

NILU rapport 10/2025

Luftkvalitetsmålinger i omgivelsene til Hydro Årdal

Måling av svevestøv, arsen og nikkel i kalenderåret 2024

Luftkvalitetsmålinger i omgivelsene til Hydro Årdal

Måling av svevestøv, arsen og nikkel i kalenderåret 2024

Claudia Hak, Torleif Weydahl, Filip Amundsen, Hilde Thelle Uggerud, Marit Vadset, Erik Andresen

NILU rapport 10/2025

Hovedkontor

NILU
Postboks 100
2027 Kjeller

Tromsø

NILU
Framsenteret
Postboks 6606
Stakkevollan
9296 Tromsø

Trondheim

NILU
Kjøpmannsgata 8
7013 Trondheim

Telefon 63 89 80 00

nilu@nilu.no
www.nilu.no

Stiftelsen NILU

Org.nr. 941 705 561

Sertifisering

NS-EN ISO 9001
NS-EN ISO 14001

Akkreditering

NS-EN ISO/IEC 17025

Göteborg

NILU Klimat- och
miljöinstitutet AB
Sven Hultins plats 5
412 58 Göteborg
Sverige

Org.nr. 559442-9580

www.nilu-research.se

Tittel

Luftkvalitetsmålinger i omgivelsene til Hydro Årdal
Måling av svevestøv, arsen og nikkel i kalenderåret 2024

Engelsk tittel

Air quality measurements in the surroundings of Hydro Årdal
Measurements of PM, arsenic and nickel in the calendar year 2024

Forfatter(e)

Claudia Hak, Torleif Weydahl, Filip Amundsen, Hilde Thelle Uggerud, Marit Vadset, Erik Andresen

Kort sammendrag (norsk)

NILU har på oppdrag fra Hydro Aluminium AS Årdal Metallverk utført målinger av svevestøv (PM_{2.5}, PM₁₀), arsen (As), nikkel (Ni) og gassformig fluorid (HF) i omgivelsesluft i Øvre Årdal. Målingene pågikk i perioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025 ved Årdal VGS. Konsentrasjonene av de målte komponentene var under de individuelle grenseverdier, målsetningsverdier og luftkvalitetskriterier i måleperioden. Vurderinger rundt spredningsberegningene fra 2021 og måleresultatene fra 2024 viser godt samsvar mellom beregninger og målinger for As, mens beregnet Ni er overestimert sammenlignet med målingene. For svevestøv er beregningene i finfraksjonen PM_{2.5} litt underestimert sammenlignet med målingene, for PM₁₀ samsvarer beregningene godt med hva som er målt.

Kort sammendrag (engelsk)

On behalf of Hydro Aluminium AS Årdal Metallverk, NILU carried out measurements of particulate matter (PM_{2.5}, PM₁₀), arsenic (As), nickel (Ni) and gaseous fluoride (HF) in ambient air in Øvre Årdal. The measurements were carried out in the period 12. January 2024 – 2. January 2025 at Årdal VGS. The concentrations of the measured components were below the individual limit values, target values and air quality criteria during the measurement period. Assessments of the dispersion calculations from 2021 and the measurement results from 2024 show good agreement between calculations and measurements for As, while calculated Ni is overestimated compared to the measurements. For particulate matter, calculations for the fine fraction PM_{2.5} are slightly underestimated compared to the measurements, while calculations for the size fraction PM₁₀ correspond well with measured levels.

Nøkkelord

Luftkvalitet, Industriforurensning, Tungmetaller, Svevestøv

Antall sider

42

Prosjektleder

Claudia Hak

Oppdragsgiver

Hydro Aluminium AS Årdal Metallverk

Ansvarlig signatur

Aasmund Fahre Vik, deputy CEO & CTO

Tilgjengelighet

A-Åpen

NILU prosjektnummer

O-123099

Oppdragsgivers referanse

PO 4200029617

Dato

10.09.2025

© Stiftelsen NILU

Sitering

Hak, C., Weydahl, T., Amundsen, F., Uggerud, H.T., Vadset, M., Andresen, E. (2025).
Luftkvalitetsmålinger i omgivelsene til Hydro Årdal. Måling av svevestøv, arsen og nikkel i kalenderåret 2024 (NILU rapport 10/2025). Kjeller: NILU.

Innhold

Sammendrag	5
1 Innledning	7
2 Måleprogram	8
3 Målemetoder	10
4 Utslippskomponenter og regelverk	11
4.1 Utslippskomponenter til luft	11
4.2 Grenseverdier og luftkvalitetskriterier	13
5 Måleresultater	15
5.1 Meteorologiske parametere	15
5.2 Svevestøv	18
5.2.1 PM_{10}	18
5.2.2 $PM_{2.5}$	20
5.2.3 $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forhold	23
5.3 Metaller	24
5.3.1 Arsen (As)	26
5.3.2 Nikkel (Ni)	27
5.4 Hydrogenfluorid (HF)	27
6 Diskusjon	29
6.1 Konsentrasjoner målt i 2024	29
6.2 Sammenligning og vurdering av spredningsberegninger fra 2021	30
6.3 Avsetning av tungmetaller i moseprøver	31
7 Referanser	33
Vedlegg A Analyseresultater PM_{10} , As, Ni	34
Vedlegg B Utfyllende informasjon	38

Sammendrag

NILU har på oppdrag fra Hydro Årdal gjort målinger av svevestøv ($PM_{2.5}$, PM_{10}), arsen (As), nikkel (Ni) og gassformig fluorid (HF) i omgivelsesluft i Årdal. Denne rapporten presenterer resultater av målinger utført i perioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025.

Målinger av støv, nikkel, arsen og fluorid ble utført etter anmodning fra Miljødirektoratet. Basert på resultatene vil Miljødirektoratet vurdere om det er behov for å skjerpe grensene i tillatelsen.

Måleresultatene fra 2024 viser at konsentrasjonene av både svevestøv og metallene var godt under de individuelle grenseverdier, målsetningsverdier og luftkvalitetskriterier i måleperioden (kalenderår 2024). Produksjonsmengden i 2024 var 94% av tillatt mengde elektrolysemetall, med jevn aktivitet gjennom året. Tungmetallutslippet i 2024 var på 48% av utslippsgrensen for arsen og 62% av utslippsgrensen for nikkel.

Konsentrasjonen av nikkel målt ved Årdal videregående skole var $2,6 \text{ ng/m}^3$ som årsmiddel. Målsetningsverdien på 20 ng/m^3 ble dermed overholdt med god margin. Årsmiddelverdien var også godt under nedre vurderingsterskel og luftkvalitetskriteriet, begge på 10 ng/m^3 .

Konsentrasjonen av arsen målt ved Årdal videregående skole var $0,9 \text{ ng/m}^3$ som årsmiddel. Målsetningsverdien på 6 ng/m^3 ble overholdt med god margin. Årsmiddelverdien var også under nedre vurderingsterskel på $2,4 \text{ ng/m}^3$ og luftkvalitetskriteriet på 2 ng/m^3 .

Målsetningsverdiene for nikkel og arsen blir til grenseverdier i det reviderte luftkvalitetsdirektivet, som overholdes for dagens konsentrasjoner ved regulær drift.

PM_{10} -konsentrasjonen ved Årdal videregående skole var $7,3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ som årsmiddel og dermed langt under grenseverdien på $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ og luftkvalitetskriteriet på $15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Årsmiddelet var også lavere enn øvre og nedre vurderingsterskel. Den høyeste PM_{10} døgnmiddelverdien målt i Årdal var $34,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, som er godt under grenseverdien for døgnmidler og så vidt under øvre vurderingsterskel på $35 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, som er tillatt overskredet 25 ganger.

Revisjonen av luftkvalitetsdirektivet innebærer ingen endring av grenseverdien for PM_{10} årsmiddel i Norge, da dagens grenseverdi i Norge allerede er på samme nivå som fremtidig grenseverdi i EU. Med en fremtidig grenseverdi for døgnmidler på $45 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, som er tillatt overskredet maksimalt 18 ganger, er det stor sannsynlighet at også reviderte grenseverdier overholdes ved regulær drift.

$PM_{2.5}$ -konsentrasjonen ved Årdal videregående skole var $5,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ som årsmiddel, dvs. godt under den norske grenseverdien på $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. $PM_{2.5}$ -nivået var litt over luftkvalitetskriteriet og nedre vurderingsterskel, begge på $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Krav om måling foreligger først ved overskridelse av øvre vurderingsterskel i minst 3 av de 5 foregående årene. Den høyeste $PM_{2.5}$ døgnmiddelverdien målt i Årdal var $15,6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, som er litt over luftkvalitetskriteriet på $15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. I dagens luftkvalitetsdirektiv/forurensningsforskrift er det ingen $PM_{2.5}$ grenseverdi på døgnmiddel.

Revisjonen av luftkvalitetsdirektivet innebærer ingen endring av grenseverdien for $PM_{2.5}$ årsmiddel i Norge, da dagens grenseverdi i Norge allerede er på samme nivå som fremtidig grenseverdi i EU. Det innføres en grenseverdi for døgnmiddel på $25 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (med 18 tillatte overskridelser per kalenderår), dvs. betydelig høyere enn høyest døgnmiddel målt i 2024.

Fluoridkonsentrasjonen i Årdal, målt ved Årdal videregående skole i 2024, var noe høyere enn konsentrasjonen målt på Moa i 2020. Det er ingen grenseverdier eller retningslinjer for fluorider i dag. Månedsmidlene målt ved Årdal var en god del lavere enn tidligere luftkvalitetskriterium for helse (6 måneders gjennomsnitt), mens de var litt høyere enn tidligere luftkvalitetskriterium for vegetasjon (6 måneders gjennomsnitt).

Luftkvalitetsmålinger i omgivelsene til Hydro Årdal

Måling av svevestøv, arsen og nikkel i kalenderåret 2024

1 Innledning

Generelt om bedriften

Hydros anlegg for primæraluminium i Årdal produserer metall i to linjer med prebake-celler. Fabrikken omfatter også et støperi som leverer valseblokker og støpelegeringer, samt karbonproduksjon. Den eldste produksjonsteknologien ved verket, Søderberganlegget, ble faset ut i midten av 2007. I tillegg driver Hydro Aluminium et forskningssenter med 14 store lukkede elektrolyseceller. Smelteteknologien brukt i forsøksanlegget har en bedre energieffektivitet og et redusert utslipp av hydrogenfluorid (HF) i forhold til anlegget for øvrig.

Årdal metallverk produserer årlig ca. 230 000 tonn aluminiumsprodukt, fordelt på 170 000 tonn valseblokk og 60 000 tonn støpelegeringer. Produksjonen er basert på ca. 210 000 tonn flytende aluminium og 30 000 tonn innkjøpt omsmeltemetall. Årlig produksjonskapasitet¹ av primæraluminium i Årdal er ca. 210 000 tonn.

Hydros aluminiumsverk ligger i utkanten øst av Øvre Årdal (Figur 1). Øvre Årdal ligger mot Årdalsvatnet som munner ut fjorden ved Årdalstangen. Hydro har også en fabrikk på Årdalstangen, som produserer anoder til elektrolyseanlegg. Elektrolyseanlegget i Øvre Årdal består av 4 haller; Å1A, Å1B, Å2C og Å2D. Ellers består anlegget av støperi, anodemontasje og verksted. Samtlige celler er basert på «prebaked» teknologi. I Å1A, Å1B og Å2C består renseanlegget av tørrens og vasketårn. I Å2D finnes Hydro Aluminiums Referansesenter, som har eget renseanlegg – også dette består av tørrens og våtvask.

Formål med prosjektet

Spredningsberegninger for utslipp til luft fra Årdal Metallverk i Øvre Årdal (NILU rapport 29/2021) viser potensielt overskridelse av målsettingsverdier for nikkel og arsen (forurensningsforskrift §7-10) i nærområdet til anlegget ved utslippsnivåene gitt i utslippstillatelsen. Beregningene gir også fare for overskridelse for støv, men vurderingen er usikker fordi verken andelen $PM_{2.5}$ eller PM_{10} i utslippet eller bidraget fra øvrige kilder er kjent. Ved maksimalt årsutslipp rapportert for årene 2018-2020 peker spredningsberegningene på metallkonsentrasjoner mellom øvre og nedre vurderingsterskel i de nærmeste boligområdene.

Hydro Årdal ønsket, etter anmodning fra Miljødirektoratet, å overvåke konsentrasjonene av nikkel (Ni) og arsen (As) i nærområdet til anlegget i ett kalenderår. Behovet for $PM_{2.5}$ måling skulle også vurderes. I et brev fra 17. januar 2024 ba Miljødirektoratet i tillegg om måling av fluor (HF).

Formålet med prosjektet var å måle metallene Ni og As i omgivelsene rundt anlegget i kalenderåret 2024. Måling av As og Ni innebærer prøvetaking av PM_{10} og analyse av grunnstoffene i PM_{10} -fraksjonen. Siden dagens svevestøvnivå i Øvre Årdal og andelen $PM_{2.5}$ i PM_{10} ikke var kjent ble det avtalt å måle begge størrelsesfraksjonene. $PM_{2.5}$ ble målt med svevestøvmonitor. PM_{10} -prøvene ble analysert gravimetrisk (dvs. veid), både for å kartlegge PM_{10} -nivået og for å bedre kunne vurdere metallresultatene. Ved å måle både $PM_{2.5}$

¹ Nøyaktig verdi for 2024 var 210 800 tonn.

og PM₁₀ i Øvre Årdal over hele kalenderåret fjernes usikkerheten rundt dagens PM-konsentrasjon i Årdal. Fluornivået ble vurdert ved hjelp av passive HF prøvetakere.

