



MILJØOVERVÅKNING

M-1069 | 2018

Grenseområdene Norge-Russland

Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2017



KOLOFON

Utførende institusjon

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

ISBN: 978-82-425-2932-9 (electronic)

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Tore Flatlandsmo Berglen

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Camilla Fossum Pettersen

M-nummer

M-1069

År

2018

Sidetall

116

Miljødirektoratets kontraktnummer

17078062

Utgiver

NILU - Norsk institutt for luftforskning
NILU rapport 14/2018
NILU prosjekt nr. O-8976

Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

Forfatter(e)

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

Tittel - norsk og engelsk

Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2017.
Air quality monitoring in the border areas of Norway and Russia, annual report 2017.

Sammendrag - Summary

Smelteverkene i NV-Russland slipper ut store mengder svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller. Utslippene påvirker luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene. Miljøovervåkingen viser at grenseverdier for SO₂ er overholdt i kalenderåret 2017, samt sesongmiddel vinter 2016/17. Målsettingsverdier for Ni og As er overholdt.
The nickel smelters in NW Russia emit large quantities of sulphur dioxide (SO₂) and heavy metals. These emissions lead to enhanced concentrations of environmental pollutants in the border areas. The monitoring programme shows that air quality in the border areas was in compliance with Norwegian limit values for SO₂ for calendar year 2017, as well as seasonal mean winter 2016/17.

4 emneord

Luftkvalitetsmålinger, nedbørkvalitet,
tungmetaller, industriforurensning

4 subject words

Air quality monitoring, precipitation chemistry,
heavy metals, industrial pollution

Forsidefoto

Forsidebilde: Benjamin Flatlandsmo Berglen. Bildet er tatt 1.april 2018 ved Utnes på Svanvik og viser smelteverket og Nikel by.

Innhold

1. Sammendrag: Luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene Norge-Russland i 2017	3
1.1 Резюме: Качество атмосферного воздуха и осадков в приграничных районах Норвегии и России в 2017 г.	5
1.2 Tiivistelmä/finsk Venäjän vastaisten raja-alueiden ilman- ja sadeveden laatu 2017 ...	8
1.3 Summary: Air and precipitation quality in the Norwegian-Russian border areas in 2017	11
2. Utslipp, målinger og grenseverdier	14
2.1 Utslipp	14
2.2 Måleprogram	15
2.3 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge	17
3. Måleresultater meteorologi 2017	19
3.1 Vindhastighet og -retning	19
3.2 Nedbørmålinger	20
4. Måleresultater svoveldioksid (SO ₂) og uorganiske komponenter	21
4.1 SO ₂ kalenderåret 2017	21
4.2 Trender av SO ₂ 1974 - 2017	26
4.2.1 Timemiddelverdier - grenseverdi 350 µg/m ³	26
4.2.2 Døgnmiddelverdier - grenseverdi 125 µg/m ³	27
4.2.3 Vinterhalvår og kalenderår	27
4.3 Uorganiske komponenter i nedbør	28
5. Måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør	30
5.1 Tungmetaller i svevestøv	30
5.2 Tungmetaller i nedbør - konsentrasjon	32
5.3 Tungmetaller i nedbør - våtavsetning	33
6. Konklusjon	36
7. Referanseliste	37

1. Sammendrag: Luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene Norge-Russland i 2017

Grenseområdene Norge-Russland er rike på metaller og mineraler. Ved byen Nikel i Russland har det siden 1930-tallet vært smelteverk som produserer nettopp nikkel. Malmen som brytes og videreforedles inneholder tungmetaller som nikkel og kobber, men også svovel. Dette medfører at smelteverkene slipper ut store mengder svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller. Utslippene påvirker luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene. Pasvikdalen og Jarfjord i Sør-Varanger kommune har de høyeste målte konsentrasjonene av SO₂ og tungmetaller i Norge.

Utslipp

Utslippene av SO₂ fra briketteringsanlegget i Zapoljarnij og nikkelsmelteverket i Nikel i Russland er rundt 100 000 tonn i året. På 1970/80-tallet var utslippene over 400 000 tonn i året. De høye utslippene den gang skyldtes bruk av svovelholdig malm fra Norilsk i Sibir. Briketteringsanlegget i Zapoljarnij har nylig gjennomgått en oppgradering med nye produksjonslinjer og dette vil gi reduserte utslipp fra Zapoljarnij, men økte utslipp fra Nikel. De russiske verkene slipper også ut tungmetaller. Nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) regnes som spormetaller fra nikkerverkene.

Måleprogram

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

Luftkvalitet - SO₂

En oppsummering av måleresultatene for SO₂ i 2017 er gitt i Tabell 1. De høyeste konsentrasjonene på kort tidsskala (10-minutter, time) observeres typisk ved Svanvik på grunn av nærheten til Nikelverket. De høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) observeres i Karpdalen som er mest utsatt vinterstid pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør.

Generelt viser målingene at miljøbelastningen på Svanvik grunnet SO₂ i 2017 var om lag som i 2016. For noen parametre (høyeste døgnmiddel², høyeste 10-minuttersmiddel) var verdiene litt høyere. I Karpdalen var miljøbelastningen lavere i 2017 enn året før for alle parametre. Dette skyldes delvis at andelen vind fra smelteverkene mot stasjonen i Karpdalen var lavere i 2017 enn tidligere år (dvs. mindre vind fra sør).

Målinger med passive prøvetakere på Viksjøfjell viser at middelverdi av SO₂ for kalenderåret 2017 var om lag 15 µg/m³. Dette er lavere enn tidligere år og kan underbygge at utslippene

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

² Timemiddel betegner gjennomsnittskonsentrasjon over en time, døgnmiddel betegner gjennomsnittskonsentrasjon over et døgn og tilsvarende for månedsmiddel og årsmiddel.

fra Zapoljarnij er reduserte. Middelveidene for sommermånedene/vintermånedene 2017 var om lag 11 µg/m³/18 µg/m³.

Tabell 1: Viktige nøkkeltall for SO₂ fra målingene i 2017

Kalenderåret 2017	Svanvik	Karpdalen
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m ³	27	1
Høyeste 10-minuttersverdi [µg/m ³]	1425	522
¹⁾ Antall timemiddel > 350 µg/m ³	11	1
Høyeste timemiddelverdi [µg/m ³]	582	432
²⁾ Antall døgnmiddel > 125 µg/m ³	1	0
Høyeste døgnmiddel [µg/m ³]	332	100
³⁾ Middelveidi vinter µg/m ³ (vinteren 2016/17)	4,0	10,6
Middelveidi sommer [µg/m ³]	4,2	3,5
³⁾ Årsmiddelveidi [µg/m ³]	5,6	7,8

1) Norsk grenseverdi for timemiddelveidi av SO₂ er 350 µg/m³ og denne kan overskrides 24 ganger pr. kalenderår.
 2) Norsk grenseverdi for døgnmiddelveidi av SO₂ er 125 µg/m³ og denne kan overskrides tre ganger pr. kalenderår.
 3) Norsk grenseverdi for vinterperioden (1. oktober-31. mars) og kalenderår er 20 µg/m³.

Måleresultatene i Tabell 1 viser at norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2017, dette gjelder timemiddelveidi (gjennomsnitt over en time), døgnmiddelveidi (gjennomsnitt over et døgn) og middelveidi for vintersesongen 2016/17, samt kalenderår.

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 Al³. Gjennomsnittskonsentrasjonen for de to stasjonene er gitt i Tabell 2. Målinger av tungmetaller i luft og nedbør på Svanvik og i Karpdalen viser forhøyede konsentrasjoner av spormetaller fra nikkilverkene (nikkel, kobber, kobolt og arsen). Målsettingsverdiene (Ni og As) ble overholdt i 2017 både på Svanvik og i Karpdalen.

Tabell 2: Middelveidier av metaller i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2017¹.

Kalenderåret 2017	Svanvik	Karpdalen
Ni ng/m ³	9,9	8,5
Cu ng/m ³	8,1	8,2
Co ng/m ³	0,4	0,3
As ng/m ³	1,9	2,8

1) Målsettingsverdier ("target value") for tungmetaller er 20 ng/m³ for nikkel og 6 ng/m³ for arsen gitt som årsmiddel (gjeldende fra 1. januar 2013). Dette gjelder innholdet av tungmetaller i PM₁₀-fraksjonen⁴.

Nedbørkvalitet

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

³Pb: bly, Cd: kadmium, Zn: sink, Ni: nikkel, As: arsen, Cu: kobber, Co: kobolt, Cr: krom, V: vanadium, Al: aluminium.

⁴ PM₁₀ («Particulate Matter») betegner partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm (mikrometer), også kalt svevestøv.

1.1 Резюме: Качество атмосферного воздуха и осадков в приграничных районах Норвегии и России в 2017 г.

Примыкающие к границе России и Норвегии территории богаты металлами и минералами. Возле пгт Никель с 1930-х гг. работают цеха горно-металлургического комбината (ГМК), производящие никель. Перерабатываемая и обогащаемая руда содержит тяжелые металлы, например, никель и медь, и, кроме того, серу. Это приводит к выбросу ГМК больших объемов сернистого ангидрида (SO_2) и тяжелых металлов. Выбросы влияют на качество атмосферного воздуха и окружающую среду на приграничных территориях. В долине Паз (Pasvikdalen) и поселке Ярфьорд (Jarfjord) (муниципалитет Сёр-Варангер (Sør-Varanger)) зафиксированы самые высокие в Норвегии концентрации SO_2 и тяжелых металлов.

Выбросы

Выбросы SO_2 с цеха брикетирования в Заполярном и ГМК в Никеле (Россия) составляют около 100 тыс. тонн в год. В 1970-80-х гг. выбросы составляли более 400 тыс. тонн в год. В то время большие объемы выбросов объяснялись высоким содержанием серосодержащей руды, поступавшей из Норильска, расположенного в Сибири. В цехе брикетирования в г. Заполярном недавно произведена модернизация, внедрены новые производственные линии, что приведет к снижению выбросов в Заполярном, однако при этом увеличатся выбросы в Никеле. С комбината также идут выбросы тяжелых металлов. Металлами-индикаторами производства никеля считаются никель (Ni), медь (Cu), кобальт (Co) и мышьяк (As).

Программа измерений

С 1974 г. Норвежский институт исследования атмосферного воздуха (NILU) по государственному заказу проводит измерения загрязнений атмосферного воздуха в приграничных районах. В Сванвике (Svanvik), расположенном в долине р. Паз, и в Карпдалене (Karpdalen) возле Ярфьорда измеряются концентрации SO_2 , тяжелых металлов во взвешенной пыли и осадках, а также метеорологические условия. В Карпбукте (Karpbukt) измеряются неорганические⁵ компоненты осадков. На горе Викшёфьелл (Viksjøfjell) размещены пассивные пробоотборники для измерения долгосрочных средних показателей SO_2 .

Качество воздуха - SO_2

Зафиксированные показатели SO_2 за 2017 г. приведены в сводной Таблице 1. Самые высокие концентрации в короткие промежутки времени (за 10 минут, час) обычно отмечаются в Сванвике из-за близости ГМК. Самые высокие концентрации в длительные промежутки времени (за месяц, сезон) наблюдаются в Карпдалене, наиболее уязвимой в зимнее время из-за преобладания южного направления ветра. В целом измерения показывают, что в Сванвике экологическая нагрузка от SO_2 в 2017 г. была примерно такой же, как в 2016 г. Показатели по некоторым параметрам (максимальная среднесуточная концентрация⁶, максимальная 10-минутная концентрация) возросли. В Карпдалене экологическая нагрузка по всем параметрам в 2017 г. была ниже, чем в предыдущем году. Частично это объясняется тем, что направление ветра от

⁵ Неорганическими компонентами считаются SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ .

⁶ Среднечасовой показатель обозначает среднюю концентрацию в течение одного часа, среднесуточный - в течение одних суток, среднемесячный - в течение одного месяца, среднегодовой - в течение одного года.

ГМК к станции в Карпдалене в 2017 г. наблюдалось реже, чем в предыдущие годы (южный ветер дул реже).

В течение 2017 календарного года измерения с помощью пассивных пробоотборников на горе Викшёфьелл показывали средние концентрации SO_2 ок. 15 мкг/м^3 . Это ниже, чем в предыдущие года, и может указывать на снижение выбросов из Заполярного. Средний показатель за зимний и летний сезоны 2017 г. составил соответственно ок. 11 мкг/м^3 и 18 мкг/м^3 .

