

Grenseområdene Norge- Russland

Luft- og nedbørkvalitet 2021

Tore Flatlandsmo Berglen, Anne-Cathrine Nilsen, Marit Vadset,
Hilde Thelle Uggerud, Claudia Hak og Erik Andresen



Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	4
1.1	Luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene Norge-Russland i 2021.....	4
1.2	Summary: Air and precipitation quality in the Norwegian-Russian border areas 2021	6
2	Utslipp, målinger og grenseverdier	9
2.1	Smelteverkenes historie	9
2.2	Utslipp.....	9
2.3	Måleprogram	13
2.4	Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge.....	15
3	Måleresultater meteorologi 2021	17
3.1	Vindhastighet og -retning	17
4	Måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter	19
4.1	SO ₂ kalenderåret 2021	19
4.2	Trender av SO ₂ 1974 - 2020	21
4.2.1	Timemiddelverdier – grenseverdi 350 µg/m ³	22
4.2.2	Døgnmiddelverdier – grenseverdi 125 µg/m ³	23
4.2.3	Vinterhalvår og kalenderår	23
4.3	Uorganiske komponenter i nedbør.....	25
5	Måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør	26
5.1	Tungmetaller i svevestøv	26
5.2	Tungmetaller i nedbør - konsentrasjon	27
5.3	Tungmetaller i nedbør – våtavsetning	29
6	Konklusjon	32
	Vedlegg A Utslipp og målinger av forurensning i grenseområdene Norge-Russland	33
	Vedlegg B Detaljerte måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter	43
	Vedlegg C Detaljerte måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør	54
	Vedlegg D Referanser og relevant stoff, forurensning i grenseområdene Norge - Russland .	63

Grenseområdene Norge-Russland

Luft- og nedbørkvalitet 2021

1 Sammendrag

1.1 Luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene Norge-Russland i 2021

Grenseområdene Norge-Russland er rike på metaller og mineraler. Området øst for Pasvikelva i Finnmark var finsk fra 1920 og fram til 2. verdenskrig og det var finnene som først oppdaget nikkel i berggrunnen i 1921. På 1930-tallet ble det anlagt gruver og smelteverk ved byen Kolosjoki. Etter krigen ble området igjen russisk, byen skiftet navn til Nikel og smelteverket ble gjenoppbygget. Malmen som brytes og videreforedles inneholder tungmetaller som nikkel og kobber, men også svovel. Dette ga utslipp av store mengder svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller. Utslippene har påvirket luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene og nivåene av SO₂ og tungmetaller har vært høyere enn ellers i Norge. Smelteverket i Nikel stengte ned produksjonen i desember 2020. Dette ga stor nedgang i forurensningen i grenseområdene.

Utslipp

På 1970/80-tallet var utslippene av SO₂ fra briketteringsanlegget i Zapoljarnyj og nikkelsmelteverket i Nikel i Russland over 400 000 tonn i året. De høye utslippene den gang skyldtes bruk av svovelholdig malm fra Norilsk i Sibir. Fra 1993 og framover har det kun vært brukt lokal malm med lavere svovelinnhold og utslippene er gradvis blitt reduserte. På 2010-tallet var utslippene rundt 100 000 tonn pr. år. Briketteringsanlegget i Zapoljarnyj ble oppgradert med nye produksjonslinjer i 2015 og utslippene derfra ble reduserte, men detaljene rundt utslipp fra Zapoljarnyj er ikke kjente. Siden ble en ovn ved verket i Nikel lukket, noe som reduserte utslippene ytterligere. Selskapet Kola GMK stengte ned produksjonen i Nikel 23. desember 2020 og foredlingen av malm foregår nå i Montsjegorsk. Verkene i Montsjegorsk har nyere teknologi og derved mindre utslipp og ligger lenger unna Norge. I tillegg til SO₂, slapp de russiske verkene også ut tungmetaller. Nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) regnes som spormetaller fra nikkerverkene. Merk også at det er et varmekraftverk i Nikel som fortsatt slipper ut svovel i vintersesongen, men utslippsmengden er ikke kjent.

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 ble det i 2021 målt SO₂, tungmetaller i svevestøv og nedbør, samt meteorologi. I Karpbukta ble det målt uorganiske¹ komponenter i nedbør. På Viksjøfjell er det utplassert passive prøvetakere for måling av langtidsmidler av SO₂-konsentrasjonen. Måleprogrammet fortsatte i 2021, med andre ord etter at verket i Nikel stengte ned. Omfanget av målinger reduseres fra januar 2022 og det skal nå gjøres målinger av tungmetaller i luft og nedbør, samt uorganiske komponenter i nedbør på Svanvik. Disse målingene er en del av det nasjonale overvåkingsprogrammet finansiert av norske myndigheter. Målingene i Karpdalen og i Karpbukta opphørte i januar 2022.

Luftkvalitet - SO₂

I denne rapporten presenteres resultater fra året 2021. En oppsummering av måleresultatene for SO₂ er gitt i Tabell 1. Konsentrasjonene er gjennomgående lave, men det sees noe forhøyede verdier i vintersesongen på grunn av utslipp av svovel fra varmekraftverket i Nikel og sannsynligvis noe fra Zapoljarnyj. De høyeste konsentrasjonene på kort tidsskala (10-minutter, time) ble typisk observert på

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

Svanvik på grunn av nærheten til Nikel og varmekraftverket der. De høyeste konsentrasjonene på lengre tidsskala (sesong, år) ble observert i Karpdalen som var mest utsatt vinterstid på grunn av hyppig forekommende vindretning fra sør.

Generelt viser målingene at SO₂-nivåene på Svanvik og i Karpdalen var lave i 2021. Dette gjelder alle parametere, både gjennomsnitt, korttidsmiddel (10-minutter), antall verdier over fastsatte grenser (timemiddel, døgnmiddel²) og maksimumsverdier. I 2021 var januar den måneden som hadde størst miljøbelastning. Det ble ikke sendt ut varsel til befolkningen om dårlig luftkvalitet i 2021.

Viksjøfjell ligger ca. 20 km rett nord for Zapoljarnyj og er påvirket av utslippene derfra. Målinger med passive prøvetakere på Viksjøfjell viser at middelverdi av SO₂-konsentrasjonen for kalenderåret 2021 var rundt 7 µg/m³. Dette er lavere enn foregående år. Nedgangen underbygger at utslippene fra Zapoljarnyj er blitt reduserte siden 2015.

Tabell 1: Viktige nøkkeltall for SO₂ fra målingene i 2021.

Kalenderåret 2021	Svanvik	Karpdalen
Antall 10-min.verdier > 500 µg/m ³	0	0
Høyeste 10-minuttersverdi [µg/m ³]	114	74
A) Antall timemiddel > 350 µg/m ³	0	0
Høyeste timemiddelverdi [µg/m ³]	83	66
B) Antall døgnmiddel > 125 µg/m ³	0	0
Høyeste døgnmiddel [µg/m ³]	42	32
C) Middelerverdi vinter [µg/m ³] (vinteren 2020/21)	3,4	4,2
Middelverdi sommer [µg/m ³]	0,1	0,4
C) Årsmiddelverdi [µg/m ³]	1,0	1,4

A) Norsk timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse av SO₂ er 350 µg/m³ og grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår.

B) Norsk døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse av SO₂ er 125 µg/m³ og grenseverdien må ikke overskrides mer enn tre ganger pr. kalenderår.

C) Norsk grenseverdi for beskyttelse av økosystemet 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 med klar margin både på Svanvik og i Karpdalen i 2021, dette gjelder timemiddelverdi, døgnmiddelverdi og middelverdi for vintersesongen 2020/21, samt middelverdi for kalenderåret.

Luftkvalitet - tungmetaller

Tabell 2: Middelerverdier av metaller i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2021^{A)}.

Kalenderåret 2021	Svanvik	Karpdalen
Ni [ng/ m ³]	1,0	1,2
Cu [ng/ m ³]	0,6	0,9
Co [ng/ m ³]	0,0	0,0
As [ng/ m ³]	0,1	0,1

A) Målingsverdier for tiltak for komponentene nikkel og arsen er henholdsvis 20 ng/m³ og 6 ng/m³. Konsentrasjonene av arsen, kadmium og nikkel beregnes ut fra totalt innhold i PM₁₀-fraksjonen, som gjennomsnitt over et kalenderår.³

På Svanvik og i Karpdalen ble det gjort prøvetaking av tungmetaller i svevestøv (PM₁₀), det vil si ukeprøver av Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V og Zn⁴. Målinger av tungmetaller i luft og nedbør på Svanvik og i Karpdalen viser lavere konsentrasjoner enn tidligere av spormetallene nikkel

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

³ PM₁₀ («Particulate Matter») betegner partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm (mikrometer), også benevnt svevestøv.

⁴ Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen, Al: aluminium, Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink.

(Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) fra nikkilverkene. Gjennomsnittskonsentrasjonene for de to stasjonene er gitt i Tabell 2. Målsettingsverdiene for Ni og As ble overholdt med klar margin både på Svanvik og i Karpdalen i 2021. Nivåene av kadmium var langt lavere enn målsettingsverdi og luftkvalitetskriterium, likeledes var nivåene av bly langt lavere enn grenseverdi og luftkvalitetskriterium.

Nedbørkvalitet

Tre stasjoner hadde prøvetaking av nedbør, Karpbukt (uorganiske komponenter), Svanvik og Karpdalen (begge 10 tungmetaller/elementer). Nivået/konsentrasjonen av sulfat i Karpbukt gikk ned i 2021 sammenlignet med 2020 og er nå på linje med bakgrunnsstasjoner ellers i Norge. Nedgangen skyldes sannsynligvis at utslippene av svovel fra Nikel og Zapoljarnyj er sterkt reduserte. På Svanvik og i Karpdalen gikk konsentrasjonene av de fleste elementene ned i 2021 sammenlignet med 2020. Spormetallene fra nikkilverkene (Ni, Cu, Co og As) gikk mest ned. Men målingene viser generelt at det fortsatt var betydelig høyere konsentrasjoner av Ni, Cu og Co i nedbør på Svanvik og i Karpdalen enn på de andre stasjonene i Norge. Historisk sett var avsetningen med nedbør av Ni, Cu, Co og As vanligvis langt høyere om sommeren enn om vinteren på Svanvik. Dette skyldes høyere frekvens av vind fra Nikel mot Svanvik sommerstid. Karpdalen var mest utsatt vinterstid. Avsetning av tungmetaller i nedbør viste en markant økning etter 2004 sammenlignet med tiden før 2004.

1.2 Summary: Air and precipitation quality in the Norwegian-Russian border areas 2021

The soil in the border areas between Russia and Norway is rich in metals and minerals. The right bank of the Pasvik River was part of Finland from 1920 until World War II and it was Finland that first discovered nickel in the soil in 1921. In the 1930s, nickel mines and a smelter were established in the vicinity of the city Kolosjoki. After the war, the area once again became a part of Russia, the city was renamed Nikel and the smelter was reconstructed. The ore has a high content of heavy metals like nickel and copper, but it also contains sulphur. As a result, the smelters emitted large quantities of sulphur dioxide (SO₂) and metals. These emissions affected air quality and the environment in the border areas. The monitoring stations in the Russian-Norwegian border areas had the highest measured concentrations of SO₂ and heavy metals in all of Norway. The smelter in Nikel closed down its production in December 2020. As a consequence, the levels of pollution in the border areas have decreased.

Emissions

In the 1970's/80's, the emissions of SO₂ from the briquetting facility in Zapoliarny and the smelter in Nikel were above 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. From 1993 and onwards, only local ore has been used in the production and the emissions have gradually decreased. In the past 5 years, the total emissions of SO₂ have been below 100 000 tonnes per year. The briquetting facility in Zapoliarny was upgraded in 2015 with two new production lines and the emissions were reduced. Then a furnace in Nikel was upgraded and the emissions decreased even more. The company Kola GMK closed down the smelter in Nikel on 23rd of December 2020 and the refining process will from now on take place in Monchegorsk. Monchegorsk is located far away from Norway and new updated technology is implemented. 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. In 2021, there was monitoring of SO₂, heavy metals sampling for analysis in particles (PM₁₀) and precipitation, as well as monitoring of meteorological parameters, at Svanvik in the Pasvik valley

and in Karpdalen in the Jarfjord area. In Karpbukt, there was sampling of inorganic components⁵ in precipitation. At Viksjøfjell, there is passive sampling of SO₂ (14-days mean). The monitoring programme continued in 2021, in other words after the shut-down of the smelter in Nikel. From 2022 and onwards, the monitoring programme will be reduced. Only sampling and analysis of heavy metals in air and precipitation, as well as inorganic components in precipitation at Svanvik, will continue. This will be part of the national programme for monitoring of environmental contaminants in air and precipitation. Karpbukt and Karpdalen stations were closed down in January 2022.

Air quality - SO₂

This report presents monitoring results for the year 2021. A summary of the main results for SO₂ is given in Table 1. The values are generally low, but some elevated concentrations are observed during the winter season due to emissions of sulphur from the heating plant in Nikel and probably some emissions of sulphur from Zapolyarny as well. Historically, on a short time scale (10 minutes, 1 hour), the highest concentrations were typically observed at Svanvik, because Svanvik is located close to Nikel with the heating plant and the former smelter. On a longer time scale (month, season), Karpdalen experienced 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 and Karpdalen due to SO₂ in 2021 was low. This is valid for all parameters: average values, short term mean values (10 minutes), number of exceedances (of hourly mean values, daily mean), and maximum values. The highest concentrations were observed in January. The values did not exceed the alarm thresholds and no warning concerning air quality was sent to the residents in the border areas.

Viksjøfjell is located about 20 km north of Zapolyarny and is strongly affected by the emissions from the briquetting facility. Monitoring of SO₂, using passive samplers at Viksjøfjell, shows that the average concentration for the calendar year 2021 was around 7 µg/m³. This is lower than in 2020. Again, this observed decrease emphasizes that the emissions have been reduced since 2015.

The monitoring results presented in Table 1 show that the concentrations of SO₂ for 2021 at Svanvik and in Karpdalen are in compliance with Norwegian legislation, concerning hourly mean values (average over one hour), daily mean values (average over 24 hrs) and seasonal mean for winter season 2020/21, as well as annual mean values.

Table 1: Key values for SO₂ results in 2021.

Calendar year 2020	Svanvik	Karpdalen
# 10 minute average values > 500 µg/m ³	0	0
Highest 10 minute average value [µg/m ³]	114	74
^{A)} # Hourly average values > 350 µg/m ³	0	0
Highest hourly average value [µg/m ³]	83	66
^{B)} # Daily averages > 125 µg/m ³	0	0
Highest daily average [µg/m ³]	42	32
^{C)} Average value winter [µg/m ³] (winter 2020/21)	3.4	4.2
Average value [µg/m ³] summer	0.1	0.4
^{C)} Annual mean value [µg/m ³]	1.0	1.4

A) The Norwegian limit value for protection of human health for hourly mean SO₂ concentrations is 350 µg/m³, not to be exceeded more than 24 times a calendar year.

B) The Norwegian limit value for protection of human health for daily mean SO₂ concentration is 125 µg/m³, not to be exceeded more than 3 times a calendar year.

C) The Norwegian critical levels for the protection of vegetation is 20 µg/m³ SO₂ given for averaging period calendar year and winter season (1 October to 31 March).

⁵ Inorganic components include SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺ given as ions.

Air quality – heavy metals

Both at Svanvik and in Karpdalen, there was sampling and analysis of heavy metals in PM₁₀ in air on a weekly basis, i.e. Ni, Cu, Co and As, as well as Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V and Zn⁶. Monitoring of metals in air and precipitation at Svanvik and in Karpdalen shows lower concentrations than before of specific trace elements from the smelting industries, nickel (Ni), copper (Cu), cobalt (Co), and arsenic (As). The mean concentrations found at these two stations are given in Table 2. The observed values of Ni and As are in compliance with Norwegian target values both at Svanvik and in Karpdalen in 2021. The observed concentrations of cadmium (Cd) are below Norwegian target value and air quality criteria, also the observed concentrations of lead (Pb) are below Norwegian threshold value and air quality criteria.

Table 2: Average values of elements found in ambient air at Svanvik and in Karpdalen during calendar year 2021^A.

Calendar year 2020	Svanvik	Karpdalen
Ni [ng/m ³]	1.0	1.2
Cu [ng/m ³]	0.6	0.9
Co [ng/m ³]	0.0	0.0
As [ng/m ³]	0.1	0.1

A) The target values for nickel and arsenic are 20 ng/m³ and 6 ng/m³ respectively for the total content in the PM₁₀ fraction given over a calendar year.⁷

Precipitation quality

Three stations have sampling of precipitation, Karpbukt (inorganic components), Svanvik and Karpdalen (both 10 heavy metals/elements). The levels/concentrations of sulphate in Karpbukt decreased in 2021 compared to 2020 and is now approximately at the same level as other background stations in Norway. The decrease is most probably due to reduced emissions from Nikel and Zapolyarny. At Svanvik and in Karpdalen, the concentrations of most elements decreased in 2021 compared to 2020. The trace metals from smelter activity, Ni, Cu, Co and As, showed the most pronounced decrease. But the monitoring results also showed that the concentrations of Ni, Cu, and Co in precipitation still were higher at Svanvik and in Karpdalen than concentrations at other background stations in Norway. Historically, the deposition of the metals Ni, Cu, Co, and As with precipitation was usually a lot higher during summer than during winter at Svanvik. This was 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 experienced higher values during wintertime. Deposition of metals with precipitation increased from 2004 in comparison to years before 2004.

⁶ Ni: nickel, Cu: copper, Co: cobalt, As: arsenic, Al: aluminium, Cd: cadmium, Cr: chromium, Fe: iron, Mn: manganese, Pb: lead, V: vanadium, Zn: zinc.

⁷ PM₁₀ («Particulate Matter») describes particles with aerodynamic diameter less than 10 µm (micrometer).

2 Utslipp, målinger og grenseverdier

2.1 Smelteverkens historie

Fredstraktaten etter første verdenskrig mellom Sovjet-Russland og Finland ble undertegnet i Dorpat 14. oktober 1920. Traktaten ga Finland adgang til Barentshavet i nord ved at Petsamo-området ble avgitt til Finland, også kalt Petsamo-korridoren. Allerede året etter, i 1921, ble det sendt en finsk ekspedisjon til området for å kartlegge mulige mineralforekomster. Sjansene for å finne drivverdige forekomster av metaller var store, jfr. etableringen av AS Sydvaranger i Bjørnevatn i 1906. Den finske ekspedisjonen fant blant annet nikkel i berggrunnen i nærheten av elva Kolosjoki på østsiden av Pasvikelva. På 1930-tallet ble det anlagt smelteverk med bistand fra det canadiske selskapet Inco (International Nickel Company). På slutten av 1920-tallet ble det også bygd vei fra Ivalo, over Nellim og videre på østsiden av Pasvikelva helt til Liinahamari ved Barentshavet, kalt Ishavsveien.

Nikkel er en viktig bestanddel av rustfritt stål og gruvene og verket ble derved et viktig strategisk mål under 2. verdenskrig (Jacobsen, 2006). Hitler-Tyskland angrep Sovjetunionen i juni 1941, men ble stoppet ved Litsafronten og trakk seg tilbake i oktober 1944. Etter 2. verdenskrig ble området igjen en del av Russland / Den russiske sosialistiske føderative sovjetrepublikk, smelteverket ble gjenoppbygget og byen skiftet navn til Nikel / Никель. Byen og briketteringsanlegget i Zapoljarnyj / Заполярный ble etablert på 1950-tallet.

Etter oppløsningen av Sovjetunionen og opprettelsen av Den russiske føderasjon på 1990-tallet ble verkene/selskapet privatisert. Gruvene og verkene eies og drives i dag av Kolskaya GMK / Кольская ГМК (ru), også benevnt Kola Bergverkskompani (no) og Kola MMC / Kola Mining and Metallurgical Company (eng), som igjen er en del av Norilsk Nickel-kombinatet⁸. Norilsk Nickel er verdens største produsent av nikkel og palladium og en stor produsent av kobber og platina. I 2020 stod Kola Bergverkskompani for 73% av Norilsk Nickels totale produksjon av nikkel, for kobber og platinagruppermetallene⁹ var andelen hhv. 14% og 57%. Det ble utvunnet 7,7 millioner tonn malm, beregnede malmforekomster utgjør til sammen 315,6 millioner tonn^{se fotnote 8}.

2.2 Utslipp

Malmen som brytes og videreforedles er såkalte sulfidiske malmer, det vil si at nyttemetallene som nikkel og kobber er bundet til svovel. Den lokale malmen inneholder typisk ~5-6 % svovel og dette medførte store utslipp av svoveldioksid SO₂ og tungmetaller. Disse utslippene har påvirket luftkvaliteten og miljøet i grenseområdene både på norsk og russisk side.

På 1970- og 80-tallet ble det fraktet malm fra Norilsk i Sibir for videreforedling i Zapoljarnyj og Nikel. Denne malmen inneholdt mye svovel, opptil 24 % S, og utslippene den gang var over 400 000 tonn SO₂ pr. år. Fra 1993 er det kun benyttet lokal malm og utslippene har gradvis gått nedover de siste 25-30 årene. Rundt 2015 var utslippene i overkant av 100 000 tonn SO₂ pr. år med om lag 40% fra Zapoljarnyj og 60% fra Nikel¹⁰. Så ble briketteringsanlegget i Zapoljarnyj modernisert med to nye produksjonslinjer i desember 2015¹¹. Etter dette ble brikettene tørket, ikke røstet¹² som tidligere. Dette tiltaket reduserte utslippene fra Zapoljarnyj betraktelig, men flyttet midlertidig utslippene til

⁸ Se: <http://www.nornickel.com> og <https://www.nornickel.com/business/assets/kola> [begge besøkt 22. april 2022].

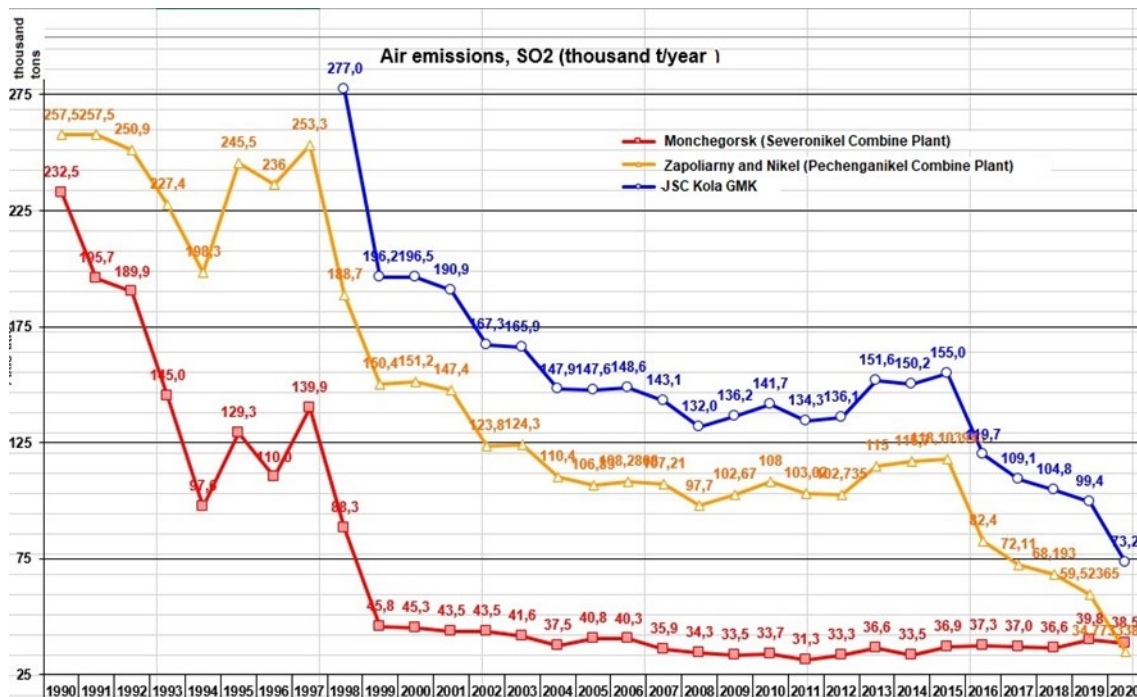
⁹ Platinagruppermetaller omfatter de seks metallene ruthenium (Ru), rhodium (Rh), palladium (Pd), iridium (Ir), osmium (Os) og platina (Pt).

¹⁰ Totale, rapporterte utslipp av SO₂ for Kola MMC (Zapoljarnyj, Nikel og Montsjegorsk) utgjorde 109'100 tonn i 2017. Se også OUR FAR NORTH SUSTAINABILITY REPORT 2020, <https://csr2020.nornickel.ru/en/> [besøkt 22. april 2022].

¹¹ Opplysningene om moderniseringen i Zapoljarnyj ble gitt under møte i Zapoljarnyj 16. mars 2016, BEAC Working Group on Environment.

¹² Røsting er den prosessen som utføres når malm varmes opp over lang tid for å fjerne forurensning/uønskede komponenter fra malmen.

Nikkel. Senere ble én smelteovn i Nikel oppgradert og lukket, det vil si at røykgassene ble fanget og renses. Tidligere er det opplyst til norske myndigheter at utslippstillatelsen de siste årene har vært 79 900 tonn SO₂ pr. år. Utslippstall for perioden 1990 – 2020 er vist i Figur 1.



