neste rapporteringsperiode.

Tabell 21: Middelverdier av elementer i luft på Svanvik sommerhalvåret 2015.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m <sup>3</sup>	As ng/m <sup>3</sup>	Cu ng/m <sup>3</sup>	Co ng/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>
01.04.2015	08.04.2015	4,41	1,05	3,52	0,20	3,17
08.04.2015	15.04.2015	11,21	1,32	7,68	0,47	4,18
15.04.2015	22.04.2015	7,39	1,38	5,15	0,29	5,52
22.04.2015	29.04.2015	9,95	3,46	7,80	0,45	4,75
29.04.2015	06.05.2015	6,34	1,29	4,36	0,28	3,30
06.05.2015	13.05.2015	7,19	0,96	5,09	0,34	4,09
13.05.2015	20.05.2015	4,09	0,27	2,24	0,16	4,94
20.05.2015	27.05.2015	1,02	0,18	0,62	0,04	2,05
27.05.2015	03.06.2015	9,09	0,78	5,66	0,35	4,11
10.06.2015	17.06.2015	5,35	0,31	3,66	0,25	2,36
17.06.2015	24.06.2015	15,45	3,29	13,74	0,70	5,08
26.06.2015	01.07.2015	1,41	0,23	1,08	0,06	3,60
01.07.2015	08.07.2015	2,79	1,21	3,02	0,14	2,86
29.07.2015	05.08.2015	3,17	0,54	3,00	0,16	4,03
05.08.2015	12.08.2015	5,79	0,91	4,24	0,26	5,29
12.08.2015	19.08.2015	0,74	0,36	1,24	0,04	8,72
19.08.2015	26.08.2015	2,01	0,14	1,22	0,08	3,07
26.08.2015	02.09.2015	10,95	4,49	9,69	0,48	5,47
02.09.2015	09.09.2015	15,43	5,33	10,86	0,69	8,97
09.09.2015	16.09.2015	23,67	3,15	16,44	0,96	5,03
16.09.2015	23.09.2015					2,36
23.09.2015	30.09.2015	2,74	0,79	2,49	0,11	3,32
<b>Vektet middel</b>						
<b>01.04.2015</b>	<b>30.09.2015</b>	<b>7,23</b>	<b>1,51</b>	<b>5,43</b>	<b>0,31</b>	<b>4,30</b>

Tabell 22: Middelerverdier av elementer i luft på Svanvik vinterhalvåret 2015/16.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m <sup>3</sup>	As ng/m <sup>3</sup>	Cu ng/m <sup>3</sup>	Co ng/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>
30.09.2015	07.10.2015	15,27	0,69	10,04	0,54	2,61
07.10.2015	14.10.2015	5,51	1,61	4,27	0,25	3,47
14.12.2015	21.10.2015	2,49	1,09	1,86	0,09	1,17
21.10.2015	28.10.2015	0,70	0,71	1,01	0,03	1,03
28.10.2015	04.11.2015	0,09 <sup>1)</sup>	0,03	0,08	0,01 <sup>1)</sup>	1,27
04.11.2015	11.11.2015	10,90	1,94	10,12	0,45	2,73
11.11.2015	18.11.2015	49,53	1,48	30,25	1,72	4,80
18.11.2015	25.11.2015	1,87	0,48	1,99	0,08	1,67
25.11.2015	02.12.2015	7,29	0,98	5,35	0,25	1,92
02.12.2015	09.12.2015	0,57	0,08	0,61	0,02	1,83
09.12.2015	16.12.2015	14,22	1,61	15,02	0,52	10,05
16.12.2015	23.12.2015	1,17	0,04	0,54	0,04	1,59
23.12.2015	30.12.2015	0,40	0,10	0,74	0,03	1,97
31.12.2015	06.01.2016	9,16	2,71	9,69	0,35	
06.01.2016	13.01.2016	9,54	5,43	8,84	0,40	5,73
13.01.2016	20.01.2016	24,84	2,82	14,54	0,87	8,45
20.01.2016	27.01.2016	6,92	0,50	4,56	0,26	6,50
27.01.2016	03.02.2016	0,62	0,10	0,63	0,02	2,48
03.02.2016	10.02.2016	22,45	2,61	14,49	0,85	2,86
10.02.2016	17.02.2016	0,86	0,20	0,77	0,03	2,07
17.02.2016	24.02.2016	6,12	0,89	5,16	0,22	5,57
24.02.2016	02.03.2016	86,91	27,41	63,22	3,61	17,74
02.03.2016	09.03.2016	0,29	0,11	0,20	0,01 <sup>1)</sup>	4,13
09.03.2016	16.03.2016	0,11 <sup>1)</sup>	0,08	0,12 <sup>1)</sup>	0,01 <sup>1)</sup>	3,46
16.03.2016	23.03.2016	0,34	0,26	0,29	0,02	4,25
23.03.2016	30.03.2016	0,09 <sup>1)</sup>	0,09	0,14	0,01 <sup>1)</sup>	5,61
30.03.2016	01.04.2016	0,39	0,18	0,62	0,07	6,92
<b>Vektet middel<sup>2)</sup></b> <b>30.09.2015</b>	<b>01.04.2016</b>	<b>10,60</b>	<b>2,05</b>	<b>7,78</b>	<b>0,41</b>	<b>4,30</b>

<sup>1)</sup> Under deteksjonsgrensen.

<sup>2)</sup> Ved utregning av vektet middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.



Tabell 23: Middelerverdier av elementer i luft i Karpdalen sommerhalvåret 2015.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m <sup>3</sup>	As ng/m <sup>3</sup>	Cu ng/m <sup>3</sup>	Co ng/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>
30.03.2015	06.04.2015	26,95	5,55	20,40	1,17	7,49
06.04.2015	13.04.2015	9,31	2,74	7,77	0,36	2,95
13.04.2015	20.04.2015	5,68	0,45	3,52	0,16	5,78
20.04.2015	27.04.2015	4,38	0,95	4,03	0,14	3,64
27.04.2015	01.05.2015	3,13	1,00	2,36	0,13	2,81
04.05.2015	18.05.2015	12,18	6,63	9,06	0,45	5,03
18.05.2015	25.05.2015	8,06	1,81	6,30	0,30	2,98
25.05.2015	01.06.2015	2,34	0,62	1,81	0,08	3,10
01.06.2015	08.06.2015	1,17	0,20	1,06	0,06	2,63
08.06.2015	15.06.2015	3,72	0,64	3,53	0,15	2,06
15.06.2015	22.06.2015	1,23	0,36	1,23	0,05	3,10
22.06.2015	29.06.2015	9,44	1,15	8,53	0,36	4,80
29.06.2015	06.07.2015	2,76	1,84	3,50	0,12	2,55
06.07.2015	13.07.2015	0,18	0,06 <sup>1)</sup>	0,18	0,01 <sup>1)</sup>	4,12
13.07.2015	20.07.2015	1,13	0,43	1,06	0,05	
20.07.2015	27.07.2015	2,75	0,55	1,99	0,14	5,11
27.07.2015	03.08.2015	5,22	0,95	5,44	0,23	4,58
03.08.2015	10.08.2015	3,29	1,08	2,79	0,14	3,16
10.08.2015	17.08.2015	7,16	3,25	6,97	0,33	5,09
17.08.2015	24.08.2015	14,58	4,26	11,17	0,66	8,19
24.08.2015	31.08.2015	24,37	3,78	20,80	1,13	4,38
31.08.2015	07.09.2015	0,41	0,05 <sup>1)</sup>	0,27	0,02	
07.09.2015	14.09.2015	0,09 <sup>1)</sup>	0,06 <sup>1)</sup>	0,11	0,01 <sup>1)</sup>	4,68
14.09.2015	21.09.2015	4,34	0,59	3,90	0,19	5,56
21.09.2015	28.09.2015	17,53	3,22	14,17	0,68	4,36
28.09.2015	05.10.2015	10,62	1,70	8,69	0,43	2,49
<b>Vektet middel <sup>2)</sup></b>						
<b>30.03.2015</b>	<b>05.10.2015</b>	<b>7,26</b>	<b>1,89</b>	<b>5,97</b>	<b>0,30</b>	<b>4,19</b>

<sup>1)</sup> Under deteksjonsgrensen.

<sup>2)</sup> Ved utregning av vektet middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

1. november 2011 ble det påbegynt målinger av tungmetaller i svevestøv i Karpdalen. På samme tidspunkt ble prøvetakingsfrekvensen på Svanvik endret fra døgnprøver til ukeprøver. Filtrene eksponeres omlag en uke og sendes så til NILU for analyse. Prøvetakeren i Karpdalen er manuell, dvs. at filtrene må byttes av lokal stasjonsholder. Som regel gjøres dette samtidig med kalibrering av SO<sub>2</sub>-monitoren og bytte av nedbørsamler.

Hyppigst forekommende vindretning vinterstid er fra sør (se vindrose Figur 7), dette bringer utslippene nordover mot Karpdalen og Jarfjordfjellet. Karpdalen viser derfor vanligvis noe høyere konsentrasjoner enn Svanvik. Gjennomsnittsverdiene for denne rapporteringsperioden er omtrent som forrige periode, mens maksimumsverdiene er lavere. Det gjelder alle fire elementer vist her.

Middelkonsentrasjonene av svevestøv varierer mellom 3,27 µg/m<sup>3</sup> (Karpdalen vinteren 2015/16) og 4,30 µg/m<sup>3</sup> (Svanvik både sommer og vinter). Dette er godt under årsgrenseverdi på 40 µg/m<sup>3</sup> (Tabell 6). Og selv om NILU

ikke måler døgnverdier av PM<sub>10</sub> er det opplagt at grenseverdi for døgn (50 µg/m<sup>3</sup> med 35 tillatte overskridelser) ikke er brutt (teoretisk sett kan en årsmiddelverdi over 4,79 µg/m<sup>3</sup> medføre overskridelser av døgnverdiene, men ikke i praksis). Og som en generell observasjon kan man se at trenden i konsentrasjonene av PM<sub>10</sub> på Svanvik og i Karpdalen er ulik trendene i konsentrasjonene av Ni, As, Cu og Co uten at dette er vurdert videre i detalj.

NILU har de siste rapporteringsperiodene gjort målinger av masse svevestøv. Siden måleresultatene viser lave verdier, dvs langt under gjeldende grenseverdier og akseptkriterier, har NILU besluttet å avslutte ekstra veiing av filtre for bestemmelse av masse støv på Svanvik og i Karpdalen.

Tabell 24: Middelerverdier av elementer i luft i Karpdalen vinterhalvåret 2015/16.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m <sup>3</sup>	As ng/m <sup>3</sup>	Cu ng/m <sup>3</sup>	Co ng/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>
05.10.2015	12.10.2015	0,92	0,47	0,94	0,04	2,22
12.10.2015	19.10.2015	0,87	0,26	0,76	0,04	1,36
19.10.2015	26.10.2015	5,18	3,53	4,99	0,21	1,06
02.11.2015	09.11.2015	4,33	1,26	4,31	0,17	2,64
09.11.2015	16.11.2015	29,03	4,68	22,73	1,05	4,48
16.11.2015	23.11.2015	5,28	2,42	5,69	0,23	3,50
23.11.2015	30.11.2015	3,04	1,32	2,78	0,12	0,94
30.11.2015	07.12.2015	23,66	2,69	16,58	0,82	2,60
07.12.2015	14.12.2015	21,52	6,66	19,96	0,88	2,60
14.12.2015	21.12.2015	6,68	2,21	11,99	0,30	1,96
21.12.2015	28.12.2015	4,03	1,66	6,10	0,24	1,74
28.12.2015	01.01.2016	10,70	6,33	11,24	0,51	3,58
04.01.2016	11.01.2016	20,12	11,47	20,07	0,82	6,43
11.01.2016	18.01.2016	18,99	10,34	15,00	0,77	7,78
18.01.2016	25.01.2016	4,15	1,05	3,24	0,15	6,22
25.01.2016	01.02.2016	2,56	1,20	3,15	0,14	
24.02.2016	04.03.2016 <sup>1</sup>	20,72	8,43	17,44	0,91	
<b>Vektet middel</b>						
<b>05.10.2015</b>	<b>04.03.2016</b>	<b>10,86</b>	<b>3,90</b>	<b>9,91</b>	<b>0,44</b>	<b>3,27</b>

<sup>1)</sup> Ingen prøvetaking etter 4. mars pga instrumentfeil. Se tekst for forklaring.

Målsettingsverdier ("target value") for tungmetaller er 20 ng/m<sup>3</sup> for nikkel og 6 ng/m<sup>3</sup> for arsen gitt som årsmiddel, gjeldende fra 1.1.2013 (kap. 6). Årsmidler for de fire komponentene diskutert her er gitt i Tabell 25. Resultatene viser at gjennomsnittsverdiene for 2015 for Svanvik og Karpdalen ligger under målsettingsverdi for år.

Tabell 25: Middelverdier av elementer i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2015.

Stasjon	Ni ng/m <sup>3</sup>	As ng/m <sup>3</sup>	Cu ng/m <sup>3</sup>	Co ng/m <sup>3</sup>
Svanvik	7,81	1,25	5,79	0,31
Karpdalen	8,44	2,46	7,34	0,33

Tungmetaller i svevestøv måles også ved observatoriene på Birkenes II (Sør-Norge) og Zeppelinfjellet (Spitsbergen) og på Andøya (Nizzetto og Aas, 2016). Verdiene på disse observatoriene representerer bakgrunnsverdier og har årsmiddelverdier for 2015 mellom 0,10 og 0,19 ng/m<sup>3</sup> for Ni, mellom 0,07 og 0,16 ng/m<sup>3</sup> for As og mellom 0,17 og 0,50 ng/m<sup>3</sup> for Cu. Årsmiddelkonsentrasjonen av Co i 2015 ligger mellom 0,006 og 0,01 ng/m<sup>3</sup>. 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.