Таблица 1: Важные ключевые показатели SO_2 из измерений, проводившихся в 2017 г.

2017-й календарный год	Сванвик	Карпдален
Количество 10-минутных концентраций $> 500 \text{ мкг/м}^3$	27	1
Максимальная 10-минутная концентрация [мкг/м^3]	1425	522
¹⁾ Количество среднечасовых концентраций $> 350 \text{ мкг/м}^3$	11	1
Максимальная среднечасовая концентрация [мкг/м^3]	582	432
²⁾ Количество среднесуточных концентраций $> 125 \text{ мкг/м}^3$	1	0
Максимальная среднесуточная концентрация [мкг/м^3]	332	100
³⁾ Средняя концентрация зимой мкг/м^3 (зима 2016/17 гг.)	4,0	10,6
Средняя концентрация летом [мкг/м^3]	4,2	3,5
³⁾ Среднегодовая концентрация [мкг/м^3]	5,6	7,8

1) Предельно допустимая среднечасовая концентрация SO_2 в Норвегии - 350 мкг/м^3 , ее превышение 24 раза допускается в календарный год.

2) Предельно допустимая среднесуточная концентрация SO_2 в Норвегии - 125 мкг/м^3 , ее превышение допускается 3 раза в календарный год.

3) Предельно допустимая концентрация в зимний период (с 1 октября по 31 марта) и в календарный год - 20 мкг/м^3 .

Приведенные в Таблице 1 результаты измерений качества воздуха в Сванвике и Карпдалене показывают соблюдение в 2017 г. норвежских предельно допустимых концентраций для (SO_2) как по среднечасовым показателям (средней величине за час), среднесуточным показателям (средней величине за сутки), а также по средним показателям за зимний сезон 2016/17 гг. и за календарный год.

Качество воздуха - тяжелые металлы

В Сванвике и Карпдалене отбираются пробы на содержание тяжелых металлов во взвешенной пыли (атмосферном воздухе), т. е. недельные пробы на Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co, Cr, V и Al ⁷. Средние концентрации, зарегистрированные на двух станциях, приведены в Таблице 2. Измерения содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе и осадках в Сванвике и Карпдалене выявляют повышенные концентрации металлов-индикаторов производства никеля (никель, медь, кобальт и мышьяк). В 2017 г. ни в Сванвике, ни в Карпдалене не было превышений целевых показателей (Ni и As).

⁷Pb - свинец, Cd - кадмий, Zn - цинк, Ni - никель, As - мышьяк, Cu - медь, Co - кобальт, Cr - хром, V - ванадий, Al - алюминий.

Таблица 2: Средние концентрации металлов в атмосферном воздухе в п.Сванвик и долине Карпдален в течение 2017-го календарного года ¹.

2017-й календарный год	Сванвик	Карпдален
Ni нг/м ³	9,9	8,5
Cu нг/м ³	8,1	8,2
Co нг/м ³	0,4	0,3
As нг/м ³	1,9	2,8

1) Целевые концентрации ("target value") по тяжелым металлам - 20 нг/м³ для никеля и 6 нг/м³ для мышьяка - указаны как среднегодовые (нормативы вступили в силу 1 января 2013 г.) и касаются содержания тяжелых металлов фракции PM₁₀⁸.

Качество осадков

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

⁸ PM₁₀ («Particulate Matter») - частицы с аэродинамическим диаметром не более 10 мкм (микрометров), т. н. взвешенная пыль.

1.2 Tiivistelmä/finsk

Venäjän vastaisten raja-alueiden ilman- ja sadeveden laatu 2017

Venäjän ja Norjan välinen rajaseutu on hyvin metalli- ja mineraalirikasta aluetta. Venäjällä sijaitsevassa Nikkelissä on ollut nimensä mukaisesti nikkeliä tuottava sulatto 1930-luvulta lähtien. Louhittu ja jatkojalostettava malmi sisältää paljon raskasmetalleja, kuten nikkeliä ja kuparia, mutta myös rikkiä. Tämän takia sulaton päästöt sisältävät suuria määriä rikkidioksidia (SO₂) ja raskasmetalleja. Nämä päästöt vaikuttavat raja-alueiden ilmanlaatuun ja ympäristöön. Paatsjoen (Pasvik) laaksossa ja Rautavuonon (Jarvfjord) alueella Etelä-Varangin (Sør-Varanger) kunnassa on mitattu Norjan korkeimmat SO₂- ja raskasmetallipitoisuudet.

Päästöt

Zapoljarnyn briketointilaitoksen ja Nikkelin sulaton yhteiset vuosittaiset SO₂- päästöt ovat noin 100 000 tonnia. Päästöt olivat 1970/80-luvuilla yli 400 000 tonnia vuodessa. Korkeat päästöt johtuivat tuolloin rikkipitoisen malmin tuonnista Siperian Norilskista. Zapoljarnyn briketointilaitos on jonkin aikaa sitten nykyaikaistettu uusilla tuotantolinjoilla, mikä vähentää Zapoljarnyn, mutta lisää Nikkelin päästöjä. Venäjän laitokset aiheuttavat myös raskasmetallipäästöjä. Nikkelilaitosten hivenmetalleja ovat (Ni), kupari (Cu), koboltti (Co) ja arseeni (As).

Mittausohjelma

Norjan ilmantutkimuslaitos NILU on mitannut raja-alueiden ilmansaasteita vuodesta 1974 lähtien maan viranomaisten toimeksiannosta. Paatsjoenlaaksossa sijaitsevalla Svanvikin asemalla ja Rautavuonon Karpdalenissa tarkkaillaan rikkidioksidia (SO₂), raskasmetalleja niin leijumassa kuin sadevedessä ja meteorologisia olosuhteita. Karpbuktissa mitataan epäorgaanisia⁹ pääkomponentteja sadevedestä. Rautavuonon tunturiin (Viksjøfjell) on lisäksi asennettu passiivisia mittareita rikkidioksidin pitkäaikaiskeskiarvoille.

Ilmanlaatu, SO₂

Taulukossa 1 nähdään tiivistelmä SO₂- mittauksen tuloksista vuodelta 2017. Korkeimmat lyhyen aikavälin pitoisuudet (10-minuuttiarvo, tuntiarvo) havaitaan tavallisimmin Svanvikissa johtuen nikkelilaitosten läheisyydestä. Pitemmän aikavälin (kuukauden, vuodenajan) pitoisuudet puolestaan havaitaan Karpdalenissa, joka useimmiten altistuu etelästä puhaltaviin tuuliin talviaikana.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että SO₂:n aiheuttama ympäristönkuormitus on Svanvikissa vuonna 2017 ollut noin vuoden 2016 tasolla. Jotkut muuttujista (korkein vuorokausikeskiarvo¹⁰, korkein 10-minuuttiarvo) olivat nousseet hieman. Karpdalenin ympäristökuormitus oli vuonna 2017 edellistä vuotta vähäisempi kaikilla muuttujilla mitattuna. Tämä johtui osittain siitä, että sulatosta Karpdalenin suuntaan, eli etelästä puhaltavien tuulien osuus oli vuonna 2017 edellistä vuotta pienempi.

⁹ Epäorgaanisia komponentteja ovat mm. SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺ ja ne ilmoitetaan ioneina.

¹⁰ Tuntikeskiarvolla kuvataan keskimääräistä pitoisuutta tunnin, vuorokausikeskiarvolla vuorokauden, kuukausikeskiarvolla taas kuukauden ja vuosikeskiarvolla vuoden aikana.

Viksjøfjellin passiivinen näytteenotto mittasi rikkidioksidin keskiarvoksi kalenterivuonna 2017 noin 15 µg/m³. Keskiarvo on aikaisempaa matalampi, mikä voi tukea oletusta siitä, että Zapoljarnyn päästöt ovat vähentyneet. Kesä-/talvikuukausien keskiarvot olivat vuonna 2017 noin 11 µg/m³ / 18 µg/m³.

Taulukko 1: Tärkeitä SO₂:n tunnuslukuja vuoden 2017 mittauksista

Kalenterivuosi 2017	Svanvik	Karpdalen
> 500 µg/m ³ 10-minuuttiarvojen määrä	27	1
Korkein µg/m ³ 10-minuuttiarvo	1425	522
1) > 350 µg/m ³ tuntikeskiarvojen määrä	11	1
Korkein tuntikeskiarvo µg/m ³	582	432
2) > 125 µg/m ³ vuorokausikeskiarvojen määrä	1	0
Korkein vuorokausikeskiarvo µg/m ³	332	100
3) Keskiarvo talvella 2016/2017 µg/m ³	4,0	10,6
Keskiarvo kesällä µg/m ³	4,2	3,5
3) Vuosikeskiarvo µg/m ³	5,6	7,8

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

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

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

Taulukosta 1 luettavista mittaustuloksista käy ilmi, että ilmanlaatu (SO₂) pysyi vuonna 2017 sekä Svanvikissa että Karpdalenissa Norjassa sallittujen raja-arvojen sisällä. Tämä koski niin tunnin aikana mitattua tuntikeskiarvoa, vuorokauden aikana mitattua vuorokausikeskiarvoa kuin talvikaudella 2016/2017 ja kalenterivuoden aikana mitattua keskiarvoa.

Ilmanlaatu, raskasmetallit

Svanvikin ja Karpdalenin asemilla otetaan näytteitä raskasmetalleista leijumassa/ilmassa, toisin sanoen viikkonäytteet seuraavista: Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co ja Cr, V ja Al¹¹. Näillä kahdella asemalla mitattujen pitoisuuksien keskiarvot ilmoitetaan taulukossa 2. Svanvikin ja Karpdalenin raskasmetallimittaukset ilmasta ja sadevedestä osoittavat sulattamon hivenmetallien (nikkeli, arseeni, kupari ja koboltti) kohonneita pitoisuuksia. Tavoitearvot (Ni ja As) saavutettiin vuonna 2017 sekä Svanvikissa että Karpdalenissa.

¹¹ Pb: lyijy, Cd: kadmium, Zn: sinkki, Ni: nikkeli, As: arseeni, Cu: kupari, Co: koboltti, Cr: kromi, V: vanadium, Al: alumiini.

Taulukko 2: Svanvikin ja Karpdalenin asemilla ilmasta mitatut metallien keskiarvot kalenterivuonna 2017¹⁾

Kalenterivuosi 2017	Svanvik	Karpdalen
Ni ng/m ³	9,9	8,5
Cu ng/m ³	8,1	8,2
Co ng/m ³	0,4	0,3
As ng/m ³	1,9	2,8

1) Raskasmetallien tavoitearvot ("target value") ovat vuosikeskiarvoina ilmoitettuina 20 ng/m³ nikkeliä ja 6 ng/m³ arseenille (voimassa 1.1.2013 lähtien). Tämä koskee raskasmetallien määrää PM₁₀-hiukkasessa¹².

Sadannan laatu

Näytteitä sadeveden laadun analysoimiseksi otetaan kolmella asemalla: Karpbuktan näytteistä analysoidaan epäorgaaniset pääkomponentit, kun taas Svanvikin ja Karpdalenin näytteistä analysoidaan 10 raskasmetallia/elementtiä. Nikkeliä, kuparia, kobolttia ja arseenia pidetään sulattamojen hivenmetalleina. Sadannan laskeumat (Ni, Cu, Co ja As) ovat Svanvikissa tavallisesti huomattavasti korkeampia kesällä kuin talvella. Tämä johtuu siitä, että Nikkelistä tuulee useimmiten Svanvikiin päin kesäisin. Karpdalen altistuu eniten talviaikaan. Metallipitoisuudet sadannassa ovat lisääntyneet huomattavasti vuodesta 2004 verrattuna aikaan ennen vuotta 2004.

¹² Halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin (µm) kokoisia hiukkasia kutsutaan hengitettäväksi hiukkasiksi (PM₁₀, Particulate Matter₁₀).

1.3 Summary: Air and precipitation quality in the Norwegian-Russian border areas in 2017

The soil in the border areas between Russia and Norway is rich in metals and minerals. In the city of Nikel in Russia there has been a smelter producing nickel since the 1930's. The ore has a high content of heavy metals like nickel and copper, but it also contains sulphur. As a result, the smelters emit large quantities of sulphur dioxide (SO₂) and metals. These emissions affect air quality and the environment in the border areas. The Pasvik valley and Jarfjord area in South-Varanger municipality have the highest measured concentrations of SO₂ and heavy metals in all of Norway.