Figur 1: Rapporterte utslipp av SO₂ fra Kola GMK, det vil si datterselskapet til Norilsk-Nickelkombinatet. Oransje linje viser utslipp fra Pechenganikel, det vil si Nikel og Zapoljarnyj, rød linje viser Severonikel, det vil si Montsjegorsk og blå linje viser totale utslipp. Kilde: upublisert versjon av fellesrapporten fra den norsk-russiske ekspertgruppen for luft. Enhet: tusen tonn per år.

Smelteverket i Nikel ble stengt ned 23. desember 2020¹³. Også briketteringsanlegget i Zapoljarnyj er endret. Heretter skal malmkonsentratet enten selges direkte på verdensmarkedet i form av pulver, dette gjelder den mest svovelholdige delen, eller fraktes fra Zapoljarnyj til Montsjegorsk. Norilsk-Nickel melder på sine hjemmesider at utslippene i 2021 fra Kola GMK var 10 % av utslippene i 2015¹⁴. Kombinatet har også stengt det gamle kobbersmelteverket i Montsjegorsk og bygd et nytt verk. Med nedstengningen i Nikel er 90 års drift ved smelteverket over. Dette har medført en sterk reduksjon i utslippene og derved en bedring av luftkvaliteten i grenseområdene. Merk forskjellen mellom utslippene fra smelteverket i 2016 vist i Bilde 1 og Bilde 2 tatt samme sted i 2021, det vil si fem år senere, der det ikke er røyk fra skorsteinene.

¹³ <https://www.nornickel.com/news-and-media/press-releases-and-news/nornickel-shuts-down-smelter-in-nikel-town/> [besøkt 22. april 2022].

¹⁴ <https://www.nornickel.com/sustainability/environment/air/> [besøkt 1. juni 2022].



Bilde 1: Typisk eksempel på utslippene fra smelteverket i Nikel. Bildene er tatt fra isen på Pasvikelva ved Utnes 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 kunne sees som en svart stripe på himmelen flere mil avgårde. Legg spesielt merke til de diffuse utslippene fra smelteverket i det venstre bildet, samt røyken fra skorsteinen til varme-kraftverket i Nikel (skorsteinen til høyre nedenfor verket, også i nærbildet til venstre). Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

Merk at det fortsatt er utslipp fra varmekraftverket i Nikel, se skorsteinen til høyre i Bilde 1. Verket fyres med mazut (svovelholdig tungolje) og gir utslipp av noe svovel. Se ellers resultater for SO₂ i kap 4.1 der det også ble målt forhøyede konsentrasjoner i 2021, det vil si etter at verket i Nikel ble stengt.

Tungmetaller

Virksomheten i Zapoljarnyj og Nikel ga også utslipp av tungmetaller fra produksjonen. Nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) regnes som spormetaller¹⁵ fra nikkilverkene. Moderniseringen i Zapoljarnyj innebar en viss reduksjon av utslippene av tungmetaller i og med at utslipp av støv ble mindre, større briketter medførte mindre friksjon og mindre støv. Skorsteinene i Nikel hadde filtre som fjernet en viss andel støv. Fra 2004 og framover ble det observert en økning i konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør, det vil si 2-3 ganger høyere nivåer etter 2004 enn før. Denne økningen ble også observert i andre, uavhengige målinger i grenseområdene, f.eks. Garmo og Skancke, 2021.

En viss andel av utslippene i Nikel kom som diffuse utslipp fra selve bygningene i tillegg til det som kom gjennom skorsteinene. Utslippene i bakkenivå hadde intet løft og det ble dårlig spredning og fortykning av forurensningen. Diffuse utslipp påvirket luftkvaliteten i Nikel by da vinden stod fra nord, se Bilde 1 til venstre, og likeledes resultater fra Murmansk UGMS sitt måleprogram¹⁶.

¹⁵ Spormetaller er metaller som forekommer i svært små mengder, f.eks. i luft som her, i kroppen eller i andre medier.

¹⁶ Eks. http://kolgimet.ru/monitoring-zagrjaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrjaznenie-atmosfernogo-vozdukha/?no_cache=1&type=uploader%3A [besøkt 18. mai 2022]. På russisk, men lesbar ved bruk av automatisk oversettelse.



Bilde 2: Smelteverket i Nikel i 2021. Bildet er tatt fra isen på Pasvikelva ved Utnes 4. april 2021 midt på dagen, det vil si fra samme sted som Bilde 1. Merk at det ikke er røyk fra skorsteinene eller bygningene ved smelteverket.

2.3 Måleprogram

I 2021 utførte NILU målinger og prøvetaking på oppdrag fra Miljødirektoratet ved i alt fire norske stasjoner i grenseområdene Norge-Russland:

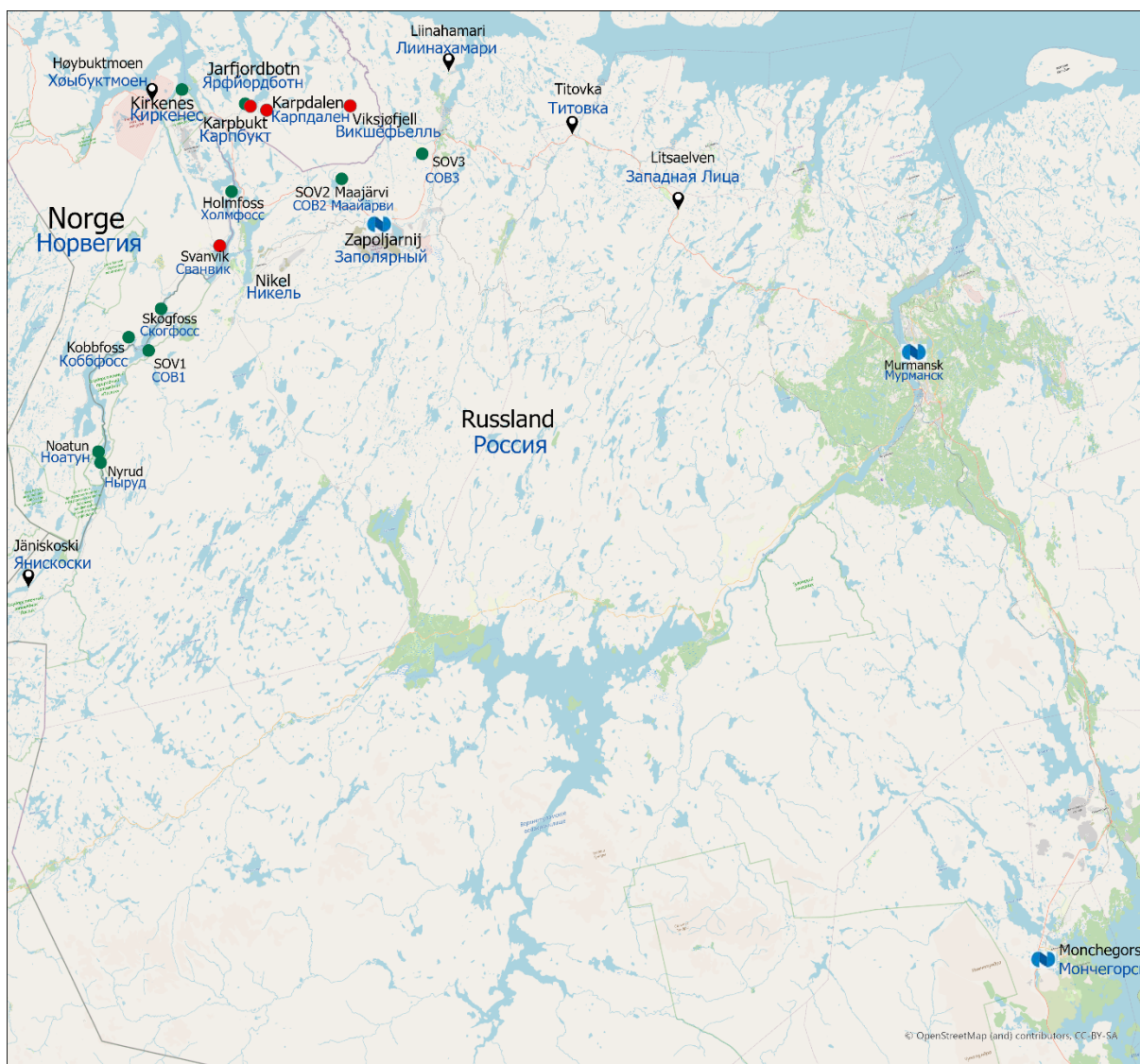
- Svanvik: SO₂ kontinuerlig med monitor, tungmetaller¹⁷ i luft og nedbør, meteorologi¹⁸
- Karpdalen: SO₂ kontinuerlig med monitor, tungmetaller i luft og nedbør, meteorologi
- Karpbukt: Uorganiske komponenter i nedbør¹⁹
- Viksjøfjell: SO₂ langtidsmidler, det vil si gjennomsnitt over 14 dager.


Plasseringen av NILUs målestasjonene er vist i Figur 2. Målestasjonene er utfyllende beskrevet i Vedlegg A. Av andre måleprogrammer i luft og nedbør i grenseområdene kan nevnes målinger av meteorologi på Nyrud, Skogfoss, Svanvik og Høybuktmoen (se www.yr.no og <https://seklima.met.no/observations/>) og radioaktivitet på Svanvik og Viksjøfjell (Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, DSA). I tillegg finnes det flere andre måleprogrammer når det gjelder det akvatiske og terrestriske miljø, eksempelvis Pasvikprogrammet (Statsforvalteren i Troms og Finnmark), jordparametre på Svanvik (NIBIO og NVE), korrosjon (NILU), vanntemperatur ved Skogfoss og i Sametielva (NVE) med flere.

¹⁷ Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen (strengt tatt et halvmetall/metalloid), Al: aluminium (strengt tatt et lettmetall), Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink. I luft beregnes disse 12 utfra totalt innhold i PM₁₀-fraksjonen (svevestøv).

¹⁸ Vindhastighet, vindretning, temperatur og relativ fuktighet, lufttrykk, samt nedbørsindikator. Nedbørsindikator angir om det har vært nedbør eller ei, men ikke mengde.

¹⁹ Nedbørmengde, ledningsevne, pH og de uorganiske komponentene SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, Ca²⁺, K⁺ (gitt som ioner)



Figur 2: Norske målestasjoner for luftkvalitet, nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene Norge-Russland i kalenderåret 2021 (rødt). Stasjoner fra Basisundersøkelsen 1988-1991 er markert i grønt. Kola GMK sine produksjonssteder er markert med -symbol. Kilde kartunderlag: OpenStreetMap.

I Russland måler Murmansk Avdeling for hydrometeorologi og miljøovervåking (Murmansk UGMS) luftkvalitet og meteorologi i Zapoljarnij, Nickel og Jäniskoski. Russiske måleresultater presenteres på egen nettside²⁰. 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^{21,22}. Ny rapport for perioden fram til og med 2020 var under utarbeidelse, men samarbeidet er lagt på is i februar 2022 på grunn av krigen i Ukraina.

Finland har også egne målestasjoner som måler luftkvalitet. I finsk Lappland er det nå tre stasjoner med SO₂-målinger, Utsjoki Kevo, Inari Raja-Jooseppi og Muonio Sammaltunturi²³, alle tre er dog utenfor kartet i Figur 2.

²⁰ http://www.kolgimet.ru/monitoring-zagrjaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrjaznenie-atmosfernogo-vozdukh/?no_cache=1, på russisk [besøkt 29. mai 2022].

²¹ Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m322/m322.pdf> [besøkt 29. mai 2022].

²² Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m761/m761.pdf> [besøkt 29. mai 2022].

²³ <https://sv.ilmatieltenlaitos.fi/luftkvalitet>, svenskspråklig versjon, [besøkt 29. mai 2022].



Bilde 3: NILUs målestasjoner i 2021. **Svanvik** (venstre) ligger ute på jordet ved NIBIO Svanhovd. Merk inntak for støvmålinger på taket til venstre og inntak for SO₂-målinger på taket til høyre (svanehals). Masten har meteorologi-instrumenter 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, 2016). 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 for meteorologi-instrumenter. Til venstre for måleboden står svevestøvprøvetaker for tungmetaller i luft. Den hvite nedbørsamleren for tungmetaller i nedbør er plassert midt mellom måleboden og veien.

2.4 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 økosystemet ved å sette minstekrav til luftkvalitet og sikre at disse blir overholdt. Den skal også bidra til at Norge overholder EUs direktiver om luftkvalitet (2004/107/EC og 2008/50/EC), og inneholder en rekke grenseverdier, målsetningsverdier 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 (§ 7-3). Norske grenseverdier for SO₂ er gitt i Tabell 3 mens målsetningsverdier for arsen, kadmium og nikkel er gitt i Tabell 4.

Forurensningsforskriften definerer også en alarmterskel²⁴ for SO₂ (§ 7-12) på 500 µg/m³ i tre sammenhengende timer. Dette er bakgrunnen for at det ble etablert et system for varsling av kommunens innbyggere ved høye konsentrasjoner. Dette systemet ble benyttet én gang, under episoden 25. januar 2019. 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 døgnmiddel (Folkehelseinstituttet, 2013²⁵). Likeledes har en rekke offentlige institusjoner samarbeidet om å utarbeide forurensningsklasser og helse råd for en rekke typer forurensning, PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂ og O₃²⁶. For SO₂ karakteriseres nivåene av forurensning som lite (konsentrasjon for time < 100 µg/m³), moderat (100 - 350 µg/m³), høyt (350-500 µg/m³) og svært høyt (> 500 µg/m³). WHO har utarbeidet retningslinjer («air quality guidelines»)²⁷ for korttidseksponering av SO₂ (10 minutters gjennomsnitt) på 500 µg/m³ og 24 timers gjennomsnitt på 40 µg/m³ (anbefalt retningslinje 2021, opp fra 20 µg/m³ gitt i 2005).

²⁴ Alarmterskel er et konsentrasjonsnivå i utendørsluft som gir helseeffekter i befolkningen ved korttidseksponering.

²⁵ Uteluft - luftkvalitetskriterier [nettdokument]. Oslo: Folkehelseinstituttet [lest 21.05.2021]. Tilgjengelig fra <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/> [besøkt 30.mai 2022].

²⁶ Se forurensningsklasser gjengitt på <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 30.mai 2022].

²⁷ <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf> [besøkt 30.mai 2022].

Tabell 3: Grenseverdier for tiltak er gitt i Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) Del 3 § 7-9²⁸. Forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft skal ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger.

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

For nikkel (Ni) har Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet fastsatt et luftkvalitetskriterium på 10 ng/m³ som årsmiddel. 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 (Folkehelseinstituttet, 2013).

Tabell 4: Målsetningsverdier for tiltak er gitt Forurensningsforskriften Del 3 § 7-10. 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 (Mokrotovarova mfl., 2015, Pettersen mfl., 2017). Russland opererer med begrepet PDK²⁹, på engelsk benevnt MAC («Maximum Allowable Concentration»). For korttidsmidler (i praksis 20-minutter) er grensen 500 µg/m³ for SO₂, mens for døgnmiddel og årsmiddel er PDK/MAC 50 µg/m³.

²⁸ <https://lovdata.no/forskrift/2004-06-01-931/§7-9> [besøkt 19. august 2022].

²⁹ PDK, med kyrilliske bokstaver пдк, er forkortelse for «предельно допустимыми концентрациями».

3 Måleresultater meteorologi 2021

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.

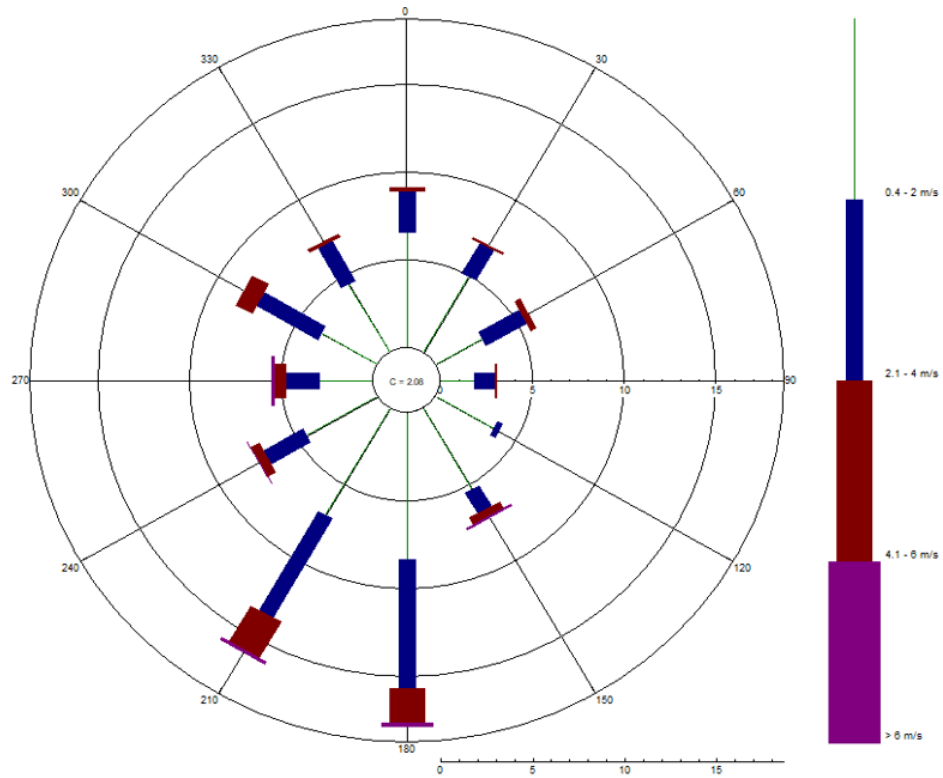
Smelteverket i Nikel var den største enkeltkilden for forurensning i området, men det finnes ingen meteorologiske målinger fra Nikel som er åpent tilgjengelige. NILUs stasjon på Svanvik ligger cirka 8 km (nord-)vest for Nikel by og er den norske stasjonen som lå nærmest smelteverket (Figur 2). NILU gjorde også målinger i Karpdalen. Både Svanvik og Karpdalen måler/målte 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), Kirkenes lufthavn Høybuktnoen og Øvre Neiden (se Vedlegg A for utfyllende beskrivelser).

3.1 Vindhastighet og -retning

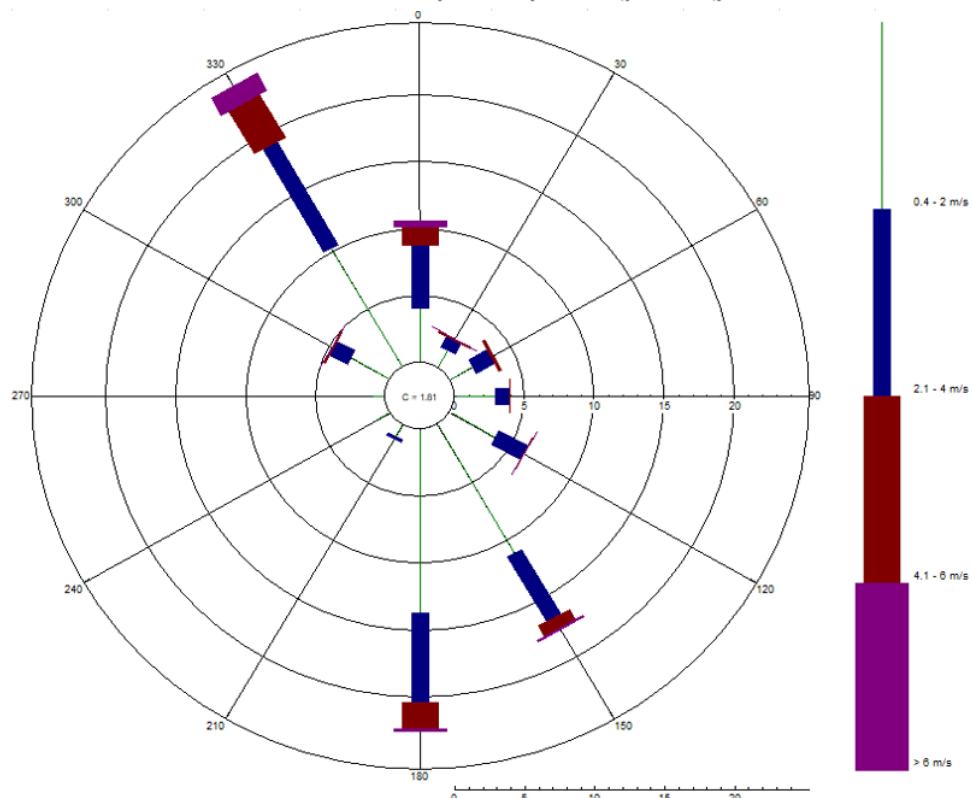
Om vinteren er fremherskende vindretning fra sør mot nord. Dette skyldes det generelle sirkulasjonsmønsteret i atmosfæren. Smelteverket i Nikel var plassert nord for byen og vinterstid ble utslippene bragt videre nordover og bort fra Nikel by. Plasseringen var utvilsomt et bevisst valg da smelteverket og bebyggelsen ble anlagt på 1930-tallet. Vindroser for Svanvik og Karpdalen for kalenderåret 2021 er vist i Figur 3. Vindroser viser hvor ofte det blåser fra ulike retninger.

Svanvik er en frittliggende stasjon og det blåser fra «alle kanter» med noe større andel fra sørlig kant (Figur 3, øvre del). 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 typisk høyest miljøbelastning vinterstid. Merk at i 2021 er dette en kombinasjon av fremherskende vindretning, utslipp fra varmekraftverket i Nikel og utslipp fra Zapoljarnyj. Detaljer rundt utslippene fra varmekraftverk og Kola GMK sitt anlegg i Zapoljarnyj er ikke kjente.

Svanvik 2021



Karpdalen 2021



Figur 3: Vindroser for Svanvik og Karpdalen for januar – desember 2021 (vindrosene viser frekvensen i prosent av vind i tolv 30-graders sektorer, det vil si hvor ofte det blåser fra disse retningene. Symbolet C i midten av vindrosene angir frekvensen av vindstille, det vil si svakere enn 0,4 m/s, 2,1% på Svanvik og 1,8% i Karpdalen. Merk ulik skala i de to rosene.

4 Måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter

4.1 SO₂ kalenderåret 2021

Et sammendrag av de viktigste måleresultatene for Svanvik og Karpdalen er gitt i Tabell 5 og Tabell 6. Målingene viser at SO₂-nivåene på Svanvik var lave i 2021. Det eneste er at det sees litt forhøyede konsentrasjoner i vintersesongen på grunn av utslipp fra varmekraftverket i Nikel. Også i Karpdalen var verdiene av SO₂ lave i 2021. Karpdalen mottar luft både fra Nikel i sør og fra Zapoljarnyj i sørøst, men det er ikke kjent hvor store utslippene fra Zapoljarnyj er (varmekraftverk/Kola GMK). Norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble overholdt med klar margin både på Svanvik og i Karpdalen i 2021.

Tidligere hadde Svanvik typisk de høyeste konsentrasjonene av SO₂ på kort tidsskala (10-minutter, time). Dette skyldtes nærheten til smelteverket i Nikel. De høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) ble derimot oftest observert i Karpdalen. Karpdalen var typisk mest utsatt vinterstid pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør, jfr. vindrose i Figur 3. Karpdalen mottok også luft fra Nikel (i sør) og Zapoljarnyj (i sørøst). Det var vanskelig å skille ut bidrag fra Zapoljarnyj på Svanvik i og med at Nikel ligger mellom de to.

Tabell 5: Sammendrag av målinger av SO₂ med monitor på Svanvik i 2021.

Enheter: konsentrasjon µg/m³ og antall.

Svanvik	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgns-obs	Antall døgnmidler		Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier				Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min > 500
				>20	>125			<100	100-350	350-500	>500		
Januar	6,1	42,0	31	2	0	83	739	739	0	0	0	114	0
Februar	1,0	6,1	26	0	0	14	642	642	0	0	0	16	0
Mars	1,0	14,4	31	0	0	39	738	738	0	0	0	41	0
April	0,5	4,5	30	0	0	17	713	713	0	0	0	19	0
Mai	0,3	2,9	31	0	0	16	735	735	0	0	0	25	0
Juni	0,0	0,2	30	0	0	3	713	713	0	0	0	5	0
Juli	0,3	4,3	31	0	0	5	732	732	0	0	0	10	0
August	0,4	2,2	31	0	0	3	735	735	0	0	0	4	0
September	0,0	1,5	30	0	0	11	715	715	0	0	0	14	0
Oktober	1,3	11,6	31	0	0	39	739	739	0	0	0	43	0
November	1,2	7,4	30	0	0	19	707	707	0	0	0	24	0
Desember	0,5	8,5	31	0	0	35	736	736	0	0	0	40	0
2021	1,0¹	42,0	363	2	0	83	8644	8644	0	0	0	114	0

1) Årsmiddel.

Da vinden kom fra smelteverkene mot målestasjonene ble det observert høye, kortvarige konsentrasjoner, kalt episoder. Episoder var kjennetegnet ved at SO₂-konsentrasjonene steg raskt, ofte i løpet av minutter, fra tilnærmet null opp til flere hundre µg/m³. Den brå økningen skyldtes at stasjonen plutselig kom innenfor røykfanen fra verkene. De norske målestasjonene på Svanvik og i Karpdalen lå bare noen kilometer fra utslippspunktene og på denne avstanden var røykfanen klart definert. Det vil si at det var et skarpt skille i atmosfæren mellom ren bakgrunnsluft og luft i røykfanen fra smelteverkene.