2 Måleprogram

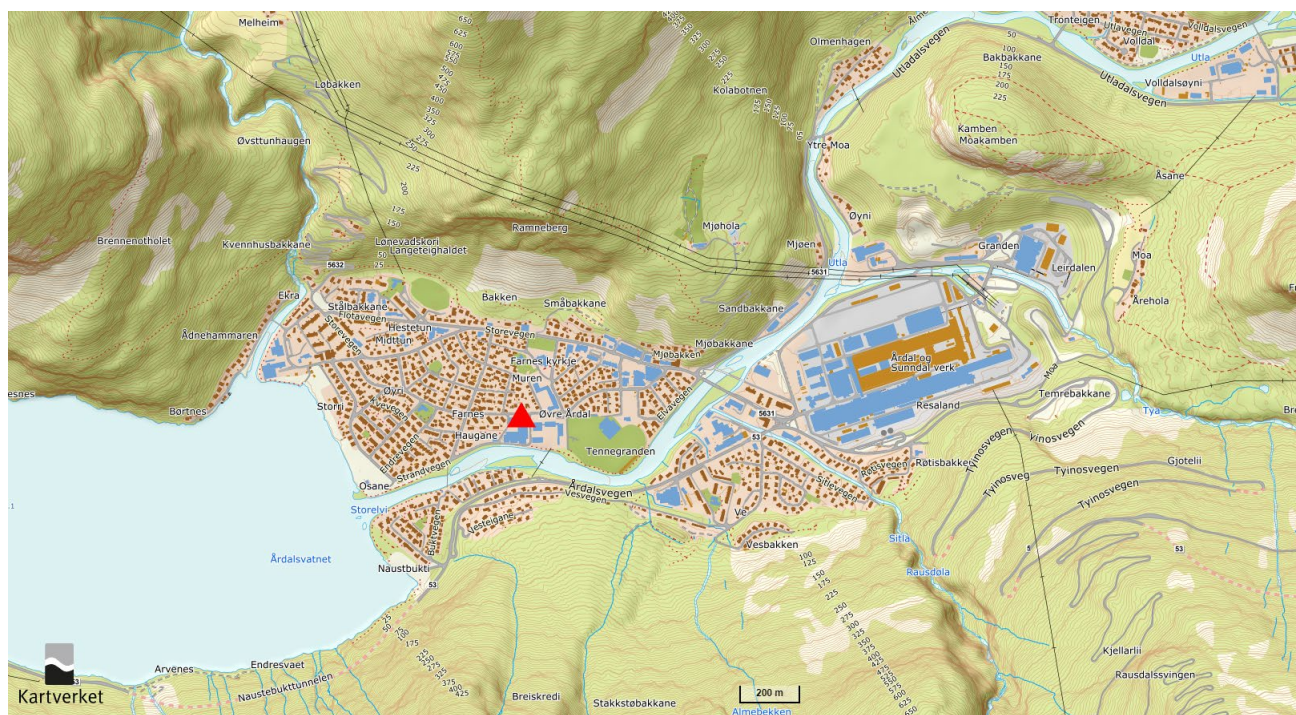
Forurensningsforskriften (under henvisning til direktivene 2004/107/EF, 2008/50/EF og 2015/1480/EF) setter krav til datakvaliteten, til metodene brukt (referansemetoder) og til plasseringen av målestedet. Før målingene kom i gang ble det utført en befaring i området rundt bedriften/smelteverket for å finne en egnet plassering for måleutstyret. Valg av målestedet var basert på resultatet av spredningsberegningene, krav i forurensningsforskriften, analyse av typiske meteorologiske forhold i området og lokale forhold. Måleutstyret var plassert på taket til Årdal videregående skole i sentrum av Årdal, ca. 1 km vest-sørvest for bedriften (Figur 1). Svevestøvprøvetaker (PM₁₀, As, Ni), svevestøvmonitor (PM_{2.5}) og værstasjon var samlokalisert. PM_{2.5}-monitoren var plassert inne i et temperaturregulert instrumentskap. Den meteorologiske masten sto rett ved instrumentskapet. Passive HF prøvetakere var montert rett i nærheten.

Partikler med diameter under 10 µm (PM₁₀) ble samlet på filter med en sekvensiell svevestøvprøvetaker (Leckel SEQ 47/50). Hver prøve ble eksponert ett døgn (dvs. 24 timer fra midnatt til midnatt). Prøvene ble tatt annenhver dag (totalt 178 prøver). Videre analyse består av to trinn. Først ble filtrene analysert gravimetrisk for å få PM₁₀ døgnmiddelkonsentrasjoner. Måling av PM₁₀ med svevestøvprøvetakeren er i henhold til referansemetoden for måling av svevestøv (NS-EN 12341:2014). Deretter ble prøvene analysert for arsen (As) og nikkel (Ni) med induktivt koblet plasma massespektrometri. Metodene er beskrevet i kapittel 3.

PM_{2.5} ble målt kontinuerlig med PM-monitor (TEOM 1400). TEOM-monitoren er godkjent som «ekvivalent-metode» (ekvivalent med referansemetoden). Måledataene ble logget som timemiddelverdier og overført i NILUs database i nær sanntid. Datadekningen i måleperioden var 98%.

Det er ingen meteorologiske målestasjoner i nærheten og terrenget rundt Øvre Årdal er komplekst. En meteorologisk stasjon ble derfor satt opp for å få informasjon om spredning av luftforurensning lokalt i Årdal. Den 10 meter høye masten med vindsensor på toppen ble satt opp på taket til Årdal VGS. Bebyggelsen i Årdal er lav og det er ingen forstyrrelser av luftstrømningen i nærheten. Meteorologiske parametere (vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet, lufttrykk og nedbør) ble logget kontinuerlig som timemidler og ble brukt for å tolke luftkvalitetsmåledata.

Hydrogenfluorid (HF), dvs. gassformet fluorid, ble målt med passive prøvetakere for å sammenligne fluoridnivået i 2024 med målinger utført ved Årdal i 2020. Prøvetakerne ble eksponert i én måned av gangen.



Figur 1: Plassering av Årdal metallverk, lengst øst i Årdal. Målestasjonen for luftkvalitet (PM_{10} , $PM_{2.5}$, As, Ni, HF) og meteorologi i Årdal sentrum er vist med rød trekant.

Målingene kom i gang rett etter årsskiftet, 12. januar 2024. Varigheten til målingene var ett kalenderår. Å foreta målinger over et helt år er viktig siden det kan være store forskjeller i meteorologiske forhold i løpet av et år, noe som igjen vil ha stor påvirkning på spredningen av utslipp og romlig fordeling og konsentrasjoner av for eksempel arsen og nikkel. Ved å ta en prøve annenhver dag fordeles prøvetakingen jevnt over ukedagene og året og gir dermed et representativt bilde av varierende årstider og menneskelig virksomhet (og oppfyller kravene i 2004/107/EF, vedlegg IV, avsnitt I). Meteorologiske målinger pågikk i samme tidsperiode som luftkvalitetsmålingene. Særlig vindretning og vindhastighet er viktige for å tolke målingene av arsen, nikkel og PM.

De topografiske forholdene i Øvre Årdal er kompliserte. Metallverket ligger i en trang dal omgitt av høye fjell. Ved Øvre Årdal forgrener dalen seg til Moadalen, Utladalen, Fardalen og Nundalen. Vind som blåser opp og ned dalen forekommer med omtrent samme frekvens. Klimaet er relativt tørt, og ligner på et innlandsklima, med varme somre og kalde vintre. I Årdal er havbriseeffekten av stor betydning om sommeren, og gir høy vindfrekvens oppover dalen på dagtid. Vind inn fra fjorden vil transportere utslippet fra verket inn dalen som splittes i to dalfører – Utladalen og Moadalen. Dreneringsvind nedover dalen om natten transporterer utslippene utover Årdalsvatnet og sørover mot Årdalstangen. I stille og kalde perioder om vinteren er spredningsforholdene svært dårlige i Øvre Årdal. Konsentrasjonene rundt anlegget avhenger i stor grad av de meteorologiske forholdene. Utslippene varierer relativt lite over året.

3 Målemetoder

Målingene ble gjennomført i tråd med kvalitetssystemet for målinger av luftkvalitet (jf. Miljødirektoratets håndbok M-39|2014). Forurensningsforskriften §7-14 henviser til gjeldende EU-direktiver, dvs. 2004/107/EF vedlegg V, 2008/50/EF vedlegg VI, og bruk av referansemetodene.

En sekvensiell svevestøvprøvetaker (Leckel SEQ47/50) med PM₁₀-luftinntak ble brukt i prosjektet for å samle PM₁₀ døgnpøver. Prøvetakeren har en pumpe som trekker et definert luftvolum (2,3 m³/t) gjennom filteret. Filterprøvene ble analysert gravimetrisk², dvs. filtrene ble veid før og etter eksponering under kontrollerte forhold (med hensyn til temperatur og luftfuktighet). Gjennomsnittlig PM₁₀-konsentrasjon i eksponeringsperioden (her: ett døgn) blir bestemt på grunnlag av veieresultatene og luftvolumet. Denne metoden er i henhold til den Europeiske standardiseringsorganisasjonens referansemetode for måling av PM₁₀ (NS-EN 12341:2023). Instrumentet har et magasin med 14 filtre og bytter filtrene automatisk. Etter 14 eksponeringer blir magasinet erstattet med et nytt magasin. Magasinene med eksponerte prøver ble sendt til NILU for analyse.

Analyse av arsen og nikkel i størrelsesfraksjonen PM₁₀ ble utført ved NILUs avdeling for Uorganisk analyse i henhold til metoden NILU-U-47: «Forskrift for måling av masse svevestøv samt hovedkomponenter og tungmetaller i svevestøv på små filtre». Analysemetoden er akkreditert av Norsk Akkreditering i henhold til ISO/IEC-17025 og oppfyller referansemetoden for prøvetaking av arsen og nikkel som er manuell PM₁₀-prøvetaking i henhold til EN 12341:2023 (se ovenfor), etterfulgt av oppslutning av prøvene og analyse med f.eks. massespektrometri med induktivt koplet plasma (ICP-MS) som beskrevet i EN 14902:2005.

PM_{2.5} ble målt kontinuerlig med PM-monitor som var plassert i et temperaturregulert instrumentskap, noe som er nødvendig for å oppfylle kvalitetskravene som stilles i kvalitetshåndboken M-39|2014. En TEOM-monitor (Tapered Element Oscillating Microbalance) ble brukt i prosjektet. TEOM-monitorer bruker et hult og vibrerende glassrør som mikrovækt. Instrumentet trekker omgivelsesluft gjennom et filter på tuppen av røret. Innkommende partikler avsettes på filteret og den tilførte massen forårsaker en endring i svingningsfrekvensen som detekteres elektronisk. Instrumentet beregner massekonsentrasjonen av svevestøv i tilnærmet sanntid. Metoden er godkjent som «ekvivalentmetode» i Norge, dvs. i henhold til «Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods (GDE)» ble det vist at måledata tilfredsstiller de krevde datakvalitetsmålsetningene. Måleverdiene ble logget automatisk som timemidler ved hjelp av en datalogger. Via modem ble måleverdiene automatisk lastet opp i NILUs database. Dataene ble kontrollert jevnlig i hele måleperioden via online tilgang.

HF ble målt med passive prøvetakere. Passive prøvetakere er små brikker (ca. 2,5 cm i diameter) som plasseres utendørs beskyttet for regn. Den passive prøvetakeren ble eksponert i 4 uker av gangen og gir gjennomsnittskonsentrasjonen over eksponeringstiden. Passive prøvetakingsteknikker er basert på prinsippet om molekylær diffusjon av gassformige stoffer. Prøvetakeren inneholder et impregnert filter innenfor et lite plastrør. Gassmolekylene diffunderer inn i prøvetakeren, hvor de samles (kvantitativt) på det impregnerte filteret. Filteret er spesifikt for hver gass som kan bli målt. For å unngå turbulent diffusjon i prøvetakeren er et tynt porøst membranfilter plassert ved luftinntaket. Filteret i HF-prøvetakeren er impregnert med et alkali (kaliumhydroksid, KOH) som er løst opp i metanol. Det blir tilsatt H₂O₂

² Prøvetaking på filter og gravimetrisk analyse er referansemetoden for bestemmelse av PM₁₀ massefraksjonen i uteluft (NS-EN 12341:2014)

(hydrogenperoksid) løsning ved utvasking av filtrene. HF-konsentrasjonen er bestemt som F^- ved ionekromatografi.

En Vaisala værstasjon var samlokalisert med måleutstyret for $PM_{2.5}$ og PM_{10} for å måle lokale meteorologiske forhold. Dataene fra værstasjonen benyttes til å få kjennskap til lokale spredningsforhold rundt verket i måleperioden og få en indikasjon på hvor stort bidrag til $PM_{2.5}$ -timemiddelkonsentrasjonen som kommer fra verket til enhver tid.

4 Utslippskomponenter og regelverk

4.1 Utslippskomponenter til luft

Svevestøv

Svevestøv er en kompleks blanding av mikroskopiske partikler i luften som kan stamme fra en rekke naturlige og menneskeskapte kilder. De kan dannes ved forbrenningsreaksjoner og mekanisk slitasje, industri, virvles opp av vind eller dannes direkte i atmosfæren ved kondensering av gasser.

Prosessutslipp fra metallproduksjon er den nest viktigste kilden til svevestøv i Norge etter vedfyring³. I aluminiumsindustrien fører produksjonen av anoder til utslipp av partikler.

Svevestøv eller partikulært materiale (PM) deles inn i ulike klasser etter partikkelstørrelse. De vanligste kategoriene er PM_{10} – partikler mindre enn $10\text{ }\mu\text{m}$ og $PM_{2.5}$ – partikler mindre enn $2,5\text{ }\mu\text{m}$ (finfraksjonen). Partikkelstørrelse anses å være en avgjørende faktor for helseeffekter av svevestøv. Bortsett fra konsentrasjon og størrelsen av støvpartiklene har også form, overflateegenskaper og kjemisk sammensetning betydning for helseeffekter. Svevestøv har en svært kompleks sammensetning som varierer sterkt avhengig av hvilke kilder som gir opphav til partiklene. Forbrenningspartikler består av sot eller karbonkjerner. Partikler kan binde en rekke ulike komponenter til overflaten som for eksempel metaller, svovel- og nitrogenoksider, ulike gasser, PAH, endotoksin (bakteriekomponent), muggsoppfragmenter og allergener, som trolig har stor betydning for hvor skadelig støvet er.

Svevestøveksponering kan bidra til å forverre en rekke luftveissykdommer ved å aktivere betennelsesreaksjoner i lungene. Eksponering til svevestøv ser også ut til å forårsake akutte effekter på hjertekarsystemet. Dagens grenseverdier for luftforurensning er basert på vektkonsentrasjon av PM_{10} og $PM_{2.5}$, og tar dermed ikke hensyn til støvets sammensetning med unntak av tungmetaller. Helsemyndighetene har fastsatt luftkvalitetskriterier for svevestøv som gjelder både døgnmiddel og årsmiddel (se Kapittel 4.2).

Metaller

Tungmetaller i omgivelsesluft er funnet som metalliske grunnstoffer eller metalloksider som forekommer bundet til svevestøv. Det er mange forskjellige kilder som bidrar til utslipp av metaller, f.eks. trafikk, industri og andre forbrenningsprosesser. Produksjonen av anoder i aluminiumindustrien fører til utslipp av tungmetaller på grunn av metallinnholdet i råvarene som brukes og i reduksjonsmidlene (koks og kull).

³ <https://www.ssb.no/statbank/table/08942>

Utslipp av tungmetaller fra industrien avhenger både av produsert mengde og innholdet av tungmetaller i råvarene.

Høye konsentrasjoner av metaller i luft har vist å forårsake uønskede helseeffekter ved inhalasjon. Metaller i luften kan også avsettes i jord og tas opp i planter. Inntak gjennom mat vil dermed også kunne føre til økt opptak hos mennesker. Forbrenningspartikler inneholder ofte vannløselige metaller (Zn, As, V, Ni). Disse har blitt satt i forbindelse med betennelsesreaksjoner. For bly (Pb), arsen (As), kadmium (Cd), mangan (Mn), nikkel (Ni) og vanadium (V) er det fastsatt grense- eller målsettingsverdier for å beskytte menneskers helse. Konsentrasjonene av arsen, kadmium og nikkel skal beregnes ut fra totalt innhold i PM₁₀-fraksjonen, som gjennomsnitt over et kalenderår.

Kilder til arsen i luft er vulkanutbrudd, bakteriell nedbrytning av arsenforbindelser, impregnering av trevirke, tobakk, fossilt brensel og industri. Alvorligste helsemessige konsekvens er utvikling av lungekreft og luftkvalitetskriteriet er fastsatt på bakgrunn av dette. Utslippskilder for arsen er metallsmelteverk og kraftverk som forbrenner arsenrikt kull. Arsen er et kreftfremkallende stoff for mennesker, som etter inhalasjon i partikulær form kan påvirke lungene. Det finnes organiske og uorganiske arsenforbindelser i miljøet. Uorganiske arsenforbindelser (arsenat) er sterkt akutt og kronisk giftige for de fleste organismer, der selv små konsentrasjoner kan forårsake kreft. Organiske arsenforbindelser er derimot langt mindre giftige. Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har fastsatt luftkvalitetskriterium for arsen på 2 ng/m³ som årsmiddelverdi.

