

Prøvetaking og analyse av arsen (As) i omgivelsesluft ved Elkem Carbon

September 2019 – september 2020

Claudia Hak



NILU rapport 23/2020

Innhold

Innhold	2
Sammendrag.....	3
1 Innledning.....	4
2 Måleprogram	4
3 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge	7
4 Målemetode	8
5 Måleresultater	9
5.1 Meteorologiske parametere	9
5.2 Arsen	11
5.2.1 Årsmiddel	11
5.2.2 Døgnprøver	12
6 Diskusjon	20
7 Referanser	24
Vedlegg A Oversikt over alle As-prøver	25

Sammendrag

NILU – Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Elkem Carbon AS målt arsenkonsentrasjonen i luft i boligområdet på Fiskåtangen nord/nordøst for bedriften. PM₁₀-prøver tatt hver 6. dag i perioden september 2019 – september 2020 ble analysert med hensyn på arsen (As). Lokal vindretning og vindhastighet ble målt på et høyt bygg inne på bedriftsområdet.

Elkem Carbon fikk pålegg fra Miljødirektoratet om å måle arsen i omgivelsesluft. Bakgrunnen for pålegget er spredningsberegninger av støv og metaller til luft (Norsk Energi, 2019), som antyder at arsenkonsentrasjonen ved de nærmeste naboene kan være over nedre vurderingsterskel gitt i forurensningsforskriften kapittel 7 vedlegg 3 (2,4 ng/m³, årsmiddel) uten renseanlegg i drift.

En PM₁₀-filterprøvetaker ble plassert i Konsul Wilds vei i boligområdet på Fiskåtangen nord for bedriften. Filtrene ble analysert med hensyn på arsen med induktivt koblet plasma-massespektrometri (ICP-MS, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Rapporten omfatter As-målinger over en periode på 12 måneder fra 25. september 2019 til 28. september 2020. Totalt ble 70 døgnprøver¹ tatt i måle-perioden.

Meteorologisk stasjon (med vindmast) ble installert på et høyt bygg inne på bedriftsområdet for å bedre kunne tolke spredningen av luftforurensning i måleområdet. Hovedvindretningen i perioden september 2019 – september 2020 var fra sørvest.

Årsmiddelverdien av As-konsentrasjonen i perioden 25. september 2019 – 28. september 2020 ble målt til 2,38 ng/m³. Målsettingsverdien for tiltak i forurensningsforskriften på 6 ng/m³ ble overholdt med god margin.

Årsmiddelverdien var marginalt lavere enn nedre vurderingsterskel på 2,4 ng/m³. Overskridelse av vurderingsterskler foreligger når konsentrasjonen har vært over vurderingsterskelen minimum tre av de siste fem år (Miljødirektoratet, 2015). Overskridelse av øvre vurderingsterskel medfører krav om å utarbeide tiltaksutredninger og krav til måling. Ved overskridelse av nedre vurderingsterskel reduseres kravet om målinger – det er tilstrekkelig med veiledende målinger (direktiv 2004/107/EF, artikkel 4, punkt 3).

Luftkvalitetskriteriet for årsmiddel på 2 ng/m³ ble overskredet i måleperioden. Luftkvalitetskriteriene (Folkehelseinstituttet, 2013) er fastsatt av helsemyndighetene i Norge, Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet. De er ikke juridisk bindende, men angir nivåer av luftforurensning som er trygge for de aller fleste mennesker.

Høyeste døgnprøve i måleperioden ble målt til 26,0 ng/m³, 22.-23. september 2020. Denne og prøven tatt 23.-24. mai 2020 (24,4 ng/m³) viste mye høyere konsentrasjon enn de øvrige prøvene. Det er ikke registrert spesielle driftsforhold som ville tilsi høy arsenkonsentrasjon. Foreløpige resultater fra den regionale bakgrunnsstasjonen Birkenes, tyder på at et forhøyet bakgrunnsnivå, muligens på grunn av langtransportert luftforurensning, kan ha bidratt til konsentrasjonstoppene.

Spredningsberegningene (Norsk Energi, 2019) tyder på at arsenårsmiddelbidraget i det nærmeste boligområdet, der målestasjonen var plassert, kan være større enn 3 ng/m³. Målingene i boligområdet over ett år resulterte i en årsmiddelkonsentrasjon på 2,4 ng/m³. Som nevnt ovenfor kan denne verdien inneholde episoder av langtransportert forurensning.

¹ Prøvetakingen ble startet på varierende klokkeslett og pågikk i 24 timer.

Prøvetaking og analyse av arsen (As) i omgivelsesluft ved Elkem Carbon

September 2019 – september 2020

1 Innledning

Miljødirektoratet har pålagt Elkem Carbon å måle arsen i omgivelsesluft. Bakgrunnen for pålegget er spredningsberegninger av støv og metaller til luft (Norsk Energi, 2019), som viser modellerte bakkekonsentrasjoner av støv, arsen og andre metaller i omgivelsesluft ved Elkem Carbon, både for situasjonen uten rensesanlegg for petrolkoksovner i drift og med rensesanlegg i drift. Beregningene av spredningen av utslipp av arsen fra Elkem Carbon uten rensesanlegg i drift viser at arsenkonsentrasjonen ved de nærmeste naboene kan være over nedre vurderingsterskel gitt i forurensningsforskriften kapittel 7 vedlegg 3 (årsmiddelkonsentrasjon $2,4 \text{ ng/m}^3$), ved et utslipp på 21,8 kg arsen i året (utslipp basert på målinger). Ifølge egenkontrollrapportering til Elkem Carbon (basert på massebalanse) kan utslippet være betydelig høyere. Elkem Carbon ligger i et bebygget område med boligstrøk på flere kanter. Det skal undersøkes om forurensningsforskriftens krav til beskyttelse av menneskets helse ivaretas.

Prosjektets målsetting er å måle arsen i omgivelsesluft (dvs. i svevestøv) i boligområdet medvinds i forhold til bedriften. En svevestøvprøvetaker ble plassert i det boligområdet som, ifølge spredningsberegninger, er mest påvirket av utslippet fra bedriften. Målingene pågikk i ett år for å dekke et bredt spektrum av meteorologiske forhold som kan opptre i løpet av et år og som i stor grad påvirker spredningen av utslipp av arsen. Arsennivået ble vurdert mot kravene i forurensningsforskriften som har en målsettingsverdi for årsmiddel, og mot vurderingstersklene og luftkvalitetskriteriet. 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 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 kalsinerings-teknologi. Prosessene medfører utslipp av blant annet arsen (og andre tungmetaller), SO_2 og polysykliske aromatiske hydrokarboner² (PAH). I måleperioden hadde Elkem Carbon 13 kalsineringsovner³ i drift, ni ble kjørt på antrasitt, én ble kjørt på dels antrasitt, dels petrolkoks og tre på ren petrolkoks. Antrasitt har et større innhold av arsen og andre metaller enn petrolkoks. Det største bidraget til arsen i luft forventes derfor fra kalsineringsovnene for antrasitt. Per i dag er det ingen rensing av avgassene fra antrasittovnene.

2 Måleprogram

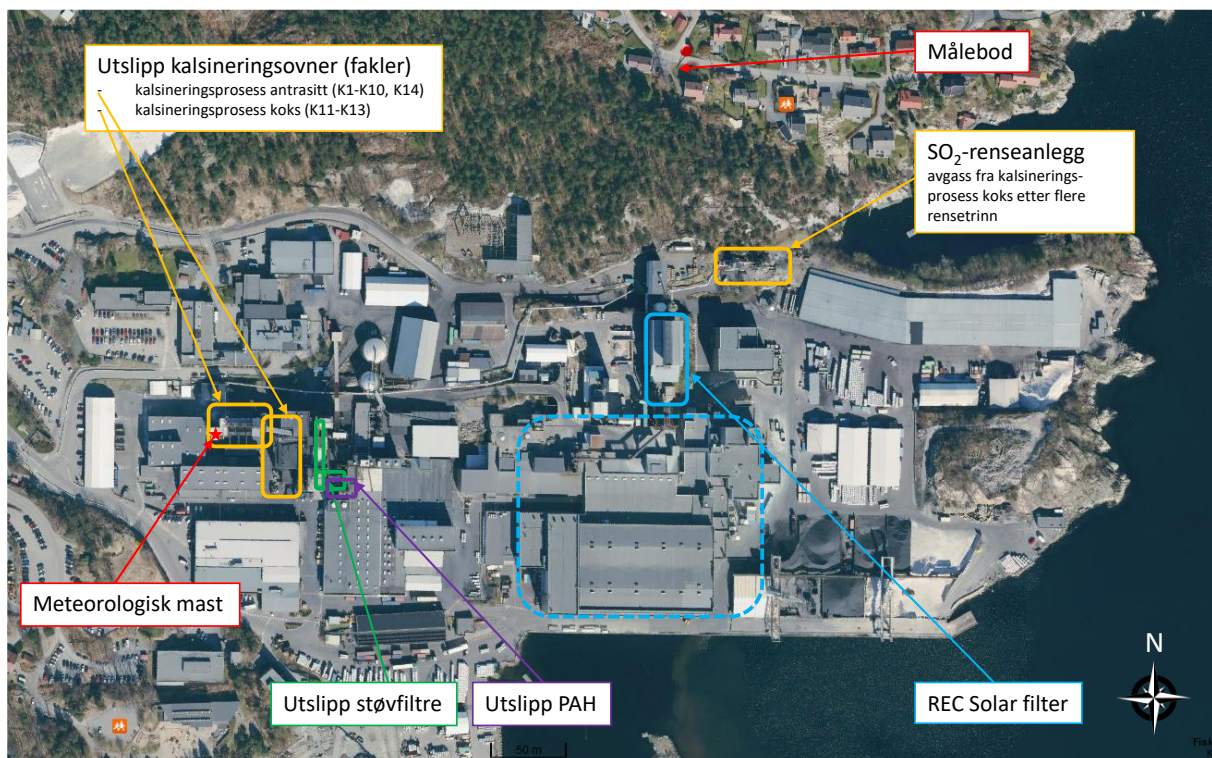
Elkem Carbon ligger i et bebygget område med boligstrøk på flere kanter. Arsen ble analysert fra filtre tatt med PM_{10} -prøvetaker (se kapittel 4) på Fiskåtangen i det nærmeste boligområdet nordøst for bedriften. Dette var området som ifølge modellberegningene (Norsk Energi, 2019) er mest eksponert

² Utslipp av PAH kommer fra blandedprosessen, ikke fra kalsineringsovnene

³ I september 2020 ble K14 som kjøres på antrasitt satt i drift, dvs. fra september 2020 er det totalt 14 kalsineringsovner.

for utslipp fra bedriften. Svevestøvprøvetakeren ble plassert på taket til måleboden⁴ i Konsul Wilds vei mellom husnummer 14 og 16. Plasseringen er vist i Figur 1. PM₁₀-prøvene ble tatt som døgnpøver⁵ hver 6. dag. Målingene begynte 25. september 2019 og hadde en varighet på 12 måneder. Måleprogrammet tar hensyn til at forurensningsforskriften (under henvisning til direktivene 2004/107/EF og 2015/1480/EF) setter krav til datakvaliteten, til metodene brukt (referansemetoden) og til plasseringen av målestedet.