Tabell 6: Sammenheng av målinger av SO₂ med monitor i Karpdalen i 2021.
Enheter: konsentrasjon µg/m³ og antall.

Karpdalen	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgn-obs	Antall døgnmidler		Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier				Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min > 500
				>20	>125			<100	100-350	350-500	>500		
Januar	3,5	32,3	31	1	0	61	736	736	0	0	0	72	0
Februar	2,6	14,3	28	0	0	32	667	667	0	0	0	41	0
Mars	2,3	17,3	31	0	0	66	737	737	0	0	0	74	0
April	0,9	3,3	30	0	0	10	712	712	0	0	0	12	0
Mai	0,6	2,0	31	0	0	10	736	736	0	0	0	23	0
Juni	0,3	0,7	30	0	0	8	707	707	0	0	0	12	0
Juli	0,3	0,9	31	0	0	3	737	737	0	0	0	4	0
August	0,1	1,1	31	0	0	3	737	737	0	0	0	3	0
September	0,8	3,1	30	0	0	12	715	715	0	0	0	16	0
Oktober	1,4	6,9	31	0	0	41	739	739	0	0	0	44	0
November	2,1	9,3	30	0	0	19	708	708	0	0	0	21	0
Desember	2,3	10,2	31	0	0	30	726	726	0	0	0	31	0
2021	1,4¹⁾	32,3	365	1	0	66	8657	8657	0	0	0	74	0

1) Årsmiddel

Høyeste 10-minuttersverdi av SO₂ i 2021 var 114 µg/m³ som ble målt på Svanvik 21. januar kl. 05:20-05:30. I Karpdalen var høyeste 10-minuttersverdi 74 µg/m³ målt 7. mars kl. 22:10-22:20.

Høyeste timemiddelverdi (gjennomsnitt over en time) av SO₂ i 2021 var 83 µg/m³ som ble målt på Svanvik 21. januar kl. 05-06. I Karpdalen var høyeste timemiddelverdi 66 µg/m³ målt 7. mars kl. 21-22. Norsk lov tillater 24 overskridelser av 350 µg/m³ i løpet av et kalenderår (jfr. Tabell 3) og norsk grenseverdi for time ble klart overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2021. Lufta i grenseområdene var lite forurenset i 100,0 % av tiden med gyldige målinger (konsentrasjoner lavere 100 µg/m³), jfr. kategoriseringen på Luftkvalitet i Norge, Helseråd og forurensningsklasser³⁰.

Høyeste døgnmiddel på Svanvik i 2021 var 42 µg/m³ målt 25. januar, også i Karpdalen ble høyeste døgnmiddel målt 25. januar med 32,3 µg/m³. Det var to døgnmiddelverdier over 20 µg/m³ på Svanvik (21. og 25. januar) og én i Karpdalen (25. januar). Målingene viser også at det ikke var noen døgnmiddelverdier over 125 µg/m³ som er grenseverdi i Norge med 3 tillatte overskridelser i løpet av et kalenderår (jfr. Tabell 3). Norsk grenseverdi for døgn ble derved klart overholdt på Svanvik og i Karpdalen i 2021.

Høyeste månedsmiddel på Svanvik i 2021 var 6,1 µg/m³ (januar). Karpdalen hadde også høyeste månedsmiddel i januar; 3,5 µg/m³. I Tabell 6 går det tydelig fram hvordan Karpdalen er hardest belastet om vinteren, januar – mars og oktober - desember, dette skyldes som sagt fremherskende vindretning fra sør vinterstid, samt at det også er utslipp fra varmekraftverket i Nikel i vintersesongen. Detaljer rundt utslippene fra Zapoljarnyj er ikke kjente (byens varmekraftverk, Kola GMK sitt anlegg).

Sesongmiddel (1. oktober – 31. mars) for vinteren 2020/2021 på Svanvik var 3,4 µg/m³ og i Karpdalen 4,2 µg/m³. Merk at dette dekker tre måneder med utslipp fra Nikel og tre måneder uten utslipp fra

³⁰ <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 30. mai 2022].

Nikkel. Forhøyede konsentrasjoner i januar – mars 2021 skyldes utslipp fra varmekraftverket i Nikel og sannsynligvis noe fra Zapoljarnyj.

Middelverdien på Svanvik i kalenderåret 2021 var $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Årsgjennomsnitt i Karpdalen i 2021 var $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Merk at konsentrasjonene av SO_2 på målestasjonene i grenseområdene har gått gradvis ned de senere årene. Norsk grenseverdi for beskyttelse av økosystemet er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (midlingstid vinterperioden 1/10-31/3 og kalenderår, jfr. Tabell 3) og norsk grenseverdi for vintersesong og kalenderår ble klart overholdt på Svanvik og i Karpdalen vinteren 2020/21 og i kalenderåret 2021.

Viksjøfjell

Viksjøfjell ligger ca. 20 km rett nord for Zapoljarnyj og stasjonen er påvirket av utslippene derfra. Målingene av SO_2 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 4: Utsikt fra Viksjøfjell sørover, bilde tatt i 2008. Viksjøfjell ligger rett nord for Zapoljarnyj og røykfanen fra anlegget i Zapoljarnyj kunne sees i det fjerne. Foto: Christoffer Aalerud, Fylkesmannen i Finnmark.

Middelverdi av SO_2 for kalenderåret 2021 på Viksjøfjell var $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, beregnet som gjennomsnitt av de to prøvetakerne³¹. Se ellers Vedlegg B for detaljerte data.

4.2 Trender av SO_2 1974 - 2020

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/Maajärvi³², SOV3 og Nikel, se kart i Figur 2). I 2021 ble det som nevnt gjort SO_2 -målinger på Svanvik og i Karpdalen, samt langtidsmidler på Viksjøfjell. Murmansk UGMS gjør egne målinger i Nikel

³¹ Passive prøvetakere har høyere usikkerhet enn monitormålinger og målingene på Viksjøfjell er mer indikative enn kvantitative, det vil si de gir mer en indikasjon på nivåene av forurensning enn nøyaktig tallnivå. Pga. denne usikkerheten vurderes ikke resultatene fra Viksjøfjell opp mot grenseverdiene i forurensningsforskriften.

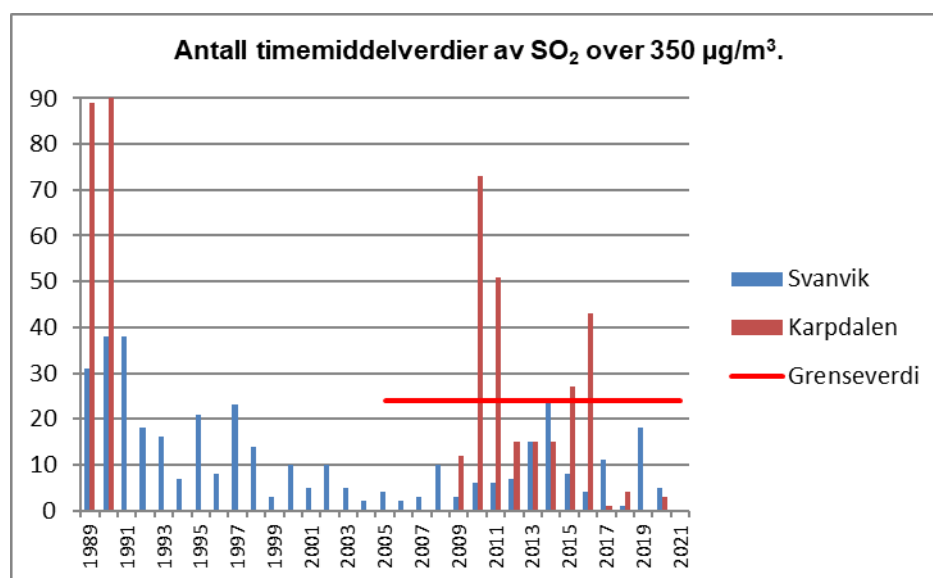
³² "järvi" er finsk og betyr innsjø, den tilsvarende samiske betegnelsen er "jav'ri". Järvi og jav'ri brukes tidvis om hverandre i stedsnavn i grenseområdene.

og Zapoljarnyj. Samarbeidet med Russland var begrenset under koronaperioden og er lagt på is etter krigen startet i Ukraina.

Det var ikke utslipp fra smelteverket i Nikel i 2021. Utslippene av SO₂ fra Zapoljarnyj er ikke kjent. Tidligere har Kola GMK stadfestet at målet var at utslippene fra bedriften i 2021 skulle være 15 % av utslippene i 2015³³. De senere årene (2015-20) var utslippene typisk rundt og under 100 000 tonn pr. år, mens de på 1970- og 80-tallet var rundt 400 000 tonn pr. år. Nedgangen i utslipp fra Zapoljarnyj og Nikel gjenspeiler seg også i nedgang i målte konsentrasjoner på Svanvik og i Karpdalen. Merk også at det er utslipp fra varmekraftverket i Nikel og fra varmekraftverk og Kola GMK i Zapoljarnyj, men disse er ikke kjente. Men når utslippene fra smelteverksindustri går ned vil utslipp fra varmekraftverk øke i prosentvis betydning.

4.2.1 Timemiddelverdier – grenseverdi 350 µg/m³

Timemiddelverdier av SO₂ ble målt på Svanvik 1989-2021. I Karpdalen var det målinger fra 1. oktober 1988 – 15. mars 1991 og fra 16. oktober 2008 – 8. januar 2022. Figur 4 viser antall overskridelser av nåværende grenseverdi hvert år fram til og med 2021. Fra 1992 var antall overskridelser på Svanvik under någjeldende grenseverdier, gitt at det var tillatt med 24 overskridelser i året. Karpdalen viser overskridelse av gjeldende grenseverdi fire av årene siden gjenåpningen i 2008 (2010, 2011, 2015 og 2016). Spesielt utpeker vinteren 2010/11 seg med meget høye verdier og stort antall timemiddelverdier over 350 µg/m³, 73 i 2010, 51 i 2011. Merk også at antallet timemidler over 350 µg/m³ var over dagens grense i alle årene 1988-1991, selv med begrenset måleperiode i 1988 (tre måneder) og 1991 (2,5 måneder).



Figur 4: Antall timemiddelverdier av SO₂ over 350 µg/m³ på Svanvik (1989-2021) og i Karpdalen (1989-1990 og 2009-2021). Norsk lovverk tillater 24 overskridelser pr. kalenderår, gjeldende fra 2005, markert med rød linje.

Som vist i Figur 4 og også i Figur 5 var miljøbelastningen og de målte verdiene høyere på 1980- og 1990-tallet enn i dag. Det gjelder både for antall timemiddelverdier over 350 µg/m³ (grenseverdi fra 1.1.2005), men også for høyeste timemiddelkonsentrasjon. Gitt at målingene før 1989 viser langt høyere års- og døgnmiddelkonsentrasjoner enn målingene etter 1989 er det derfor sannsynlig at

³³ <https://www.nornickel.com/sustainability/environment/air/> [besøkt 1. juni 2022].

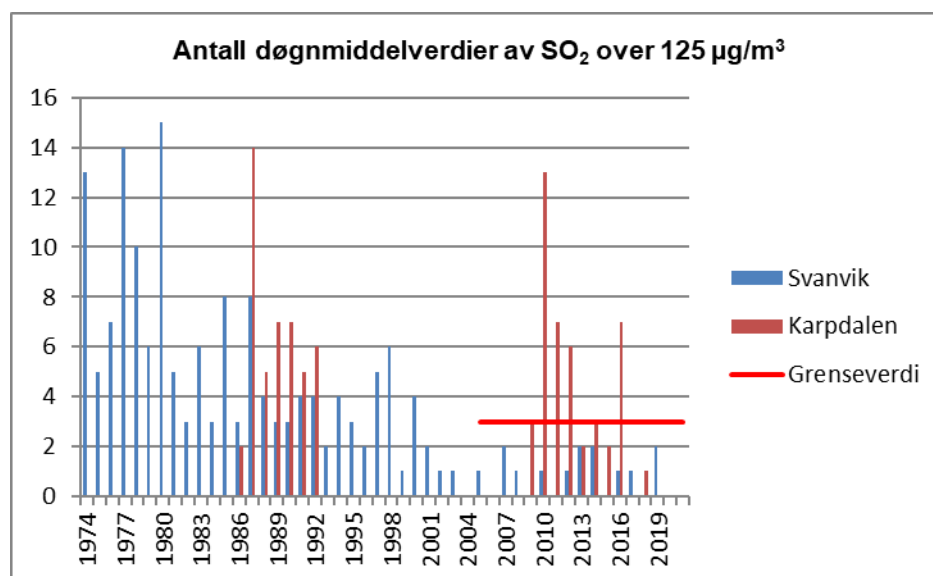
timemiddelverdier over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ har forekommet hyppigere på 1970- og 1980-tallet enn de senere årene.

Høyeste timemiddelverdien målt på Svanvik noensinne av NILU var $2458 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 1990. Under episoden 20. oktober 2014 var høyeste timemiddelverdi $1418 \mu\text{g}/\text{m}^3$, høyeste 10-minuttersverdi $3541 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og høyeste øyeblikksverdi over $4900 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette var de høyeste verdiene som ble målt siden NILU begynte med logging av 10-minuttersverdier i 2001. I Karpdalen er høyeste målte timemiddelverdi i perioden 2008-2021 $854 \mu\text{g}/\text{m}^3$, målt 13. februar 2011.

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, se kap.2.4. 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 årene før 2000. Etter 2000 har det kun vært mellom null og to årlige døgnverdier over $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, færrest i 2004, 2006, 2009, 2011, 2015, 2018, 2020 og 2021 med null døgn over $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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.



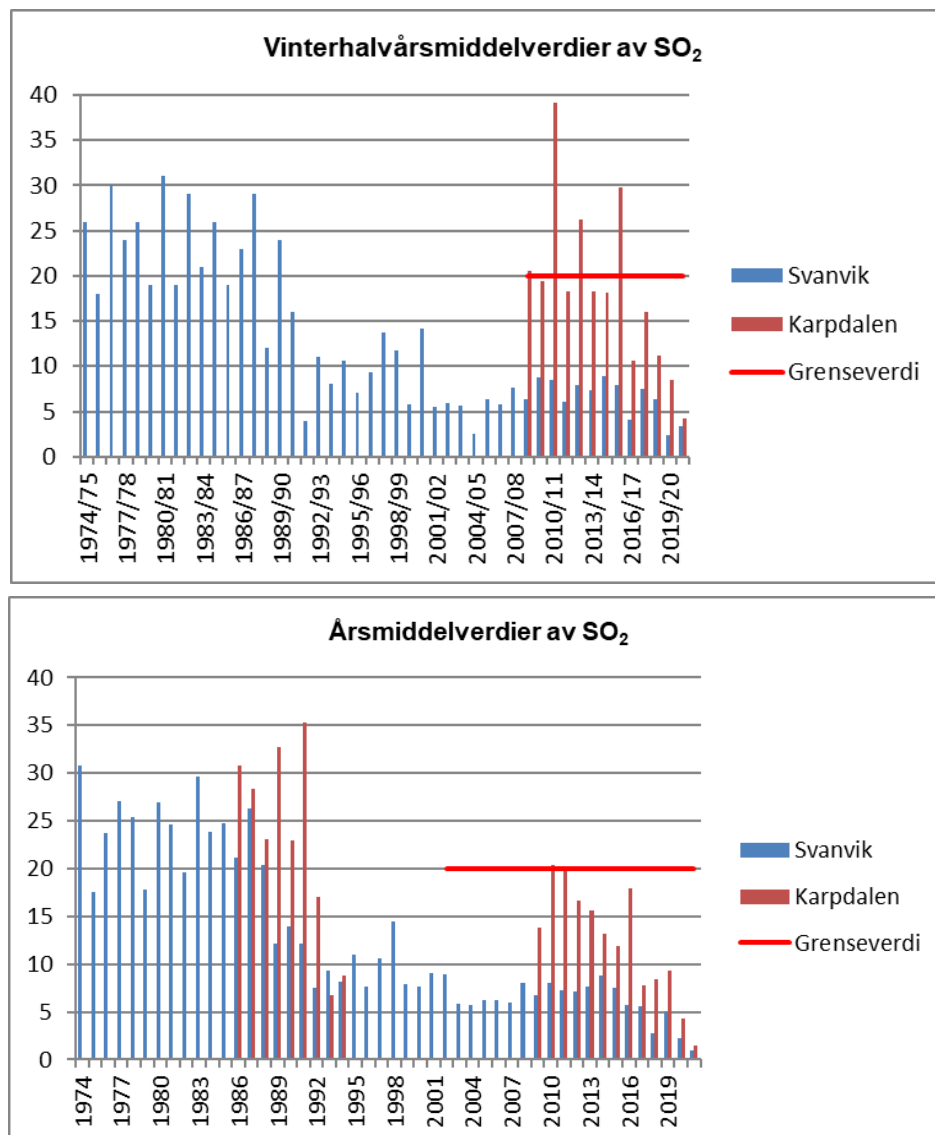
Figur 5: Antall døgnmiddelverdier av SO_2 over grenseverdien på $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Svanvik (1974-2021) og i Karpdalen (1986-1992 og 2009-2021). Norsk lovverk tillater 3 overskridelser pr. kalenderår, gjeldende fra 2005, markert med rød linje.

4.2.3 Vinterhalvår og kalenderår

Grenseverdien for beskyttelse av økosystemet er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ både for vinterhalvår (oktober-mars) og kalenderår, gjeldende fra 4. oktober 2002 (kap. 2.4). Det er ingen grenseverdi for sommersesongen. 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.

Middelverdien av SO_2 på Svanvik vinteren 2020/21 var $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens Karpdalen hadde $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som middelverdi denne vinteren. Merk igjen at dette resultatet dekker tre måneder med utslipp fra Nikel (oktober - desember) og tre måneder uten utslipp fra Nikel (januar - mars). Dette gjør det vanskelig å sammenligne tallene med tidligere år. Eneste som kan sies er at utslippene og konsentrasjonene tydelig har gått ned og luftkvaliteten er bedret i grenseområdene.

Figur 6 viser halvårsmiddelverdier for vinter (øvre del) og kalenderår (nedre del). For Svanvik (blå søyler) samsvarer middelverdier for vinterhalvåret stort sett med verdiene for kalender-året. 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).



Figur 6: Vinterhalvårsmiddelverdier av SO_2 på Svanvik 1974/75-2020/21 og i Karpdalen (2008/09-2020/21, øvre del) og årsmiddelverdier av SO_2 på Svanvik (1974-2021) og i Karpdalen (1986-1994 og 2009-2021, nedre del). Grenseverdi for beskyttelse av økosystemet er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gjeldende fra 4. oktober 2002, markert med rød strek. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ellers sees igjen et tydelig mønster der Karpdalen hadde størst belastning vinterstid. Dette understrekes også ved at grenseverdien på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet tre ganger for vintersesong i

perioden 2008-2021, mens den ble overholdt for kalenderår. Merk også at årsmiddelverdi for Viksjøfjell (se kap. 4.1) stort sett har ligget mellom 10 og 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ siden målingene ble gjenopptatt med passive prøvetakere i 2011, årsmiddelverdi 2021 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3 Uorganiske komponenter i nedbør

I 2021 ble det gjort prøvetaking for målinger av uorganiske komponenter³⁴ i nedbør ved én målestasjon; Karpbukt. Stasjonen ble lagt ned i januar 2022 og målingene flyttet til Svanvik. Uorganiske komponenter som ble målt i Karpbukt er stoffer som naturlig finnes i nedbør. Men det er en viss andel antropogent/menneskeskapt bidrag, slik at dette også regnes som forurensning. pH i nedbør i Karpbukt var 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 har gått ned i denne rapporteringsperioden (2021) sammenlignet med forrige (2020) og er nå på linje med bakgrunnsstasjoner ellers i Norge. Nedgangen skyldes sannsynligvis at utslippene av svovel fra Nikel og Zapoljarnyj er sterkt reduserte. Ellers er det endel Na og Cl i nedbøren, også kalt bordsalt når det kombineres. Dette skyldes at Karpbukt-stasjonen lå ved sjøen hvor det forekom aerosoler og sjøsprøyt som inneholdt salt. For utdypende sammenligning med måleresultater fra andre stasjoner i Norge og historikk henvises det til NILUs overvåkningsprogram Langtransportert forurenset luft og nedbør og atmosfæriske tilførsler finansiert av Miljødirektoratet (Aas mfl., 2022).



Bilde 5: Stasjonen i Karpbukt, nedbørsamleren som ble brukt om sommeren (venstre) og snøsamleren som ble brukt om vinteren. Plasttrakten fanger sommernedbøren i en plastflaske. Om vinteren samles snø i prøvetakeren som så må smeltes og fylles på flasker før forsendelse. Ringen øverst sørger for at fugler setter seg på ringen framfor på kanten av samleren. Dette for å unngå fugleskitt i prøven. Høyre foto: Leif Magnus Eriksen.

Årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2021 er vist i Tabell 7. For detaljerte månedsmiddelverdier og trender for årene 1998 – 2021 se Vedlegg B.

³⁴ Igjen; som uorganiske komponenter regnes SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ gitt som ioner.

Tabell 7: Årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2021¹.

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
2021	704	21,5	5,1	0,3	0,1	0,1	0,1	2,5	0,3	4,1	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

Middelverdier av Ni, Cu, Co og As i luft på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2021, samt sommersesongen 2021 er vist i Tabell 8. Målemetode, instrumentering etc. er beskrevet i Vedlegg A.

Tabell 8: Middelverdier¹⁾ i luft av metaller²⁾ som regnes som spormetaller fra nikkilverkene på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2021, samt sommersesongen 2021.

Stasjon/ periode	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
Svanvik:				
Kalenderåret 2021	1,0	0,6	0,0	0,1
Apr.-sep. 2021	0,6	0,5	0,0	0,1
Karpdalen:				
Kalenderåret 2021	1,2	0,9	0,0	0,1
Apr.-sep. 2021	0,6	0,4	0,0	0,1

1) Ved utregning av vektet middel³⁵ er prøver under deteksjonsgrensen satt til deteksjonsgrensen.

2) Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen

Konsentrasjonene av spormetaller fra nikkilverkene gikk ytterligere ned på Svanvik og i Karpdalen i 2021 sammenlignet med 2020. Det har generelt vært en nedgang i konsentrasjonene av metaller i luft i grenseområdene de siste årene, se trender i vedlegg C, men selvsagt gikk konsentrasjonene kraftig ned da smelteverket i Nikel ble stengt.

Målsettingsverdier for tungmetaller er 20 ng/m³ for nikkel og 6 ng/m³ for arsen gitt som årsmiddel. Likeledes er luftkvalitetskriteriene fastsatt av Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet 10 ng/m³ for nikkel og 2 ng/m³ for arsen (kap. 2.4). Gjennomsnittsverdiene for Svanvik og Karpdalen i 2021 gitt i Tabell 8 ligger altså godt under de norske målsettingsverdiene og luftkvalitetskriteriene.

Resultater for aluminium (Al), kadmium (Cd), krom (Cr), jern (Fe), mangan (Mn), bly (Pb), vanadium (V) og sink (Zn) er vist i Tabell 9. Merk at disse metallene delvis har andre kilder enn spormetallene fra smelteverkene og de målte verdiene skyldes også andre lokale kilder og langtransportert forurensning. Konsentrasjonsmønsteret er derfor ulikt i tid og rom sammenlignet med spormetallene Ni, Cu, Co og As. For eksempel varierer det hvorvidt sommeren eller vinteren viser de høyeste konsentrasjonene, det varierer hvorvidt Svanvik eller Karpdalen er høyest og det er ulike mønstre mellom de åtte komponentene.

³⁵ Vektet middel eller gjennomsnitt regnes ut ved at hver enhet i grunnlaget er tillagt vekt etter eksponeringstid.

Eksempelvis teller en prøve som er eksponert i 10 dager dobbelt så mye som en prøve som er eksponert i fem dager og så videre.

Detaljerte data for alle 12 elementene i luft som analyseres - Ni, Cu, Co, As, samt Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V og Zn - er vist i Vedlegg C.

Tabell 9: *Middelverdier¹⁾ i luft av andre metaller²⁾ på Svanvik og i Karpdalen kalenderåret 2021, samt sommersesongen 2021.*

Stasjon/ periode	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Mn ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
Svanvik:								
2021	35,8	0,0	0,2	39,2	0,8	0,6	2,5	2,2
Apr.-sep. 2021	52,5	0,0	0,2	57,2	1,0	0,3	0,8	1,2
Karpdalen:								
2021	31,8	0,0	0,2	30,9	0,6	0,7	3,0	1,7
Apr.-sep. 2021	50,6	0,0	0,2	45,2	0,7	0,3	0,8	0,8

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

Al: aluminium, Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink.

Resultatene vist i Tabell 9 viser at konsentrasjonene av kadmium (Cd) var langt lavere enn både norsk målsetningsverdi (5 ng/m³ som årsmiddel) og luftkvalitetskriteriet fra FHI/Miljødirektoratet (2,5 ng/m³ som årsmiddel). Også for bly (Pb) var de målte årsmiddelkonsentrasjonene langt lavere enn norsk grenseverdi (0,5 µg/m³, tilsvarende tallverdi 500 ng/m³) og luftkvalitetskriteriet (0,1 µg/m³, tilsvarende 100 ng/m³).

