

Kartlegging av svevestøv fra anleggsvirksomhet i Lørenskog kommune

Målinger i perioden april – august 2022

Claudia Hak, Susana Lopez-Aparicio, Henrik Grythe, Miha Markelj,
Dam Thanh Vo, Britt Ann Kåstad Høiskar



Forord

Lørenskog kommune har en rekke store pågående utbyggingsprosjekter. Bygg- og anleggsvirksomhet genererer mye støv på og i omkringliggende områder, men det foreligger lite kunnskap om faktiske konsentrasjonsnivåer av svevestøv rundt denne type anlegg.

For å få mer kunnskap om hvordan utslipp fra anleggsplassene påvirker helse og miljø inngikk NILU og Lørenskog kommune et samarbeidsprosjekt, som besto av en målekampanje rundt ett av byggeprosjektene. Målekampanjen ble gjennomført våren 2022 i startfasen av et anleggsprosjekt midt i Lørenskog.

Kontaktpersonen i Lørenskog kommune var Anton Ploshchik, rådgiver ved Kommunalteknikk – forvaltning og kommunikasjon.

Claudia Hak var prosjektleder og har skrevet rapporten. Målestasjonen ble driftet av Dam Thanh Vo. Susana Lopez-Aparicio, Henrik Grythe, Miha Markelj og Britt Ann Kåstad Høiskar har bidratt i faglige diskusjoner.

Innhold

Forord	3
Innhold	4
Sammendrag	5
1 Innledning	6
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Formål	7
2 Grenseverdier og retningslinjer	7
3 Målinger	9
4 Resultater	14
4.1 Meteorologi	14
4.2 Svevestøv	19
4.2.1 Sammenligning med PM ₁₀ -filterprøver	19
4.2.2 Døgnmidler av PM ₁₀	22
4.2.3 Timemidler av PM ₁₀	23
4.2.4 Døgnmidler av PM _{2.5}	25
4.2.5 Grovfraksjon av PM versus finfraksjon	26
4.2.6 Effekt av meteorologi	29
4.2.7 Kjemisk sammensetning av PM ₁₀	30
4.2.8 Test av mikrosensorer	34
5 Konklusjoner	40
6 Anbefalinger og veien videre	42
7 Referanser	43
Vedlegg A Funksjonsprinsipp av svevestøvanalysatorer	44
Vedlegg B Metallkomponenter	46

Sammendrag

Bygg- og anleggsvirksomhet genererer store mengder støv på anleggsplassen og i omkringliggende områder, men det foreligger lite kunnskap om faktiske konsentrasjonsnivåer av svevestøv rundt byggeplasser. I samarbeid med Lørenskog kommune utførte NILU en målekampanje rundt ett av boligbyggeprosjektene i Lørenskog for å bidra til økt kunnskap om svevestøvnivåer i omgivelsene rundt anleggsplasser.

Målekampanjen ble utført våren og sommeren 2022 (20. april – 31. august 2022) på anleggsområdet til et utbyggingsprosjekt på Skårerbyen i Lørenskog. Det ble utført sanntidsmålinger av svevestøv (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1) med svevestøvmonitoren (Grimm EDM180) ved to steder, nord og sørøst for anleggsplassen. Ved ett av målestedene var det i tillegg plassert en værstasjon (med vindmåling) og en filterprøvetaker som tok PM_{10} -døgnprøver. Noen av filterprøvene ble analysert for utvalgte metaller.

Valg av egnet målemetode er viktig for å måle korrekt svevestøvkonsentrasjon ved anleggsplasser. Måleresultatene tyder på at optiske målemetoder (som Grimm EDM180) underestimerer svevestøvkonsentrasjonen i miljøer som er dominert av anleggsstøv. Dette skyldes mest sannsynlig at de optiske egenskapene til anleggsstøv og det støvet (ekvivalent «bystøv») som er benyttet ved kalibrering av instrumentene er forskjellig eller fordi tettheten av støvet avviker fra tettheten antatt i instrumentalgoritmen. Dette må tas hensyn til i vurderingen av måleresultatene. Siden svevestøvmonitoren ved Skårerbyen Nord var samlokalisert med en filterprøvetaker (referansemetode for måling av svevestøv) kunne PM_{10} -målingene fra Grimm-monitoren kalibreres. Nivået etter kalibrering er antatt å bedre gjenspeile reelt svevestøvnivå ved anleggsplassen.

Svevestøvkonsentrasjonene i Skårerbyen viste overskridelser av PM_{10} -døgnmiddelverdien på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i begynnelsen av måleperioden. Målingene ga høyere svevestøvnivå ved Skårerbyen Sør enn Skårerbyen Nord. Ved Skårerbyen Sør ble det registrert 8 overskridelser i slutten av april og begynnelsen av mai, mens det ble målt én overskridelse ved Skårerbyen Nord. Midlet PM_{10} -konsentrasjon ved Skårerbyen Nord i måleperioden var $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og ved Skårerbyen Sør $22,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ved den veinære stasjonen Solheim var midlet konsentrasjon i samme tidsperiode $17,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Høye timemiddelkonsentrasjoner av PM_{10} ble observert på hverdager og i tidsperioden på døgnet der anleggsarbeid foregikk. Den høyeste timemiddelkonsentrasjonen på $810 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble observert på Skårerbyen Sør. Den høyeste timemiddelkonsentrasjonen på Skårerbyen Nord ble målt til $341 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I måleperioden var det lange perioder uten nedbør. De høyeste timemiddelkonsentrasjonene av PM_{10} og episodene med høy andel grovt svevestøv ble observert i disse oppholdsperiodene. Nedbør demper PM_{10} konsentrasjonen og andelen grovt svevestøv, dvs. demper oppvirvling. Effekten er umiddelbar.

Ved nedbør er også relativ luftfuktighet forhøyet. Høy luftfuktighet i oppholdsperioder har også en dempende effekt på konsentrasjonen av grovt svevestøv. Ved høy luftfuktighet observeres også mindre oppvirvling.

Det ble ikke observert en effekt av vindhastighet på svevestøvkonsentrasjonene, men i måleperioden ble det ikke observert timemidlet vindhastighet over 5 m/s. Det forventes at høyere vindhastighet vil føre til oppvirvling av svevestøv på anleggsplasser.