Industri og forbrenning av olje og kull er viktigste kilder til nikkel. Eksponering kan gi risiko for å utvikle kreft i lunger, nese og strupe og det er fastsatt et luftkvalitetskriterium på 10 ng/m³ ut ifra dette. I praksis er den største helsemessige betydningen gjennom opptak i luft i arbeidsmiljø og gjennom sigaretttrøyk. Også nikkel er et skadestoff typisk for tungt industrialiserte områder og større byer. Nikkelforbindelser er kreftfremkallende for mennesker ved innånding. De påvirker luftveiene.

Fluorider

Fluor er et grunnstoff som danner en lang rekke forbindelser med andre stoffer; fluorider er syre- og saltforbindelser av fluor. I utendørs luft foreligger fluorid både på partikler og i gassform. Fluorider som er i gassfase (bindes sterkt ved adsorpsjon på overflater) eller bundet til svevestøv tas nesten fullstendig opp i luftveiene.

Den viktigste kilden til utslipp av fluorider til luft i Norge er elektrolysehaller i aluminiumsindustrien. Tidligere var utslippene av totalt fluorid fra denne industrien så høye at konsentrasjonen i uteluft ga omfattende miljøskader i nærområdene. Innføring av ny teknologi gjorde at utslippene sank betydelig fra midten av 1980-tallet til 1990.

Det er ingen luftkvalitetsgrenseverdier for fluoridkonsentrasjoner i gassform eller på partikler eller anbefalinger fra WHO (World Health Organisation) i dag. I SFTs tidligere veileder TA-0955 ble det benyttet 25 µg/m³ for helse og 1 µg/m³ for vegetasjon – begge målt som HF med døgn som midlingstid. For 6 måneders gjennomsnitt var kriteriene 10 µg/m³ for helse og 0,3 µg/m³ for vegetasjon. For dyr ble det fastsatt et kriterium på 0,15 µg/m³ målt som månedsgjennomsnitt. Veilederen er ikke oppdatert eller lenger i bruk, men i mangel av oppdaterte grenseverdier og kriterier for fluorider ser Miljødirektoratet fremdeles hen til denne. I tidligere anbefalinger for fluoridnivåer i uteluft, satte Verdens Helseorganisasjon en nedre grense til 1 µg/m³ for å unngå effekt på miljøet (WHO, 2000). Disse konsentrasjonene ble også ansett som mer enn

tilstrekkelig for å verne menneskers helse. WHO har per dags dato ingen anbefalinger til luftkvalitetsretningslinje for fluorider på grunnlag av tilgjengelig informasjon fra eksponeringsstudier.

4.2 Grenseverdier og luftkvalitetskriterier

Utendørs luftkvalitet er i Norge regulert i forurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet. Forskriften har som formål å fremme menneskers helse og trivsel og beskytte vegetasjon og økosystemer ved å sette minstekrav til luftkvalitet og sikre at disse blir overholdt. Den skal også bidra til at Norge overholder EUs direktiver om luftkvalitet (2004/107/EC og 2008/50/EC), og inneholder en rekke grenseverdier, målsetningsverdier⁴ 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). Anleggseier er etter §7-8 ansvarlig for overholdelse av pliktene om bl.a. måling og beregning av lokal luftkvalitet (§7-14).

Grenseverdiene for komponenter som er relevante i dette prosjektet er sammenstilt i Tabell 1. Norske grenseverdier og målsetningsverdier (Forurensningsforskriften kapittel 7) tilsvarer grense- og målsetningsverdiene gitt i EUs luftkvalitetsdirektiver, men norske miljømyndigheter skjerpet grense-verdiene for PM₁₀ og PM_{2.5} flere ganger. Disse er fremhevet med tykk skrift i Tabell 1. For noen grenseverdier for timemidler eller døgnmidler er det et visst antall overskridelser som er tillatt i løpet av et kalenderår. Disse er angitt i parenteser i Tabell 1.

⁴ «Målsetningsverdier» er fastsatt som et konsentrasjonsmål, og midlingstiden er kalenderår. Det er fastsatt frister for når disse skal være overholdt. Målsetningsverdiene innebærer tilsvarende plikter som grenseverdiene bortsett fra at grenseverdiene skal overholdes uansett, mens målsetningsverdiene skal overholdes så fremt ikke en vurdering viser at det innebærer uforholdsmessig store kostnader å overholde dem.

Tabell 1: Grenseverdier og målsetningsverdier i utendørsluft, jfr.

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/kap7#kap7> 7-9. Forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft skal ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger (antallet tillatte overskridelser per kalenderår er angitt i parenteser).

Konsentrasjonene for PM_{10} og $PM_{2.5}$ er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Målsetningsverdier for metaller i PM_{10} er gitt i ng/m^3 . På høyre siden av tabellen vises også grenseverdier i det reviderte luftkvalitetsdirektivet som trer i kraft i 2030.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi / Målsetningsverdi	Øvre vurderings- terskel	Nedre vurderings- terskel	Revidert direktiv (GV trer i kraft 1.jan 2030)	Vurderings- terskel
Grenseverdier (GV)						
Svevestøv PM_{10}	1 døgn	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
		(25)	(25)	(25)	(18)	
	Kalenderår	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Svevestøv $PM_{2.5}$	1 døgn	-	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
					(18)	
	Kalenderår	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Målsetningsverdier (MV)					MV blir til GV	
Arsen, As	Kalenderår	6 ng/m^3	3,6 ng/m^3	2,4 ng/m^3	6,0 ng/m^3	3,0 ng/m^3
Nikkel, Ni	Kalenderår	20 ng/m^3	14 ng/m^3	10 ng/m^3	20 ng/m^3	10 ng/m^3

EU luftkvalitetsdirektivene har gjennomgått en revisjonsprosess over de siste årene. Et revidert luftkvalitetsdirektiv ble vedtatt i oktober 2024 (direktiv 2024/2881). Medlemslandene har en viss periode til å tilpasse sin nasjonale lovgivning for å oppfylle de nye kravene. Når de nye reglene trer i kraft i Norge avhenger av når direktivet tas inn i EØS-avtalen. De oppdaterte grenseverdiene som trer i kraft fra 2030 i EU inkluderer bl.a. $PM_{2.5}$ (innføring av grenseverdi for døgnmidler; innskjerping av årsgrenseverdien til nivå som tilsvarer dagens gjeldende grenseverdi i Norge), PM_{10} (innskjerping av grenseverdi for døgnmidler; innskjerping av årsgrenseverdien til nivå som tilsvarer dagens gjeldende grenseverdi i Norge), målsetningsverdiene for bl.a. As og Ni blir til grenseverdier, dvs. de blir juridisk bindende (for arsen ble tallverdien presisert til én desimal, som er en innskjerping sammenlignet med dagens målsetningsverdi). Høyre delen av Tabell 1 gir kravene i det reviderte luftkvalitetsdirektivet i grå skrift. I det reviderte luftkvalitetsdirektivet er det én vurderings- terskel istedenfor øvre og nedre vurderingsterskel.

Luftkvalitetskriterier

Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har i tillegg til de ulike grensene i forurensningsforskriften fastsatt luftkvalitetskriterier for en rekke komponenter. Luftkvalitetskriterier er fastsatt for ulike forurensningskomponenter basert på eksisterende kunnskap om hvilke helseeffekter de gir. Luftkvalitetskriteriene er ikke juridisk bindende, men angir nivåer av luftforurensning som er trygge for de aller fleste mennesker. Luftkvalitetskriterier for komponenter som er relevante i dette måleprogrammet er gitt i Tabell 2. Luftkvalitetskriterier er blant annet satt for PM_{10} , $PM_{2.5}$ og en rekke tungmetaller.

Tabell 2: Luftkvalitetskriterier for komponenter aktuelle i måleprogrammet. Luftkvalitetskriteriene er fastsatt av Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet.

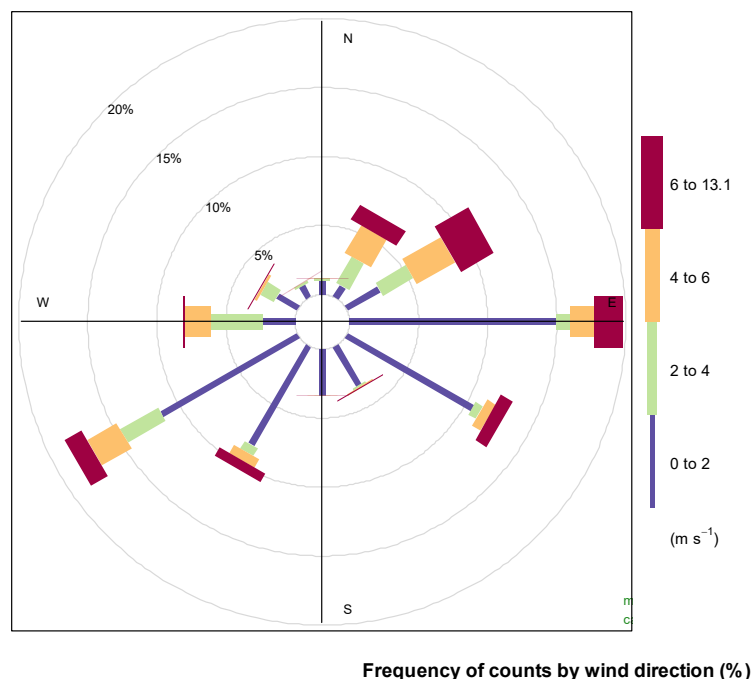
Komponent	Midlingstid	Luftkvalitetskriterier
Svevestøv, PM ₁₀	Døgn	30 µg/m ³
	År	15 µg/m ³
Svevestøv, PM _{2.5}	Døgn	15 µg/m ³
	År	5 µg/m ³
Arsen, As	År	2 ng/m ³
Nikkel, Ni	År	10 ng/m ³

5 Måleresultater

5.1 Meteorologiske parametere

Med høye fjell rundt er sirkulasjonen i Årdal sterkt påvirket av lokal topografi og hovedvindretningen følger dalens geometri. Vindretning og vindhastighet representativ for området ble målt ved Årdal videregående skole.

Vindrosen over hele måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025 er vist i Figur 2. Vindroser viser fordelingen av vindhastighet og vindretning, dvs. med hvilken frekvens det forekommer vind fra tolv 30° vindretnings-sektorer, ved målestedet. Vindrosen for Årdal viser kanaliseringen i dalen som er orientert øst-vest. Hovedvindretningene i måleperioden var fra sektorene øst og vest-sørvest, hhv. 19% og 18% av tiden. Vind fra sektor øst kan transportere luftmasser fra bedriften mot Årdal sentrum og målestasjonen.

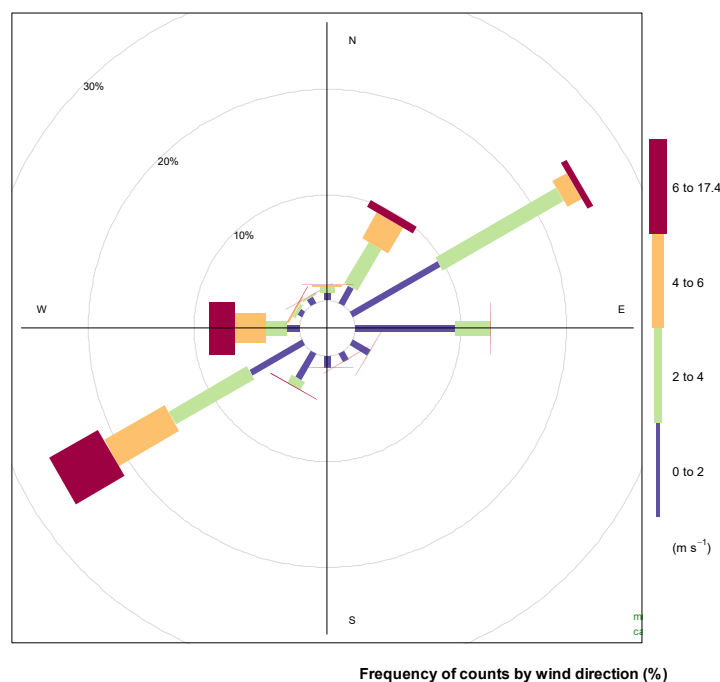


Figur 2: Fordeling av vindretning og vindhastighet (vindrose) for måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025 basert på timemiddelverdier målt ved Årdal VGS. Vindrosen viser med hvilken frekvens det forekom vind fra angitt retning.

Vindrosen fra 2024 bekrefter at vinddata brukt for spredningsberegningene i NILU rapport 29/2021, basert på vindmålinger utført i 1972/73 og 1981/82, fortsatt er representative for vindforholdene i Øvre Årdal. Tidligere evaluering av atmosfærens stabilitet (Bøhler, 1991) viser at vind inn fjorden fra vest forekommer oftest ved nøytrale og ustabile forhold, mens vind ned dalen inntreffer oftest ved stabile forhold. Det er generelt kraftigere vind ved ustabile og nøytrale forhold enn ved lett stabile og særlig stabile forhold. Tidligere data viser også at vind inn fjorden med ustabile og nøytrale forhold forekommer oftest om dagen og sommeren, mens vind ned dalen med stabile forhold inntreffer oftest om natten og om vinteren.

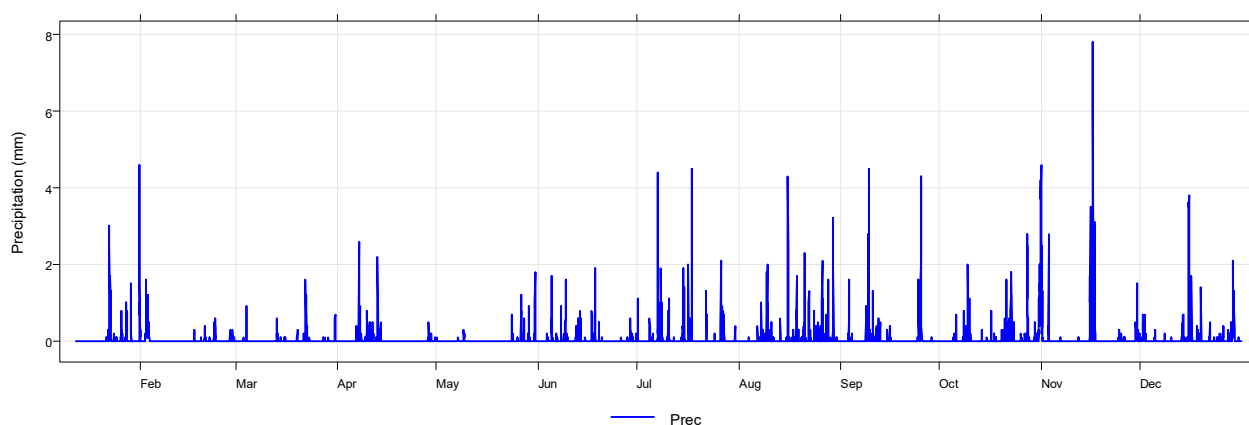
Vindrosen for Årdal varierer avhengig av sesongen og tiden på dagen. Vindroser per måned og per time på dagen for Årdal VGS er vist i Vedlegg B. I den kalde årstiden (oktober til april/mai) er vind fra østlig kant dominerende og kan transportere utslipp fra bedriften mot Årdal sentrum. På vinteren observeres hovedsakelig vind fra øst – selv på dagtid der sørvest-vind kan forekomme er den lite utpreget. I sommermånedene mai – september er vind fra sørvest dominerende fra kl. 7 om morgenen til ca. kl. 20 om kvelden, mens vind fra øst dominerer på natten.