## 10. Måleresultater hovedkomponenter og tungmetaller i nedbør

Prøvetaking for målinger av hovedkomponenter<sup>28</sup> og tungmetaller i nedbør foretas ved tre stasjoner: Svanvik (tungmetaller), Karpdalen (tungmetaller) og Karpbukt (hovedkomponenter), for stasjonsplassering se Figur 4. 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). 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. Nedbørsamleren i Karpbukt er vist i Figur 20.

Et sammendrag av månedsvise resultater for siste rapporteringsperiode er vist i Tabell 26 (Svanvik), Tabell 27 (Karpdalen) og Tabell 28 (Karpbukt). Fra 1996 er det bare utført analyse av tungmetaller i prøvene fra Svanvik (dvs. ikke hovedkomponenter). Likeledes er det fra 1.1.2004 bare utført analyse av hovedkomponenter på prøvene fra Karpbukt (dvs. ikke tungmetaller). Fra 2009 er det også analysert for vanadium (V) og aluminium (Al<sup>29</sup>) i nedbør. Dette er gjort for at man skal analysere på de samme metallene i både luft og nedbør.



Figur 20: Nedbørsamleren i Karpbukt. Plasttrakt fanger nedbøren som samles i en plastflaske. 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.

<sup>28</sup> Igjen; som hovedkomponenter regnes SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Na, Mg, Cl, Ca, K

<sup>29</sup> Igjen; Al er ikke tungmetall, men analyseres og rapporteres her. Likeledes, As er et metalloid/halvmetall, men analyseres og rapporteres også her.

## 10.1 Nedbørmengde

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 (innlandluft) og luft nordfra (sjøluft) og ligger mellom de to mtp. mengde nedbør. Karpbukta ute ved kysten har mest nedbør. Et generelt trekk er at det i måleperioden april 2015 - mars 2016 regnet mindre i sommerhalvåret og litt mer i vinterhalvåret sammenlignet med foregående måleperiode. Samlet falt det 398 mm på Svanvik, 405 mm i Karpdalen og 527 mm i Karpbukta 1. april 2015 - 31. mars 2016. Svanvik er eneste stasjon av disse tre som har utarbeidet nedbørsnormal (middel for 1961-1990). Sammenlignet med normalen for Svanvik kom det mindre nedbør sommeren 2015 (bortsett fra april og mai) og noe mindre nedbør enn normalen vinteren 2015/16. Pasvikdalen er meget tørr, rundt 300 - 400 mm som årsnedbør er lite. Samtidig faller mye av dette i sommerhalvåret/veksts sesongen. Kombinert med mange lystimer (midnattsol fra 19. mai til slutten av juli) gjør dette at Pasvikdalen er grønn og frodig trass i lite totalnedbør.

## 10.2 Konsentrasjon i nedbør

På Svanvik ble det målt høyere konsentrasjoner av tungmetaller i nedbør i sommerhalvåret 2015 enn sommeren 2014. Konsentrasjonen av Ni og Co gikk opp med omlag faktor 3 (tredobling), Cu gikk opp med faktor 2,5, mens konsentrasjonen av As ble doblet. Da skal det også sies at i forrige periode (april 2014 - mars 2015) gikk disse komponentene tilsvarende ned. For vinterhalvåret 2015/16 gikk konsentrasjonene av ni komponenter ned sammenlignet med vinteren før, eneste unntak var Pb som ble doblet. Variasjonen var ulik for de ulike komponentene.

Tabell 26: Måned- og halvårsmiddelverdier av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør på Svanvik i periodene april-september 2015 og oktober 2015-mars 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
April 2015	40,3	0,68	0,04	3,10	19,39	0,70	22,43	0,62	0,30	0,50	45,01
Mai	61,7	0,45	0,02	6,21	9,03	0,39	8,21	0,32	0,23	0,28	29,61
Juni	48,6	1,41	0,04	3,17	27,75	0,95	32,38	0,81	0,33	0,34	36,93
Juli	25,3	1,69	0,10	4,90	103,50	3,00	111,69	3,12	0,95	0,58	68,37
August	36,7	10,84	0,62	5,96	75,67	9,09	80,76	2,22	0,64	0,72	39,52
September	33,5	1,71	0,07	4,19	57,64	1,97	65,19	1,71	0,62	0,85	61,69
April - sept. 2015	245,9	2,15	0,11	4,59	39,09	2,02	42,87	1,18	0,44	0,49	43,58
Oktober 2015	44,8	1,61	0,02	3,44	7,16	0,36	9,97	0,21	0,16	0,22	26,35
November	6,7	1,76	0,04	16,45	14,07	0,45	19,28	0,38	0,22	0,35	40,36
Desember	31,7	2,01	0,03	2,67	4,67	0,24	8,20	0,14	0,20	0,32	9,28
Januar 2016	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
Okt. 2015 - mars 2016	152,1	1,29	0,03	3,44	7,60	0,38	13,64	0,27	0,13	0,37	15,06

Sommeren 2013 ble det satt i gang prøvetaking av tungmetaller i nedbør i Karpdalen. Resultatene for april 2015 - mars 2016 er vist i Tabell 27. Middelkonsentrasjonene i nedbør på Svanvik og i Karpdalen vinteren 2015/16 er vanligvis innenfor 50% differanse. Unntaket her er Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co og Cr som var typisk faktor 2-3 høyere i Karpdalen enn på Svanvik vinteren 2015/16. Årsaken til dette er ikke kjent. Det er heller ikke kjent hvordan omleggingen av utslippsmønsteret påvirker konsentrasjonene av disse elementene.

Tabell 27: Månedsverdier og vinterhalvårsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør i Karpdalen i periodene april-september 2015 og oktober 2015-mars 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
April 2015	39,4	1,05	0,06	11,27	17,25	1,24	16,82	0,60	0,49	0,68	27,14
Mai	49,9	1,89	0,08	5,93	26,78	1,57	21,95	0,96	0,46	0,45	50,01
Juni	59,9	1,16	0,03	2,96	12,49	0,63	13,15	0,44	0,33	0,33	45,80
Juli	23,8	1,63	0,09	5,57	49,74	1,51	44,97	1,76	0,83	0,80	116,33
August <sup>1)</sup>	40,7	1,11	0,07	16,47	26,46	1,15	28,71	0,97	0,67	0,46	62,54
September	27,8	1,80	0,05	2,92	37,63	1,48	40,39	1,23	0,63	0,61	93,69
April - sept. 2015	241,7	1,40	0,06	7,46	25,14	1,20	24,46	0,88	0,53	0,51	58,92
Oktober 2015	29,2	0,53	0,04	5,73	32,91	0,93	26,90	0,93	0,43	0,45	43,77
November	15,4	0,82	0,10	12,61	30,21	1,33	50,84	0,78	0,37	0,53	30,41
Desember	44,0	0,62	0,08	7,28	24,05	0,65	34,28	0,63	0,28	0,46	21,43
Januar 2016	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
Okt. 2015 - mars 2016	163,3	0,83	0,09	9,67	32,93	0,89	40,89	0,89	0,27	0,67	21,69

<sup>1)</sup> Prøven fra 17.-24. august var svært forurenset av mygg.

Som tidligere nevnt regnes Ni, Cu, Co og As som sporelementer fra de russiske nikkilverkene. Hvis man ser spesielt på disse fire sporelementene 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 produksjons-metodene 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.9), 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.

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.

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 2015 (Nizzetto og Aas, 2016).

Tabell 28: Måned- og halvårsmiddelverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og hovedkomponenter i nedbør i Karpbukt i periodene april-september 2015 og oktober 2015-mars 2016.

Måned	Nedbør- mengde mm	Lednings- evne µs/cm	pH	SO <sub>4</sub> mg S/l	NH <sub>4</sub> mg N/l	NO <sub>3</sub> mg N/l	Na mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	Ca mg/l	K mg/l
April 2015	30,4	22,63	4,59	0,66	0,21	0,18	1,13	0,15	2,01	0,20	0,07
Mai	61,8	15,83	4,80	0,48	0,15	0,07	0,80	0,12	1,41	0,15	0,09
Juni	84,0	19,44	4,84	0,39	0,02	0,04	1,66	0,21	3,05	0,26	0,10
Juli	32,3	16,06	4,80	0,40	0,09	0,06	0,78	0,10	1,38	0,11	0,12
August	35,3	14,31	4,80	0,46	0,14	0,10	0,56	0,08	0,88	0,14	0,17
September	47,9	12,74	4,96	0,32	0,11	0,10	0,76	0,11	1,24	0,13	0,21
April - sept. 2015	291,6	16,90	4,80	0,44	0,10	0,08	1,05	0,14	1,85	0,18	0,12
Oktober 2015	45,6	13,15	5,17	0,29	0,16	0,08	0,95	0,15	1,80	0,13	0,14
November	17,2	17,13	4,92	0,50	0,25	0,17	1,02	0,18	1,86	0,26	0,10
Desember	49,7	22,47	5,14	0,30	0,08	0,09	2,36	0,30	4,36	0,14	0,11
Januar 2016	55,3	26,87	4,73	0,50	0,09	0,10	2,59	0,33	4,84	0,13	0,13
Februar	35,9	11,67	5,00	0,34	0,26	0,14	0,62	0,08	1,10	0,06	0,12
Mars	32,0	39,15	4,74	0,73	0,20	0,05	4,15	0,52	7,26	0,20	0,23
Okt. 2015 - mars 2016	235,7	21,92	4,92	0,42	0,15	0,10	2,02	0,27	3,69	0,14	0,14

Konsentrasjonene av SO<sub>4</sub> er korrigert for sjøsalt og gitt som mg svovel pr. liter. Konsentrasjonene av NO<sub>3</sub> og NH<sub>4</sub> er gitt som mg nitrogen pr. liter

Hovedkomponenter 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 hovedkomponenter er på mg-nivå (1/1 000 gram), mens tungmetaller 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 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> er noe lavere denne rapporterings-perioden sammenlignet med forrige, men høyere enn norske bakgrunnsstasjoner (Aas et al., 2015). 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 Nizzetto og Aas, 2016 og Aas et al., 2016.

## 10.3 Våtavsetning

Det er også beregnet avsetning med nedbør av de forskjellige elementene både for sommerhalvåret 2015 og vinterhalvåret 2015/16. Avsetningstallene (enhet: mg/m<sup>2</sup>) regnes ut ved at konsentrasjonen i nedbøren (enhet: µg/liter eller mg/liter <sup>30</sup>) multipliseres med nedbøren (1 mm nedbør tilsvarer 1 liter/m<sup>2</sup>) for hver uke og summeres over sommerhalvåret 2015 og vinterhalvåret 2015/16. Resultatene er vist i Tabell 29 til Tabell 32 sammen med avsetningstall for tidligere år.

<sup>30</sup> 1 000 µg = 1 mg, likeledes 1 000 000 µg = 1 000 mg = 1 g.

Tabell 29: Avsetning av hovedkomponenter med nedbør i sommerhalvårene fra 1989 til 2015. H<sup>+</sup> angis i  $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$ , konsentrasjoner av ulike forsurende stoffer sammenveies ofte til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forsurende effekt.

Stasjon	Sommer- halvår	H <sup>+</sup> $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$	Total SO <sub>4</sub> mg S/m <sup>2</sup>	Sjøsalt korr. SO <sub>4</sub> mg S/m <sup>2</sup>	NH <sub>4</sub> mg N/m <sup>2</sup>	NO <sub>3</sub> mg N/m <sup>2</sup>	Na mg/m <sup>2</sup>	Mg mg/m <sup>2</sup>	Cl mg/m <sup>2</sup>	Ca mg/m <sup>2</sup>	K mg/m <sup>2</sup>
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	
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	58	30	124	21	204	34	25	



Tabell 30: Avsetning av metaller med nedbør i sommerhalvårene fra 1989 til 2015.

Stasjon	Sommer- halvår	Pb	Cd	Zn	Ni	As	Cu	Co	Cr	V	Al
		mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>
Karpdalen	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
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	

Tabell 31: Avsetning av hovedkomponenter med nedbør i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2015/16. H<sup>+</sup> angis i  $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$ , konsentrasjoner av ulike forsurende stoffer sammenveies ofte til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forsurende effekt.

Stasjon	Vinter- halvår	H <sup>+</sup> $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$	Total SO <sub>4</sub> mg S/m <sup>2</sup>	Sjøsalt korr. SO <sub>4</sub> mg S/m <sup>2</sup>	NH <sub>4</sub> mg N/m <sup>2</sup>	NO <sub>3</sub> mg N/m <sup>2</sup>	Na mg/m <sup>2</sup>	Mg mg/m <sup>2</sup>	Cl mg/m <sup>2</sup>	Ca mg/m <sup>2</sup>	K mg/m <sup>2</sup>
Karpdalen	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	

Tabell 32: Avsetning av metaller med nedbør i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2015/16.