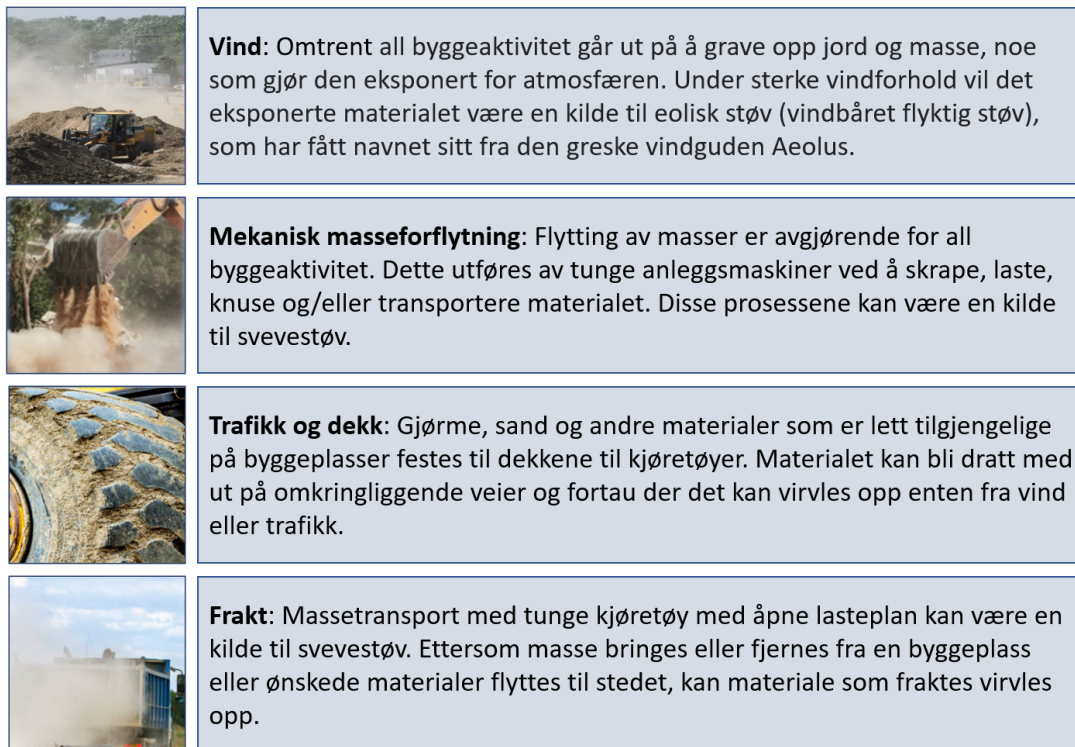
Kartlegging av svevestøv fra anleggsvirksomhet i Lørenskog kommune

Målinger i perioden april – august 2022

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det foregår omfattende anleggsarbeid sentralt i Lørenskog i forbindelse med boligutbygging. Flere store utbyggingsprosjekter har foregått i Lørenskog i de siste årene og kommer til å pågå i årene fremover. Bygge- og anleggsvirksomhet fører til luftforurensning på og omkring anleggsplassene, hovedsakelig ved at det genereres støv i forbindelse med transport på ikke-asfalterte veier, samt grave- og rive- og knusearbeider. Figur 1 illustrerer prosesser knyttet til bygg- og anleggsvirksomhet som kan bidra til svevestøv.



Figur 1: Prosesser knyttet til bygg- og anleggsvirksomhet som kan bidra til svevestøv på og omkring anleggsplasser. Kilde: Lopez-Aparicio og Grythe (2022)

Det foreligger lite kunnskap om faktiske konsentrasjonsnivåer av svevestøv rundt bygg- og anleggsvirksomheter. I et tidligere prosjekt i tilknytning til veiutbygging har NILU målt maksimale timemidler av PM₁₀ på over 600 µg/m³ og maksimale døgnmidler på over 100 µg/m³ i et boligområde (Hak, 2015). NILU har derimot ikke gjennomført målinger i tilknytning til boligutbygging.

Lørenskog kommune og NILU ønsket å få mer kunnskap om hvordan aktiviteter ved anleggsplasser påvirker luftkvaliteten i omgivelsene. For å øke kunnskapen om svevestøvnivåer rundt anleggsplasser inngikk Lørenskog kommune og NILU et samarbeidsprosjekt. Våren og sommeren 2022 utførte NILU kontinuerlige målinger og prøvetaking av svevestøv rundt ett av byggeprosjektene på Skårersletta i Lørenskog.

Svevestøv er betegnelsen for partikler (particulate matter, PM) med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm (PM₁₀) og mindre enn 2,5 µm (finfraksjon, PM_{2.5}). Disse partiklene kan holde seg svevende i luften over lengre tid. De viktigste kildene til PM i byer er veitrafikk (oppvirvlet veistøv og noe fra eksosutslipp), mineralstøv, forbrenningsprosesser (av biomasse og fossilt brensel), anleggsarbeid og langtransportert forurensning.

I trafikkerte områder er det typisk veitrafikk som bidrar mest til svevestøvnivåene, i form av veistøv fra dekk- og asfaltslitasje og utslipp av eksos. I flere norske byer og tettsteder bidrar også vedfyring i stor grad (om vinteren). Langtransportert svevestøv spiller også en viktig rolle for totalnivået. Noen steder er industri, forbrenningsanlegg, bygg- og anleggsaktivitet og havner viktige kilder.

Forbrenningspartikler dominerer i finfraksjonen (PM_{2.5}) og ultrafin fraksjonen (partikler med diameter under 100 nm), mens mekanisk genererte partikler oftest dominerer i grovfraksjonen (PM_{10-2.5}, partikler med diameter mellom 2,5 og 10 µm). Støv fra anleggsarbeid forventes å bidra mest til grovfraksjonen PM_{10-2.5}, samt partikler større enn 10 µm.

1.2 Formål

Formålet med prosjektet er å kartlegge konsentrasjonen av svevestøv rundt ett av de pågående utbyggingsprosjektene i Lørenskog kommune, samt analysere den kjemiske sammensetningen av partiklene.

2 Grenseverdier og retningslinjer

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenligne målte konsentrasjoner med nasjonale og internasjonale retningslinjer og grenseverdier for luftkvalitet. I utendørs luft gjelder døgnmidlet grenseverdi for PM₁₀ som er definert i forurensningsforskriften for å beskytte menneskers helse. I tillegg finnes det en timemidlet retningslinje for PM₁₀ i forbindelse med anleggsaktivitet som er angitt i Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520)¹. Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet har også utarbeidet luftkvalitetskriterier som angir forurensningsnivåer som de aller fleste kan utsettes for uten at det oppstår skadevirkninger på helse. De omtalte forskriftene/ retningslinjene er sammenfattet i Tabell 1.