Emissions

The total emissions of SO₂ from the briquetting facility in Zapolyarny and the smelter in Nikel sum up to about 100 000 tonnes per year. In the 1970's/80's the emissions of SO₂ were even higher, more than 400 000 tonnes per year. The high emissions then were due to use of ore imported from Norilsk in Siberia, with a very high content of sulphur. The briquetting facility in Zapolyarny has been modernized recently with two new production lines. This upgrade will reduce the emissions from Zapolyarny, but the emissions from Nikel are expected to increase. The smelters also emit heavy metals. Nickel (Ni), copper (Cu), cobalt (Co) and arsenic (As) are considered trace metals from smelter activity.

Monitoring programme

NILU has been monitoring air pollution in the border areas since 1974, funded by Norwegian Authorities. At Svanvik in the Pasvik valley and in Karpdalen in the Jarfjord area there is monitoring of SO₂, heavy metals analysis in particles/PM₁₀ and precipitation, as well as meteorological parameters. In Karpbukta there is sampling of inorganic components¹³ in precipitation. At Viksjøfjell there is passive sampling of SO₂ (14-days mean).

Air quality - SO₂

A summary of the monitoring results for SO₂ in 2017 is given in Table 1. On a short time scale (10 minutes, 1 hour) the highest concentrations are typically observed at Svanvik, because Svanvik is located close to the Nikel smelter. On a longer time scale (month, season) Karpdalen experiences the highest concentrations, especially during wintertime due to prevailing wind direction from the south.

In general the monitoring results show that the environmental impact at Svanvik due to SO₂ in 2017 was approximately the same as in 2016. For some parameters (maximum daily mean¹⁴, maximum 10-minutes mean) the values were a bit higher. In Karpdalen the environmental impact was lower in 2017 than the year before for all parameters. This is partly due to the fact that the frequency of wind from the smelters towards the Karpdalen monitoring station was lower in 2017 than previous years (i.e. less wind from the south).

Monitoring using passive samplers at Viksjøfjell shows that the average concentration for the calendar year 2017 was about 15 µg/m³. This is lower than previous years and may partly be

¹³ Inorganic components include SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺ given as ions.

¹⁴ Hourly mean describes average concentration over one hour, daily mean describes average concentration over 24 hrs and the same for monthly mean and annual mean concentrations.

explained by reduced emissions from Zapolyarny. Seasonal mean concentrations for summer/winter months in 2017 were about 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively.

Table 1: Key values for SO_2 results in 2017

Calendar year 2017	Svanvik	Karpdalen
# 10 minute average values > 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27	1
Highest 10 minute average value [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1425	522
¹⁾ # Hourly average values > 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11	1
Highest hourly average value [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	582	432
²⁾ # Daily averages > 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	0
Highest daily average [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	332	100
³⁾ Average value winter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (winter 2016/17)	4,0	10,6
Average value [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] summer	4,2	3,5
³⁾ Annual mean value [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	5,6	7,8

1) The Norwegian limit value for hourly mean SO_2 concentrations is 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and can be exceeded no more than 24 times a year.

2) The Norwegian limit value for daily mean SO_2 concentration is 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and can be exceeded no more than 3 times a year.

3) The Norwegian limit value for impacts on ecosystems is 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 per winter season and per calendar year.

The values presented in Table 1 show that the monitoring results for SO_2 both at Svanvik and in Karpdalen are in compliance with Norwegian legislation, both concerning hourly mean values (average over one hour), daily mean values (average over 24 hrs) and seasonal mean for winter season 2016/17, as well as annual mean value.

Air quality - heavy metals

Both at Svanvik and in Karpdalen there is analysis of heavy metals in PM_{10} /air samples on a weekly basis, i.e Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cu, Co Cr, V and Al¹⁵. The mean concentrations found at these two stations are given in Table 2. Monitoring of metals in air and precipitation at Svanvik and in Karpdalen shows enhanced concentrations of specific trace metals from the smelting industries (nickel, copper, cobalt and arsenic). The values presented in Table 2 show that the monitoring results for Ni and As are in compliance with Norwegian target values both at Svanvik and in Karpdalen.

Table 2: Average values of elements found in air at Svanvik and in Karpdalen during calendar year 2017 ¹.

Calendar year 2017	Svanvik	Karpdalen
Ni [ng/m^3]	9.9	8.5
Cu [ng/m^3]	8.1	8.2
Co [ng/m^3]	0.4	0.3
As [ng/m^3]	1.9	2.8

1) The target values for metals are 20 ng/m^3 for nickel and 6 ng/m^3 for arsenic in PM_{10} ¹⁶, given as annual mean.

¹⁵Pb: lead, Cd: cadmium, Zn: zinc, Ni: nickel, As: arsenic, Cu: copper, Co: cobalt, Cr: chromium, V: vanadium, Al: aluminium.

¹⁶ PM_{10} («Particulate Matter») describes particles with aerodynamic diameter less than 10 μm (micrometer).

Precipitation Quality

Three stations have sampling of precipitation, Karpbukt (inorganic components), Svanvik and Karpdalen (both 10 heavy metals/elements). Ni, Cu, Co and As are considered trace metals from smelter activity. The deposition of metals Ni, Cu, Co, and As with precipitation is normally a lot higher during summer than during winter at Svanvik. This is due to the fact that the frequency of wind from the direction of Nikel towards Svanvik is significantly higher during summer in comparison to winter. Karpdalen experiences higher values during wintertime. Deposition of metals with precipitation has increased from 2004 in comparison to years before 2004.

2. Utslipp, målinger og grenseverdier

Grenseområdene Norge-Russland er rike på metaller og mineraler. Ved byen Nikel i Russland har det siden 1930-tallet vært smelteverk som produserer nettopp nikkel. Malmen som brytes og videreforedles inneholder tungmetaller som nikkel og kobber, men også svovel (~5-6 %). Dette medfører at smelteverkene slipper ut store mengder svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller. Disse utslippene påvirker luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene både på norsk og russisk side.

2.1 Utslipp

Området øst i Pasvikdalen var finsk fra 1920 og fram til krigen, kalt Finskekilen eller Petsamo, og det var finnene som oppdaget nikkel i området i 1921. På 1930-tallet ble det anlagt smelteverk ved byen Kolosjoki/Nikel (for ytterligere bakgrunnshistorikk se vedlegg eller Jacobsen, 2006). Etter krigen ble området sovjetisk og smelteverket ble gjenoppbygget. Etter oppløsningen av Sovjetunionen og opprettelsen av Den russiske føderasjon på 1990-tallet ble verket privatisert. Verket drives i dag av Kolskaya GMK (med kyrilliske bokstaver Кольская ГМК, norsk Kola Bergverkskompani, engelsk Kola MMC / Kola Mining and Metallurgical Company, som igjen er en del av NorNickelkombinatet).

Aktiviteten i grenseområdene består i dag av gruver rundt Zapoljarnij (grunnlagt 1958) og Nikel¹⁷. Dernest et anrikningsanlegg i Zapoljarnij hvor malmen knuses, oppkonsentreres og hvor det lages nevestore malmbriketter. Brikettene sendes til smelteverket i Nikel (se bildet på forsiden) som produserer nikkematte. Deretter sendes nikkematten til verket i Monchegorsk som videreforedler og produserer ren nikkel. Kart (Figur 1) på side 16 viser geografisk plassering av utslippskildene og NILUs målestasjoner.

På 1970/80-tallet ble det transportert malm fra Norilsk i Sibir til Kolahalvøya for prosessering. Denne malmen inneholdt en stor andel svovel (opptil 24 % S) og utslippene den gang var over 400'000 tonn SO₂ pr. år. I dag brukes kun lokal malm og utslippene av SO₂ utgjør om lag 100'000 tonn pr. år. Fram til desember 2015 var utslippsfordelingen 60'000 tonn fra Nikel og rundt 40'000 tonn fra Zapoljarnij. Anlegget i Zapoljarnij er nå modernisert¹⁸. Dette medfører to viktige forskjeller, det lages nevestore briketter, ikke pellets som tidligere og malmen tørkes, ikke røstes¹⁹. Det medfører at utslippene fra Zapoljarnij er redusert betraktelig. Men på kort sikt vil svovelet som tidligere ble sluppet ut i Zapoljarnij forbli i brikettene og slippes ut i Nikel. Det er installert én ny, lukket smelteovn i Nikel og det er planer for å installere to ovner i tillegg (2019-2021)²⁰. Med de nye ovnene forventes utslippene å reduseres. Det opplyses at utslippstillatelsen nå er 79'900 tonn SO₂ pr. år.

¹⁷ For videre detaljer, se <http://www.nornickel.com/business/assets/kola/> [URL 12-04-2018]

¹⁸ Opplysningene om moderniseringen i Zapoljarnij er gitt under møte i Zapoljarnij 16. mars 2016, BEAC Working Group on Environment.

¹⁹ Røsting er den prosessen som utføres når malm varmes opp over lang tid for å fjerne forurensning/uønskede komponenter fra malmen.

²⁰ Opplysningene om moderniseringen i Nikel er gitt under møte i ekspertgruppen for luft i Nikel 11. oktober 2016.

Det slippes også ut tungmetaller fra produksjonen. Nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) regnes som spormetaller fra nikkilverkene²¹. Moderniseringen i Zapoljarnij innebærer at utslippene av tungmetaller er redusert i og med at utslipp av støv er mindre (mindre friksjon ved større briketter). Pipene i Nikel har filtre som fjerner en viss andel støv. Fra 2004 og framover har man observert en økning i konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør. Denne økningen er også observert i andre, uavhengige måleprogrammer i grenseområdene (eks Garmo og Skancke, 2017).



Bilde 1: Røyken fra smelteverket i Nikel sett fra isen på Pasvikelva ved Utnes. Bildene er tatt 18. april 2016 om kvelden. Til venstre vises nærbilde av utslippene, mens høyre 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.

En viss andel av utslippene i Nikel kommer som diffuse utslipp fra selve bygningene (i tillegg til det som kommer gjennom pipene). Utslippene i bakkenivå har intet løft og det er dårlig spredning og fortynning av forurensningen. Diffuse utslipp påvirker luftkvaliteten i Nikel by når vinden står fra nord (se Bilde 1 og resultater fra Murmansk UGMS sitt måleprogram).

2.2 Måleprogram

I 2017 utførte NILU målinger og prøvetaking på oppdrag fra Miljødirektoratet ved i alt fire norske stasjoner i grenseområdene Norge-Russland;

- Svanvik: SO₂ kontinuerlig (monitor), tungmetaller²² i luft og nedbør, meteorologi²³
- Karpdalen: SO₂ kontinuerlig (monitor), tungmetaller i luft og nedbør, meteorologi
- Karpbukt: uorganiske komponenter i nedbør²⁴
- Viksjøfjell: SO₂ langtidsmidler (gjennomsnitt over 14 dager)

Kart som viser plasseringen av NILUs stasjonene er vist i Figur 1. Av andre måleprogrammer i grenseområdene kan nevnes målinger av meteorologi på Nyrud, Skogfoss, Svanvik og

²¹ Spormetaller er metaller som forekommer i svært små mengder, f.eks. i luft som her, eller i kroppen.

²² Pb: bly, Cd: kadmium, Zn: sink, Ni: nikkel, As: arsen (strengt tatt et halvmetall/metalloid), Cu: kobber, Co: kobolt, Cr: krom, V: vanadium, Al: aluminium. Alle 10 målt i luft/svevestøv (PM₁₀).

²³ Vindhastighet, vindretning, temperatur og relativ fuktighet, lufttrykk, samt nedbørsindikator.

²⁴ Nedbørmengde, ledningsevne, pH og de uorganiske komponentene SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺ (gitt som ioner)

Høybuktknoen (se www.yr.no og eklima.met.no), radioaktivitet på Svanvik og Viksjøfjell (Strålevernet, nrpa), samt korrosjon og jordparametre på Svanvik (NILU, NIBIO og NVE).



Figur 1: Norske målestasjoner for luftkvalitet, nedbørskvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene Norge-Russland i kalenderåret 2017. Data fra de norske stasjonene rapporteres og analyseres i denne studien.