Da smelteverket var i drift var de målte konsentrasjonene av spormetallene Ni, Cu, Co og As i samme størrelsesorden som under Basisundersøkelsen 1988-1991. Merk at utslippene av svoveldioksid den gang var rundt 250 000 tonn pr. år, det vil si rundt tre ganger høyere enn utslippene de siste årene i Nikel. Utslippene av tungmetaller var dårlig kjent på den tiden³⁶. Det var ikke samsvar mellom offisielle russiske utslippstall og norske/finske måleprogrammer vedrørende økning i tungmetaller rundt 2004.

Tungmetaller i svevestøv måles også ved observatoriene på Birkenes II (Sør-Norge) og Zeppelinfjellet (Spitsbergen) og på Andøya som en del av NILUs prosjekt Langtransporterte atmosfæriske miljøgifter finansiert av Miljødirektoratet (Bohlin-Nizzetto mfl., 2022). Fram til og med 2020 lå middelverdiene av Ni, Cu, Co og As i luft ved stasjonene i grenseområdene typisk en faktor 10-40 høyere enn bakgrunnsstasjonene ellers i Norge. I 2021 var konsentrasjonene i luft av Ni typisk 5-10 ganger høyere, Cu 2-3 ganger høyere, Co 2 ganger og vanadium (V) 10 ganger høyere enn bakgrunnsstasjonene Birkenes, Andøya og Zeppelin. Også jern (Fe) og bly (Pb) viste noe høyere konsentrasjoner i grenseområdene i 2021 enn ellers i Norge (Bohlin-Nizzetto mfl., 2022).

5.2 Tungmetaller i nedbør - konsentrasjon

Prøvetaking for målinger av tungmetaller i nedbør ble utført ved to stasjoner i 2021: Svanvik og Karpdalen. Målingene på Svanvik fortsetter i 2022. Prøvene av nedbørkvalitet ble vanligvis tatt over en uke med skifte hver mandag. Dessuten ble det skiftet på første dato i hver måned hvis denne ikke falt på en mandag. På Svanvik har nedbørmålingene pågått siden høsten 1988. I 1990 ble det påbegynt prøvetaking i Karpdalen, men målingene opphørte 1. april 1998 for atter å bli påbegynt igjen i august 2013. Som tidligere nevnt ble målingene avsluttet i begynnelsen av januar 2022.

I tillegg til utvasking med nedbør må en også regne med at noe kommer ned i prøvetakerne ved tørravsetning, det vil si at støvpartikler inneholdende tungmetaller daler ned i trakten/flasken.

³⁶ For å beregne de offisielle utslippstallene av tungmetaller ble det brukt en massebalansemetode som gir veldig usikre resultater.

Årsmiddel av nedbørmengde og tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen i 2021 er vist i Tabell 10, mens detaljerte månedsmiddelverdier er vist i Vedlegg C.

Tabell 10: Årsmiddel av nedbørmengde og konsentrasjon av tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen i 2021. Enheter: mengde i mm og konsentrasjon i $\mu\text{g/l}$. Merk at konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør er på $\mu\text{g-nivå}$ (1/1 000 000 gram), mens uorganiske komponenter er på mg-nivå (1/1 000 gram, se Tabell 7).

Stasjon	Nedbør- mengde mm	Ni $\mu\text{g/l}$	Cu $\mu\text{g/l}$	Co $\mu\text{g/l}$	As $\mu\text{g/l}$	Al $\mu\text{g/l}$	Cd $\mu\text{g/l}$	Cr $\mu\text{g/l}$	Pb $\mu\text{g/l}$	V $\mu\text{g/l}$	Zn $\mu\text{g/l}$
Svanvik	428	1,6	5,0	0,1	0,1	21,6	0,0	0,2	0,6	0,5	8,9
Karpdalen	436	3,7	5,3	0,2	0,1	50,4	0,0	0,3	0,5	0,4	5,6

Fram til og med 2020, da det fortsatt var drift i Nikel, var det ikke noe 1:1-forhold mellom konsentrasjonen av SO_2 og konsentrasjonene av tungmetaller, ei heller mellom de ulike enkeltmålingene av spormetallene fra nikkerverkene.

På begge stasjonene Svanvik og Karpdalen gikk konsentrasjonene av de fleste elementene ned i 2021 sammenlignet med 2020. Eneste unntak var V som var uforandret. Merk at spormetallene fra Nikelverket Ni, Cu, Co og As gikk mest ned, men også Al, Cd, Cr, Pb og Zn viste nedgang. Fra tidligere målinger er det tydelig at det er variasjoner fra år til år, fra komponent til komponent og mellom Svanvik og Karpdalen uten at det er noen opplagt forklaring på variasjonene.

Når det gjelder Ni, C, Co og As er det vanskelig å gi noen fullgod forklaring på forskjellen i trender mellom disse fire spormetallene siden alle stammet fra smelteverkene. En mulighet er at det ble brukt noe ulik malm i produksjonen eller at produksjonsmetodene varierte, 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. Metallene kan også opptre i ulike størrelser av partiklene som transporteres på litt ulike måter. 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 tidligere opplyst at omleggingen i Zapoljarnyj i 2015 ga mindre utslipp av støv og derved mindre utslipp av tungmetaller. Årsaken til dette er at det da ble laget nevestore brikker, dette ga igjen mindre friksjon. Før 2015 ble den oppkonsentrerte malmen formet til små kuler, omtrent som sauelort. Likeledes bidro lukkingen av én smelteovn i Nikel til mindre utslipp av støv og tungmetaller derfra. Forklaringen her er at avgassene og støvet da ble sendt til skorsteinene som hadde støvfiltre, og ikke direkte ut i smelتهallen og deretter ut i friluft som diffuse utslipp. Nedleggelsen av smelteverket i Nikel har selvfølgelig gjort at det ikke lenger er utslipp derfra. Men det er ikke kjent hvordan omlegging av produksjonen i Zapoljarnyj har påvirket eller vil påvirke utslippene. Som nevnt sendes noe av malmkonsentratet til Montsjegorsk for videreforedling der, mens det mest svovelholdige konsentratet etter planen selges i form av pulver.

Tungmetaller i nedbør analyseres rutinemessig på tre norske bakgrunnsstasjoner under Statlig program for forurensningsovervåking; Birkenes, Hurdal og Kårvatn i tillegg til Svanvik og Karpdalen i grenseområdene. Dog varierer utvalget av komponenter noe, aluminium (Al), jern (Fe), mangan (Mn), titan (Ti) og kvikksølv (Hg) analyseres ikke på alle stasjoner. Målingene viser generelt at det til dels var betydelig høyere konsentrasjoner av Ni, Cu og Co på Svanvik og i Karpdalen enn på de andre stasjonene i Norge, jfr. NILUs prosjekt Langtransporterte atmosfæriske miljøgifter (Bohlin-Nizzetto mfl., 2022). For

de andre komponentene er konsentrasjonene i nedbør i grenseområdene nå typisk i samme størrelsesorden som ellers i Norge.

5.3 Tungmetaller i nedbør – våtavsetning

Det er også beregnet avsetning med nedbør av de forskjellige elementene, både for vinterhalvåret 2020/21, sommerhalvåret 2021 samt kalenderåret 2021. Avsetningstallene (enhet: mg/m²) regnes ut ved at konsentrasjonen i nedbøren (enhet: µg/liter eller mg/liter³⁷) multipliseres med nedbøren (1 mm nedbør tilsvarer 1 liter/m²) for hver uke og summeres over en sesong.

Resultatene for vinterhalvåret 2020/21, sommerhalvåret 2021 og kalenderåret 2021 er vist i (Tabell 11). Avsetningstall for tidligere år er vist i Vedlegg C. Merk at resultatene her også angis pr. sesong (sommer/vinter). Dette skyldes at værmønsteret (meteorologi) viser et klart sesongmønster med fremherskende vind fra sør vinterstid. Komponenter som har grenseverdier/målsettingsverdier gitt pr. kalenderår, som SO₂ i luft i kap. 4.1 og tungmetaller i luft i kap. 5.1 er diskutert og analysert for kalenderår januar - desember.

Tabell 11: Avsetning av metaller med nedbør vinterhalvåret¹⁾ 2020/2021, sommerhalvåret²⁾ 2021 og kalenderåret 2021³⁾ på Svanvik og i Karpdalen. Enhet: mg/m² summert pr. sesong/år.

Stasjon	Sesong	Ni mg/m ²	Cu mg/m ²	Co mg/m ²	As mg/m ²	Al mg/m ²	Cd mg/m ²	Cr mg/m ²	Pb mg/m ²	V mg/m ²	Zn mg/m ²
Svanvik	2020/21 ¹⁾	0,9	1,5	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4
Karpdalen	2020/21 ¹⁾	1,5	2,1	0,1	0,0	7,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,9
Svanvik	2021 ²⁾	0,4	1,6	0,0	0,0	7,7	0,0	0,1	0,2	0,1	3,5
Karpdalen	2021 ²⁾	0,7	0,9	0,0	0,0	11,8	0,0	0,1	0,2	0,1	1,5
Svanvik	2021 ³⁾	0,7	2,1	0,0	0,0	9,3	0,0	0,1	0,3	0,2	3,8
Karpdalen	2021 ³⁾	1,6	2,3	0,1	0,1	21,9	0,0	0,2	0,2	0,2	2,5

1) Vintersesong oktober – mars

2) Sommersesong april – september

3) Kalenderåret januar - desember.

Avsetningstallene for vinteren 2020/21 dekker tre måneder med drift i Nikel og tre måneder uten drift i Nikel. Verdiene er derfor ikke direkte sammenlignbare med tidligere vintre. Uansett viser verdiene for sommersesongen 2021 og kalenderåret 2021 at verdiene av spormetallene Ni, Cu, Co og As i grenseområdene klart har gått ned.

Avsetningen i nedbør av Ni og Cu på Svanvik for vinterhalvårene fra 1988/89 til 2020/21 og for sommerhalvårene fra 1989 til 2021 er vist i Figur 7 sammen med sesongkonsentrasjoner av SO₂. Trender for alle 10 metallene som er analysert er gitt i Vedlegg C. Der er det også gjengitt figur for Karpdalen.

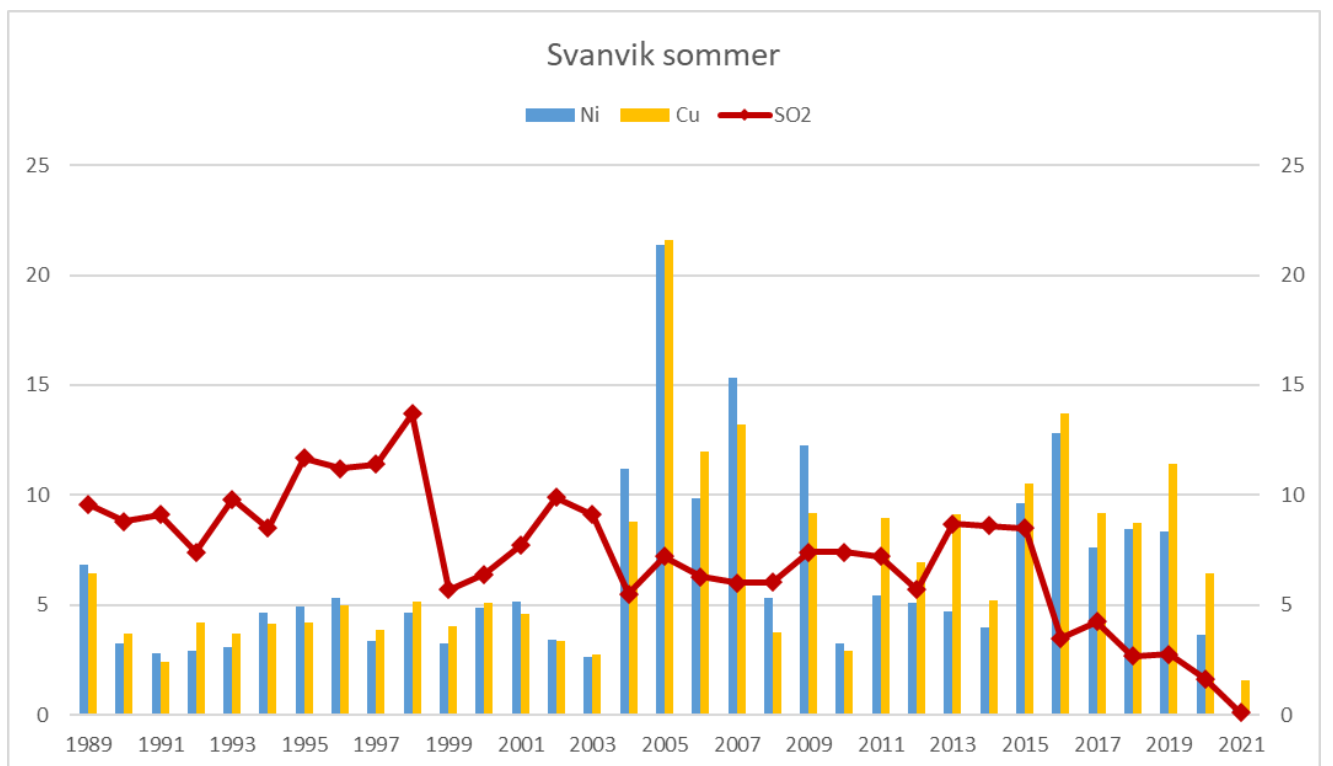
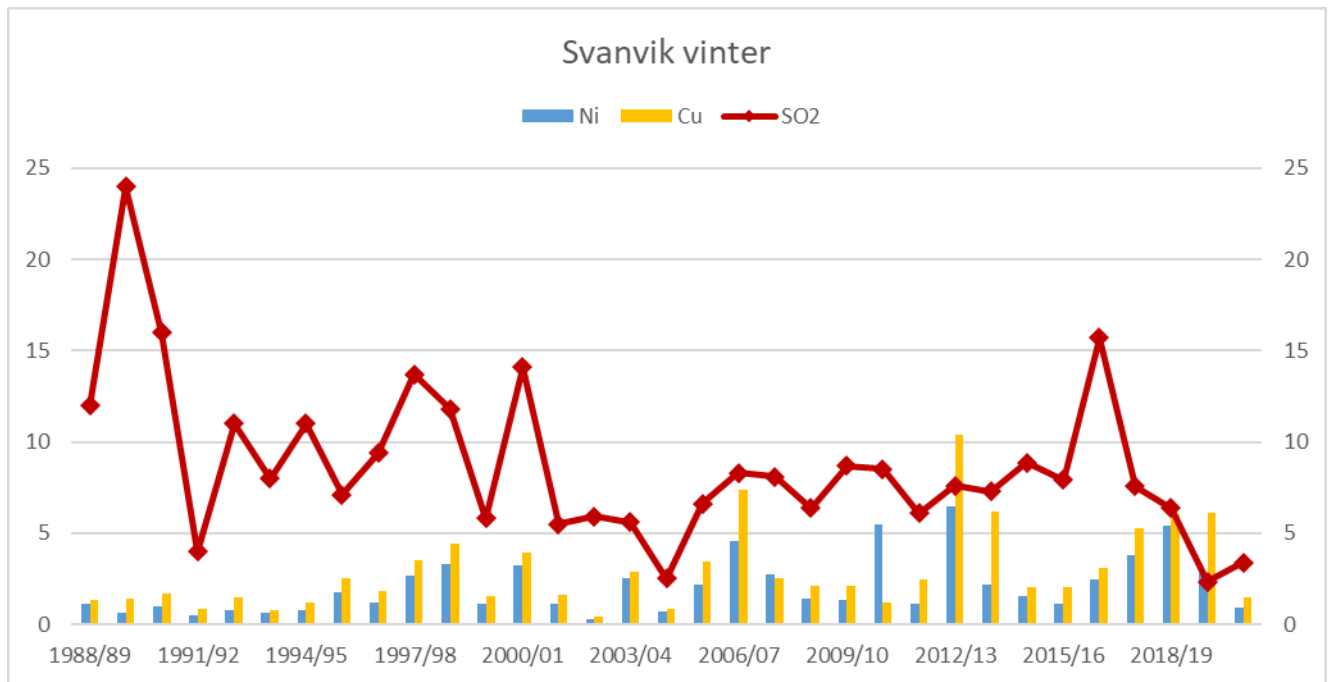
Tidligere har avsetningen av nikkel på Svanvik og i Karpdalen i sum vært lik eller over tålegrense for nikkel i nedbør beregnet til 4-6 mg/(m² år) for Øst-Finnmark. Dette gjaldt med tanke på drikkevann (Reinds mfl., 2006). Men verdiene i 2021 viser klart lavere avsetning enn tidligere år (Tabell 11) og totalavsetningen er nå lavere enn beregnet tålegrense. For ytterligere diskusjon om vannkvalitet henvises til annen rapport under overvåkingsprogrammet (Garmo og Skancke, 2021).

Avsetningen av spormetallene Ni, Cu, Co og As på Svanvik var vanligvis langt høyere om sommeren enn om vinteren (se Figur 7). Sesongvariasjonen skyldtes at frekvensen av vind fra Nikel mot Svanvik er klart høyest i sommerhalvåret.

³⁷ 1 000 µg = 1 mg, likeledes 1 000 000 µg = 1 000 mg = 1 g.

Merk også den markerte økningen i avsetning av Ni og Cu sommeren 2004. Den økte avsetningen ble også observert på andre målestasjoner, for eksempel i Nord-Finland³⁸. Økningen gjenspeiles også i konsentrasjonene i vann og innsjøer på Jarfjordfjellet (Garmo og Skancke, 2021). 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.

³⁸ Se eksempelvis www.pasvikmonitoring.org [besøkt 16. september 2020] og tilhørende rapporter.



Figur 7: Avsetning på Svanvik med nedbør av Ni og Cu (søyler, enhet mg/m²) i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2020/21 (øverste del) og i sommerhalvårene fra 1989 til 2021 (nederste del). Halvårsmiddelmiddelkonsentrasjonene av SO₂ er også vist (rød linje, enhet µg/m³). Merk at vinterhalvåret 2020/21 dekker tre måneder med utslipp fra Nikel og tre måneder uten utslipp fra Nikel.

6 Konklusjon

Smelteverket i Nikel ble stengt 23. desember 2020, men måleprogrammet fortsatte i 2021. Måleresultatene for 2021 viser at luftkvaliteten i grenseområdene er betydelig forbedret etter nedstengingen av smelteverket. Norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble klart overholdt både på Svanvik og i Karpdalen i 2021 for timemiddelverdi (gjennomsnitt over en time), døgnmiddelverdi (gjennomsnitt over et døgn) og middelverdi for vintersesongen 2020/21, samt for kalenderåret. Det ble heller ikke sendt ut varsel til befolkningen om dårlig luftkvalitet i 2021.

Utslippene fra briketteringsanlegget i Zapoljarnyj og smelteverket i Nikel har blitt reduserte de senere årene. Som et resultat av dette har også de målte luftkonsentrasjonene av SO₂ i grenseområdene gått ned. 23. desember 2020 ble smelteverket i Nikel lagt ned og også produksjonen ved briketteringsanlegget i Zapoljarnyj er endret. Heretter vil malm enten selges direkte på verdensmarkedet eller fraktes til Montsjegorsk for prosessering. Nedleggelsene vil løse problemene med dårlig luftkvalitet i grenseområdene, men effektene av 80 års utslipp vil fortsatt påvirke vann- og jordmiljø i lang tid framover.

Målingene viser at SO₂-nivåene på Svanvik var, som forventet, lavere i 2021 enn i 2020. Dette gjelder alle parametre: gjennomsnitt, korttidsmiddel (10-minutter), antall verdier over fastsatte grenser (timemiddel, døgnmiddel) og maksimumsverdier. Det var «lite forurenset luft» i 100,0 % av tiden i henhold til definisjonen gitt i oversikten over Luftkvalitet i Norge³⁹.

Tidligere hadde Svanvik typisk de høyeste konsentrasjonene av SO₂ på kort tidsskala (10-minutter, time). Dette skyldtes nærheten til smelteverket i Nikel. De høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) ble derimot observert i Karpdalen. Karpdalen var typisk mest utsatt vinterstid på grunn av hyppigst forekommende vindretning fra sør.

Prøvetaking av tungmetaller i luft og nedbør viser lavere verdier av nikkel (Ni), kobber (Cu), kobolt (Co) og arsen (As) som ble regnet som spormetaller fra nikkelsmelteverkene. Norske målsetningsverdier for Ni og As, samt kadmium (Cd), i luft er overholdt. Norske måleprogrammer viste en økning i nivåene av tungmetaller fra 2004 sammenlignet med tiden før 2004. Det var ikke samsvar mellom trender i offisielle utslippstall av tungmetaller fra Russland og trender i norske og finske måleprogrammer i grenseområdene.

Mer informasjon om måleprogrammet, stasjonene, historikk, tidligere måleresultater, trender og mer detaljert informasjon finnes i Vedlegg A til Vedlegg C. Oversikt over relevante nettsider og tidligere rapporter er gitt i Vedlegg D. Det er også mer informasjon om prosjektene på Miljødirektoratets hjemmeside, se <http://www.miljodirektoratet.no>.

Denne rapporten markerer slutten på NILUs målinger av SO₂ og tungmetaller fra smelteverkene i Sovjetunionen/Russland. Herved avsluttes 48 år med målinger 1974-2021. Målinger av tungmetaller i luft og nedbør, uorganiske komponenter i nedbør og ozon (O₃) i luft fortsetter på Svanvik, men da som en del av det nasjonale programmet for overvåking av langtransporterte luftforurensninger.

³⁹ <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613d> [besøkt 12. august 2022].

Vedlegg A

Utslipp og målinger av forurensning i grenseområdene Norge-Russland

Målinger av luftkvalitet i grenseområdene, historikk og status pr. juni 2022

Beskrivelsene nedenfor er en historisk dokumentasjon av utslippene fra smelteverk på russisk side og målingene som er gjort i grenseområdene 1974 – 2021.

Smelteverket i Nikel ble anlagt på 1930-tallet, og det har vært utslipp av SO₂ og tungmetaller siden den gang. De norske SO₂-målingene startet i Kirkenes-området og på Svanvik i 1974 (Hagen, 1977). På slutten av 1960-tallet og begynnelsen av 1970-tallet var det økende kunnskap, fokus og oppmerksomhet rundt utslipp, lokal forurensning og grenseoverskridende transport av forurensning. Miljøverndepartementet ble opprettet i 1972 og Statens Forurensningstilsyn i 1974. Det ble også igangsatt et nasjonalt overvåkingsprogram i norske byer og tettsteder, da med fokus på steder med lokal industri og industriutslipp. Kirkenes hadde den gang utslipp fra A/S Sydvaranger og det igangsatte målinger i Kirkenes by. I tillegg ble det etablert målestasjon på Svanvik for å måle forurensning fra smelteverk i Nikel i Sovjet-Unionen (Hagen, 1977).

I 1978 ble målingene utvidet med to nye stasjoner, Holmfoss og Jarfjordbotn, se kart i Figur 2 på side 14. I 1986 ble stasjonen i Jarfjordbotn flyttet til Karpdalen. I 1988-91 var det et stort felles norsk-sovjetisk/norsk-russisk samarbeidsprosjekt med mange stasjoner for å måle forurensning på begge sider av grensen, også kalt Basisundersøkelsen. Det ble da opprettet nye stasjoner 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 Maajärvi⁴⁰, SOV 3 og i Nikel. Utover 1990-årene ble de fleste stasjonene nedlagt pga. reduserte bevilgninger og en periode var det kun målinger på Svanvik, samt nedbørmålinger i Karpbukta. I 2008 ble Karpdalen gjenåpnet (SO₂), siden ble det gjenopptatt målinger av tungmetaller i luft og nedbør både på Svanvik og i Karpdalen. Se ellers Tabell 12 for oversikt over målingene 1974 – 2021.

Tabell 12 gir en oversikt over måleperiodene på de ulike norskfinansierte stasjonene i grenseområdene fra starten i 1974. Merk at Svanvik har hatt målinger helt siden starten. På 1970-tallet ble målingene utført ved hjelp av en prøvetaker kalt "kommunekasse" der SO₂ ble absorbert i en løsning og analysert i laboratoriet etterpå. I tabellen er det skilt mellom døgnprøvetakere som bare gir døgnmiddelverdier og kontinuerlig registrerende instrumenter/monitorer hvor verdiene måles kontinuerlig og midles til timemiddel-verdier. Noen stasjoner har i perioder hatt begge typer prøvetakere. På Svanvik er det lagret middelverdier over 10 minutter fra 1.7.2001, i Karpdalen fra gjenåpning i oktober 2008. I Nikel ble middelverdier over 10 minutter logget fra 1.12.2004 og fram til 31. august 2008.