¹ <https://www.regjeringen.no/contentassets/3b1e1d20ee364e61ab2949814a9212ca/t-1520.pdf>

Tabell 1: Grenseverdier (juridisk bindende) for svevestøv i uteluft, retningslinjer (veiledende) for svevestøv ved byggeplasser og luftkvalitetskriterier for svevestøv. Konsentrasjonene er gitt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Grenseverdier/målsettingsverdier* og luftkvalitetskriterier for metaller i PM_{10} er angitt nedenfor.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Retningslinje T-1520	Luftkvalitetskriterier
		FF Kap 7 §7-9	Byggeplass	Uteluft
PM_{10}	År	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kalenderår)		20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Døgn	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ GV må ikke overskrides mer enn 25 ganger pr år		30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Time		200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ På lokaliteter der folk bor eller oppholder seg	
$\text{PM}_{2.5}$	År	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kalenderår)		8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Døgn			15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bly (P)	År	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kalenderår)		0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Arsen (As)	År	6 ng/m^3 * (kalenderår)		2 ng/m^3
Kadmium (Cd)	År	5 ng/m^3 * (kalenderår)		2,5 ng/m^3
Mangan (Mn)	År			0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Vanadium (V)	Døgn			0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Forurensningsforskriften

Bestemmelsene i forurensningsforskrift (FF) Del 3 om «Lokal luftkvalitet» har som formål å beskytte menneskers helse og trivsel, vegetasjon og økosystemer ved å sette minstekrav til luftkvalitet. Forskriften angir grenseverdier for luftens innhold av svevestøv PM_{10} (i $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dvs. vekt støv til stede i et luftvolum) og måleresultater av PM_{10} vurderes opp mot disse. Grenseverdiene for svevestøv i FF ble sist innskjerpet 1. januar 2022. Det nye kravet til årsmiddelverdi og antall tillatte overskridelser av døgnmiddelverdien er strengere enn EUs krav. Kravene som er nedfelt i forurensningsforskriften er juridisk bindende.

Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging T-1520

I T-1520 (*Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging*) kapittel 6 anbefales det som en veiledning at timemiddelkonsentrasjonen av PM_{10} ikke bør overstige 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i anleggsperioden på lokaliteter der folk bor eller oppholder seg. Det er tiltakshaver som er ansvarlig for at representative målinger blir gjennomført ved behov.

Luftkvalitetskriterier

Luftkvalitetskriterier² for helseeffekter ble utgitt av Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet (FHI). Luftkvalitetskriteriene ble fastsatt ut fra en helsemessig vurdering. Kriteriene ble satt så lavt at ut fra daværende kunnskap kunne de aller flest utsettes for disse nivåene uten at det oppstod skadevirkninger. Overskridelser kan derfor ikke tolkes som definitivt helseskadelige, men en kan heller ikke utelukke effekter hos spesielt følsomme mennesker ved nivåer under kriteriene. I motsetning til de kravene som er nedfelt i forurensningsforskriften (og i EUs grenseverdier), er ikke luftkvalitetskriterier juridisk bindende.

Forurensningsklasser

Folkehelseinstituttet, Vegdirektoratet og Miljødirektoratet har utarbeidet nasjonale forurensningsklasser³ for luftkvalitet (se Tabell 2) som gir en beskrivelse av hvor forurenset uteluften er og i hvilken grad nivåene av forurensning utgjør en helseisiko. Fargene reflekterer hvor forurenset luften er, hvor lite forurensning vises som grønn, moderat som oransje, høyt som rød og svært høyt forurensningsnivå som lilla. For hver forurensningsklasse gis det en beskrivelse av helsevirkninger og helseråd.

Tabell 2: Forurensningsklasser for døgnmiddel og timemiddel for PM₁₀ og PM_{2.5}.

Forurensningsnivå	Helseisiko	PM ₁₀ døgn	PM _{2.5} døgn	PM ₁₀ time*	PM _{2.5} time*
Lite	Liten	< 30	< 15	< 60	< 30
Moderat	Moderat	30 – 50	15 – 25	60 – 120	30 – 50
Høyt	Betydelig	50 – 150	25 – 75	120 – 400	50 – 150
Svært høyt	Alvorlig	>150	> 75	> 400	> 150

**) Forurensningsklassen for svevestøv (PM₁₀ 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 timemiddel for svevestøv kommer i forurensningsklassen gul er det mest sannsynlig at døgnnet også blir gult.*

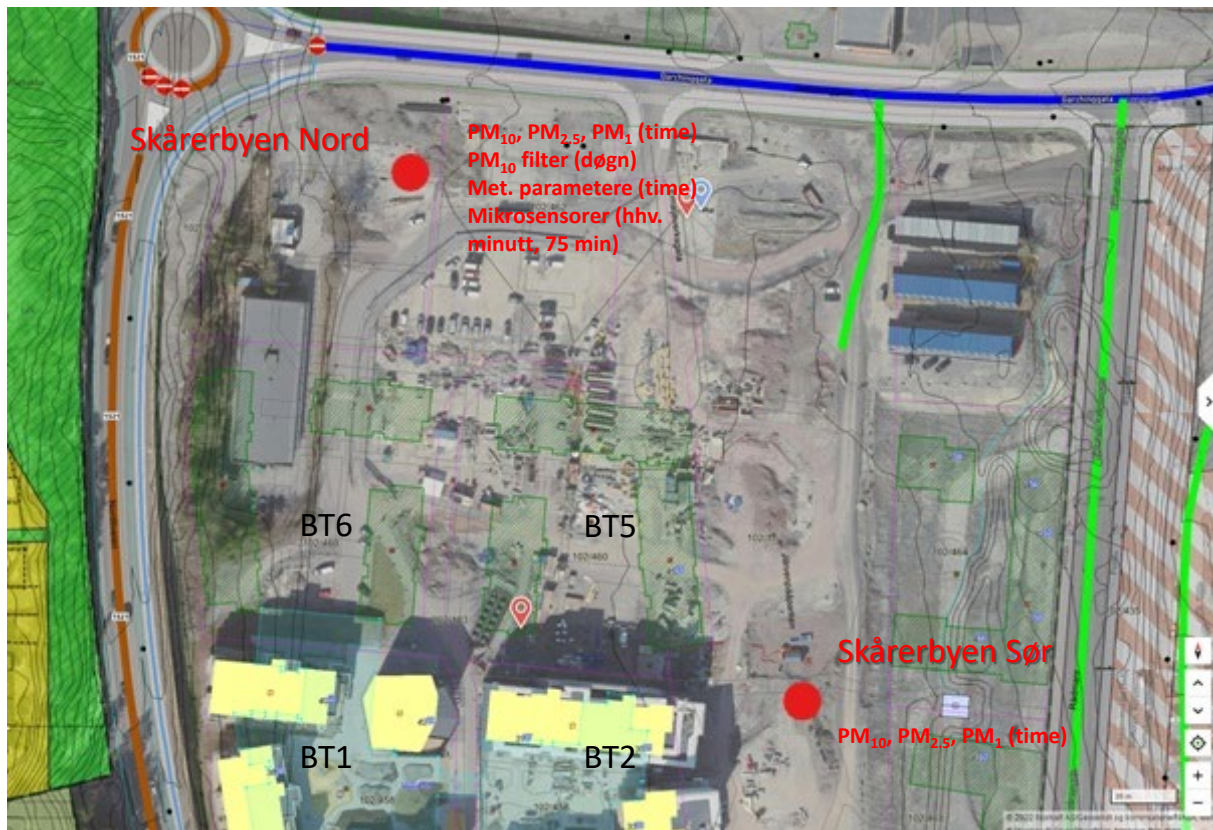
3 Målinger

Boligprosjektet Skårerbyen i sentrum av Lørenskog ble valgt for måleprosjektet. Skårerbyen er en feltutbygging som startet i 2019 og vil pågå frem mot 2029. De to første byggetrinnene var allerede ferdigstilt, byggetrinn 3 og 4 var ferdig med grunnarbeidene og betongarbeidene pågikk, byggetrinn 5 og 6 var planlagt å starte ca. 1. april 2022. Figur 2 viser allerede eksisterende boliger sør for anleggsplassen (BT1 og BT2, Løkkatunet, gule arealer) og planlagt bebyggelse i området (BT5 og BT6, Gårdskvartalet, grønn-skraverte arealer).

