

NILU rapport 4/2025

Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon

Kalenderår 2024

Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon

Kalenderår 2024

Claudia Hak, Sébastien Oftedal Barrault, Erik Andresen

NILU rapport 4/2025

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

Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon
Kalenderår 2024

Engelsk tittel

Measurement of SO₂ in the surroundings of Elkem Carbon
Calendar year 2024

Forfatter(e)

Claudia Hak, Sébastien Oftedal Barrault, Erik Andresen

Kort sammendrag (norsk)

På oppdrag fra Elkem Carbon AS har NILU utført målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon i Kristiansand. Målingene ble utført med SO₂-monitor i boligområdet på Fiskåtangen (Konsul Wilds vei). I tillegg ble SO₂ målt med passive prøvetakere ved 3 steder rundt bedriften. Rapporten dekker målinger i perioden 1. januar – 31. desember 2024. Norske grenseverdier for luftkvalitet (SO₂) ble overholdt ved Konsul Wilds vei for alle midlingsperioder (årsmiddel, vintermiddel, døgnmiddel og timemiddel). To døgnmiddelverdier var over nedre vurderings terskel (50 µg/m³). Passive luftprøver viste at Fiskåveien, rett sør for bedriften, var det mest belastede stedet i måleperioden.

Kort sammendrag (engelsk)

On behalf of Elkem Carbon AS, NILU has carried out measurements of SO₂ in the surroundings of Elkem Carbon in Kristiansand. The measurements were performed with an SO₂ monitor in the residential area at Fiskåtangen (Konsul Wilds vei). In addition, SO₂ was measured with passive samplers at 3 locations around the industry. The report covers measurements in the period 1 Jan. – 31 Dec. 2024. Norwegian limit values for air quality (SO₂) were met at Konsul Wilds vei for all averaging periods (annual average, winter average, daily average and hourly average). Two daily averages were above the lower assessment threshold (50 µg/m³). Passive sampling results showed that the highest SO₂ levels in the surroundings were found at Fiskåveien, just south of the industrial area.

Nøkkelord

Luftkvalitet, Industriforurensning, Svoveldioksid

Antall sider

50

Prosjektleder

Claudia Hak

Oppdragsgiver

Elkem Carbon AS

Ansvarlig signatur

Aasmund Fahre Vik, viseadm. dir & CTO

Tilgjengelighet

A-Åpen

NILU prosjektnummer

O-119068

Oppdragsgivers referanse

Cathrine Blichfeldt

Dato

12.03.2025

© Stiftelsen NILU

Sitering

Hak, C., Barrault, S.O. og Andresen, E. (2025). *Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon. Kalenderår 2024* (NILU rapport 4/2025). Kjeller: NILU.

Forord

Prosjektet er utført av Stiftelsen NILU på oppdrag for Elkem Carbon AS. Bakgrunnen for prosjektet er krav fra Miljødirektoratet om å gjennomføre kontinuerlig måling av SO₂ i omgivelsesluft. Denne rapporten er den sjette rapporten om SO₂-målinger ved Elkem Carbon.

Arbeidet er i hovedsak utført av Claudia Hak som var prosjektleder og skrev rapporten. Erik Andresen bidro med analyser av passive prøvetakere. NILUs ingeniør ansvarlig for måleutstyret ved Elkem i 2024 var Sébastien Oftedal Barrault. Torleif Weydahl var intern kvalitetskontrollør.

Kontaktperson hos Elkem Carbon var Cathrine Blichfeldt.

Innhold

Forord	4
Sammendrag	6
1 Innledning	8
2 Måleprogram	9
3 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge	12
4 Målemetoder	15
4.1 SO ₂ monitor	15
4.2 Passive prøvetakere	16
5 Måleresultater	17
5.1 Meteorologiske parametere	17
5.2 Svoveldioksid (SO ₂)	18
5.2.1 Kontinuerlige målinger	18
5.2.2 Måling med passive prøvetakere	25
6 Diskusjon	27
7 Referanser	33
Vedlegg A Variasjon av vindretning og vindhastighet	34
Vedlegg B Geografisk fordeling av SO ₂ i måleområdet	38

Sammendrag

Stiftelsen NILU har på oppdrag fra Elkem Carbon AS gjort målinger av SO₂ for å kartlegge SO₂-konsentrasjonen i luft i området rundt Fiskå Teknologipark sør for Kristiansand. Denne rapporten presenterer resultater av målinger utført med SO₂-monitor ved en målestasjon plassert i boligområdet på Fiskåtangen i perioden 1. januar 2024 – 31. desember 2024 (kalenderåret 2024). Fordelingen av SO₂ i området ble i samme tidsperiode målt med passive SO₂-luftprøvetakere (1 måned eksponering, 12 eksponeringsperioder) på 3 ulike steder rundt bedriften. Lokal vindretning og vindhastighet ble målt på et høyt bygg inne på bedriftsområdet.

Grenseverdiene for årsmiddel, døgnmiddel og timemiddel ble overholdt ved målestasjonen i kalenderåret 2024 (1. januar – 31. desember 2024). Resultater fra passive prøvetakere tyder på at grenseverdien for beskyttelse av økosystemet (SO₂ årsmiddel) ble overholdt¹ ved alle lokasjoner.

Formålet med måleprogrammet er å kartlegge fordelingen av SO₂-konsentrasjonen i luft i omgivelsene rundt Elkem Carbon, og å kartlegge omfanget av eventuelle overskridelser av grenseverdier rundt Fiskå Teknologipark. Bakgrunnen for prosjektet er krav fra Miljødirektoratet om overvåking av SO₂.

En målebod med SO₂-monitor er plassert i Konsul Wilds vei i boligområdet på Fiskåtangen nord for bedriften. Rapporten omfatter SO₂-målinger over perioden 1. januar 2024 til 31. desember 2024 (kalenderåret 2024). Måleresultatene er registrert med tidsoppløsning på 10 minutter.

Passive SO₂-prøvetakere ble satt ut på 3 steder i området rundt bedriften og eksponert i én måned av gangen, totalt 12 måneder i perioden 8. januar 2024 til 2. januar 2025. De passive prøvetakerne var plassert slik at de gir et representativt bilde av den geografiske fordelingen av SO₂ i boligområdene rundt Fiskå Teknologipark.

En meteorologisk stasjon (med vindmast) er installert på et høyt bygg inne på bedriftsområdet for å bedre kunne tolke spredningen av luftforurensning i måleområdet. Vanligvis er hovedvindretningen i området fra sektor sørvest. Hovedvindretningene i perioden januar 2024 – desember 2024 var sørvest/vest og nordøst.

Årsmiddelverdien av SO₂-konsentrasjonen i perioden 1. januar 2024 – 31. desember 2024 ble målt til 5,5 µg/m³. Grenseverdien i forurensningsforskriften for beskyttelse av økosystemer på 20 µg/m³ ble dermed overholdt med god margin ved målestasjonen. Med en SO₂-middelverdi i vinterperioden 2023-2024 (1. oktober – 31. mars) på 3,9 µg/m³, ble også grenseverdien for beskyttelse av økosystemer i vinterperioden på 20 µg/m³ overholdt.

Høyeste SO₂-døgnmiddel i måleperioden ble målt til 61,9 µg/m³. Det var dermed ingen døgnmiddelverdier over grenseverdien på 125 µg/m³.

I måleperioden var to SO₂-døgnmiddelverdier over nedre vurderingsterskel (50 µg/m³) og ingen døgnmidler over øvre vurderingsterskel (75 µg/m³). Det er tillatt med tre døgnmidler over vurderingstersklene i løpet av et kalenderår. Overskridelse av vurderingsterskler foreligger når konsentrasjonen har vært over vurderingsterskelen minimum 3 av de siste 5 år (målingene har pågått i ca. 5,5 år). Målingene viser at øvre

¹ Merk at prøvetakeren eksponert i desember 2024 ved lokasjon Fiskåveien forsvant, dvs. årsmiddelet ved denne lokasjonen gjelder over 11 måneder.

vurderingsterskel var overskredet i 3 av de siste 5 årene (2020, 2021, 2022). Overskridelse av øvre vurderingsterskel medfører krav om å utarbeide tiltaksutredninger og krav til måling. Imidlertid har Elkem Carbon endret driftsstrategien i mai 2022 slik at utslippet fra koksovnene ikke går urensset til luft via fakkel lenger. Det har ikke blitt målt døgnmidler over $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (øvre vurderingsterskel) etter tiltaket. Miljødirektoratet fastla at krav til måling skal opprettholdes minst ut 2024.

Luftkvalitetskriteriet for døgnmidler på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet 23 ganger i løpet av måleperioden (i 6% av tiden). For luftkvalitetskriteriene (døgn og 15-minutt middel) er det ikke angitt antall akseptable overskridelser. Kriteriene er satt så lavt at ut fra nåværende kunnskap kan de aller fleste utsettes for disse nivåene uten å få skadevirkninger.

Høyeste SO_2 -timemiddel i måleperioden var $208 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det ble ikke registrert timemiddelverdier over grenseverdien på $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i måleperioden.

Luftkvalitetskriteriet for 15-minutt middel på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet ca. to ganger² i løpet av måleperioden.

Høyeste 10-minutt middelværdi i måleperioden var $377 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det ble ikke observert 10-minutt middelværdier over $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er WHO's anbefalte retningslinje for korttidseksponering.

Målinger med passive SO_2 -luftprøvetakere viste at prøvestedet ved Fiskåveien, rett ved bedriften, var prøvestedet som (på månedsbasis) var mest utsatt for SO_2 -utslipp, spesielt i vinter- og vårmånedene i 2024. Middelværdien over vinterhalvåret oktober 2023 – mars 2024 fra passive prøvetakere eksponert ved Fiskåveien (lokasjon 4) overskred en grenseverdi for beskyttelse av økosystemet (SO_2 vintermiddel $> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Grenseverdien for årsmiddel i 2024 (også for beskyttelse av økosystemet) ble derimot overholdt. Belastningen ved Fiskåveien er høyest ved vind fra nordlige sektorer. I perioden 2020 – 2022 opptrådte nordlig vind (N, NNØ) mellom 13% og 18% av året, men i 2024 ble vind fra disse sektorene målt i ca. 23% av tiden, samtidig som det blåste mindre fra hovedvindretningen, som er sør (S) og sørvest (SV).

Revidert luftkvalitetsdirektiv ble vedtatt i EU i oktober 2024. Nye krav vil gjelde i medlemslandene fra 2030. Når de nye reglene trer i kraft i Norge er ikke klart enda. Med dagens drift overholder SO_2 -nivået *fremtidig* helserelaterte grenseverdier for årsmiddel, døgnmidler og timemidler. Med tre overskridelser av *fremtidig* vurderingsterskel i 2024 var antallet så vidt innenfor det tillatte antallet, mens *fremtidig* vurderingsterskel var overskredet i årene 2020 – 2023.

² Eksakt antall kan ikke angis fordi minimum midlingsintervall for måldataene var 10 minutter.

Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon

Kalenderår 2024

1 Innledning

Elkem Carbon på Fiskå i Kristiansand produserer elektrodemasse og karbonprodukter til den metallurgiske industrien. Bedriften er omgitt av boligområder og lignende sensitiv bebyggelse og har rapportert store utslipp av SO₂ i flere år. Elkem Carbon har i sin tillatelse fra Miljødirektoratet krav om å gjennomføre kontinuerlig måling av SO₂ i omgivelsesluft.

Målinger av SO₂ er utført av NILU i boligområdene rundt bedriften. En SO₂-monitor er plassert i det boligområdet som, ifølge spredningsberegninger (Norsk Energi, 2020), er mest påvirket av utslippet fra bedriften. Boligområdet ligger medvinds i forhold til utslippskildene med hensyn til hovedvindretningen som er fra sørvest. SO₂-målingene logges som 10-minutt middelerverdier. I tillegg er passive prøvetakere for SO₂ plassert ved 3 ulike steder i boligområdene rundt industrien på Fiskå for å kartlegge den romlige fordelingen i området. Eksponeringstiden for de passive prøvetakerne er 1 måned. Målingene med SO₂-monitor og passive prøvetakere har pågått siden sommeren 2019. Denne rapporten omfatter målinger gjennom ett år for å dekke et bredt spektrum av meteorologiske forhold som i stor grad påvirker spredningen av utslipp og romlig fordeling av SO₂. Fordelingen og nivået av SO₂ ble vurdert mot kravene i forurensningsforskriften som har grenseverdier for både timemiddel, døgnmiddel, vintermiddel og årsmiddel. Parallelt med luftkvalitetsmålingene ble det gjennomført målinger av meteorologiske parametere, særlig vindretning og vindhastighet, på et representativt sted på bedriftsområdet for å få kjennskap til lokale spredningsforhold på Fiskå i måleperioden.

Elkem Carbon AS på Fiskå i Vågsbygd/Kristiansand kommune produserer karbonelektrodematerialer og spesialiserte karbonprodukter til metallurgiske prosesser som inngår i produksjonen av ferrolegeringer, grunnmetaller og primæraluminium (kalsinerte karbonprodukter og elektrode- og stampemasse). Grunnlaget for alle karbonprodukter fra Fiskå-anlegget er elektrisk kalsineringsteknologi. Kalsineringsprosessen medfører utslipp av blant annet SO₂, støv og tungmetaller. Elkem Carbon har totalt 14 kalsineringsovner. I måleperioden var til sammen 13 av disse i drift, hvorav 10 ble kjørt på antrasitt og 3 på petrolkoks. Driftstiden på de enkelte ovner varierer i ganske stor grad. 1 ovn var ute av drift i hele 2024.

Et SO₂-renseanlegg med sjøvannsscrubber ble satt i drift i 2017. Anlegget er installert på de tre kalsineringsovnene som kjøres på petrolkoks, som historisk har gitt det største utslippsbidraget av SO₂ til luft. Anlegget ble stanset flere ganger etter oppstart fordi det var behov for ytterligere rensetrinn (støvfilter (2018), våtelektrostatisk filter (WESP³, april 2019)). Anlegget har nå en rensegrad på ca. 99,5%. Den energirike fakkeltgassen fra kalsinering av koks forbrennes kontrollert i et brennkammer, før energi gjenvinnes i en hetoljeheater. Den avkjølte gassen sendes til SO₂-renseanlegget, hvor svovel fjernes. Renseanlegget har kun kapasitet til å rense 2 koksovner simultant og Elkem Carbon har tidligere hatt en driftsstrategi der man har tillatt at avgassen fra 1 koksovn kan gå urensset til luft via fakkelt under normal drift. Denne praksisen ble

³ WESP: Wet Electrostatic Precipitator

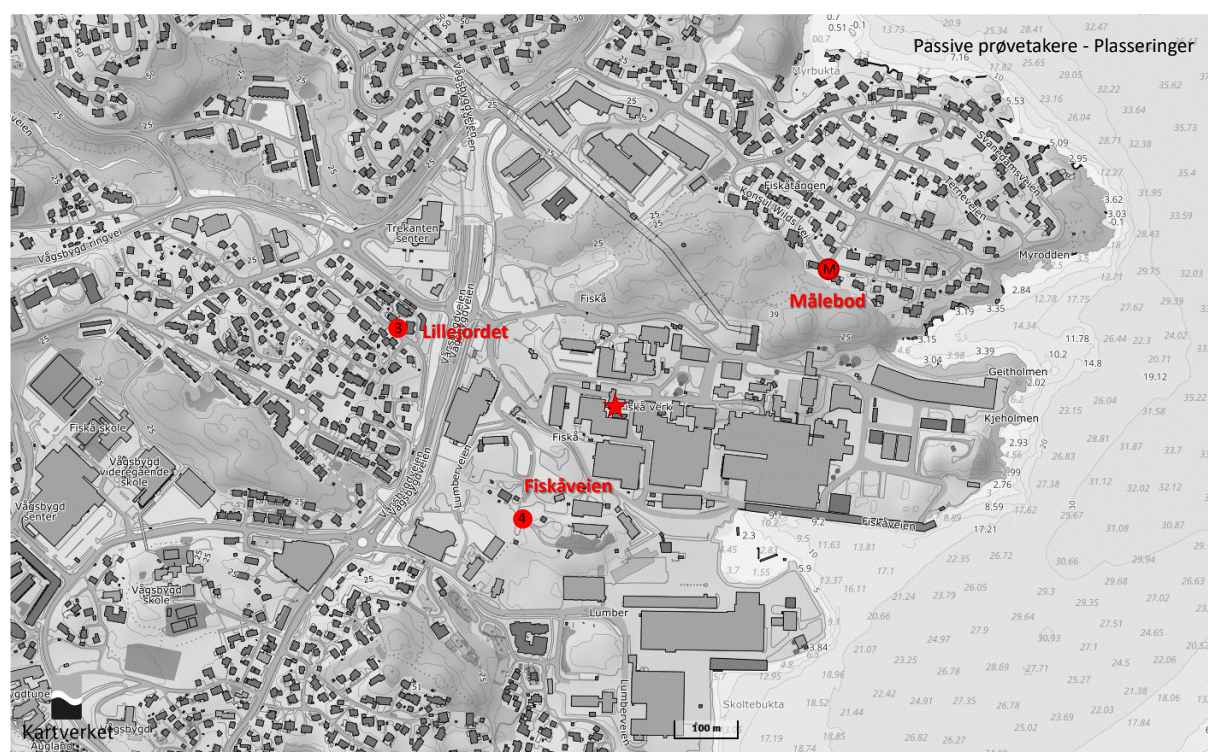
avviklet 1. mai 2022. I 2024 har dermed maksimalt to koksovner vært i drift samtidig. For antrasittovnene har det vært opp til 8 ovner i samtidig drift.

2 Måleprogram

Elkem Carbon ligger i et bebygget område med boligstrøk på flere kanter. SO₂ ble målt med SO₂-monitor (se Kapittel 4.1) på Fiskåtangen i det nærmeste boligområdet nordøst for bedriften. Dette var området som ifølge modellberegningene (Norsk Energi, 2020) er mest eksponert for utslipp fra Fiskå Teknologipark. Måleboden med SO₂-monitor er plassert i Konsul Wilds vei mellom husnummer 14 og 16. Plasseringen er markert med 'M' i Figur 1. Måleverdiene er logget som 10-minutt og timemiddelverdier.

For å kunne kartlegge den romlige fordelingen av SO₂ i øvrige boligområder nord, vest og sør for industriområdet på Fiskå, var det plassert passive SO₂-prøvetakere (se Kapittel 4.2) i disse områdene (Figur 1). Prøvetakingen pågikk i 12 måneder samtidig med de kontinuerlige SO₂-målingene med SO₂-monitor i Konsul Wilds vei.