I Russland måler Murmansk Avdeling for hydrometeorologi og miljøovervåking (Murmansk UGMS) luftkvalitet og meteorologi i Zapolyarnij og Nikel. Russiske måleresultater presenteres på egen nettside ²⁵. Det er også utarbeidet to fellesrapporter fra den norsk-russiske ekspertgruppen for luft som gir en oversikt over måleprogram, grenseverdier, måle- og analysemetoder og resultater på norsk og russisk side ^{26,27}.

Finland har også egne målestasjoner som måler luftkvalitet. I finsk Lappland er det nå en stasjon med SO₂-målinger, Muonio Sammaltunturi²⁸.

²⁵ http://www.kolgimet.ru/monitoring-zagrjaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrjaznenie-atmosfernogo-vozdukh/?no_cache=1, på russisk [URL 12-04-2018]

²⁶ Mokrotovarova et al., 2015), nedlastbar fra:

<http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2015/Januar1/Russian-Norwegian-ambient-air-monitoring-in-the-border-areas/> [URL 12-04-2018]

²⁷ Pettersen et al., 2017, nedlastbar fra: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2017/Juni-2017/Russian-Norwegian-ambient-air-monitoring-in-the-border-areas/>

²⁸ <https://sv.ilmatietaenlaitos.fi/luftkvalitet> [URL 30-04-2018]



Bilde 2: NILUs målestasjoner. *Svanvik* (venstre) ligger ute på jordet ved Svanhovd miljøsentor (NIBIO). Merk inntak for støvmålinger på taket til venstre og inntak for SO₂-målinger på taket til høyre (svanehals). Masten har meteorologiinstrumenter i 10 m høyde. To nedbørprøvetakere til høyre tar prøver for tungmetaller. Instrumentet helt til høyre tilhører NVE. Stativet med metallplater i bakgrunnen er en del av et europeisk korrosjonsprosjekt (Grøntoft og Ferm, 2014). Strålevernets instrumenter er skjult bak måleboden. *Karpdalen* (høyre) der måleboden har trakt og svanehals på taket til venstre som er inntak for SO₂, mast til høyre er meteorologi-instrumenter. Til venstre for måleboden står prøvetaker for tungmetaller i luft. Den hvite nedbørsamleren for tungmetaller i nedbør er plassert midt mellom måleboden og veien.

2.3 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge

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

Forurensningsforskriften definerer også en alarmterskel²⁹ for SO₂ (§ 7-10) på 500 µg/m³ i tre sammenhengende timer. Dette er bakgrunnen for at det er etablert et system for varsling av kommunens innbyggere ved høye konsentrasjoner.

Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har i tillegg til de ulike grensene i forurensningsforskriften fastsatt luftkvalitetskriterier for en rekke komponenter. Luftkvalitetskriteriene er ikke juridisk bindende, men angir nivåer av luftforurensning som er trygge for de aller fleste mennesker. For SO₂ er luftkvalitetskriteriene for 15 minutter på 300 µg/m³ og 20 µg/m³ som døgnmiddel³⁰ (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013). Likeledes har WHO vedtatt en retningslinje for 10 minutters eksponering av SO₂ på 500 µg/m³. For nikkel (Ni) har Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet fastsatt et luftkvalitetskriterium på 10 ng/m³ som årsmiddel.

²⁹ *Alarmterskel* er et konsentrasjonsnivå i utendørsluft som gir helseeffekter i befolkningen ved korttidseksponering.

³⁰ <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/moba/pdf/luftkvalitetskriterier---virkninger-av-luftforurensning-pa-helse-pdf.pdf> [URL 01-06-2018]

Det tilsvarer en livstidsrisiko for kreft på 1: 250 000 (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013). For arsen (As) er luftkvalitetskriteriet 2 ng/m³ som årsmiddel, videre bly (Pb) 0,1 µg/m³ som årsmiddel, kadmium (Cd) 2,5 ng/m³ som årsmiddel, seksverdig krom (Cr VI) 0,1 ng/m³ som årsmiddel og vanadium (V) 0,2 µg/m³ som døgnmiddel (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013).

Tabell 3: Grenseverdier for tiltak, jfr. Forurensningsforskriften) § 7-6 31. Forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft skal ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien
<i>Svoveldioksid</i>			
1. Timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 time	350 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår
2. Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 døgn (fast)	125 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår
3. Grenseverdi for beskyttelse av økosystemer	Kalenderår og i vinterperioden (1/10-31/3)	20 µg/m ³	
<i>Bly</i>			
Årsgrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	Kalenderår	0,5 µg/m ³	

Tabell 4: Målsetningsverdier for tiltak, jfr Forskrift om begrenning av forurensning (forurensningsforskriften) § 7-7. Det skal gjennomføres nødvendige tiltak for at forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft ikke overstiger målsetningsverdiene nedenfor, såfremt dette ikke vil innebære uforholdsmessig store omkostninger.

Komponent	Midlingstid	Målsetningsverdi
Arsen	Kalenderår	6 ng/m ³
Kadmium	Kalenderår	5 ng/m ³
Nikkel	Kalenderår	20 ng/m ³

Konsentrasjonene av arsen, kadmium og nikkel skal beregnes ut fra totalt innhold i PM₁₀ -fraksjonen, som gjennomsnitt over et kalenderår.

Russiske grenseverdier er utførlig presentert i fellesrapportene fra ekspertgruppen for luft (Pettersen et al., 2017). Russland opererer med begrepet MAC («Maximum Allowable Concentration»). For korttidsmidler (i praksis 20-minutter) er grensen 500 µg/m³ for SO₂. For døgnmiddel og årsmiddel er MAC 50 µg/m³ (også for SO₂).

³¹ <http://www.lovdatab.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#7-6> [URL 30-04-2018]

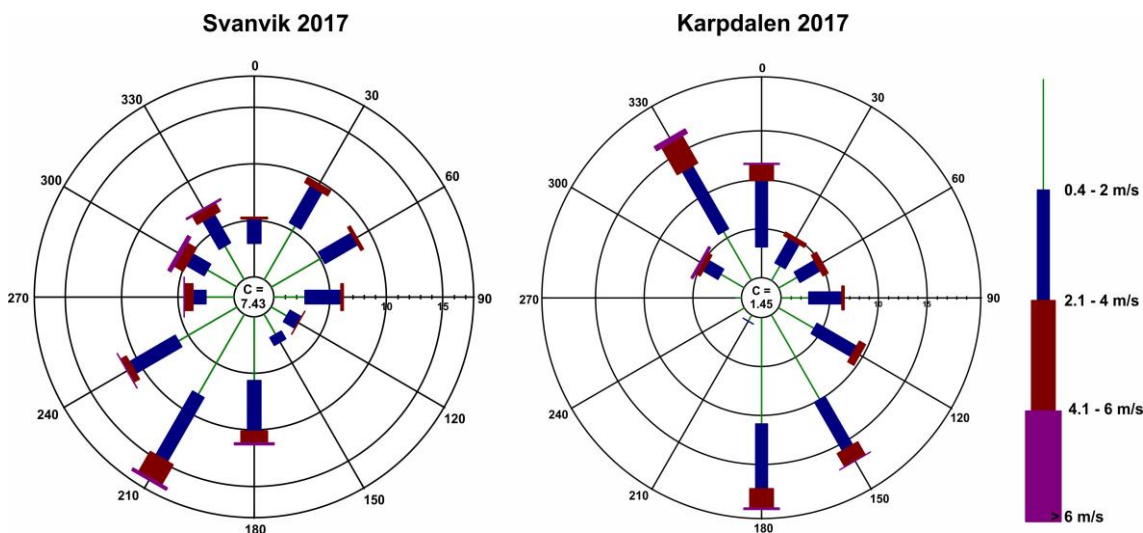
3. Måleresultater meteorologi 2017

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 (monitører) er det derfor svært viktig å samtidig måle meteorologiske parametre.

Smelteverket i Nikel er den største enkeltkilden for forurensning i området, men det finnes ingen meteorologiske målinger fra Nikel som er åpent tilgjengelige. NILUs stasjon på Svanvik ligger cirka 8 km vest for Nikel by og er den norske stasjonen som ligger nærmest smelteverket (Figur 1). NILU gjør også målinger i Karpdalen. Både Svanvik og Karpdalen måler vind, temperatur, trykk, relativ fuktighet og om det kommer nedbør. I tillegg til NILUs målinger gjøres det også meteorologiske målinger på Nyrud, Skogfoss, Svanvik (NIBIO LMT) og Høybuktmoen (se www.yr.no og eklima.met.no). Detaljerte data er gjengitt i Vedlegg til denne rapporten.

3.1 Vindhastighet og -retning

Om vinteren er fremherskende vindretning fra sør mot nord. Dette skyldes det generelle sirkulasjonsmønsteret i atmosfæren. Smelteverket er plassert nord for byen og derved bringes utslippene nordover og bort fra Nikel by vinterstid. Plasseringen var utvilsomt et bevisst valg da smelteverket og bebyggelsen ble anlagt på 1930-tallet. Vindroser for Svanvik og Karpdalen for kalenderåret 2017 er vist i Figur 2. Vindroser viser hvor ofte det blåser fra ulike retninger.



Figur 2: Vindroser for Svanvik og Karpdalen for januar - desember 2017 (vindrosene viser frekvensen i prosent av vind i tolv 30-graders sektorer, dvs. hvor ofte det blåser fra disse retningene. Symbolet C i midten av vindrosene angir frekvensen av vindstille (i prosent vindhastigheten har vært mindre enn 0,4 m/s).

Svanvik er en frittliggende stasjon og det blåser fra «alle kanter» med noe større andel fra sørlig kant (Figur 2 venstre del). Vind fra østlig til sørøstlig kant (sektorene 90°, 120° og 150°) vil bringe utslippene fra Nikel mot Svanvik. Vinden i Karpdalen er mer preget av topografi der

vinden følger dalføret ut (fra sør) og inn (fra nord) dalen. Fremherskende vindretning er fra sør om vinteren hvor vinden kommer fra sørlig retning i over halvparten av tiden. Derfor viser også Karpdalen høyest miljøbelastning vinterstid.

Generelt var andelen vind fra smelteverkene mot stasjonen i Karpdalen lavere i 2017 enn tidligere år (dvs. mindre vind fra sør). Dette kan delvis forklare hvorfor miljøbelastningen i Karpdalen var lavere i 2017 (se kap. 4). I 2017 var også vinden svakere enn tidligere år. Dette gjelder både gjennomsnittlig vindhastighet (2,0 m/s på Svanvik, 2,4 m/s i Karpdalen) og maksimal vindhastighet (9,8 m/s på Svanvik 13.februar, 7,6 m/s i Karpdalen 25.august).

3.2 Nedbørmålinger

NILU gjør prøvetaking for analyse av uorganiske komponenter³² og tungmetaller i nedbør ved tre stasjoner: Svanvik, Karpdalen (begge tungmetaller) og Karpbukt (uorganiske komponenter), se Figur 1 for stasjonsplassering. Formålet med målingene er å tallfeste tilførsel av uorganiske komponenter og metaller, men målingene gir også mengde nedbør. På Svanvik ble det i 2017 målt 404 mm nedbør, i Karpdalen 349 mm og i Karpbukt 594 mm. Resultatene fra nedbørmålingene er diskutert i kap. 4.3 (uorganiske komponenter) og kap. 5.2 (tungmetaller). Detaljerte resultater og måledata for de tre stasjonene er vist i vedlegget til denne rapport. Dette gjelder også andre meteorologiske parametre som temperatur, relativ fuktighet og lufttrykk.

Av de tre stasjonene er Svanvik preget av innlandsklima og har minst nedbør. Karpdalen ligger noen kilometer inn i landet og er preget av luft sørfra (innlandsluft) og luft nordfra (sjøluft). Karpbukt ute ved kysten har mest nedbør. Svanvik er eneste stasjon av disse tre som har utarbeidet nedbørnormal (middel for 1961-1990). Sammenlignet med normalen for Svanvik kom det litt mer nedbør enn normalt i 2017.

³² Igjen; som uorganiske komponenter regnes SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ gitt som ioner.

4. Måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter

4.1 SO₂ kalenderåret 2017

Målingene viser at SO₂-nivåene på Svanvik var i 2017 om lag som i 2016. For noen parametre (høyeste døgnmiddel³³, høyeste 10-minuttersmiddel) var verdiene litt høyere. I Karpdalen var SO₂-nivåene noe lavere i 2017 enn året før. Et sammendrag av de viktigste måleresultatene for Svanvik og Karpdalen er gitt i Tabell 5 og Tabell 6. Norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2017.