Elkem Carbon hadde i måleperioden ti kalsineringsovner som kjøres med antrasitt (K1-K10), hvorav én (K7) er ombygd for å også kunne kjøres på petrolkoks i kampanjer, og tre kalsineringsovner som kjøres utelukkende med petrolkoks (K11-K13). I september 2020 ble K14 satt i drift som kjøres på antrasitt. En oversikt over utslippspunktene er vist i Figur 1. Antrasitt har et større arseninnhold⁶ enn petrolkoks. Dessuten brukes det ulike kvaliteter av antrasitt og petrolkoks, med ulikt arseninnhold. Avgass fra kalsineringsovnene fakles. Fakling av avgassen fra antrasittovnene forventes å gi det største bidraget til arsen i omgivelsesluften. De tre petrolkoksovnene K11-K13 er tilknyttet et felles energigjenvinnings- og SO₂-rensaneanlegg som fanger svovel i form av SO₂ og SO₃ i utslippet fra disse tre ovnene. En tilleggseffekt er at man også får fjernet støvutslipp ved hjelp av posefilteret som er montert før sjøvannscrubber. Rensaneanlegget rensar kun avgass fra de tre koksovnene mens det er støvet fra kalsinering av antrasitt som inneholder mest arsen. Per i dag er det ingen rensing av avgassene fra antrasittovnene.



Figur 1: Lokalisering av utslippskilder til luft ved Elkem Carbon. Meteorologisk mast er lokalisert ved siden av utslippspunktene fra kalsinering.

⁴ I samme tidsperiode ble det også utført kontinuerlig SO₂-måling med SO₂-monitor som var plassert i måleboden (Hak, 2020)

⁵ Hver prøve ble tatt i 24 timer. Prøvetakeren ble startet manuelt for hver prøve, ved litt varierende tider på døgnet.

⁶ Elkem Carbons analyser av ulike råvarer viser at typisk arseninnhold i rå petrolkoks er mindre enn 1/10-del av innholdet i rå antrasitt.

Det er to industrikilder til As-utslipp på Fiskå. Elkem Carbon er den største kilden til As i området med et utslipp på 345 kg i 2019 (www.norskeutslipp.no). As-utslippet til nabobedriften REC Solar er signifikant lavere og variert mellom 0,15 og ca. 5 kg per år i de siste 10 år. I 2019 ble et utslipp på 0,15 kg rapportert (www.norskeutslipp.no). En annen industriell kilde for tungmetaller i området er Glencore Nikkelverk ved Hannevikbukta, nord for Fiskå (se Figur 2). Glencore Nikkelverk rapporterer ikke As-utslipp. Måleboden på Fiskåtangen ligger 200-300 m nord/nordøst for utslippskildene ved Elkem Carbon og 900 m sør for Glencore Nikkelverk.



Figur 2: Oversiktskart over Kristiansand, der lokalisering av industrielle kilder og av målestasjonen (blå ring) er tegnet inn. Kartet er orientert nord-sør.

Den meteorologiske stasjonen ble plassert på bedriftsområdet til Elkem Carbon for å få informasjon om spredning av luftforurensninger rett ved kilden (rød stjerne i Figur 1). 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 vindstrømmingene ikke blir forstyrret av bygninger i nærheten. Masten er vist i Figur 3. Meteorologiske parametere (vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet, lufttrykk og nedbør) ble logget med 1 time og 10 minutt tidsoppløsning.



Figur 3: 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 andre terskler som bl.a. bestemmer i hvilke tilfeller luftkvaliteten må overvåkes, og når det må gjennomføres tiltak. Kommunene er delegert forurensningsmyndighet etter forskriften (§ 7-4). Norsk målsetningsverdi for årsmiddel av arsen er gitt i Tabell 1.

Forurensningsforskriften (FF) definerer også vurderingsterskler som er forurensningsnivåer lavere enn grenseverdien som angir krav til målinger av luftkvaliteten og tiltaksutredning (FF kapittel 7 § 7-8 og Vedlegg 3). Det skal gjennomføres målinger og tiltaksutredning ved overskridelse av øvre vurderingsterskel (FF § 7-9). Ved vurderingen av kvaliteten av omgivelsesluften der nivået i en representativ periode ligger mellom øvre og nedre vurderingsterskel reduseres kravet om målinger,

det er tilstrekkelig med veiledende⁷ målinger (direktiver 2004/107/EF og 2015/1480/EF). Under nedre vurderingsterskel (40% av målsettingsverdien) vil det ikke være behov for målinger. Nivåene for As er spesifisert i Tabell 1. I følge veilederen til forurensningsforskriften (Miljødirektoratet, 2015) foreligger det fare for overskridelse av grenseverdi dersom øvre vurderingsterskel overskrides. Overskridelse av vurderingsterskler foreligger når konsentrasjonen har vært over vurderingsterskelen minimum tre av de siste fem 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. Luftkvalitetskriteriene er ikke juridisk bindende, men angir nivåer av luftforurensning som er trygge for de aller fleste mennesker. For arsen er luftkvalitetskriteriet 2 ng/m³ for årsmiddel (Folkehelseinstituttet, 2013).

Tabell 1: Målsettingsverdi for tiltak, jfr. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931> § 7-7, øvre og nedre vurderingsterskel, jfr. Forurensningsforskriften vedlegg 3, luftkvalitetskriterium for arsen i omgivelsesluft. Tallene gjelder det gjennomsnittlige totalinnholdet av arsen i PM₁₀-fraksjonen, midlet over et (kalender)år.

	Midlingstid	Verdi
Forurensningsforskriften: Målsettingsverdi for tiltak	Kalenderår	6 ng/m ³
Forurensningsforskriften: Øvre vurderingsterskel	År	3,6 ng/m ³
Forurensningsforskriften: Nedre vurderingsterskel	År	2,4 ng/m ³
Luftkvalitetskriterium	År	2 ng/m ³

Verdens Helseorganisasjon (WHO) har utarbeidet retningslinjer («air quality guidelines»). Arsen er kreftfremkallende hos mennesker. Et sikkert nivå for eksponering ved innånding kan ikke anbefales (WHO, 2000). WHO har estimert en livstidskreftrisiko for arsen på 1,5 tilfeller per 1000 innbyggere (1,5:1000) ved eksponering for en luftkonsentrasjon på 1 µg/m³. Dette tilsier at livstids kreftrisikoen er 1:10 000, 1:100 000 og 1:1 000 000 ved en konsentrasjon av arsen i luft på henholdsvis 66 ng/m³, 6,6 ng/m³ og 0,66 ng/m³.

4 Målemetode

Målingene ble gjennomført i tråd med kvalitetssystemet for målinger av luftkvalitet (jf. Miljødirektoratet, 2014). Dette omfatter bruk av referansemålingene for prøvetaking og analyse av arsen i omgivelsesluft (forurensningsforskriften §7-8, direktiv 2004/107/EF vedlegg V). Referansemålingen for prøvetaking av arsen er basert på manuell PM₁₀-prøvetaking som beskrevet i NS-EN 12341:2014, etterfulgt av oppslutning av prøvene og analyse med f.eks. massespektrometri

⁷ «Veiledende målinger» er målinger som foretas med redusert regelmessighet, men som oppfyller de øvrige datakvalitetsmålingene. Aktiv prøvetaking med minst 14% tidsdekning, jevnt fordelt over året, oppfyller datakvalitetsmålingene for veiledende målinger (2004/107/EF, vedlegg V).

med induktivt koplet plasma (ICP-MS, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) som beskrevet i NS-EN 14902:2005.

Prøvetaking av luft for analyse av arsen i partikler ble utført ved hjelp av en filterprøvetaker (KleinfILTERgerät, Leckel GmbH, Berlin) med PM₁₀-impaktor. Filtrene ble byttet manuelt. Teflonfilter ble benyttet. Eksponeringen pågikk i 24 timer per prøve (startklokkeslettet varierte mellom prøvene) ved en luftgjennomstrømning på 2,3 m³/time. Filtrene ble oppsluttet med salpetersyre i ultraclave, oppslutningsteknikk basert på mikrobølger. Kjemisk analyse ble utført med ICP-MS for arsen (As) for alle prøver.

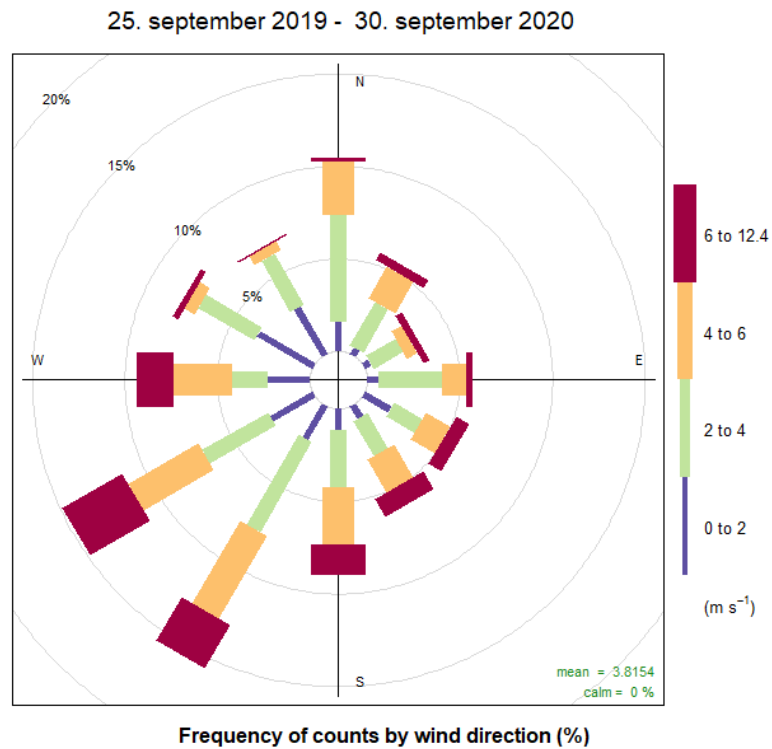
Det ble tatt døgnprøver hver sjette dag. I starten ble det valgt hyppigere målefrekvens (dvs. hver andre til hver tredje dag) for å forkorte ventetiden på de første analyseresultatene. Totalt ble det tatt 70 prøver over perioden på 12 måneder. Tidsdekningen var på 19% og oppfyller dermed minstekravet til tidsdekning på 14% (2004/107/EF, vedlegg IV). Prøvene var fordelt jevnt over ukedagene og året og gir dermed et representativt bilde av varierende årstider og menneskelig virksomhet.