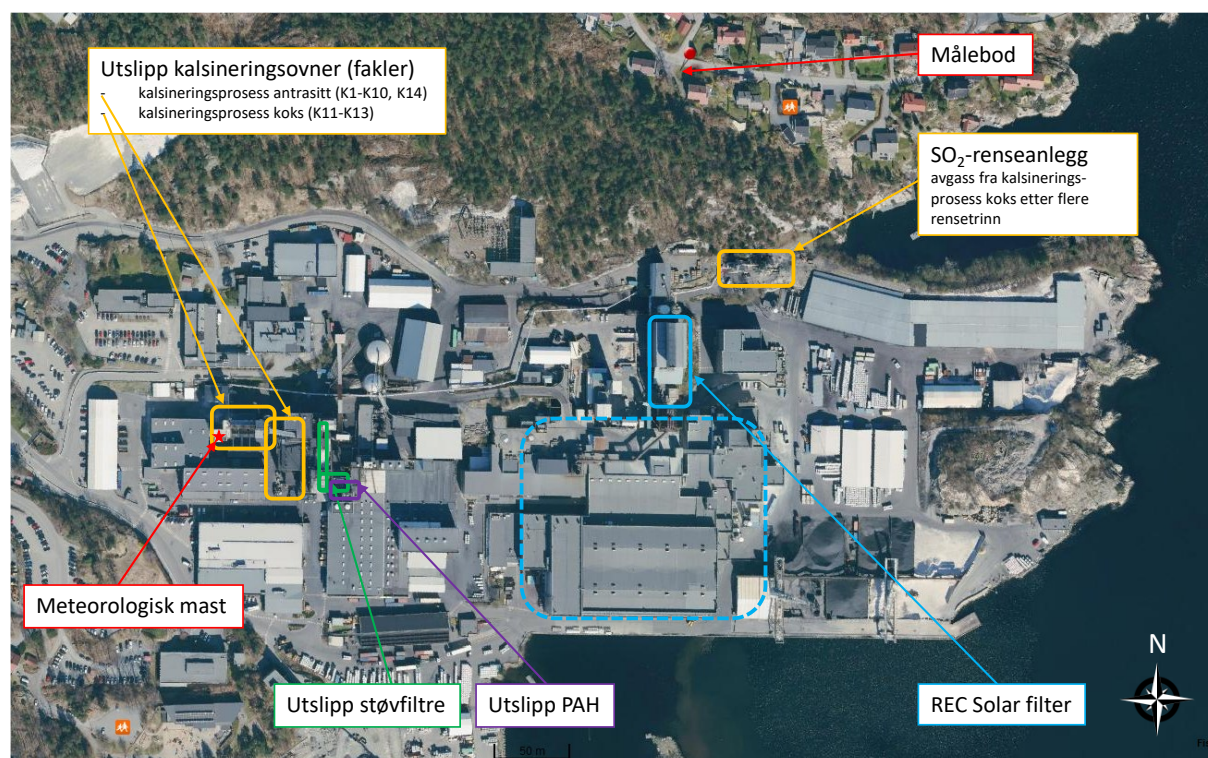
Én passiv prøvetaker var plassert ved måleboden ('M'), dvs. på samme sted som SO₂-monitoren. Prøvested 3 «Lillejordet» er i et boligområde vest for FV456/Vågsbygdveien. Prøvested 4 «Fiskåveien» er prøvestedet som var plassert nærmest bedriften, ved Eplehagen barnehage. Eksponeringstiden for de passive prøvetakerne var ca. 1 måned.



Figur 1: Kart over området som viser plasseringer av passive prøvetakere. M: målebod der SO₂-monitor var plassert. Lokasjonen til meteorologisk mast på bedriftsområdet er tegnet inn med stjerne.

Elkem Carbon har 11 kalsineringsovner som kjøres med antrasitt (K1-K10, K14). Tre kalsineringsovner kjøres utelukkende med petrolkoks (K11-K13). En oversikt over utslippspunktene er vist i Figur 2. Det brukes ulike

kvaliteter av antrasitt og petrolkoks, med ulikt svovelinhold (kan variere fra 0,15% S i lav-S antrasitt, til ca. 5% S i enkelte kokstyper). Avgass fra kalsineringsovnene for antrasitt fakles, mens de tre petrolkoksovnene K11-K13 er tilknyttet et felles energigjenvinnings- og renseanlegg. Per utgang 2024 har dette anlegget en kapasitetsbegrensning på samtidig rensing av kun to av tre koksovner. Utslippspunktet fra SO₂-renseanlegget er vist i Figur 2. Her slippes det ut avgass fra kalsineringsprosess koks etter flere rensetrinn. Avgassen sendes gjennom et støvfilter som er plassert umiddelbart foran en sjøvannsscrubber med våtelektrostatisk filter der svovel (i form av SO₂ og SO₃) fjernes. Hele renseanlegget er plassert ned mot sjøen ettersom svovelrensingen er basert på sjøvannsscrubber.



Figur 2: Lokalisering av utslippskilder til luft ved Elkem Carbon. Meteorologisk mast er lokalisert ved siden av utslippspunktene fra kalsinering.

Elkem Carbon er den største kilden til SO₂ i området, med utslipp på 238 tonn i 2023⁴ (www.norskeutslipp.no), fordelt på 202 tonn fra antrasittovner og 36 tonn fra koksovner. En annen industriell kilde for SO₂ og tungmetaller i området er Glencore Nikkelverk ved Hannevikbukta, nord for Fiskå (se Figur 3). Glencore Nikkelverk rapporterte SO₂-utslipp på 6 tonn i 2023 (www.norskeutslipp.no). Måleboden på Fiskåtangen ligger 200-300 m nord/nordøst for utslippskildene ved Elkem Carbon og 900 m sør for Glencore Nikkelverk. Skipstrafikk til og fra havnen i Kristiansand og havna i Fiskåbukta er også en mulig SO₂-kilde.

⁴ I 2024 var SO₂-utslippet fra Elkem Carbon 177 tonn, av disse bidro fakling av antrasittovnene med 164 tonn. For Glencore Nikkelverk var tall for 2024 ikke tilgjengelig på www.norskeutslipp.no når rapporten ble utarbeidet.



Figur 3: Oversiktskart over Kristiansand, der lokalisering av industrielle kilder og av målestasjonen (blå ring) er tegnet inn. Kartet er orientert nord-sør.

Den meteorologiske stasjonen er plassert på bedriftsområdet til Elkem Carbon for å få informasjon om spredning av luftforurensninger rett ved kilden (rød stjerne i Figur 1 og rød stjerne i Figur 2). Den 10 meter høye masten med vindsensor på toppen ble satt opp på taket i nordvest-enden av bygget som huser koksovnene K11-K13. Dette er det høyeste bygget på bedriftsområdet, med takhøyde på ca. 37 m over bakken, og det er rimelig å anta at vindstrømningen ikke blir forstyrret av bygninger i nærheten. Masten er vist i Figur 4. Meteorologiske parametere (vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet, lufttrykk og nedbør) ble logget kontinuerlig som 10 minutt- og timemidler.



Figur 4: Meteorologisk mast på taket av bygget som huser koksovnene, rett ved faklene fra kalsineringsovnene. Masten er midt i venstre bilde. Foto: Even Kristian Teigland.

3 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge

Utendørs luftkvalitet er i Norge regulert i forurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet. Forskriften har som formål å fremme menneskers helse og trivsel og beskytte vegetasjon og økosystemer ved å sette minstekrav til luftkvalitet og sikre at disse blir overholdt. 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 vurderingsterskler 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 SO_2 er gitt i Tabell 1. Timegrenseverdien for SO_2 på $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ skal ikke overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår. Dette betyr at den 25. høyeste målte timemiddelverdien ikke skal overskride grenseverdien. Døgn grenseverdien på $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ skal ikke overskrides mer enn 3 ganger per kalenderår.

Forurensningsforskriften definerer også en alarmterskel⁵ for SO₂ (§7-12) på 500 µg/m³ i tre sammenhengende timer.

De europeiske luftkvalitetsdirektivene har gjennomgått en revisjonsprosess over de siste årene. Et revidert luftkvalitetsdirektiv ble vedtatt i oktober 2024. 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. SO₂ (innskjerping av grenseverdi for døgnmidler, samt at grenseverdi over kalenderåret for beskyttelse av økosystemer også blir gjeldende som grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse). Høyre delen av Tabell 1 gir grenseverdiene i det reviderte luftkvalitetsdirektivet i grå skrift.

Tabell 1: SO₂-grenseverdier for tiltak, jfr. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931> §7-9. Forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft skal ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger. På høyre siden av tabellen vises også grenseverdier i det reviderte luftkvalitetsdirektivet som trer i kraft i EU i 2030 (i grå skrift).

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien	Revidert direktiv (GV trer i kraft 1.jan 2030)	Antall tillatte overskridelser
Timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 time	350 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår	350 µg/m ³	GV må ikke overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår
Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 døgn (fast)	125 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår	50 µg/m ³	GV må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår
Grenseverdi for beskyttelse av økosystemer	Kalenderår og i vinterperioden (1/10 - 31/3)	20 µg/m ³		20 µg/m ³	GV for årsmiddel blir også til GV for beskyttelse av menneskets helse

Forurensningsforskriften (FF) definerer også vurderingsterskler som er forurensningsnivåer lavere enn grenseverdien som angir krav til målenettverk og tiltaksutredning (FF kapittel 7 §7-11). Det skal gjennomføres målinger og tiltaksutredning ved overskridelse av øvre vurderingsterskel (FF §7-14). Mellom øvre og nedre vurderingsterskel reduseres kravet om målinger, det er tilstrekkelig med veiledende⁷ målinger. Under nedre vurderingsterskel vil det ikke være behov for målinger. Nivåene for SO₂ er spesifisert i Tabell 2. I det reviderte luftkvalitetsdirektivet ble øvre og nedre vurderingsterskel erstattet av én vurderingsterskel. Helsebaserte og vegetasjonsbaserte vurderingsterskler, som gjelder fra 2030, er vist i høyre delen av Tabell 2 i grå skrift.

⁵ Alarmterskel er et konsentrasjonsnivå i utendørsluft som gir helseeffekter i befolkningen ved korttidseksponering.

⁶ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931> [besøkt 13.02.2025]

⁷ «Veiledende målinger» er målinger som oppfyller mindre strenge datakvalitetsmål enn faste målinger. Datakvalitetsmål for veiledende målinger er: minst 14% tidsdekning, jevnt fordelt over året.

Tabell 2: Helsebaserte og vegetasjonsbaserte vurderingsterskler for SO₂ (Forurensningsforskriften, §7-11). Vegetasjonsbaserte vurderingsterskler gjelder for vinterperioden (1. oktober – 31. mars). På høyre siden av tabellen vises også vurderingsterskelen i det reviderte luftkvalitetsdirektivet som trer i kraft i EU i 2030 (i grå skrift).

Forurensningskomponent	Øvre vurderingsterskel	Nedre vurderingsterskel	Vurderingsterskel (fra 2030)
Helsebaserte vurderingsterskler			
SO₂	75 µg/m ³ (døgnerverdi) som ikke må overskrides mer enn 3 ganger pr kalenderår	50 µg/m ³ (døgnerverdi) som ikke må overskrides mer enn 3 ganger pr kalenderår	40 µg/m³ (døgnerverdi) som ikke må overskrides mer enn 3 ganger pr kalenderår
Vegetasjonsbaserte vurderingsterskler			
SO₂	12 µg/m ³ (vintermiddel)	8 µg/m ³ (vintermiddel)	8 µg/m ³ (vintermiddel)

Det foreligger fare for overskridelse av grenseverdien dersom øvre vurderingsterskel overskrides (FF §7-11). Overskridelse av vurderingsterskler foreligger når konsentrasjonen har vært over vurderingsterskelen minimum 3 av de siste 5 år.

Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har i tillegg til de ulike grensene i forurensningsforskriften fastsatt luftkvalitetskriterier for en rekke komponenter. Luftkvalitetskriteriene er fastsatt for ulike forurensningskomponenter basert på eksisterende kunnskap om hvilke helseeffekter de gir. Luftkvalitetskriterier 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.

Verdens Helseorganisasjon (WHO) har høsten 2021 oppdatert sine retningslinjer for luftkvalitet («air quality guidelines»)⁸. Retningslinjen for langtidseksponering av SO₂ (24 timers gjennomsnitt) ble hevet fra 20 µg/m³ til 40 µg/m³, basert på den seneste forskningen. Retningslinjen for korttidseksponering av SO₂ (10 minutters gjennomsnitt) er uforandret på 500 µg/m³. For å beskytte befolkningens helse bør retningslinjeverdier ikke overskrides.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Helsedirektoratet, Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har samarbeidet om å utarbeide forurensningsklasser og helseråd for en rekke typer forurensning (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ og O₃), se Tabell 3⁹. For SO₂ karakteriseres nivåene av forurensning som lite (timemiddelkonsentrasjon < 100 µg/m³), moderat (100 – 350 µg/m³), høyt (350 – 500 µg/m³) og svært høyt (> 500 µg/m³).

⁸ <https://iris.who.int/handle/10665/345329> [besøkt 20.01.2025]

⁹ Se forurensningsklasser gjengitt på «Luftkvalitet i Norge. Offentlig informasjon om lokal luftkvalitet» https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/artikkel/artikler/helserad_og_forurensningsklasser/#Forurensningsklasser [besøkt 20.01.2025]

Tabell 3: Forurensningsklasser for PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 , SO_2 og O_3 . Kilde: Luftkvalitet i Norge, skjermdump.

Klasser	Nivå	Helse- risiko	PM_{10} Døgn ($\mu g/m^3$)	$PM_{2,5}$ Døgn ($\mu g/m^3$)	PM_{10} Time* ($\mu g/m^3$)	$PM_{2,5}$ Time* ($\mu g/m^3$)	NO_2 Time ($\mu g/m^3$)	SO_2 Time ($\mu g/m^3$)	O_3 Time ($\mu g/m^3$)
	Lite	Liten	<30	<15	<60	<30	<100	<100	<100
	Moderat	Moderat	30-50	15-25	60-120	30-50	100- 200	100- 350	100- 180
	Høyt	Betydelig	50-150	25-75	120- 400	50-150	200- 400	350- 500	180- 240
	Svært høyt	Alvorlig	>150	>75	>400	>150	>400	>500	>240

* Forurensningsklassen for svevestøv (PM_{10} og $PM_{2,5}$) er i utgangspunktet gitt for døgnmiddel (gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av et døgn). Tilsvarende forurensningsklasse for timemiddel (gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av en time) er en matematisk omregning basert på statistikk. Når timemiddelet for svevestøv kommer i forurensningsklassen gul er det mest sannsynlig at døgnet også blir gult. Forurensningsklassene for svevestøv ble [revidert i desember 2018](#).

4 Målemetoder

4.1 SO_2 monitor

Svoveldioksid ble målt med SO_2 -monitor (Teledyne API T100). Instrumentet bruker referansemeteren for måling av SO_2 (NS-EN 14212:2012), dvs. UV fluorescens. Dette er i henhold til kvalitetskriteriene for måling av SO_2 etter krav i forurensningsforskriften/luftkvalitetsdirektivet.

Måleverdiene ble logget som 10-minutt- og timemiddelverdier og lagret i databasen hos NILU i nær sanntid. Ti minutter tidsoppløsning kan være velegnet dersom oppdragsgiveren ønsker å ta dataene inn i styringen av prosessene. I måleperioden ble aktuelle timemiddelverdier også vist i luftkvalitetsportalen¹⁰ <https://luftkvalitet.nilu.no> som er åpent for publikum.

Målingene ble utført etter kvalitetssystemet for måling av lokal luftkvalitet utarbeidet av det Nasjonale referanselaboratoriet for luftkvalitetsmålinger i samarbeid med Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2014). Dataene ble kontrollert jevnlig i hele måleperioden via online tilgang. Instrumentet ble kontrollert ukentlig av lokale stasjonsansvarlige fra bedriften (zero-span-sjekk, kalibrering) og rutinemessig vedlikehold ble

¹⁰ Tidligere måldata er tilgjengelige her: <https://luftkvalitet.nilu.no/historikk>

utført av NILU hver tredje måned. Presisjonen til SO₂-monitoren ligger på $\pm 0,5\%$ ved konsentrasjoner over 50 ppb (tilsvarer ca. 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.2 Passive prøvetakere

Passive luftprøvetakere for SO₂ ble brukt i måleprosjektet for å kartlegge fordelingen av SO₂ i området. Passive prøvetakere er små brikker (ca. 2,5 cm i diameter) som ikke krever tilgang til strøm eller mobilnett. De monteres i et stativ som beskytter for regn (se Figur 5) og det er mulig å plassere prøvetakere for ulike gasser i det samme stativet. De passive prøvetakerne ble plassert i boligområder rundt Fiskå Teknologipark.



Figur 5: Passive prøvetakere i stativ som gir værbeskyttelse. Her vises prøvetakeren som er samlokalisert med målestasjonen i Konsul Wilds vei. Bildet viser 2 parallelle prøvetakere, som ble brukt i 2019. I 2024 var det én prøvetaker per målepunkt. Merk at den er montert rett ovenfor inntaket til SO₂-monitoren. Foto: Even Kristian Teigland.

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 SO₂-prøvetakeren er impregnert med et alkali (kaliumhydroksid, KOH) som er løst opp i metanol. Det blir tilsatt H₂O₂ (hydrogenperoksid) løsning ved utvasking av filtrene. SO₂-konsentrasjonen er beregnet fra sulfatkonsentrasjonen samlet på filteret, som blir bestemt med ionekromatografi.