Utviklingen i de målte konsentrasjoner ved NILUs målestasjoner følger i stor grad utviklingen i utslipp fra de sovjetiske/russiske smelteverkene. På 1970/80-tallet ble det sluppet ut over 400 000 tonn SO₂ årlig pga. bruk av svovelholdig malm fra Sibir. Rundt 1990 var utslippene 250-300 000 tonn SO₂ pr. år, mens det i 2015-2020 ble sluppet ut under 100 000 tonn SO₂. Fra russisk side er det opplyst at gjeldende utslippstillatelse de senere årene har vært 79 900 tonn SO₂ pr. år. Det vil igjen si at utslippene de senere årene har vært mindre enn 1/5 av utslippene i toppårene på 1970-tallet. Miljøsituasjonen var graverende på den tiden. Dette var også bakgrunnen for det sterke fokuset på miljøvern og det folkelige engasjementet i grenseområdene. Mest kjent er folkeaksjonen Stopp Dødsstyene fra Sovjet som var aktiv 1990-1995⁴¹. Aksjonskonserten i Oslo Konserthus 10. september 1990 der statsminister Jan Peder Syse⁴² lovet 300 millioner kroner i bidrag var et desidert høydepunkt i så måte. På denne tiden ble grensen mot Russland åpnet og folk i Sør-Varanger kunne dra over og selv se miljøødeleggelsene på nært hold. Miljøfokuset i grenseområdene var også bakgrunn for etableringen av Svanhøvd Miljøsentre i 1991-92 (nå NIBIO Svanhøvd).

⁴⁰ "järvi" er finsk og betyr innsjø, den tilsvarende samiske betegnelsen er "jav'ri". Järvi og jav'ri brukes tidvis om hverandre i stedsnavn i grenseområdene.

⁴¹ Se «Historien om Stopp Dødsstyene fra Sovjet», Thorbjørn Bjørkli (red.), Beallječohkka Innovation, 2016.

⁴² Talen kan leses på: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/smk/vedlegg/taler-og-artikler-av-tidligere-statsminister/jan-p.-syse/1990/tale_til_stopp_dødsstyene_fra_sovjet.pdf [besøkt 20. april 2021].

Tabell 12: Oversikt over SO₂-målinger i grenseområdene med døgnpåprøvetakere (døgnmiddelverdier) og med kontinuerlig registrerende monitorer (timemiddelverdier) i perioden 1974-2021. 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														
SOV2 Maajärvi	Time														
SOV 3	Time														
Nikel	Time														

Målested	Prøvetakings-tid	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10-'21
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													
SOV2 Maajärvi	Time													
SOV 3	Time													
Nikel	Time													

2022 og framover

Smelteverket i Nikel ble lagt ned 23. desember 2020. Måleprogrammet fortsatte i 2021 for å dokumentere miljøtilstanden også etter at utslippene fra smelteverket i Nikel ble stoppet. Stasjonen i Karpdalen ble lagt ned i begynnelsen av januar 2022 (SO₂, tungmetaller i luft og tungmetaller i nedbør). Samtidig ble stasjonen i Karpbukta lagt ned (uorganiske komponenter i nedbør), men målingene ble flyttet til Svanvik. På Svanvik ble målingene av SO₂ stoppet, men det ble samtidig gjenopptatt målinger av ozon (O₃) og som nevnt uorganiske komponenter i nedbør. NILUs måleprosjekt i grenseområdene legges ned, men målingene på Svanvik fortsetter som en del av det nasjonale overvåkingsprogrammet. Målingene av SO₂ med passive prøvetakere på Viksjøfjell fortsetter på NILUs eget initiativ.

Målestasjon Svanvik

NILU har målt luftkvaliteten på Svanvik siden 1974. Opprinnelig lå stasjonen i utkanten av jordet på daværende Statens forsøksgård. I forbindelse med at Svanhovd Miljøseier ble bygget i 1991-93 (åpnet juni 1993) ble stasjonen flyttet om lag 100 m bort på jordet der den ligger i dag. Flyttingen ble gjort 18.-23. august 1991. I september 2012 ble det installert ny målebod ved siden av den gamle og målepunktet ble da flyttet ca. fire meter mot øst, se Figur 8. Svanvik er en viktig målestasjon, ikke bare for dette måleprogrammet, men også for Strålevernet, NIBIO/LMT, NVE⁴³ mfl. Dette gjenspeiles av alle de ulike instrumentene som er utplassert. Svanvik ligger 8 km vest for Nikel og skorsteinene ved smelteverket kan sees fra taket på NIBIO Svanhovd.



Figur 8: NILUs målestasjon på Svanvik, gammel målebod (venstre) og den nye som ble installert i 2012 (høyre). Stasjonen ligger ute på jordet ved NIBIO Svanhovd. På den nye boden; 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 og uorganiske komponenter. Instrumentet helt til høyre tilhører NVE. Stativet med metallplater i bakgrunnen er en del av et europeisk korrosjonsprosjekt (Grøntoft, 2016). Strålevernets instrumenter er skjult bak måleboden.

Målestasjon Karpdalen

Det har vært to stasjoner i Karpdalen. Opprinnelig var det en stasjon på gården Nyjord fra 1986-1988 som målte døgnprøver av SO₂. Så ble stasjonen flyttet i oktober 1988 samtidig som det ble installert monitor som ga timemiddelverdier (se omfanget av basisundersøkelsen 1988-1991 i Tabell 12). Monitoren var i drift til 1991, men det ble gjort døgnprøver til 1994. Så var stasjonen ute av drift i 14 år før den ble gjenåpnet 16. oktober 2008. Motivasjonen for å reetablere målingene i Karpdalen var å få en bedre oversikt over eksponeringen på befolkningen også nord for smelteverkene. Som nevnt er hyppigst forekommende vindretning fra sør vinterstid og utslippene ble bragt nordover mot Jarfjordfjellet og Karpdalen. Målingene gjort under basisundersøkelsen 1988-1991 viste at Viksjøfjell hadde de

⁴³ Strålevernet, DSA Direktoratet for Strålevern og Atomsikkerhet. LMT: Landbruksmeteorologisk tjeneste (NIBIO AgroMetBase). NVE: Norges Vassdrags- og Energidirektorat.

høyeste konsentrasjonene i vintermånedene (Sivertsen mfl., 1991). Men på Jarfjordfjellet bor det ingen mennesker og det er noen utfordringer knyttet til infrastruktur. Det er værhardt og uten vei store deler av året. Karpdalen ble derfor vurdert som best egnet for å tallfeste eksponering på befolkning. Stasjonen er vist i Figur 9.



Figur 9: Målestasjonen i Karpdalen sett fra sør-øst. Stasjonen var plassert ute på et myrete jorde, samme sted som i 1988-94. Det er ikke høytvoksende vegetasjon rundt stasjonen. Like vest for stasjonen er det en liten kolle. Måleboden har trakt og svanehal på taket til venstre som er inntak for SO₂, mast til høyre er til meteorologi-instrumenter. Legg også merke til barduneringen, det er værhardt i Karpdalen om vinteren. Til venstre for måleboden står prøvetaker for tungmetaller i luft. Den hvite nedbørsamleren for tungmetaller i nedbør er plassert midt mellom måleboden og veien. Merk også nærhet til vei og strøm, infrastruktur er viktig kriterium for valg av plassering av målestasjon.

Instrumentering Svanvik og Karpdalen – SO₂

På Svanvik og i Karpdalen ble det målt SO₂ med kontinuerlig registrerende instrumenter (API100E-monitorer) som målte SO₂-konsentrasjonen hvert 10. sekund. Dataloggeren på instrumentet regnet ut gjennomsnitt for 10 minutter og 1 time som så ble overført trådløst til NILU med GSM eller GPRS senest 2 timer etter at målingene ble utført. Etter en enkel automatisk kvalitetskontroll for å luke ut åpenbare feil ble dataene lagt ut på internett tilgjengelig for publikum (<https://luftkvalitet.nilu.no>). Disse dataene var ikke endelig kvalitetskontrollerte. Ved hvert månedsskifte gjennomgikk dataene en grundig kvalitetssjekk (SO₂ og meteorologi) og de ble skalert for å kompensere for drift i instrumentet (SO₂). Deretter ble de lagt over i NILUs databaser. SO₂-instrumentene på Svanvik og i Karpdalen ble kalibrert av lokal stasjonsholder omlag en gang pr. uke. Alle instrumenter gjennomgikk kvartalsvis ettersyn av ingeniør fra NILU.

Høy tidsoppløsning var nødvendig for å måle maksimalkonsentrasjoner i episoder. Dette ga informasjon om hvor lenge episodene varte og hvor ofte de forekom. Timemiddelverdiene kunne også knyttes direkte til målte vindretninger for å bestemme kilde(r) eller kildeområde(r). Øyeblikkskonsentrasjonene ble lagret i loggerens minne noen dager før de ble overskrevet. Om ønskelig kunne rådata for hvert 10. sekund tas ut fra loggeren ved spesielle forurensningsepisoder, som eksempelvis 20. oktober 2014 (Berglen mfl., 2015). Disse dataene ga et meget detaljert bilde av tidsforløpet under episodene.

De kontinuerlig registrerende instrumentene målte blandingsforhold (antall molekyler SO₂ pr. antall molekyler luft) og hadde en usikkerhet avhengig av måleområdet; 5 ppb^{footnote 44} for blandingsforhold

⁴⁴ ppb: parts per billion, dvs. milliard'tedele, 1 / 1 000 000 000.

mellom 0 og 40 ppb, 12,5% for måleverdier over 40 ppb. Faktoren som ble brukt til å beregne konsentrasjonene er fastsatt av EU og antar en fast lufttemperatur lik 20°C og et fast atmosfærisk trykk lik 1013 hPa (mbar). Faktoren er da 2,66 (1 ppb SO₂ tilsvarer 2,66 µg/m³). Dette vil si at de målte konsentrasjonene ble beregnet i forhold til en referansetemperatur 20°C.

Samtidige målinger av vindretning og -hastighet og SO₂-konsentrasjon viste at røykfanene fra verkene i Nikel og Zapoljarnyj var ganske smale, som oftest med bare noen få kilometers utstrekning. Konsentrasjonen ble derfor høy når røykfanen sveipet over målestasjonen, mens bare noen graders endring i vindretningen kunne føre til at målestasjonen ikke ble eksponert. Den brå endringen i konsentrasjonsnivået fremgikk klart i plottene av timemiddelkonsentrasjonene. I lange perioder var stasjonene ikke eksponert og mottok «ren» bakgrunnsluft.

Når det gjelder miljøbelastningen på Svanvik og i Karpdalen så var det typisk at Svanvik hadde de høyeste konsentrasjonene på kort tidsskala (10-minutter, time). Dette skyldtes nærheten til verket i Nikel. Men de høyeste konsentrasjonene for lengre tidsskala (måned, sesong) var høyest i Karpdalen. Karpdalen var typisk også mest utsatt vinterstid pga. hyppigst forekommende vindretning fra sør.

EU-direktivet 2008/50/EC krever måledata minst 90% av tiden hvert år for de stasjonene som skal innrapportere SO₂ måledata til EU. Dette kravet ble oppfylt for SO₂-målingene på Svanvik og i Karpdalen.

Instrumentering Svanvik og Karpdalen – prøvetaking tungmetaller

På Svanvik og i Karpdalen ble det også tatt filterprøver av tungmetaller i luft/svevestøv (PM₁₀) for de 12 metallene Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V og Zn⁴⁵ (dog er As strengt tatt et halvmetall/metalloid, Al er et lettmetall). Målingene i Karpdalen er stoppet, men de fortsetter på Svanvik i 2022. Tungmetaller vil aldri opptre i gassform ved normal trykk og temperatur. Tungmetaller som måles er festet til partikler/svevestøv. Uttrykkene "tungmetaller i luft" og "tungmetaller i svevestøv" beskriver samme fenomen og brukes ofte om hverandre. Filtrene skiftes av lokale stasjonsholdere og sendes NILU for analyse. Siden grenseverdiene for tungmetaller i luft er satt for årsmiddel i PM₁₀, er det mest relevant og anvendelig å ta ukeprøver som i sum utgjør kontinuerlige målinger. Denne metoden gir middelkonsentrasjon, men ikke maksimumskonsentrasjon / maksimal belastning.

I dette prosjektet ble det altså brukt to KleinfILTERgerät prøvetakere for svevestøv. En er utplassert på Svanvik og ble satt opp i oktober 2008 og en i Karpdalen som ble satt opp høsten 2011. Bakgrunnen for at det ble gitt midler til nye målinger av tungmetaller var økningen i nivåene som ble observert rundt 2004. Målingene på Svanvik fortsetter i 2022 som en del av det nasjonale overvåkingsprogrammet (Bohlin-Nizzetto mfl., 2022), mens målingene i Karpdalen ble avsluttet tidlig i januar 2022.

På Svanvik benyttes en sekvensiell prøvetaker som bytter filtre automatisk hver uke. Prøvetakeren i Karpdalen var manuell, det vil si at filtrene måtte byttes av lokal stasjonsholder. Med svevestøv menes PM₁₀, partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm⁴⁶. Prøvetakingen foregår ved at luft suges inn gjennom et filter der støv avsettes. Etterpå sendes filtrene til NILUs laboratorier for analyse av 12 metaller/elementer, Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, V og Zn⁴⁷. Basert på målt

⁴⁵ Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen, Al: aluminium, Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink.

⁴⁶ µm betegner mikrometer, det vil si 1/1 000 000 ("milliondels") meter, eller 1/1000 millimeter.

⁴⁷ Igjen; Ni: nikkel, Cu: kobber, Co: kobolt, As: arsen, Al: aluminium, Cd: kadmium, Cr: krom, Fe: jern, Mn: mangan, Pb: bly, V: vanadium, Zn: sink.

luftvolum gjennom instrumentet og mengden/masse tungmetaller avsatt på filteret kan gjennomsnittskonsentrasjonene i eksponeringsperioden, som regel en uke, regnes ut.

Luftinntaket på instrumentet er tilpasset PM₁₀ siden lovverket definerer grenseverdien for tungmetaller som andel av PM₁₀-fraksjonen (jfr. Tabell 4 i kap. 2.4). På russisk side, nærmere bestemt på stasjonene i Nikel og Zapoljarnyj, gjør Murmansk UGMS prøvetaking og analyse av tungmetaller. Merk dog at i Russland måles det totalstøv, det vil si også partikler større enn 10 µm, mens i Norge sorteres de største partiklene ut (Pettersen mfl., 2017)⁴⁸.

Det er tidvis problemer med prøvetakingen slik at det er perioder uten resultater. Dette har ulike årsaker. Om sommeren kan tordenvær skape overspenning slik at instrumentet stopper. Om vinteren kan is i luftinntaket gi problemer med lite luftvolum eller stans. På Svanvik var det problemer med prøvetakingen i desember 2020 og januar 2021 med tap av data. Karpdalen hadde stans i målingene 3. - 10. juli og 25. september – 9. oktober 2021. Datadekningen året sett under ett var 93 % for begge stasjonene.

Instrumentering Svanvik og Karpdalen – meteorologi

Både på Svanvik og i Karpdalen ble det målt/måles vindhastighet, vindretning, temperatur og relativ fuktighet, lufttrykk, samt om det har regnet (nedbørsindikator) ved hjelp av Vaisala WTX-520. Instrumentene på Svanvik er plassert i 10 m høyde over bakken for å få målinger som er upåvirket av bygninger (målebua) og eksempelvis trær (se Figur 8). I Karpdalen var instrumentet plassert 4 m over bakken (se Figur 9).

Instrumentering Svanvik og Karpdalen – uorganiske komponenter i nedbør

Fram til og med 2021 var det prøvetaking for tungmetaller i nedbør på Svanvik og i Karpdalen. Karpdalen legges ned, men målingene på Svanvik fortsetter i 2022. Prøvene analyseres/ble analysert med hensyn på de 10 komponentene Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V og Zn. Dette er de samme som for luft, minus Fe og Mn. Nedbørmengde blir også målt og registrert.

Prøvetaking skjer/skjedde ved hjelp av NILUs standard prøvetaker i plast, men til forskjell fra prøvetakingen for uorganiske komponenter i nedbør brukes det flasker med trakt hele året (se eksempel i Bilde 5 på side 25). Kanten av prøvetakeren er plassert om lag 2 m over bakken. Trakten som brukes til tungmetaller har ikke metallring øverst. Prøvene av nedbør tas vanligvis over en uke med skifte hver mandag. Dessuten ble det skiftet på første dato i hver måned hvis denne ikke falt på en mandag (endres til rene ukeprøver fra 1.1.2022).

I tillegg til utvasking med nedbør må en også regne med at noe kommer ned i prøvetakerne ved tørravsetning, det vil si at støvpartikler daler ned i trakten/flasken.

Viksjøfjell – passive SO₂

Det har pågått målinger av SO₂ på Viksjøfjell siden sommeren 2009. Dette er en stasjon hvor det ble gjort målinger tidligere, men som ble nedlagt i 1996. Viksjøfjell ligger på Jarfjordfjellet 391 moh. og er over tregrensen. Zapoljarnyj ligger sør for Viksjøfjell og man kan se røyk-fanen fra anlegget i Zapoljarnyj i godvær, se Bilde 6.

Målingene av SO₂ gjøres her ved hjelp av passive prøvetakere, gule eller røde brikker med impregnert filter som henges opp på en sydvendt vegg. Prøvetakerne eksponeres i 14 dager av gangen og analysen

⁴⁸ Ulike prøvetakingsmetoder for tungmetaller ble også bemerket av Riksrevisjonen i sin gjennomgang av norsk-russisk miljøsamarbeid, se <https://www.riksrevisjonen.no/rapporter-mappe/no-2018-2019/undersokelse-av-norsk-russisk-miljosamarbeid/> [besøkt 1. juni 2022]

gir gjennomsnittlig konsentrasjon for denne perioden. To prøvetakere eksponeres samtidig. Målingene gjøres i samarbeid med Forsvaret.



Bilde 6: Utsikt fra Viksjøfjell sørover. Røykfanen fra anlegget i Zapoljarnyj sees i det fjerne.
Foto: Christoffer Aalerud, Fylkesmannen i Finnmark.

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 de detaljerte resultatene er det tidvis stor forskjell mellom de to prøvetakerne som ble eksponert samtidig. 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. Målingene viser at 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 hull i måleserien.

Karpbukt – nedbørprøvetaking uorganiske komponenter i nedbør

I Karpbukt ble det tatt ukedprøver av nedbør, for stasjonsplassering se Figur 2 side 14. Prøvene fra Karpbukt ble analysert med hensyn på nedbørmengde, ledningsevne, pH og de uorganiske komponentene SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ , gitt som ioner.

Tidligere ble det gjort nedbørmålinger av uorganiske komponenter på Svanvik fra høsten 1988 t.o.m. 2003. Siden er det gjort prøvetaking og analyse av uorganiske komponenter i nedbør hvert tredje år i forbindelse med et annet prosjekt, ICP Materialer (Grøntoft, 2016). I 1990 ble det opprettet en stasjon i Karpdalen som ble nedlagt 1.4.1998. Som erstatning for Karpdalen ble det opprettet ny stasjon i Karpbukt 15.9.1998. Karpbukt ligger ved Jarfjorden der Karpdalen munner ut. Det er ca. 4 km mellom de to stasjonsplasseringene. Målingene i Karpdalen ble avsluttet ved årsskiftet 2021/22 og flyttet til Svanvik i januar 2022.

Prøvetaking skjer ved hjelp av NILUs standard prøvetaker i plast, flasker med trakt om sommeren, åpen prøvetaker om vinteren (se Bilde 5 på side 25). Kanten av prøvetakeren er plassert om lag 2 m over bakken. Prøvene av nedbør tas vanligvis over en uke med skifte hver mandag. Dessuten ble de skiftet

på første dato i hver måned hvis denne ikke falt på en mandag (rene ukeprøver fra januar 2022). I tillegg til utvasking med nedbør må en også regne med at noe kommer ned i prøvetakerne ved tørravsetning, det vil si at støvpartikler daler ned i trakten/flasken.

Andre stasjoner og måleprogrammer i grenseområdene

Landbruksmeteorologisk datatjeneste (NIBIO) har også to værstasjoner på Svanvik som måler vind og temperatur i 2 og 10 m høyde. Meteorologisk institutt har værstasjon ved Kirkenes lufthavn (Høybuktmoen) som måler vindretning, vindhastighet, temperatur, nedbør og luftfuktighet. I oktober 2012 ble det også opprettet en målestasjon ved Nyrud som måler nedbør, temperatur og snødybde (Figur 10). Stasjonen på Nyrud var erstatning for en tidligere stasjon på Noatun. Resultater fra alle disse tre stasjonene legges løpende ut på www.yr.no. De brukes også til å kvalitetssikre dataene fra NILUs program.



Figur 10: Målestasjonen ved Nyrud øverst i Pasvikdalen, om lag 65 km sør for Svanvik og 4 km sør for Noatun. Nedbørsamler til venstre, masten til høyre har temperaturmåler og måler for snødybde. Stasjonen driftes av Meteorologisk institutt. Bak sees Nyrud gård som nå er politistasjon, Pasvikelva skimtes bak bjørketrærne og også øya Vaarlamasari på russisk side. Bildet er tatt 27. mai 2017. Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

Strålevernet DSA

Svanvik er også en av 33 stasjoner som er med i et landsdekkende varslingsnettverk som kontinuerlig måler radioaktivitet i omgivelsene, radnett⁴⁹. 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 mfl., 2021). I tillegg har Svanvik og Viksjøfjell to av seks luftfilterstasjoner som er en del av Statens stråleverns nettverk for overvåknings- og varslingsystem for radioaktivitet i luft (de fire andre er Skibotn, Ørland, Østerås og Sola, se Møller mfl., 2021). Filtrene herfra byttes ukentlig.

Nedbør Skogfoss og Neiden

I tillegg til målingene i dette overvåkingsprogrammet er det to stasjoner i grenseområdene som kun måler nedbør. Pasvik Kraft har en nedbørmåler ved Skogfoss kraftstasjon om lag 20 km sør for Svanvik, her måles også snødybde (se bilde av stasjonen i Figur 11). Den måler døgnprøver og dataene legges ut på den nye basen til Norsk Klimaservicesenter, seKlima⁵⁰. Likeledes er det en målestasjon i Øvre Neiden (om lag 4 mil fra Svanvik i luftlinje) som også måler nedbør der dataene vises på www.yr.no.

⁴⁹ For mer informasjon, se <http://radnett.dsa.no> [besøkt 18. april 2021].

⁵⁰ <https://seklima.met.no/observations/> [besøkt 18. april 2021].



Figur 11: Pasvik kraft sin målestasjon på Skogfoss. Stasjonen måler nedbør og snødybde på døgnbasis og data er tilgjengelige fra databasen seKlima. Bildet er tatt 25. mai 2017. Ellers kan nevnes at det dagen etter ble målt 2 cm snø på stasjonen (ingen snø da bildet ble tatt, mørk stolpe gir litt varmere mikroklima akkurat rundt målebåndet). Foto: Benjamin Flatlandsmo Berglen.

Russland

I 2010 installerte Murmansk UGMS - Murmansk Avdeling for hydrometeorologi og miljøovervåking Optec C-105 monitører som måler SO₂ i Nikel og Zapoljarnyj. Resultatene fra disse målingene er offentlig tilgjengelige⁵¹. Dette gjorde at både Russland og Norge målte luftkvalitet SO₂ i grenseområdene ved hjelp av monitor med høy tidsoppløsning og dataene var av likeverdig og høy vitenskapelig kvalitet. Samarbeidet mellom Russland og Norge om miljøovervåkingen fungerte godt og den norsk-russiske ekspertgruppen for luft møttes jevnlig for å utveksle data og informasjon. Det russiske ministeriet for naturressurser og økologi i Murmansk fylke gir ut kvartalsvise og årlige rapporter om miljøtilstanden i Murmansk oblast/fylke, tidligere var disse også åpent tilgjengelige, dog på russisk⁵².

Den norsk-russiske ekspertgruppen for luft har sammenfattet resultatene fra målingene i to felles rapporter. Første rapport ble publisert i mars 2015 (Mokrotovarova mfl., 2015⁵³), andre rapport ble overlevert den felles norsk-russiske miljøkommisjon i mai 2017 (Pettersen mfl., 2017⁵⁴). Det pågikk en prosess med å utarbeide en ny, oppdatert rapport som skulle dekke måleresultater fram til og med 2020. Men denne ble utsatt og forsinket, først på grunn av covid, siden på grunn av krigen i Ukraina. Rapportene gir en god oversikt over norske og russiske grenseverdier for luftkvalitet, måle- og analysemetoder, samt måleprogram og -resultater på norsk og russisk side. Norsk og russisk riksrevisjon har gjennomgått miljøsam arbeidet mellom de to land og resultatene ble lagt fram i mars 2019⁵⁵.

⁵¹ http://www.kolgimet.ru/monitoring-zagrjaznenija-okruzhajushchei-sredy/sostojanie-i-zagrjaznenie-atmosfernogo-vozdukha/?no_cache=1 [besøkt 31. mai 2022].

⁵² <https://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/01.monitoring/index.php> og <https://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/00.condition/index.php> [begge var åpne og ble besøkt 18. april 2021, ved tilsvarende forsøk 31. mai 2022 er beskjeden at «Access to mpr.gov-murman.ru is prohibited»].

⁵³ Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m322/m322.pdf> [besøkt 31. mai 2022].

⁵⁴ Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m761/m761.pdf> [besøkt 31. mai 2022].

⁵⁵ <https://www.riksrevisjonen.no/rapporter-mappe/no-2018-2019/undersokelse-av-norsk-russisk-miljosamarbeid/> [besøkt 31. mai 2022].

Vedlegg B

Detaljerte måleresultater svoveldioksid (SO₂) og uorganiske komponenter

Viksjøfjell

Tabell 13: Måleresultater for SO₂ på Viksjøfjell i 2021. Enhet: µg/m³.