² Luftkvalitetskriterier <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/>

³ Forurensningsklasser

https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/artikkel/artikler/helserad_og_forurensningsklasser/#Forurensningsklasser



Figur 2: Oversikt over anleggsområdet Skårerbyen på Lørenskog. Målestasjonene Skårerbyen Nord og Skårerbyen Sør er vist med rød prikk. Kilde: kommunekart.com

Svevestøv ble målt ved to målestasjoner rundt anleggsområdet – Skårerbyen Nord og Skårerbyen Sør, nord og sørøst for BT5 og BT6.

Skårerbyen Nord var lokalisert nord for anleggsplassen til Gårdskvartalet. Her ble svevestøv (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1) målt kontinuerlig med en Grimm EDM180 svevestøvmonitor. Dessuten ble PM_{10} samlet på filter (døgnprøver) med en sekvensiell filterprøvetaker (Leckel SEQ47/50) og meteorologiske parametere ble målt på toppen av en 10 m høy mast. Målestasjonen lå ca. 50 m sør for Garchinggata, som ligger noe høyere i terrenget enn anleggsområdet, og ca. 100 m øst for FV1521, som også ligger høyere i terrenget og er skjermet av vegetasjon fra anleggsområdet. Instrumentskapet og svevestøvprøvetakeren plassert på Skårerbyen Nord vises til venstre i Figur 3, der anleggsområdet synes i bakgrunnen. Målinger på Skårerbyen Nord pågikk fra 21. april og ble avsluttet 2. august 2022, når strømledningen til stasjonen ble fjernet.

Skårerbyen Sør var lokalisert sørøst for anleggsplassen til Gårdskvartalet, ca. 200 m sørøst for Skårerbyen Nord. Øst for målestasjonen var anleggsplassen til Skårerbyen Pluss hus. Ved målestasjonen Skårerbyen Sør ble svevestøv (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1) målt kontinuerlig med en Grimm EDM180 svevestøvmonitor. Stasjonen er ikke direkte utsatt for veitrafikk, men den er omgitt av anleggsområder. Instrumentskapet plassert på Skårerbyen Sør vises til høyre i Figur 3, der anleggsplassen til Skårerbyen Pluss hus synes i bakgrunnen. Målinger på Skårerbyen Sør pågikk i perioden 20. april – 1. september 2022.

Målinger med svevestøvmonitorene ble logget kontinuerlig og timemidlede konsentrasjoner ble lastet opp i databasen i nær sanntid for å fange opp episoder med høy svevestøvkonsentrasjon uten forsinkelse.



Figur 3: (Venstre) Målestasjon Skårerbyen Nord, se også Figur 4, retning mot sørøst og anleggsplassen Skårerbyen Gårdskvartalet. (Høyre) Målestasjon Skårerbyen Sør, retning mot sørøst og Skårerbyen Pluss hus.

Svevestøvmonitorene (Grimm EDM180) er godkjent for måling av svevestøv i henhold til Forurensningsforskriften § 7-14 (se også Hak og Marsteen, 2019). Instrumentene bruker en optisk metode som er godkjent som «ekvivalentmetode» (ekvivalent med referansemetoden). Filterprøvetakeren bruker referansemetoden for måling av svevestøv (NS-EN 12341:2014). Her samles PM_{10} -partiklene på et filter i 24 timer og filtrene veies på NILUs laboratorium i etterkant. Disse filtrene kan også analyseres kjemisk for å få informasjon om den kjemiske sammensetningen til partiklene.

Svevestøvmonitorene (Grimm EDM180) gir timemidlede PM-målinger i størrelsesfraksjonene PM_{10} , $PM_{2.5}$ og PM_1 mens filterprøvetakeren kun gir døgnmiddelverdier i én størrelsesfraksjon, PM_{10} .

For å kunne tolke dataene er det viktig med gode data på vindhastighet, vindretning og nedbør. Meteorologiske parametere ble derfor også målt på området. En meteorologisk mast på 10 m var plassert ved Skårerbyen Nord for å måle lokale meteorologiske forhold (vindhastighet, vindretning, nedbør, relativ luftfuktighet og temperatur). Figur 4 gir en oversikt over byggeplassen, med Skårerbyen Nord i forgrunnen. Den meteorologiske masten reiser seg bak de oransje pakkene. Instrumentskapet og svevestøvprøvetaker er synlig til høyre for masten.



Figur 4: Målestasjon Skårerbyen Nord. (Venstre) Oversikt, meteorologisk mast bak oransjefargede blokker, instrumentskap med svevestøvmonitor og PM₁₀-prøvetaker til høyre for mast. (Høyre) Sensorer montert ved meteorologisk mast.

Den veinære målestasjonen Solheim⁴ ble brukt til å sammenligne med PM-nivået på anleggsplassen og er lokalisert ca. 700 m nord for Skårerbyen, ved RV159. Svevestøvanalysatoren på Solheim er av samme type som instrumentene brukt i prosjektet (Grimm EDM180). Våren 2022 har det vært 39 overskridelser av PM₁₀ grenseverdien for døgn, dette er flere enn i hele året 2021. Det var også flere overskridelser enn ved målestasjoner i Oslo. De fleste overskridelser ved Solheim i første halvdel av 2022 forekom i månedene mars og april.

Prosjektet ga også anledning til å teste lav-kost sensorer innenfor et miljø som er dominert av anleggsstøv. Sensorene var lånt fra Oslo kommune som også var interessert i muligheter for å bruke lav-kost sensorer rundt anleggsplasser. Fire sensorer av fabrikat Ensense ble samlokalisert på Skårerbyen Nord, montert på den meteorologiske masten (i ca. 2 m høyde over bakken). Sensorene er vist i høyre del av Figur 4 (lysegrå bokser). Målingene med Ensense-sensorene ble utført i perioden 30. april – 2. august 2022.