Passive prøvetakere gir tidsintegrerte konsentrasjoner med kontinuerlig tidsdekning, dvs. gjennomsnittskonsentrasjonen over en gitt tidsperiode (her – én måned). Midlingsperioden er bestemt av hvor lenge prøvetakeren har blitt eksponert for uteluft, som i denne studien var mellom 24 og 35 dager. Deteksjons-

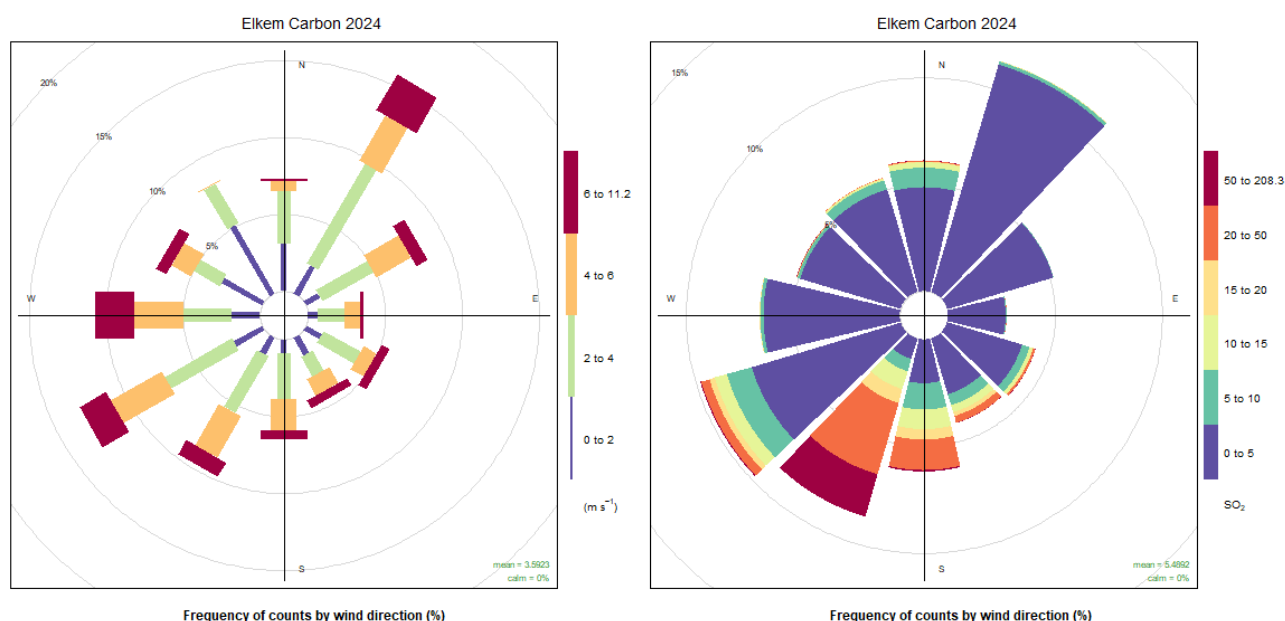
grensen for SO₂ ved 30 dagers eksponering er 0,1 µg/m³. Måleusikkerheten som tilskrives prøvebehandling og kjemiske analyser på laboratoriet ligger innenfor ± 10%.

5 Måleresultater

5.1 Meteorologiske parametere

Meteorologiske målinger, spesielt vindretning og vindhastighet, er grunnleggende for å bestemme spredning og transport av luftforurensning. Meteorologiske parametere (vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet, lufttrykk og nedbør) ble målt på bedriftsområdet til Elkem Carbon, der NILU hadde satt opp en 10 m høy meteorologisk mast. De viktigste tilgjengelige parametere er vindretning, vindhastighet og temperatur. Masten var lokalisert på et høyt bygg på bedriftsområdet i umiddelbar nærhet til utslippspunktene.

Vindrose og forurensningsrose midlet over hele måleperioden 1. januar 2024 – 31. desember 2024 (12 måneder) er vist i Figur 6. Vindroser viser fordelingen av vindhastighet og vindretning, dvs. med hvilken frekvens det forekommer vind fra tolv 30° vindretnings-sektorer, ved målestedet. I motsetning til tidligere år der vind fra sørvest dominerte, hadde vindrosen i 2024 dominerende vind fra sektorene sørvest og vest (ca. 33% av året) og fra nordøst (ca. 16% av året). Vind fra sør og sør-sørvest ble observert ca. 16% av året. I årene 2019 – 2022 var derimot SSV – VSV hovedvindretning med en andel på over 30% av året. Forurensningsrosen viser sammenheng mellom målt SO₂-konsentrasjon i Konsul Wilds vei og vindretning målt ved Elkem Carbon for tolv 30°-vindretningssektorer, basert på timemiddelverdier. Konsentrasjonen er presentert av en fargeskala fra blå (lav konsentrasjon) til rød (høy konsentrasjon). De høyeste verdier (over 50 µg/m³) ble målt ved vind fra sør og sør-sørvest.



Figur 6: Vindrose (venstre) og forurensningsrose (høyre) for hele måleperioden (1. januar 2024 – 31. desember 2024) basert på timemiddelverdier. Vindroser viser med hvilken frekvens det forekommer vind fra angitt retning. Vindretning og vindhastighet er målt på bedriftsområdet. SO₂-konsentrasjonen (µg/m³) er målt i Konsul Wilds vei.

I måleperioden ble høyest SO₂-konsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei når det blåste fra sørlige retninger, dvs. fra sør-sørvest, sør og sørøst, i sjeldne tilfeller ved vind fra nord. Timekonsentrasjoner over 50 µg/m³ ble kun observert ved vind fra sør-sørvest (Figur 6).

Månedlige vindroser i perioden januar 2024 – desember 2024 er vist i Vedlegg A.

Fremherskende vindretninger i måleperioden varierte mellom fra nordøst, vest og sørvest. Vind fra nordlig kant ble hovedsakelig observert mellom januar og mai.

Målestasjonen for kontinuerlig måling av SO₂ var plassert nord/nordøst for utslippspunktene på Fiskå slik at målestasjonen er utsatt for utslipp ved sørlig til sørvestlig vind (se Figur 1 og Figur 2).

Månedlige forurensningsroser for perioden januar 2024 – desember 2024 er vist i Vedlegg A.

Det ble ikke alltid observert høy SO₂-konsentrasjon når det blåste fra Fiskå (dvs. fra sør og sørvest), men når det ble observert høy SO₂-konsentrasjon i Konsul Wilds vei, så blåste det fra industriområdet (se Figur 2 og Figur 3). I tillegg er belastningen av nærområdet påvirket av atmosfærisk stabilitet, som ikke er målt, og vindhastighet.

5.2 Svoveldioksid (SO₂)

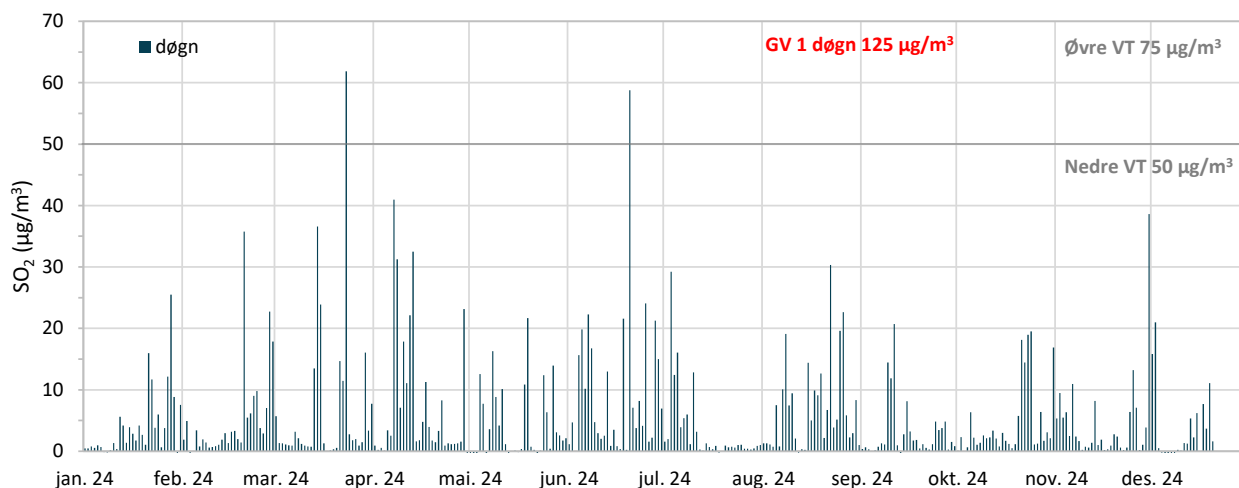
5.2.1 Kontinuerlige målinger

Målingene med SO₂-monitor i Konsul Wilds vei i perioden 1. januar 2024 – 31. desember 2024 (kalenderåret 2024) ga et årsmiddel på 5,5 µg/m³. Dette er lavere enn årsgrenseverdien for beskyttelse av økosystemer på 20 µg/m³, som gjelder over et kalenderår.

Også grenseverdien for beskyttelse av økosystemer i foregående vinterperiode 2023-2024 (1. oktober 2023 – 31. mars 2024) på 20 µg/m³ ble overholdt. Middelverdien som ble målt i Konsul Wilds vei i vinterperioden var 3,9 µg/m³. Middelverdien over vinterperioden var også lavere enn vurderingstersklene for beskyttelse av økosystem og vegetasjon på 12 µg/m³ (øvre vurderingsterskel) og 8 µg/m³ (nedre vurderingsterskel).

Døgnmiddelverdiene for SO₂ målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 7. Den høyeste døgnmiddel-konsentrasjonen observert i måleperioden var 61,9 µg/m³ og ble målt 23. mars 2024.

Denne dagen var et av to tilfeller i kalenderåret med døgnmiddel over 50 µg/m³, som er nedre vurderingsterskel for beskyttelse av menneskers helse. Nest høyeste døgnmiddel, 58,7 µg/m³, ble observert 20. juni 2024. I begge tilfellene var vindretningen fra sør-sørvest, med vindhastighet mellom 5 og 6 m/s.

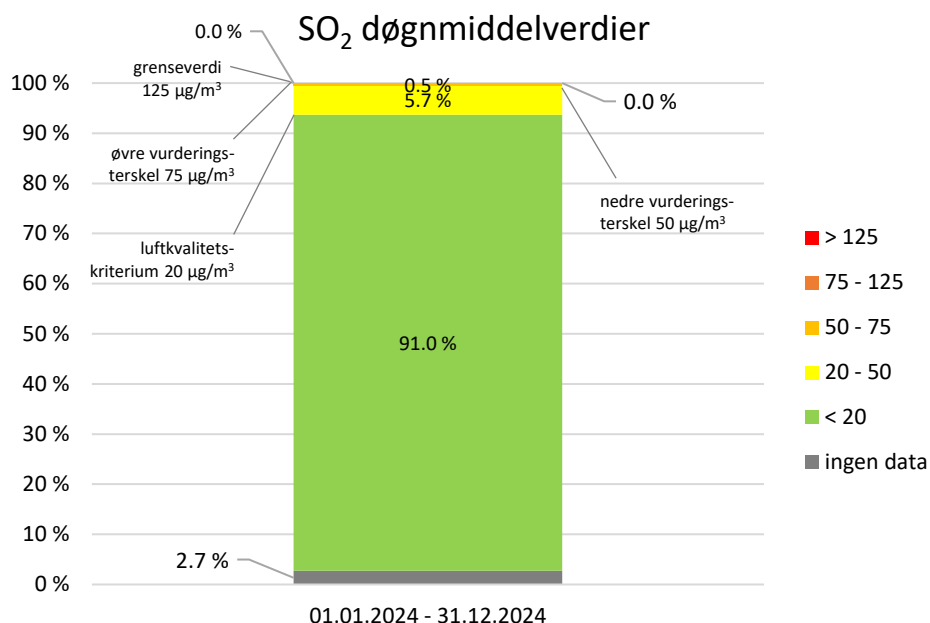


Figur 7: *SO₂-døgnmiddelkonsentrasjoner ved Konsul Wilds vei i måleperioden. Grenseverdien for døgnmiddel på 125 µg/m³ (må ikke overskrides mer enn 3 ganger per kalenderår) er angitt med røde bokstaver. Nedre og øvre vurderingsterskel angis for å avgjøre krav om måling.*

Hovedsakelig ble det observert SO₂-døgnmidler under 20 µg/m³. Dette var tilfellet for 91,0% av dagene i måleperioden (Figur 8). Døgnmiddelkonsentrasjonen 20 µg/m³ er luftkvalitetskriterium¹¹ i Norge for å beskytte befolkningens helse. Denne ble overskredet 23 ganger i løpet av måleperioden (6,3% av tiden). WHO-retningslinjen ble endret fra 20 µg/m³ til 40 µg/m³ høsten 2021 etter en ny evaluering av effekten av korttids SO₂-konsentrasjoner. Døgnmiddelkonsentrasjoner over 40 µg/m³ ble observert for 3 døgn (0,8% av tiden). Ved revisjonen av luftkvalitetskriteriene i 2021 forble verdien for SO₂ uendret.

Døgnmiddelverdier over nedre vurderingsterskel på 50 µg/m³ ble observert i 0,5% av dagene (2 døgn). Ingen døgnmidler over øvre vurderingsterskel på 75 µg/m³ ble målt i 2024.

¹¹ Folkehelseinstituttet: Luftkvalitetskriterier <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/>

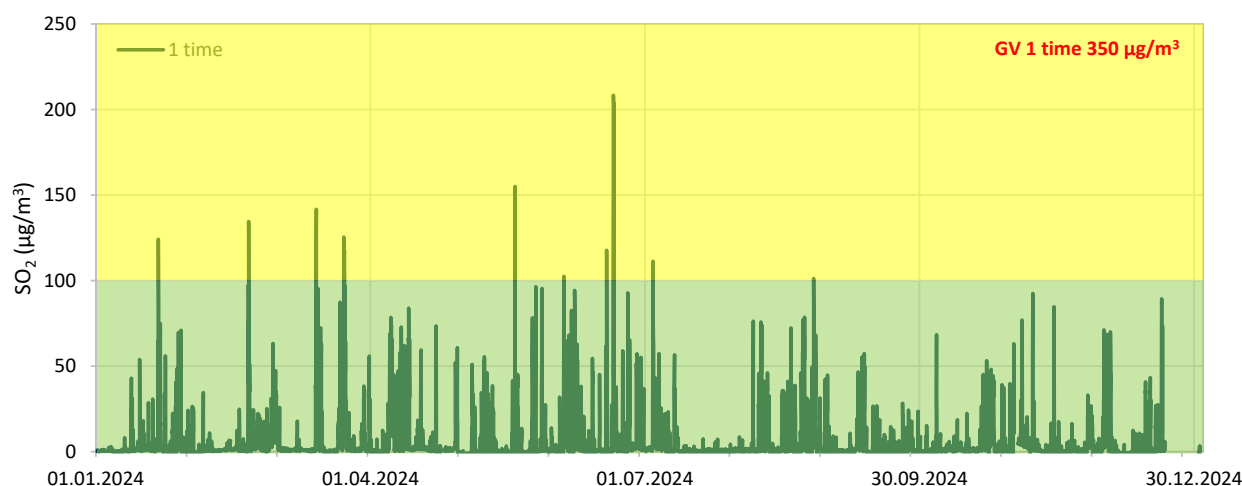


Figur 8: Fordeling av SO₂-døgnmiddelkonsentrasjoner (µg/m³) på angitte intervaller i måleperioden.

SO₂-timemidler målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 9. Grenseverdien for timemidler på 350 µg/m³ er angitt med røde bokstaver. Denne må ikke overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår. I kalenderåret 2024 ble timemiddelkonsentrasjonen 350 µg/m³ ikke overskredet, dvs. grenseverdien ble overholdt.

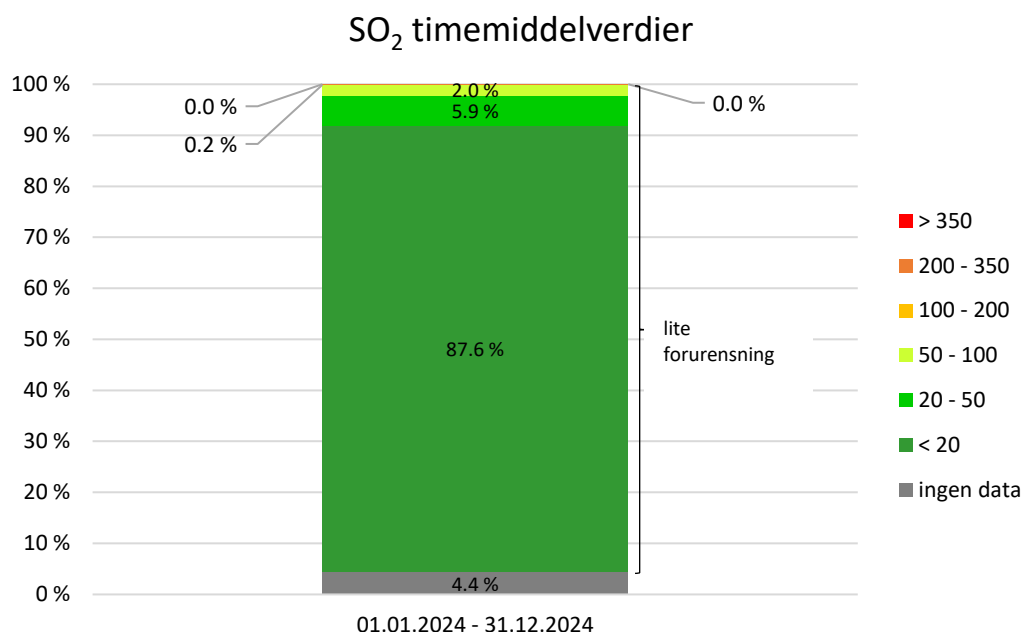
Høyeste timemiddel i måleperioden var 208 µg/m³, målt 20. juni 2024, kl. 13-14. Vindretningen var fra sør-sørvest ved en midlet vindhastighet på 5,2 m/s. Årsaken for høye SO₂-konsentrasjoner denne ettermiddagen var en hendelse på forbrenningsanlegget til koksovnene som førte til at Elkem Carbon hadde 1 koksovn til fakkell, i tillegg til 6 antrasittovner.

Bakgrunnsfargene angir forurensningsklassene (se Tabell 3 i Kapittel 3). Lite forurensning (grønn) ble observert i 95,4% av tiden, moderat forurensning (gul) i 0,2% av tiden. Høy forurensning (oransje) og svært høy forurensning ble ikke observert i måleperioden.