Fra dato	Til dato	Antall døgn*	SO ₂ prøvetaker 1	SO ₂ prøvetaker 2
20.12.2020	03.01.2021	2	22	22
03.01.2021	17.01.2021	14	8	9
17.01.2021	31.01.2021	14	5	Ingen målinger
31.01.2021	28.03.2021	56	Ingen målinger	
28.03.2021	11.04.2021	14	16	19
11.04.2021	25.04.2021	14	14	12
25.04.2021	09.05.2021	14	13	12
09.05.2021	23.05.2021	14	13	14
23.05.2021	06.06.2021	14	11	16
06.06.2021	20.06.2021	14	14	14
20.06.2021	04.07.2021	14	14	13
04.07.2021	18.07.2021	14	0	0
18.07.2021	01.08.2021	14	0	0
01.08.2021	29.08.2021	28	2	1
29.08.2021	12.09.2021	14	0	0
12.09.2021	26.09.2021	14	1	2
26.09.2021	10.10.2021	14	2	3
10.10.2021	24.10.2021	14	Ingen målinger	
24.10.2021	07.11.2021	14	15	6
07.11.2021	21.11.2021	14	1	2
21.11.2021	05.12.2021	14	7	7
05.12.2021	19.12.2021	14	5	5
19.12.2021	02.01.2022	13	2	2
02.01.2022	16.01.2022		4	4
16.01.2022	30.01.2022		5	2
30.01.2022	13.02.2022		8	3
13.02.2022	27.02.2022		3	1
27.02.2022	13.03.2022		2	15
Kalenderåret 2021[§]		295 / 281[£]	7,0	7,2

* Antall døgn i 2021.

§ Gjennomsnitt er beregnet utfra resultater som ikke er avrundet.

£ 365 ÷ 70 dager (ingen målinger 31. januar – 28. mars og 10. – 24. oktober). Også bortfall 17. – 31. januar for prøvetaker 2.

Trender av SO₂ 1974 – 2020

Formålet med å vise de lange tidsseriene er å anskueliggjøre utviklingen i luftkvaliteten i grenseområdene i alle de 48 årene det var målinger av svoveldioksid fra de russiske smelteverkene, det vil si 1974 - 2021. Tabellene og figurene nedenfor er utarbeidet for å vise hvordan luftkvaliteten har vært og er i forhold til (nåværende) grenseverdier og vurderingsterskler i forurensningsforskriften og luftkvalitetskriteriene. Likeledes er middelverdier for sommersesong gjengitt for å vise forskjellene mellom sommer og vinter. Detaljert statistikk for SO₂-målingene på Svanvik og i Karpdalen er vist i Tabell 14 og i Tabell 15.

Tabell 14: Målestatistikk for SO₂ fra Svanvik i perioden 1974-2021¹⁾.

År	Årsmiddel- verdi (µg/m ³)	Antall døgn > 125 µg/m ³	Høyeste døgnmiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall timer > 350 µg/m ³	Høyeste timemiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall 10-min > 500 µg/m ³	Høyeste 10-min konsentrasjon µg/m ³
1974	30,8	13	306				
1975	17,6	5	192				
1976	23,7	7	239				
1977	27,0	14	208				
1978	25,4	10	313				
1979	17,8	6	172				
1980	26,9	15	287				
1981	24,6	5	192				
1982	19,6	3	163				
1983	29,6	6	237				
1984	23,9	3	170				
1985	24,8	8	154				
1986	21,1	3	189				
1987	26,3	8	208				
1988	20,4	4	363				
1989	12,2	3	610	31	2305		
1990	13,9	3	514	38	2458		
1991	12,2	4	412	38	1578		
1992	7,5	4	244	18	671		
1993	9,3	2	172	16	795		
1994	8,1	4	215	7	1264		
1995	11,0	3	264	21	1906		
1996	7,7	2	138	8	744		
1997	10,6	5	187	23	732		
1998	14,5	6	168	14	2177		
1999	7,9	1	145	3	440		
2000	7,7	4	198	10	653		
2001	9,0	2	236	5	480		
2002	8,9	1	128	10	503	18	877
2003	5,9	1	127	5	595	9	1416
2004	5,7	0	95	2	416	2	638
2005	6,2	1	160	4	511	11	600
2006	6,2	0	101	2	504	4	933
2007	6,0	2	230	3	454	8	618
2008	8,0	1	238	10	787	24	1195
2009	6,8	0	98	3	585	14	1216
2010	8,0	1	156	6	433	13	620
2011	7,3	0	93	6	858	25	1099
2012	7,1	1	137	7	582	14	1026
2013	7,6	2	142	15	410	17	1064
2014	8,8	2	396	24	1417	82	3541
2015	7,5	0	90	8	434	19	1119
2016	5,7	1	155	4	578	11	1112
2017	5,6	1	332	11	582	27	1425
2018	2,8	0	47	1	480	6	761
2019	5,1	2	204	18	828	77	955
2020	2,2	0	84	5	527	5	802
2021	1,0	0	42	0	83	0	114

1) Dataene logget som døgnmiddel-verdier 1974-1988 og som timemiddelverdier 1989-2021. 10-minuttersverdier fra 1.7.2001.

Tabell 15: Målestatistikk for SO₂ fra Karpdalen i perioden 1986-1994, samt 2009-2021¹⁾.

År	Årsmiddel- verdi (µg/m ³)	Antall døgn > 125 µg/m ³	Høyeste døgnmiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall timer > 350 µg/m ³	Høyeste timemiddel- konsentrasjon µg/m ³	Antall 10-min > 500 µg/m ³	Høyeste 10-min konsentrasjon µg/m ³
1986	30,8	2	266 ¹				
1987	28,3	14	600 ¹				
1988	23,1	5	266 ¹	36 ²	939 ²		
1989	32,7	7	432	89	968		
1990	22,9	7	523	90	940		
1991	35,3	5	338	34 ²	756 ²		
1992	17,0	6	208				
1993	6,8	0	89				
1994	8,8	0	117				
2009	13,8	3	263	12	561	20	695
2010	20,4	13	507	73	793	179	681
2011	19,8	7	449	51	854	159	1732
2012	16,6	6	206	15	573	36	848
2013	15,6	2	162	15	724	52	862
2014	13,2	3	207	15	616	40	871
2015	11,8	2	366	27	613	52	781
2016	17,9	7	429	43	600	85	721
2017	7,8	0	100	1	432	1	522
2018	8,4	1	146	4	406	4	701
2019	9,3	0	121	0	330	2	800
2020	4,4	0	59	3	448	0	461
2021	1,4	0	32	0	66	0	74

1) Dataene logges som døgnmiddelverdier 1986-1994 og som timemiddelverdier 1988-1991 (under basisundersøkelsen), samt fra gjenåpningen 16. oktober 2008. 10-minuttersverdier er også tilgjengelige fra oktober 2008.

Døgnmiddelverdier - øvre og nedre vurderingsterskel

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

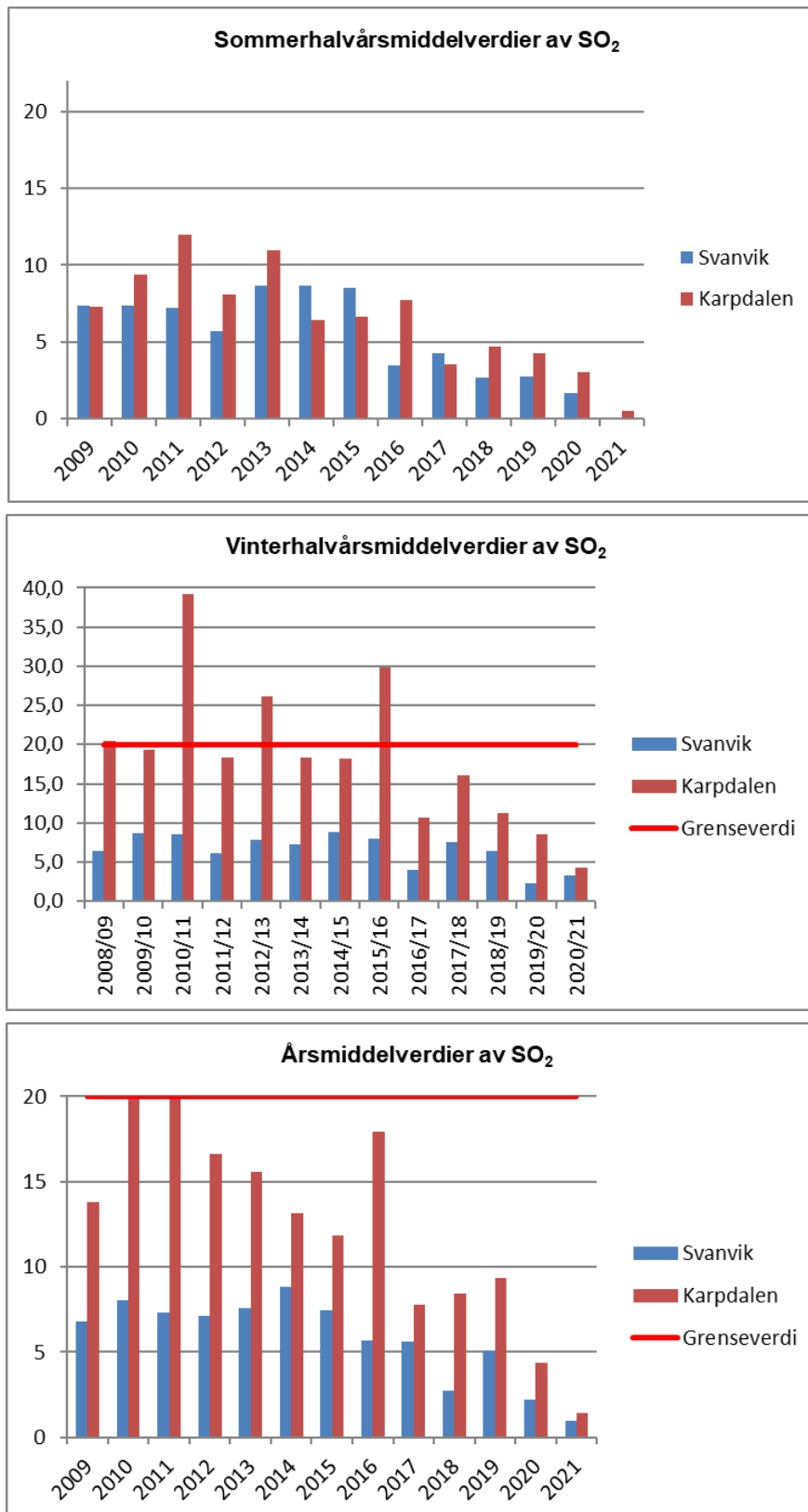
Antallet overskridelser av visse terskelverdier gitt som døgnmiddel er vist i Tabell 16. Det var ingen døgn over 50 µg/m³ på Svanvik eller i Karpdalen i 2021. De siste fem årene har døgnmiddelverdiene på Svanvik var høyere enn 75 µg/m³ mellom null og fire ganger. Døgnmiddelverdiene var høyere enn 50 µg/m³ mellom null og seks ganger i samme periode. I Karpdalen er antallet døgnmiddelverdier høyere enn 75 µg/m³ mellom null og seks ganger siste fem år, øvre terskelverdi er brutt. Likeledes var antallet døgnmiddelverdier høyere enn 50 µg/m³ mellom null og 19 ganger, nedre terskelverdi er også brutt. Vurderingstersklene er derved overskredet i Karpdalen de siste fem årene sett under ett.

Tabell 16: Antallet overskridelser av visse terskelverdier, norsk grenseverdi ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tidligere Nasjonalt mål ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$), samt øvre og nedre vurderingsterskel ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), alt gitt som døgnmiddel for Svanvik og Karpdalen de siste årene.

Stasjon	År	Antall døgn $>125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>90 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall døgn $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Svanvik	2014	2	4	4	18
	2015	0	0	6	13
	2016	1	2	4	7
	2017	1	3	3	5
	2018	0	0	0	0
	2019	2	3	4	6
	2020	0	0	1	3
	2021	0	0	0	0
Karpdalen	2014	3	7	11	24
	2015	2	5	7	20
	2016	7	14	20	30
	2017	0	2	4	11
	2018	1	5	5	15
	2019	0	5	6	19
	2020	0	0	0	2
	2021	0	0	0	0

Sesongmidler sommer

Grenseverdien for beskyttelse av økosystem er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ både for kalenderår og vinterhalvår (oktobermars), gjeldende fra 4. oktober 2002. Halvårsmiddelverdier for sommer er vist i Figur 12, dessuten er det vist halvårsmiddelverdier for vinter samt årsmidler for samme periode, se også Figur 6 på side 24. Det er ingen grenseverdi for sommersesongen, men halvårsmidler for Svanvik og Karpdalen vises for å illustrere hvordan belastningen er mindre sommerstid enn vinterstid. Dette skyldes først og fremst at det er kraftigere vind og bedre vertikal blanding og derved bedre spredning og fortykning av utslippene/røykfanen sommerstid. I 2021 skyldes forskjellene mellom vinter og sommer at det ikke er drift ved varmekraftverket i Nikel i sommersesongen, kun i den kalde årstiden.



Figur 12: Middelverdier av SO₂ på Svanvik og i Karpdalen for sommerhalvårene 2009-2021 (øverst), vinterhalvårene 2008/09-2020/21 (midten) og årene 2009-2021 (nederst). Det er ingen grenseverdi for beskyttelse av økosystem for sommerhalvåret. Merk ulik skala i de tre figurene (20 for sommer og år, 40 for vinter). Enhet: µg/m³.

Årsmiddelverdi

Årsmiddelverdien på Svanvik var $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2021, dette er laveste verdi som ble registrert i de 48 årene det ble gjort målinger fra 1974 til 2021. Ellers har årsmiddel på Svanvik de siste 20 årene ligget mellom $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2020) 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, mens årsmiddelverdiene ligger under $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fra 1989⁵⁶. Årsmiddelverdien i Karpdalen var $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2021, dette er laveste verdi som ble registrert siden gjenåpningen i 2008. Maksimal årsmiddelverdi i Karpdalen i perioden 2008 -2021 var $20,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2010. Grenseverdien for årsmiddel ble derved overholdt alle årene siden gjenåpningen⁵⁷.

⁵⁶ 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.

⁵⁷ 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.

Detaljerte resultater nedbør 2021

Detaljerte månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter i nedbør i Karpbukt i 2021 er vist i Tabell 17.

Tabell 17: Månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde, ledningsevne, pH og uorganiske komponenter SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ i nedbør i Karpbukt i 2021.

Måned	Nedbør- mengde mm	Lednings- evne $\mu S/cm$	pH	SO_4^{2-} mg S/l	SO_4^{2-} _corr mg S/l	NH_4^+ mg N/l	NO_3^- mg N/l	Na^+ mg/l	Mg^{2+} mg/l	Cl^- mg/l	Ca^{2+} mg/l	K^+ mg/l
Januar	25	24,0	4,8	0,3	0,1	0,0	0,1	2,0	0,2	3,6	0,1	0,1
Februar	66	32,7	4,9	0,5	0,2	0,1	0,1	3,9	0,5	6,7	0,2	0,1
Mars	37	30,6	4,9	0,4	0,1	0,1	0,1	3,6	0,5	6,3	0,2	0,2
April	38	17,9	4,9	0,3	0,2	0,0	0,1	1,6	0,2	2,9	0,2	0,1
Mai	59	17,3	5,0	0,4	0,3	0,1	0,1	1,3	0,2	2,4	0,3	0,1
Juni	27	13,3	5,4	0,3	0,3	0,0	0,0	2,2	0,1	1,7	0,1	0,1
Juli	82	10,1	5,6	0,2	0,2	0,1	0,0	1,1	0,1	1,1	0,1	0,2
August	70	19,5	5,4	0,3	0,1	0,2	0,1	2,3	0,3	3,8	0,2	0,2
September	82	13,3	5,3	0,2	0,1	0,0	0,1	1,6	0,2	2,6	0,2	0,1
Oktober	85	26,4	5,2	0,4	0,1	0,1	0,1	3,1	0,4	5,5	0,3	0,2
November	51	24,3	5,2	0,4	0,1	0,0	0,1	3,0	0,3	5,1	0,2	0,1
Desember	82	29,7	4,9	0,4	0,1	0,1	0,1	3,9	0,4	6,2	0,2	0,1
2021	704	21,5	5,1	0,3	0,1	0,1	0,1	2,5	0,3	4,1	0,2	0,1

Avsetning og trender

Det er også beregnet avsetning med nedbør av de forskjellige elementene både for sommerhalvåret 2021 og vinterhalvåret 2020/21. Avsetningstallene (enhet: mg/m^2) regnes ut ved at konsentrasjonen i nedbøren (enhet: $\mu g/liter$ eller $mg/liter$ ⁵⁸) multipliseres med nedbøren (1 mm nedbør tilsvarer 1 liter/ m^2) for hver uke og summeres over sommerhalvåret 2021 og vinterhalvåret 2020/21. Resultatene er vist i Tabell 18 og Tabell 19 sammen med avsetningstall for tidligere år.

⁵⁸ 1 000 μg = 1 mg, likeledes 1 000 000 μg = 1 000 mg = 1 g.

Tabell 18: Avsetning av uorganiske komponenter med nedbør i sommerhalvårene fra 1989 til 2021. H^+ angis i $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$, konsentrasjoner av ulike forsurende stoffer sammenveies ofte til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forsurende effekt. Sjsa korr betegner sulfat korrigert for sjøsalt.

Enhet avsetning: mg/m^2 .

Stasjon	Sommer- halvår	H^+ $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$	Total $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	Sjsa korr $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	NO_3^- N	Na^+	Mg^{2+}	Cl^-	Ca^{2+}	K^+
Karpdalen	1991		363		54	36	440	62	730	31	38
	1992		410		132	61	440	54	760	73	83
	1993		333		64	48	759	85	1233	65	58
	1994		218	198	56	65	247	32	417	32	25
	1995	7568	177	167	47	34	124	23	192	40	12
	1996	6009	170	143	46	32	317	40	498	50	34
	1997	5320	114	106	23	18	105	15	169	21	11
Karpbukt	1999	5890	152	134	57	41	219	27	384	30	43
	2000	5993	134	118	36	27	190	26	354	26	17
	2001	6210	203	175	57	38	333	44	592	52	35
	2002	4044	150	118	41	28	382	55	684	76	46
	2003	7512	129	101	48	33	336	47	575	52	35
	2004	5808	182	158	25	35	286	41	460	61	42
	2005	5689	219	191	86	40	378	43	555	51	53
	2006	6427	162	149	34	44	159	23	274	29	24
	2007	3878	259	215	75	39	533	74	909	71	49
	2008	4597	155	158	29	33	399	57	605	48	31
	2009	5423	213	182	33	48	369	46	689	38	51
	2010	5822	154	134	32	29	234	29	268	37	27
	2011	6567	183	161	63	39	263	39	440	43	46
	2012	4873	105	79	36	23	302	41	532	38	41
	2013	2871	139	103	44	23	418	54	713	62	37
	2014	6029	207	149	44	36	534	76	916	68	76
	2015	4570	127	102	30	24	305	41	539	52	36
	2016	6266	153	123	32	29	363	50	642	39	39
	2017	6833	174	118	41	26	647	77	1128	61	54
	2018	4715	155	155	74	37	193	27	299	56	48
	2019	4328	113	83	26	28	357	45	603	53	26
2020	3547	151	129	52	31	548	32	533	36	39	
2021	2140	98	61	35	31	592	57	867	67	53	
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 19: Avsetning av uorganiske komponenter med nedbør i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2020/21. H⁺ angis i $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$, konsentrasjoner av ulike forsurende stoffer sammenveies ofte til syre-ekvivalenter ved hjelp av stoffenes forsurende effekt. Sjsa korr betegner sulfat korrigert for sjøsalt. Enhet avsetning: mg/m^2 .

Stasjon	Vinterhalvår	H ⁺ $\mu\text{ekv}/\text{m}^2$	Total SO ₄ ²⁻ -S	Sjsa korr SO ₄ ²⁻ -S	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	Na ⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	K ⁺
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
	2016/17	7423	120	41	57	18	937	111	1683	43	43
	2017/18	3947	77	44	66	24	399	48	742	41	31
2018/19	4175	74	38	12	18	430	54	762	31	20	
2019/20	5049	85	39	13	22	539	66	973	52	26	
2020/21	2483	77	29	11	20	570	68	990	41	22	
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	

Vedlegg C

Detaljerte måleresultater tungmetaller i svevestøv og nedbør

Tabell 20: Detaljerte måleresultater i luft på Svanvik i 2021 av metaller som regnes som spormetaller fra nikkerverkene. Enhet: ng/m³.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
24.01.2021	31.01.2021	10,3	6,0	0,1	0,5
31.01.2021	07.02.2021	1,0	0,5	0,0	0,2
07.02.2021	14.02.2021	0,4	0,3	0,0	0,0
14.02.2021	21.02.2021	1,3	2,8	0,0	0,2
21.02.2021	28.02.2021	0,5	0,4	0,0	0,1
28.02.2021	06.03.2021	3,0	0,6	0,0	0,1
06.03.2021	13.03.2021	1,4	1,0	0,0	0,4
13.03.2021	20.03.2021	0,4	0,3	0,0	0,1
20.03.2021	27.03.2021	0,2	0,2	0,0	0,1
27.03.2021	03.04.2021	0,5	0,3	0,0	0,1
03.04.2021	10.04.2021	0,7	0,4	0,0	0,0
10.04.2021	17.04.2021	0,8	0,5	0,1	0,1
17.04.2021	24.04.2021	0,2	0,4	0,1	0,1
24.04.2021	01.05.2021	0,3	0,2	0,0	0,0
01.05.2021	08.05.2021	0,6	0,3	0,0	0,0
08.05.2021	15.05.2021	1,4	0,4	0,0	0,1
15.05.2021	22.05.2021	0,9	0,3	0,0	0,1
22.05.2021	29.05.2021	0,5	0,2	0,0	0,2
29.05.2021	05.06.2021	0,6	0,7	0,1	0,1
05.06.2021	12.06.2021	1,2	1,4	0,1	0,2
12.06.2021	19.06.2021	0,8	0,6	0,0	0,1
19.06.2021	26.06.2021	0,6	0,4	0,0	0,1
26.06.2021	03.07.2021	1,0	1,1	0,1	0,1
03.07.2021	10.07.2021	0,9	1,2	0,1	0,1
10.07.2021	17.07.2021	0,1	0,2	0,0	0,1
17.07.2021	24.07.2021	0,0	0,2	0,0	0,0
24.07.2021	31.07.2021	0,9	0,5	0,1	0,1
31.07.2021	07.08.2021	0,3	0,3	0,0	0,1
07.08.2021	14.08.2021	0,3	0,7	0,0	0,1
14.08.2021	21.08.2021	0,3	0,3	0,0	0,2
21.08.2021	28.08.2021	0,3	0,3	0,0	0,1
28.08.2021	04.09.2021	0,1	0,7	0,0	0,0
04.09.2021	11.09.2021	0,8	0,5	0,0	0,0
11.09.2021	18.09.2021	0,2	0,2	0,0	0,0
18.09.2021	25.09.2021	0,6	0,4	0,0	0,0
25.09.2021	02.10.2021	0,3	0,6	0,0	0,3
02.10.2021	09.10.2021	0,5	0,2	0,0	0,1
09.10.2021	16.10.2021	0,1	0,2	0,0	0,0
16.10.2021	23.10.2021	1,1	0,3	0,0	0,0
23.10.2021	30.10.2021	2,6	0,4	0,0	0,0
30.10.2021	06.11.2021	0,5	0,3	0,0	0,1
06.11.2021	13.11.2021	0,1	0,2	0,0	0,0
13.11.2021	20.11.2021	0,1	0,2	0,0	0,0
20.11.2021	27.11.2021	5,1	0,5	0,0	0,1
27.11.2021	04.12.2021	1,3	0,4	0,0	0,1
04.12.2021	11.12.2021	0,3	0,2	0,0	0,1
11.12.2021	18.12.2021	1,2	0,2	0,0	0,0
18.12.2021	25.12.2021	0,3	0,3	0,0	0,1
25.12.2021	30.12.2021	2,0	0,5	0,0	0,1
Kalenderåret 2021		1,0	0,6	0,0	0,1
Apr.-sep. 2021		0,6	0,5	0,0	0,1

¹⁾ Data er under deteksjonsgrensen.

Tabell 21: Detaljerte måleresultater i luft i Karpdalen i 2021 av metaller som regnes som spormetaller fra nikkerverkene. Enhet: ng/m³.