Månedlige vindroser for 2024 for Årdal VGS og Sogndal Lufthavn er vist i Vedlegg B. Sogndal Lufthavn er den nærmeste offisielle meteorologiske stasjonen med vindmåling. Stasjonen som ligger ca. 40 km vest-sørvest for Årdal nær Sognefjorden. Sogndal lufthavn ligger på ca. 500 moh og inn mot Storehaugfjellet (1170 moh) mot nord. Vindmålingene ved Sogndal (se Figur 3) viser en sterk kanalisering øst-nordøst – vest-sørvest forårsaket av lokal topografi og kan ikke brukes for å vurdere hvorvidt Øvre Årdal er påvirket av utslipp fra Årdal Metallverk.



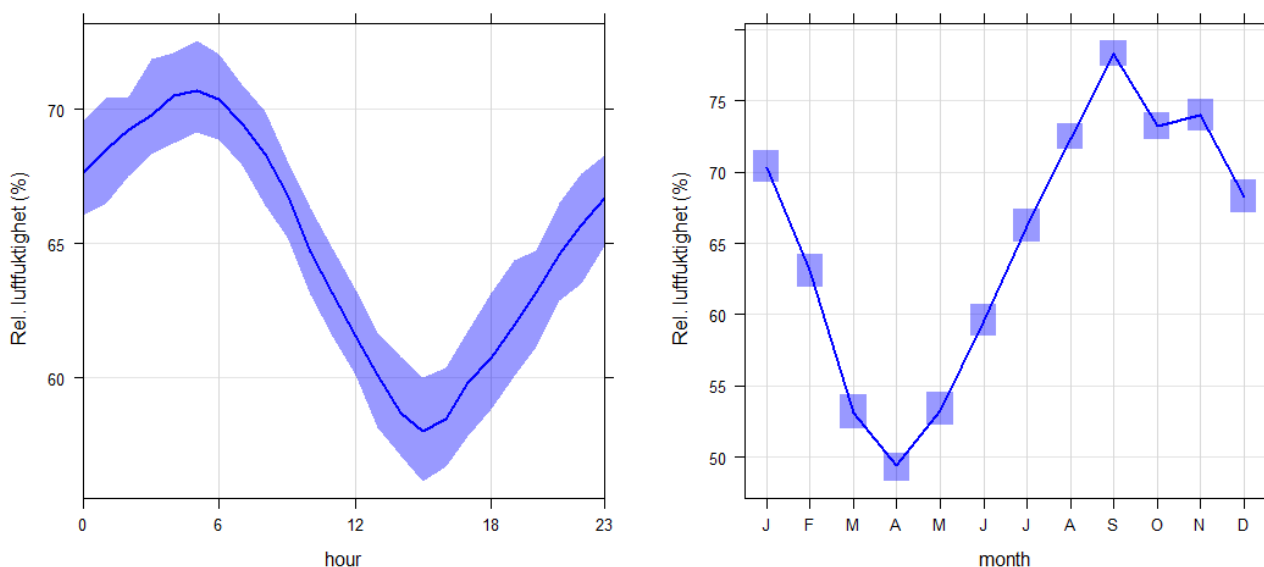
Figur 3: Vindrose Sogndal for perioden 1. januar 2024 – 31. desember 2024 basert på timemiddelverdier fra Sogndal Lufthamn. Vindrosen viser med hvilken frekvens det forekom vind fra angitt retning.

Nedbørmengden (mm/time) målt ved Årdal VGS i måleperioden er vist i Figur 4. Nedbørmengden over hele året var 486 mm. I februar – juni var nedbørmengden per måned betydelig lavere enn resten av året. Nedbør demper PM₁₀ konsentrasjonen og andelen grovt svevestøv.



Figur 4: Nedbørmengde (mm/time) målt ved Årdal VGS i måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025.

Ved nedbør er også relativ luftfuktighet forhøyet. Høy luftfuktighet i oppholdsperioder har også en dempende effekt på konsentrasjonen av grovt svevestøv. Ved høy luftfuktighet observeres mindre oppvirvling av støv. Midlet døgnvariasjon og midlet årsvariasjon av relativ luftfuktighet er vist i Figur 5. Lavest relativ luftfuktighet ble observert på våren, høyest på høsten.



Figur 5: Relativ luftfuktighet (%) målt ved Årdal VGS i måleperioden. (Venstre) Midlet døgnvariasjon. (Høyre) Midlet årsvariasjon.

5.2 Svevestøv

Svevestøv ble målt i to størrelsesfraksjoner. $PM_{2.5}$ ble målt kontinuerlig med TEOM svevestøvmonitor. PM_{10} døgnsprøver ble tatt annenhver dag med svevestøvprøvetaker.

5.2.1 PM_{10}

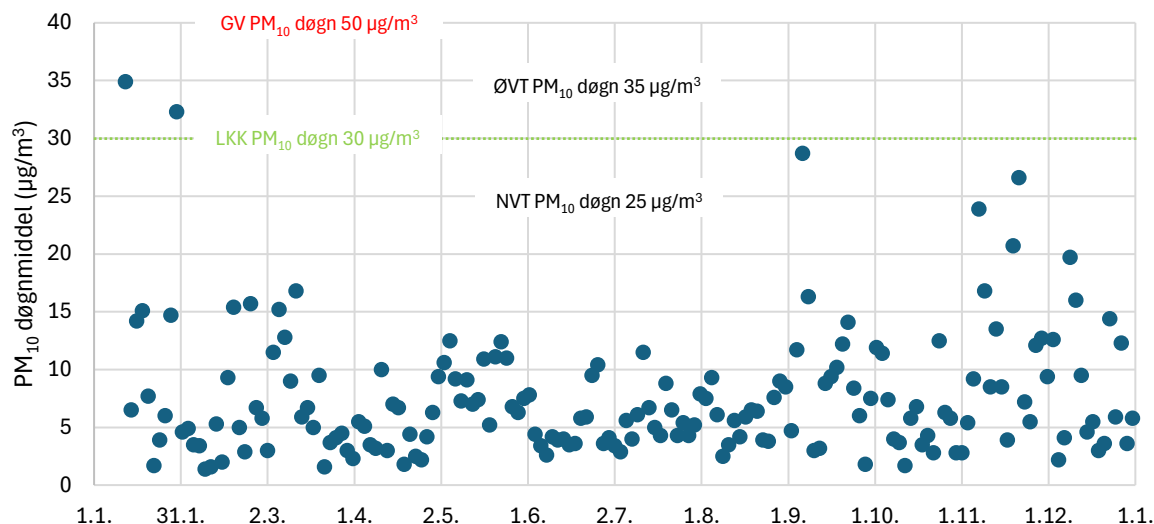
PM_{10} prøvene ble analysert gravimetrisk for å bestemme PM_{10} konsentrasjonen (døgnmiddel) i luft. PM_{10} -konsentrasjonen varierte over året med høyest nivå i vinter- og høstmånedene og lavest nivå om sommeren. I mai var månedsmiddelkonsentrasjonen høyere enn i april og juni. Analyseresultatene for PM_{10} , As og Ni for alle prøvene er vist i Vedlegg A.

I måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025 ble den høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen ($34,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) observert første dagen i måleprogrammet, 12. januar 2024. Det var lav temperatur i begynnelsen av 2024 og lav vindhastighet i midten av januar tyder på stabile forhold og eventuelt inversjonsforhold.

Den høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen var godt under grenseverdien for PM_{10} døgnmidler på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det var heller ingen døgnmidler over øvre vurderingsterskel på $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I kalenderåret 2024 var det 4 døgnmidler over nedre vurderingsterskel (NVT) på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Siden det tillatte antallet døgnmidler over NVT er 25, var NVT ikke overskredet.

Med høyest døgnmiddelkonsentrasjon på $34,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overholdes også fremtidig grenseverdi gitt i det reviderte luftkvalitetsdirektivet, $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som tillates overskredet 18 ganger (se Tabell 1).

Luftkvalitetskriteriet for døgnmidler på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet to ganger i 2024, begge tilfellene ble observert i januar.



Figur 6: PM_{10} døgnmiddelkonsentrasjoner ved Årdal VGS i måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025. Grenseverdien for døgnmidler på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (må ikke overskrides mer enn 25 ganger per kalenderår) er angitt i rødt. Nedre og øvre vurderingsterskel angis for å avgjøre krav om måling. Luftkvalitetskriteriet for døgnmidler er vist i grønt.

PM_{10} årsmiddelet var $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og dermed med god margin under grenseverdien på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. PM_{10} -nivået var også godt under øvre og nedre vurderingsterskel for årsmidler (hhv. 17 og $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Fremtidig grenseverdi for årsmidler ligger på samme nivå som dagens grenseverdi i Norge og var dermed overholdt.

Fagbrukertjenesten for luftkvalitet⁵ oppgir et årsmiddel for PM_{10} på $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved VGS som gjennomsnitt over årene 2019 – 2023. Av dette er industribidraget beregnet til å være 3,2%.

Til sammenligning lå PM_{10} -nivået i bybakgrunn i noen norske byer⁶ mellom 9 og $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (årsmiddel 2024: Bergen Klosterhaugen $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Stavanger Våland $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Oslo Sofienbergparken $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$; årsmiddel 2023: Trondheim Torvet $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

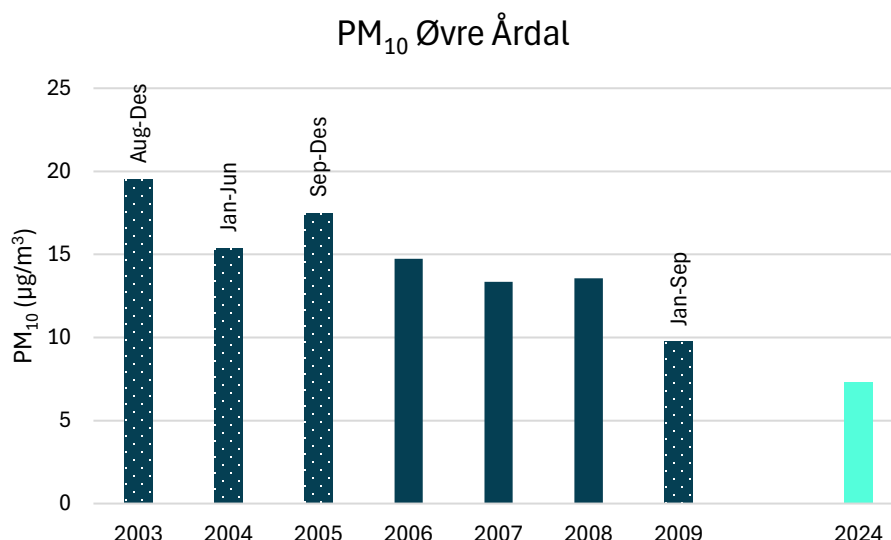
Sammenligning med tidligere PM målinger fra Årdal

PM_{10} ble målt i Øvre Årdal i perioden⁷ 2003 – 2009. Det ble tatt døgnsprøver daglig, bortsett fra søndager. PM_{10} -nivået i Øvre Årdal i denne perioden som årsmidler er vist i Figur 7. For årene 2003, 2004, 2005 og 2009 dekker dataene ikke hele året. Tidsperiodene omfattet av middelverdiene er angitt i figuren. Årsmiddelverdiene for PM_{10} var under dagens grenseverdi for årsmidler. Det er usikkert om det også gjelder for målingene i 2003, som bare dekker 5 måneder, men dagens grenseverdi gjaldt uansett ikke i 2003. Resultatene i Figur 7 viser at PM_{10} -nivået i 2024 var tydelig lavere enn for 20 år siden og at årsmidlene var under dagens nedre vurderingsterskel ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i 2006, 2007, 2008 og 2024. For de øvrige årene dekker dataene ikke hele året.

⁵ Fagbrukertjenesten for luftkvalitet: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/fagbrukertjeneste-for-luftkvalitet>

⁶ Dataene kan lastes ned fra <https://luftkvalitet.nilu.no/overskridelse>

⁷ Resultatene ble sendt direkte til Hydro. Det finnes ingen rapport å referere til.

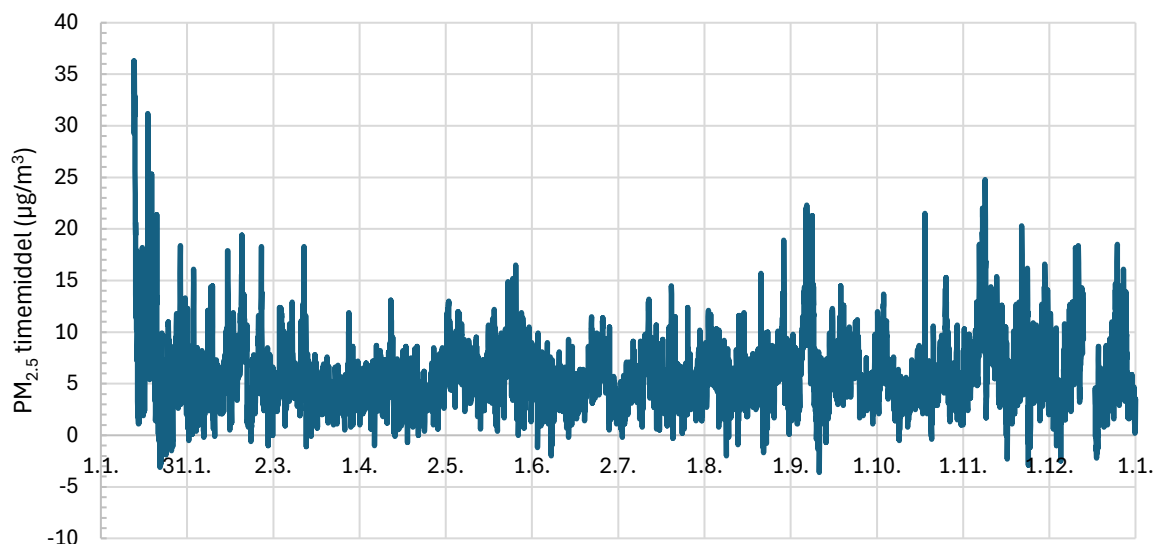


Figur 7: *PM₁₀-nivå (årsmidler) målt i Øvre Årdal i perioden 2003 – 2009. Til sammenligning er dagens nivå (årsmiddel 2024) vist i turkis. Merk at målingene i 2003, 2004, 2005 og 2009 ikke dekker hele året.*

Døgnmiddelverdier over dagens grenseverdi for PM₁₀-døgnmidler ble målt i 2004 (én), 2005 (én), 2006 (tre) og 2008 (syv; noen av verdiene var ganske høye, men det er vanskelig å rekonstruere i dag hvilke forhold som kan ha ført til PM₁₀-døgnmidler over 100 µg/m³). De høye verdiene i 2008 kan sannsynligvis knyttes til rivningen av Biskopgjeltunnelen (mellom Tyn og Øvre Årdal) i 2008. I den forbindelsen ble steinmasser håndtert i grustaket ved Ytre Moa. Det er dokumentert naboklager på støving på den tiden. I 2008 pågikk også rivning av det gamle Søderberganlegget.