5 Måleresultater

5.1 Meteorologiske parametere

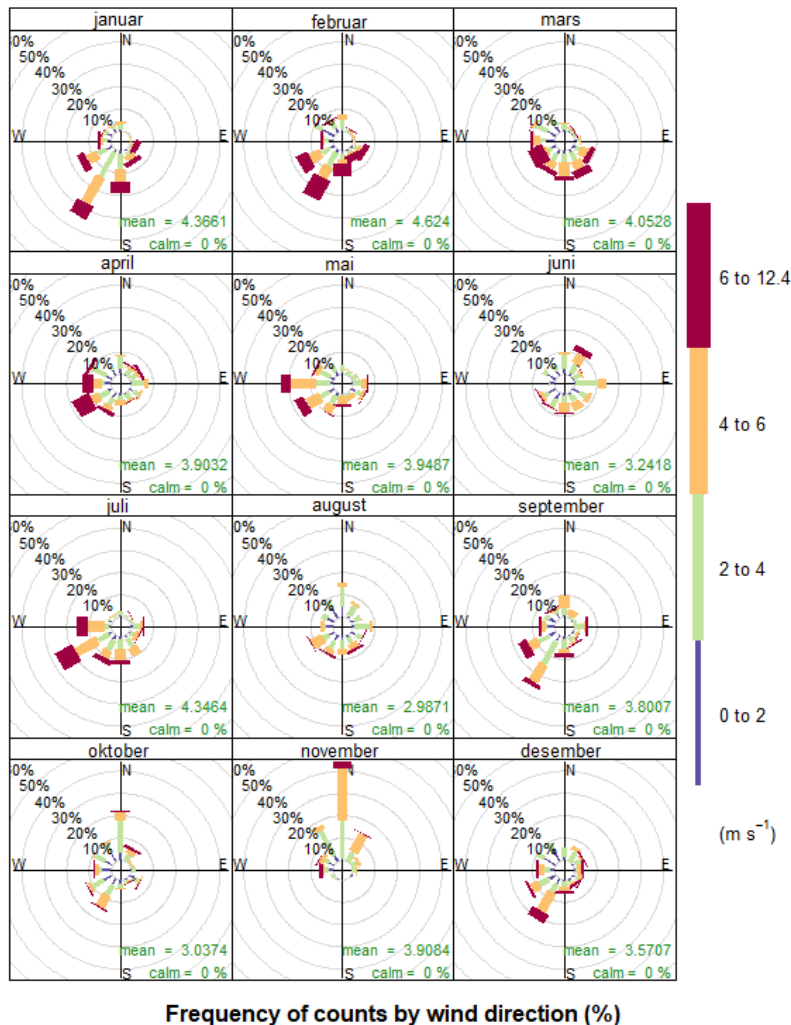
Meteorologiske målinger, spesielt vindretning og vindhastighet, er grunnleggende for å bestemme spredning og transport av luftforurensning. Meteorologiske parametere (vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet, lufttrykk og nedbør) ble målt på bedriftsområdet til Elkem Carbon, der NILU hadde satt opp en 10 m 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.

Vindrosen midlet over hele måleperioden 25. september 2019 – 30. september 2020 (12 måneder) er vist i Figur 4. Vindrosen viser fordelingen av vindhastighet og vindretning, dvs. med hvilken frekvens det forekommer vind fra tolv 30° vindretningssektorer, ved målestedet. Fremherskende vindretning i måleperioden var fra sørvest (ca. 30% av året).



Figur 4: Vindrose for hele måleperioden (25. september 2019 – 30. september 2020) basert på timemiddelverdier. Vindretning og vindhastighet er målt på bedriftsområdet.

Månedlige vindroser i perioden oktober 2019 – september 2020 er vist i Figur 5. Merk at rekkefølgen i figuren er januar – september 2020 før oktober – desember 2019.



Figur 5: Månedlige vindroser for perioden oktober 2019 – september 2020. Oktober-desember 2019 er vist i nederste rad. Januar-september 2020 er vist i de øvre tre radene. Figurene viser med hvilken frekvens det forekommer vind fra angitt retning.

Fremherskende vindretning i måleperioden var sørvest. Det var ingen utpreget sesongmessig variasjon av vindretningen. November 2019 var spesiell i det at det stort sett blåste fra nord og ikke fra sør eller sørvest.

Målestasjonen for måling av As (ikke kontinuerlig; prøvene ble tatt hver 6. dag) var plassert nord/nordøst for utslippspunktene på Fiskå slik at målestasjonen er utsatt for utslipp ved sørlig til sørvestlig vind (se Figur 1).

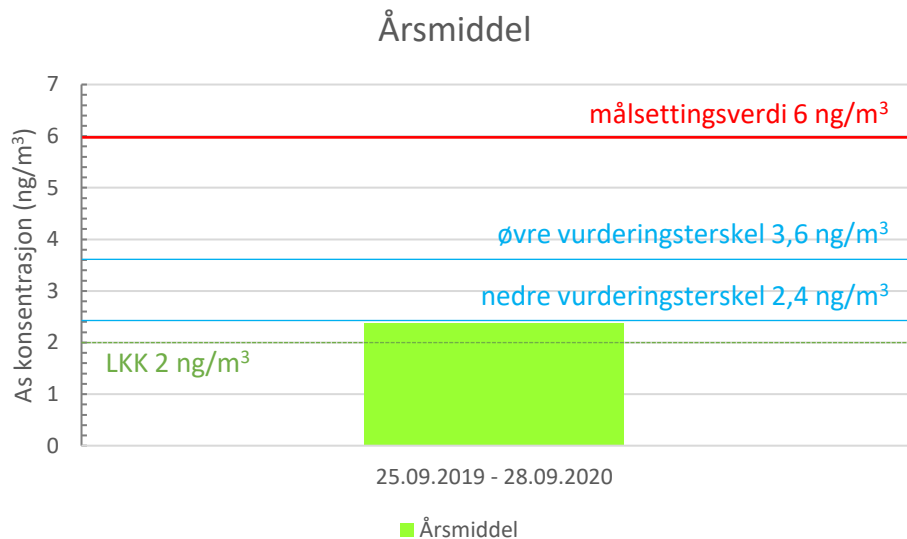
Vindroser for tidsperiodene As-prøvene (døgnprøver) ble tatt er vist i Figur 9.

5.2 Arsen

5.2.1 Årsmiddel

Målingene med svevestøvprøvetaker i Konsul Wilds vei i perioden 25. september 2019 – 29. september 2020 ga et 12-måneders middel på 2,38 ng/m³. Dette er lavere enn årsmålsettingsverdien for tiltak på 6 ng/m³, som gjelder over et kalenderår (1. januar – 31. desember).

Arsen-årsmiddelet var så vidt under nedre vurderingsterskel på $2,4 \text{ ng/m}^3$, som er 40% av målsetningsverdien (se Figur 6). Overskridelser av de øvre og nedre vurderingstersklene skal bestemmes på grunnlag av konsentrasjoner målt i løpet av de fem foregående årene dersom det foreligger tilstrekkelige data. En vurderingsterskel anses for overskredet dersom den er blitt overskredet i minst tre av disse fem foregående årene. Dersom det foreligger data for mindre enn fem år, kan kortvarige målekampanjer på tidspunkter og steder som kan antas å være representative for de høyeste forurensningsnivåene kombineres med resultater fra utslippsfortegnelser og modellberegninger for å fastslå om de øvre og nedre vurderingstersklene er overskredet. Resultatene for enkelte prøver er diskutert i kapittel 5.2.2.

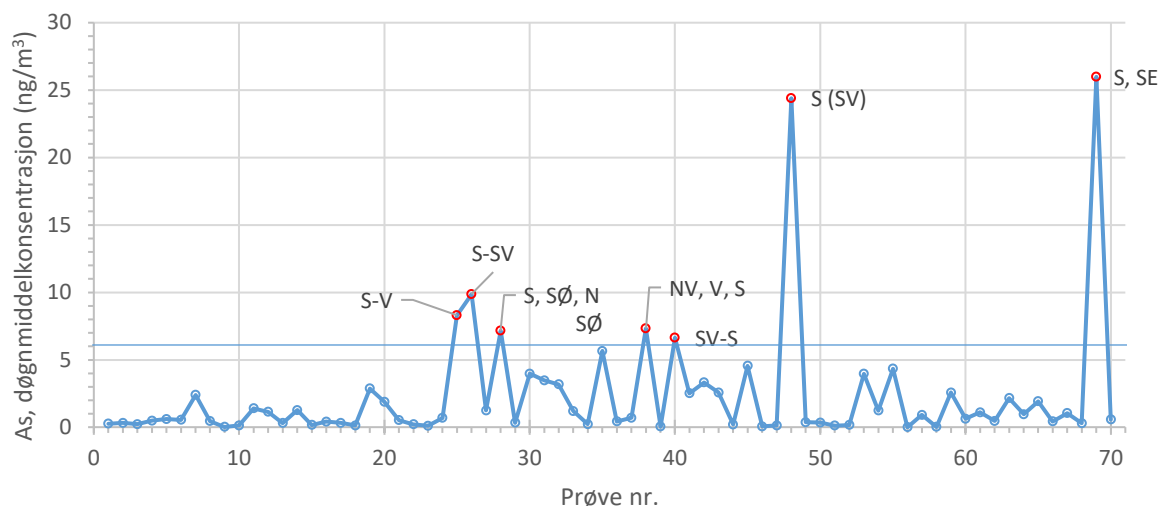


Figur 6: As-årsmiddel av 70 prøver tatt i perioden 25. september 2019 – 29. september 2020. Nedre og øvre vurderingsterskel og målsetningsverdi er tegnet inn.