Figur 9: *SO₂ tidsserie over kalenderåret 2024 (1. januar 2024 – 31. desember 2024) ved Konsul Wilds vei. Grenseverdien for timemiddel er angitt med røde bokstaver (skal ikke overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår). Forurensningsklasser vises med fargekode: grønn (lite), gul (moderat), oransje (høyt), rød (svært høyt).*

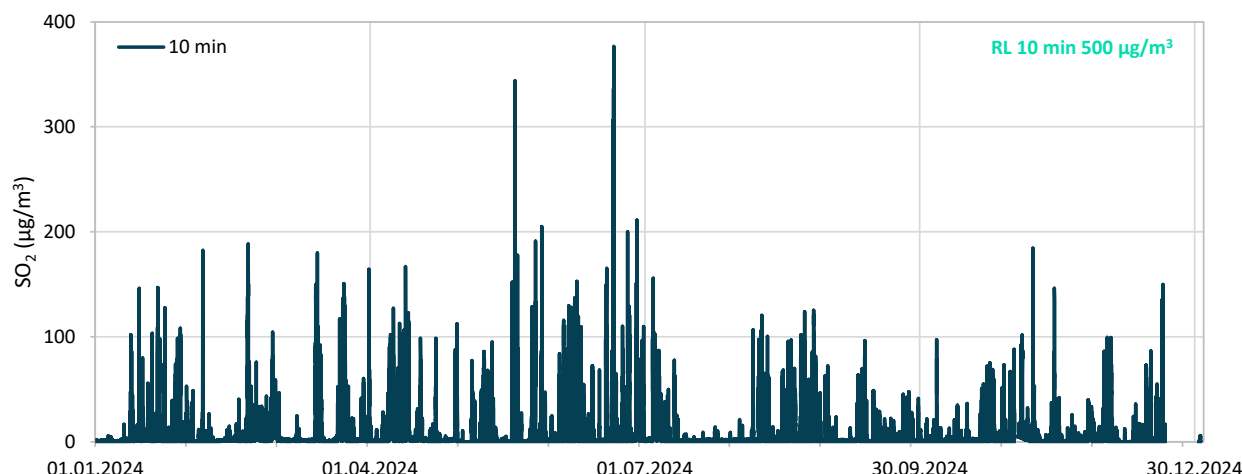
Fordelingen av SO₂-timemiddelkonsentrasjoner på ulike store konsentrasjonsintervaller¹² i måleperioden er også vist i Figur 10.



Figur 10: *Fordeling av SO₂-timemiddelkonsentrasjoner på angitte konsentrasjonsintervaller (µg/m³) i måleperioden.*

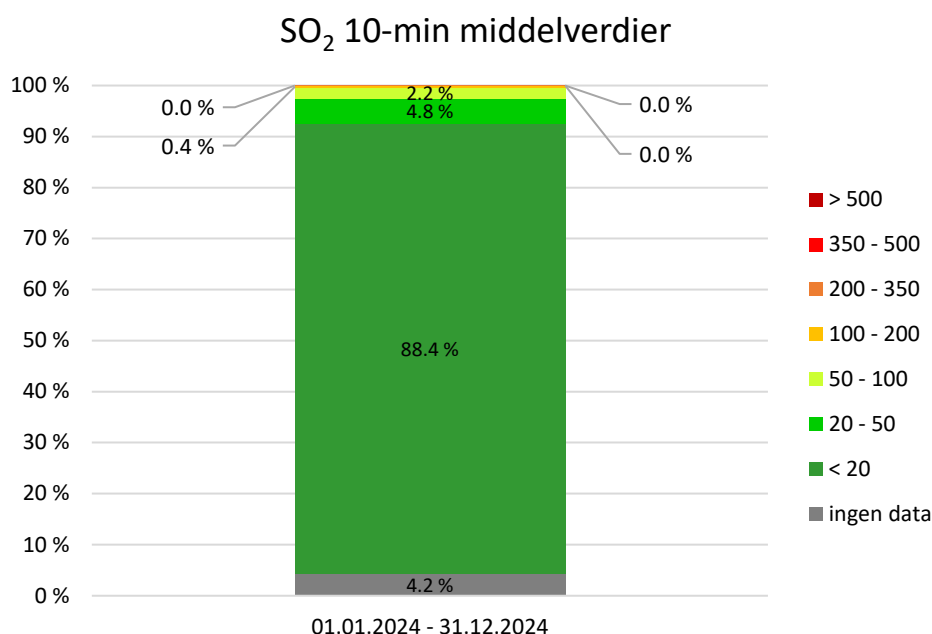
¹² For 383 timer i 2024 foreligger det ikke SO₂-data: 24 timer 24.-25. april pga. instrumentfeil, 27 timer 31. oktober-1. november pga. planlagt instrumentbytte, 268 timer 20.-31. desember pga. instrumentfeil. Dessuten ca. 1 time hver uke pga. kalibrering.

Tidsserien for SO₂ 10-minutt middelveier i måleperioden er vist i Figur 11. Retningslinjen på 500 µg/m³ for 10 minutters eksponering som Verdens Helseorganisasjon (WHO) har satt som anbefaling er angitt med turkise bokstaver. Retningslinjeveier ble ikke overskredet i 2024. Høyeste 10-minutt middel i måleperioden var 376,8 µg/m³, målt 20. juni 2024, kl. 17:30-17:40. Vindretningen var fra sør-sørvest.



Figur 11: 10-minutt middelveier for SO₂ ved Konsul Wilds vei i perioden 1. januar 2024 – 31. desember 2024. WHO-retningslinjen for korttidseksponering (500 µg/m³) er angitt med turkise bokstaver.

Figur 12 viser hvor ofte 10-minutt middelveier i ulike store konsentrasjonsintervaller ble observert i løpet av kalenderåret 2024.



Figur 12: Fordeling av 10-minutt middelveier av SO₂ på ulike store konsentrasjonsintervaller (µg/m³) i måleperioden.

Luftkvalitetskriteriet for 15-minutt middelveier på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet omtrent to ganger i løpet av måleperioden. Eksakt antall kan ikke angis fordi minimum midlingsintervall for måledataene var 10 minutter.

Et sammendrag av de viktigste måleresultatene for Konsul Wilds vei er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: Sammenndrag av målinger av SO₂ med monitor ved Konsul Wilds vei i måleperioden (1. januar 2024 – 31. desember 2024). Konsentrasjoner er angitt i µg/m³.

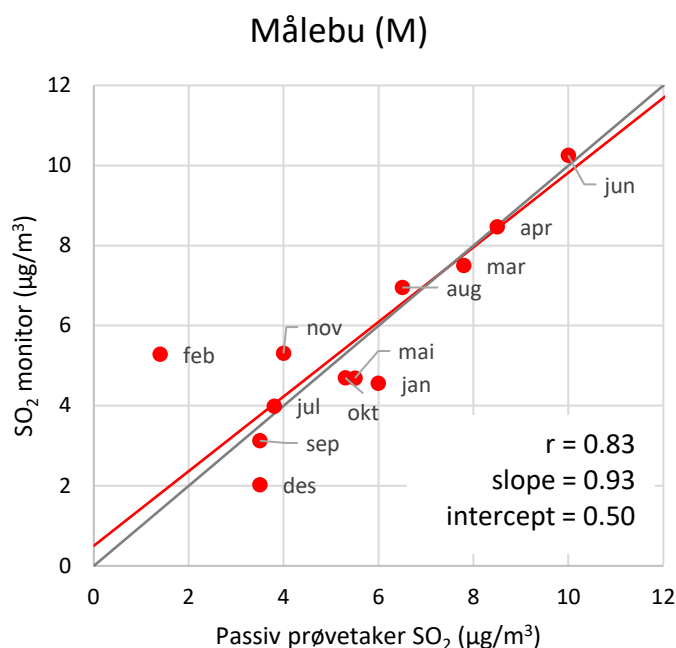
KWV	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgnobs.	Antall døgnmidler	Antall døgnmidler	Høyeste time-middel	Antall time-obs.	Antall time-verdier	Antall time-verdier	Antall time-verdier	Antall time-verdier	Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min
				> 20	> 50			< 100	100 - 350	350 – 500	> 500		> 500
Jan24	4,2	25,5	31	1	0	124,3	739	738	1	0	0	146,8	0
Feb24	5,3	35,8	29	2	0	134,5	691	690	1	0	0	188,8	0
Mar24	7,1	61,9	31	3	1	141,7	740	735	5	0	0	179,9	0
Apr24	8,1	41,0	28	5	0	84,0	690	690	0	0	0	167,0	0
Mai24	4,2	21,7	31	1	0	155,0	763	762	1	0	0	344,0	0
Jun24	10,2	58,7	30	5	1	208,3	688	680	8	0	0	376,8	0
Jul24	3,3	29,2	31	1	0	111,4	738	737	1	0	0	155,7	0
Aug24	7,2	30,3	31	2	0	101,2	739	738	1	0	0	125,1	0
Sep24	3,1	20,7	30	1	0	57,2	714	714	0	0	0	96,3	0
Okt24	4,4	19,5	30	0	0	68,4	723	723	0	0	0	97,2	0
Nov24	4,5	38,6	29	1	0	92,5	703	703	0	0	0	184,5	0
Des24*	3,8	21,0	19	1	0	89,5	473	473	0	0	0	149,9	0
2024	5,5	61,9	350	23	2	208,3	8401	8383	18	0	0	376,8	0

*På grunn av et instrumentfeil foreligger det ikke SO₂-data i perioden 20. – 31. desember (268 timer).

5.2.2 Måling med passive prøvetakere

Fordelingen av SO_2 i området rundt Fiskå ble kartlagt ved hjelp av passive prøvetakere. Prøvetakerne ble eksponert i månedsperioder som dekker hele året. Prøvetakerne var plassert på 3 steder i boligområder rundt Fiskå Teknologipark (se Figur 1 i Kapittel 2) og gir informasjon om SO_2 -konsentrasjonen også i områdene uten høyoppløst måling.

Én lokasjon var ved måleboden for å sammenligne konsentrasjonen målt med passiv prøvetaker med konsentrasjonen målt med SO_2 -monitor (referansem metode), midlet over samme tidsperiode (eksponeringsperioden). Prøvetakeren var montert rett over inntaket til SO_2 -monitoren som vist i Figur 5. Et scatter-plot for alle 12 eksponeringsperiodene (Figur 13) viser at konsentrasjonene målt med passiv prøvetaker i perioden er på samme nivå som konsentrasjonene målt av SO_2 -monitoren. Det betyr at SO_2 -målingene fra passive prøvetakere presentert i denne rapporten gir et godt estimat på SO_2 -nivået i området. Ved måleboden ble det målt månedsmiddelkonsentrasjoner opp til $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Måleusikkerheten for passive prøvetakere er høyere enn for SO_2 -monitoren (se Kapittel 4). Resultater fra alle passive prøvetakere fra 2024 er samlet i Tabell 5.



Figur 13: Sammenligning av resultatene fra passive SO_2 prøvetakere eksponert ved måleboden i Konsul Wilds vei (x-akse) og resultatene fra SO_2 -monitoren i målebod (y-akse), midlet over samme tidsperiode, for perioden januar 2024 – desember 2024. Grå linje viser 1:1-linjen. Rød linje viser resultatet fra ortogonal regresjon.

Tabell 5: Resultater fra passive prøvetakere for 12 eksponeringsperioder (lokasjonene og eksakte datoer for eksponeringsperiodene er vist i Vedlegg B). MR: Midlet konsentrasjon fra SO₂-monitoren (referansem metode) i måleperioden; M: Passiv prøvetaker ved måleboden. Alle konsentrasjoner er angitt i µg/m³.

		Målebod		Lillejordet	Fiskåveien
		MR	M	3	4
«Jan»	08.01. – 07.02.2024	4,6	6,0	0,8	6,9
«Feb»	07.02. – 07.03.2024	5,3	1,4	2,6	30,6
«Mar»	07.03. – 04.04.2024	7,5	7,8	3,8	43,9
«Apr»	04.04. – 02.05.2024	8,5	8,5	8,4	38,2
«Mai»	02.05. – 04.06.2024	4,7	5,5	12,2	21,2
«Jun»	04.06. – 28.06.2024	10,3	10,0	3,1	3,4
«Jul»	28.06. – 02.08.2024	4,0	3,8	1,4	4,0
«Aug»	02.08. – 03.09.2024	7,0	6,5	2,2	5,5
«Sep»	03.09. – 03.10.2024	3,1	3,5	5,8	20,7
«Okt»	03.10. – 01.11.2024	4,7	5,3	15,4	5,5
«Nov»	01.11. – 02.12.2024	5,3	4,0	1,2	6,1
«Des»	02.12. – 02.01.2025	2,0*	3,5	5,4	–**
«2024»	08.01.2024 – 02.01.2025	5,6	5,5	5,2	16,9

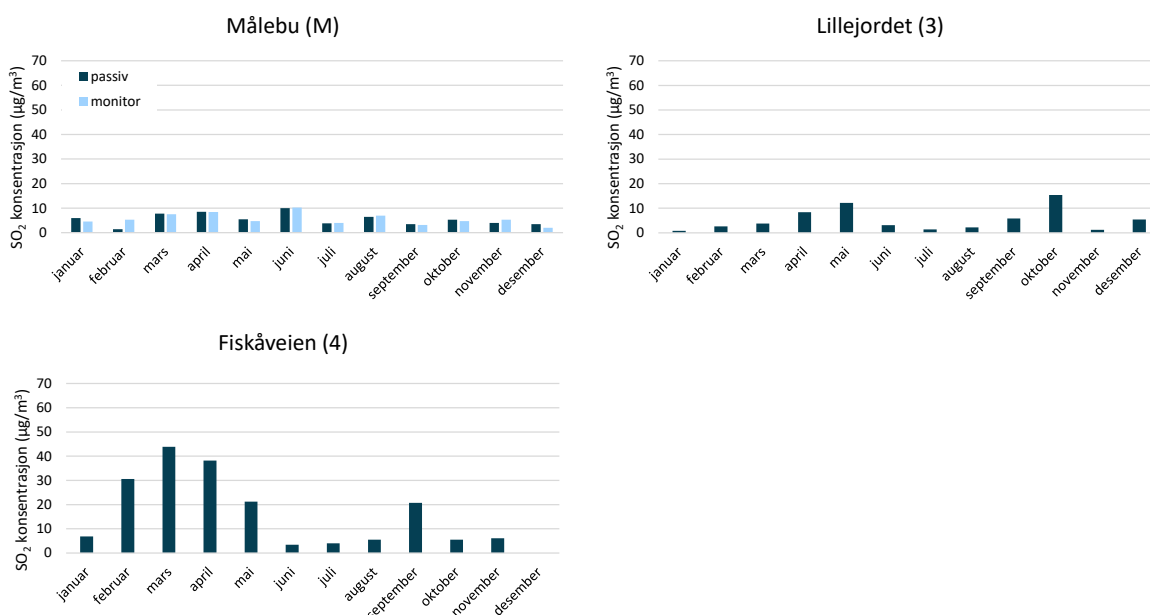
*I desember mangler det ca. 11 dager med måledata fra SO₂-monitoren

**Stativet til passiv prøvetaker var festet til en lysstolpe. Stolpen i Fiskåveien hadde blitt fjernet i løpet av desember i forbindelse med utbedring av elektroanlegget i området. Prøvetakeren er borte.

SO₂-fordelingen i måleområdet er vist på kart i Vedlegg B for hver eksponeringsperiode, sammen med en vindrose midlet over samme eksponeringsperiode. Fargeskalaen brukt til å visualisere konsentrasjonsnivået ved målestedene er den samme for alle tolv kart. Prøvetakeren ved Fiskåveien viste seg å være mest eksponert for SO₂-utslipp i 2024.

En annen måte å visualisere resultatene fra passive prøvetakere er tidsserier. Figur 14 viser SO₂-tidsseriene for de 3 målestedene. Merk at skalaen for y-aksen er lik for de ulike stedene.

Det høyeste månedsmiddelet ble observert ved lokasjon 4 (Fiskåveien) i mars 2024, med et nivå rundt 44 µg/m³. Fiskåveien er målestedet som ligger nærmest bedriften. I mars 2024 var det vind fra nord-nordøst og nordøst over 57% av tiden. Dermed var området sør-sørvest og sørvest for bedriften mest belastet. Dette gjenspeiles i SO₂-fordelingen i eksponeringsperioden mars 2024 (se Vedlegg B).



Figur 14: Tidsserier for SO₂-konsentrasjonen målt med passive prøvetakere ved de ulike lokasjonene.

6 Diskusjon

Plassering av målestasjonen

Hovedvindretningen i måleperioden målt på bedriftsområdet til Elkem Carbon var fra sektorene vest-sørvest, vest, sør-sørvest og nord-nordøst (henholdsvis ca. 13%, 11%, 9% og 16% av tiden for de nevnte sektorene). Vindobservasjoner over flere år viser at hovedvindretningen typisk er fra sørvest.

Målestasjonen er typisk hovedsakelig medvinds i forhold til utslippskildene i måleperioden og plasseringen anses dermed å være representativ, selv om vindfordelingen i 2024 avvok noe fra typiske forhold.

Som beskrevet i luftkvalitetsdirektivet (2008/50/EF), som er implementert i Norge gjennom Forurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet, skal industrirelaterte målepunkter være plassert i det nærmeste boligområdet medvinds i forhold til utslippskilden. Målestasjonen i Konsul Wilds vei oppfyller dette kravet.