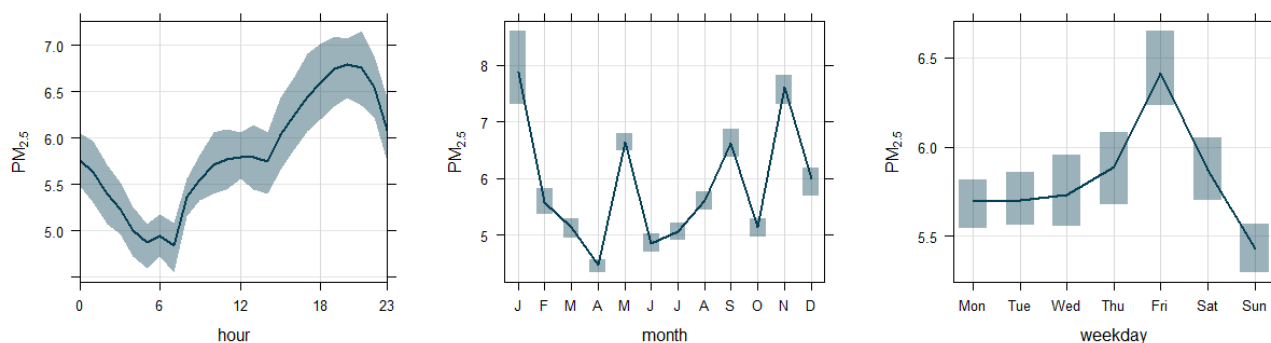
5.2.2 PM_{2.5}

PM_{2.5} ble målt som timemiddelverdier. De største PM_{2.5}-toppene ble observert i begynnelsen av måleperioden, mellom midten av januar og slutten av januar 2024, sannsynligvis knyttet til meteorologiske forhold: lav temperatur og lav vindhastighet tyder på stabil sjiktning som fører til akkumulering av forurensning. Også i norsk bybakgrunn (Bergen, Stavanger, Oslo) var PM_{2.5}-nivået forhøyd i midten av januar 2024. Høyest timemiddel i Øvre Årdal var 36,3 µg/m³, målt fredag 12. januar 2024 kl. 16-17 (Figur 8). Det finnes ingen grenseverdier eller luftkvalitetskriterier for timemidler av PM_{2.5}. Merk at det mangler data i desember pga. instrumentfeil (13. desember kl. 12 – 17. desember kl. 16, totalt 100 timer).



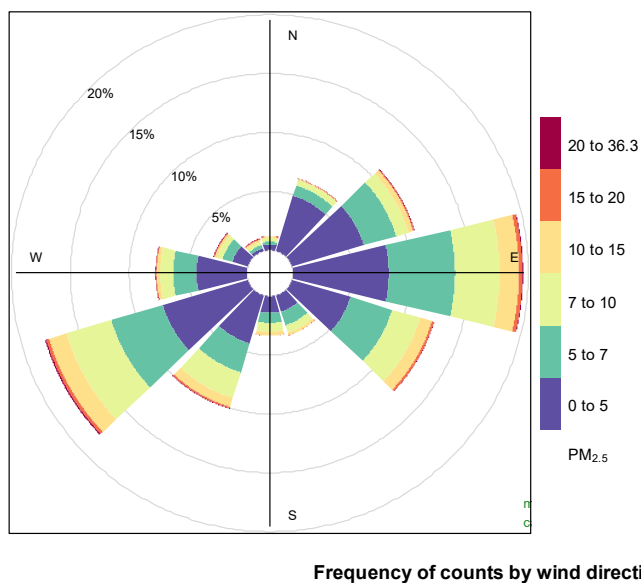
Figur 8: $PM_{2.5}$ timemiddelkonsentrasjoner ved Årdal VGS i måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025.

Døgnvariasjonen av $PM_{2.5}$ midlet over hele året viser at $PM_{2.5}$ -nivået er lavest tidlig om morgenen og høyest om kvelden (se Figur 9). Dette tyder på vedfyring som en viktig kilde for $PM_{2.5}$. Vindhastigheten varierte mellom et minimum tidlig om morgenen og et maksimum på ettermiddagen.



Figur 9: (Venstre) $PM_{2.5}$ døgnvariasjon midlet for hele måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025. (Midt) Månedlig $PM_{2.5}$ variasjon i 2024. (Høyre) Ukevariasjon av $PM_{2.5}$ konsentrasjonen i måleperioden.

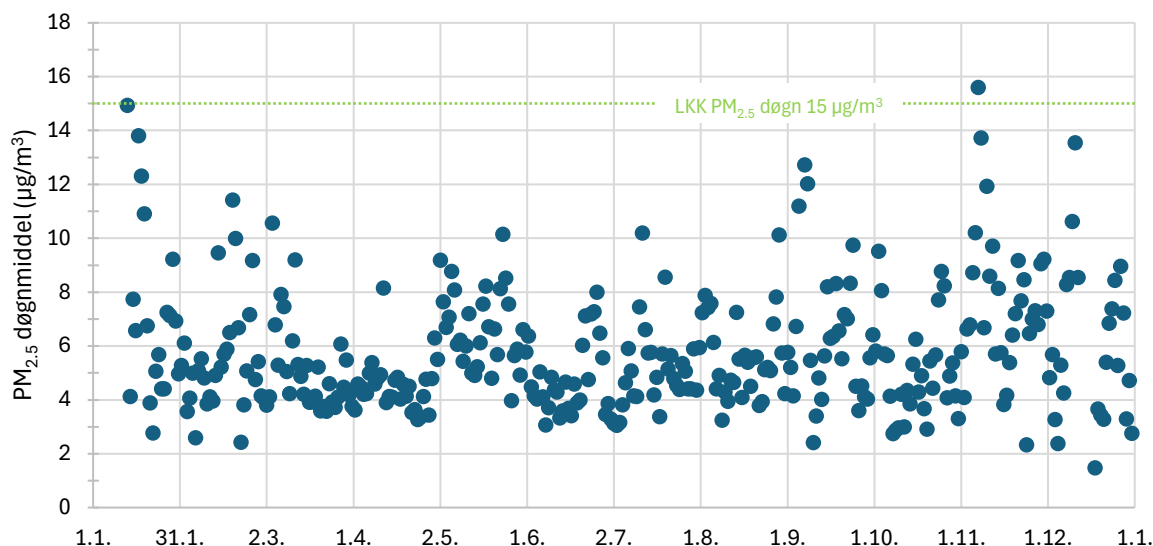
Forurensningsrosen (Figur 10) viser sammenheng mellom $PM_{2.5}$ -konsentrasjon og vindretning målt ved Årdal VGS for tolv 30° vindretningssektorer, basert på timemiddelverdier. Konsentrasjonen er presentert av en fargeskala fra blå (lav konsentrasjon) til rød (høy konsentrasjon). De høyeste $PM_{2.5}$ -verdier ble målt ved vind fra varierende retninger og kan ikke tilskrives en spesiell kilde.



Figur 10: Forurensningsrose ($PM_{2.5}$) for måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025 basert på timemiddelverdier. Vindretning, vindhastighet og $PM_{2.5}$ er målt ved Årdal VGS.

Døgnmiddelverdier av $PM_{2.5}$ er vist i Figur 11. Høyest døgnmiddel på $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble målt 7. november 2024. Det finnes aktuelt ingen grenseverdi for $PM_{2.5}$ døgnmidler. I det reviderte luftkvalitetsdirektivet, som trer i kraft i EU i 2030, innføres en døgn grenseverdi for $PM_{2.5}$ på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (med 18 tillatte overskridelser). Med dagens $PM_{2.5}$ -konsentrasjoner er det dermed usannsynlig at den fremtidige grenseverdien overskrides.

Norsk luftkvalitetskriterium for $PM_{2.5}$ døgnmidler på $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet én gang, torsdag 7. november 2024. Timemiddelkonsentrasjonene denne dagen varierte mellom $10,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vindretningen var stort sett fra sørvest og vest. Vind fra øst ble bare observert i enkelte timer og førte ikke til høyere $PM_{2.5}$ -konsentrasjon enn andre vindretninger. Vindhastigheten var lav (under $1,4 \text{ m/s}$) og det var ikke nedbør denne dagen.



Figur 11: $PM_{2.5}$ døgnmiddelkonsentrasjoner ved Årdal VGS i måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025. Luftkvalitetskriteriet for døgnmidler er vist i grønt.

$PM_{2.5}$ årsmiddelet var $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og dermed godt under grenseverdien på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. $PM_{2.5}$ -nivået var under øvre vurderingsterskel på $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og så vidt over nedre vurderingsterskel på $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Grenseverdien for $PM_{2.5}$ -årsmidler i det reviderte luftkvalitetsdirektivet er på samme nivå som dagens grenseverdi i Norge og vurderingsterskelen er på samme nivå som dagens nedre vurderingsterskel. Med dagens $PM_{2.5}$ årsmiddel overholdes dermed også fremtidige krav gitt i det reviderte luftkvalitetsdirektivet (se Tabell 1).

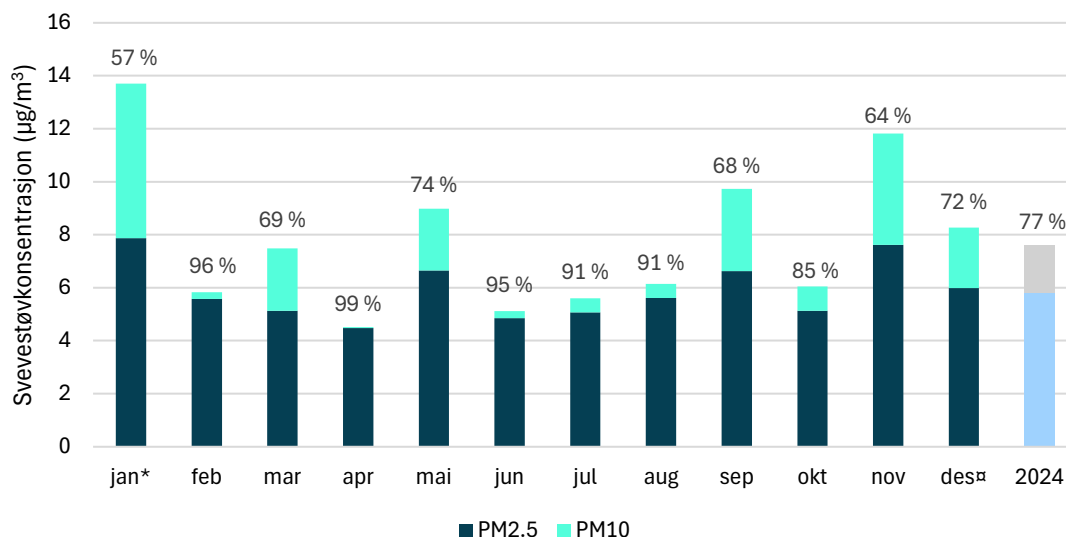
Fagbrukertjenesten for luftkvalitet (se fotnote 4) oppgir et årsmiddel for $PM_{2.5}$ på $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved VGS som gjennomsnitt over årene 2019 – 2023. Av dette er industribidraget beregnet til å være 5,4%.

Det finnes ingen tidligere $PM_{2.5}$ målinger i Øvre Årdal å sammenligne med, bare PM_{10} ble målt (se kapittel 5.2.1).

Til sammenligning lå $PM_{2.5}$ -nivået i bybakgrunn i noen norske byer mellom 5 og $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (årsmiddel 2024: Bergen Klosterhaugen $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Stavanger Våland $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Oslo Sofienbergparken $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$; årsmiddel 2023: Trondheim Torvet $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.2.3 $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forhold

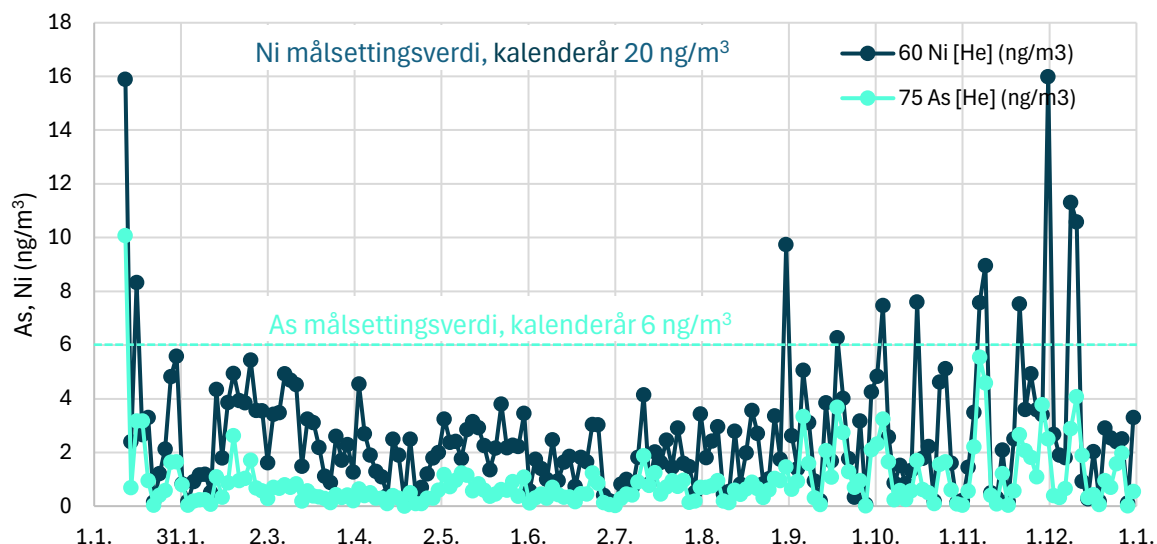
Fordelingen av partikkelstørrelser i støvet fra verket er ikke kjent. Svevestøvkonsentrasjonen i størrelsesfraksjonene $PM_{2.5}$ og PM_{10} i uteluft ble målt i Årdal i 2024. Månedsmidler for $PM_{2.5}$ og PM_{10} er vist i Figur 12. $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forholdet i uteluft i Årdal, målt ved Årdal VGS viser at PM_{10} foreligger hovedsakelig i den fine fraksjonen ($PM_{2.5}$). Midlet over året lå $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forholdet på 0,77, dvs. 77% av PM_{10} besto av partikler i den fine størrelsesfraksjonen $PM_{2.5}$. $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forholdet varierte mellom 64% i november og 99% i april. Målingene i januar gikk ikke over en hel måned.



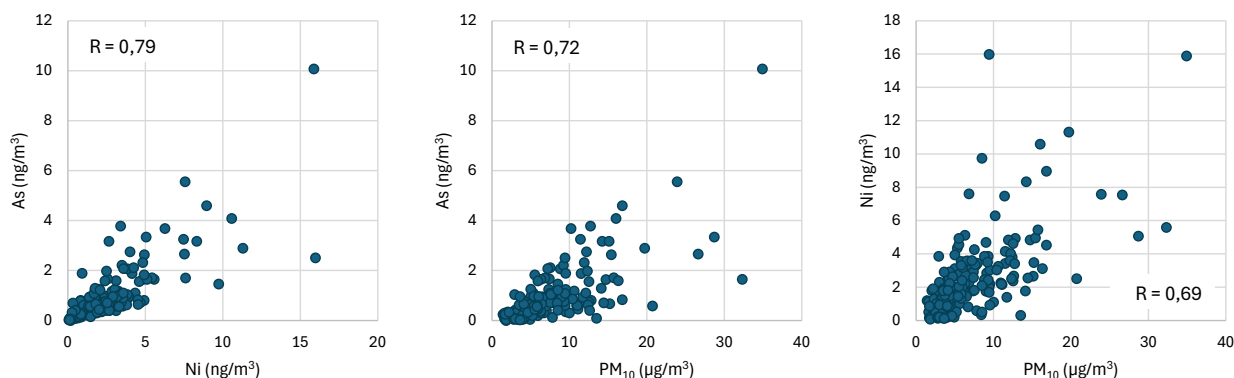
Figur 12: Månedsmiddelkonsentrasjon av $PM_{2.5}$ (mørkeblå stolper) og PM_{10} (mørkeblå + turkise stolper) ved Årdal VGS i 2024. Merk at middelverdien for januar dekker perioden fra 12. januar (merket med stjerne). I desember mangler det $PM_{2.5}$ -data mellom 13. og 17. desember. $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forholdet er angitt i prosent ovenfor stolpene. Middel over hele året 2024 er angitt helt til høyre.