Stasjon	Vinterhalvår	Pb	Cd	Zn	Ni	As	Cu	Co	Cr	V	Al
		mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>
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	

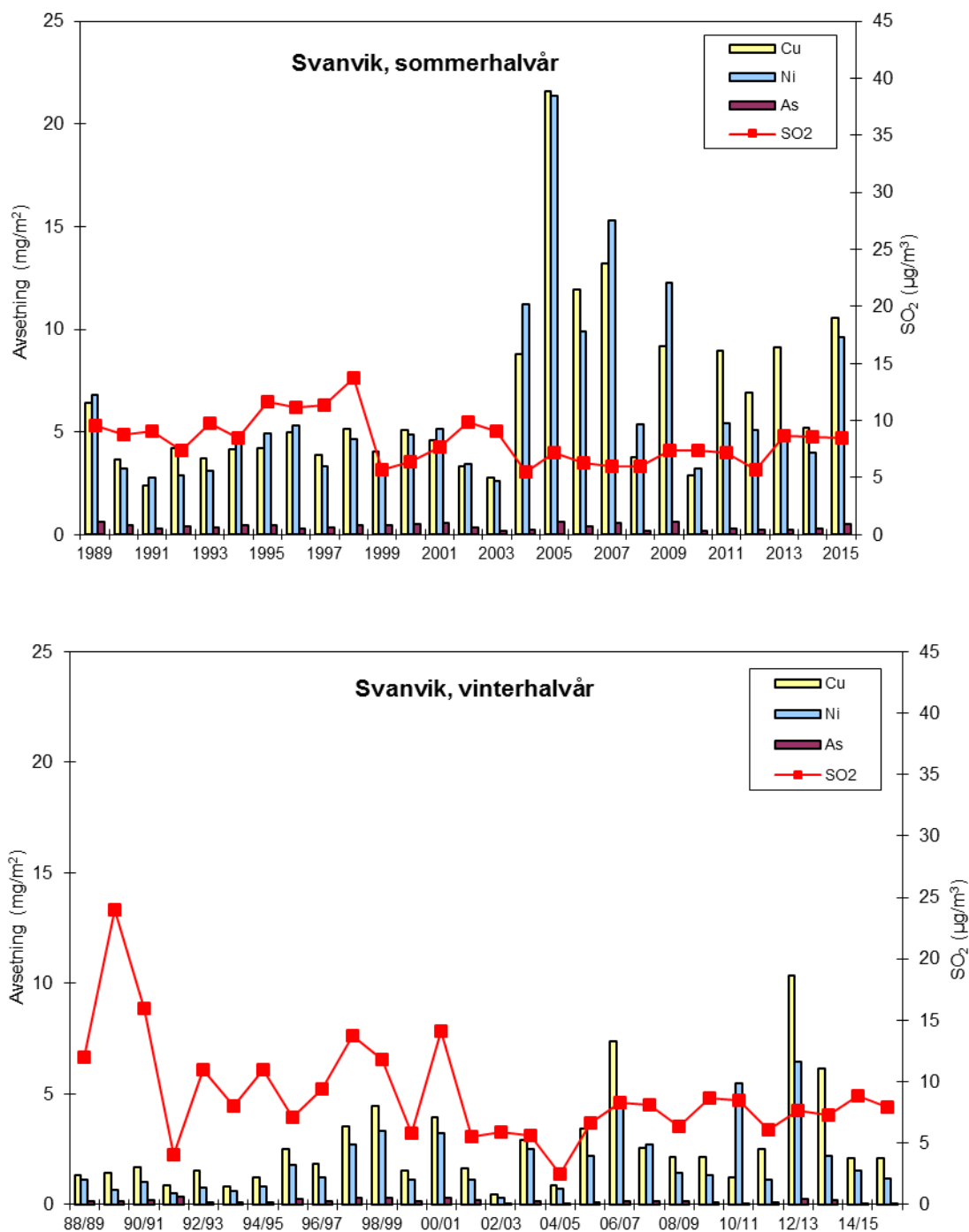
Avsetningen i nedbør av Ni, Cu og As på Svanvik for sommerhalvårene fra 1989 til 2015 og for vinterhalvårene fra 1988/89 til 2015/16 er vist i Figur 21 sammen med halvårsmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub>. Avsetningen av alle fire elementene Ni, As, Cu og Co gikk opp sommeren 2015 sammenlignet med sommeren før (2014, se også tallene i Tabell 30). Også avsetningen i Karpdalen av disse fire elementene gikk opp i sommersesongen 2015. Vinterhalvåret 2015/16 var avsetningen på Svanvik tilnærmet lik vinteren før, i Karpdalen gikk avsetningen noe opp eller var tilnærmet uforandret (Tabell 32).

Avsetningen av nikkell på Svanvik sommeren 2015 (9,62 mg/m<sup>2</sup>) og vinteren 2015/16 (1,16 mg/m<sup>2</sup>), samt i Karpdalen sommeren 2015 (6,08 mg/m<sup>2</sup>) og vinteren 2015/16 (5,38 mg/m<sup>2</sup>) er i sum over tålegrense for nikkell i nedbør beregnet til 4-6 mg/(m<sup>2</sup> år) for Øst-Finnmark. Dette gjelder med tanke på drikkevann (Reinds et al., 2006, se også kap. 6). For ytterligere diskusjon om vannkvalitet henvises til annen rapport under overvåkingsprogrammet (Garmo et al., 2015).

Avsetningen av disse metallene på Svanvik er vanligvis langt høyere om sommeren enn om vinteren (se Figur 21). Sesongvariasjonen skyldes at frekvensen av vind fra Nikel mot Svanvik er klart høyest i sommerhalvåret (se

vindrose Figur 7). Som tidligere nevnt er det nå kontinuerlige målinger av tungmetaller i svevestøv både på Svanvik og i Karpdalen (kap. 9). 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.

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., 2015). 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 21: Avsetning med nedbør av Cu, Ni og As (mg/m<sup>2</sup>) i sommerhalvårene fra 1989 til 2015 og i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2015/16. Halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO<sub>2</sub> er også vist (µg/m<sup>3</sup>).

## 11. Konklusjon

Briketteringsanlegget i Zapoljarnij og smelteverket i Nikel slipper ut store mengder svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) 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 Jarfjordfjellet i Sør-Varanger i Øst-Finnmark.

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 Jarfjordfjellet nord for Nikel og Zapoljarnij. Begge stasjonene måler SO<sub>2</sub>, tungmetaller i luft og tungmetaller i nedbør, samt meteorologi.

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

Utslippene fra Zapoljarnij og Nikel utgjør nå i overkant av 100'000 tonn SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> gått ned.

Svanvik og Karpdalen kan oppleve kortvarige, høye konsentrasjoner av SO<sub>2</sub>, også kalt episoder. Norske grenseverdier for luftkvalitet er ikke overholdt i disse grenseområdene.

I 2015 ble grenseverdien for SO<sub>2</sub> timemiddel overskredet i Karpdalen med totalt 27 timemiddelverdier over 350 µg/m<sup>3</sup>, mens lovverket kun tillater 24 overskridelser pr kalenderår. Også i 2016 er norsk grenseverdi for timemiddel brutt i Karpdalen (38 overskridelser av 350 µg/m<sup>3</sup> per 31. mars 2016).

Likeledes er norsk grenseverdi for døgnmiddelverdi brutt i Karpdalen i 2016 med 7 døgnmiddelverdier over 125 µg/m<sup>3</sup> i perioden januar - mars, mens lovverket kun tillater 3 overskridelser pr kalenderår. I tillegg ble grenseverdien for vintersesong overskredet i Karpdalen med 29,8 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> som gjennomsnittskonsentrasjon vinteren 2015/16.

Prøvetaking av tungmetaller/elementer i luft og nedbør viser forhøyede verdier av Ni, Cu, As, Co 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 fra Russland og trender i norske og finske måleprogrammer.

# 12. Referanser og annet relevant stoff om forurensning i grenseområdene mellom Norge og Russland

## 12.1 Internettsteder

Her er det listet opp endel hjemmesider som er relevante for dette overvåkingsprosjektet (oppdatert pr mai 2016).

Miljødirektoratet (eng Norwegian Environment Agency), tidligere Klif (Klima- og forurensningsdirektoratet):  
[www.miljodirektoratet.no](http://www.miljodirektoratet.no)

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

NILU - Norsk institutt for luftforskning:  
[www.nilu.no](http://www.nilu.no)

Luftkvalitet.info der SO<sub>2</sub> på Svanvik og i Karpdalen vises i nær sanntid (disse to stasjonene vises nå under «byen» 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/](http://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/](http://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/>

Bioforsk Svanhovd:  
[http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/bioforsk/forskingssenter/senter/avdeling?p\\_dimension\\_id=15009](http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/bioforsk/forskingssenter/senter/avdeling?p_dimension_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.bellona.no/>

<http://www.bellona.ru/> (på russisk)

<http://www.nu.no>

Norilsk-Nickel (moderselskapet/kombinatet):

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

Kola Bergverkskompani (Kolskaya GMK, 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>

SO<sub>2</sub>-målinger i finsk Lappland:

[http://www.ilmanlaatu.fi/ilmanynt/nyt/ilmanynt.php?as=41&rs=Valitse+kunta&ss=Valitse+mittauspaikka&p=sulp\\_hurdioxide&pv=01.05.2011&h=10&et=map&ls=ruotsi](http://www.ilmanlaatu.fi/ilmanynt/nyt/ilmanynt.php?as=41&rs=Valitse+kunta&ss=Valitse+mittauspaikka&p=sulp_hurdioxide&pv=01.05.2011&h=10&et=map&ls=ruotsi)

Russiske måleresultater

[http://www.kolgimet.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=54&Itemid=239](http://www.kolgimet.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=239)

## 12.2 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.

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.

Baklanov, A. (1994) Monitoring and modelling of SO<sub>2</sub> and heavy metals in the atmosphere of the Kola peninsula in accordance with Russian-Norwegian programme on co-operation. Apatity, Russian Academy of Sciences, Kola Science Centre, Institute of Northern Ecological Problems.

Baklanov, A., Rodyushkina, I.A. (1996) Investigation of local transport of pollutants in the atmosphere of the Kola Subarctic (in Russian). Russian Academy of Sciences. Kola Science Centre. Institute of Northern Ecological Problems.

Bekkestad, T., Berg, T. (1996) Tungmetallforurensning i grenseområdet Norge-Russland. Kjeller, NILU (NILU OR, 70/96).

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).



- 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.
- Bruteig, I.E. (1984) Epifyttisk lav som indikator på luftforureining i Aust-Finnmark. Hovedfagsoppgåve, Universitetet i Trondheim.
- 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 SO<sub>2</sub> 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., Scancke, L.B., Høgåsen, T (2015) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - vannkjemiske effekter 2014. Oslo, Norsk institutt for vannforskning. Statlig program for forurensningsovervåking. (Miljødirektoratet rapport, M-414/2015). (NIVA-rapport 6907-2015).
- 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., Henriksen, J.F., Johnsrud, M., Sivertsen, B. (1990) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 2 pr. 1.3.1990. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 17/90).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Aarnes, M.J., Sivertsen, B. (1990) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 3 pr. 1.9.1990. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 79/90).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Aarnes, M.J., Sivertsen, B. (1991) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1991. Framdriftsrapport nr. 4 pr. 1.3.1991. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 32/91).
- 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 (NILU OR, 67/91).
- 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.
- Henriksen, J.F., Mikhailov, A.A., Mikhailovski, Y.N. (1992) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 54/92).
- Henriksen, J.F., Mikhailov, A.A. (1997) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Part II. Kjeller, NILU (NILU OR, 37/97).
- 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 grunnvannsnett - årsrapport 2010. Trondheim, Norges Geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2011.028).
- Jæger, Ø., Frengstad, B. (2015) Landsomfattende mark- og grunnvannsnett - 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/lfiles?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. (2014) Overvaking av radioaktivitet i omgivnadene 2013. Resultat frå Strålevernet sine Radnett- og luftfilterstasjonar og frå Sivilforsvaret si radiacmåleteneste. Østerås, Statens strålevern (StrålevernRapport, 2014:4).
- Nizzetto, P.B., Aas, W. (2016) Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation, annual report 2015. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-579/2016) (NILU report, 14/2016).
- Norton, S.A., Henriksen, A., Appelby, P.G., Ludwig, L.L., Vereault, D.V., Traaen, T.S. (1992) Trace metal pollution in Eastern Finnmark, Norway, as evidenced by studies of lake sediments. Oslo, Norsk institutt for vannforskning (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 487/92).
- 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.
- 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).
- Rambæk, J.P., Steinnes, E. (1980) Kartlegging av tungmetallnedfall i Norge ved analyse av mose. Kjeller, IFA (Institutt for atomenergi, Work report A7).
- 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. (1990) Sedimentundersøkelser i Pasvikelva høsten 1989. Oslo, Norsk institutt for vannforskning (NIVA-rapport O-89187) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 401/90).
- 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., 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).

- Schjoldager, J. (1979) Innhold av elementer i moltebær, mose og lav, Finnmark 1978. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 39/79).
- Schjoldager, J., Semb, A., Hanssen, J.E., Bruteig, I.E., Rambæk, J.P. (1983) Innhold av elementer i mose og lav, Øst-Finnmark 1981. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 55/83).
- Sivertsen, B., Baklanov, A., Hagen, L.O., Makarova, T. (1994) Air pollution in the border areas of Norway and Russia. Summary Report 1991-1993. Kjeller, NILU (NILU OR, 56/94).
- Sivertsen, B., Hagen, L.O., Hellevik, O., Henriksen, J.F. (1991) Luftforurensninger i grenseområdene Norge/Sovjetunionen januar 1990-mars 1991. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 69/91).
- 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).
- Sivertsen, B., Schjoldager, J. (1991) Luftforurensninger i Finnmark fylke. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 75/91).
- Sivertsen, T. (1991) Opptak av tungmetaller i dyr i Sør-Varanger. Trondheim, Direktoratet for naturforvaltning. (Naturens tålegrenser. Fagrapport 22. DN-notat, 1991-15).
- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensning på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo, SFT (SFT-rapport, 92:16).
- 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, Lappland 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).
- Traaen, T.S., Henriksen, A., Rognerud, S. (1990) Forsuring og tungmetallforurensning i små vassdrag i Sør-Varanger. Undersøkelser i 1989. Oslo, Norsk institutt for vannforskning (NIVA-rapport O-89076) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport, 402/90).
- Traaen, T.S. (1991) Forsuring og tungmetallforurensning i Sør-Varanger. Fremdriftsrapport for 1990. Oslo, Norsk institutt for vannforskning (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport, 481/92).
- Traaen, T.S., Henriksen, A., Källqvist, T., Wright, R.R. (1993) Forsuring og tungmetallforurensning i grenseområdene Norge/Russland. Vannkjemiske undersøkelser 1986-1992. Oslo, Norsk institutt for vannforskning (NIVA-rapport O-89187) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport, 511/93).
- Tømmervik, H., Johansen, B., Eira, A.N. (1989) Kartlegging av forurensningsskader på lavbeitene i østre Sør-Varanger reinbeitedistrikt ved hjelp av satelittbilder. Tromsø, FORUT (FORUT Rapport, R 0037).
- Tømmervik, H., Johansen, B.E., Pedersen, J.P. (1995) Monitoring the effects on air pollution terrestrial ecosystems in Varanger (Norway) and Nikel-Pechenga (Russia) using remote sensing. *Sci. Total Environ.*, 160-161, 753-767.