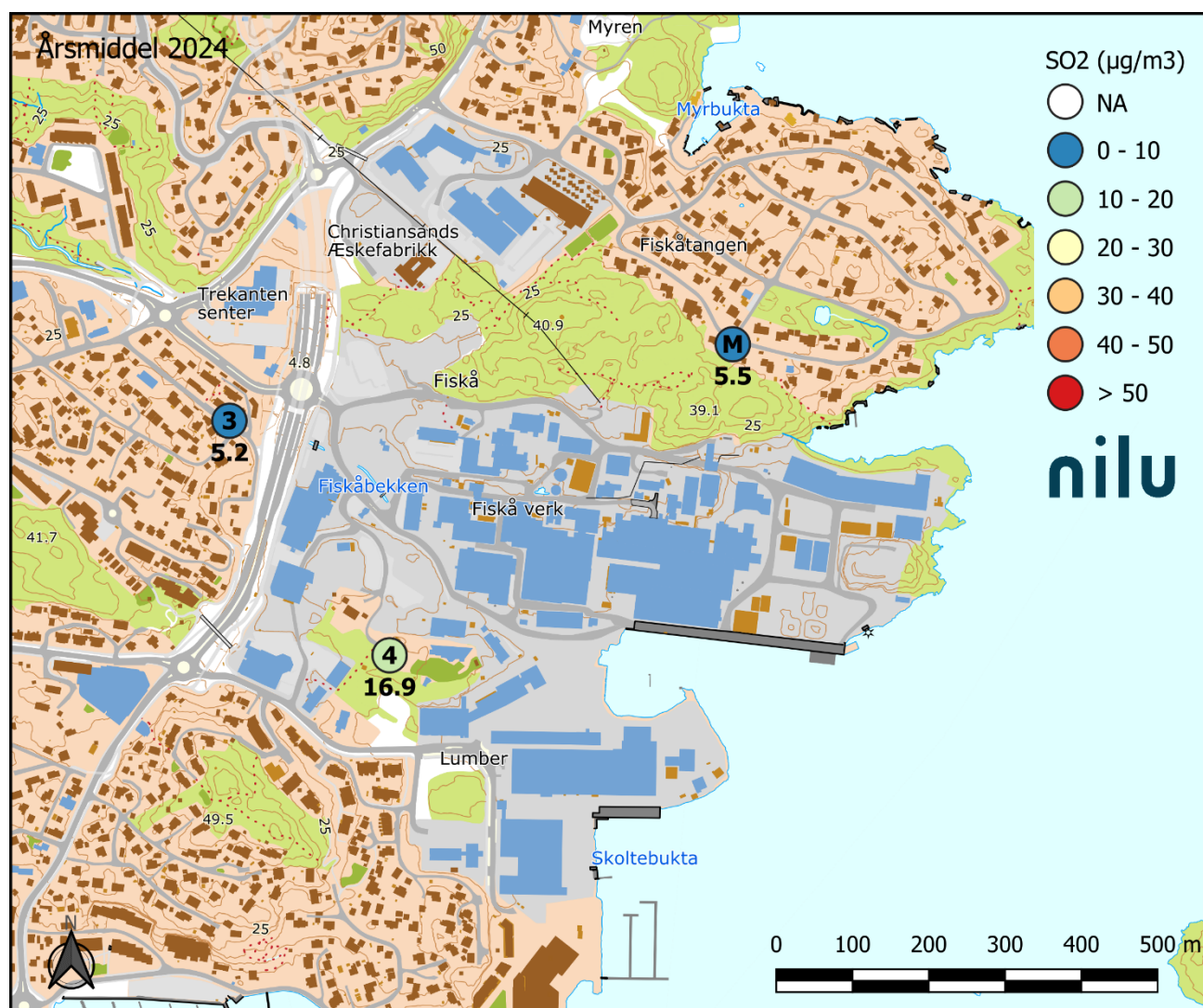
Ved Konsul Wilds vei ble det målt høye konsentrasjoner når vinden blåste fra sør-sørvest (hovedvindretningen) og sør. Ved de øvrige vindretningene (øst, nordlige sektorer og vest) ble det stort sett målt timemiddelkonsentrasjoner under 5 µg/m³ (se Figur 6 i Kapittel 5.1). Høy SO₂-konsentrasjon kan også opptre ved andre befolkede steder i området rundt bedriftene, men på grunn av den typiske lokale vindfordelingen vil det skje mer sjeldent. Ved vind fra nord og vest, som ble observert i flere perioder i 2024, er områdene sør og øst for bedriften mer påvirket av utslipp enn vanlig (det er ingen befolkede områder øst for bedriften). Også atmosfærisk stabilitet og vindhastighet kan påvirke SO₂-fordelingen i nærområdet.

Andre SO₂-kilder i området, som Glencore Nikkelverk og skipstrafikk mot og fra Kristiansand, anses å ha marginal påvirkning på SO₂-konsentrasjoner i boligområdet på Fiskåtangen.

Det måles hovedsakelig lave SO₂-konsentrasjoner ved Konsul Wilds vei. 87,6% av alle timemiddelkonsentrasjoner var under 20 µg/m³ i måleperioden.

SO₂ fordeling

Fordelingen av prøvetakerne rundt bedriftene viser et representativt bilde av SO₂-nivået i bebodde områder i nærheten. Prøvetakerne er plassert i de nærmeste boligområdene og oppholdsstedene rundt bedriftene. Geografisk fordeling av SO₂, målt med passive prøvetakere og midlet over alle eksponeringsperioder (Figur 15) viser at lokasjon 4 (Fiskåveien) var mest eksponert for SO₂-utslipp fra bedriften i måleperioden.



Figur 15: Fordelingen av SO₂ i området, målt med passive prøvetakere, midlet over hele måleperioden januar 2024 – desember 2024.

Middelverdien på lokasjon 4 «Fiskåveien» over 12 måneder var 16,9 µg/m³. Den høye verdien skyldes hovedsakelig konsentrasjonene målt i februar, mars, april og mai 2024 da vinden hovedsakelig kom fra nord-nordøst.

Vind fra nordlig kant opptrådte i 2024 oftere enn vanlig. I måleperioden ble det observert vind fra N og NNØ ca. 23% av tiden. Vindrosen fra Oksøy fyr midlet over perioden 2009-2018 viser nordlig vind ca. 10% av tiden.

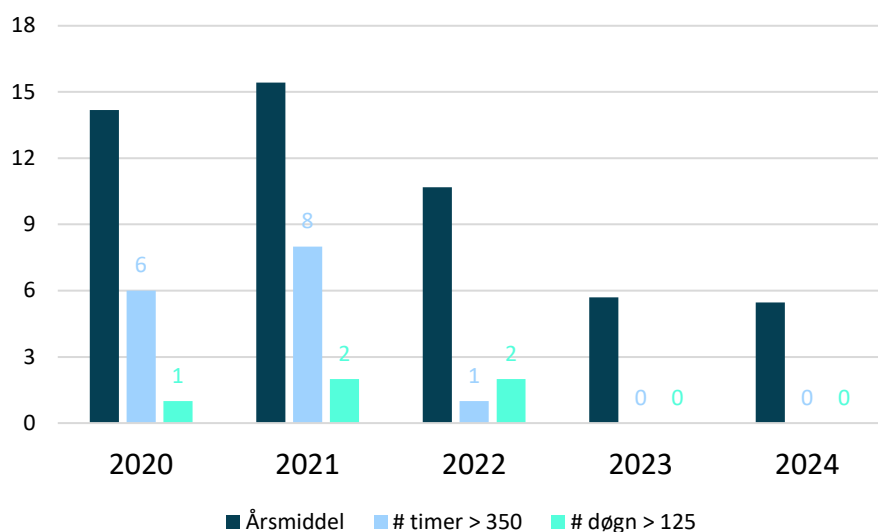
Ser man på fordelingen over vindretninger per måned i perioden 2009-2018, opptrer nordlig vind oftest i desember. Vindmålinger inne på verket perioden 2020 – 2022 viste nordlig vind ca. 12% av tiden (oftest i desember) og vind fra sør-sørvest og vest-sørvest ca. 27% av tiden.

Resultatene tyder på at grenseverdien for beskyttelse av økosystemet ikke ble overskredet i bebygde område rundt bedriften i 2024.

En bakgrunnskonsentrasjon¹³ av SO₂ på 0,02 µg S/m³ måles ved Birkenesobservatoriet, 33 km nord-nordøst for måleområdet. Birkenes er upåvirket av lokale kilder.

Utvikling siden 2019

SO₂-konsentrasjoner ved Konsul Wilds vei har blitt målt siden høsten 2019. Årsmiddelkonsentrasjonen har vært lavere enn grenseverdien for vegetasjon og økosystemet (20 µg/m³) i alle år siden oppstart av måleprosjektet. Elkems endring av driftsstrategien i mai 2022, som innebærer at utslippet fra koksovnene ikke går urensset til luft via fakkel lenger, førte til en tydelig reduksjon av årsmiddelkonsentrasjonen og en reduksjon av antallet timemiddelverdier over 350 µg/m³ (grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse, tillatt overskredet 24 ganger) og antallet døgnmiddelverdier over 125 µg/m³ (grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse, tillatt overskredet 3 ganger). I 2023 og 2024 ble det ikke observert timemidler over 350 µg/m³ eller døgnmidler over 125 µg/m³. I dagens luftkvalitetsdirektiv er det fastlagt grenseverdier for årsmiddel, døgnmiddel og timemiddel av SO₂ (Tabell 1). En oversikt over årsmiddelkonsentrasjoner, antall timemidler over 350 µg/m³ og antall døgnmidler over 125 µg/m³ i perioden 2020 – 2024 er gitt i Figur 16.

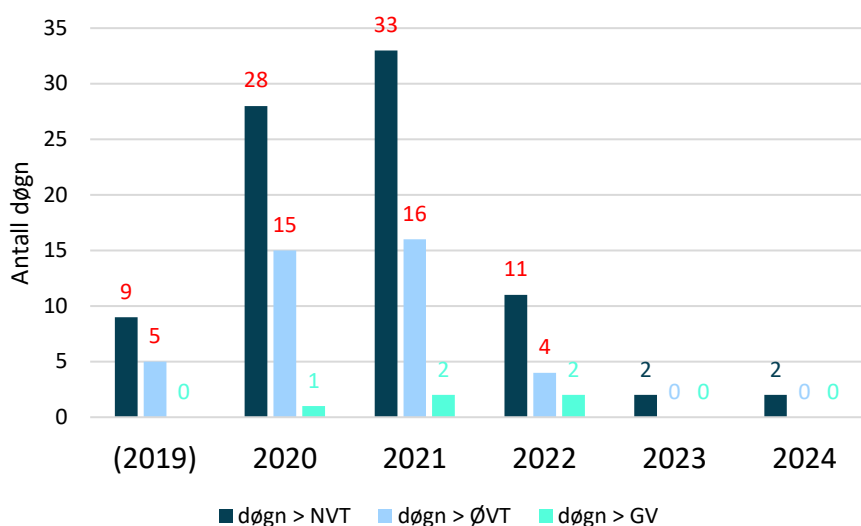


Figur 16: Mørkeblå stolper: SO₂ årsmiddelkonsentrasjon (µg/m³), lyseblå stolper: antall timemiddelverdier over 350 µg/m³, turkise stolper: antall døgnmiddelverdier over 125 µg/m³. Grenseverdiene fastlagt i dagens luftkvalitetsdirektiv ble overholdt i årene 2020 – 2024.

For SO₂-døgnmidler er det fastlagt tillatt antall over nedre vurderingsterskel (50 µg/m³), øvre vurderingsterskel (75 µg/m³) og grenseverdi (125 µg/m³). Vurderingstersklene er konsentrasjonsnivåer for å avgjøre om det er behov for faste målinger, modellberegninger eller metoder for objektive anslag for å

¹³ Data kan lastes ned fra <http://ebas-data.nilu.no>

vurdere kvaliteten på omgivelsesluft. Frem til og med 2022 var både nedre og øvre vurderingsterskel overskredet oftere enn det tillatte antall ganger (som er 3 ganger). Overskridelse av øvre og nedre vurderingsterskel fastsettes på grunnlag av konsentrasjoner målt i løpet av de fem foregående årene. En vurderingsterskel anses som overskredet dersom den er blitt overskredet i minst tre av disse fem foregående årene (Luftkvalitetsdirektivet, 2008/50/EF, Vedlegg II, B). Både øvre og nedre vurderingsterskel har vært overskredet i de første tre av de siste fem årene (visualisert av røde tall i Figur 17). Tiltakene iverksatt i mai 2022 førte til at det bare var hhv. 1 og 2 døgn med døgnmiddelkonsentrasjoner over nedre vurderingsterskel 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2023 og 2024.



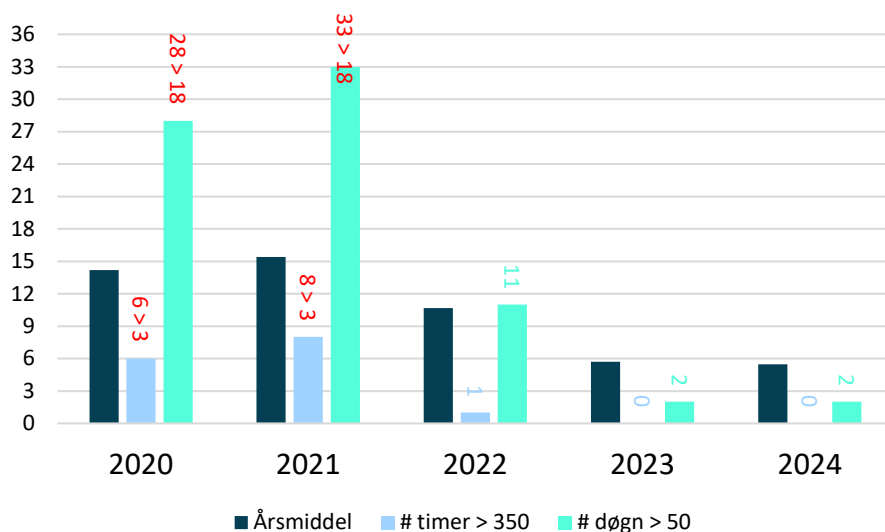
Figur 17: Mørkeblå stolper: antall døgnmidler over 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (nedre vurderingsterskel), lyseblå stolper: antall døgnmidler over 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (øvre vurderingsterskel), turkise stolper: antall døgnmidler over 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (grenseverdi) med hensyn til antall døgnmidler over respektive terskler tillatt i dagens luftkvalitetsdirektiv. Merk at 2019 ikke var et fullt år med målinger. Røde tall viser at antallet døgn over nedre eller øvre vurderingsterskel overskrider 3, som er det tillatte antallet.

Revidert luftkvalitetsdirektiv

Merk at det reviderte luftkvalitetsdirektivet (Tabell 1) ikke er i kraft enda, og trer sannsynligvis i kraft tidligst i 2030. I dette avsnittet relateres SO_2 -nivåer målt i årene 2020 – 2024 til fremtidige grenseverdier og vurderingsterskler for å se hvorvidt det fremtidige regelverket er oppfylt med dagens produksjon. De oppdaterte grenseverdiene inkluderer bl.a. en innskjerping av SO_2 -grenseverdien for døgnmidler og introduksjon av en helsebasert SO_2 -grenseverdi for årsmidler, samt en endring med hensyn til vurderingstersklene.

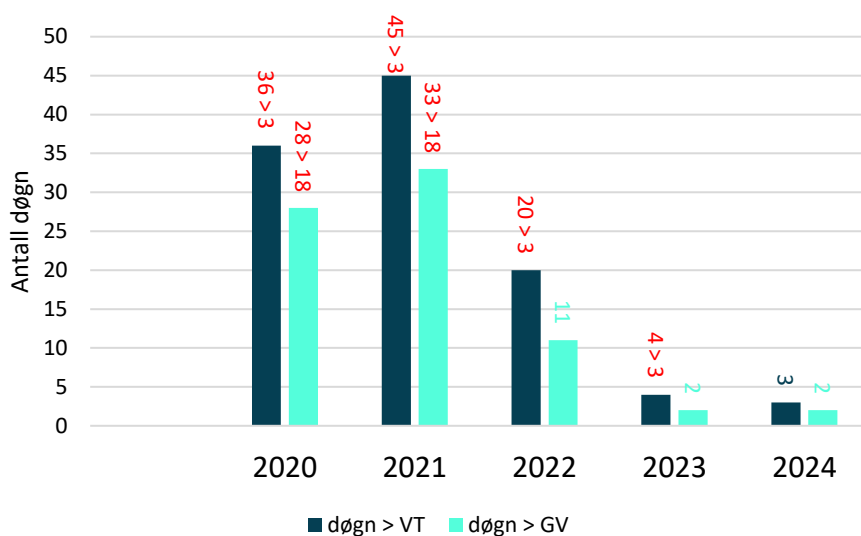
Figur 18 tilsvarer Figur 16 og viser årsmiddelverdi samt antallet timemiddelverdier over 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (grenseverdi, tillatt overskredet 3 ganger) og antallet døgnmiddelverdier over 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (grenseverdi, tillatt overskredet 18 ganger). I motsetning til eksisterende luftkvalitetsdirektiv/forurensningsforskriften ville SO_2 -nivået målt i Konsul Wilds vei overskredet både grenseverdi for timemidler og grenseverdi for døgnmidler i det reviderte direktivet i årene 2020 og 2021. Siden 2022 har SO_2 -nivået vært innenfor fremtidige

grenseverdier for timemiddel og døgnmiddel. Årsmiddelverdien har i alle år vært under den fremtidige årsgrenseverdien relatert til helse.



Figur 18: I det reviderte luftkvalitetsdirektivet ble det innført en helserelatert årsgrenseverdi. Antall tillatte overskridelser av grenseverdi for timemidler ble senket. Grenseverdi for døgnmidler ble senket. Mørkeblå stolper: Årsmiddelkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), lyseblå stolper: antall timemiddelverdier over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, turkise stolper: antall døgnmiddelverdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Røde tall viser at antallet timer eller døgn over grenseverdien overskrider det tillatte antallet (som er angitt etter «>»).

I henhold til det reviderte direktivet skal det utføres målinger når vurderingsterskelen overskrides. Vurderingsterskelen i det reviderte direktivet er lavere enn nedre vurderingsterskel i det aktuelle direktivet/forurensningsforskriften, og er overskredet i alle år bortsett fra 2024. Analog til det aktuelle luftkvalitetsdirektivet fastsettes overskridelser av vurderingsterskelen på grunnlag av konsentrasjoner målt i løpet av de fem foregående årene. En vurderingsterskel anses som overskredet dersom den er blitt overskredet i minst tre av disse fem foregående årene (revidert direktiv 2024/2881/EF, kapittel II, artikkel 7, punkt 3). Figur 19 tilsvarer Figur 17 og viser antall døgn over vurderingsterskelen og antall døgn over grenseverdien hvert år i perioden 2020 – 2024. Med dagens produksjon/drift er SO_2 -nivået på grensen til overskridelse av vurderingsterskelen ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Med 3 overskridelser i 2024 var antall dagene over vurderingsterskelen så vidt innenfor det tillatte antallet (fjerde høyeste døgnmiddel var på $38,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dette tyder på at det kan bli krav om faste målinger etter innføring av det reviderte luftkvalitetsdirektivet, med mindre antallet døgnmiddelverdier over $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ blir ytterligere redusert.