5.3 Metaller

PM_{10} døgnp prøvene som ble tatt annenhver dag ble analysert for arsen (As) og nikkel (Ni). Variasjonen av konsentrasjonene over året er vist i Figur 13. Nikkel- og arsenkonsentrasjonen samvarierte til en viss grad. Scatter plots i Figur 14 viser at arsen og nikkel har en høy korrelasjon ($R = 0,79$). Begge komponentene ble analysert fra prøver i størrelsesfraksjonen PM_{10} og har også en høy korrelasjon med PM_{10} -konsentrasjonen.

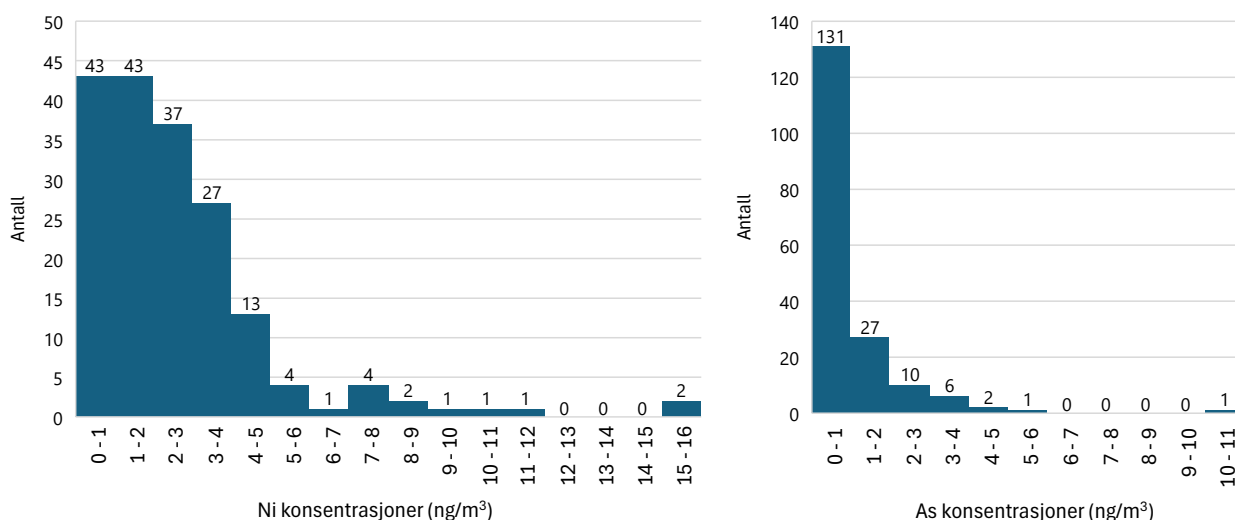


Figur 13: As- og Ni-konsentrasjon i størrelsesfraksjonen PM_{10} målt ved Årdal VGS i perioden 12. januar 2024 – 1. januar 2025. Døgnprøver ble tatt annenhver dag i hele måleperioden. Målsetningsverdiene som gjelder for årsmidler er vist for orientering.



Figur 14: Sammenligning av As, Ni og PM_{10} resultatene målt samtidig ved Årdal VGS. (Venstre) As vs Ni konsentrasjon. (Midten) As vs PM_{10} konsentrasjon. (Høyre) Ni vs PM_{10} konsentrasjon.

Histogrammer som viser hvordan Ni og As konsentrasjoner (døgnmidler) målt i 2024 fordeler seg på intervaller av 1 ng/m^3 er vist i Figur 15. Ingen av 178 nikkel døgnmidler var over 20 ng/m^3 som er målsetningsverdien for årsmidler. Én av 178 arsen døgnmidler var over 6 ng/m^3 som er målsetningsverdien for årsmidler. Årsmiddelverdiene for begge komponentene var godt under målsetningsverdiene.



Figur 15: Histogrammer som viser fordelingen av alle nikkel og arsen døgnmiddelverdier (ng/m^3), dvs. antall prøver per konsentrasjonsintervall.

5.3.1 Arsen (As)

Årsmiddelkonsentrasjonen for arsen ble målt til $0,9 \text{ ng/m}^3$. As-nivået i Årdal var dermed under både målsetningsverdien på 6 ng/m^3 og øvre og nedre vurderingsterskel på hhv. $3,6 \text{ ng/m}^3$ og $2,4 \text{ ng/m}^3$.

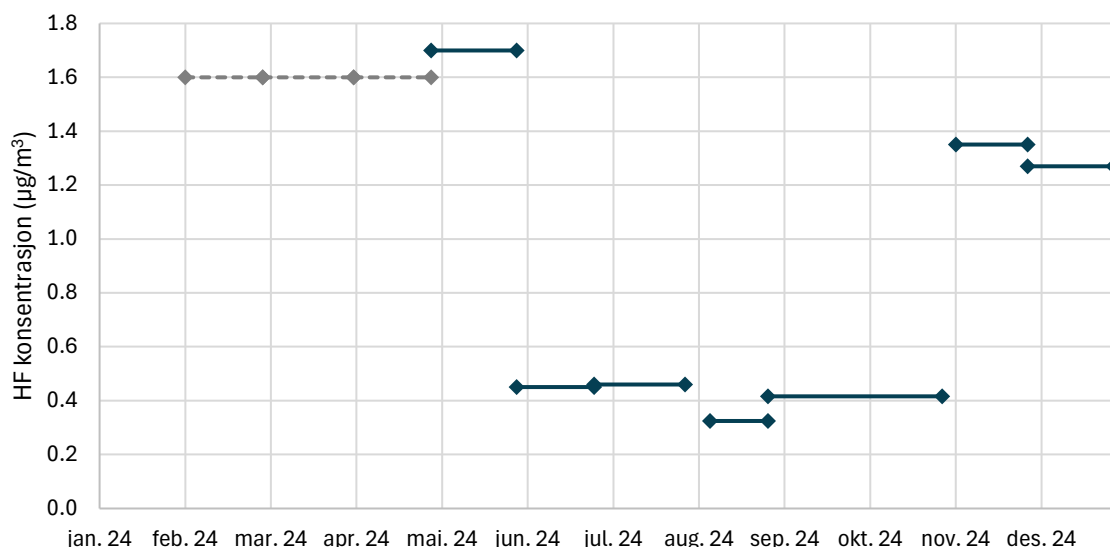
Grenseverdien for As-årsmidler i det reviderte luftkvalitetsdirektivet er på samme nivå som dagens målsetningsverdi, og er innskjerpet med hensyn til presisjonen til 1 desimal. Som grenseverdi blir nivået på $6,0 \text{ ng/m}^3$ juridisk bindende. Fremtidig vurderingsterskel blir høyere enn dagens nedre vurderingsterskel (Tabell 1). Med dagens As-nivå overholdes også fremtidige krav. Kravene i det reviderte luftkvalitetsdirektivet trer ikke i kraft før 2030.

Arsen årsmiddelkonsentrasjonen i 2024 var også lavere enn luftkvalitetskriteriet på 2 ng/m^3 .

Til sammenligning lå arsennivået i bybakgrunn i Oslo (Sofienbergparken) rundt $0,37 \text{ ng/m}^3$ som årsmiddel i 2023 (Halvorsen et al., 2024). Arsennivået i regional bakgrunn (Birkenes i Agder) var $0,075 \text{ ng/m}^3$ som årsmiddel i 2023.

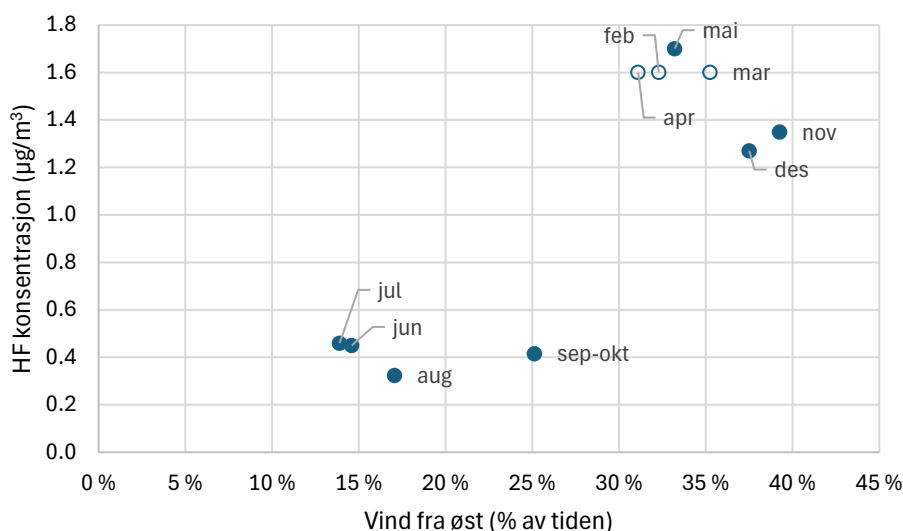
Prøven med høyest døgnmiddelkonsentrasjon i Årdal var prøven tatt 12. januar 2024, der As-konsentrasjonen var $10,1 \text{ ng/m}^3$. Blant de 7 høyeste prøvene var dessuten prøvene tatt 6. september ($3,3 \text{ ng/m}^3$), 18. september ($3,7 \text{ ng/m}^3$), 7. november ($5,6 \text{ ng/m}^3$), 9. november ($4,6 \text{ ng/m}^3$), 29. november ($3,8 \text{ ng/m}^3$), 11. desember ($4,1 \text{ ng/m}^3$). De høyeste døgnmidlene ble målt på vinteren og høsten. Vindrosene i vedlegget viser at vind fra øst, dvs. fra verket mot målestasjonen, er typisk i perioden oktober – mai (høst, vinter, vår), mens vindretningen fra sørvest er typisk i sommermånedene juni – september. For de fleste av dagene de 7 høyeste prøvene ble tatt var vindretningen fra øst store deler av dagen og det var oppholdsvær:

1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I mai, november og desember 2024 ble det målt HF-konsentrasjon over 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens midlet konsentrasjon i perioden juni – oktober var på 0,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 16: HF konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i luft målt med passive prøvetakere ved Årdal VGS i perioden 1. februar 2024 – 2. januar 2025. De første tre prøvene med høy deteksjonsgrense er vist med grå stiplede linjer

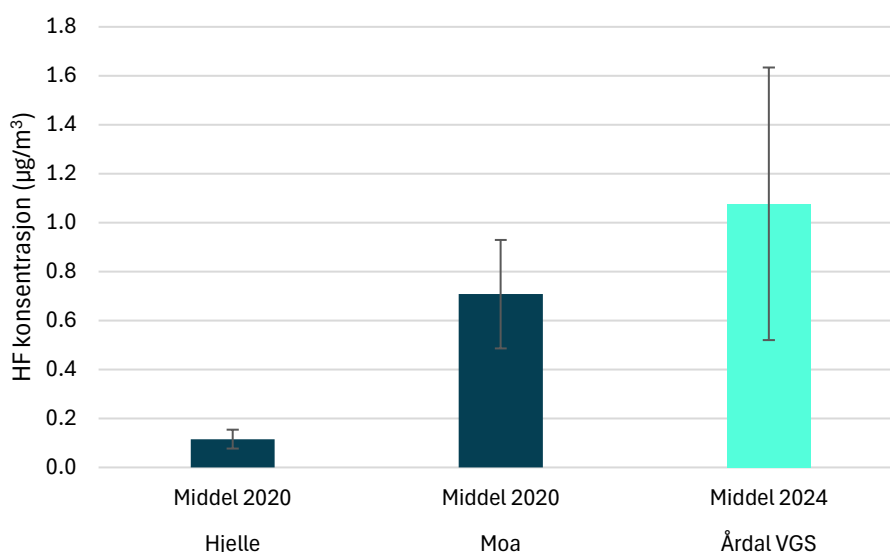
Variasjonen av HF konsentrasjonen kan henge sammen med variasjonen av vindretningen over året. Som vist i Figur 17, var det mer vind fra øst, dvs. fra metallverket mot Årdal, i mai, november og desember da de høyeste konsentrasjonene ble målt, enn i perioden juni – oktober da lavere HF-konsentrasjoner ble målt.



Figur 17: HF-konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) målt med passive prøvetakere ved Årdal VGS i 10 eksponeringsperioder i 2024 vist mot prosentandelen vind fra sektor øst under hver av eksponeringsperiodene.

Sammenligning med tidligere målinger

I 2020 ble HF målt med passive prøvetakere ved Moa, rett øst for bedriften, og ved Hjelle, noen km opp Utladalen (4,5 km nordøst for bedriften), med to målepunkter hver (se kart i Vedlegg B). Månedsmidlene ved Hjelle var lavere enn $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og for de fleste månedene var HF-nivået under deteksjonsgrensen. Månedsmidlene ved Moa varierte mellom $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i desember og $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i oktober 2020, med høyest konsentrasjon om sommeren. I Figur 18 sammenlignes HF årsmiddelverdien ved Moa og Hjelle fra 2020 med årsmiddelverdien ved Årdal VGS fra 2024. Standardavvik mellom månedsmidlene er også vist. HF konsentrasjonen i Årdal sentrum (ca. 10 moh, ca. 1000 m vest/vest-sørvest for smelteverket) i 2024 var noe høyere enn HF konsentrasjonen ved Moa (ca. 100 moh, ca. 700 m nordøst for smelteverket) i 2020. Metallverket ligger ca. 30 moh. Høyest nivå i 2024 ble målt i vintermånedene.



Figur 18: HF årsmidler ved Hjelle og Moa fra 2020 er vist med mørkeblå stolper. Årsmiddel for 2024 ved Årdal VGS er vist med turkis stolpe.

6 Diskusjon

6.1 Konsentrasjoner målt i 2024

Konsentrasjonene av arsen og nikkel målt i Årdal sentrum i 2024 var under målsettingsverdier og vurderingsterskler. Svevestøvkonsentrasjonen i Årdal sentrum i 2024 var godt under grenseverdien for årsmidler, både for PM_{10} og $\text{PM}_{2.5}$. For PM_{10} var årsmiddelet også med god margin under vurderingsterskler og luftkvalitetskriteriet, mens $\text{PM}_{2.5}$ årsmiddelet var litt høyere enn nedre vurderingsterskel/luftkvalitetskriterium.

Totalproduksjon for aluminiumverket og referansesenteret i 2024 var 210 821 t flytende aluminium. Dette er 94% av utslippsvilkår på 225 000 t elektrolysemetall per år fastsatt i tillatelsen og som gjennomsnittlig produksjon i årene 2019 – 2023. Det var jevn aktivitet hos metallverket gjennom året og utslippet oppgitt av bedriften varierte lite over året. Tungmetallutslippet i 2024 var 55 kg for arsen (48% av utslippsgrensen angitt i utslippstillatelsen) og 590 kg for nikkel (62% av utslippsgrensen). Selv for maksimum tillatt produksjon er

det ikke sannsynlig at utslippsgrensene for arsen og nikkel vil oppnås, så lenge tungmetallinnholdet i råvarene ikke øker vesentlig sammenlignet med 2024.