- Tømmervik, H., Johansen, M.E., Pedersen, J.P., Guneriussen, T. (1998) Integration of remote sensed and in-situ data in an analysis of the air pollution effects on terrestrial ecosystems in border areas between Norway and Russia (Russia). *Environ. Monit. Assess.*, 49, 51-85.
- 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.
- Wright, R.F., Traaen, T.S. (1992) Dalelva, Finnmark, northernmost Norway: prediction of future acidification using the MAGIC model. Oslo, Norsk institutt for vannforskning (Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport, 486/92).
- 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](http://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., Platt, S., Solberg, S., Yttri, K. (2016) Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway, annual report 2015. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-562/2016) (NILU report, 13/2016).

## 12.3 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](mailto: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 forurensingsovervåking. 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 SO<sub>2</sub> 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**

**Vind- og konsentrasjonsdata Svanvik og  
Karpdalen april – september 2015 og oktober  
2015 – mars 2016**

Vind- og konsentrasjonsdata SO<sub>2</sub> Svanvik 1. mars - 30. september 2015 (sommer)

Vindretning	Forekomst i %				Vindrose
	Hastighetsklasser vind				
	0,0 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	>6 m/s	
30	5,58	10,06	1,69	0,02	17,36
60	5,53	8,85	0,79	0	15,16
90	2,36	4,12	0,88	0	7,37
120	1,41	1,72	0,55	0	3,67
150	1,03	1,12	1,24	0,07	3,46
180	1,55	2,91	0,91	0,07	5,44
210	3,51	3,27	1,36	0,55	8,68
240	2,36	3,65	0,55	0	6,56
270	1,67	2,41	0,45	0	4,53
300	1,1	2,72	1,43	0,05	5,29
330	1,72	4,72	2,93	0,55	9,92
360	2,81	6,32	2,07	0,02	11,23
Stille < 0,4 m/s	1,34	0	0	0	1,34
<b>Total</b>	<b>31,95</b>	<b>51,86</b>	<b>14,85</b>	<b>1,34</b>	<b>100</b>

Vindretning	Gjennomsnittskonsentrasjon i µg/m <sup>3</sup>					
	Hastighetsklasser vind				Snitt	Standardavvik
	0,0 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	>6 m/s		
30	5,12	3,67	0,43	0,4	3,82	0,5
60	25,47	15,37	2,84	-	18,4	1,74
90	26,67	35,2	12,81	-	29,79	3,27
120	34,83	44,09	3,4	-	34,46	6,52
150	11,38	7,9	3,6	0,0	7,22	1,63
180	15,72	1,25	1,03	1,61	5,34	1,61
210	5,13	1,07	0,89	1,24	2,69	0,58
240	6,46	0,92	0,33	-	2,86	0,81
270	3,12	1,05	0,91	-	1,8	0,51
300	2,18	0,86	0,31	0,0	0,98	0,33
330	7,16	0,93	0,05	0,17	1,71	0,55
360	6,17	2,59	0,0	0,15	3	0,66
Stille <= 0,4	3,03	-	0	0	3,03	1,04
Snitt	12,27	-	0	0	8,55	
Standardavvik	1,03	-	0	0	0,49	

Vind- og konsentrasjonsdata Svanvik SO<sub>2</sub> 1. oktober 2015 - 31. mars 2016 (vinter). Vinddata fra LMT's instrument.

Vindretning	Forekomst i %				Vindrose
	Hastighetsklasser vind				
	0,0 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	>6 m/s	
30	0,94	0,21	0,02	0	1,18
60	1,38	0,12	0	0	1,5
90	0,65	0,12	0	0	0,76
120	0,44	0,07	0	0	0,51
150	0,71	0,53	0	0	1,24
180	4,49	5,39	1,8	0,3	11,98
210	10,05	10,65	3,3	0,37	24,36
240	7,74	2,88	0,39	0,02	11,04
270	3,25	1,22	0,16	0	4,63
300	2,05	1,18	0,51	0,09	3,83
330	1,68	1,59	0,46	0,51	4,24
360	0,88	0,51	0,07	0,02	1,47
Stille < 0,4 m/s	33,26	0	0	0	33,26
<b>Total</b>	<b>67,53</b>	<b>24,45</b>	<b>6,71</b>	<b>1,31</b>	<b>100</b>

Vindretning	Gjennomsnittskonsentrasjon i µg/m <sup>3</sup>					
	Hastighetsklasser vind				Snitt	Standardavvik
	0,0 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	>6 m/s		
30	6,41	0,51	1,51	-	5,27	1,4
60	36,92	6,47	-	-	34,58	5,8
90	59,42	98,29	-	-	65,31	10,3
120	87,1	20,7	-	-	78,04	23,48
150	2,81	17,98	-	-	9,27	2,73
180	5,3	1,15	1,65	0,82	2,77	1,12
210	1,11	0,55	0,63	0,65	0,8	0,08
240	0,86	0,29	1,29	-0,07	0,72	0,3
270	1,93	1,02	1,54	-	1,67	0,92
300	1,48	0,43	0,26	0,47	0,97	0,47
330	5,18	0,59	1,32	0,19	2,44	0,9
360	7,35	0,87	0,94	1,05	4,73	1,8
Stille <= 0,4	16,35	-	0	0	16,35	0,9
Snitt	11,04	-	0	0	7,92	
Standardavvik	0,59	-	0	0	0,41	

Vind- og konsentrasjonsdata Karpdalen SO<sub>2</sub> 1. mars- 30. september 2015 (sommer)

Vindretning	Forekomst i %				Vindrose
	Hastighetsklasser vind				
	0,0 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	>6 m/s	
30	1,38	1,01	0,05	0	2,44
60	1,6	0,74	0	0	2,34
90	2,37	1,55	0,12	0	4,04
120	1,7	1,78	0,22	0	3,7
150	3,82	3,65	0,64	0	8,11
180	8,61	8,75	3,08	0,69	21,13
210	4,69	2,86	0,12	0,02	7,69
240	0,91	0,1	0,02	0	1,04
270	0,59	0,32	0,02	0	0,94
300	4,73	2,89	0,64	0,02	8,29
330	11,59	11,22	2,61	0,05	25,47
360	4,27	7,97	1,7	0,12	14,06
Stille < 0,4 m/s	0,74	0	0	0	0,74
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>42,84</b>	<b>9,25</b>	<b>0,91</b>	<b>100</b>

Vindretning	Gjennomsnittskonsentrasjon i µg/m <sup>3</sup>					
	Hastighetsklasser vind				Snitt	Standardavvik
	0.0 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	>6 m/s		
30	1,95	0,9	8,19	-	1,64	0,57
60	1,53	1,42	-	-	1,5	0,65
90	3,6	1,31	1,72	-	2,66	0,75
120	4,73	3,04	2,04	-	3,76	0,67
150	12,92	10,15	14,56	-	11,8	1,69
180	14,99	22,58	16,35	34,83	18,98	1,53
210	3,72	8,56	11,77	1,41	5,64	0,8
240	3,27	5,98	6,86	-	3,62	2,33
270	0,99	4,97	2,16	-	2,38	0,59
300	1,6	1,31	1,34	7,39	1,5	0,21
330	3,51	1,21	0,84	3,13	2,22	0,36
360	1,63	0,97	1,8	1,02	1,27	0,19
Stille <= 0,4	2,12	-	0	0	2,12	0,57
Snitt	5,91	-	0	0	6,67	
Standardavvik	0,56	-	0	0	0,39	

Vind- og konsentrasjonsdata Karpdalen SO<sub>2</sub> 1. oktober 2015 - 31. mars 2016 (vinter)

Vindretning	Forekomst i %				Vindrose
	Hastighetsklasser vind				
	0,0 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	>6 m/s	
30	0,61	0,2	0,08	0	0,89
60	0,61	0,26	0	0	0,87
90	1,2	0,13	0	0	1,33
120	3,01	1,07	0,23	0	4,31
150	12,34	9,1	3,62	0,43	25,5
180	13,57	9,33	4,92	0,46	28,28
210	4,28	4,62	3,57	0	12,47
240	1,91	0,97	0,15	0	3,03
270	1,35	0,26	0	0	1,61
300	3,55	2,22	0,77	0,33	6,86
330	4,69	4	1,45	0,77	10,92
360	1,48	0,84	0,38	0,05	2,75
Stille < 0,4 m/s	1,17	0	0	0	1,17
<b>Total</b>	<b>49,78</b>	<b>33</b>	<b>15,17</b>	<b>2,04</b>	<b>100</b>

Vindretning	Gjennomsnittskonsentrasjon i µg/m <sup>3</sup>					
	Hastighetsklasser vind				Snitt	Standardavvik
	0.0 - 2 m/s	2 - 4 m/s	4 - 6 m/s	>6 m/s		
30	6,03	17,61	1,1	-	8,25	2,71
60	10,16	2,6	-	-	7,94	3,84
90	6,54	23,85	-	-	8,21	1,99
120	18,59	18,06	7,54	-	17,87	3,17
150	26,56	48,82	31,38	2,66	34,79	2,42
180	49,99	25,73	23,72	43,32	37,3	2,78
210	19,37	71,64	86,46	-	57,92	3,96
240	20,89	62,53	29,91	-	34,64	5,35
270	9,96	58,2	-	-	17,62	6,15
300	7,32	0,94	1,54	1,21	4,32	1,06
330	5,41	0,68	0,98	1,67	2,83	0,8
360	5,47	3,66	2,94	1,39	4,49	1,36
Stille <= 0,4	18,93	-	0	0	18,93	5,28
Snitt	26,07	-	0	0	29,95	
Standardavvik	1,67	-	0	0	1,18	

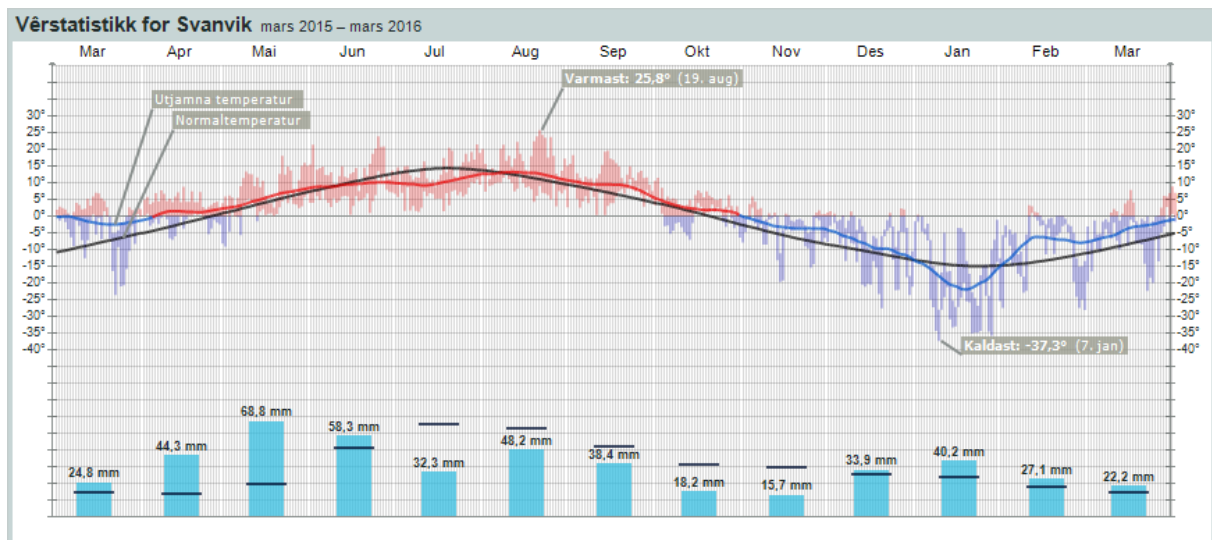
## **Vedlegg B**

# **Værstatistikk for Svanvik, Nyrud og Kirkenes lufthavn Høybukthoen mars 2015 - mars 2016**

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

### Svanvik

[http://www.yr.no/stad/Noreg/Finnmark/S%C3%B8r-Varanger/Svanvik\\_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html](http://www.yr.no/stad/Noreg/Finnmark/S%C3%B8r-Varanger/Svanvik_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html) [URL 13-04-2016]:



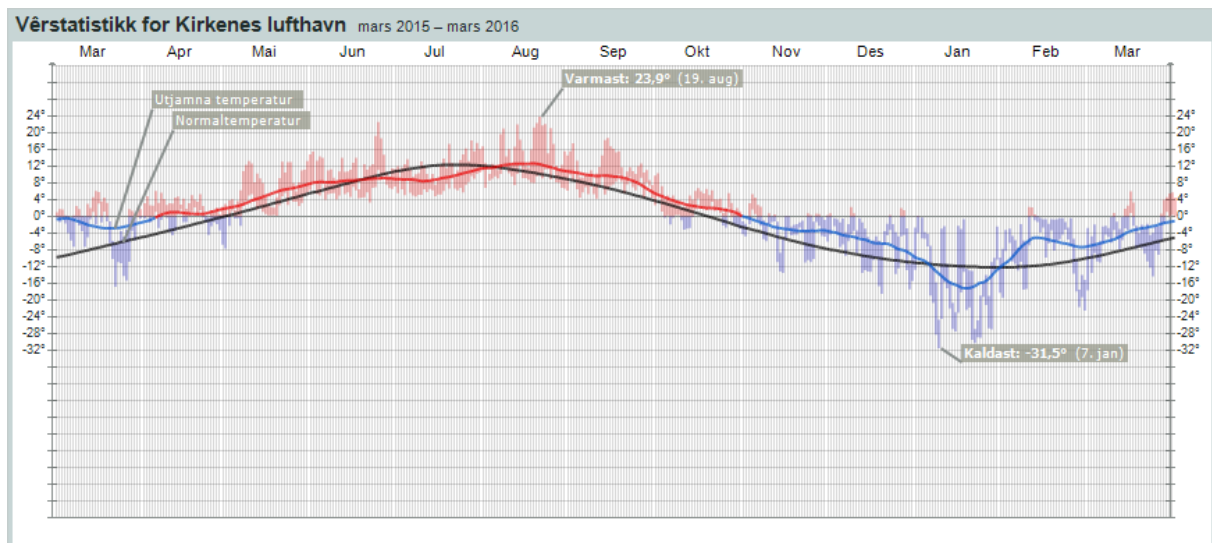
### Tabellvisning for temperatur og nedbør per måned

Månader	Temperatur				Nedbør			Vind	
	Gjennomsnitt	Normal	Varmast	Kaldast	Totalt	Normal	Mest på ett døger	Gjennomsnitt	Sterkast vind
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
nov 2015	-2,8°	-6,0°	5,9° 2. nov	-19,6° 12. nov	15,7 mm	35,0 mm	2,7 mm 1. nov	2,0 m/s	8,9 m/s 15. nov
okt 2015	1,5°	0,5°	8,5° 1. okt	-7,9° 30. okt	18,2 mm	37,0 mm	4,2 mm 22. okt	1,4 m/s	6,5 m/s 25. okt
sep 2015	9,1°	6,5°	19,6° 12. sep	0,4° 8. sep	38,4 mm	50,0 mm	6,9 mm 6. sep	1,6 m/s	7,4 m/s 29. sep
aug 2015	12,7°	11,5°	25,8° 19. aug	2,7° 29. aug	48,2 mm	63,0 mm	16,7 mm 9. aug	1,3 m/s	4,9 m/s 12. aug
jul 2015	10,4°	14,0°	21,5° 28. jul	1,3° 7. jul	32,3 mm	66,0 mm	11,0 mm 3. jul	1,8 m/s	5,2 m/s 30. jul
jun 2015	9,7°	10,5°	23,9° 23. jun	0,5° 13. jun	58,3 mm	49,0 mm	8,7 mm 16. jun	2,1 m/s	8,4 m/s 2. jun
mai 2015	6,3°	4,5°	21,4° 31. mai	-5,7° 5. mai	68,8 mm	23,0 mm	10,5 mm 4. mai	2,3 m/s	7,9 m/s 24. mai
apr 2015	1,2°	-2,0°	8,8° 15. apr	-9,1° 30. apr	44,3 mm	16,0 mm	15,5 mm 23. apr	1,2 m/s	4,1 m/s 6. apr
mar 2015	-1,9°	-8,0°	7,0° 15. mar	-23,6° 22. mar	24,8 mm	17,0 mm	9,7 mm 20. mar	1,5 m/s	4,6 m/s 28. mar

**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 13-04-2016]:



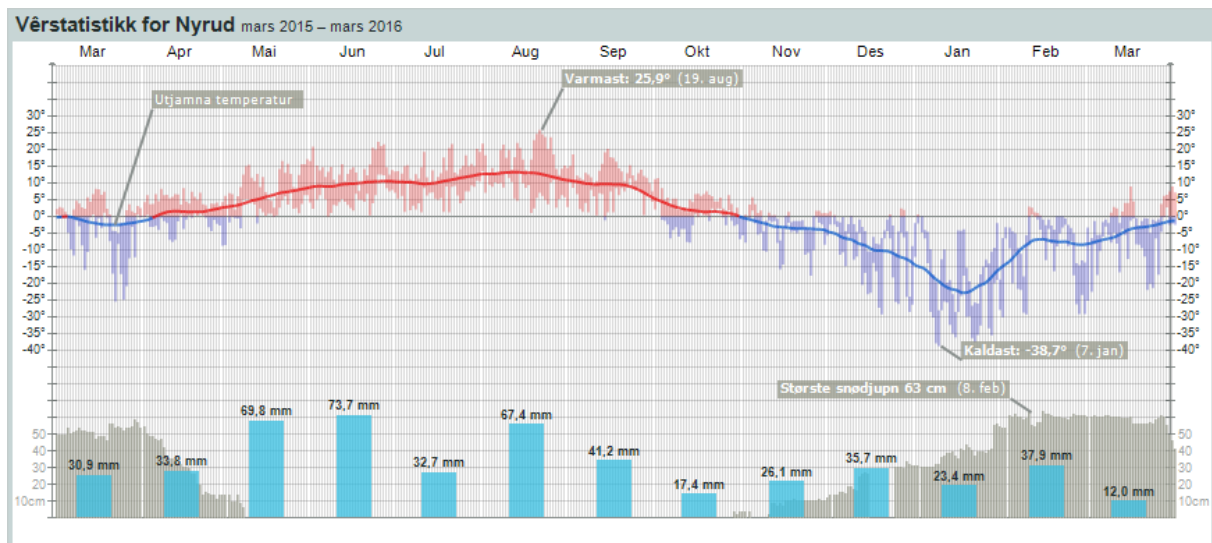
Tabellvisning for temperatur og nedbør per måned

Månader	Temperatur				Vind	
	Gjennomsnitt	Normal	Varmast	Kaldast	Gjennomsnitt	Sterkast vind
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
nov 2015	-2,5°		5,4° 2. nov	-13,5° 13. nov	5,2 m/s	14,8 m/s 15. nov
okt 2015	1,7°		7,3° 1. okt	-4,7° 31. okt	4,1 m/s	11,5 m/s 25. okt
sep 2015	9,1°		18,8° 12. sep	2,7° 29. sep	4,1 m/s	13,8 m/s 29. sep
aug 2015	12,4°		23,9° 19. aug	6,2° 29. aug	3,2 m/s	9,4 m/s 6. aug
jul 2015	9,5°		18,2° 26. jul	4,8° 6. jul	3,9 m/s	9,7 m/s 3. jul
jun 2015	8,8°		22,6° 23. jun	3,4° 20. jun	4,7 m/s	14,5 m/s 2. jun
mai 2015	5,6°		15,5° 31. mai	-2,2° 1. mai	4,9 m/s	11,8 m/s 7. mai
apr 2015	0,7°		6,1° 5. apr	-7,6° 30. apr	4,2 m/s	11,2 m/s 21. apr
mar 2015	-2,3°		6,1° 15. mar	-16,8° 22. mar	6,7 m/s	15,1 m/s 13. mar



**Nyrod :**

[http://www.yr.no/stad/Noreg/Finmark/S%C3%B8r-Varanger/Nyrod\\_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html](http://www.yr.no/stad/Noreg/Finmark/S%C3%B8r-Varanger/Nyrod_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html) [URL 13-04-2016].

**Tabellvisning for temperatur og nedbør per måned**

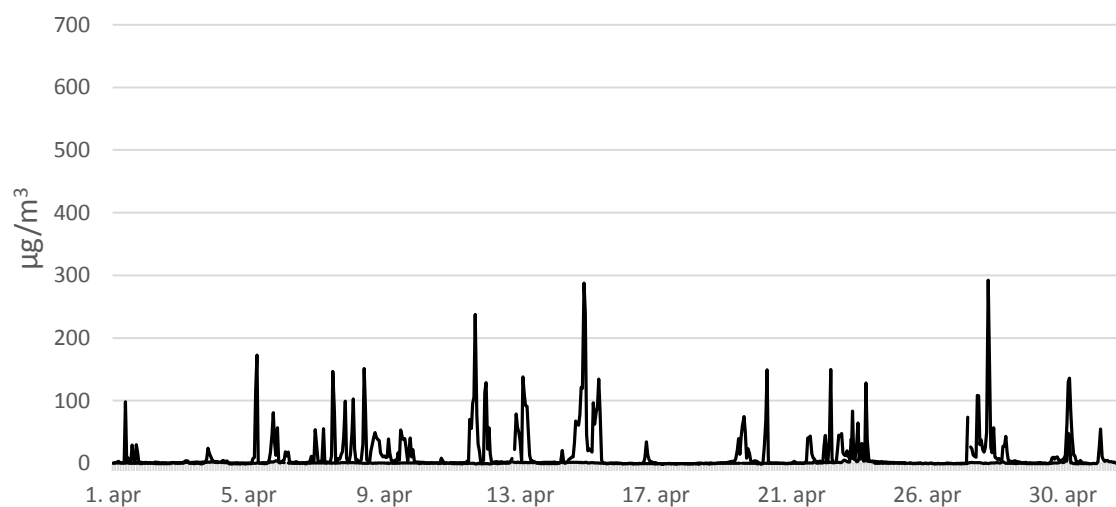
Månader	Temperatur				Nedbør		
	Gjennomsnitt	Normal	Varmast	Kaldast	Totalt	Normal	Mest på ett dager
mar 2016	-3,3°		9,0° 15. mar	-22,5° 1. mar	12,0 mm		2,2 mm 18. mar
feb 2016	-8,5°		3,0° 8. feb	-29,2° 7. feb	37,9 mm		6,8 mm 1. feb
jan 2016	-20,7°		0,0° 1. jan	-38,7° 7. jan	23,4 mm		9,0 mm 27. jan
des 2015	-9,1°		2,4° 25. des	-29,2° 18. des	35,7 mm		6,7 mm 26. des
nov 2015	-2,8°		5,8° 2. nov	-17,7° 23. nov	26,1 mm		6,3 mm 9. nov
okt 2015	1,0°		8,5° 1. okt	-7,8° 11. okt	17,4 mm		4,6 mm 26. okt
sep 2015	9,2°		20,3° 12. sep	-1,1° 11. sep	41,2 mm		11,4 mm 19. sep
aug 2015	12,8°		25,9° 19. aug	1,1° 16. aug	67,4 mm		31,8 mm 9. aug
jul 2015	10,8°		21,8° 30. jul	1,3° 8. jul	32,7 mm		8,5 mm 28. jul
jun 2015	10,0°		22,3° 23. jun	0,1° 5. jun	73,7 mm		21,9 mm 2. jun
mai 2015	6,7°		20,9° 31. mai	-3,5° 5. mai	69,8 mm		13,0 mm 24. mai
apr 2015	1,3°		8,5° 15. apr	-8,7° 29. apr	33,8 mm		9,1 mm 23. apr
mar 2015	-2,0°		8,3° 15. mar	-25,4° 22. mar	30,9 mm		9,3 mm 20. mar

## **Vedlegg C**

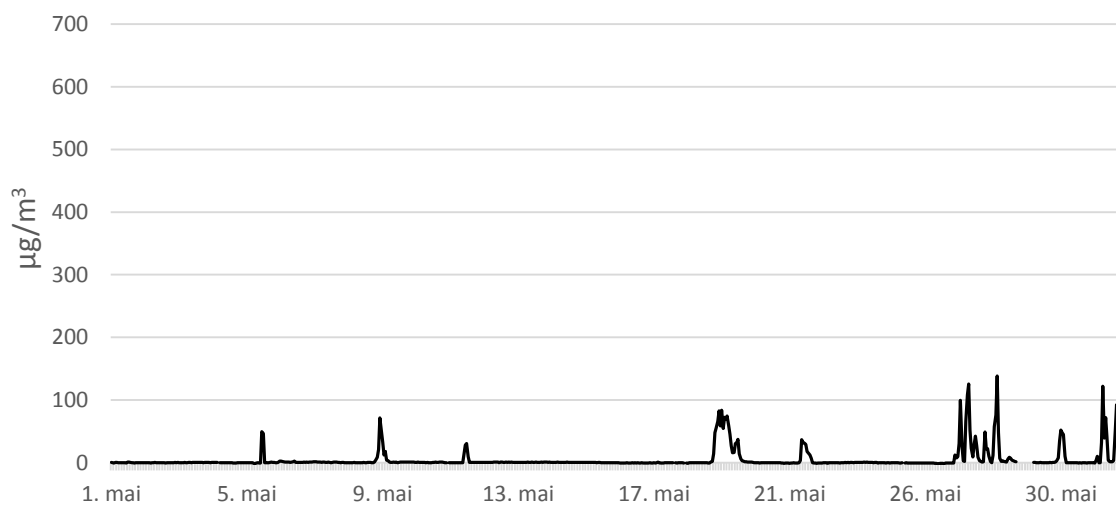
### **Plott av timemiddelverdier av SO<sub>2</sub>, april 2015 - mars 2016**

Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> på Svanvik april - juni 2015.