Årsmiddelkonsentrasjonen er litt høyere enn det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 2 ng/m^3 (Folkehelseinstituttet (2013), Figur 6).

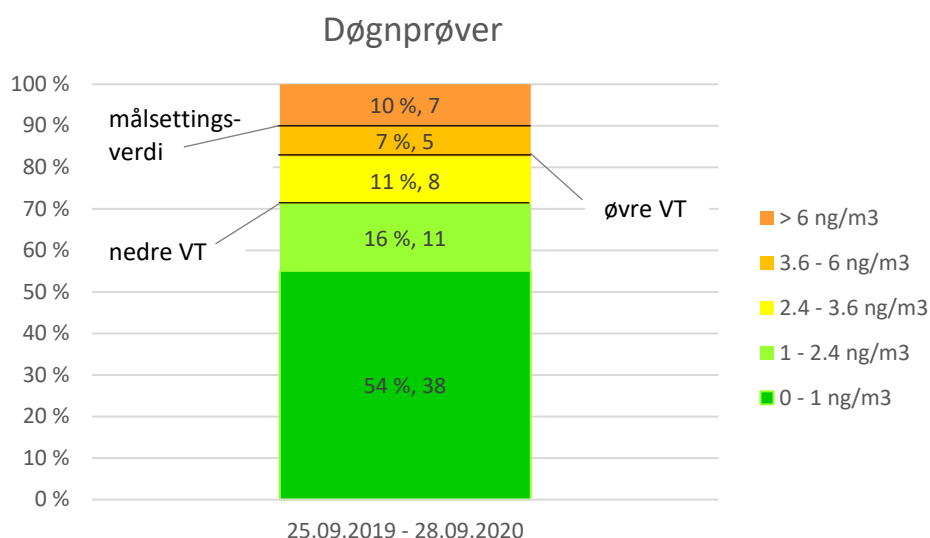
5.2.2 Døgnprøver

Resultatene fra As-døgnprøvene tatt i Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 7. As-døgnmiddelkonsentrasjonen varierte mellom en minimum på $0,03 \text{ ng/m}^3$ og en maksimum på $25,97 \text{ ng/m}^3$. Totalt syv døgnprøver i måleperioden (dvs. 10%) hadde en konsentrasjon over 6 ng/m^3 som er målsetningsverdien for årsmiddel. To prøver hadde vesentlig større As-konsentrasjon enn verdiene ellers registrert i Konsul Wilds vei. Det var ingen spesielle driftsforhold hos Elkem Carbon eller logger som kunne forklare større konsentrasjoner sammenlignet med prøvene før eller etter: Lørdag 23. mai 2020 kl. 08:00 til søndag 24. mai 2020 kl. 08:00 ble det registrert en As-døgnmiddelkonsentrasjon på $24,38 \text{ ng/m}^3$ (prøve 48). Vindretningen i samme tidsperiode var sør/sørvest (se også vindrosen i Figur 9). Tirsdag 22. september 2020 kl. 08:49 til onsdag 23. september 2020 kl. 08:49 ble det målt en As-døgnmiddelkonsentrasjon på $25,97 \text{ ng/m}^3$ (prøve 69). Vindretningen i perioden var sør/sørøst (Figur 9).



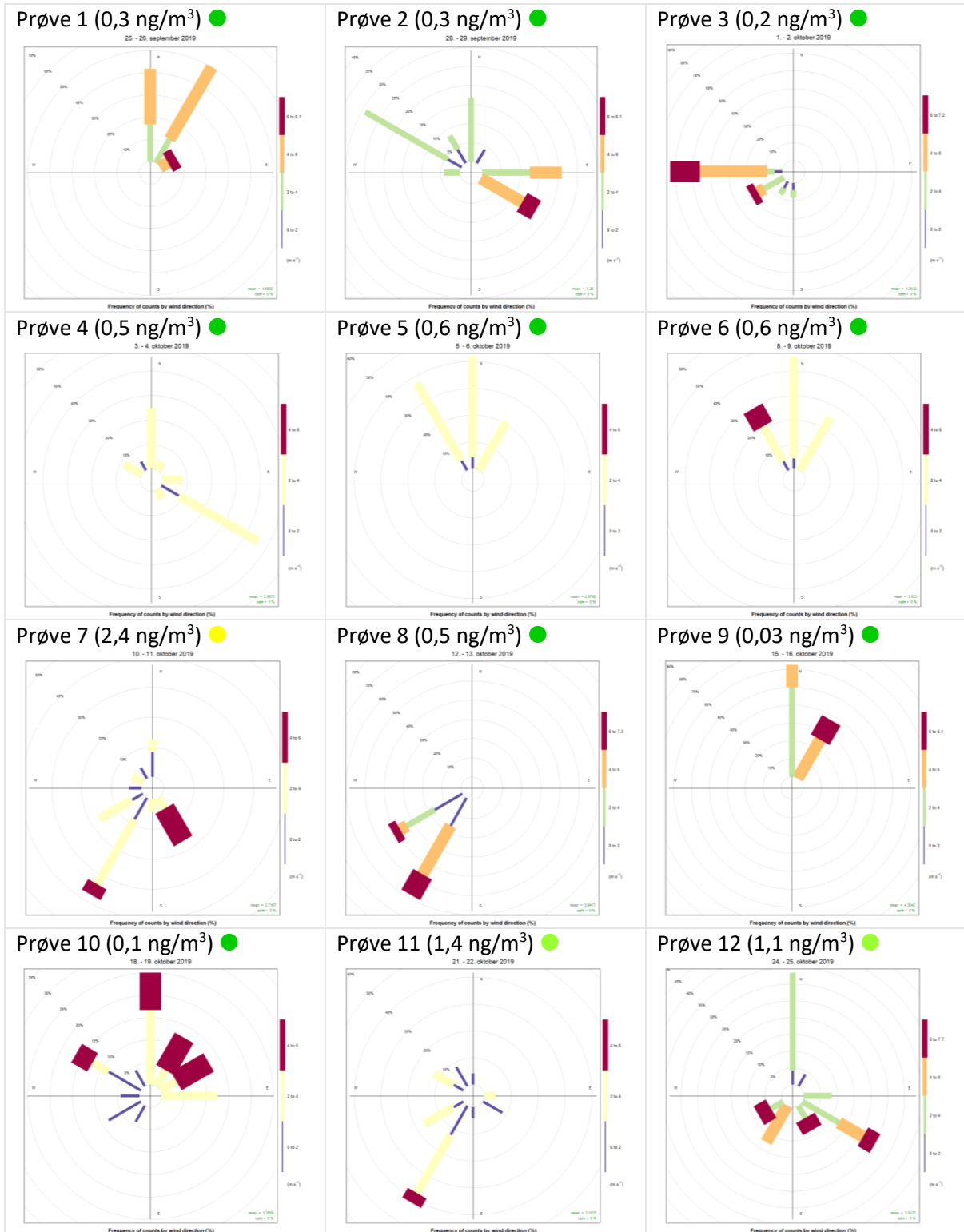
Figur 7: As døgnmiddelkonsentrasjoner ved Konsul Wilds vei i måleperioden. Prøvene ble tatt hver 6. dag. Målsetningsverdien for årsmiddel på 6 ng/m³ er tegnet inn for orientering.

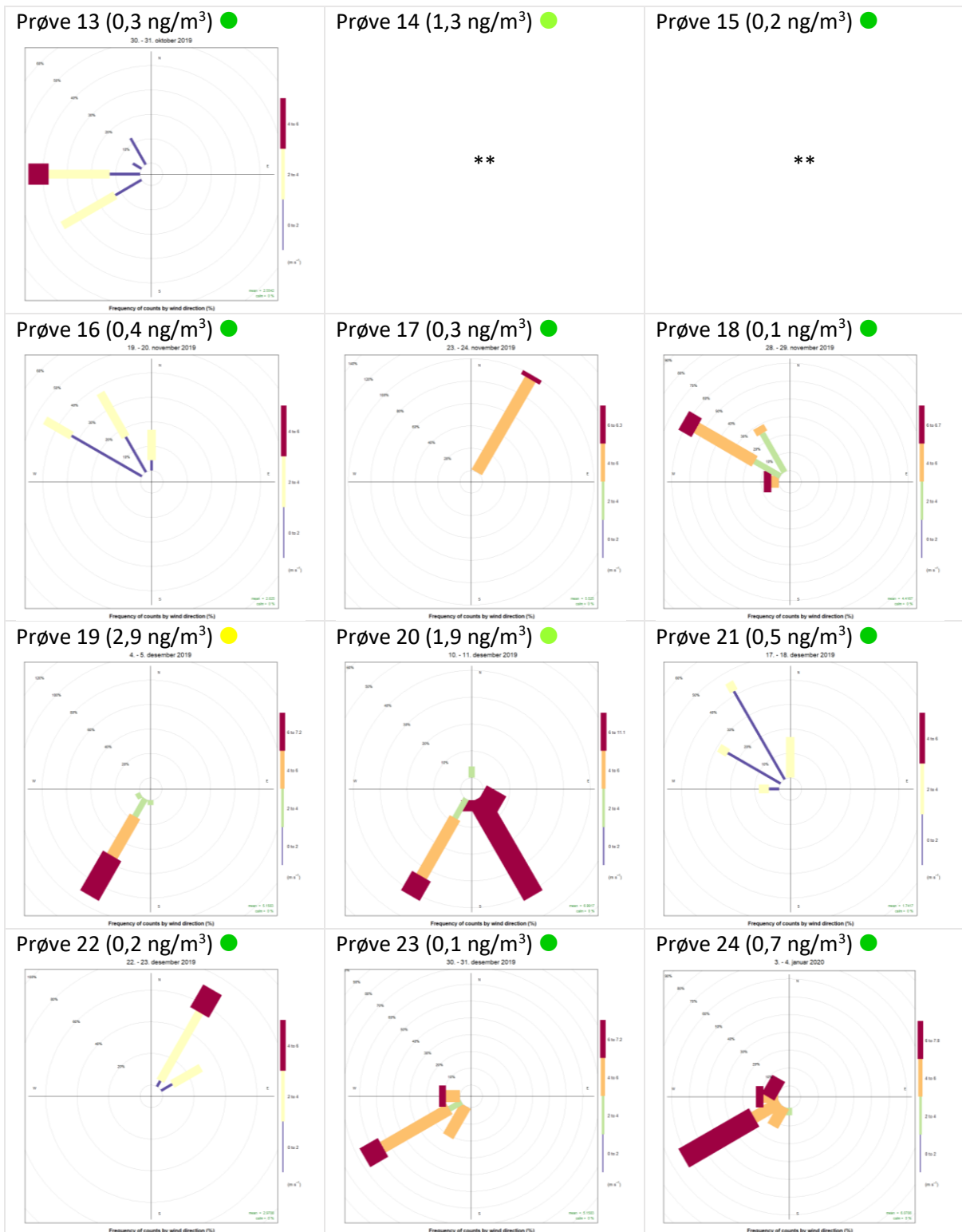
Som vist i kapittel 5.2.1 ble målsetningsverdien for årsmiddel av arsenen overholdt med god margin. For 10% av prøvene var døgnmiddelverdien over målsetningsverdien for årsmiddel (se Figur 8). For 70% av prøvene var døgnmiddelverdien under nedre vurderingsterskel (som gjelder for årsmiddel).