Fra dato	Til dato	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Co ng/m ³	As ng/m ³
03.01.2021	10.01.2021	1,4	2,9	0,0	0,2
10.01.2021	17.01.2021	7,7	6,0	0,3	0,4
17.01.2021	24.01.2021	4,8	3,3	0,0	0,4
24.01.2021	31.01.2021	3,7	2,2	0,0	0,4
31.01.2021	07.02.2021	1,4	0,4	0,0	0,2
07.02.2021	14.02.2021	1,4	0,2	0,0	0,0
14.02.2021	21.02.2021	3,7	3,2	0,1	0,2
21.02.2021	28.02.2021	2,5	1,8	0,1	0,2
28.02.2021	06.03.2021	3,3	0,7	0,0	0,1
06.03.2021	13.03.2021	2,8	1,2	0,1	0,4
13.03.2021	20.03.2021	0,4	0,2	0,0	0,1
20.03.2021	27.03.2021	0,6	0,3	0,0	0,1
27.03.2021	03.04.2021	0,2	0,1	0,0	0,0
03.04.2021	10.04.2021	0,9	0,6	0,0	0,0
10.04.2021	17.04.2021	0,7	0,3	0,0	0,0
17.04.2021	24.04.2021	1,4	0,9	0,1	0,1
24.04.2021	01.05.2021	0,2	0,1	0,0	0,0
01.05.2021	08.05.2021	0,3	0,1	0,0	0,0
08.05.2021	15.05.2021	0,8	0,2	0,0	0,0
15.05.2021	23.05.2021	0,8	0,3	0,0	0,1
23.05.2021	29.05.2021	0,4	0,1	0,0	0,0
29.05.2021	05.06.2021	0,5	0,5	0,1	0,1
05.06.2021	12.06.2021	1,4	1,2	0,2	0,2
12.06.2021	19.06.2021	0,1	0,1	0,0	0,1
19.06.2021	26.06.2021	0,3	0,2	0,0	0,1
26.06.2021	03.07.2021	0,5	0,3	0,1	0,1
10.07.2021	17.07.2021	0,2	0,2	0,0	0,0
17.07.2021	24.07.2021	0,0	0,1	0,0	0,0
24.07.2021	31.07.2021	0,4	0,3	0,1	0,0
31.07.2021	07.08.2021	0,7	0,4	0,0	0,1
07.08.2021	14.08.2021	0,7	0,5	0,0	0,1
14.08.2021	21.08.2021	0,1	0,1	0,0	0,1
21.08.2021	28.08.2021	0,5	0,3	0,0	0,0
28.08.2021	04.09.2021	0,1	0,1	0,0	0,0
04.09.2021	11.09.2021	0,5	0,2	0,0	0,0
11.09.2021	18.09.2021	0,5	0,1	0,0	0,0
18.09.2021	25.09.2021	2,2	1,5	0,1	0,1
09.10.2021	16.10.2021	0,2	0,1	0,0	0,0
16.10.2021	23.10.2021	0,5	0,2	0,0	0,0
23.10.2021	30.10.2021	1,4	0,3	0,0	0,0
30.10.2021	06.11.2021	0,6	0,3	0,0	0,1
06.11.2021	13.11.2021	0,5	0,2	0,0	0,0
13.11.2021	20.11.2021	0,5	0,1	0,0	0,0
20.11.2021	27.11.2021	2,3	0,2	0,0	0,0
27.11.2021	04.12.2021	1,3	0,1	0,0	0,0
04.12.2021	11.12.2021	1,2	0,2	0,0	0,0
11.12.2021	18.12.2021	1,4	1,9	0,0	0,1
18.12.2021	25.12.2021	0,1	0,1	0,0	0,1
25.12.2021	30.12.2021	1,3	0,2	0,0	0,1
Kalenderåret 2021		1,2	0,9	0,0	0,1
Apr.-sep. 2021		0,6	0,4	0,0	0,1

Tabell 22: Detaljerte måleresultater i luft på Svanvik i 2021 av andre metaller. Enhet: ng/m³.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Mn ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
24.01.2021	31.01.2021	53,3	0,1	1,0	52,2	2,0	3,8	33,9	9,9
31.01.2021	07.02.2021	16,4	0,0	0,3	13,4	0,5	1,6	3,0	4,0
07.02.2021	14.02.2021	7,2	0,0	0,1	9,9	0,2	0,2	1,0	1,7
14.02.2021	21.02.2021	21,7	0,0	0,3	20,7	0,5	0,9	2,7	4,4
21.02.2021	28.02.2021	26,3	0,1	0,3	22,5	0,7	1,2	0,9	3,8
28.02.2021	06.03.2021	15,5	0,1	0,3	15,7	0,4	0,9	9,0	2,9
06.03.2021	13.03.2021	36,5	0,1	0,9	43,7	1,8	3,2	4,0	10,4
13.03.2021	20.03.2021	8,2	0,0	0,1	11,5	0,3	0,5	0,7	1,5
20.03.2021	27.03.2021	14,6	0,0	0,2	18,1	0,4	0,4	0,2	2,1
27.03.2021	03.04.2021	21,2	0,0	0,1	22,6	0,4	0,3	1,0	1,2
03.04.2021	10.04.2021	53,8	0,0	0,2	58,6	1,0	0,1	1,1	0,6
10.04.2021	17.04.2021	161,0	0,0	0,3	139,0	2,3	0,3	1,6	1,6
17.04.2021	24.04.2021	90,8	0,0	0,3	84,5	1,6	0,4	0,3	1,8
24.04.2021	01.05.2021	46,2	0,0	0,1	43,6	0,7	0,1	0,5	0,7
01.05.2021	08.05.2021	41,9	0,0	0,2	46,8	0,8	0,1	1,3	0,6
08.05.2021	15.05.2021	34,7	0,0	0,2	38,2	0,7	0,4	3,6	1,2
15.05.2021	22.05.2021	24,8	0,0	0,2	29,2	0,5	0,3	1,4	1,1
22.05.2021	29.05.2021	42,8	0,0	0,1	44,9	0,8	0,2	1,0	1,0
29.05.2021	05.06.2021	86,2	0,0	0,3	107,0	1,8	0,3	0,5	1,3
05.06.2021	12.06.2021	138,0	0,0	0,6	184,0	3,1	0,6	0,8	2,2
12.06.2021	19.06.2021	19,1	0,0	0,2	32,0	0,5	0,1	0,3	0,5
19.06.2021	26.06.2021	25,1	0,0	0,1	32,0	0,6	0,1	0,8	0,9
26.06.2021	03.07.2021	145,0	0,0	0,4	160,0	2,4	0,4	0,8	1,4
03.07.2021	10.07.2021	168,0	0,0	0,7	183,0	3,1	0,5	0,9	1,9
10.07.2021	17.07.2021	14,0	0,0	0,1	15,8	0,5	0,2	0,1	0,5
17.07.2021	24.07.2021	5,5	0,0	0,0	4,5	0,1	0,1	0,0	0,4
24.07.2021	31.07.2021	43,3	0,0	0,2	48,3	0,7	0,3	1,0	0,8
31.07.2021	07.08.2021	35,5	0,0	0,2	35,0	0,8	0,2	0,3	1,1
07.08.2021	14.08.2021	35,3	0,0	0,2	37,0	0,8	0,3	0,3	1,3
14.08.2021	21.08.2021	20,5	0,0	0,1	21,9	0,5	0,3	0,3	0,8
21.08.2021	28.08.2021	23,4	0,0	0,1	22,0	0,4	0,3	0,3	0,7
28.08.2021	04.09.2021	16,3	0,0	0,1	17,6	0,3	0,1	0,2	0,8
04.09.2021	11.09.2021	26,4	0,0	0,1	28,7	0,5	0,3	1,7	1,6
11.09.2021	18.09.2021	9,9	0,0	0,2	12,0	0,3	0,2	0,2	0,6
18.09.2021	25.09.2021	13,8	0,0	0,2	18,9	0,4	0,5	0,4	1,0
25.09.2021	02.10.2021	72,8	0,1	0,6	70,1	1,6	2,9	0,5	6,1
02.10.2021	09.10.2021	16,3	0,0	0,1	19,3	0,4	0,6	1,1	1,9
09.10.2021	16.10.2021	3,1	0,0	0,0	4,1	0,1	0,1	0,3	0,5
16.10.2021	23.10.2021	37,2	0,0	0,1	29,3	0,4	0,4	3,3	1,8
23.10.2021	30.10.2021	16,8	0,0	0,1	15,4	0,2	0,8	7,8	2,5
30.10.2021	06.11.2021	8,4	0,0	0,1	12,5	0,3	0,9	1,6	3,6
06.11.2021	13.11.2021	6,8	0,0	0,0	8,2	0,1	0,1	0,2	1,2
13.11.2021	20.11.2021	2,6	0,0	0,0	3,9	0,1	0,1	0,2	1,3
20.11.2021	27.11.2021	7,5	0,0	0,1	18,3	0,2	1,0	17,0	6,5
27.11.2021	04.12.2021	7,8	0,0	0,1	10,9	0,2	0,4	3,9	2,3
04.12.2021	11.12.2021	6,4	0,0	0,2	11,5	0,3	0,5	0,6	2,9
11.12.2021	18.12.2021	4,4	0,0	0,1	8,9	0,2	0,4	4,0	1,8
18.12.2021	25.12.2021	5,6	0,0	0,1	11,8	0,3	0,8	0,8	5,0
25.12.2021	30.12.2021	8,4	0,0	0,1	13,0	0,3	0,5	8,7	4,4
Kalenderåret 2021		35,8	0,0	0,2	39,2	0,8	0,6	2,5	2,2
Apr.-sep. 2021		52,5	0,0	0,2	57,2	1,0	0,3	0,8	1,2

Tabell 23: Detaljerte måleresultater i luft i Karpdalen i 2021 av andre metaller. Enhet: ng/m³.

Fra dato	Til dato	Al ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Mn ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Zn ng/m ³
03.01.2021	10.01.2021	11,6	0,0	0,3	16,3	0,4	1,7	2,6	2,8
10.01.2021	17.01.2021	31,8	0,0	0,7	77,7	0,7	2,0	2,7	3,0
17.01.2021	24.01.2021	20,6	0,1	0,3	22,5	0,9	2,9	17,3	8,3
24.01.2021	31.01.2021	38,7	0,1	0,6	29,9	1,3	3,5	14,0	6,6
31.01.2021	07.02.2021	13,8	0,1	0,3	10,0	0,5	1,8	5,6	3,1
07.02.2021	14.02.2021	6,0	0,0	0,2	7,1	0,2	0,2	5,7	0,9
14.02.2021	21.02.2021	19,9	0,0	0,2	23,6	0,4	1,0	9,9	2,7
21.02.2021	28.02.2021	25,8	0,1	0,3	40,0	0,7	1,2	3,0	3,8
28.02.2021	06.03.2021	14,3	0,0	0,2	12,8	0,5	0,8	9,6	2,4
06.03.2021	13.03.2021	32,3	0,1	1,1	40,3	2,3	4,0	8,5	12,9
13.03.2021	20.03.2021	11,1	0,0	0,2	12,2	0,4	0,7	0,7	1,6
20.03.2021	27.03.2021	14,4	0,0	0,2	15,7	0,4	0,5	1,7	1,6
27.03.2021	03.04.2021	8,0	0,0	0,2	7,4	0,2	0,2	0,6	0,8
03.04.2021	10.04.2021	25,4	0,0	0,1	22,1	0,4	0,5	1,5	0,5
10.04.2021	17.04.2021	93,8	0,0	0,1	55,2	0,9	0,3	1,7	0,7
17.04.2021	24.04.2021	69,8	0,0	0,3	62,4	1,0	0,5	1,2	1,5
24.04.2021	01.05.2021	21,2	0,0	0,1	14,6	0,3	0,8	0,2	0,3
01.05.2021	08.05.2021	13,3	0,0	0,0	10,8	0,2	0,3	0,6	0,5
08.05.2021	15.05.2021	31,9	0,0	0,1	28,0	0,5	0,3	1,9	0,8
15.05.2021	23.05.2021	18,6	0,0	0,1	17,7	0,4	0,3	1,4	0,8
23.05.2021	29.05.2021	25,3	0,0	0,1	19,1	0,4	0,2	0,7	0,4
29.05.2021	05.06.2021	116,0	0,0	0,3	102,0	1,7	0,5	0,6	1,1
05.06.2021	12.06.2021	409,0	0,0	1,0	327,0	5,4	0,7	1,5	2,6
12.06.2021	19.06.2021	16,7	0,0	0,1	14,8	0,3	0,1	0,1	0,6
19.06.2021	26.06.2021	11,3	0,0	0,0	12,7	0,3	0,2	0,5	0,6
26.06.2021	03.07.2021	84,6	0,0	0,2	79,2	1,3	0,3	0,5	0,5
10.07.2021	17.07.2021	8,3	0,0	0,1	12,6	0,4	0,1	0,2	0,4
17.07.2021	24.07.2021	9,4	0,0	0,0	6,4	0,2	0,2	0,0	0,4
24.07.2021	31.07.2021	148,0	0,0	0,3	128,0	1,8	0,2	0,7	0,8
31.07.2021	07.08.2021	21,4	0,0	0,2	31,1	0,5	0,2	0,7	0,7
07.08.2021	14.08.2021	37,1	0,0	0,2	45,9	0,7	0,3	0,4	0,9
14.08.2021	21.08.2021	11,5	0,0	0,1	12,1	0,2	0,6	0,1	1,7
21.08.2021	28.08.2021	17,7	0,0	0,1	22,9	0,4	0,3	0,3	1,0
28.08.2021	04.09.2021	21,5	0,0	0,0	16,6	0,3	0,1	0,2	0,3
04.09.2021	11.09.2021	5,7	0,0	0,0	7,5	0,2	0,2	1,2	1,2
11.09.2021	18.09.2021	4,8	0,0	0,2	6,8	0,2	0,2	1,1	0,8
18.09.2021	25.09.2021	20,0	0,0	0,3	51,8	0,5	0,5	1,8	1,2
09.10.2021	16.10.2021	2,1	0,0	0,0	2,9	0,1	0,2	0,6	0,4
16.10.2021	23.10.2021	7,8	0,0	0,0	7,0	0,1	0,3	1,3	0,8
23.10.2021	30.10.2021	6,5	0,0	0,1	6,1	0,1	0,4	3,1	1,0
30.10.2021	06.11.2021	8,6	0,0	0,1	11,5	0,3	0,9	1,8	2,4
06.11.2021	13.11.2021	5,9	0,0	0,1	8,6	0,1	0,2	1,2	0,6
13.11.2021	20.11.2021	3,5	0,0	0,1	4,3	0,1	0,2	1,8	0,3
20.11.2021	27.11.2021	4,0	0,0	0,1	6,2	0,1	0,3	10,2	0,8
27.11.2021	04.12.2021	7,9	0,0	0,0	7,4	0,1	0,3	6,2	0,7
04.12.2021	11.12.2021	3,4	0,0	0,1	7,3	0,2	0,4	5,6	1,7
11.12.2021	18.12.2021	4,9	0,0	0,2	9,7	0,2	0,5	5,0	1,6
18.12.2021	25.12.2021	5,4	0,0	0,1	5,8	0,2	0,4	0,2	1,2
25.12.2021	30.12.2021	9,4	0,0	0,1	10,2	0,3	0,4	5,8	1,9
Kalenderåret 2021		31,8	0,0	0,2	30,9	0,6	0,7	3,0	1,7
Apr.-sep. 2021		50,6	0,0	0,2	45,2	0,7	0,3	0,8	0,8

Tabell 24: Detaljerte måleresultater i nedbør på Svanvik i 2021, månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde og Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V og Zn.

Enhet: mm nedbør og konsentrasjon µg/l.

Måned	Nedbør- mengde mm	Ni µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	As µg/l	Al µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Pb µg/l	V µg/l	Zn µg/l
Januar	11	9,9	12,6	0,3	0,1	18,2	0,0	0,1	0,5	4,3	3,8
Februar	10	6,3	11,4	0,2	0,1	17,1	0,0	0,2	0,3	1,4	8,2
Mars	20	2,1	6,5	0,1	0,1	19,7	0,0	0,2	0,8	0,7	4,2
April	19	3,2	3,9	0,1	0,1	28,9	0,0	0,2	0,9	0,4	10,8
Mai	58	2,2	5,8	0,1	0,1	24,7	0,0	0,1	1,1	0,6	11,5
Juni	52	1,7	5,4	0,1	0,2	17,1	0,1	0,2	1,7	0,3	43,0
Juli	52	1,3	12,2	0,1	0,1	44,4	0,0	0,2	1,0	0,2	4,0
August	41	1,0	3,0	0,1	0,1	19,1	0,0	0,1	0,2	0,1	2,9
September	32	0,8	5,1	0,1	0,0	53,6	0,0	0,9	0,5	0,3	1,9
Oktober	80	0,4	0,6	0,0	0,0	4,9	0,0	0,1	0,0	0,2	0,5
November	24	0,7	1,3	0,0	0,0	9,8	0,0	0,1	0,0	0,5	1,4
Desember	29	0,8	2,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,1	0,1	0,3	1,9
2021	428	1,6	5,0	0,1	0,1	21,6	0,0	0,2	0,6	0,5	8,9

Tabell 25: Detaljerte måleresultater i nedbør i Karpdalen i 2021, månedsmiddelverdier og årsmiddel av nedbørmengde og Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V og Zn.

Enhet: mm nedbør og konsentrasjon µg/l.

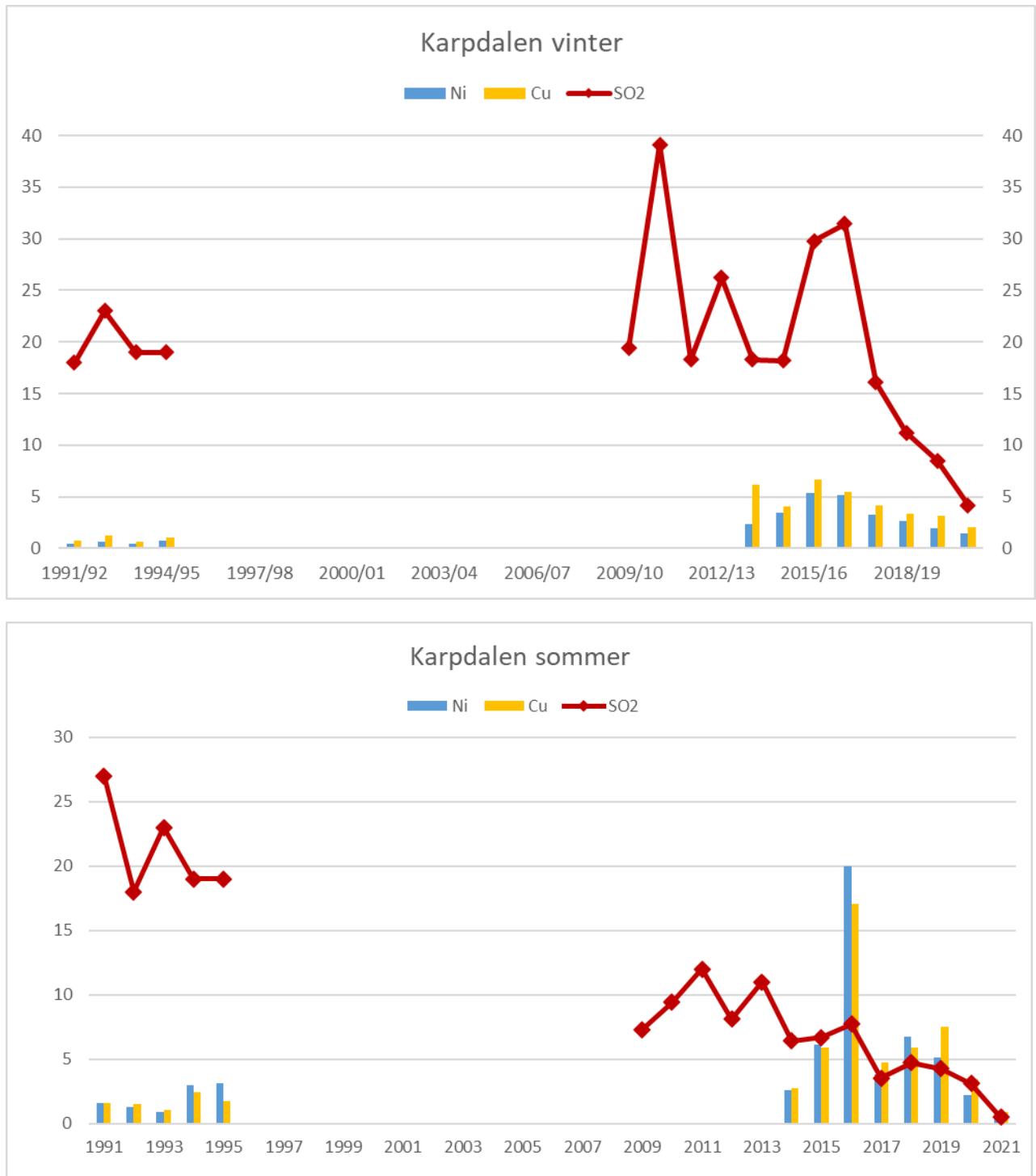
Måned	Nedbør- mengde mm	Ni µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	As µg/l	Al µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Pb µg/l	V µg/l	Zn µg/l
Januar	22	10,0	12,7	0,4	0,2	67,3	0,0	0,4	0,4	1,0	10,7
Februar	28	3,4	9,2	0,2	0,1	23,6	0,0	0,3	0,6	0,5	5,1
Mars	28	10,5	13,9	0,7	0,2	185,1	0,0	1,2	0,8	1,5	6,8
April	16	25,7	15,4	0,8	0,3	54,0	0,0	0,5	0,3	0,6	4,9
Mai	20	0,8	1,2	0,1	0,1	35,4	0,0	0,1	0,8	0,2	2,9
Juni	35	2,0	5,0	0,2	0,2	108,2	0,0	0,4	2,8	0,5	29,4
Juli	63	1,8	3,7	0,1	0,1	76,1	0,0	0,3	0,5	0,5	2,6
August	29	2,8	4,0	0,1	0,1	44,3	0,0	0,2	0,3	0,3	4,3
September	46	0,8	3,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,1	0,1	0,0	1,1
Oktober	44	1,4	1,5	0,1	0,0	14,3	0,0	0,2	0,1	0,2	0,8
November	43	3,2	6,3	0,1	0,1	28,0	0,0	0,3	0,1	0,4	4,6
Desember	62	1,2	2,0	0,1	0,2	14,7	0,0	0,3	0,2	0,3	2,5
2021	436	3,7	5,3	0,2	0,1	50,4	0,0	0,3	0,5	0,4	5,6

Tabell 26: Avsetning av elementer med nedbør (Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn) i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2020/21. Enhet: mg/m².