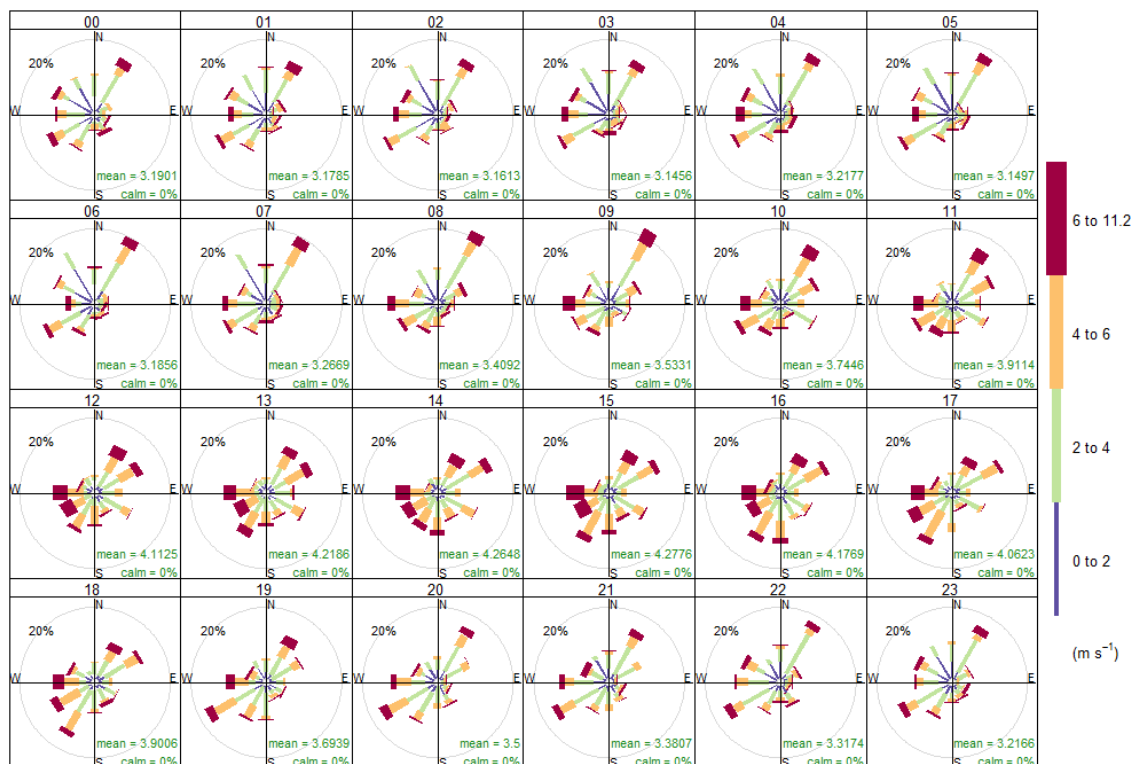
Figur 19: Mørkeblå stolper: antall døgnmidler over $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vurderingsterskel), turkise stolper: antall døgnmidler over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (grenseverdi) med hensyn til nivåer og antall døgnmidler over respektive terskler tillatt i det reviderte luftkvalitetsdirektivet. Øvre og nedre vurderingsterskel forenklet til én vurderingsterskel, grenseverdien for døgnmidler ble senket. Røde tall viser at antallet døgn over vurderingsterskel eller grenseverdi overskrider det tillatte antallet (som er angitt etter «>»).

7 Referanser

- Hak, C. (2020). *Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar. September 2019 – august 2020* (NILU rapport 20/2020). Kjeller: NILU. <https://hdl.handle.net/11250/2688808>.
- Hak, C., Teigland, E.K., Andresen, E. (2021). *Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar. Januar 2020 – desember 2020* (NILU rapport 10/2021). Kjeller: NILU. <https://hdl.handle.net/11250/2736823>.
- Hak, C., Teigland, E.K., Andresen, E. (2022). *Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar. Januar 2021 – desember 2021* (NILU rapport 6/2022). Kjeller: NILU. <https://hdl.handle.net/11250/3003136>.
- Hak, C., Stensrød, A.M.R., Andresen, E. (2023). *Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar. Januar 2022 – desember 2022* (NILU rapport 5/2023). Kjeller: NILU. <https://hdl.handle.net/11250/3058257>.
- Hak, C., Stensrød, A.M.R., Andresen, E. (2024). *Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon. Januar 2023 – desember 2023* (NILU rapport 13/2024). Kjeller: NILU. <https://hdl.handle.net/11250/3134685>.
- Miljødirektoratet (2014). *Håndbok for kvalitetssystem for målinger av luftkvalitet. Del 1: Beskrivelse av kvalitetssystemet* (Veileder, M-39|2014). Oslo: Miljødirektoratet. <https://cmsapi-luft.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m39/m39.pdf>.
- Norsk Energi (2020). *Spredningsberegninger SO₂, Elkem Carbon*. Dok. ID: 34643-00012-1.1

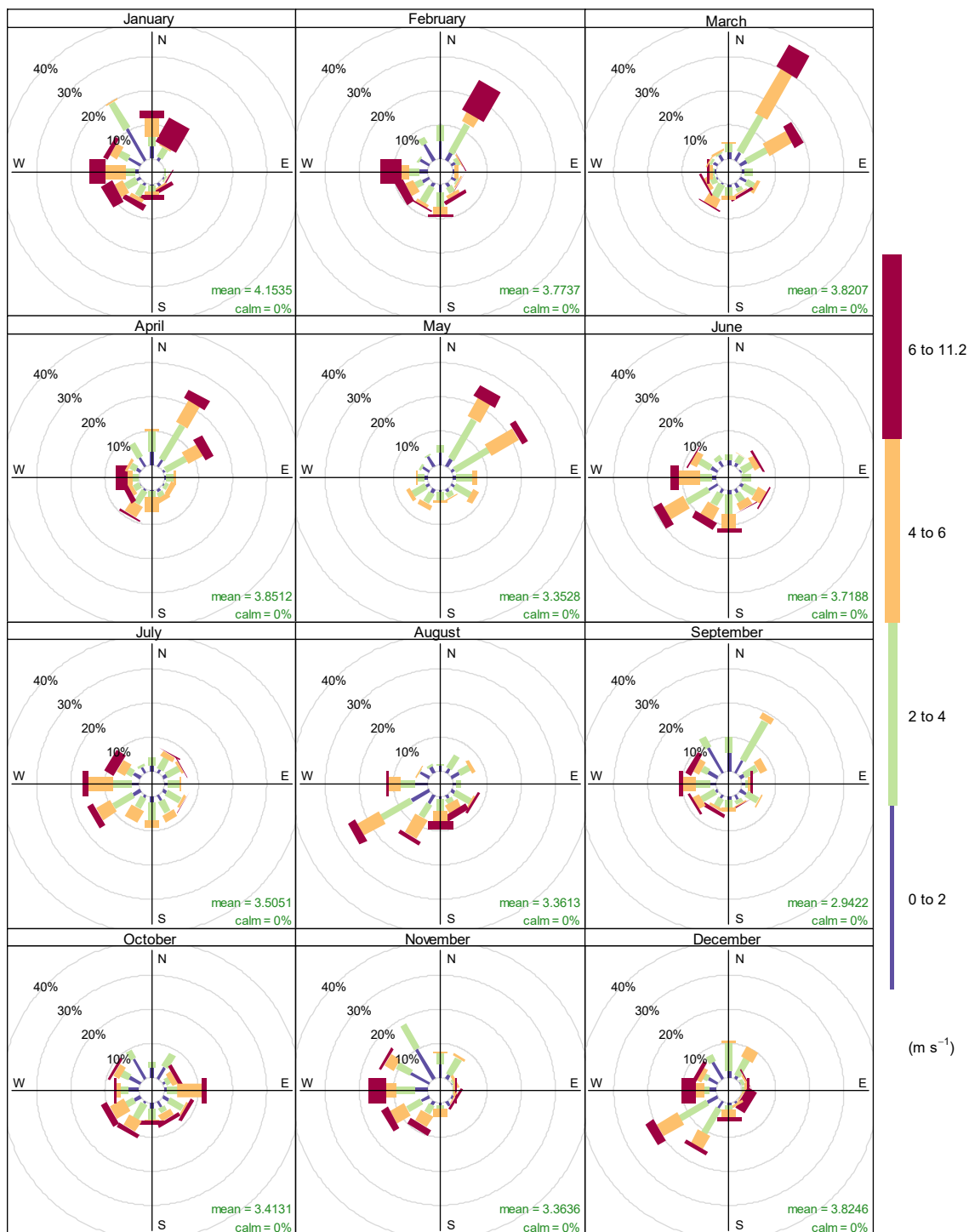
Vedlegg A

Variasjon av vindretning og vindhastighet



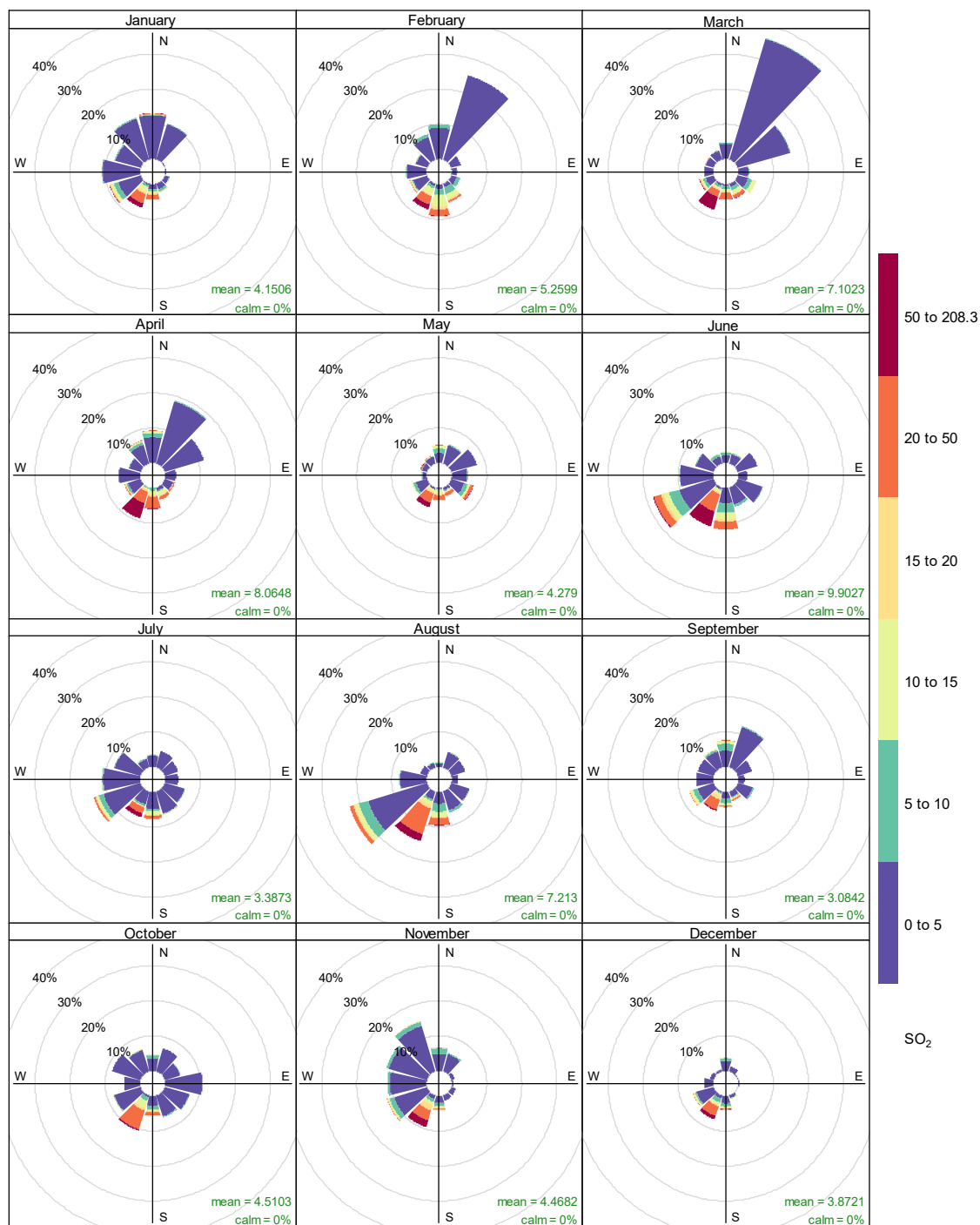
Frequency of counts by wind direction (%)

Midlet døgnvariasjon av vindretning og vindhastighet (dvs. vindroser for hver time av døgnet) ved Elkem Carbon i måleperioden (1. januar 2024 – 31. desember 2024).



Frequency of counts by wind direction (%)

Månedlige vindroser for perioden januar 2024 – desember 2024 (timedata). Figurene viser med hvilken frekvens det forekommer vind fra angitt retning. «Calm» angir prosentandelen tid med 0 m/s vindhastighet. «Mean» angir midlet vindhastighet.



Frequency of counts by wind direction (%)

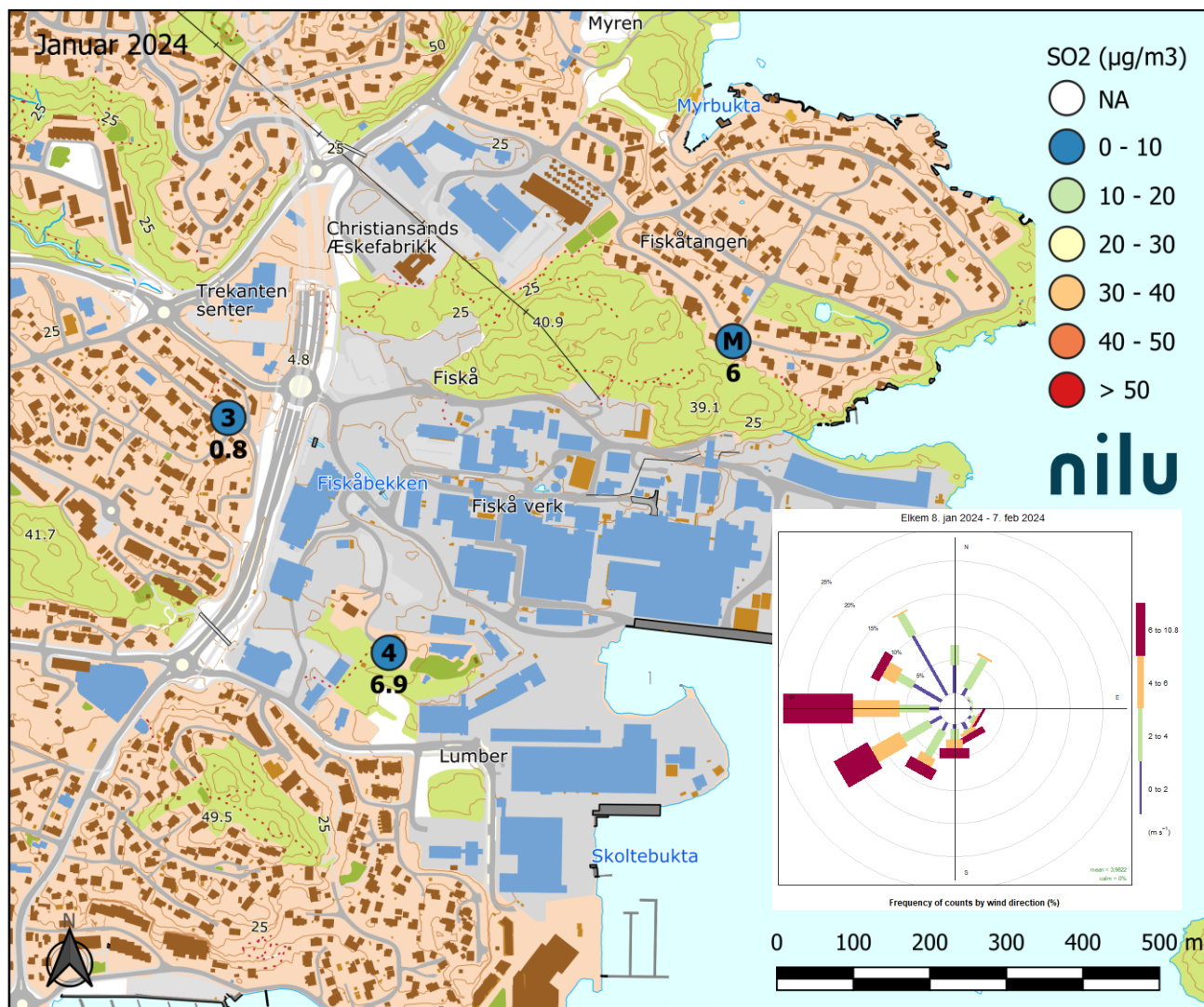
Månedlige forurensningsroser for perioden januar 2024 – desember 2024 (timedata). Konsentrasjonsdata fra målestasjonen i Konsul Wilds vei, vinddata fra vindmasten på bedriftsområdet til Elkem Carbon.

Vedlegg B

Geografisk fordeling av SO₂ i måleområdet

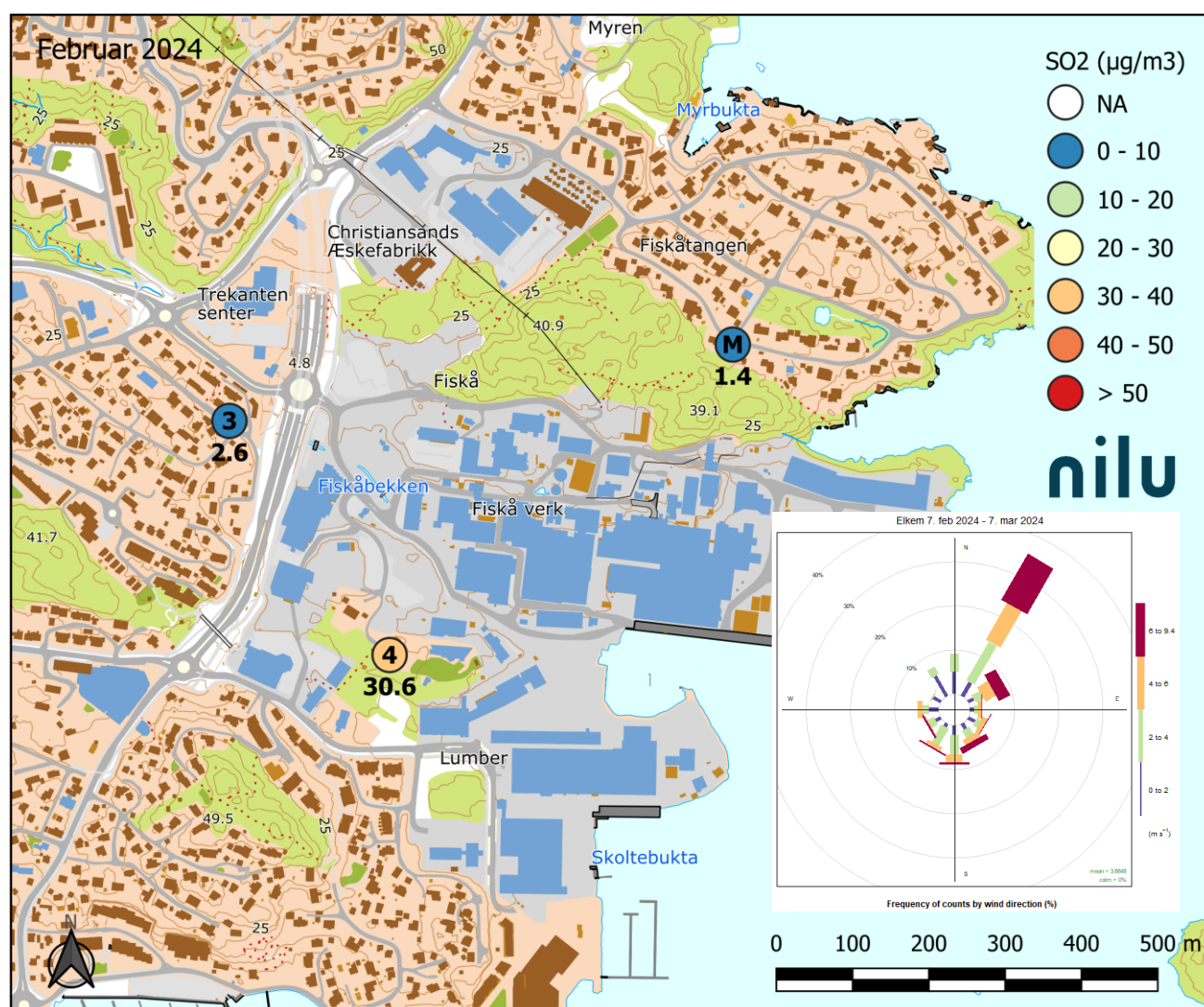
Geografisk fordeling av SO_2 i måleområdet for hver eksponeringsperiode. Fargeskalaen er konstant over hele måleperioden og angir SO_2 -konsentrasjonen i like store intervaller fra blå (lav konsentrasjon) til rød (høy konsentrasjon). Vindrosen er vist for hver eksponeringsperiode (vind målt på bedriftsområdet).