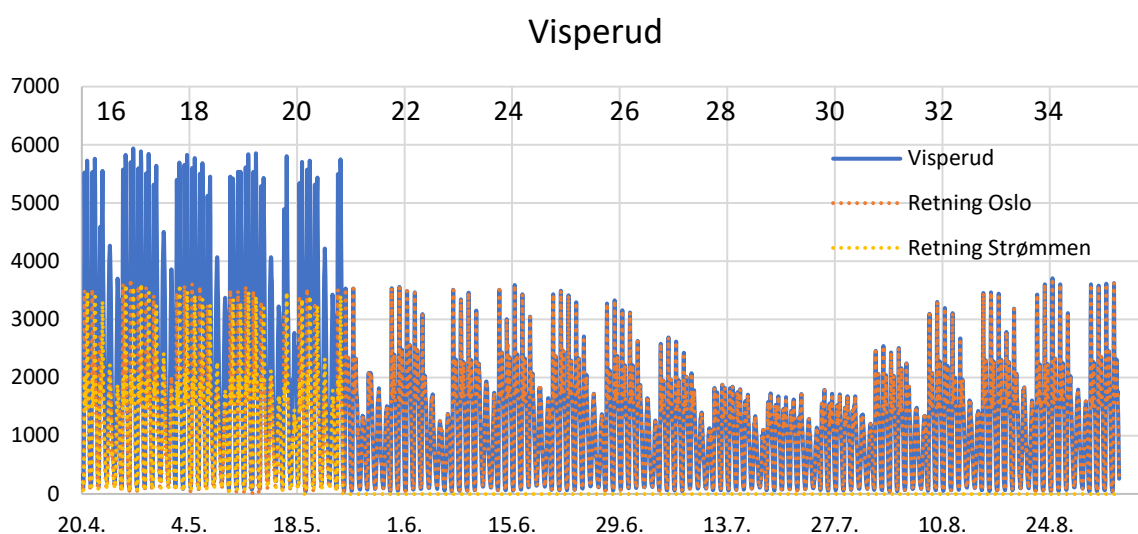
Arbeid på anleggsplassen pågikk fra mandag til fredag om dagen. Graving og transport ble ifølge byggeleder stort sett utført fra mandag til torsdag. Fredager var det noe mindre aktivitet. Svevestøvtopper i perioden kl. 7 – kl. 19 på hverdager i Skårerbyen relateres til anleggsarbeid, med mindre samtidige toppe observeres ved Solheim.

Bidraget til svevestøvkonsentrasjonen fra veitrafikk er antatt å variere med trafikkmengden i omgivelsene. Trafikkvolumet (kjøretøy per time) på RV159 er registrert ved trafikkregistreringsstasjonen⁵ Visperud, rett ved målestasjonen ved Solheim. Trafikkmengden på RV159 varierte i løpet av døgnet, mellom hverdag og helg og mellom vanlig trafikkmengde og redusert trafikkmengde pga. ferie i juli (se Figur 5). Frem til og med uke 20 var trafikkmengden høy sammenlignet med resten av måleperioden (20. april – 31. august). Fra uke 21 var trafikkmengden tilsynelatende omtrent halvert sammenlignet med de første ukene. Forklaringen på nedgangen i trafikkmengden fra uke 21 (fra 24. mai) er sannsynligvis en teknisk feil ved trafikkregistreringsstasjonen. Fra 24. mai ble det ikke registrert noe trafikk i retning Lillestrøm, mens trafikkmengden i retning Oslo var omtrent uforandret

⁴ En detaljert beskrivelse av stasjonen finnes i rapporten om målestasjonsplasseringer (Hak, 2022).

⁵ Trafikkdata (SVV): <https://www.vegvesen.no/trafikkdata/start/>

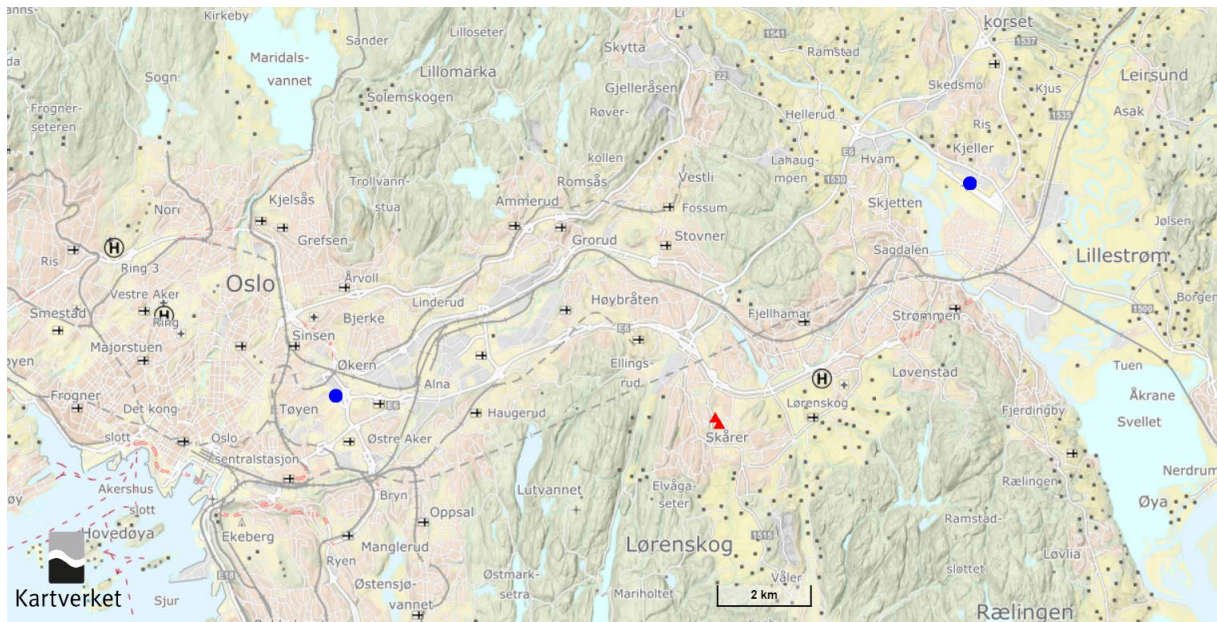
sammenlignet med ukene før. Den laveste trafikkmengden ble observert i ukene 28 – 30, når en stor del av befolkningen var på ferie.



Figur 5: Trafikkvolum (kjøretøy per time) ved Visperud, rett ved luftkvalitetsmålestasjonen på Solheim, i måleperioden. Ukenummer er angitt på øvre kant av figuren. Fra 24. mai ble det ikke registrert noe trafikk i retning mot Strømmen. Dette skyldes mest sannsynlig en teknisk feil. Blå linje (Visperud) viser totalen av begge retninger.

Det finnes også en trafikkregistreringsstasjon langs Fylkesveien (Nordliveien). Trafikken viser lavere trafikkvolum enn på RV159, en mindre tydelig ukerytme (ukedager vs helg) og en like tydelig ferieeffekt som Figur 5 (ikke vist her).