Stasjon	Vinterhalvår	Ni mg/m ²	Cu mg/m ²	Co mg/m ²	As mg/m ²	Al mg/m ²	Cd mg/m ²	Cr mg/m ²	Pb mg/m ²	V mg/m ²	Zn mg/m ²
Karpdalen	1991/92	0,47	0,72	0,01	0,13		0,02	0,27	0,51		0,87
	1992/93	0,62	1,29	0,02	0,09		0,01	0,27	0,29		1,27
	1993/94	0,41	0,69	0,02	0,08		0,01	0,19	0,15		0,75
	1994/95	0,78	1,06	0,03	0,08		0,01	0,04	0,19		0,66
	2013/14	2,35	6,18	0,08	0,21	3,88	0,01	0,03	0,16	0,12	1,77
	2014/15	3,43	4,10	0,10	0,13	3,50	0,01	0,05	0,12	0,08	1,05
	2015/16	5,38	6,68	0,14	0,14	3,54	0,01	0,04	0,14	0,11	1,58
	2016/17	5,18	5,49	0,16	0,13	5,01	0,02	0,06	0,17	0,09	1,76
	2017/18	3,24	4,13	0,09	0,09	2,87	0,01	0,04	0,09	0,09	1,08
	2018/19	2,71	3,39	0,08	0,05	5,38	0,01	0,05	0,11	0,07	1,53
	2019/20	2,01	3,20	0,06	0,05	8,45	0,01	0,05	0,27	0,12	1,55
	2020/21	1,51	2,13	0,06	0,03	7,35	0,00	0,07	0,08	0,11	0,94
Svanvik	1988/89	1,13	1,32		0,14		0,02		0,38		1,05
	1989/90	0,64	1,43	0,02	0,16		0,02	0,05	0,14		0,61
	1990/91	1,02	1,67	0,04	0,18		0,02	0,02	0,18		0,62
	1991/92	0,52	0,88	0,01	0,36		0,01	0,09	0,17		0,36
	1992/93	0,78	1,51	0,03	0,11		0,03	0,80	0,09		0,53
	1993/94	0,62	0,80	0,02	0,10		0,01	0,08	0,09		0,23
	1994/95	0,80	1,21	0,02	0,10		0,01	0,02	0,14		0,32
	1995/96	1,76	2,52	0,06	0,25		0,02	0,03	0,14		0,51
	1996/97	1,21	1,82	0,04	0,11		0,02	0,02	0,12		0,48
	1997/98	2,69	3,50	0,08	0,27		0,01	0,04	0,36		0,48
	1998/99	3,33	4,45	0,10	0,30		0,02	0,07	0,12		0,72
	1999/00	1,12	1,52	0,04	0,12		0,01	0,04	0,13		0,89
	2000/01	3,23	3,92	0,10	0,30		0,02	0,04	0,35		0,63
	2001/02	1,12	1,61	0,03	0,17		0,02	0,02	0,27		0,76
	2002/03	0,28	0,44	0,01	0,05		0,01	0,02	0,57		0,66
	2003/04	2,50	2,91	0,07	0,15		0,01	0,04	0,19		0,74
	2004/05	0,71	0,87	0,02	0,02		0,00	0,02	0,05		0,35
	2005/06	2,18	3,44	0,06	0,09		0,02	0,04	0,17		0,98
	2006/07	4,53	7,40	0,17	0,16		0,02	0,04	0,15		0,54
	2007/08	2,73	2,53	0,07	0,13		0,01	0,03	0,07		0,82
	2008/09	1,40	2,13	0,05	0,12		0,03	0,02	0,08		0,48
	2009/10	1,33	2,14	0,05	0,10	0,76	0,01	0,02	0,10	0,05	0,31
	2010/11	5,50	1,20	0,08	0,06	7,47	0,01	1,10	0,07	0,16	0,48
	2011/12	1,12	2,48	0,04	0,10	2,54	0,01	0,01	0,06	0,03	0,21
	2012/13	6,44	10,36	0,17	0,24	3,20	0,01	0,04	0,20	0,14	0,71
	2013/14	2,18	6,16	0,07	0,17	1,20	0,01	0,01	0,12	0,10	0,39
	2014/15	1,53	2,07	0,05	0,06	2,19	0,00	0,02	0,06	0,05	0,74
	2015/16	1,16	2,07	0,04	0,06	2,29	0,00	0,02	0,20	0,06	0,52
2016/17	2,44	3,10	0,08	0,07	2,65	0,01	0,02	0,09	0,07	0,52	
2017/18	3,81	5,28	0,12	0,14	1,91	0,02	0,03	0,11	0,12	0,73	
2018/19	5,37	6,02	0,15	0,06	10,45	0,01	0,05	0,13	0,11	0,47	
2019/20	2,80	6,13	0,09	0,05	2,30	0,01	0,02	0,09	0,14	0,57	
2020/21	0,88	1,54	0,03	0,03	1,55	0,00	0,01	0,07	0,11	0,41	

Tabell 27: Avsetning av elementer med nedbør (Ni, Cu, Co og As, samt Al, Cd, Cr, Pb, V, Zn) i sommerhalvårene fra 1989 - 2021. Enhet: mg/m²

Stasjon	Sommerhalvår	Ni mg/m ²	Cu mg/m ²	Co mg/m ²	As mg/m ²	Al mg/m ²	Cd mg/m ²	Cr mg/m ²	Pb mg/m ²	V mg/m ²	Zn mg/m ²
Karpdalen	1991	1,60	1,60	0,06	0,13		0,12	0,19	0,31		1,30
	1992	1,30	1,50	<0,04	0,24		<0,03		0,54		1,50
	1993	0,92	1,01	0,04	0,13		0,01	0,27	0,29		0,91
	1994	2,99	2,46	0,11	0,27		0,02	0,16	0,36		1,37
	1995	3,10	1,75	0,12	0,22		0,01	0,11	0,37		0,78
	2014	2,56	2,75	0,08	0,18	9,72	0,01	0,07	0,18	0,07	1,41
	2015	6,08	5,91	0,21	0,29	14,23	0,01	0,13	0,34	0,12	1,80
	2016	19,99	17,07	0,58	0,59	18,35	0,03	0,25	0,43	0,17	2,23
	2017	3,82	4,73	0,12	0,17	13,67	0,01	0,08	0,14	0,08	0,84
	2018	6,70	5,91	0,20	0,26	25,82	0,02	0,15	0,26	0,15	2,63
	2019	5,11	7,48	0,15	0,10	54,77	0,01	0,11	0,25	0,10	1,36
	2020	2,22	3,41	0,07	0,05	8,94	0,01	0,06	0,30	0,12	1,71
	2021	0,73	0,94	0,03	0,02	11,83	0,00	0,05	0,16	0,07	1,51
Svanvik	1989	6,82	6,43	0,19	0,62		0,06	0,23	0,64		1,86
	1990	3,24	3,68	0,11	0,47		0,05	0,14	0,43		1,67
	1991	2,80	2,40	0,07	0,27		<0,02		0,29		0,87
	1992	2,90	4,20	0,08	0,40		<0,03	<0,17	0,35		0,97
	1993	3,10	3,70	0,12	0,32		0,02	0,14	0,27		0,60
	1994	4,63	4,14	0,14	0,47		0,02	0,11	0,46		1,66
	1995	4,93	4,23	0,17	0,45		0,03	0,12	0,51		1,58
	1996	5,31	4,98	0,17	0,30		0,01	0,11	0,21		0,77
	1997	3,34	3,89	0,11	0,36		0,02	0,05	0,20		0,65
	1998	4,67	5,13	0,14	0,45		0,02	0,08	0,27		0,96
	1999	3,24	4,04	0,11	0,47		0,02	0,09	0,26		2,72
	2000	4,86	5,08	0,15	0,52		0,03	0,06	0,51		1,54
	2001	5,14	4,58	0,16	0,57		0,04	0,10	0,61		2,20
	2002	3,43	3,34	0,10	0,36		0,01	0,05	0,33		1,85
	2003	2,63	2,77	0,09	0,18		0,02	0,07	0,64		1,71
	2004	11,20	8,81	0,29	0,26		0,02	0,13	0,38		1,60
	2005	21,36	21,59	0,62	0,64		0,05	0,16	0,63		1,33
	2006	9,87	11,95	0,32	0,42		0,04	0,09	0,33		3,07
	2007	15,33	13,22	0,39	0,60		0,08	0,21	0,42		0,98
	2008	5,35	3,74	0,16	0,19		0,02	0,10	0,13		0,61
	2009	12,27	9,19	0,33	0,63	3,73	0,04	0,25	0,44	0,14	0,93
	2010	3,23	2,89	0,11	0,17	4,57	0,02	0,11	0,23	0,12	1,16
	2011	5,43	8,97	0,18	0,31	7,33	0,06	0,12	0,25	0,09	1,25
	2012	5,08	6,94	0,16	0,25	8,01	0,02	0,05	0,19	0,11	1,13
2013	4,73	9,10	0,14	0,26	4,98	0,01	0,04	0,19	0,11	0,73	
2014	3,97	5,23	0,11	0,31	4,54	0,01	0,05	0,27	0,10	1,01	
2015	9,62	10,54	0,29	0,50	10,72	0,03	0,11	0,53	0,12	1,13	
2016	12,80	13,73	0,39	0,66	12,04	0,03	0,13	0,50	0,12	2,48	
2017	7,59	9,16	0,23	0,34	4,83	0,02	0,07	0,22	0,09	1,07	
2018	8,43	8,73	0,23	0,31	5,65	0,02	0,08	0,27	0,07	1,17	
2019	8,35	11,44	0,24	0,16	27,18	0,02	0,10	0,24	0,12	1,07	
2020	3,65	6,44	0,12	0,08	10,04	0,01	0,09	0,29	0,09	1,45	
2021	0,41	1,62	0,02	0,03	7,66	0,01	0,06	0,25	0,09	3,47	



Figur 13: Avsetning med nedbør av Ni og Cu (søyler, enhet mg/m²) i Karpdalen i vinterhalvårene fra 1988/89 til 2020/21 (øvre panel) og i sommerhalvårene fra 1989 til 2021 (nedre panel). Halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO₂ er også vist (rød linje, enhet µg/m³). Merk at vinterhalvåret 2020/21 dekker tre måneder med utslipp fra Nikel og tre måneder uten utslipp fra Nikel.

Vedlegg D

Referanser og relevant stoff, forurensning i grenseområdene Norge - Russland

Hjemmesider

Her er det listet opp endel hjemmesider som er relevante for dette overvåkings-prosjektet (oppdatert pr. 21. april 2022).

Miljødirektoratet (eng Norwegian Environment Agency):

<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

Miljøstatus. Avsetning av svovel og nitrogen:

<http://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/sur-nedbor/>

Miljøstatus. Miljøgifter i mose:

<http://www.miljostatus.no/tema/kjemikalier/miljogifter-i-mose/>

Statsforvalteren i Troms og Finnmark:

<https://www.statsforvalteren.no/troms-finnmark/>

Pasvikprogrammet:

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

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (Statens strålevern):

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

NIBIO Svanhovd:

<https://nibio.no/om-nibio/adresser/nord-norge/svanhovd>

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

Barentsobserver (nettavis med mye relevant stoff om grenseområdene):

<https://thebarentsobserver.com/en>

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

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

Miljøvernorganisasjoner:

<http://naturvernforbundet.no/>

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

<http://www.nu.no>

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

<http://www.bellona.ru/> (på russisk)

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

<https://www.nornickel.ru/> (russisk) og <https://www.nornickel.com> (engelsk)

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

<http://www.kolagmk.ru> (på russisk)

Finske meteorologiske institutt:

<http://ilmatieteenlaitos.fi/>

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

Luftkvalitet nu (Finland):

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

<https://sv.ilmatieteenlaitos.fi/luftkvalitet>

Russiske måleresultater:

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

Litteratur

- Mangeårig prosjektleder Leif Otto Hagen og medforfattere skrev tilsammen 22 halvårs- og årsrapporter for dette prosjektet fra 1991 og fram til 2006. Av disse er kun den siste tatt med i referanselisten. Se ellers avsnitt med «Eldre NILU-rapporter fra prosjektet» lenger ned. Likeledes er studier fra før år 2000 utelatt. For å finne informasjon om disse tidlige studiene, vennligst konsulter tidligere rapporter fra prosjektet.
- Aas, W., Berglen, T.F., Eckhardt, S., Fiebig, M., Solberg, S., Yttri, K.E. (2022) Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway. Annual Report 2021. Kjeller, NILU (Norwegian Environment Agency, M-2303 | 2022) (NILU report 18/2022).
- AMAP (2005) AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP).
- Amundsen, P.-A., Kashulin, N.A., Terentjev, P. Gjelland, K.Ø., Koroleva, I.M., Dauvalter, V.A., Sandimirov, S. Kashulin, A., Knudsen, R. (2011) Heavy metal contents in whitefish (*Coregonus lavaretus*) along a pollution gradient in a subarctic watercourse. *Environ. Monit Assess.*, 182, 301-316, doi 10.1007/s10661-011-1877-1.
- Berglen, T.F., Sivertsen, B., Arnesen, K. (2008) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2007-mars 2008. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1037/2008. TA-2445/2008) (NILU OR, 68/2008).
- Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Hansen, T., Ofstad, T., Rode, A., Sivertsen, B., Uggerud, H.T., Vadset, M. (2009) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2008-mars 2009. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1054/2009. TA-2533/2009) (NILU OR, 27/2009).
- Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Kalvenes, Ø., Ofstad, T., Rode, A., Tønnesen, D.A., Uggerud, H.T., Vadset, M. (2010) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2009-mars 2010. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1082/2010. TA-2730/2010) (NILU OR, 35/2010).
- Berglen, T.F., Arnesen, K., Rode, A., Tønnesen, D. (2011) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2010-mars 2011. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1106/2011. TA 2838/2011) (NILU OR, 31/2011).
- Berglen, T.F., Andresen, E., Arnesen, K., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Rode, A., Tønnesen, D., Vadset, M. (2012) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2011-mars 2012. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1128/2012. TA 2951/2012) (NILU OR, 25/2012).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Haugsbakk, I., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2013) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2012 - mars 2013. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1153/2013.) (Miljødirektoratet rapport, M-41/2013) (NILU OR, 42/2013).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Haugsbakk, I., Nilsson, L.O., Ofstad, T., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2014) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2013 - mars 2014. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-204/2014) (NILU OR, 33/2014).

- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Nilsson, L.O., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2015) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2014 - mars 2015. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-384/2015) (NILU OR, 21/2015).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Nilsson, L.O., Svendby, T.M., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2016) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2015 - mars 2016. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-567/2016) (NILU OR, 16/2016).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Svendby, T.M., Tønnesen, D., Vadset, M., Våler, R.L. (2017) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet kalenderåret 2016. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-808/2017) (NILU OR, 32/2017).
- Berglen, T.F., Dauge, F., Andresen, E., Tønnesen, D., Vadset, M. og Våler, R.L. (2018) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2017. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1069/2018) (NILU OR, 14/2018).
- Berglen, T.F., Nilsen, A.-C., Våler, R.L., Vadset, M., Uggerud, H.T. og Andresen, E. (2019) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2018. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1415/2019) (NILU rapport 15/2019).
- Berglen, T.F., Nilsen, A.-C., Våler, R.L., Vadset, M., Uggerud, H.T. og Andresen, E. (2020) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2019. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1794/2020) (NILU rapport 18/2020).
- Berglen, T.F., Nilsen, A.-C., Våler, R.L., Vadset, M., Uggerud, H.T., Hak, C. og Andresen, E. (2021) Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, årsrapport 2020. Kjeller, NILU (Miljødirektoratet rapport, M-1957/2021) (NILU rapport 6/2021).
- Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Finne, T.E., Jensen, H., Lukina, N., Bakkestuen, V. (2006) Epiphytic lichen distribution and plant leaf heavy metal concentrations in Russian–Norwegian boreal forests influenced by air pollution from nickel-copper smelters. *Boreal Environ. Res.*, *11*, 441-450.
- Bohlin-Nizzetto, P., Aas, W., Halvorsen, H.L., Nikiforov, V., and Pfaffhuber, K.A. (2022) Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation. Annual report 2021. Kjeller, NILU (Norwegian Environment Agency, M-2317|2022) (NILU report, 19/2022).
- Dauvalter, V., Rognerud, S. (2001) Heavy metal pollution in sediments of the Pasvik River drainage. *Chemosphere*, *42*, 9-18.
- Dauvalter, V.A., Kashulin, N.A., Sandimirov, S.S., Terentjev, P., Denisov, D., Amundsen, P.-A. (2011) Chemical composition of lake sediments along a pollution gradient in a subarctic watercourse. *J. Environ. Sci. and Health, Part A*, *46*, 1020-1033, doi: 10.1080/10934529.2011.584503.
- Engdahl, B.J., Velken, A.V.S., Berglen, T.F., Hodnebrog, Ø., Stordal, F. (2014) Utslipp, spredning og avsetning av SO₂ fra Nikel og Zapoljarnyj. 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. og Skancke, L.B. (2021) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – vannkjemiske effekter 2020. Oslo, Norsk institutt for vannforskning. Statlig program for forurensningsovervåking. (Miljødirektoratet rapport, M-2102/2021). (NIVA-rapport 7661-2021). Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/mars/overvaking-av-langtransportert-forurenset-luft-og-nedbør-arsrapport-vannkjemiske-effekter/> [besøkt 18. mai 2022].
- 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).
- Grøntoft T. (2016) NILU-målinger i programmet ECE-ICP-materialer, 1987 - 2011. Måleresultater og trender for NILU-stasjonene i måleprogrammet ECE ICP-materialer under konvensjonen for langtransporterte luftforurensninger (CLRTAP), 1987 – 2011. Kjeller, NILU (NILU rapport 18/2016).
- 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). Nedlastbar fra: <https://www.nilu.no/wp-content/uploads/dnn/14-1977-LOH.pdf> [besøkt 26. mai 2022].
- 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).
- 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., Kvietskus, K., Leblond, S., Liiv, S., Magnússon, S.H., Mankovská, B., Pesch, R., Rühling, A., Santamaria, J.M., Schröder, W., Spiric, Z., Suchara, I., Thöni, L., Urumov, V., Yurukova, L., Zechmeister, H.G. (2010) Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ. Pollut.*, 158, 3144-3156.
- Harmens, H., Norris, D.A., Sharps, K., Mills, G., Alber, R., Aleksiyenak, Y., Blum, O., Cucu-Man, S.M., Dam, M., De Temmerman, L., Ene, A., Fernandez, J.A., Martinez-Abaigar, J., Frontasyeva, M., Godzik, B., Jeran, Z., Lazo, P., Leblond, S., Liiv, S., Magnusson, S.H., Mankovska, B., Karlsson, G.P., Piispanen, J., Poikolainen, J., Santamaria, J.M., Skudnik, M., Spiric, Z., Stafilov, T., Steinnes, E., Stihl, C., Suchara, I., Thoni, L., Todoran, R., Yurukova, L., Zechmeister, H.G. (2015) Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some "hotspots" remain in 2010. *Environ. Pollut.*, 200, 93-104.

- Høiskar, B.A.K., Haugen, R. (2005) Nettverket for overvåking av radioaktivitet i luft i Norge. Årsrapport 2004. Kjeller, NILU (NILU OR, 17/2005).
- Hønneland, G., Rowe, L. (2008) Fra svarte skyer til helleristninger. Norsk-russisk miljøvernssamarbeid gjennom 20 år. Trondheim, Tapir akademisk forlag.
- Jacobsen, A.R. (2006) Nikkel, jern og blod. Krigen i Nord 1939-1945. Oslo, Aschehoug.
- Jensen, H.K.B., Finne, T.E., Gwynn, J., Kiel Jensen, L. (2012). Forurensningsbelastning i humusprøver fra østlige og indre Finnmark: tungmetaller, radioaktive elementer, arsen, og PAH(16) og variasjoner i perioden 1995-2011. Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2012.042).
- Jæger, Ø. (2011) Landsomfattende mark- og grunnvannsnnett – årsrapport 2010. Trondheim, Norges Geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2011.028).
- Jæger, Ø., Frengstad, B. (2015) Landsomfattende mark- og grunnvannsnnett – årsrapport 2013 og 2014. Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU Rapport, 2015.004).
- Kashulin, N.A., Terentyev, P.M., Amundsen, P-A., Dauvalter, V.A., Sandimirov, S.S., Kashulin, A.N. (2011) Specific Features of Accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in Two Whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) Morphs Inhabiting the Inari–Pasvik Lacustrine–Riverine System. *Aquat. Toxicol.*, 4, 383-392.
- Lappalainen, A., Tammi, J., Puro-Tahvanainen, A. (2007) The effects of nickel smelters on water quality and littoral fish species composition in small water courses in the border area of Finland, Norway and Russia. *Boreal Environ. Res.*, 12, 455-466.
- Mc Innes, H., Sivertsen, B., Arnesen, K. (2007) Grenseområdene i Norge og Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2006-mars 2007. Kjeller, NILU (NILU OR, 43/2007).
- Miljøverndepartementet (2004) Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften). Oslo (FOR 2004-06-01 nr 931). Nedlastbar fra: <http://www.lovddata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20040601-0931.html> [besøkt 21. april 2022].
- 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, Améen E., Drefvelin J, Gäfvert T. (2021) Overvåking av radioaktivitet i omgivnadane 2020. DSA-rapport 2021:2. Østerås, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, 2021. Nedlastbar fra: https://dsa.no/publikasjoner/_attachment/inline/9e7a6b45-9bce-4edc-a08f-4d662319d26b:6c5d8b4cd30e07187dc4c2caee3a67d537088e04/DSA-rapport%202021%20Luftoverv%C3%A5kningsrapport%202020.pdf [besøkt 25. mai 2022].

- Nasjonalt folkehelseinstitutt (2013). *Luftkvalitetskriterier. Virkninger av luftforurensning på helse* (Rapport 2013:9). Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt. Nedlastbar fra: www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2013/luftkvalitetskriterier---virkninger-av-luftforurensning-pa-helse-pdf.pdf [besøkt 21. april 2022].
- Odasz-Albrigtsen, A.M., Tømmervik, H., Murphy, P. (2000) Decreased photosynthetic efficiency in plant species exposed to multiple airborne pollutants along the Russian-Norwegian Border. *Can. J. Bot.*, 78, 1021-1033.
- Pettersen, C. F., Berglen, T. F., Aronsen, H., Guttu, S., Chaus, O., Ustinova, A., Pavlova, T., Korotkova, T.D. (2017) Russian-Norwegian ambient air monitoring in the border areas – Updated report joint 2010-2015. Trondheim, Miljødirektoratet (Miljødirektoratet rapport, M-761/2017).
- Puro-Tahvanainen, A., Zueva, M., Kashulin, N., Sandimirov, S., Christensen, G.N., Grekelä, I. (2011) Pasvik water quality report. Environmental Monitoring Programme in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area. Rovaniemi, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (ELY Report 7/2011).
- Rautio, P., Poikolainen, J. (2014) State of the terrestrial environment in the joint Finnish, Norwegian and Russian border area in 2011 on the basis of bioindicators - Final technical report of the Pasvik programme. In *Reports*, 21. Rovaniemi, Finland, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (Reports, 4/2014).
- Reinds, G.J., Groenenberg, J.E., W. de Vries, W. (2006) Critical loads of copper, nickel, zinc, arsenic, chromium and selenium for terrestrial ecosystems at a European scale. A preliminary assessment. Wageningen, Alterra (Alterra-rapport, 1355).
- Rognerud, S., Dauvalter, V., Fjeld, E., Skjelkvåle, B.L., Christensen, G., Kashulin, A. (2013) Spatial trends of trace-element contamination in recently deposited lake sediment around the Ni–Cu smelter at Nikel, Kola Peninsula, Russian Arctic. *Ambio*, 42, 13.
- Rowe, L., Pechenganikel: Soviet Industry, Russian Pollution, and the Outside World, Doctoral dissertation, University of Oslo, 2013, 339 p
- 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., Birkeland, I.B., Bodin, C.L., Garmo, Ø., Lie, E.F., Saksgård, R., Skancke, L.B., Velle, G., Walseng, B., (2020) Forsuringstilstand og trender i norske innsjøer og elver med biologisk overvåking. Statlig program for forurensningsovervåking. (Miljødirektoratet rapport, M-1823/2020). Nedlastbar fra: <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/mars/forsuringstilstand-og-trender-i-norske-innsjoer-og-elver-med-biologisk-overvaking/> [besøkt 18. mai 2022].
- Statens forurensningstilsyn (2002) Air pollution effects in the Norwegian-Russian border area. A status report. Oslo, SFT (TA-1860/2002).
- Stebel, K., Christensen, G., Derome, J., Grekelä, I. (eds.) (2007) State of the environment in the Norwegian, Finnish, and Russian border area. Rovaniemi, Lapland Regional Environment Centre (The Finnish Environment, 6/2007).

- Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H.T. (2011a) Three decades of atmospheric metal deposition in Norway as evident from analysis of moss samples. *Sci. Total Environ.*, 412-413, 351-358.
- Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H.T., Pfaffhuber, K.A. (2011b) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 2010 Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1109/2011. TA-2859/2011) (NILU OR, 60/2011).
- Symon, C. (2008) Pasvikprogrammet oppsummeringsrapport. Miljøtilstanden i grenseområdene mellom Norge, Finland og Russland. Vadsø, Fylkesmannen i Finnmark (Rapport, 1-2008).
- Tømmervik, H., Høgda, K.A., Solheim, I. (2003) Monitoring vegetation changes in Pasvik (Norway) and Pechenga in Kola Peninsula (Russia) using multi-temporal Landsat MSS/TM data. *Rem. Sens. Environ.*, 85, 370-388.
- Vannregionmyndigheten Finnmark (2009) Forvaltningsplan for Finnmark, vannområdene Tana, Neiden og Pasvik for perioden 2010-2015. Vadsø, Vannregionmyndigheten i Finnmark.
- World Health Organization (2006) WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. København, WHO.
- Ylikörkkö, J., Christensen, G., Kashulin, N., Denisov, D., Andersen, H.J., Jelkänen, E. (eds.) (2015) Environmental challenges in the joint border area of Norway, Finland and Russia. Rovaniemi, Finland, Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland (Reports, 41).
- Aamlid, D., Myking, T. (2010) Forest ecosystem monitoring in the Pasvik River valley and adjoining area. In: *John Derome (1947-2010) Memorial seminar, Rovaniemi 2010*. Vantaa, Finnish Forest Research Institute (Working papers, 180). pp. 19-20. Nedlastbar fra: www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp180.pdf [besøkt 21.april 2022].
- 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.

Eldre NILU-rapporter fra prosjektet

De eldste rapportene i programmet Norge - Russland er nå gjort tilgjengelig i fulltekst i NILUs åpne vitenarkiv, NILU Brage [besøkt april 2022]. Ved spørsmål, vennligst send henvendelse til NILUs bibliotek (bibl@nilu.no).

Hagen, L O., Sivertsen, B., Arnesen, K., Innset, B. (1998) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April 1997-mars 1998. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 749/98. TA-1599/1998) (NILU OR, 70/98).
<https://hdl.handle.net/11250/2718528>

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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718338>

Henriksen, J F., Mikhailov, A A. (1997) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Part II. Kjeller, NILU (NILU OR, 37/97).
<https://hdl.handle.net/11250/2718082>

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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718145>

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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718346>

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).
<https://hdl.handle.net/11250/2717977>

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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718016>

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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718544>

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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718026>

- Hagen, L O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. (1995) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1993 - mars 1994. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 600/95 TA-1193/1995) (NILU OR, 1/95).
<https://hdl.handle.net/11250/2718313>
- Bekkestad, T., Knudsen, S., Johnsrud, M., Larsen, M. (1994) Modellberegninger av SO₂ og metallavsetning i grenseområdene Norge - Russland. Kjeller, NILU (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 605/95. TA-1203/1995) (NILU OR, 66/94).
<https://hdl.handle.net/11250/2718408>
- 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 Local Air Pollution Problems under the Joint Norwegian-Russian Comm. Kjeller, NILU (NILU OR, 56/94).
<https://hdl.handle.net/11250/2718296>
- 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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718522>
- 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).
<https://hdl.handle.net/11250/2717967>
- 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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718020>
- 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).
<https://hdl.handle.net/11250/2717840>
- Henriksen, J F., Mikhailov, A A., Mikhailovski, Y. (1992) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Lillestrøm, NILU (NILU OR, 54/92).
<https://hdl.handle.net/11250/2717972>
- 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).
<https://hdl.handle.net/11250/2718451>
- 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).
<https://hdl.handle.net/11250/2717815>
- 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).

<https://hdl.handle.net/11250/2718162>

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).

<https://hdl.handle.net/11250/2718066>

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).

<https://hdl.handle.net/11250/2718061>

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning

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

NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte

NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3093-6
ISSN: 2464-3327