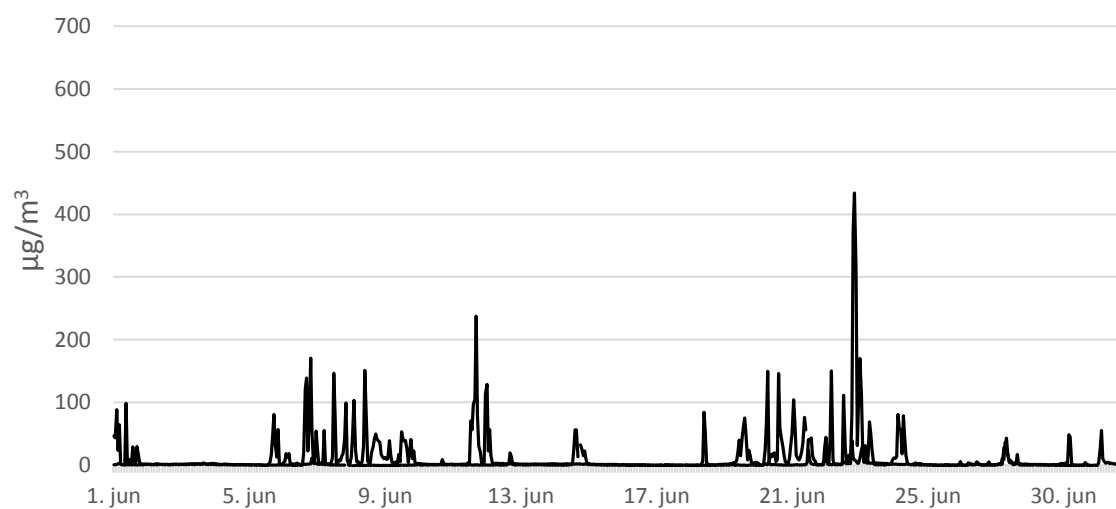
### SO<sub>2</sub> - Svanvik april 2015



### SO<sub>2</sub> - Svanvik mai 2015

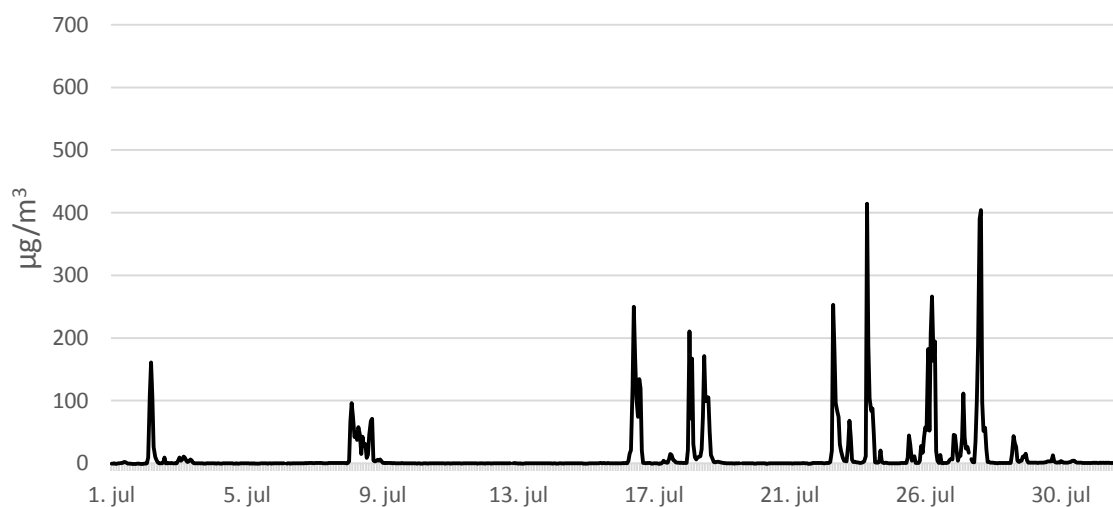


### SO<sub>2</sub> - Svanvik juni 2015

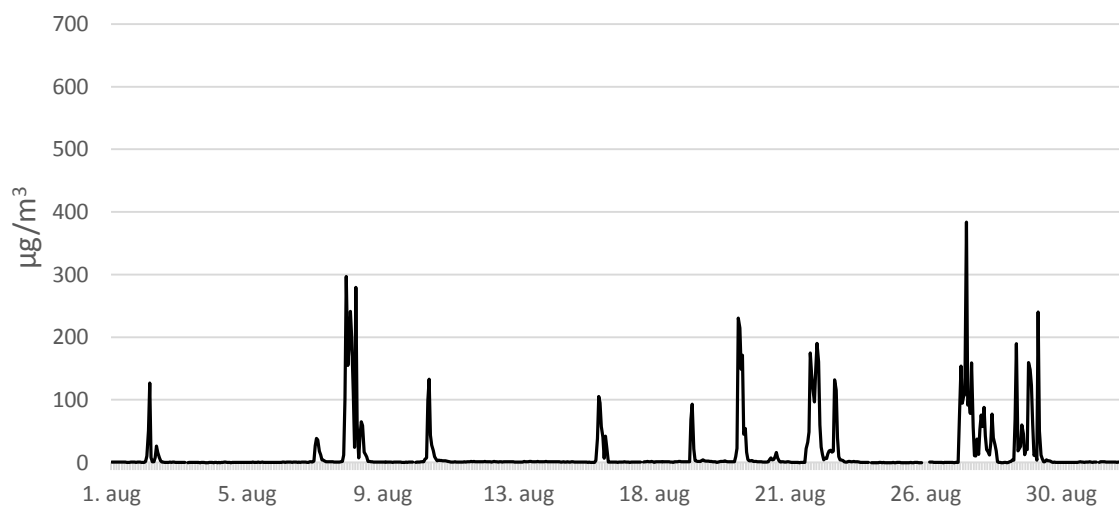


Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> på Svanvik juli - september 2015.

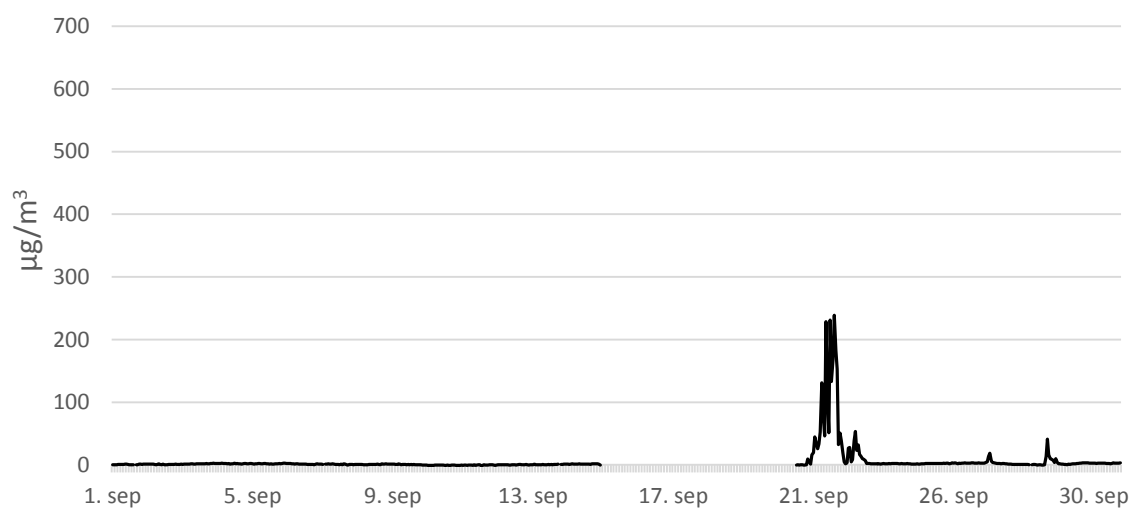
SO<sub>2</sub> - Svanvik juli 2015

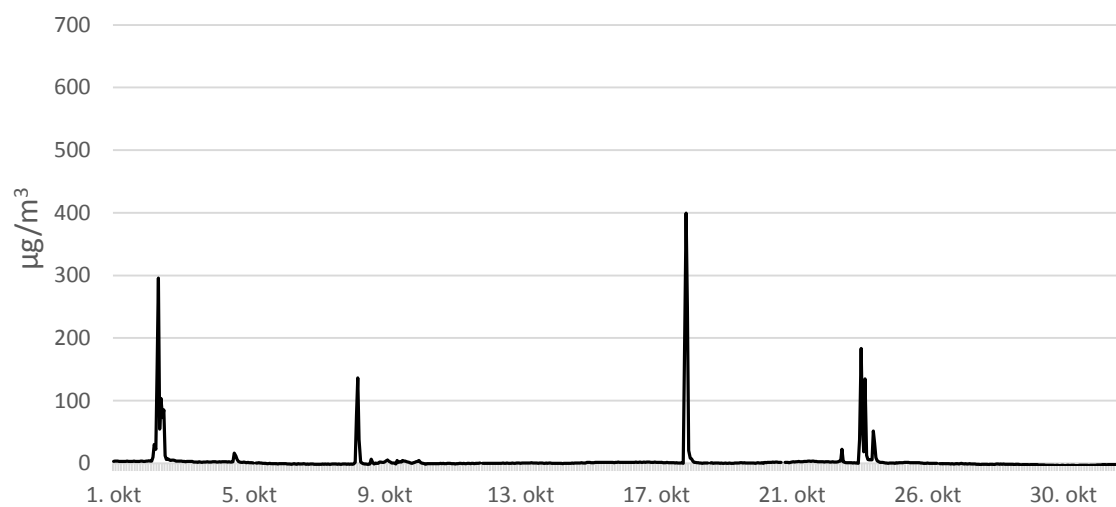
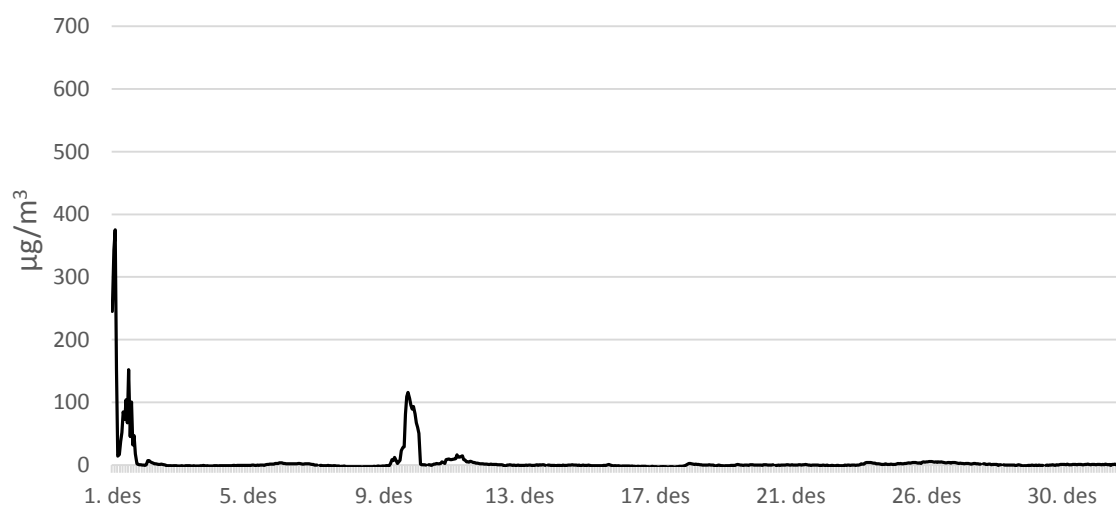


SO<sub>2</sub> - Svanvik august 2015



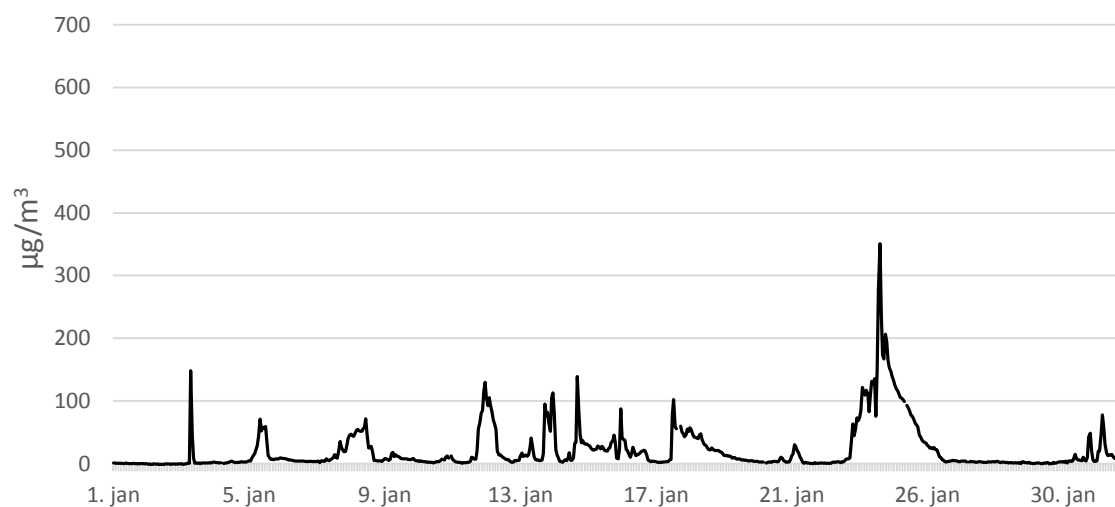
SO<sub>2</sub> - Svanvik september 2015



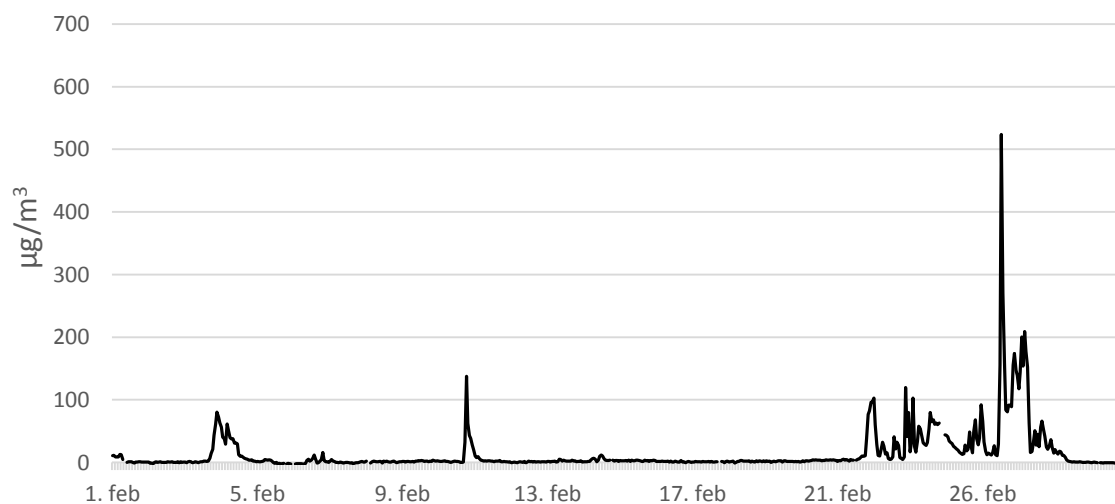
Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> på Svanvik oktober - desember 2015.SO<sub>2</sub> - Svanvik oktober 2015SO<sub>2</sub> - Svanvik november 2015SO<sub>2</sub> - Svanvik desember 2015

Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> på Svanvik januar - mars 2016.