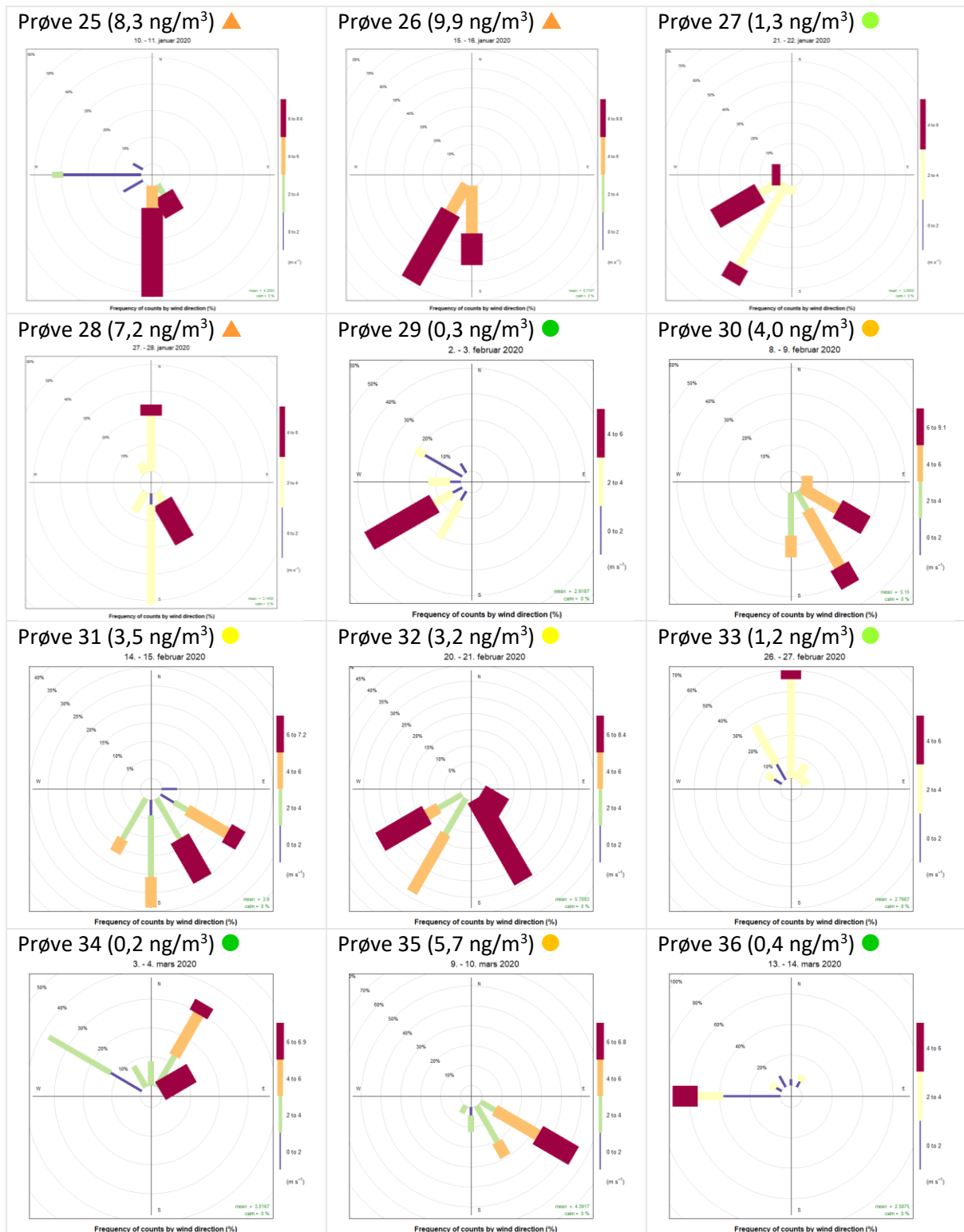


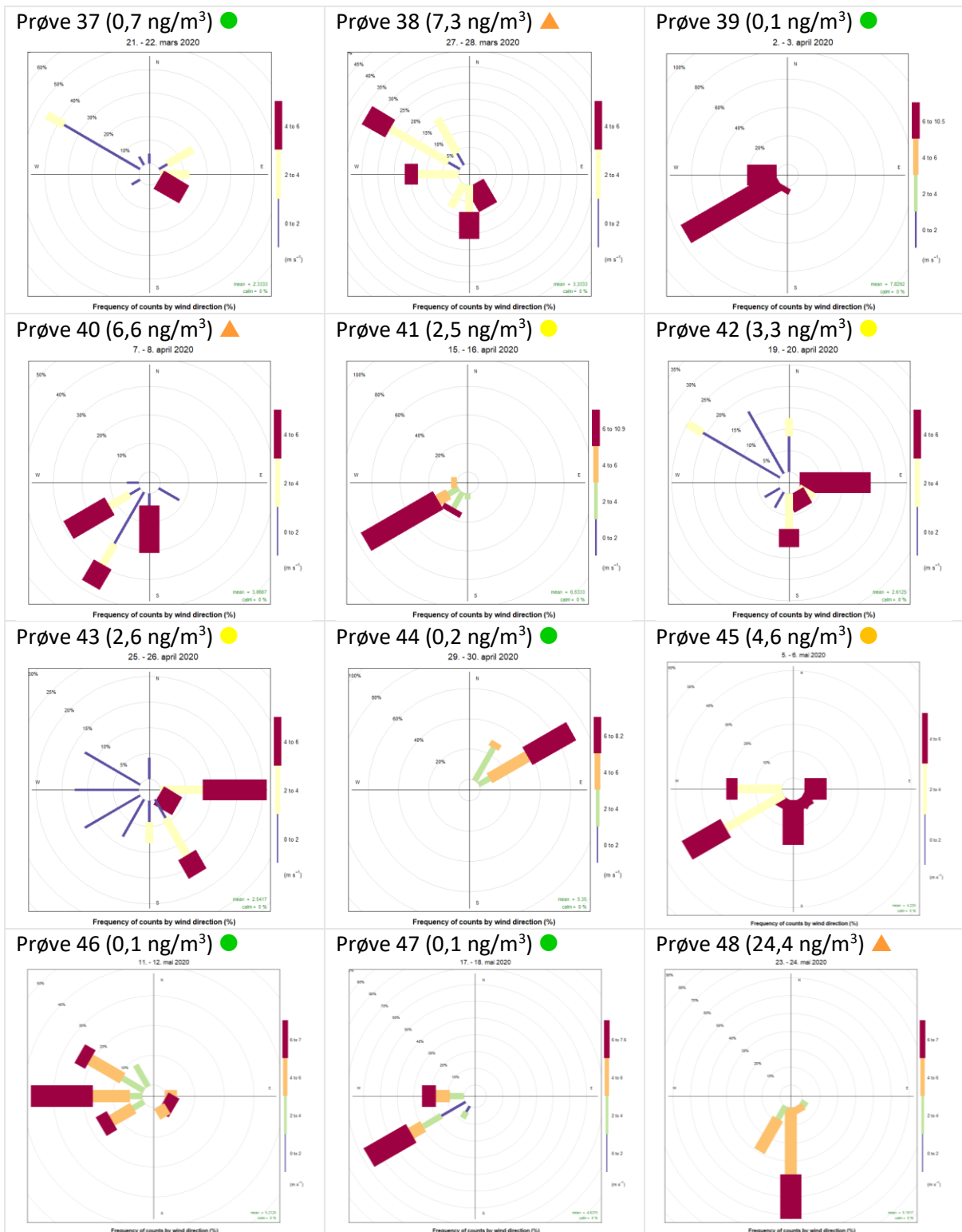
Figur 8: Fordeling av As-døgnmiddelkonsentrasjoner (ng/m³) på angitte intervaller i måleperioden. Vurderingstersklene og målsetningsverdien, som gjelder for årsmiddel, er angitt for orientering.