Svanvik har typisk de høyeste konsentrasjonene av SO₂ på kort tidsskala (10-minutter, time). Dette skyldes nærheten til Nikelverket. De høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) observeres derimot oftest i Karpdalen. Karpdalen er typisk mest utsatt vinterstid pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør. Karpdalen mottar også luft fra Nikel (i sør) og Zapoljarnij (i sør-øst). Det er vanskelig å skille ut bidrag fra Zapoljarnij på Svanvik i.o.m. at Nikel ligger mellom de to.

Tabell 5: Sammenheng av målinger av SO₂ med monitor på Svanvik i 2017 (enheter konsentrasjon µg/m³ og antall).

Svanvik	Måneds - middel	Høyeste døgn-middel	Antall døgn-obs	Antall døgnmidler				Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier		Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min > 500
				>50	>75	>90	>125			>100	>350		
Januar	1,7	18,8	31	0	0	0	0	61,1	738	0	0	81,0	0
Februar	3,6	33,5	28	0	0	0	0	99,6	666	0	0	172,8	0
Mars	5,9	73,0	31	1	0	0	0	382,1	738	7	1	570,4	2
April	7,0	49,5	30	0	0	0	0	405,9	716	11	1	1425	5
Mai	6,9	71,0	31	1	0	0	0	336,7	737	16	0	917,8	5
Juni	3,6	28,4	30	0	0	0	0	193,2	716	7	0	669,7	1
Juli	3,2	14,7	28	0	0	0	0	57,0	645	0	0	99,9	0
August	3,1	29,8	31	0	0	0	0	244,3	737	3	0	797,1	2
September	1,5	16,6	30	0	0	0	0	138,0	711	1	0	220,6	0
Oktober	5,0	18,8	18	0	0	0	0	194,5	408	3	0	390,4	0
November	24,7	332,2	29	3	3	3	1	581,9	678	50	9	636,8	12
Desember	1,8	16,9	31	0	0	0	0	58,2	737	0	0	85,2	0
2017	5,6 1)	332,2	348	5	3	3	1	581,9	8227	98	11	1425	27

1) Årsmiddel

Når vinden kommer fra smelteverkene mot målestasjonene oppleves høye, kortvarige konsentrasjoner, kalt episoder. Episoder kjennetegnes ved at konsentrasjonene stiger raskt,

³³ Timemiddel betegner gjennomsnittskonsentrasjon over en time, døgnmiddel betegner gjennomsnittskonsentrasjon over et døgn og tilsvarende for månedsmiddel og årsmiddel.

ofte i løpet av minutter, fra tilnærmet null opp til flere hundre $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Den brå økningen skyldes at stasjonen plutselig kommer innenfor røykfanen fra verkene. De norske målestasjonene på Svanvik og i Karpdalen ligger bare noen kilometer fra utslippspunktene og på denne avstanden er røykfanen klart definert. Dvs. at det er et skarpt skille i atmosfæren mellom ren bakgrunnsluft og luft i røykfanen fra smelteverkene.

Tabell 6: Sammendrag av målinger av SO_2 med monitor i Karpdalen i 2017 (enheter konsentrasjon $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og antall).

Karpdalen	Måneds - middel	Høyeste døgn- middel	Antall døgn- obs	Antall døgnmidler				Høyeste time- middel	Antall time- obs	Antall timeverdier		Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min > 500
				>50	>75	>90	>125			>100	>350		
Januar	11,0	66,3	31	2	0	0	0	296,3	733	28	0	473,7	0
Februar	9,1	81,1	28	1	1	0	0	265,9	664	12	0	298,8	0
Mars	11,4	47,0	31	0	0	0	0	224,3	734	31	0	407,6	0
April	4,5	36,9	30	0	0	0	0	267,0	712	8	0	445,2	0
Mai	2,3	23,3	31	0	0	0	0	198,1	737	2	0	288,8	0
Juni	2,0	18,8	30	0	0	0	0	123,0	715	2	0	145,1	0
Juli	5,9	32,0	25	0	0	0	0	209,9	582	9	0	338,7	0
August	3,9	25,8	31	0	0	0	0	173,3	727	5	0	410,9	0
September	3,2	42,9	30	0	0	0	0	431,8	713	5	1	521,7	1
Oktober	2,3	16,5	31	0	0	0	0	141,2	738	1	0	173,1	0
November	22,2	100,0	30	5	3	2	0	270,8	714	61	0	352,8	0
Desember	15,3	73,7	31	3	0	0	0	198,2	738	26	0	280,9	0
2017	7,8 ¹⁾	100,0	359	11	4	2	0	431,8	8507	190	1	521,7	1

1) Årsmiddel

Høyeste 10-minuttersverdi av SO_2 i 2017 var $1425 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ble målt på Svanvik søndag 23.april fra 12:10-12:20 (se tabell med detaljerte 10-minuttersverdier over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i vedlegget). Lengste episode (fleste verdier over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) forekom natten mellom søndag 19. og 20. november med 12 høye verdier innenfor 2 timer og 50 minutter.

I 2017 var det til sammen sju episoder med svært forhøyede konsentrasjoner av SO_2 (definert som minimum én 10-minuttersverdi over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$), igjen se tabell med detaljerte 10-minuttersverdier over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i vedlegget. Et påfallende trekk er at alle episodene på Svanvik opptre i forbindelse med helg (lørdag, søndag og natt til mandag). I 2016 var det fire slike episoder på Svanvik, alle på fredager. Det er ikke funnet noen fullgod forklaring på dette mønsteret. Det var én episode i Karpdalen med konsentrasjoner over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (torsdag 7.september), mens det i 2016 var 85 10-minuttersverdier $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fordelt på 13 ulike datoer/episoder. Det ble ikke sendt ut varsel til befolkningen om høye konsentrasjoner i 2017. Dette skyldes at episodene var korte og i praksis over før man rakk å iverksette varslings.

Antall timemiddelverdier over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik i 2017 var 11 (maksimum $582 \mu\text{g}/\text{m}^3$ målt 20.november), mens det i Karpdalen kun var én timemiddelverdi over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($432 \mu\text{g}/\text{m}^3$

målt 7.september)³⁴. Norsk lov tillater 24 overskridelser i løpet av et kalenderår (jfr Tabell 3) og norsk grenseverdi for time var derved overholdt på Svanvik og i Karpdalen i 2017.

Det var et døgnmiddel over 125 µg/m³ på Svanvik i 2017 (332 µg/m³ målt 20.november). Høyeste døgnmiddel i Karpdalen var 100 µg/m³ (målt 19.november). Norsk lov tillater 3 overskridelser i løpet av et kalenderår (jfr. Tabell 3) og norsk grenseverdi for døgn var derved overholdt på Svanvik og i Karpdalen i 2017.

Høyeste månedsmiddel på Svanvik i 2017 var 24,7 µg/m³ (november) hvor spesielt dagene 17.-21. november bidro til høyt månedsmiddel. Karpdalen hadde også høyest månedsmiddel i november (22,2 µg/m³). I Tabell 6 fremgår det tydelig hvordan Karpdalen er hardest belastet om vinteren (januar - mars, november, desember), dette skyldes som sagt fremherskende vindretning fra sør.

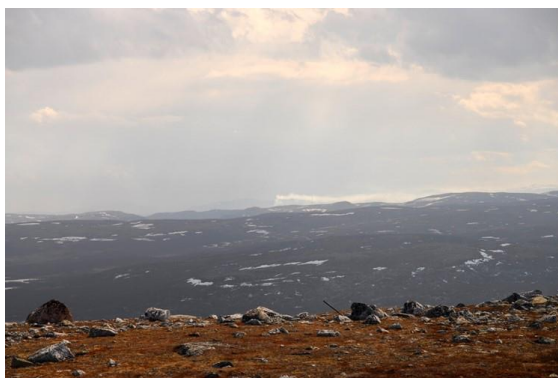
Sesongmiddel for vinteren 2016/17 på Svanvik var 4,0 µg/m³ og i Karpdalen 10,6 µg/m³. Dette er en nedgang for begge stasjoner sammenlignet med vinteren før, vinteren 2015/16 var konsentrasjonene hhv 7,9 µg/m³ og 29,8 µg/m³.

Middelverdien på Svanvik i kalenderåret 2017 var 5,6 µg/m³. Det er omtrent som i 2016. Årsgjennomsnitt i Karpdalen i 2017 var 7,8 µg/m³, en kraftig nedgang fra 2016 (17,9 µg/m³). Norsk grenseverdi for beskyttelse av økosystemer er 20 µg/m³ (midlingstid kalenderår og i vinterperioden 1/10-31/3, jfr Tabell 3) og norsk grenseverdi for vintersesong og kalenderår var derved overholdt på Svanvik og i Karpdalen i 2017.

Viksjøfjell

Målingene av SO₂ på Viksjøfjell gjøres ved hjelp av passive prøvetakere som henges opp på en sydvendt vegg. Prøvetakerne blir eksponert i 14 dager og så analysert. To prøvetakere eksponeres samtidig. Målingene gjøres i samarbeid med Forsvaret.

Det er værhardt på Viksjøfjell og prøvetakerne kan bli våte av horisontalt regn eller tåke. Det er tidvis stor forskjell mellom de to prøvetakerne som blir eksponert samtidig. Dette skyldes som regel fuktighet i en av prøvetakerne som igjen gir usikre målinger. Merk dog at analyseresultatene heller blir for lave enn for høye.



Bilde 3: Utsikt fra Viksjøfjell sørover. Viksjøfjell ligger rett nord for Zapoljarnij og røykfanen fra anlegget i Zapoljarnij sees i det fjerne. Foto: Christoffer Aalerud, Fylkesmannen i Finnmark

³⁴ Grafisk fremstilling av de timesvise data er gitt i Vedlegget til denne rapport.

Middelverdi av SO_2 for kalenderåret 2017 på Viksjøfjell var om lag $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gjennomsnitt av de to prøvetakerne). Dette er lavere enn tidligere år og kan underbygge at utslippene fra Zapoljarnij er reduserte (det er ca. 20 km i luftlinje fra Zapoljarnij til Viksjøfjell). Middelverdien sommersesongen 2017 var om lag $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (middel av de to prøvetakerne), for vintermånedene var middelverdien rundt $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette viser igjen hvordan vinteren er verst med tanke på miljøbelastning. Viksjøfjell mottar luft både fra Zapoljarnij og Nikel. For detaljerte data, se vedlegget til denne rapport.

Konsentrasjonsvindroser

Konsentrasjonsvindroser viser på en god måte sammenhengen mellom vindretning og konsentrasjon. Konsentrasjonsvindroser viser middelkonsentrasjonen når vinden blåser fra en bestemt vindretning (delt på $12 \cdot 30^\circ$ -vindsektorer). Konsentrasjonsvindroser for Svanvik og Karpdalen for året 2017³⁵ er vist i Figur 3. Merk at konsentrasjonsroser kun inkluderer tidspunkter som har verdier for både SO_2 og vind (timemiddelverdier).



Figur 3: Middelkonsentrasjoner av SO_2 på Svanvik og Karpdalen i kalenderåret 2017 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sortert etter vindretning. Figuren viser middelkonsentrasjoner av SO_2 for hver av $12 \cdot 30^\circ$ -vindsektorer.

Figur 3 viser tydelig at konsentrasjonene er høyest når vinden står fra smelteverkene mot målestasjonene på Svanvik og i Karpdalen. På Svanvik er konsentrasjonen høyest ved vind fra sektor 120° , som tilsvarer øst-sørøst ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mens i Karpdalen er høyeste konsentrasjon observert ved vind fra sektor 210° , som tilsvarer sør-sørvest ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$), som også er retning

³⁵ Detaljerte resultater for vintersesongen 2016/17 og sommersesongen 2017 er vist i Vedlegget til denne rapporten.

Nikel. Merk også at Karpdalen viser høye konsentrasjoner både ved vind fra Nikel og Zapoljarnij.

Konsentrasjonsvindroser som vist i Figur 3 understreker klart at utslipp fra Nikel og Zapoljarnij er opphavet til de høye konsentrasjonene som måles i grenseområdene.