6.2 Sammenligning og vurdering av spredningsberegninger fra 2021

Spredningsberegningene utført i 2021 (Weydahl, 2021) tyder på overskridelse av målsetningsverdien (årsmiddel) for nikkel og arsen i nærområdet til anlegget. Spredningsberegningene tok utgangspunkt i *utslippsmengden i utslippstillatelsen* som en vurdering av «worst case». Som nevnt ovenfor var arsenutslippet i 2024 48% og nikkelutslippet 62% av tillatt maksimalutslipp.

Det er hentet ut beregnede konsentrasjoner fra spredningsberegningene ved Årdal VGS. Ved utslipp som angitt i utslippstillatelsen (Figur 16 og 18 i modellrapporten) er årsmiddelkonsentrasjonen av As og Ni beregnet til 1,8 ng/m³ og 14,6 ng/m³, henholdsvis. Når denne konsentrasjonen skaleres med forholdet mellom utslippsnivået i 2024 og utslippstillatelsen, som er antatt for beregningene, blir konsentrasjonene 0,85 ng/m³ og 9,1 ng/m³ henholdsvis for As og Ni ved Årdal VGS. Beregningen av As ligger dermed kun 6% under målingen i 2024. Men for Ni ligger beregningene vesentlig høyere, ca. en faktor 3,5 over hva som ble målt i 2024.

Som blant annet Figur 16 og 18 i modellrapporten (Weydahl, 2021) viser, er beregnet årsmiddelkonsentrasjon høyere nærmere anlegget enn lenger unna som ved Årdal VGS. Forholdet mellom beregnet årsmiddelkonsentrasjon omtrent 250 meter vest for anlegget og konsentrasjonen ved Årdal VGS er ca. en faktor 2,5. Ved denne skaleringen vil årsmiddelkonsentrasjonen av nikkel nær anlegget i 2024 være 6,7 ng/m³ basert på målt nivå ved Årdal VGS. Dette tilsier at årsmiddelkonsentrasjonen av nikkel vil være under både målsetningsverdien på 20 ng/m³ og øvre og nedre vurderingsterskel på hhv. 14 ng/m³ og 10 ng/m³ også nær anlegget. Det understrekes at konsentrasjonsnivået nær anlegget er usikkert og svært avhengig av antagelsen om når bygningsturbulens gir «nedtrekk» og gjør utslippene fra hallene til en bakkekilde. Ved tilsvarende skalering er årsmiddelkonsentrasjonen av arsen 250 meter fra anlegget ca. 3 ng/m³ som er under målsetningsverdien på 6 ng/m³ og øvre vurderingsterskel på 3,6 ng/m³, men over nedre vurderingsterskel på 2,4 ng/m³ og over luftkvalitetskriteriet på 2 ng/m³.

I modellrapporten (Weydahl, 2021) påpekes det at andelen svevestøv i PM₁₀-fraksjonen eller PM_{2,5}-fraksjonen i utslippet fra verket ikke er kjent. Målingene av PM₁₀ og PM_{2,5} i 2024 viste at svevestøvnivået i uteluft målt ved Årdal VGS var godt innenfor grenseverdiene for både årsmiddel og døgnmiddel. I spredningsberegningen (Weydahl, 2021) ble det gjort noen grove antagelser om både bakgrunnsbidrag og andel PM_{2,5}/PM₁₀ i støvutslippet i mangel av data. En oppdatert vurdering er gitt i det følgende: Beregningene gir 2,6 µg/m³ som årsmiddel PM ved Årdal VGS kun ved bidraget fra Årdal metallverk. Det antas at 77% av PM-utslippet er i PM_{2,5}-fraksjonen som målingene antyder (kap. 5.2.3) og at utslippet av støv var ca. 72% av utslippstillatelsen i 2024. Fagbrukertjenesten⁸ angir beregninger av luftkvalitet i hele landet. Beregnet årsmiddel PM_{2,5} ved Årdal VGS er 3,4 µg/m³ når fagbrukertjenesten sitt industribidrag er fratrasket. Samlet gir dette et beregnet årsmiddel PM_{2,5} på 4,8 µg/m³ som er 15% lavere enn målt årsmiddel i 2024 på 5,7 µg/m³. Ved å anvende skaleringen kan årsmiddelkonsentrasjonen for PM_{2,5} nær anlegget estimeres til 9,3 µg/m³.

⁸ <https://luftkvalitetsdata.miljodirektoratet.no/beregnet/>

For PM₁₀ med bakgrunnsnivå fra fagbrukertjenesten på 5,5 µg/m³ og antatt at 100% av PM-utslippet er i PM₁₀-fraksjonen gir beregningen 7,4 µg/m³ ved VGS som samsvarer godt med hva som er målt. Ved å anvende skaleringen kan årsmiddelkonsentrasjonen for PM₁₀ nær anlegget estimeres til ca. 10 µg/m³.

Når det gjelder døgnmiddel PM₁₀ utelukker ikke spredningsrapporten at det kan forekomme enkelt døgn over grenseverdien på 50 µg/m³, men at det avhenger av at andre kilder som blant annet vedfyring bidrar i stor grad. Det høyeste døgnmiddel av PM₁₀ målt ved Årdal VGS i 2024 var på ca. 35 µg/m³. I dette døgnet som var kaldt og med inversjonslignende forhold var sannsynligvis vedfyring den viktigste kilden.

For HF gir beregningene et årsmiddel på 0,634 µg/m³ som er 42% lavere enn målt årsmiddel på 1,1 µg/m³.

Det er en rekke faktorer som gjør at beregninger og målinger ikke vil samsvare. Beregningene er basert på en gjennomsnittlig statistisk representasjon av meteorologiske parametere for et generelt år som i varierende grad vil samsvare med reell meteorologi i 2024. Spredningsmodellen antar også at utslippet er konstant over året. Hvis utslippet av for eksempel Ni og As har en ulik tidsvariasjon kan det gi opphav til at forskjellen mellom beregninger og målinger er ulik som også sammenligningen her viser. Spredningsmodellen som er anvendt er også en forenklet gaussisk modell med relativt grov oppløsning og tilhørende usikkerhet.

I 2025, dvs. etter måleprosjektet for PM og tungmetaller som ble utført i 2024, ble et renseanlegg montert på støvutslipp fra Anodeservice og dermed avsluttet ett av de største diffuse utslippene av tungmetaller. Det betyr at mengden utslipp av støv og tungmetaller vil være lavere i fremtiden. Egenrapporteringen av diffuse utslipp vil vise effekten av tiltaket. En målekampanje ved Årdal VGS for å følge opp effekten vil ikke være mulig siden solcellepaneler ble montert på taket i 2025. Arsennivået målt ved Årdal VGS var ikke langt fra luftkvalitetskriteriet som bare er litt mer enn en faktor to høyere. Det er mulig at nivået ligger over luftkvalitetskriteriet i enkelte andre deler av Årdal, nærmere anlegget. For å dokumentere hvorvidt luftkvalitetskriteriene for arsen og nikkel er oppfylt nærmest bedriften kan en målekampanje utføres vest for bedriften (ved boligområdet nærmest Utla).

6.3 Avsetning av tungmetaller i moseprøver

Høy avsetning av bly, arsen og nikkel og en svakt økende trend for nikkel avsetning i området rundt Hydro Årdal ble rapportert av Steinnes og Uggerud (2017). I perioden 2000 – 2015 samlet NILU/NTNU inn moseprøver hvert femte år og analyserte innholdet av tungmetaller rundt industrihaller i Norge. Overvåking av atmosfærisk avsetning av tungmetaller ved å analysere moseprøver er en veletablert teknikk. Moserapportene viser hvordan avsetningen av 32 – 59 grunnstoffer⁹ varierte geografisk på hvert sted, med vekt på bidragene som kan tilskrives den viktigste industrielle kilden. Prøvepunktene ved Årdal var lokalisert 500 m – 3 km fra anlegget og i henhold til lokale topografiske forhold og rådende vindretninger. For Hydro Årdal som ligger i en trang dal, omgitt av høye fjell, vil en større del av utslippene avsettes lokalt sammenlignet med steder med større spredning av utslipp. Den offisielle moseundersøkelsen rundt norske industribedrifter har ikke blitt videreført etter 2015. Men Hydro Årdal fortsatte med prøvetakingsprogrammet for de fem stasjonene i Årdal hvert 5. år. Nikkelnivået i prøvene tatt i 2022 var lavere enn i 2015 og 2010 ved alle prøvelokaliteter. Arsennivået i 2022 var lavere enn i 2015 ved alle prøvelokaliteter og lavere

⁹ I 2000 ble det analysert prøver fra 11 bedrifter for 32 grunnstoffer, i 2005 ble det analysert 44 grunnstoffer fra 7 bedrifter. I 2010 ble det samlet inn prøver fra 14 bedrifter og 59 grunnstoffer ble analysert og i 2015 var det 17 bedrifter og 57 grunnstoffer ble analysert.

eller på samme nivå som i 2010. Det anbefales å fortsette med kartlegging av metallnivåer ved hjelp av moseprøvetaking hvert 5. år.

7 Referanser

- Bøhler, T. (1991). *Spredningsberegninger for utslipp til luft fra aluminiumsverket i Øvre Årdal* (NILU OR 33/91).
- Halvorsen, H.L., Pfaffhuber, K.A., Nipen, M., Bohlin-Nizzetto, P., Berglen, T.F., Nikiforov, V., Hartz, W. (2024). *Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation. Annual report 2023* (NILU report 18/2024). <https://hdl.handle.net/11250/3164318>
- Steinnes, E., Uggerud, H.T. (2017). *Metal pollution around Norwegian industries studied by analysis of naturally growing moss samples. 2015 survey* (NILU report 1/2017). <http://hdl.handle.net/11250/2435468>
- Weydahl, T. (2021). *Spredningsberegninger av luftforurensning fra Årdal Metallverk* (NILU rapport 29/2021). <https://hdl.handle.net/11250/2833281>

Vedlegg A

Analyseresultater PM₁₀, As, Ni

Dato	PM ₁₀ (µg/m ³)	Ni (ng/m ³)	As (ng/m ³)
12.01.2024	34,9	15,9	10,1
14.01.2024	6,5	2,4	0,7
16.01.2024	14,2	8,3	3,2
18.01.2024	15,1	2,7	3,2
20.01.2024	7,7	3,3	1,0
22.01.2024	1,7	0,2	0,0
24.01.2024	3,9	1,2	0,4
26.01.2024	6,0	2,1	0,6
28.01.2024	14,7	4,8	1,6
30.01.2024	32,3	5,6	1,7
01.02.2024	4,6	0,8	0,8
03.02.2024	4,9	0,2	0,0
05.02.2024	3,5	0,9	0,2
07.02.2024	3,4	1,2	0,2
09.02.2024	1,4	1,2	0,2
11.02.2024	1,6	0,5	0,1
13.02.2024	5,3	4,4	1,1
15.02.2024	2,0	1,8	0,3
17.02.2024	9,3	3,9	0,9
19.02.2024	15,4	5,0	2,6
21.02.2024	5,0	3,9	1,0
23.02.2024	2,9	3,9	1,0
25.02.2024	15,7	5,4	1,7
27.02.2024	6,7	3,6	0,7
29.02.2024	5,8	3,6	0,6
02.03.2024	3,0	1,6	0,3
04.03.2024	11,5	3,4	0,7
06.03.2024	15,2	3,5	0,7
08.03.2024	12,8	4,9	0,8
10.03.2024	9,0	4,7	0,7
12.03.2024	16,8	4,5	0,8
14.03.2024	5,9	1,5	0,2
16.03.2024	6,7	3,3	0,6
18.03.2024	5,0	3,1	0,4
20.03.2024	9,5	2,2	0,4
22.03.2024	1,6	1,1	0,3
24.03.2024	3,7	0,9	0,1
26.03.2024	4,1	2,6	0,4
28.03.2024	4,5	1,7	0,3

Dato	PM ₁₀ (µg/m ³)	Ni (ng/m ³)	As (ng/m ³)
30.03.2024	3,0	2,3	0,4
01.04.2024	2,3	1,3	0,2
03.04.2024	5,5	4,6	0,6
05.04.2024	5,1	2,7	0,4
07.04.2024	3,5	1,9	0,5
09.04.2024	3,2	1,3	0,3
11.04.2024	10,0	1,1	0,3
13.04.2024	3,0	0,4	0,1
15.04.2024	7,0	2,5	0,4
17.04.2024	6,7	1,9	0,3
19.04.2024	1,8	0,2	0,0
21.04.2024	4,4	2,5	0,5
23.04.2024	2,5	0,4	0,1
25.04.2024	2,2	0,7	0,1
27.04.2024	4,2	1,2	0,3
29.04.2024	6,3	1,8	0,3
01.05.2024	9,4	2,0	0,6
03.05.2024	10,6	3,3	1,2
05.05.2024	12,5	2,4	0,7
07.05.2024	9,2	2,4	1,0
09.05.2024	7,3	1,8	1,2
11.05.2024	9,1	2,9	1,2
13.05.2024	7,0	3,2	0,6
15.05.2024	7,4	2,9	0,8
17.05.2024	10,9	2,3	0,6
19.05.2024	5,2	1,4	0,4
21.05.2024	11,1	2,2	0,5
23.05.2024	12,4	3,8	0,6
25.05.2024	11,0	2,2	0,6
27.05.2024	6,8	2,3	0,9
29.05.2024	6,3	2,2	0,4
31.05.2024	7,5	3,5	1,1
02.06.2024	7,8	0,6	0,1
04.06.2024	4,4	1,8	0,3
06.06.2024	3,4	1,4	0,5
08.06.2024	2,6	1,0	0,3
10.06.2024	4,2	2,5	0,7
12.06.2024	3,9	1,0	0,4
14.06.2024	4,0	1,6	0,3