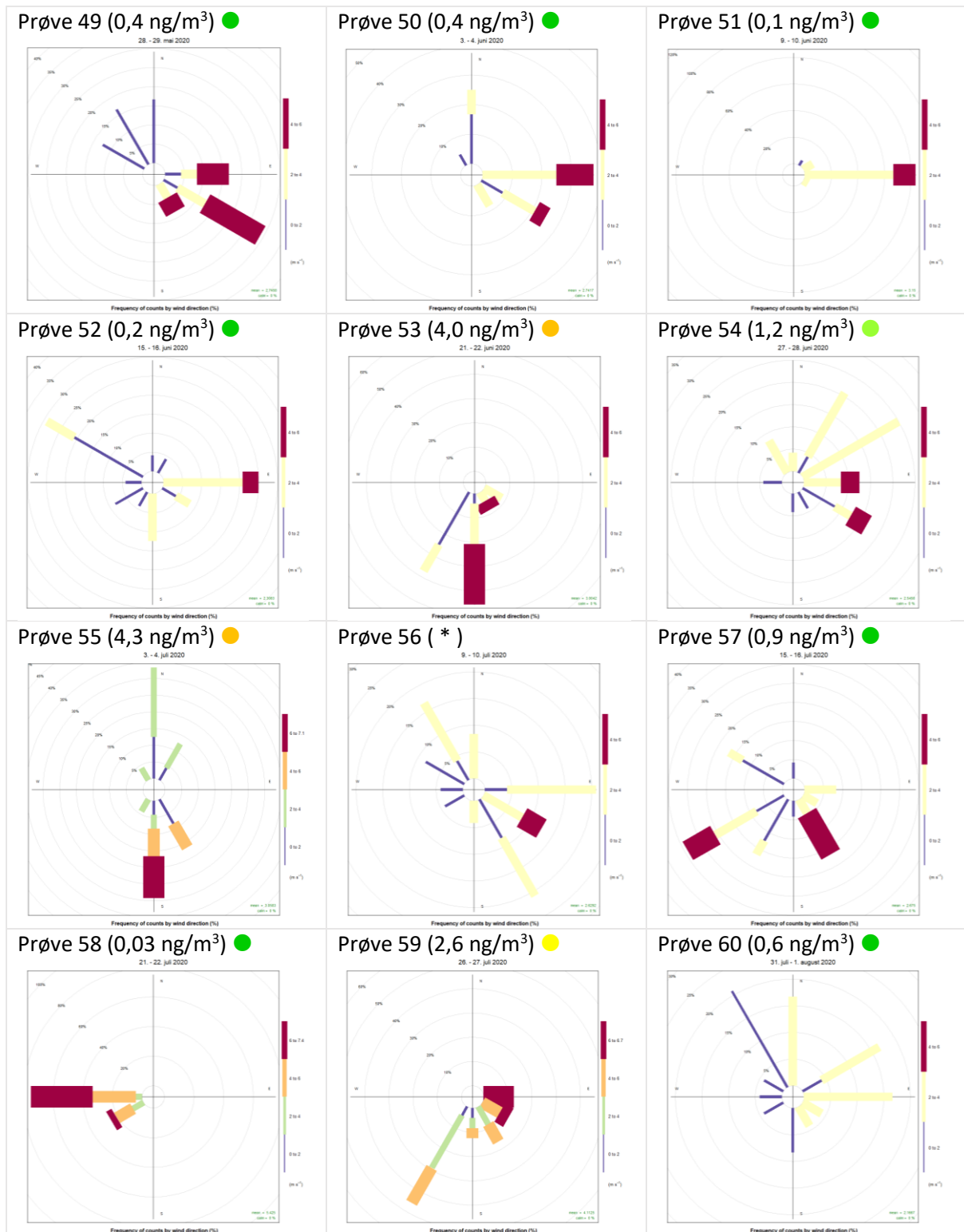
En oversikt over vindroser for alle prøvene er vist i Figur 9. Til hver vindrose angis prøvenummer, konsentrasjon og en farget sirkel som indikerer konsentrasjonsintervallet med samme fargeskala som i Figur 8. Vindretningen for prøvene med As-konsentrasjoner over 6 ng/m³ var hovedsakelig fra sørlig sektor: sør (prøve 25), sørvest/sør (prøve 26), sør-sørøst-nord (prøve 28), nordvest-vest-sør (prøve 38), sørvest/sør (prøve 40), sør (prøve 48), sør/sørøst (prøve 69).

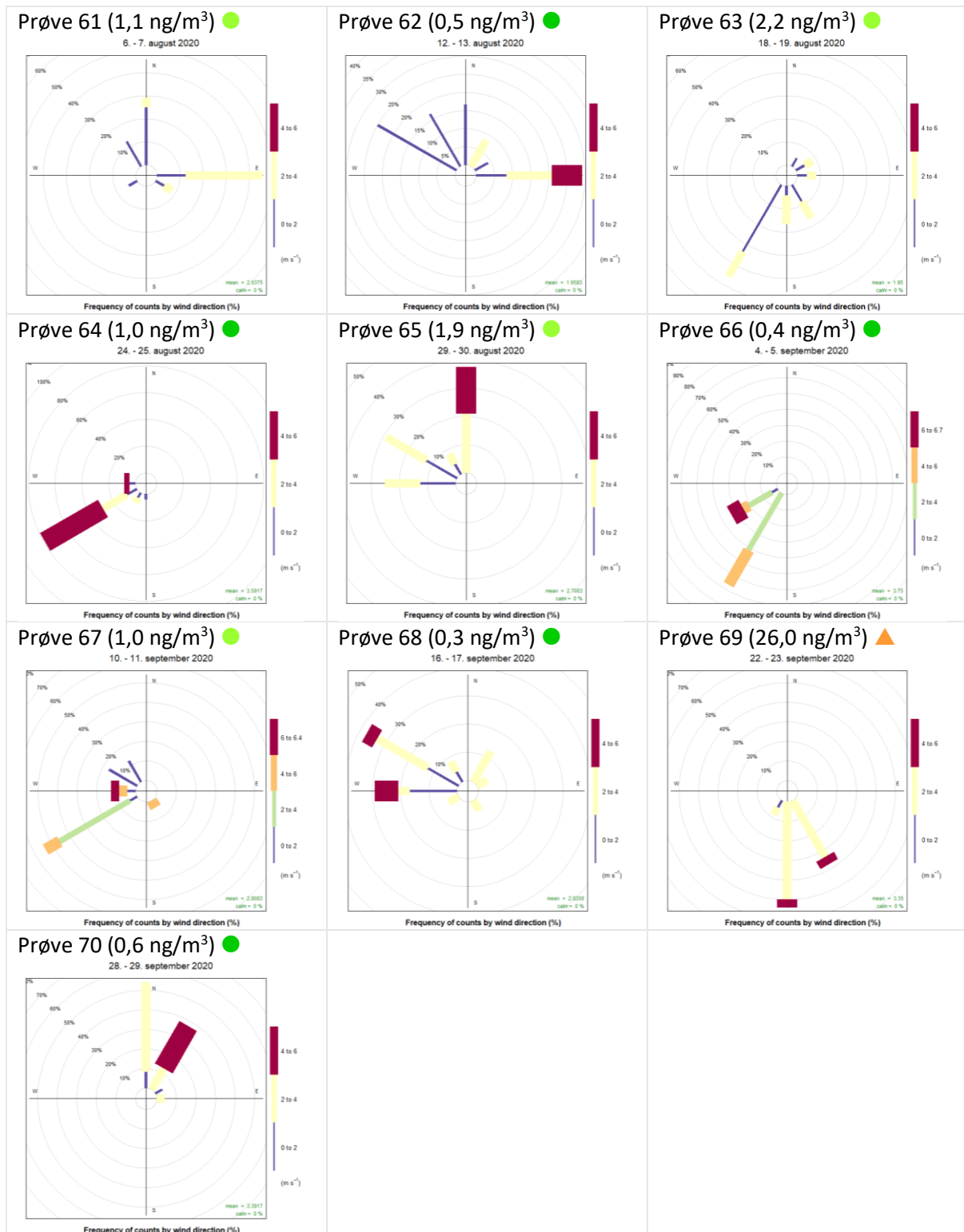












Figur 9: Vindroser for 24-timers perioder arsenprøvene (prøve 1 – prøve 70) ble tatt. Vindrosene viser med hvilken frekvens det forekommer vind fra angitt retning (basert på timedata). ● indikerer konsentrasjonsintervallet for hver prøve med samme fargeskala som i Figur 8. Prøver med konsentrasjon over 6 ng/m³ er vist med ▲.

* Prøve 56: Det manglet filter. Det er usikkert når/hvor i prosessen filteret forsvant

** Strømbrydd meteo-mast 3. november – 13. november 2019 pga. defekt strømkontakt til loggeren

6 Diskusjon

Plassering til målestasjonen

Hovedvindretningen i måleperioden målt på bedriftsområdet til Elkem Carbon var fra sørvest (30% av tiden). Regional vindfordeling (Oksøy fyr⁸) i måleperioden ligner regional vindfordeling midlet over flere år. Den lokale vindfordelingen målt ved Elkem Carbon i måleperioden anses derfor som representativ for den lokale vindfordelingen også utover måleperioden.

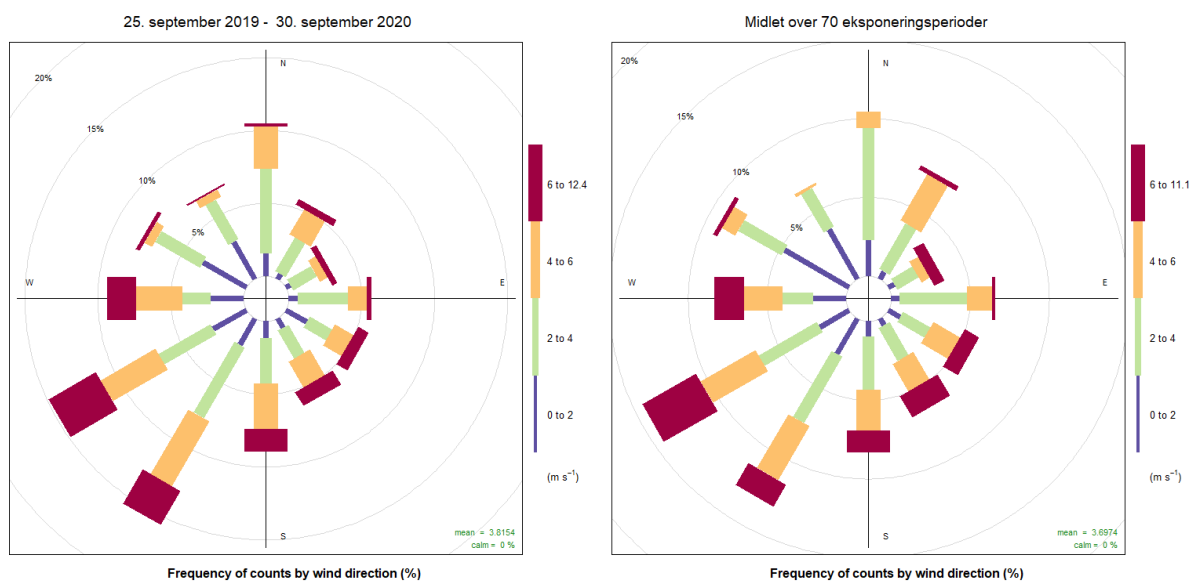
Målestasjonen var dermed hovedsakelig medvinds i forhold til utslippskildene i måleperioden og plasseringen anses å være representativ også utover måleperioden.