Det finnes ingen meteorologisk målestasjon i Lørenskog som måler vindretning, vindhastighet, temperatur og relativ luftfuktighet. Meteorologiske målinger ved Skårerbyen Nord ble derfor sammenlignet med målinger ved to av de nærmeste værstasjonene til Meteorologisk Institutt, *Kjeller* 7,5 km nordøst for Skårerbyen og *Hovin* i Oslo 8 km vest for Skårerbyen. Værstasjonene til Meteorologisk institutt er vist med blå prikker i Figur 6, mens målestasjonene i Skårerbyen (Nord og Sør) er vist med røde trekkanter.

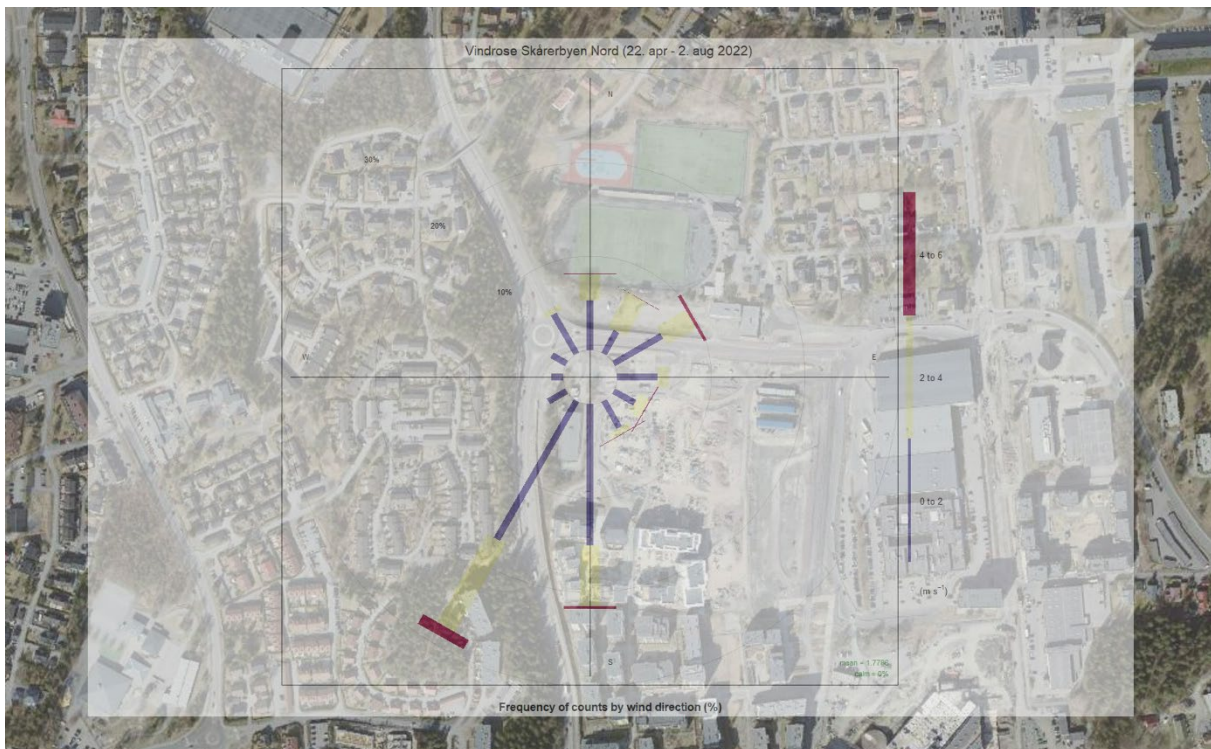


Figur 6: Oversikt over (midlertidige) målestasjoner for svevestøv på Skårerbyen Nord og Sør (røde trekkanter) og (permanente) meteorologiske målestasjoner Hovin og Kjeller (blå prikker).

4 Resultater

4.1 Meteorologi

Meteorologimålingene ved Skårerbyen Nord ble gjennomført i perioden 22. april – 2. august 2022. Hovedvindretning i måleperioden var fra sørvest og sør (se Figur 7). Nordlig til nordøstlig vind ble også observert. Vind fra vest opptrådte veldig sjeldent i måleperioden. Årsaken for dette kan være lokal topografi.

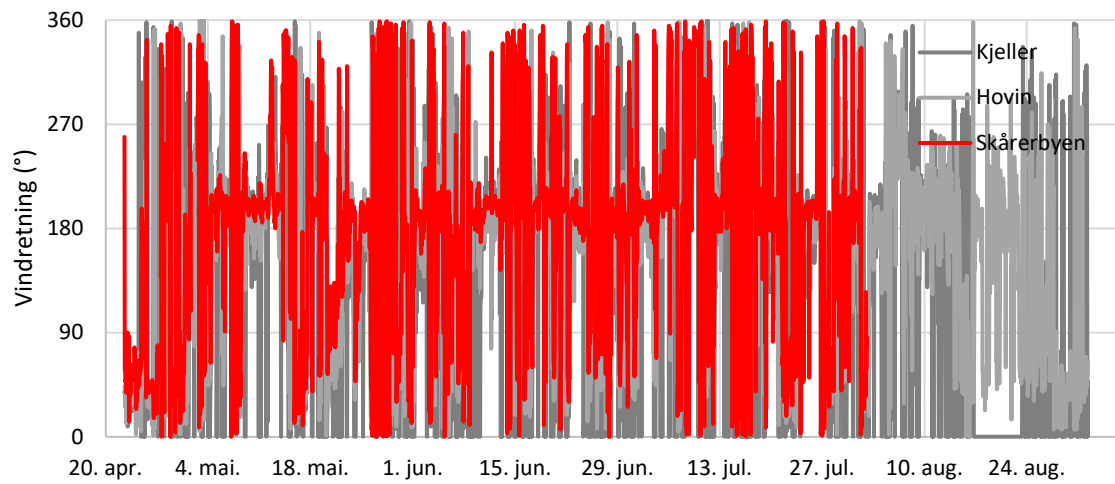


Figur 7: Fordeling av vindretning og vindhastighet (vindrose) på Skårerbyen Nord i måleperioden 22. april – 2. august 2022. Figuren viser med hvilken frekvens det forekommer vind fra angitt retning.