Januar 2024



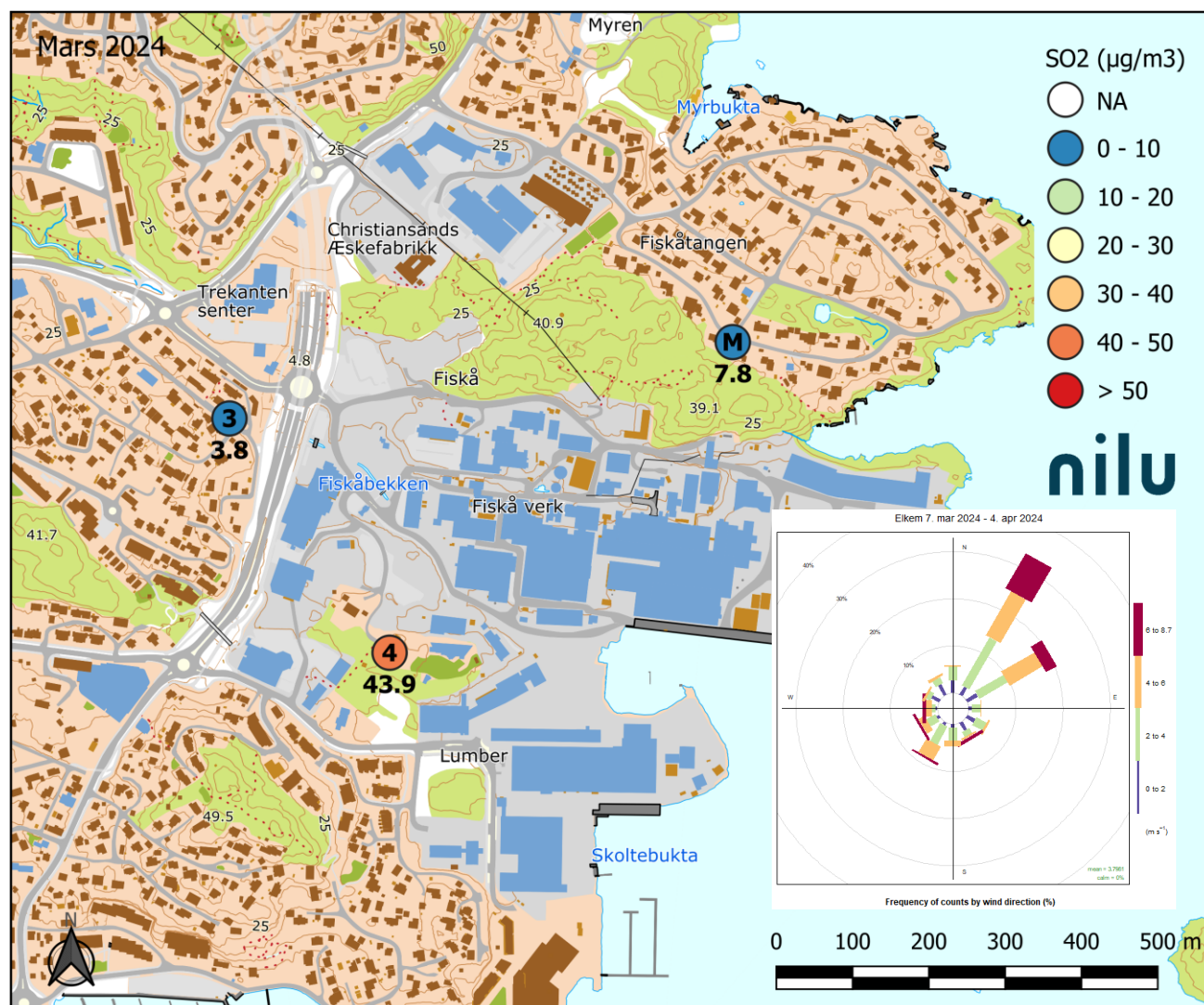
Eksponeringsperiode: 8. januar 2024 – 7. februar 2024

Februar 2024



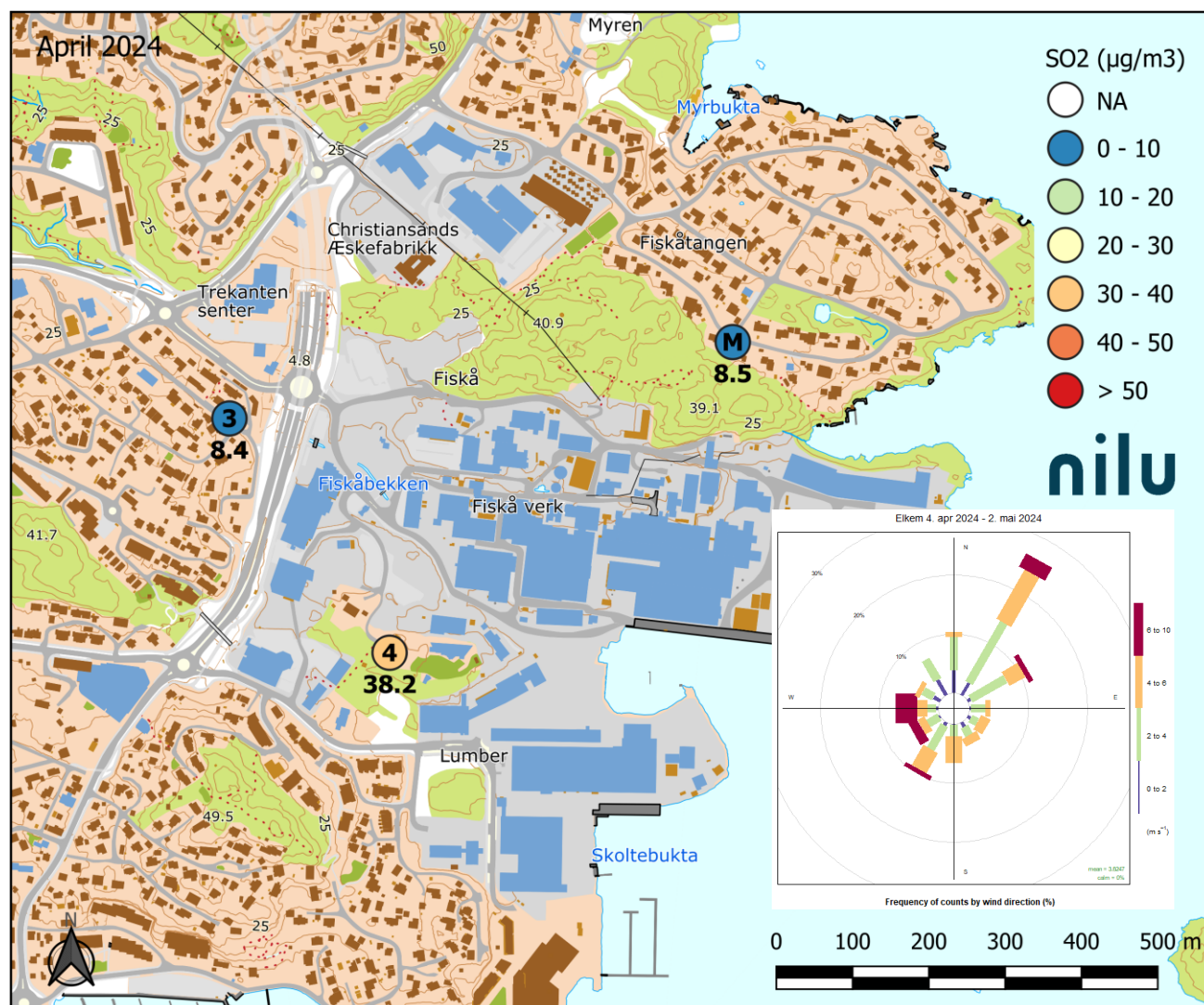
Eksponeringsperiode: 7. februar 2024 – 7. mars 2024

Mars 2024



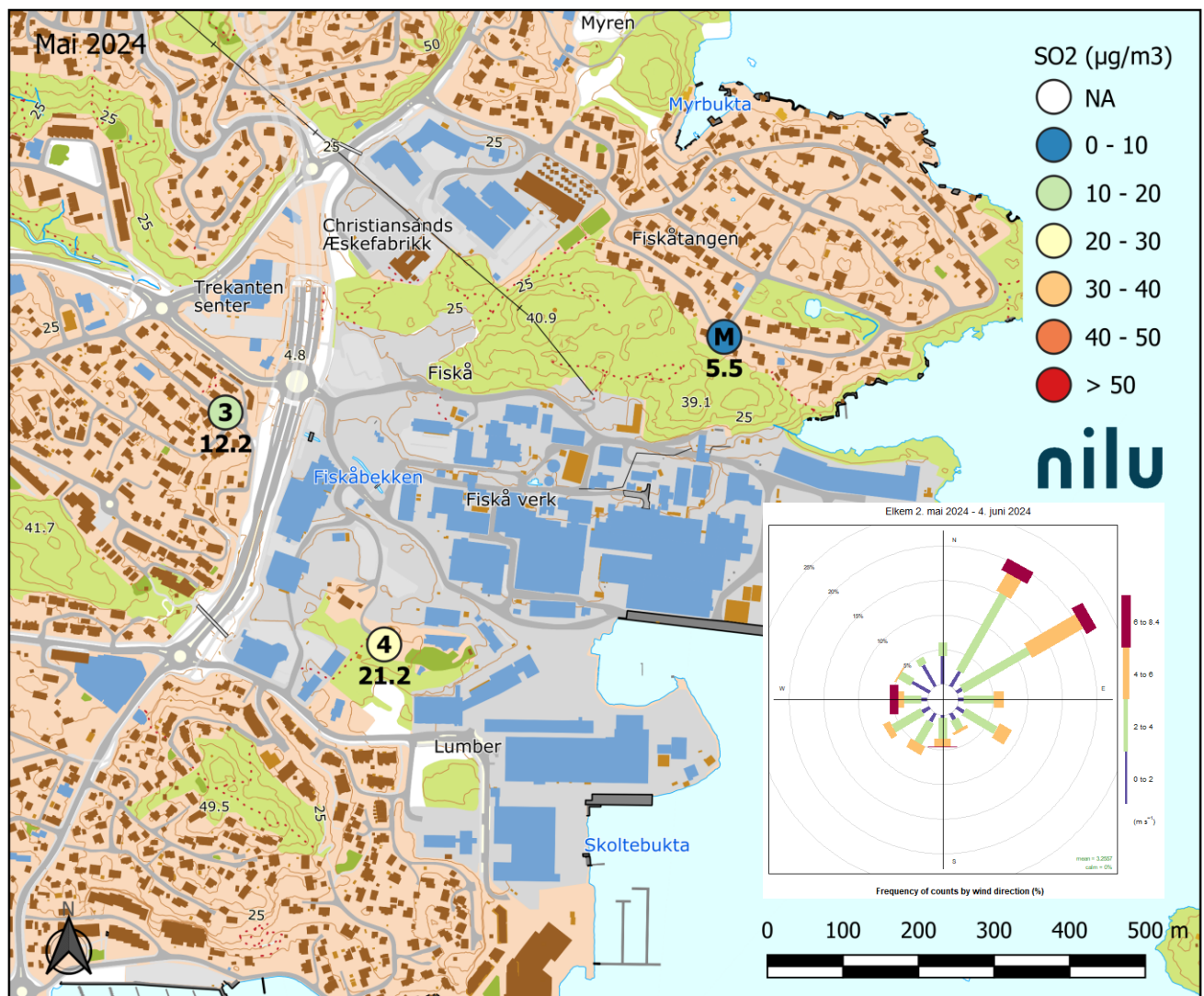
Eksponeringsperiode: 7. mars 2024 – 4. april 2024

April 2024



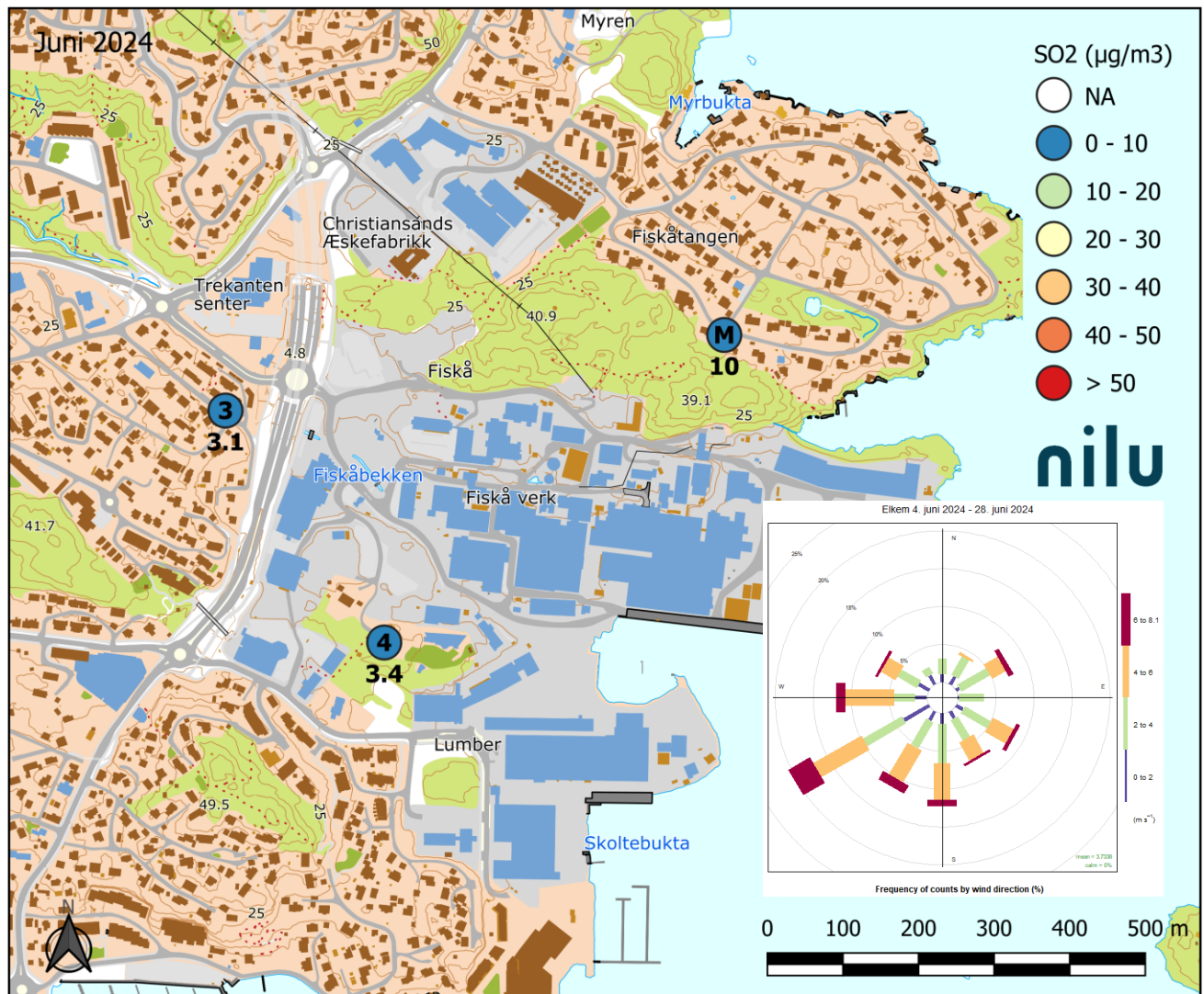
Eksponeeringsperiode: 4. april 2024 – 2. mai 2024