Som beskrevet i vedlegg III til direktiv 2004/107/EF om arsen, kadmium, kvikksølv, nikkel og polysykliske aromatiske hydrokarboner i omgivelsesluft, 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. Plasseringen skal være representativ for luftkvaliteten i et omkringliggende område på minst 250 x 250 m. Målestasjonen i Konsul Wilds vei oppfyller dette kravet.

Representativiteten av målingene

Det måles hovedsakelig lave As-konsentrasjoner ved Konsul Wilds vei. 70% av alle prøvemiddel-konsentrasjoner var under 2,4 ng/m³ i måleperioden. Tidsdekning av målingene var 19% og oppfyller dermed krav for tidsdekning på 14% som gjelder for veiledende målinger. Kilden til arsen hos Elkem Carbon er kalsinering som er en kontinuerlig prosess som går hele tiden. Det er derfor ikke sykliske variasjoner som tilsier forskjell mellom helg og ukedager. Vindhastigheten midlet over alle eksponeringsperioder var 3,7 m/s, for hele året var midlet vindhastighet 3,8 m/s. Temperaturen midlet over alle eksponeringsperioder var 9,5°C, for hele året var midlet temperatur 9,6°C. Også vindrosen midlet over alle eksponeringsperioder var svært lik vindrosen for hele året (Figur 10). Meteorologiske forhold i tidsperioden dekket av eksponeringsperiodene var representative for hele måleperioden/året. Måleresultatene fra eksponeringsperiodene anses dermed som representative for hele året.

⁸ Ved Oksøy fyr (meteorologisk målestasjon fra Meteorologisk institutt) har vindretningen en større komponent fra vest, sammenlignet med *lokal* vindfordeling ved Elkem Carbon. Vindroser kan lages på www.eklima.no.



Figur 10: Venstre: Vindrose for hele måleperioden (25. september 2019 – 30. september 2020) basert på timemiddelverdier (identisk med Figur 4). Høyre: Vindrose midlet over alle eksponeringsperioder basert på timemiddelverdier. Vindretning og vindhastighet er målt på bedriftsområdet.

Vinden blåste fra sørvest, sør og sørøst når høye As-konsentrasjoner ble målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden. Ved de øvrige vindretningene (prøveperioder uten vindkomponenter fra sørlig sektor) ble det stort sett målt prøvemiddelkonsentrasjoner (døgn) under $0,6 \text{ ng/m}^3$ (se Figur 9). Høy As-konsentrasjon kan også opptre ved andre befolkede steder i området rundt bedriftene, men på grunn av den lokale vindfordelingen vil det skje mer sjeldent.

Bakgrunnsvariasjon av As

Foreløpige måleresultater fra regional bakgrunnsstasjon Birkenes, ca. 33 km øst-nordøst for Elkem Carbon, viser at bakgrunnsnivået av arsen kan variere en del. På Birkenes er det tatt ukeprøver av PM_{10} som analyseres på tungmetaller, bl.a. arsen, med samme metode som prøvene fra Konsul Wilds vei.

For to av prøvene tatt i Konsul Wilds vei, prøve 48 og prøve 69 (se Figur 9), ble det registrert vesentlig høyere As-konsentrasjon enn for de øvrige prøvene. Det har ikke vært spesielle driftsforhold eller hendelser de to døgnene. Prøvene viste litt mer støv og analysen viste også mer bly enn i vanlige prøver.

Bakgrunnskonsentrasjonen av arsen på Birkenes var tydelig høyere⁹ enn vanlig i ukene 16.-23. september og 23.-30. september 2020 som omfatter prøve 69 (23.-24. september 2020). Dette kan tyde på forhøyet arsenkonsentrasjon i perioden på grunn av langtransportert forurensning. Bakgrunnsprøvene fra mai til august 2020 er ikke analysert ferdig enda. Den høye arsenkonsentrasjonen i mai (prøve 48) kan derfor ikke vurderes i forhold til bakgrunnsnivået. Det forventes oppklaring når endelige resultater fra bakgrunnsmålingene foreligger.

⁹ Foreløpige analyseresultater fra Birkenes viser en ukemiddelkonsentrasjon for As over $0,3 \text{ ng/m}^3$. Vanlig ukemiddelkonsentrasjon på Birkenes er under $0,1 \text{ ng/m}^3$.

Spredningsberegninger, Norsk Energi (2019)

Det foreligger spredningsberegninger (Norsk Energi, 2019) av bakkekonsentrasjonsbidraget av støv og metaller (bl.a. arsen) for utslipp fra Elkem Carbon. Beregningene gjelder situasjon uten renseanlegg for petrolkoksovner i drift (fakling) og med renseanlegg i drift. I beregningene er det lagt til grunn at alle ti antrasittovner og alle tre petrolkoksovner er i drift.

Arsenbidraget fra Elkem Carbon ved nærmeste boliger er beregnet å være lavere enn forurensningsforskriftens målsettingsverdi på 6 ng/m³.

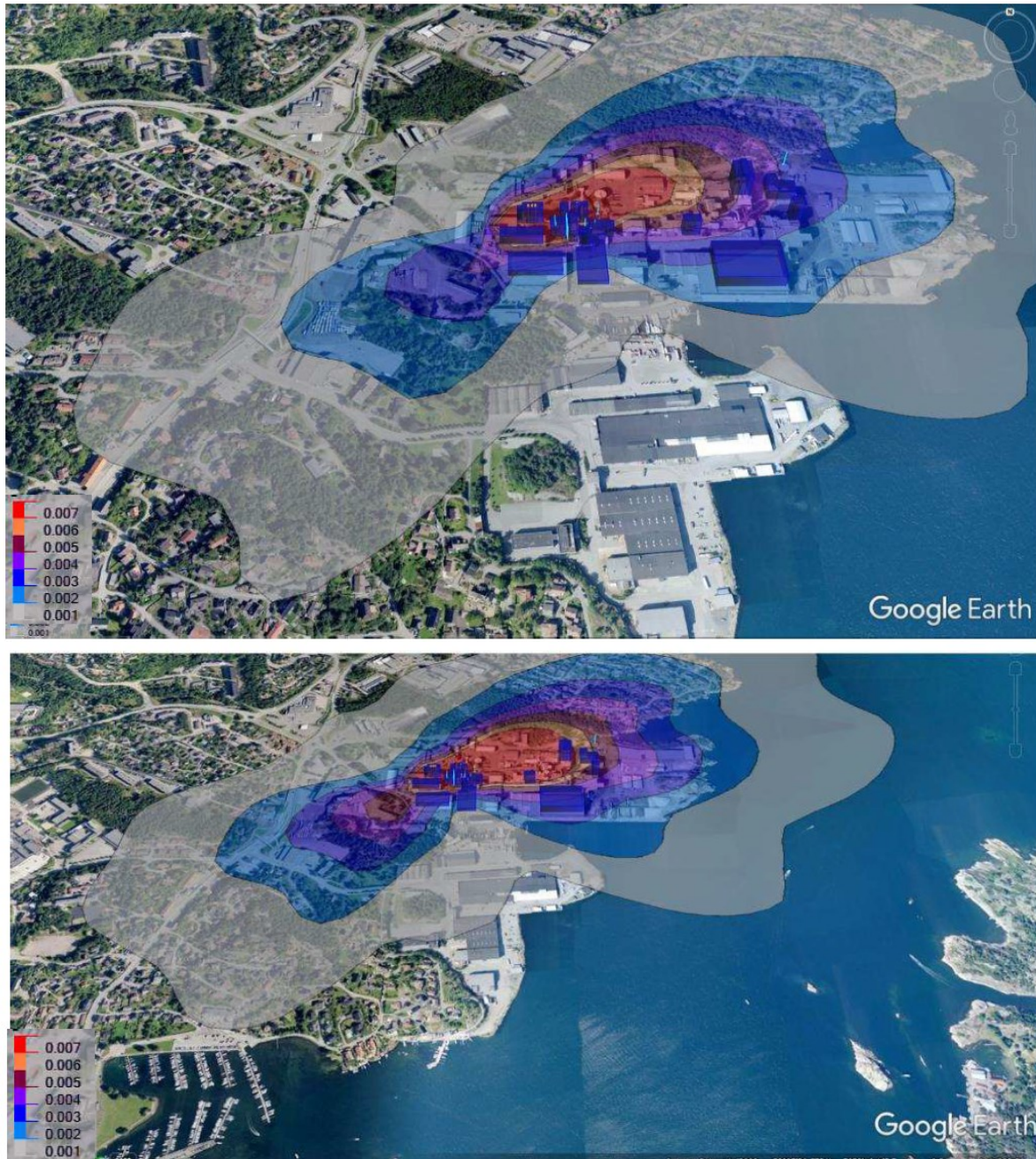
Spredningsberegningene for arsen (Norsk Energi, 2019) for to ulike scenarier og generelle meteorologiske forhold peker på at de høyeste arsenkonsentrasjonene forventes i retning fra Elkem Carbon mot målestasjonen. For et av scenarioene (blandede antrasittkvaliteter) ligger målestasjonen i området der arsenårsmiddelbidraget er større enn 3 ng/m³, som er over nedre vurderingsterskel. For «worst case» scenarioet ligger målestasjonen i området der arsenårsmiddelbidraget er større enn 4 ng/m³, som er over øvre vurderingsterskel. Begge beregnede årsmiddelverdier er litt høyere enn målt årsmiddelverdi i måleperioden som var 2,38 ng/m³.