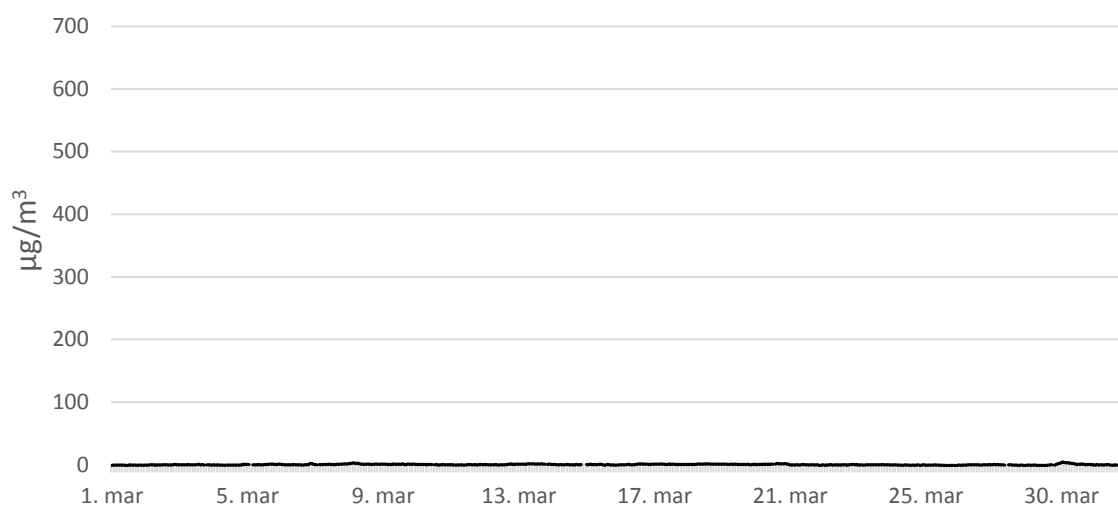
### SO<sub>2</sub> - Svanvik januar 2016

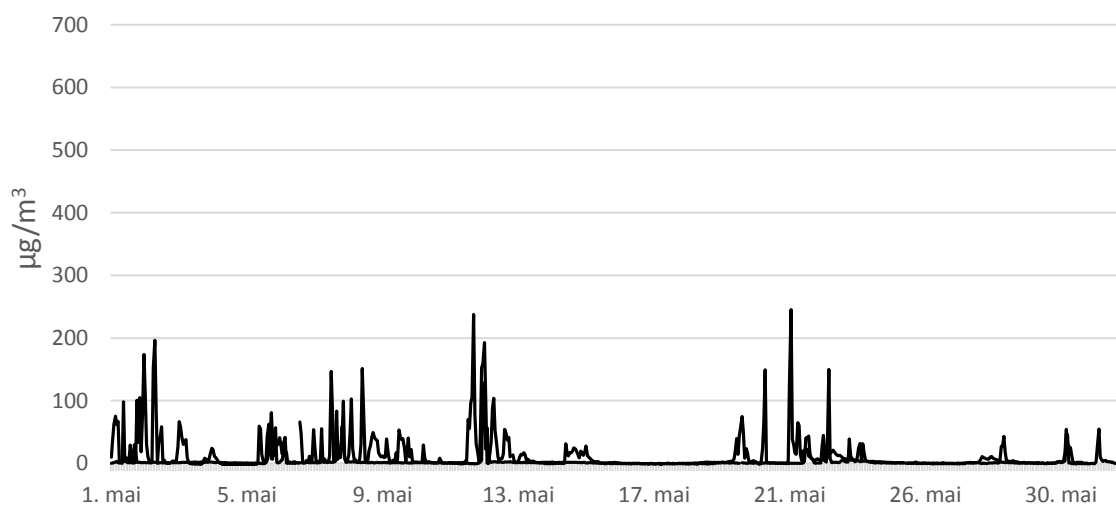
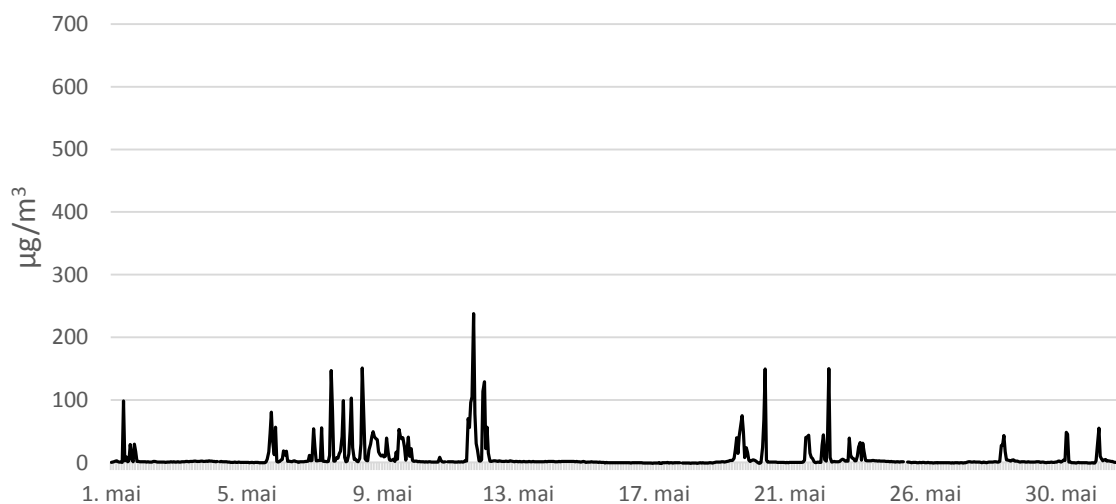
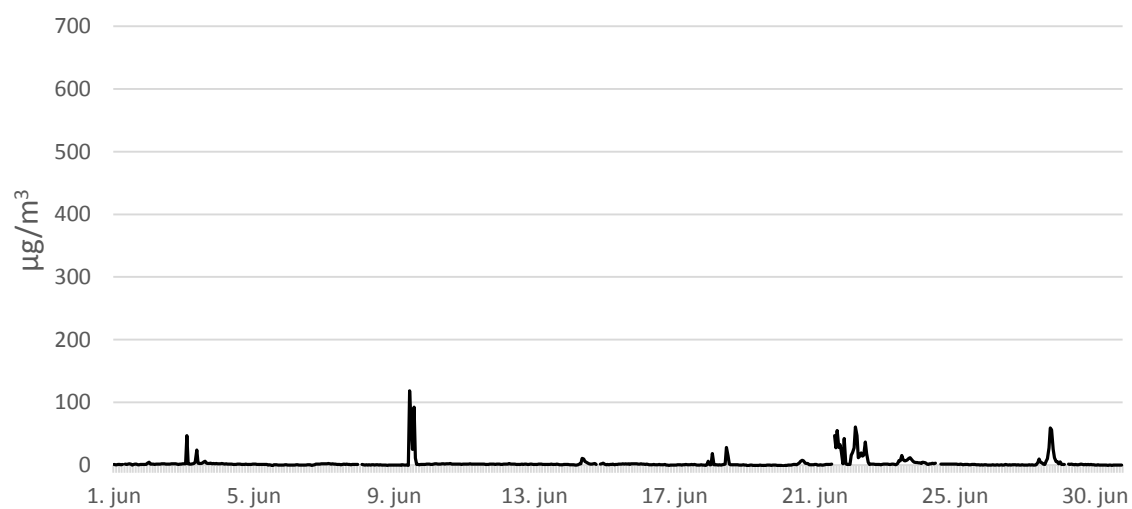


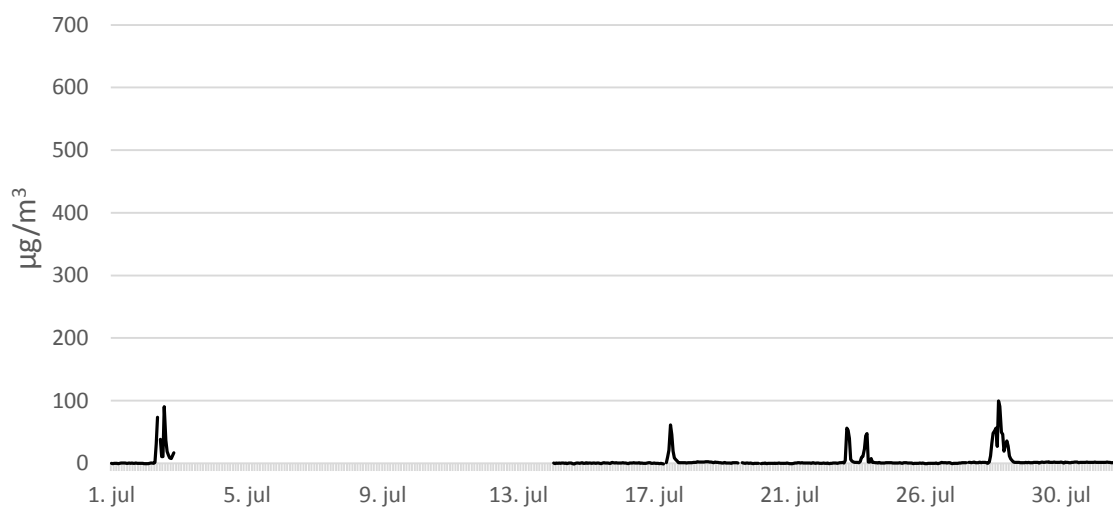
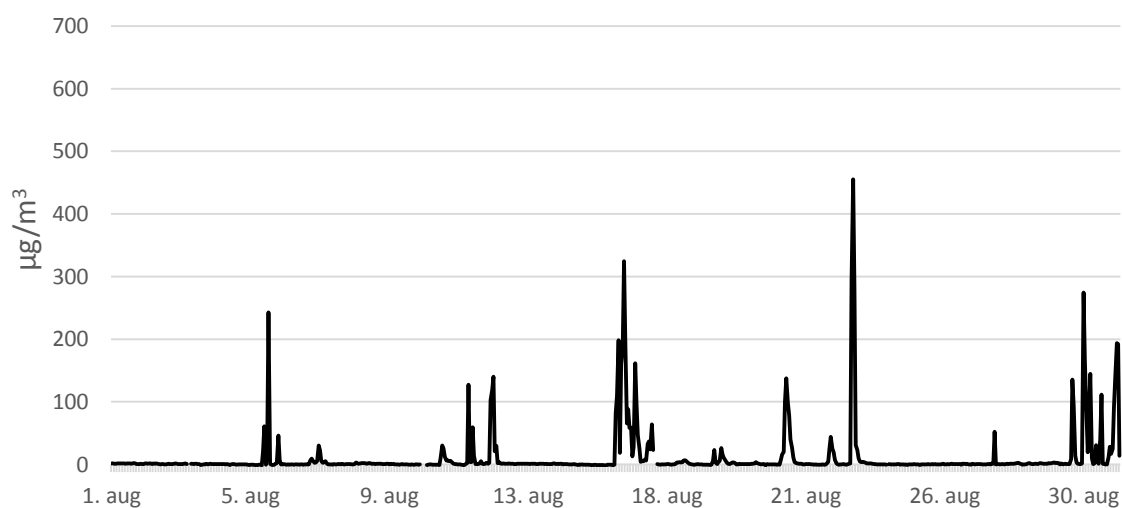
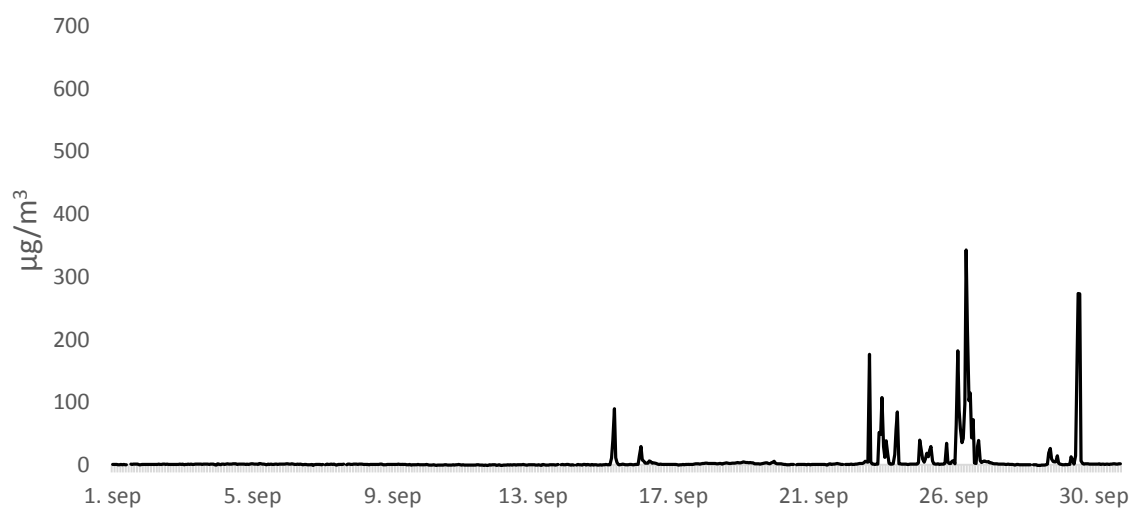
### SO<sub>2</sub> - Svanvik februar 2016