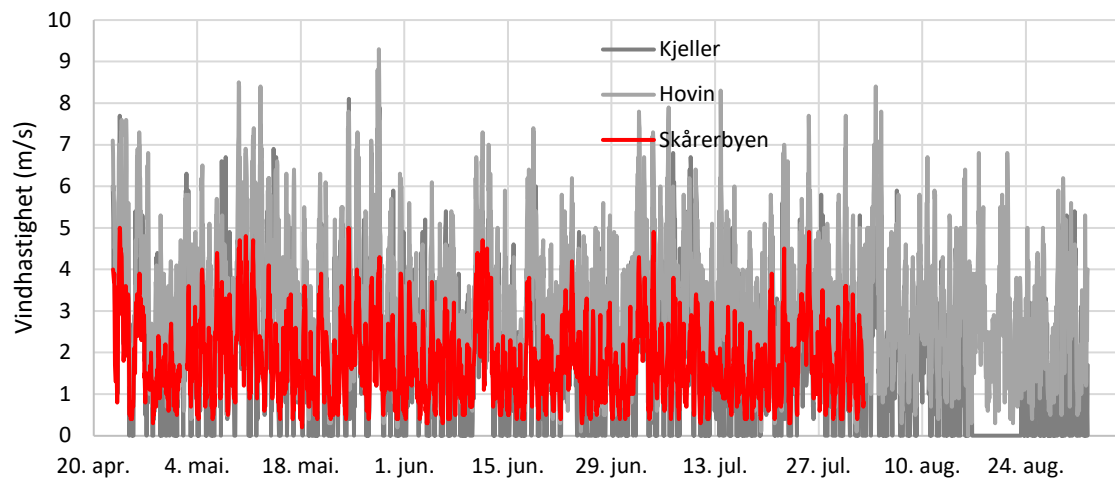
Målingene fra Skårerbyen Nord er sammenlignet med målinger fra Kjeller og Hovin for å kunne si hvilken av de faste værstasjonene som er mer representativ for forhold i Lørenskog. Dette kan være av nytte for fremtidige vurderinger. Merk dog at sammenligningen bare dekker en tidsperiode på ca. 3 måneder, ikke et helt år. Tidsserier for vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet og nedbørmengde for Skårerbyen Nord, Kjeller og Hovin er vist i Figur 8.

Permanente nedbørsmålestasjoner i Lørenskog er Haneborg (231 moh), ca. 3 km nordøst for Skårerbyen, og Vallerudåsen (227 moh), ca. 1 km sør-sørvest for Skårerbyen.

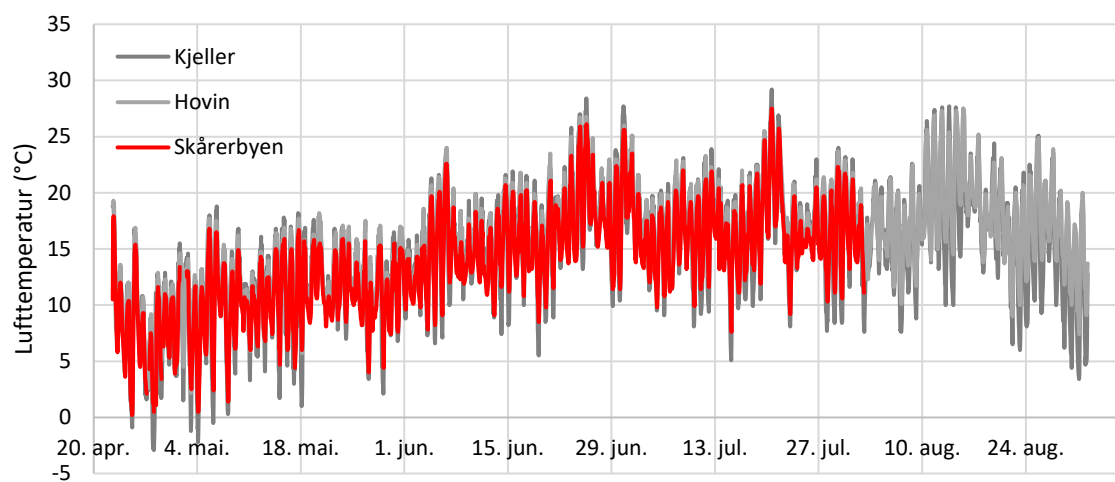
Vindretning

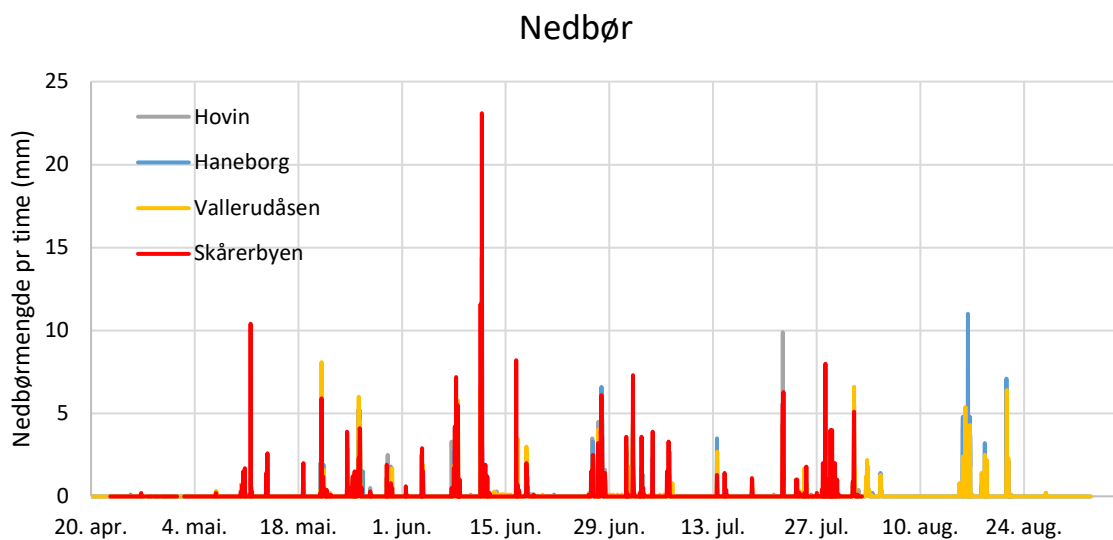
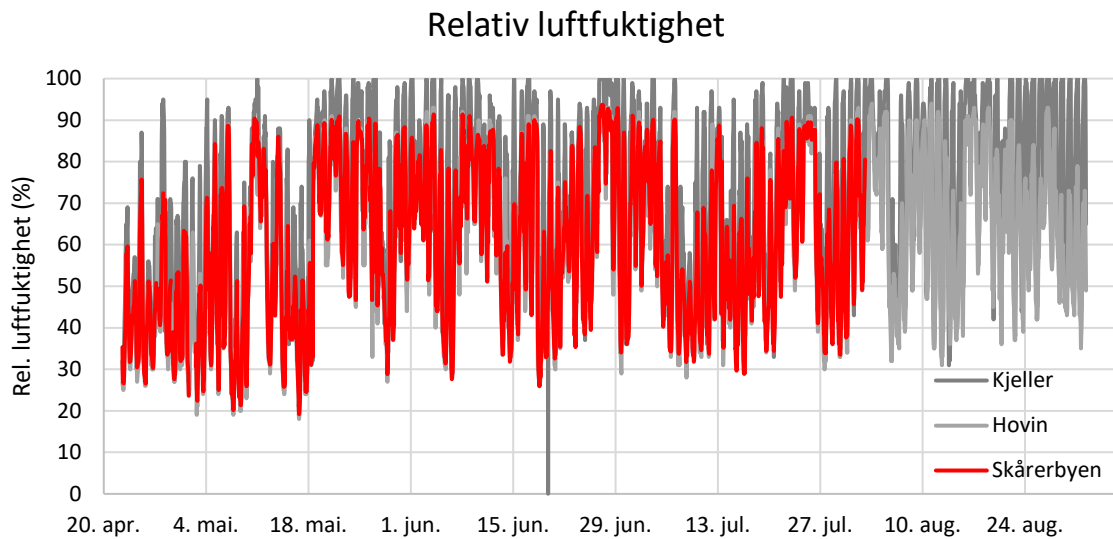