Utslippsmengden brukt til spredningsberegningene er rapportert å være 21,8 kg arsen i året, basert på utslippsmålinger (Norsk Energi, 2019). Ifølge egenkontrollrapportering til Elkem Carbon, basert på massebalanse, kan utslippet være betydelig høyere enn dette. Elkem Carbon rapporterte 345 kg i 2019 i www.norskeutslipp.no. Begge utslippsverdier har en høy usikkerhet, sammensatt av flere faktorer, som ikke kan forklares her i sin helhet. Utslippsdataene brukt i spredningsmodellen er basert på stikkprøvemålinger på én av antrasittovnene, men det er ikke gitt at disse er representative med hensyn til alle mulige driftssituasjoner og råvaretyper. Utslippsberegninger på grunnlag av massebalanseberegninger som Elkem Carbon har historisk benyttet er basert på analyser av tungmetallinnholdet i råmaterialene. Innholdet av arsen i råvarene er liten og kan være nær eller under deteksjonsgrensen. I forbindelse med store råvaremengder vil denne usikkerheten spre seg. På grunn av stor usikkerhet og mulig overestimering av utslipp fra massebalanseberegninger ønsker Elkem Carbon å benytte måldata (representative for alle driftssituasjoner) til å beregne årsutslipp. Arsenutslipp for 2019 beregnet basert på resultater fra nye målinger er 154 kg.

Bruk av en høyere utslippsmengde i spredningsberegningene enn 21,8 kg ville antagelig ha ført til vesentlig høyere beregnet arsenkonsentrasjon i omgivelsene enn faktisk målt i måleperioden. Dette er konsistent med overestimering av SO₂-konsentrasjonen i omgivelsesluft i forbindelse med spredningsberegninger for SO₂ (se også Hak, 2020).

I spredningsberegningene for arsen er det antatt at alle ovner var i drift hele tiden. Faktisk driftstid på ovnene var 85% i 2019 og 77,5% hittil i 2020 for antrasittovnene (K1-K10), som er hovedkilden for arsen, og 72% og 56% for petrolkoksovnene. Utslippet kan dermed ha vært 15-20% under en teoretisk maksimalverdi ved full utnyttelse av ovnene og samme råvaremix.

Utslippene kommer hovedsakelig fra fakler. Det er kommentert i rapporten om spredningsberegninger at fakkelberegninger gir større usikkerhet enn øvrige punktkilder.



Figur 11: Årsmiddelkonsentrasjonsbidrag av arsen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Øvre bilde: Blandede antrasittkvaliteter på antrasittovnene, petrolkoksovner uten rensing. Nedre bilde: «Worst case» høy-As antrasitt på antrasittovnene, petrolkoksovner uten rensing. Kilde: Norsk Energi (2019)

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. URL: <https://nilu.brage.unit.no/nilu-xmlui/handle/11250/2688808>
- Europeiske Union (2004) Europaparlaments- og Rådskonklusjon 2004/107/EF av 15. desember 2004 om arsen, kadmium, kvikksølv, nikkel og polysykliske aromatiske hydrokarboner i omgivelsesluft. EØS-tillegget til Den europeiske unions tidende, Nr. 23/441, URL: <https://www.efta.int/sites/default/files/documents/legal-texts/eea/other-legal-documents/solr/translated-legal-acts/norwegian/n32004L0107.pdf>.
- Europeiske Union (2015) Kommisjonsdirektiv 2015/1480/EF av 28. august 2015 om endring av flere vedlegg til europaparlaments- og rådskonklusjon 2004/107/EF og 2008/50/EF om fastsettelse av regler for referansemetoder, datavalidering og plassering av prøvetakingspunkter for vurdering av kvaliteten på omgivelsesluft. EØS-tillegget til Den europeiske unions tidende, Nr. 76/387, URL: <https://www.efta.int/sites/default/files/documents/legal-texts/eea/other-legal-documents/solr/translated-legal-acts/norwegian/n32015L1480.pdf>
- Folkehelseinstituttet (2013) *Luftkvalitetskriterier. Virkninger av luftforurensning på helse* (Rapport, 2013:9). Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt.
- Miljødirektoratet (2014) *Håndbok for kvalitetssystem for målinger av luftkvalitet. Del 1: Beskrivelse av kvalitetssystemet* (Veileder, M-39/2014). Oslo: Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet (2015) *Veileder til forurensningsforskriften, kapittel 7, om lokal luftkvalitet* (Veileder, M-413/2015). Oslo: Miljødirektoratet.
- Norsk Energi (2019) *Spredningsberegninger støv og metaller Elkem Carbon. Elkem Carbon AS. Dok-ID 34053-00009-1.1*
- WHO, Verdens Helseorganisasjon (2000) *Air quality guidelines for Europe, 2nd edition*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe (WHO Regional Publications, European series, No. 91). <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/air-quality-guidelines-for-europe>

Vedlegg A

Oversikt over alle As-prøver

Oversikt over alle As-prøver tatt i måleperioden: Prøvenummer, målt konsentrasjon (ng/m³), vindhastighet midlet over tidsrommet prøven ble tatt.

Prøve	Fra	Til	As (ng/m ³)	Vindhastighet (m/s)
1	25.09.2019 13:00	26.09.2019 13:00	0,26	4,6
2	28.09.2019 13:00	29.09.2019 13:00	0,33	3,3
3	01.10.2019 07:00	02.10.2019 07:00	0,23	4,4
4	03.10.2019 07:00	04.10.2019 07:00	0,49	3,0
5	05.10.2019 07:00	06.10.2019 07:00	0,61	2,9
6	08.10.2019 08:00	09.10.2019 08:00	0,56	3,0
7	10.10.2019 11:30	11.10.2019 11:30	2,40	2,7
8	12.10.2019 08:00	13.10.2019 08:00	0,46	3,9
9	15.10.2019 08:00	16.10.2019 08:00	0,03	4,3
10	18.10.2019 08:00	19.10.2019 08:00	0,13	3,3
11	21.10.2019 08:22	22.10.2019 08:22	1,40	2,2
12	24.10.2019 08:02	25.10.2019 08:02	1,14	3,8
13	30.10.2019 09:17	31.10.2019 09:17	0,32	2,6
14	05.11.2019 09:20	06.11.2019 09:20	1,27	**
15	11.11.2019 12:16	12.11.2019 12:16	0,17	**
16	19.11.2019 09:28	20.11.2019 09:16	0,42	2,0
17	23.11.2019 13:00	24.11.2019 13:00	0,32	5,5
18	28.11.2019 15:45	29.11.2019 15:45	0,13	4,4
19	04.12.2019 10:00	05.12.2019 10:00	2,87	5,2
20	10.12.2019 13:23	11.12.2019 13:23	1,89	7,0
21	17.12.2019 08:40	18.12.2019 08:40	0,53	1,7
22	22.12.2019 07:00	23.12.2019 07:00	0,22	3,0
23	30.12.2019 09:00	31.12.2019 09:00	0,12	5,2
24	03.01.2020 13:10	04.01.2020 13:10	0,69	6,1
25	10.01.2020 16:37	11.01.2020 16:37	8,30	4,4
26	15.01.2020 09:00	16.01.2020 09:00	9,86	6,8
27	21.01.2020 08:25	22.01.2020 08:25	1,25	3,9
28	27.01.2020 08:25	28.01.2020 08:25	7,15	3,1
29	02.02.2020 08:00	03.02.2020 08:00	0,34	2,9
30	08.02.2020 08:00	09.02.2020 08:00	3,98	5,2
31	14.02.2020 14:32	15.02.2020 14:32	3,47	3,9
32	20.02.2020 10:15	21.02.2020 10:15	3,18	5,7
33	26.02.2020 09:15	27.02.2020 09:15	1,20	2,8
34	03.03.2020 09:00	04.03.2020 09:00	0,24	3,5
35	09.03.2020 14:00	10.03.2020 14:00	5,66	4,4
36	13.03.2020 11:30	14.03.2020 11:30	0,43	2,6
37	21.03.2020 12:00	22.03.2020 12:00	0,71	2,3
38	27.03.2020 10:30	28.03.2020 10:30	7,33	3,3
39	02.04.2020 15:10	03.04.2020 15:10	0,05	7,8
40	07.04.2020 08:40	08.04.2020 08:40	6,64	3,1
41	15.04.2020 09:15	16.04.2020 09:15	2,52	6,5
42	19.04.2020 08:00	20.04.2020 08:00	3,32	2,6
43	25.04.2020 08:00	26.04.2020 08:00	2,58	2,5
44	29.04.2020 08:13	30.04.2020 08:13	0,21	5,4
45	05.05.2020 10:00	06.05.2020 10:00	4,55	4,2

46	11.05.2020 08:30	12.05.2020 08:30	0,06	5,2
47	17.05.2020 08:30	18.05.2020 08:30	0,13	4,6
48	23.05.2020 08:00	24.05.2020 08:00	24,38	5,2
49	28.05.2020 09:05	29.05.2020 09:05	0,37	2,7
50	03.06.2020 09:20	04.06.2020 09:20	0,35	2,7
51	09.06.2020 11:35	10.06.2020 11:35	0,12	3,2
52	15.06.2020 08:20	16.06.2020 08:20	0,17	2,3
53	21.06.2020 07:00	22.06.2020 07:00	3,96	3,0
54	27.06.2020 08:00	28.06.2020 08:00	1,24	2,5
55	03.07.2020 11:55	04.07.2020 11:55	4,34	3,1
56	09.07.2020 07:58	10.07.2020 07:58	*	2,6
57	15.07.2020 09:20	16.07.2020 09:20	0,92	2,7
58	21.07.2020 08:00	22.07.2020 08:00	0,03	5,4
59	26.07.2020 08:00	27.07.2020 08:00	2,58	4,1
60	31.07.2020 12:08	01.08.2020 12:08	0,63	2,2
61	06.08.2020 15:23	07.08.2020 15:23	1,11	2,0
62	12.08.2020 08:35	13.08.2020 08:35	0,47	2,0
63	18.08.2020 11:20	19.08.2020 11:20	2,16	2,0
64	24.08.2020 09:55	25.08.2020 09:55	0,96	3,6
65	29.08.2020 08:00	30.08.2020 08:00	1,93	2,7
66	04.09.2020 15:20	05.09.2020 15:20	0,43	3,8
67	10.09.2020 11:30	11.09.2020 11:30	1,05	2,8
68	16.09.2020 09:15	17.09.2020 09:15	0,3	2,8
69	22.09.2020 08:49	23.09.2020 08:49	25,97	3,4
70	28.09.2020 10:20	29.09.2020 10:20	0,57	3,4

* Prøve 56: Det manglet filter. Det er usikkert når/hvor i prosessen filteret forsvant

** Strømbrudd meteo-mast 3. november – 13. november 2019 pga. defekt strømkontakt til loggeren

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning

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

NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte

NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære

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

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3025-7
ISSN: 2464-3327