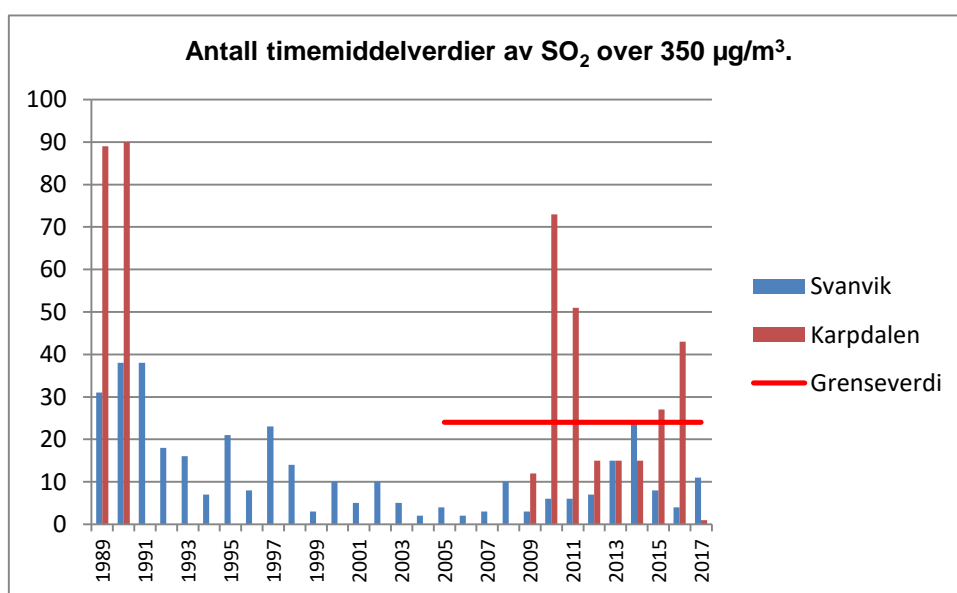
4.2 Trender av SO₂ 1974 - 2017

Det ble påbegynt målinger i Kirkenes-området og på Svanvik i 1974 (Hagen, 1977). Senere ble programmet utvidet med stasjonene Holmfoss og Jarfjordbotn. Under den koordinerte Basisundersøkelsen 1988-1991 ble det gjort målinger på stasjonene Kirkenes, Svanvik, Holmfoss, Karpdalen, Viksjøfjell, Noatun og Kobbfoss i tillegg til sovjetiske stasjoner finansiert av norske myndigheter (SOV1, SOV 2/Maajärvi³⁶, SOV3 og Nikel, se kart Figur 1). Fra 1988 gjøres det målinger med kontinuerlig registrerende målinger som gir meget høy tidsopløsning (monitor måler hvert 10. sekund). I måleprogrammet nå gjøres det målinger på Svanvik og i Karpdalen (gjenåpnet høsten 2008), samt langtidsmidler på Viksjøfjell.

Utslippene av SO₂ ligger nå rundt 100'000 tonn pr. år, mens de på 1970- og 80-tallet var rundt 400'000 tonn pr. år. Nedgangen i utslipp fra Zapoljarnij og Nikel gjenspeiler seg også i nedgang i målte konsentrasjoner på Svanvik og i Karpdalen. Likevel forekommer det fortsatt episoder med høye verdier både på Svanvik og i Karpdalen.

4.2.1 Timemiddelverdier - grenseverdi 350 µg/m³

Timemiddelverdier av SO₂ er målt siden 1989 på Svanvik. I Karpdalen er det målinger fra 1. oktober 1988 - 15. mars 1991 og fra 16. oktober 2008 - d.d. i Karpdalen. Figur 4 viser antall overskridelser av gjeldende grenseverdi hvert år fram til 2017. Fra 1992 er antall overskridelser på Svanvik under nåværende grenseverdier, gitt at det er tillatt med 24 overskridelser i året. Karpdalen viser overskridelse av gjeldende grenseverdi fire av de siste ni årene (2010, 2011, 2015 og 2016).



Figur 4: Antall timemiddelverdier av SO₂ over 350 µg/m³ på Svanvik (1989-2017) og i Karpdalen (1989-1990 og 2009-2017). Norsk lovverk tillater 24 overskridelser pr. kalenderår (gjeldende fra 2005, markert med rød linje).

Som vist i Figur 4 (og i Figur 5) var miljøbelastningen og de målte verdiene til dels høyere på 1980- og 1990-tallet enn i dag. Det gjelder både for antall timemiddelverdier over 350 µg/m³ (grenseverdi fra 1.1.2005), men også for høyeste timemiddelkonsentrasjon (høyeste

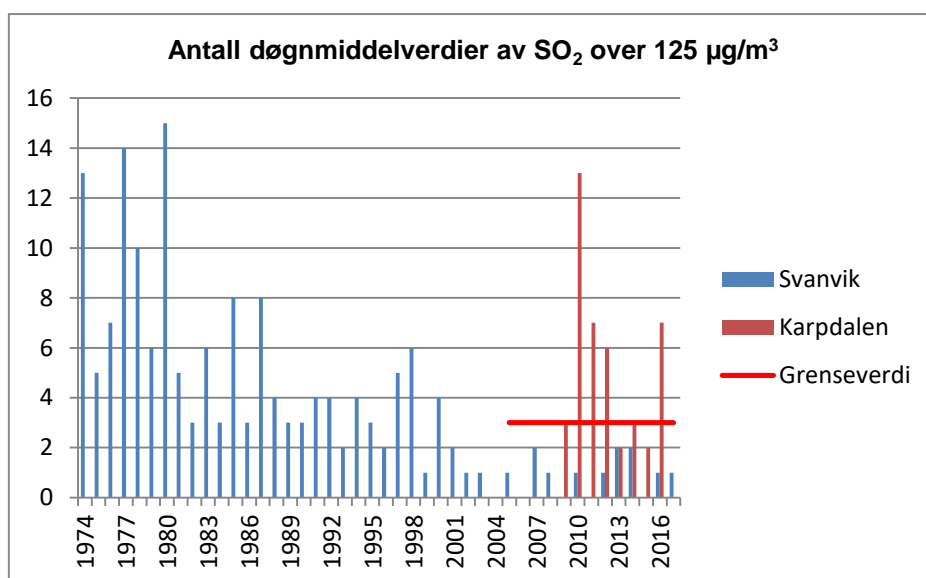
³⁶ "järvi" er finsk og betyr innsjø, den tilsvarende samiske betegnelsen er "jav'ri". Järvi og jav'ri brukes tidvis omhverandre i stedsnavn i grenseområdene.

timemiddelverdien målt på Svanvik noensinne av NILU var $2458 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 1990). Gitt at målingene før 1989 viser langt høyere års- og døgnmiddelkonsentrasjoner enn målingene etter 1989 er det derfor sannsynlig at timemiddelverdier over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ har forekommet hyppigere på 1970- og 1980-tallet enn i dag.

4.2.2 Døgnmiddelverdier - grenseverdi $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Den norske grenseverdien for døgnmiddel av SO_2 på $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tillates overskredet tre ganger i året og ble gjort gjeldende fra 1.1.2005. Figur 5 viser at antall overskridelser av $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik har variert mye fra år til år, men at det generelt har vært færre overskridelser etter 2000 enn tidligere. Etter 2000 har det kun vært mellom null og to overskridelser, færrest i 2004, 2006, 2009, 2011 og 2015 med ingen overskridelser.

I Karpdalen har det vært overskridelse av grenseverdi for døgnmiddel i 2010, 2011, 2012 og 2016 (Figur 5). Igjen utpeker vinteren 2010/11 seg med meget høye verdier og stort antall døgnmiddelverdier over $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 13 i 2010, 7 i 2011. Merk også at antallet døgnmidler over $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var over dagens grense i alle årene 1987-1992. Generelt måles de høyeste konsentrasjonene i Karpdalen om vinteren pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør.



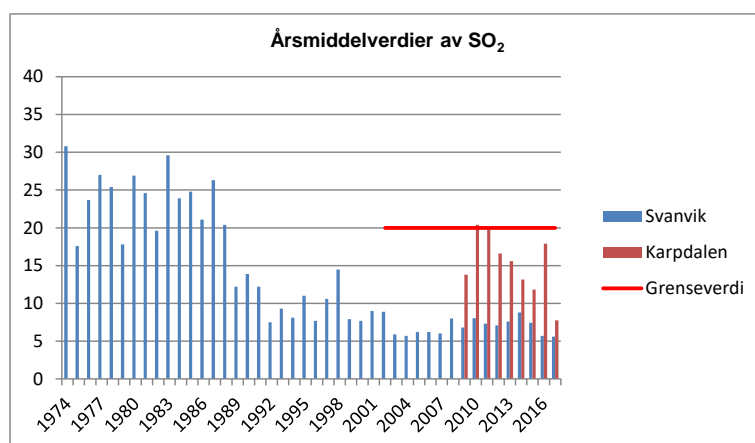
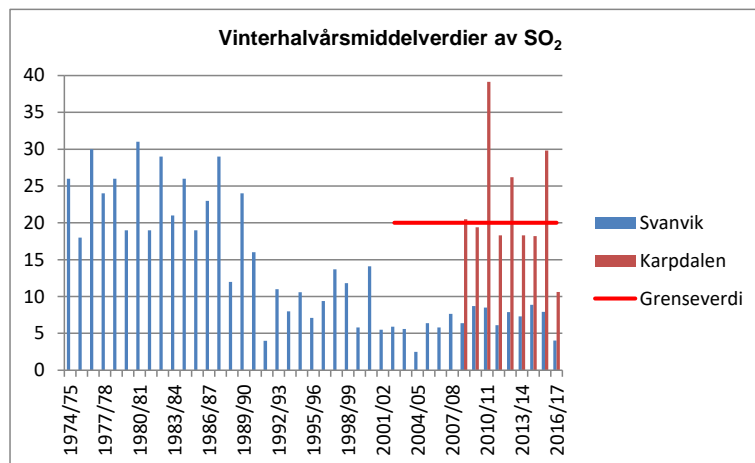
Figur 5: Antall døgnmiddelverdier av SO_2 over grenseverdien på $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik (1974-2017) og i Karpdalen (2009-2017). Norsk lovverk tillater 3 overskridelser pr. kalenderår (gjeldende fra 2005, markert med rød linje).

4.2.3 Vinterhalvår og kalenderår

Grenseverdien for beskyttelse av økosystem er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ både for vinterhalvår (oktober-mars) og kalenderår, gjeldende fra 4. oktober 2002. Det er ingen grenseverdi for sommer-sesongen. Belastningen er mindre sommerstid enn vinterstid, først og fremst fordi det er kraftigere vind, bedre vertikal blanding av lufta og derved bedre spredning og fortykning av utslippene/røykfanen sommerstid.

Figur 6 viser halvårsmiddelverdier for vinter (venstre del) og kalenderår (høyre del). For Svanvik (blå søyler) samsvarer middelverdier for vinterhalvåret med verdiene for kalenderåret. Igjen sees en nedgang fra de høye verdiene på 1970/80-tallet og fram til i dag. 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 10,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som middelværdi vinteren 2016/17 (mot 29,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vinteren før). Ellers sees et tydelig mønster der Karpdalen har størst belastning vinterstid. Dette understrekes også ved at grenseverdien på 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ er overskredet tre ganger for vinter-sesong de siste ni årene, mens den er overholdt for kalenderår. Merk også at årsmiddelværdi for Viksjøfjell (se kap 4.1) har ligget mellom 15 og 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de senere årene.



Figur 6: Vinterhalvårsmiddelværdier av SO₂ på Svanvik 1974/75-2015/16 og i Karpdalen (2008/09-2016/17) og årsmiddelværdier av SO₂ på Svanvik (1974-2017) og i Karpdalen (2009-2017). Grenseverdi for beskyttelse av økosystem er 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gjeldende fra 2002, markert med rød strek). Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3 Uorganiske komponenter i nedbør

Prøvetaking for målinger av uorganiske komponenter³⁷ i nedbør foretas ved én målestasjon, Karpbukta. Uorganiske komponenter som måles i Karpbukta er stoffer naturlig finnes i nedbør. Men det er en viss andel antropogent (menneskeskapt) bidrag, slik at dette også regnes som forurensning. pH i nedbør i Karpbukta er rundt og noe under 5. Ledningsevne er et mål på et stoffs evne til å lede elektrisitet og gir samtidig et mål for vannets renhet, ledningsevnen øker jo mer salter og karbondioksid som er løst i vannet. Nivået (konsentrasjonen) av sulfat er tilnærmet uforandret fra denne rapporteringsperioden (2017) sammenlignet med forrige (2016), og høyere enn norske bakgrunnsstasjoner (Aas et al., 2018). Ellers er det endel Na og Cl i nedbøren, også kalt bordsalt når det kombineres. Dette skyldes at Karpbukta ligger ved

³⁷ Igjen; som uorganiske komponenter regnes SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺.

sjøen hvor det forekommer aerosoler og sjøsprøyt som inneholder salt. For utdypende sammenligning med måleresultater fra andre stasjoner i Norge og historikk henvises det til Bohlin-Nizzetto og Aas (2018) og Aas et al. (2018).