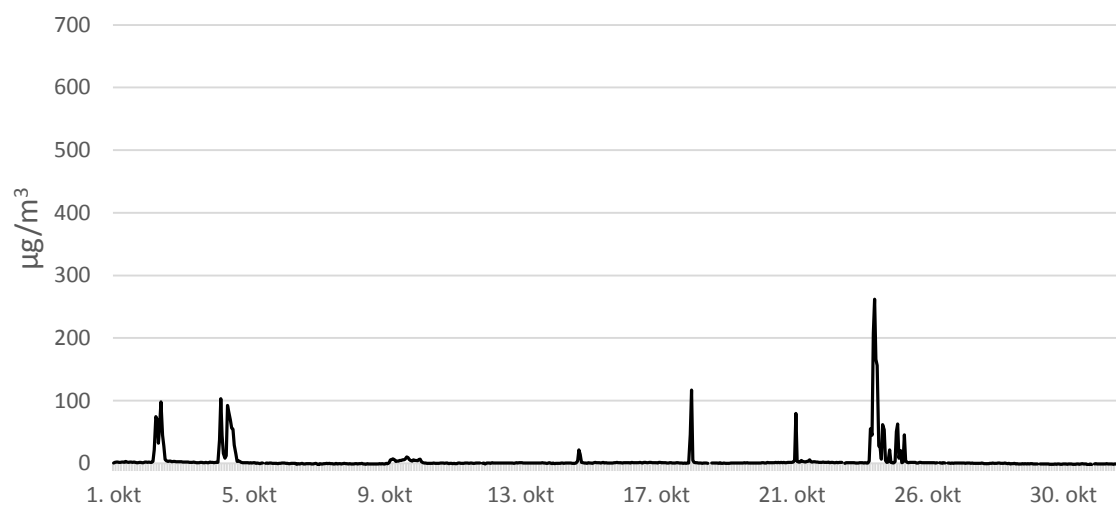
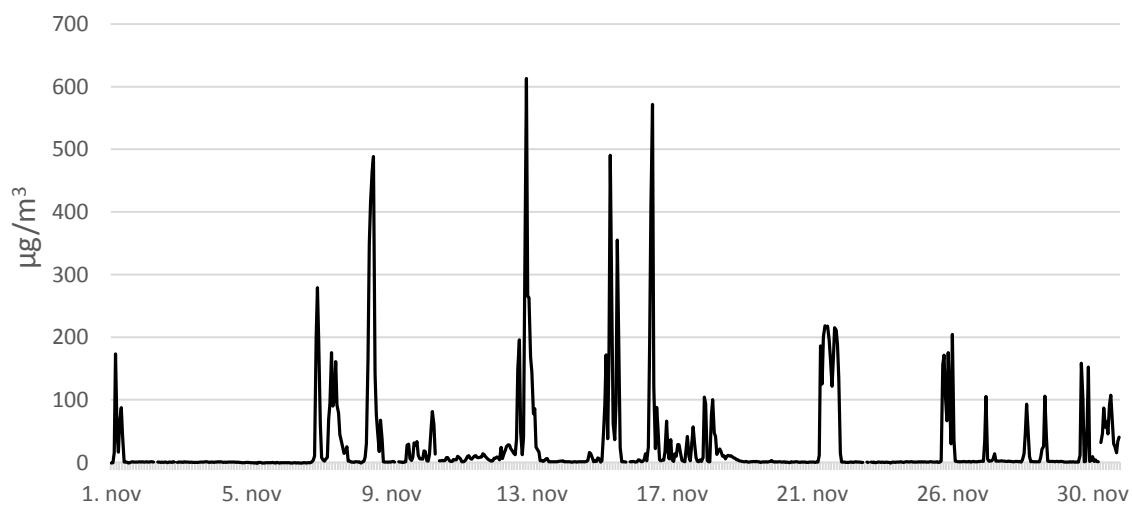
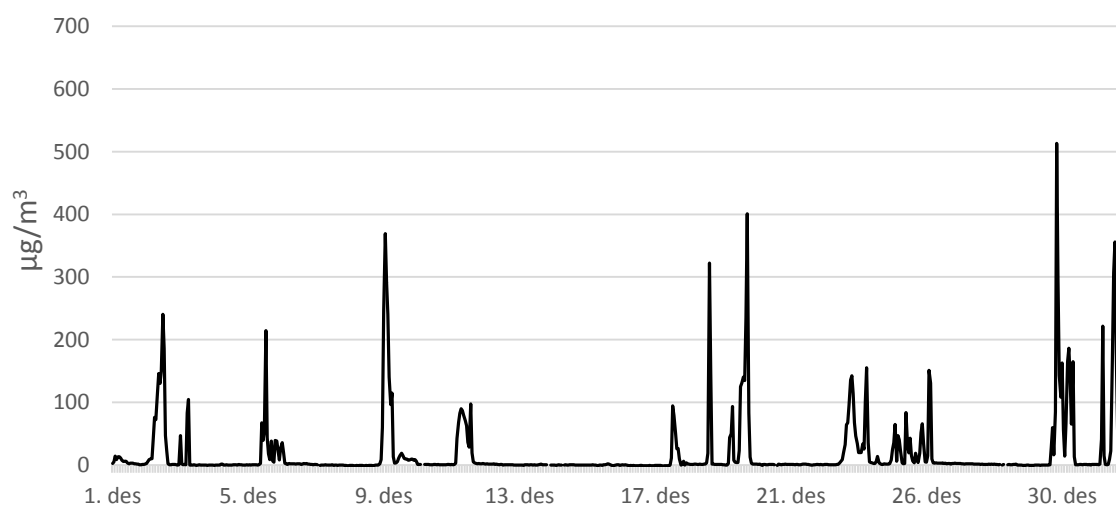
### SO<sub>2</sub> - Svanvik mars 2016

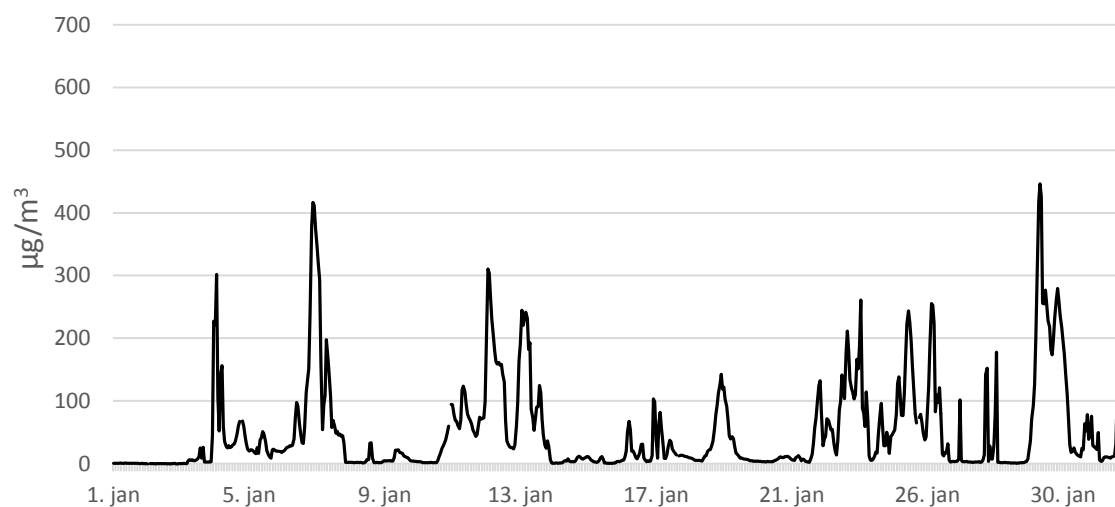
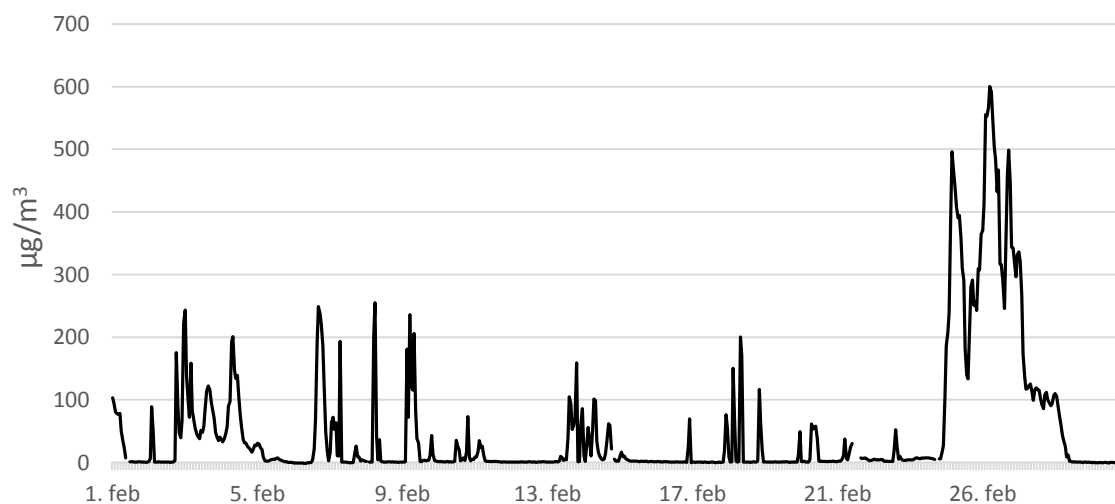
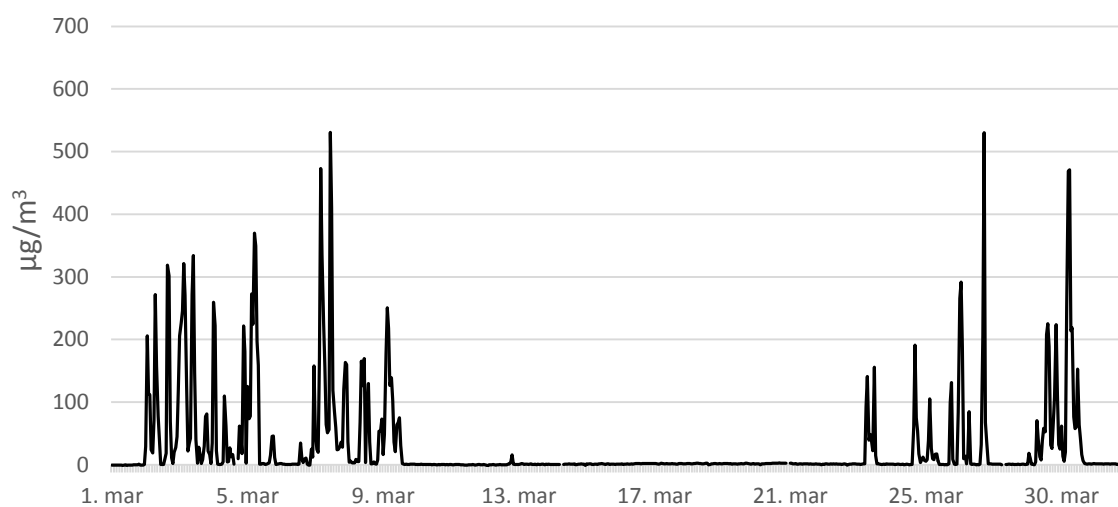


Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> i Karpdalen april - juni 2015.SO<sub>2</sub> - Karpdalen april 2015SO<sub>2</sub> - Karpdalen mai 2015SO<sub>2</sub> - Karpdalen juni 2015

Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> i Karpdalen juli - september 2015.SO<sub>2</sub> - Karpdalen juli 2015SO<sub>2</sub> - Karpdalen august 2015SO<sub>2</sub> - Karpdalen september 2015



Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> i Karpdalen oktober- desember 2015.SO<sub>2</sub> - Karpdalen oktober 2015SO<sub>2</sub> - Karpdalen november 2015SO<sub>2</sub> - Karpdalen desember 2015

Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> i Karpdalen januar - mars 2016.SO<sub>2</sub> - Karpdalen januar 2016SO<sub>2</sub> - Karpdalen februar 2016SO<sub>2</sub> - Karpdalen mars 2016

### Miljødirektoratet

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

**E-post:** [post@miljodir.no](mailto:post@miljodir.no)

**Nett:** [www.miljodirektoratet.no](http://www.miljodirektoratet.no)

**Post:** Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim

**Besøksadresse Trondheim:** Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

**Besøksadresse Oslo:** Grensesvingen 7, 0661 Oslo

The Norwegian Environment Agency is working for a clean and diverse environment. Our primary tasks are to reduce greenhouse gas emissions, manage Norwegian nature, and prevent pollution.

We are a government agency under the Ministry of Climate and Environment and have 700 employees at our two offices in Trondheim and Oslo and at the Norwegian Nature Inspectorate's more than sixty local offices.

We implement and give advice on the development of climate and environmental policy. We are professionally independent. This means that we act independently in the individual cases that we decide and when we communicate knowledge and information or give advice.

Our principal functions include collating and communicating environmental information, exercising regulatory authority, supervising and guiding regional and local government level, giving professional and technical advice, and participating in international environmental activities.