Mai 2024



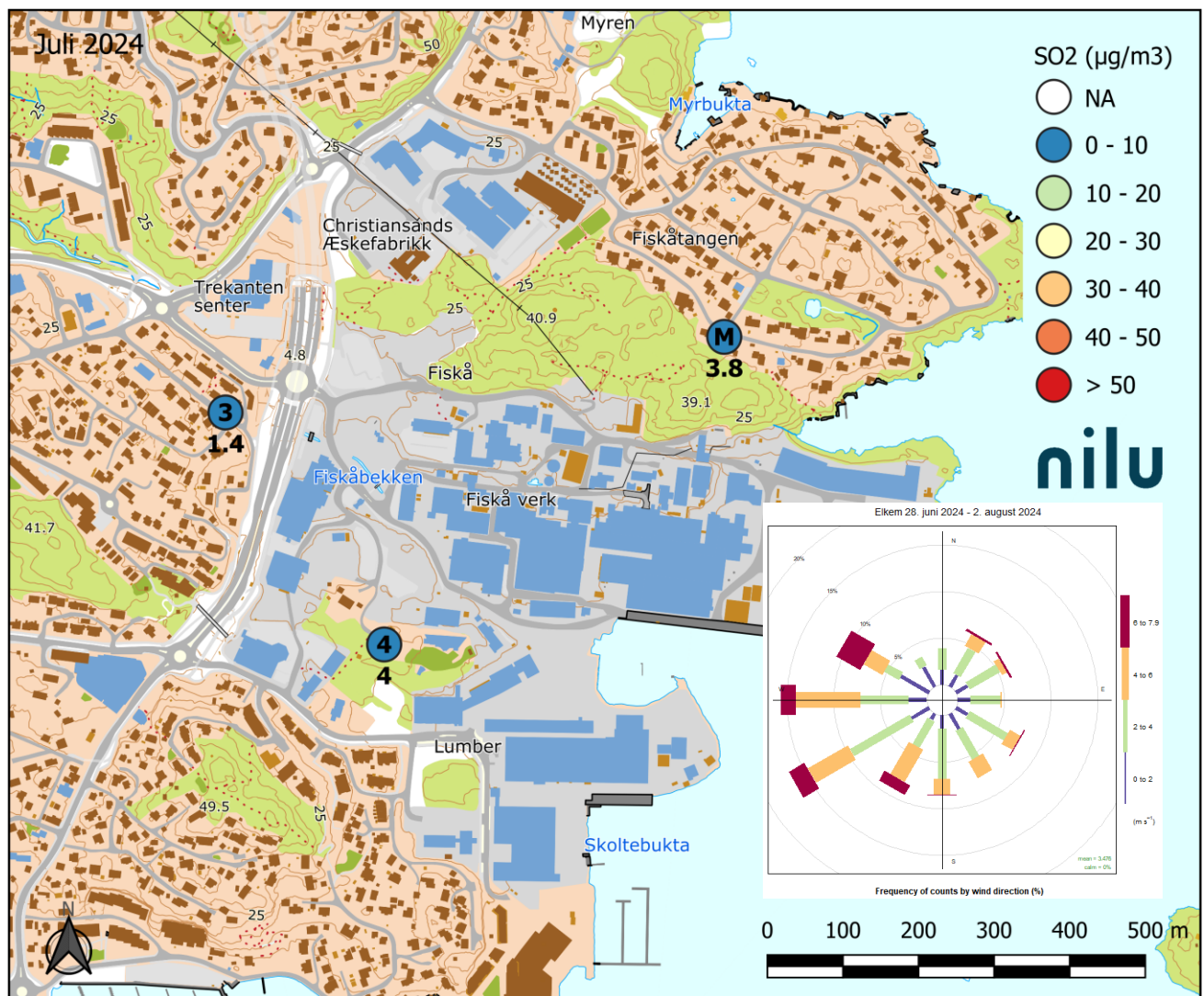
Eksponeringsperiode: 2. mai 2024 – 4. juni 2024

Juni 2024



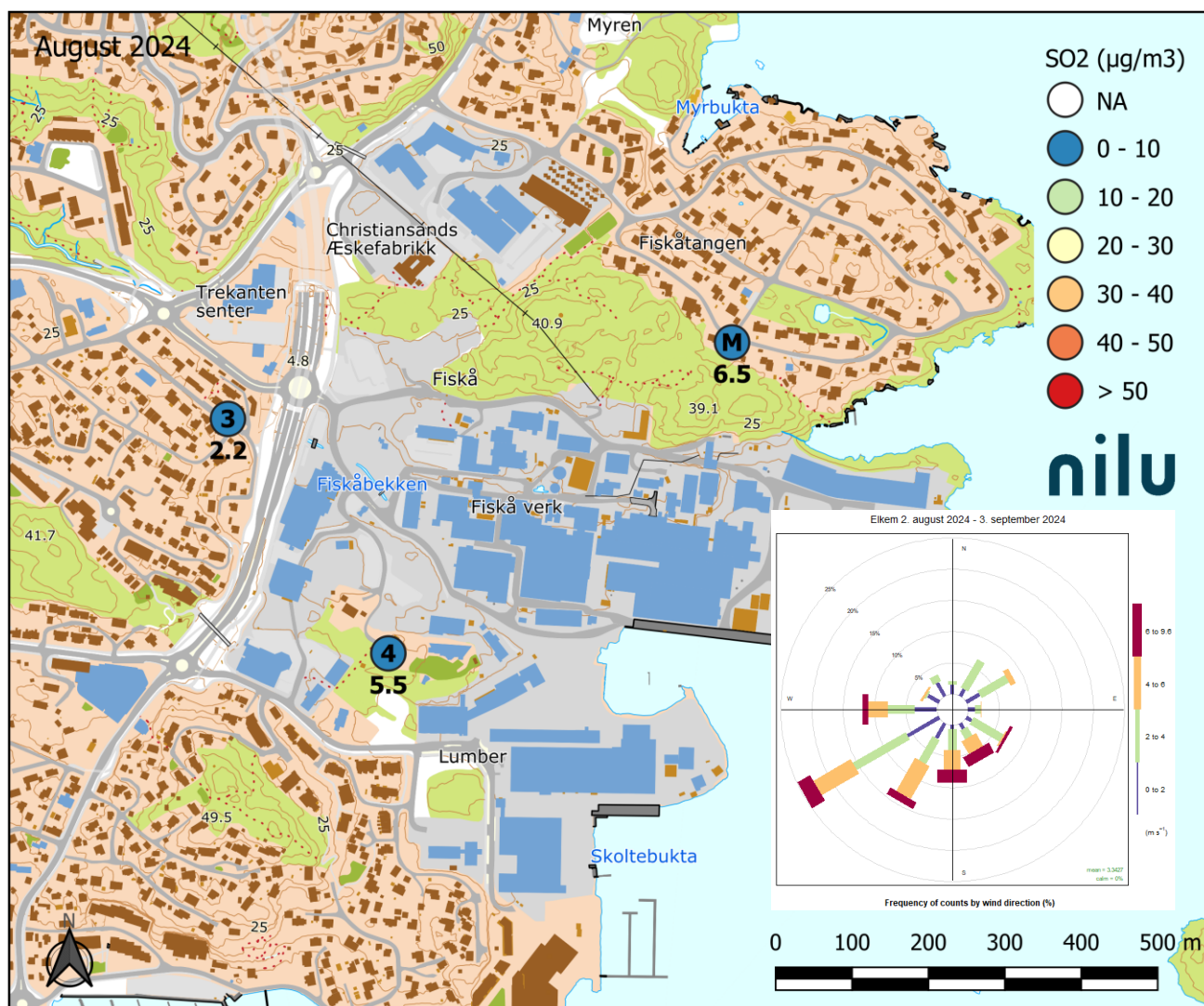
Eksponeringsperiode: 4. juni 2024 – 28. juni 2024

Juli 2024



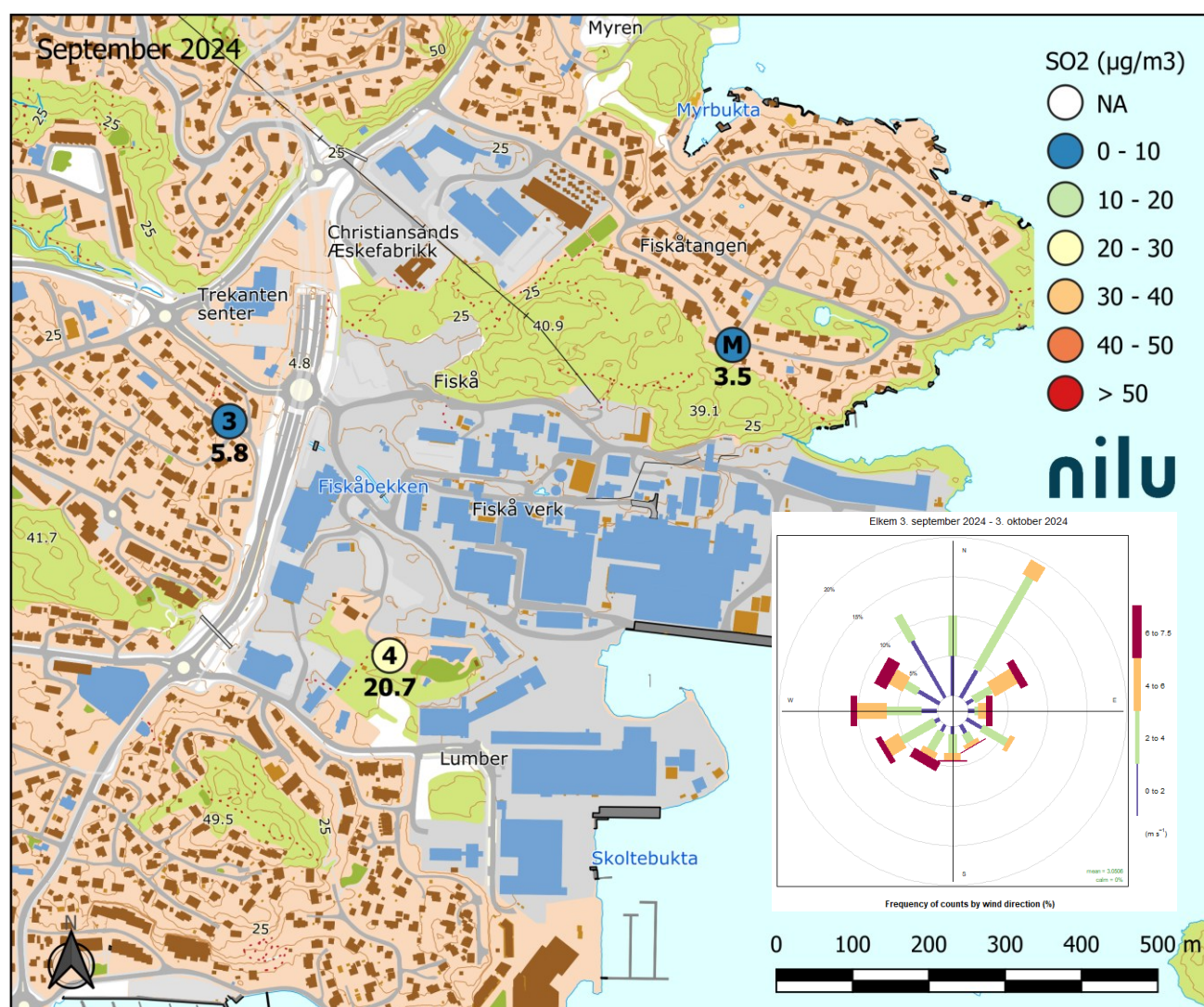
Eksponeeringsperiode: 28. juni 2024 – 2. august 2024

August 2024



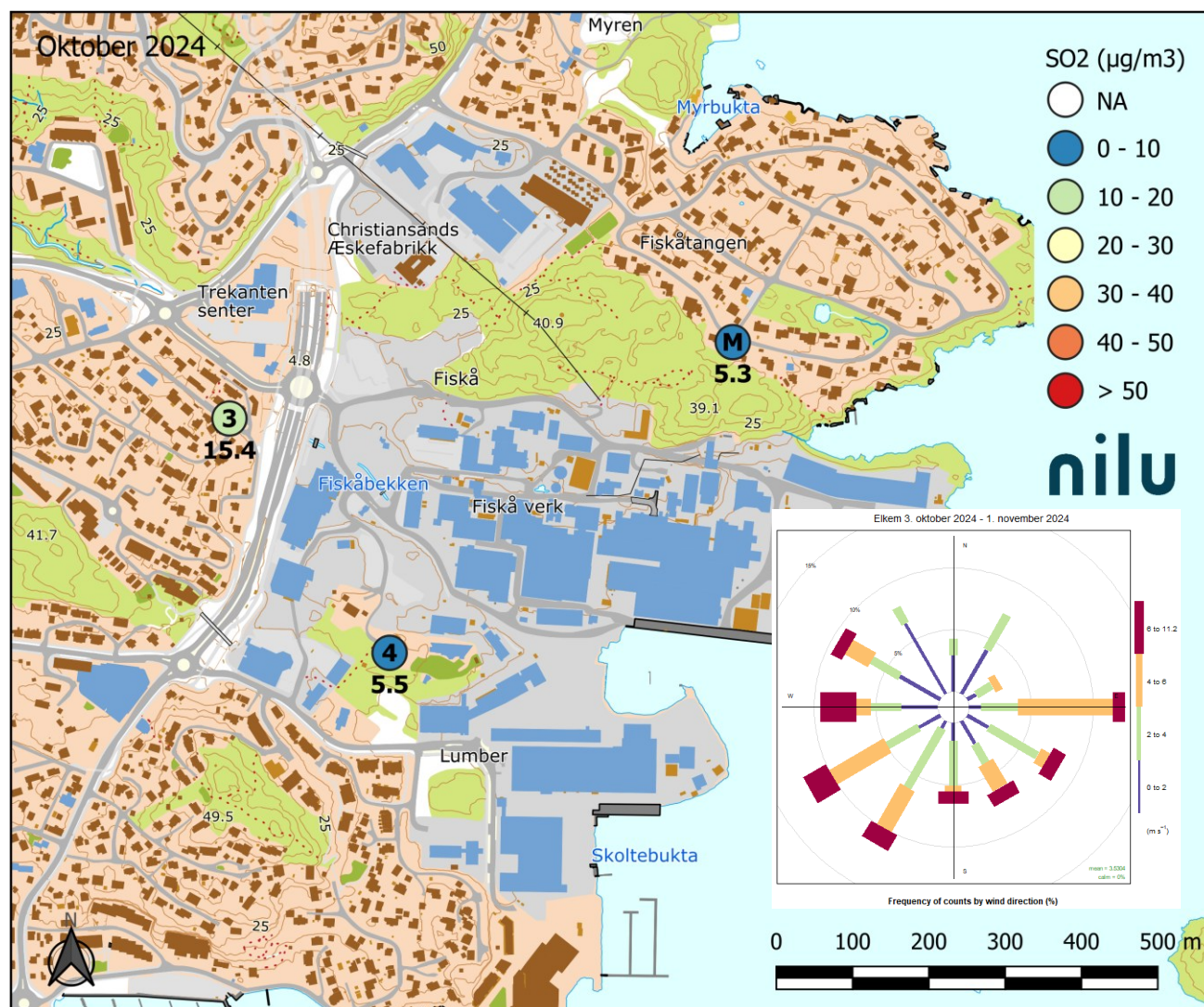
Eksponeringsperiode: 2. august 2024 – 3. september 2024

September 2024



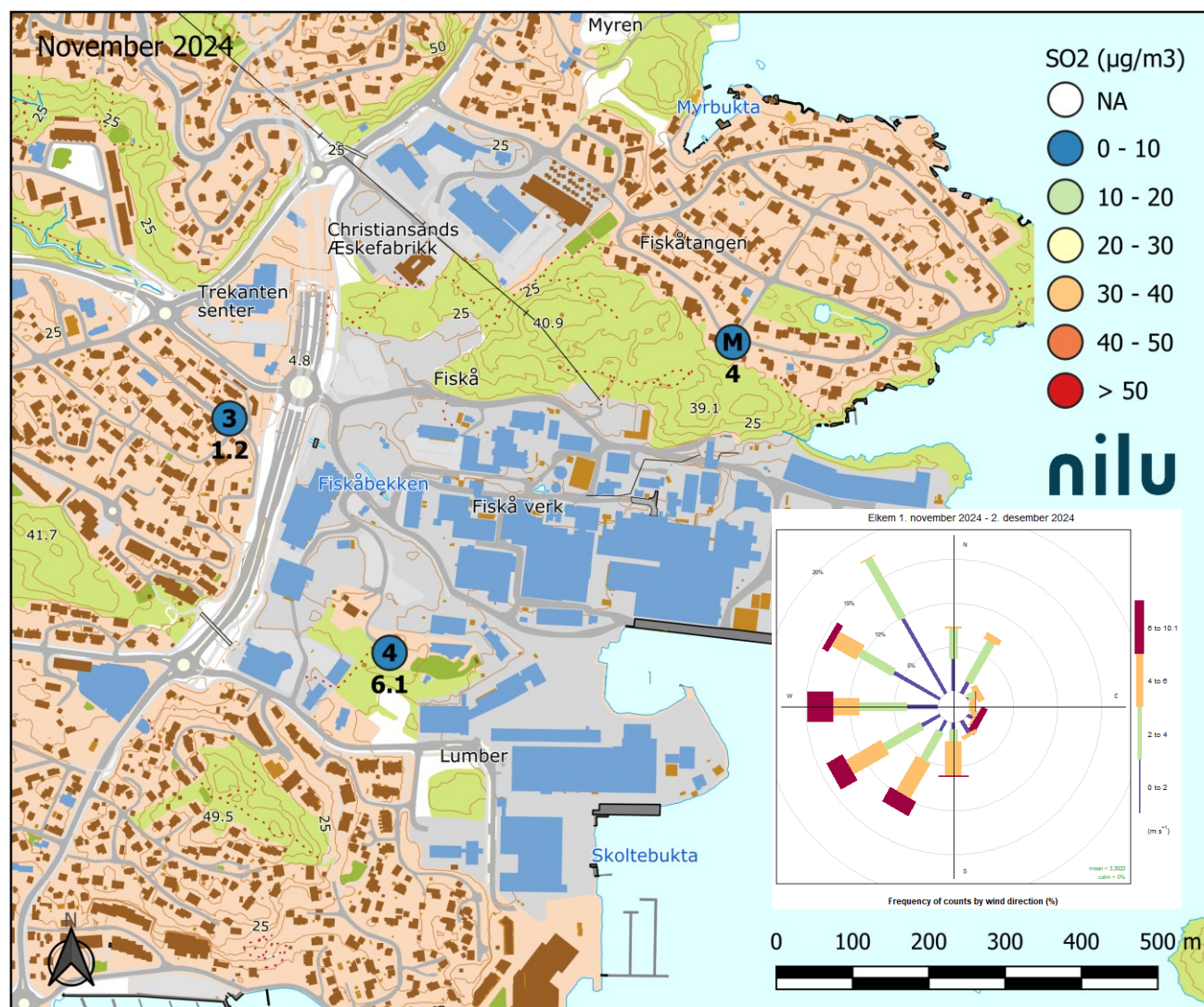
Eksponeeringsperiode: 3. september 2024 – 3. oktober 2024

Oktober 2024



Eksponeringsperiode: 3. oktober 2024 – 1. november 2024

November 2024



Eksponeeringsperiode: 1. november 2024 – 2. desember 2024

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