Bilde 4: Stasjonen i Karpbukt, nedbørsamleren som brukes om sommeren (venstre) og snøsamleren som brukes om vinteren. Plastrakt fanger sommernedbøren som samles i en plastflaske. Om vinteren samles snø i prøvetaker som så må smeltes og fylles på flasker før forsendelse. Legg også merkeil ringen øverst. Den er plassert slik for at fugler skal sette seg på ringen framfor kanten av samleren. Dette for å unngå fugleskit i prøven. Høyre foto: Leif Magnus Eriksen.

Årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2017 er vist i Tabell 7. For detaljerte månedsmiddelverdier og trender for årene 1998 - 2017 se Vedlegg til denne rapport.

Tabell 7: Årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2017 ¹ Merk at konsentrasjonene av uorganiske komponenter er på mg-nivå (1/1 000 gram), mens tungmetaller er på µg-nivå (1/1 000 000 gram).

År	Nedbør- mengde mm	Lednings- evne µS/cm	pH	SO ₄ ²⁻ mg S/l	SO ₄ ²⁻ _corr mg S/l	NH ₄ ⁺ mg N/l	NO ₃ ⁻ mg N/l	Na ⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	K ⁺ mg/l
2017	594	17,2	4,9	0,4	0,3	0,2	0,1	1,7	0,2	3,0	0,2	0,1

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

5. Måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør

5.1 Tungmetaller i svevestøv

I dette prosjektet er det to prøvetakere for svevestøv (KleinfILTERgerät). En på Svanvik som ble satt opp i oktober 2008 og en i Karpdalen som ble satt opp høsten 2011. På Svanvik benyttes en sekvensiell prøvetaker som bytter filtre automatisk hver uke. Prøvetakeren i Karpdalen er manuell, dvs. at filtrene må byttes av lokal stasjonsholder. Med svevestøv menes PM₁₀, dvs. partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm ^{footnote 38}. Prøvetakingen foregår ved at luft suges inn gjennom et filter der støv avsettes. Etterpå sendes filtrene til NILUs laboratorier for analyse av 10 metaller (Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Co, V, As og Al). Basert på målt luftvolum gjennom instrumentet og mengden (masse) tungmetaller avsatt kan middelkonsentrasjonene i eksponeringsperioden (som regel en uke) regnes ut.

Luftinntaket på instrumentet er tilpasset PM₁₀ siden lovverket definerer tungmetaller som andel av PM₁₀-fraksjonen (jfr Tabell 4 i kap. 2.3). På russisk side, nærmere bestemt på stasjonene i Nikel og Zapoljarnij, gjør Murmansk UGMS prøvetaking og analyse av tungmetaller. Merk dog at i Russland måles det totalstøv, dvs. også partikler større enn 10 µm, mens i Norge sorteres de største partiklene ut (Pettersen et al., 2017).

Middelverdier av Ni, Cu, Co og As i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2017, samt sommersesongen 2017 er vist i Tabell 8. Detaljerte data for alle 10 elementene som analyseres (Ni, Cu, Co, As, samt Pb, Cd, Zn, Cr, V, Al) er vist i Vedlegg til denne rapport.

Tabell 8: *Middelverdier¹⁾ i luft av metaller som regnes som spormetaller fra nikkilverkene på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2017, samt sommersesongen 2017.*

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
Svanvik:					
01.01.2017	01.01.2018	9,9	8,1	0,4	1,9
01.04.2017	01.10.2017	12,0	8,7	0,5	1,3
Karpdalen:					
01.01.2017	01.01.2018	8,5	8,2	0,3	2,8
01.04.2017	01.10.2017	7,5	6,1	0,3	1,2

¹⁾ Ved utregning av vektet³⁹ middel er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

I 2017 var det tidvis problemer med filtrene på Svanvik slik at det er tre perioder (-dager) uten prøvetaking. Målingene i Karpdalen var meget stabile med kun to dager uten prøvetaking (prøvetakeren stoppet og måtte startes manuelt).

³⁸ µm betegner mikrometer, dvs. 1/1'000'000 meter ("million'te del") meter, eller 1/1000 millimeter.

³⁹ Vektet middel eller gjennomsnitt regnes ut ved at hver enhet i grunnlaget er tillagt vekt etter sin betydning for resultatet. Eksempelvis teller en prøve som er eksponert i 10 dager dobbelt så mye som en prøve som er eksponert i fem dager etc.

De målte verdiene av Ni, Cu, Co og As på Svanvik og i Karpdalen var jevnt over høyere i 2017 enn i 2016 (mellom 10 og 35% høyere). Eneste unntak er verdiene for sommersesongen 2017 i Karpdalen som var noe lavere enn sommeren før. Som tidligere omtalt er hyppigst forekommende vindretning vinterstid fra sør (se vindrose Figur 2 på side 19), dette bringer utslippene nordover mot Karpdalen og Jarfjordfjellet. Et typisk mønster er derfor at på Svanvik er verdien for sommersesongen høyere enn årsmiddelet, mens i Karpdalen er verdien for sommersesongen lavere enn årsmiddelet (se Tabell 8).

Målsetningsverdier for tungmetaller er 20 ng/m³ for nikkel og 6 ng/m³ for arsen gitt som årsmiddel. Resultatene viser at gjennomsnittsverdiene for 2017 for Svanvik (årsmiddel 9,9 ng/m³ for Ni og 1,9 ng/m³ for As) og for Karpdalen (årsmiddel 8,5 ng/m³ for Ni og 2,8 ng/m³ for As) ligger godt under målsetningsverdiene. De målte verdiene av nikkel er også under norske luftkvalitetskriterier fastsatt av Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet (10 ng/m³). For arsen er årsmiddel i Karpdalen i 2017 (2,8 ng/m³) høyere enn norske luftkvalitetskriterier (2 ng/m³).

Resultater for bly (Pb), kadmium (Cd), sink (Zn), krom (Cr), vanadium (V) og aluminium (Al) er vist i Tabell 9. Merk at disse metallene har andre kilder enn spormetallene fra smelteverkene og de målte verdiene skyldes i stor grad langtransportert forurensning. Konsentrasjonsmønsteret er derfor ulikt sammenlignet med spormetallene Ni, Cu, Co og As, både i tid (om sommeren eller vinteren har høyeste konsentrasjoner), i rom (om Svanvik eller Karpdalen er høyest), og ulikt mellom de seks komponentene.

Tabell 9: Middelverdier i luft av andre metaller på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2017, samt sommersesongen 2017.

Fra dato	Til dato	Pb ng/m ³	Cd ng/m ³	Zn ng/m ³	Cr ng/m ³	V ng/m ³	Al ng/m ³
Svanvik:							
01.01.2017	01.01.2018	2,4	0,2	8,6	0,3	2,5	39,4
01.04.2017	01.10.2017	1,8	0,1	5,2	0,4	1,8	64,7
Karpdalen:							
01.01.2017	01.01.2018	4,2	0,3	10,1	0,3	3,1	36,9
01.04.2017	01.10.2017	1,6	0,1	4,1	0,3	1,3	60,7

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

Grenseverdi for Bly (Pb, 0,5 µg/m³, tilsvarende 500 ng/m³) var overholdt med 2,4 ng/m³ og 4,2 ng/m³ som årsgjennomsnitt hhv på Svanvik og i Karpdalen. Også målsetningsverdi for kadmium (Cd, 5 ng/m³ som årsmiddel), er overholdt gitt at årsgjennomsnittet i grenseområdene i 2017 var hhv. 0,2 ng/m³ (Svanvik) og 0,3 ng/m³ (Karpdalen). Norske luftkvalitetskriterier er overholdt med god margin for bly (Pb) siden kriteriet tillater 0,1 µg/m³ (tilsvarende 100 ng/m³) og årsmiddelverdiene er hhv 2,4 ng/m³ (Svanvik) og hhv 4,2 ng/m³ (Karpdalen). Nivåene av kadmium (Cd) er også langt under luftkvalitetskriteriet.

For spormetallene Ni, Cu, Co og As er de målte verdiene i dag i samme størrelsesorden som under basisundersøkelsen 1988-1991. Merk at utslippene av svoveldioksid den gang var rundt 250 000 tonn pr år fra Zapoljarnij og Nikel, dvs. rundt 2,5 ganger høyere enn i dag. Utslippene

av tungmetaller var dårlig kjent på den tiden⁴⁰. Dog er det ikke samsvar mellom offisielle russiske utslippstall og norske/finske måleprogrammer ang. økning i tungmetaller rundt 2004.

Tungmetaller i svevestøv måles også ved observatoriene på Birkenes II (Sør-Norge) og Zeppelinfjellet (Spitsbergen) og på Andøya (Bohlin-Nizzetto og Aas, 2018). Verdiene på disse observatoriene representerer bakgrunnsverdier og har årsmiddelverdier for 2017 mellom 0,15 og 0,36 ng/m³ for Ni, mellom 0,28 og 0,51 ng/m³ for Cu og mellom 0,012 og 0,015 ng/m³ for Co. Årsmiddelkonsentrasjonen av As i 2017 ligger mellom 0,04 og 0,14 ng/m³. Sammenlignet med disse målingene ligger middelverdiene av Ni, Cu, Co og As fra stasjonene i grenseområdene typisk en faktor 15-30 høyere enn bakgrunnsstasjonene ellers i Norge.

5.2 Tungmetaller i nedbør - konsentrasjon

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

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

Årsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen i 2017 er vist i Tabell 10, mens detaljerte månedsmiddelverdier er vist i Vedlegg til denne rapporten.

Tabell 10: Årsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen i 2017.

Stasjon	Nedbør- mengde mm	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Ni µg/l	As µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	V µg/l	Al µg/l
Svanvik	404	0,8	0,1	4,2	27,6	1,2	33,9	0,9	0,3	0,5	19,6
Karpdalen	349	0,8	0,1	5,0	20,2	0,8	25,5	0,6	0,3	0,5	48,4

Spormetallene fra smelteverkene (nikkel Ni, kobber Cu, kobolt Co og arsen As) viser noe ulikt mønster over året. På Svanvik ble de høyeste konsentrasjonene av Ni i nedbør målt i februar, mai, juli, august og oktober. Cu viser de høyeste konsentrasjonene i februar og mai, Co i februar, mai, juli, august og oktober og As i mai, august, september og oktober. Merk samtidig at SO₂ viste de høyeste konsentrasjonene i mars - mai og oktober og november (Tabell 5). I Karpdalen sees generelt de høyeste verdiene i mars og i oktober, mens SO₂ er høyest i november. Det er derved ikke noe 1:1-forhold mellom konsentrasjonen av SO₂ og konsentrasjonene av tungmetaller, ei heller mellom de ulike spormetallene fra nikkerverkene. For alle fire spormetaller var konsentrasjonene høyere på Svanvik enn i Karpdalen. Konsentrasjonene av de fleste elementene gikk ned eller var uforandret i 2017 sammenlignet med 2016. Eneste unntak er Cu og V på Svanvik og Al i Karpdalen som gikk noe opp. Til dette

⁴⁰ For å beregne de offisielle utslippstallene av tungmetaller ble det brukt en massebalansemetode som gir veldig usikre resultater.

skal det nevnes at konsentrasjonene i 2016 gikk opp sammenlignet med 2015. Dvs. det er variasjoner fra år til år, fra komponent til komponent og mellom Svanvik og Karpdalen.

Det er vanskelig å gi noen fullgod forklaring på denne forskjellen i trender mellom de fire spormetallene siden alle fire stammer fra smelteverkene. En mulighet er at det er brukt noe forskjellig sammensetning av malm i produksjonen eller at produksjons-metodene varierer, men dette er kun hypoteser. Et annet poeng er at partiklene har ulike hygroskopiske egenskaper, det varierer hvor mye fuktighet de tiltrekker seg, og derved varierer det hvor raskt de tas opp i skydråpene og så regnes ut. Mønsteret for konsentrasjoner av metaller i nedbør er også forskjellig fra mønsteret for konsentrasjoner av metaller i luft (kap 5.1), uten at dette er analysert i detalj. Merk også at det er stor variasjon fra måned til måned og fra år til år i de målte konsentrasjoner i nedbør. Det er heller ikke kjent hvordan omleggingen av produksjonsprosessen i Zapoljarnij og Nikel vil påvirke utslippene av de ulike elementene.