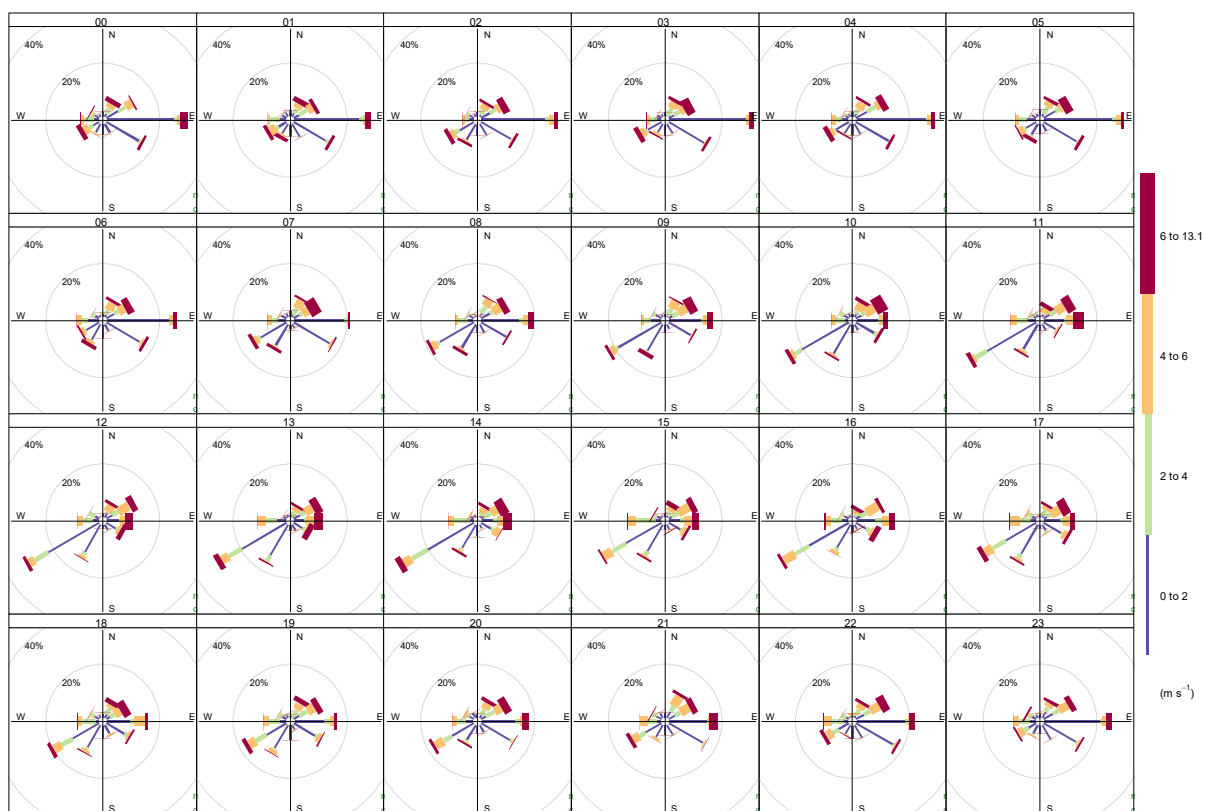
Dato	PM ₁₀ (µg/m ³)	Ni (ng/m ³)	As (ng/m ³)
16.06.2024	3,5	1,9	0,4
18.06.2024	3,6	0,7	0,2
20.06.2024	5,8	1,8	0,5
22.06.2024	5,9	1,7	0,5
24.06.2024	9,5	3,0	1,2
26.06.2024	10,4	3,0	0,9
28.06.2024	3,6	0,4	0,1
30.06.2024	4,1	0,2	0,1
02.07.2024	3,4	0,2	0,0
04.07.2024	2,9	0,8	0,3
06.07.2024	5,6	1,0	0,5
08.07.2024	4,0	0,7	0,4
10.07.2024	6,1	1,8	0,9
12.07.2024	11,5	4,2	1,9
14.07.2024	6,7	0,8	0,8
16.07.2024	5,0	2,0	1,3
18.07.2024	4,3	1,6	0,5
20.07.2024	8,8	2,5	0,7
22.07.2024	6,5	1,5	1,0
24.07.2024	4,3	2,9	0,7
26.07.2024	5,4	1,6	1,0
28.07.2024	4,3	1,5	0,2
30.07.2024	5,2	0,5	0,2
01.08.2024	7,9	3,4	0,7
03.08.2024	7,5	1,8	0,7
05.08.2024	9,3	2,4	0,8
07.08.2024	6,1	3,0	1,0
09.08.2024	2,5	0,5	0,2
11.08.2024	3,5	0,6	0,1
13.08.2024	5,6	2,8	0,6
15.08.2024	4,2	0,8	0,4
17.08.2024	5,9	2,0	0,6
19.08.2024	6,5	3,6	0,9
21.08.2024	6,4	2,7	0,7
23.08.2024	3,9	0,8	0,3
25.08.2024	3,8	1,0	0,6
27.08.2024	7,6	3,4	1,0
29.08.2024	9,0	1,8	1,0
31.08.2024	8,5	9,7	1,5

Dato	PM ₁₀ (µg/m ³)	Ni (ng/m ³)	As (ng/m ³)
02.09.2024	4,7	2,6	0,6
04.09.2024	11,7	1,4	0,9
06.09.2024	28,7	5,1	3,3
08.09.2024	16,3	3,1	1,6
10.09.2024	3,0	0,9	0,3
12.09.2024	3,2	0,2	0,1
14.09.2024	8,8	3,9	2,1
16.09.2024	9,4	1,7	1,1
18.09.2024	10,2	6,3	3,7
20.09.2024	12,2	4,0	2,8
22.09.2024	14,1	1,8	1,3
24.09.2024	8,4	0,3	0,7
26.09.2024	6,0	3,2	1,0
28.09.2024	1,8	0,1	0,0
30.09.2024	7,5	4,3	2,1
02.10.2024	11,9	4,8	2,3
04.10.2024	11,4	7,5	3,3
06.10.2024	7,4	2,6	1,7
08.10.2024	4,0	0,9	0,2
10.10.2024	3,7	1,5	0,6
12.10.2024	1,7	0,9	0,3
14.10.2024	5,8	1,3	0,6
16.10.2024	6,8	7,6	1,7
18.10.2024	3,5	1,8	0,6
20.10.2024	4,3	2,2	0,5
22.10.2024	2,8	0,2	0,1
24.10.2024	12,5	4,6	1,6
26.10.2024	6,3	5,1	1,7
28.10.2024	5,8	1,6	0,6
30.10.2024	2,8	0,1	0,1
01.11.2024	2,8	0,2	0,0
03.11.2024	5,4	1,5	0,6
05.11.2024	9,2	3,5	2,2
07.11.2024	23,9	7,6	5,6
09.11.2024	16,8	9,0	4,6
11.11.2024	8,5	0,5	0,4
13.11.2024	13,5	0,3	0,1
15.11.2024	8,5	2,1	1,2
17.11.2024	3,9	0,2	0,0

Dato	PM ₁₀ (µg/m ³)	Ni (ng/m ³)	As (ng/m ³)
19.11.2024	20,7	2,5	0,6
21.11.2024	26,6	7,5	2,7
23.11.2024	7,2	3,6	2,1
25.11.2024	5,5	4,9	1,8
27.11.2024	12,1	3,6	1,1
29.11.2024	12,7	3,4	3,8
01.12.2024	9,4	16,0	2,5
03.12.2024	12,6	2,7	0,4
05.12.2024	2,2	1,9	0,3
07.12.2024	4,1	1,8	0,7
09.12.2024	19,7	11,3	2,9
11.12.2024	16,0	10,6	4,1
13.12.2024	9,5	0,9	1,9
15.12.2024	4,6	0,3	0,3
17.12.2024	5,5	2,0	0,4
19.12.2024	3,0	0,2	0,1
21.12.2024	3,6	2,9	1,0
23.12.2024	14,4	2,5	0,7
25.12.2024	5,9	2,4	1,6
27.12.2024	12,3	2,5	2,0
29.12.2024	3,6	0,1	0,0
31.12.2024	5,8	3,3	0,5
Middel	7,3	2,6	0,9
Maks	34,9	16,0	10,1

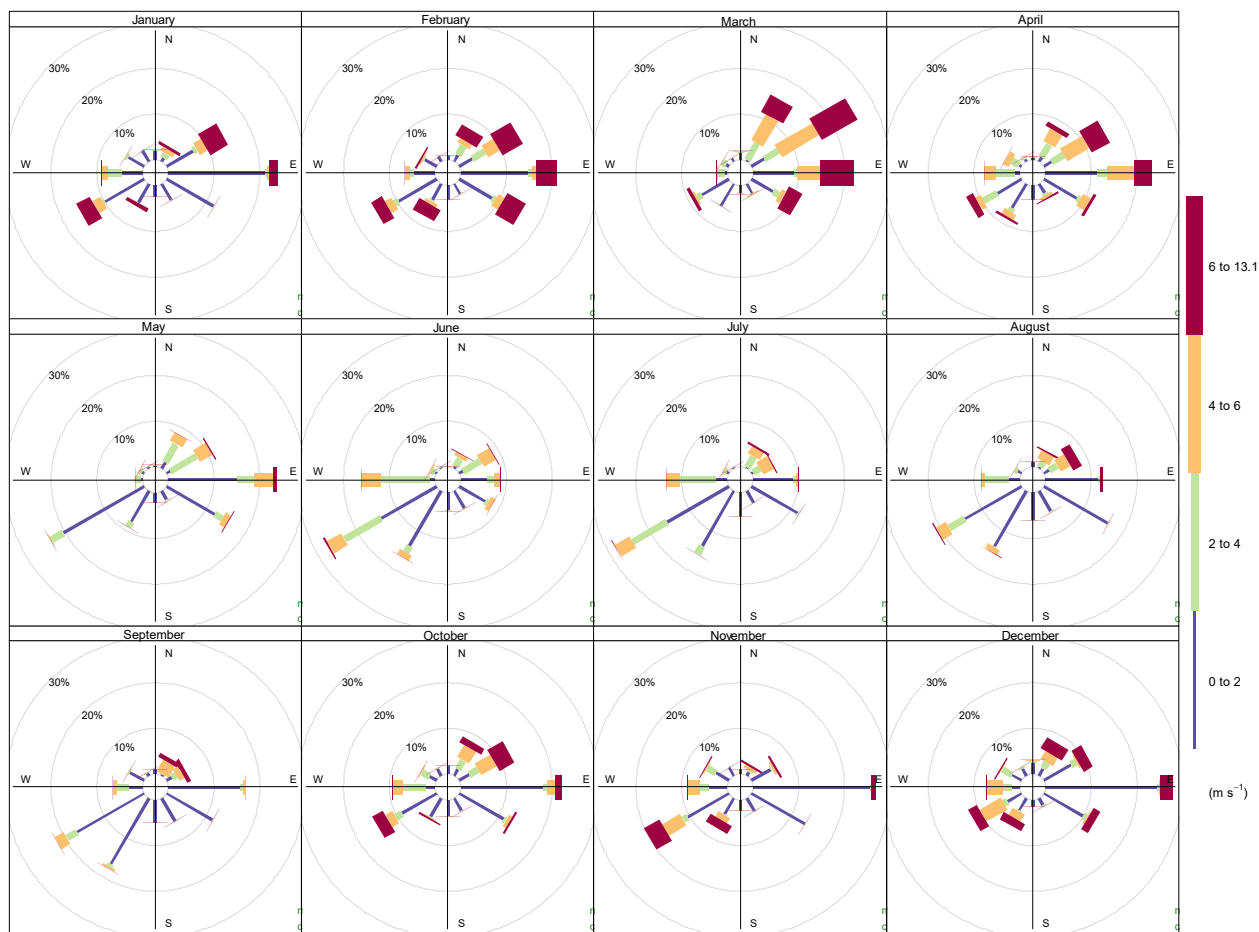
Vedlegg B

Utfyllende informasjon



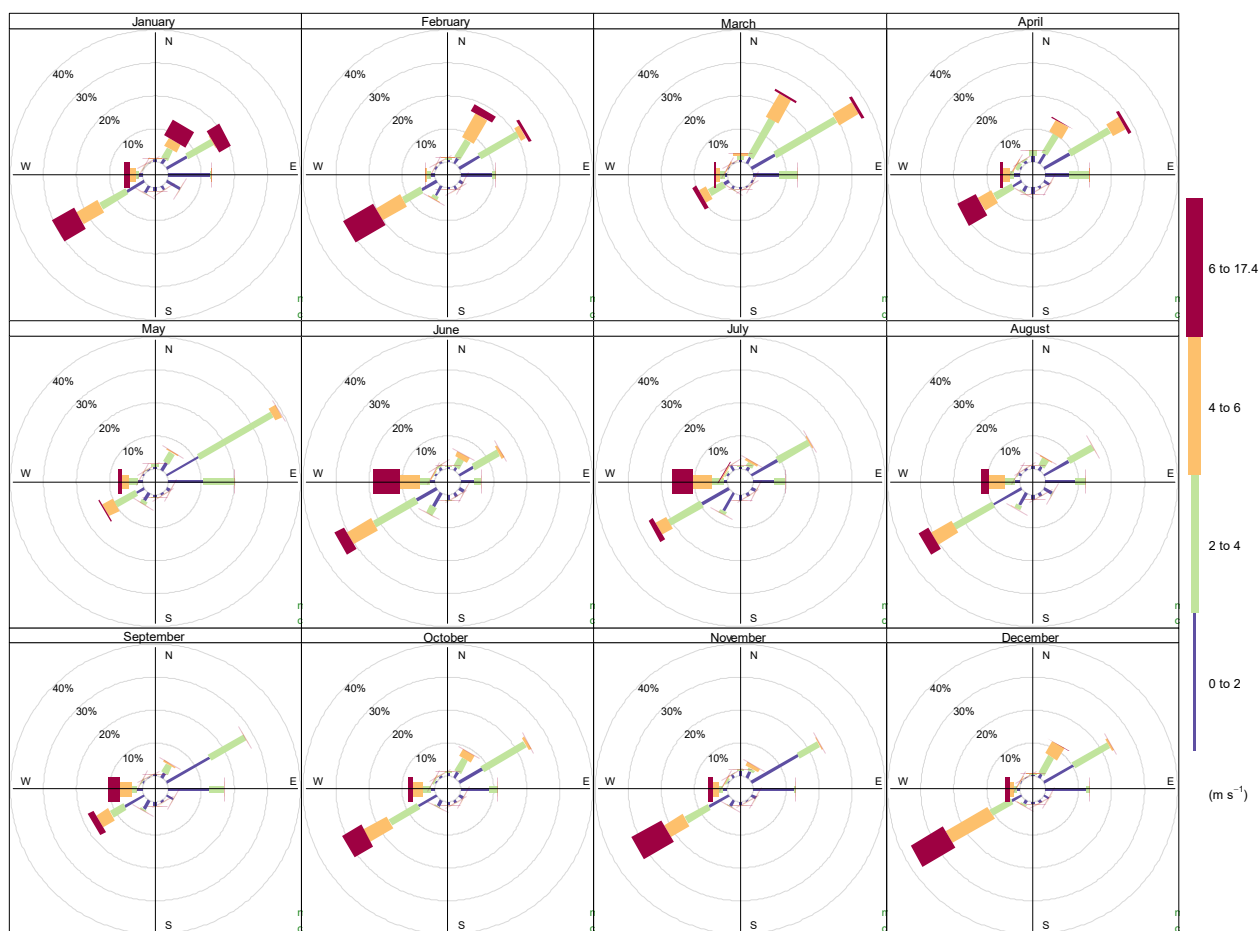
Frequency of counts by wind direction (%)

Midlet døgnvariasjon av vindretning og vindhastighet (dvs. vindroser for hver time av døgnet) ved Årdal VGS i måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025.



Frequency of counts by wind direction (%)

Månedlige vindroser fra Årdal VGS i måleperioden 12. januar 2024 – 2. januar 2025.



Frequency of counts by wind direction (%)

Månedlige vindroser fra Sogndal Lufthamn i perioden 1. januar 2024 – 31. desember 2024.



Lokasjon av HF målepunkter i 2020 (Moa rett øst for bedriften, Hjellegaldane 4,5 km nordøst for bedriften) og i 2024 (Årdal VGS i Årdal sentrum vest for bedriften).

NILU er et norsk, nonprofit og uavhengig klima- og miljøforskningsinstitutt stiftet i 1969. Vi startet som et luftforskningsinstitutt, men har utvidet til å i dag forske på nær alle sider av hvordan mennesker, klima og miljø påvirker hverandre.

Vårt mål er bedre livskvalitet for alle! Det bidrar vi til gjennom vår forskning på atmosfærens sammensetning, klimaendringer, luftkvalitet, miljøgifter, helseeffekter, bærekraftige systemer, sirkulærøkonomi og digitalisering. Til sammen muliggjør dette bærekraftige løsninger på aktuelle samfunns- og næringslivsutfordringer.

www.nilu.no