Tungmetallene Pb, Cd og Zn analyseres rutinemessig i nedbøren på tre norske bakgrunnsstasjoner under Statlig program for forurensningsovervåking (Birkenes, Hurdal, Kårvatn). Tungmetallene Ni, Cu, Co, As, 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 2017 (Bohlin-Nizzetto og Aas, 2018).

5.3 Tungmetaller i nedbør - våtavsetning

Det er også beregnet avsetning med nedbør av de forskjellige elementene, både for vinterhalvåret 2016/17 og sommerhalvåret 2017. Avsetningstallene (enhet: mg/m²) regnes ut ved at konsentrasjonen i nedbøren (enhet: µg/liter eller mg/liter ⁴¹) multipliseres med nedbøren (1 mm nedbør tilsvarer 1 liter/m²) for hver uke og summeres over en sesong.

Tabell 11: Avsetning av metaller med nedbør vinterhalvåret 2016/17 og sommerhalvåret 2017 i Karpdalen og på Svanvik. Enhet: mg/m² (gitt pr. sesong).

Stasjon	Sesong	Pb mg/m ²	Cd mg/m ²	Zn mg/m ²	Ni mg/m ²	As mg/m ²	Cu mg/m ²	Co mg/m ²	Cr mg/m ²	V mg/m ²	Al mg/m ²
Karpdalen	2016/17 ¹⁾	0,2	0,0	1,8	5,2	0,1	5,5	0,2	0,1	0,1	5,0
Svanvik	2016/17 ¹⁾	0,1	0,0	0,5	2,4	0,1	3,1	0,1	0,0	0,1	2,7
Karpdalen	2017 ²⁾	0,1	0,0	0,8	3,8	0,2	4,7	0,1	0,1	0,1	13,7
Svanvik	2017 ²⁾	0,2	0,0	1,1	7,6	0,3	9,2	0,2	0,1	0,1	4,8

1) Vintersesong oktober - mars

2) Sommersesong april - september

Resultatene for vinterhalvåret 2016/17 og sommerhalvåret 2017 er vist i Tabell 11. Avsetningstall for tidligere år er vist i vedlegget til denne rapport. Merk at resultatene her angis pr. sesong. Dette skyldes at værmønsteret (meteorologi) viser et klart sesongmønster, eksempelvis fremherskende vind fra sør vinterstid. Komponenter som har grenseverdier gitt pr. kalenderår (eks SO₂ i luft i kap. 4 og tungmetaller i luft i kap. 5.1) er oppgitt og analysert pr år.

⁴¹ 1 000 µg = 1 mg, likeledes 1 000 000 µg = 1 000 mg = 1 g.

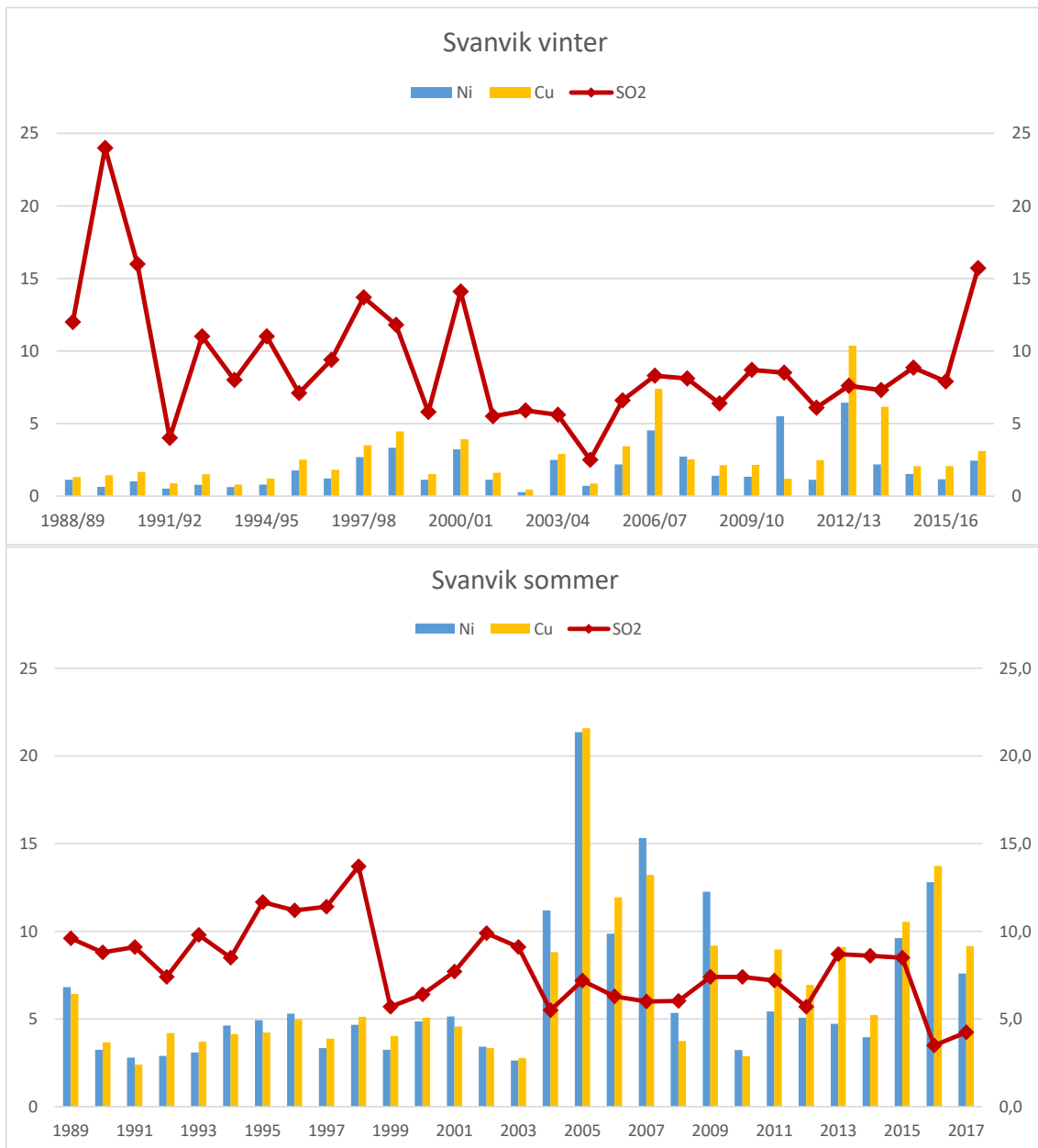
Avsetningen i nedbør av Ni og Cu på Svanvik for vinterhalvårene fra 1988/89 til 2016/17 og for sommerhalvårene fra 1989 til 2017 er vist i Figur 7 sammen med sesongkonsentrasjoner av SO₂. Trender for alle 10 metallene som er analysert er gitt i Vedlegget til denne rapport. Der er det også gjengitt figur for Karpdalen.

Når det gjelder avsetningen av de fire elementene Ni, Cu, Co og As vinteren 2016/17 så gikk de svakt ned eller var uforandret i Karpdalen sammenlignet med vinteren før (2015/16). På Svanvik økte alle fire sammenlignet med vinteren før. For de seks andre elementene var bildet sammensatt (noen gikk ned, noen var uforandret og noen økte). For sommersesongen 2017 var det nedgang i avsetning av alle 10 metallene på begge stasjoner sammenlignet med sommersesongen 2016. For noen komponenter var det sterkt nedgang, eksempelvis gikk avsetning av Ni i Karpdalen ned med 80% mens avsetning av Cu gikk ned med om lag 75% (2017 vs. 2016).

Avsetningen av nikkell på Svanvik vinteren 2016/17 (2,4 mg/m²) og sommeren 2017 (7,6 mg/m²), samt i Karpdalen vinteren 2016/17 (5,2 mg/m²) og sommeren 2017 (3,8 mg/m²), er i sum over tålegrense for nikkell i nedbør beregnet til 4-6 mg/(m² år) for Øst-Finnmark. Dette gjelder med tanke på drikkevann (Reinds et al., 2006). For ytterligere diskusjon om vannkvalitet henvises til annen rapport under overvåkingsprogrammet (Garmo og Skancke, 2017).

Avsetningen av disse elementene på Svanvik er vanligvis langt høyere om sommeren enn om vinteren (se Figur 7). Sesongvariasjonen skyldes at frekvensen av vind fra Nikel mot Svanvik er klart høyest i sommerhalvåret (se vindrose Figur 2). Som tidligere nevnt er det nå kontinuerlige målinger av tungmetaller i svevestøv både på Svanvik og i Karpdalen (kap. 5.1). 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 og Skancke, 2017). 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 7: Avsetning med nedbør av Ni og Cu (søyler, enhet mg/m²) i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2016/17 (øvre del) og i sommerhalvårene fra 1989 til 2017 (nedre del). Halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO₂ er også vist (rød linje, enhet µg/m³).

6. Konklusjon

Måleresultatene viser at norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2017, dette gjelder timemiddelverdi (gjennomsnitt over en time), døgnmiddelverdi (gjennomsnitt over et døgn) og middelverdi for vintersesongen 2016/17, samt kalenderår.

Svanvik og Karpdalen kan oppleve kortvarige, høye konsentrasjoner av SO₂, også kalt episoder.

Generelt viser målingene at miljøbelastningen på Svanvik grunnet SO₂ i 2017 var om lag som i 2016. For noen parametre (høyeste døgnmiddel, høyeste 10-minuttersmiddel) var verdiene litt høyere. I Karpdalen var miljøbelastningen lavere i 2017 enn året før (gjelder alle parametre). Lavere miljøbelastning i Karpdalen kan delvis forklares utfra meteorologi, andelen vind fra smelteverkene mot stasjonen i Karpdalen lavere i 2017 enn tidligere år (dvs. mindre vind fra sør).

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

Mer informasjon om måleprogrammet, bakgrunn, historikk, tidligere måleresultater, trender og mer utfyllende finnes i vedlegg til denne rapport. Det er også laget en egen hjemmeside til dette programmet, se www.miljodirektoratet.no

Luftkvalitet.info der SO₂ på Svanvik og i Karpdalen vises i nær sanntid (under Sør-Varanger):
<http://www.luftkvalitet.info/home.aspx>
<http://www.luftkvalitet.info/home/airquality.aspx?type=1&topic=1&id=%7b9aed45c7-5cb6-4dd0-83ec-b76455a188d5%7d> [alle besøkt 01-06-2018]

7. Referanseliste

- Aas, W., Fiebig, M., Solberg, S., Yttri, K. (2018) Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway, annual report 2017. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1064/2018) (NILU report, 13/2018).
- Bohlin-Nizzetto, P., Aas, W., Warner, N. (2018) Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation, annual report 2016. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1062/2018) (NILU report, 17/2017).
- Garmo, Ø. og Skancke, L.B. (2017) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - vannkjemiske effekter 2016. Oslo, Norsk institutt for vannforskning. Statlig program for forurensningsovervåking. (Miljødirektoratet rapport, M-836/2017). (NIVA-rapport 7191-2017).
- 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).
- Jacobsen, A.R. (2006) Nikkel, jern og blod. Krigens i Nord 1939-1945. Oslo, Aschehoug.
- 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).
- Miljøverndepartementet (2004) Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften). Oslo (FOR 2004-06-01 nr 931).
URL: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20040601-0931.html>
- Pettersen, C. F., Berglen, T. F., Aronsen, H., Guttu, S., Chaus, O., Ustinova, A., Pavlova, T., Korotkova, T.D. (2017) Russian-Norwegian ambient air monitoring in the border areas - Updated report joint 2010-2015. Trondheim, Miljødirektoratet (Miljødirektoratet rapport, M-761/2017).
- Stebel, K., Christensen, G., Derome, J., Grekelä, I. (eds.) (2007) State of the environment in the Norwegian, Finnish, and Russian border area. Rovaniemi, Lapland Regional Environment Centre (The Finnish Environment, 6/2007)

Miljødirektoratet

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

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljødirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

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

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

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