Vindhastighet



Temperatur





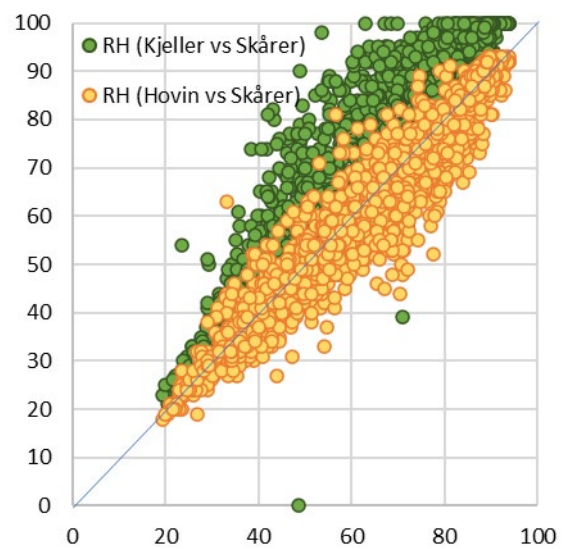
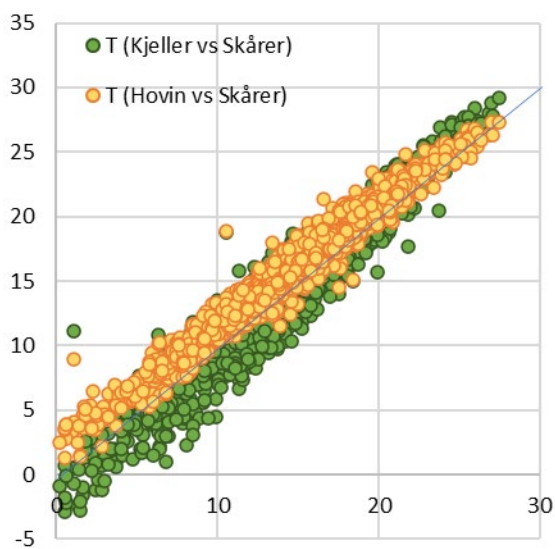
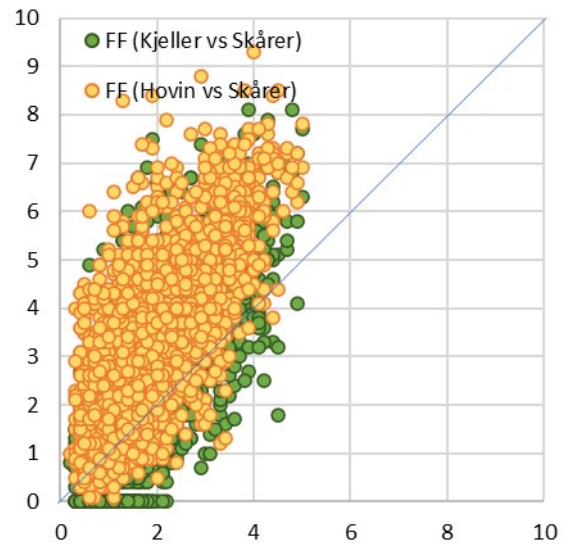
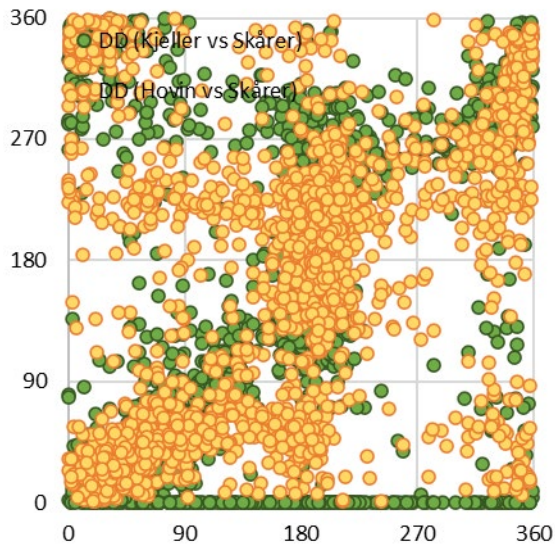
Figur 8: Tidsserier for vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet og nedbørmengde ved Skårerbyen (rød), Kjeller (grå) og Hovin (lysegrå) i måleperioden 22. april – 31. august 2022. Timeverdier.

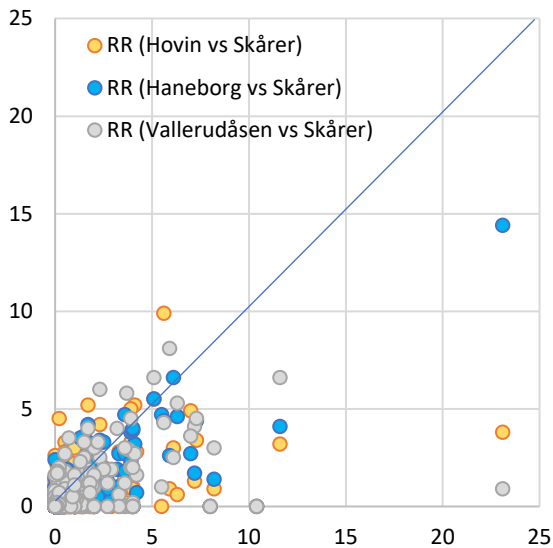
Nedbørmengdene målt i Skårerbyen avviker ikke sterkt fra nedbørmengder målt på Hovin, Haneborg og Vallerudåsen. Det var tørre forhold i tidsperioden frem til 10. mai.

I Figur 9 er meteorologiske målinger på Hovin og Kjeller (y-akse) sammenlignet med målingene i Skårerbyen (x-akse) i spredningsplott. Den blå linjen viser 1:1-forhold, dvs. punkter over linjen viser at verdiene på Hovin/Kjeller er høyere enn på Skårer, og omvendt.

Figur 8 i kombinasjon med Figur 9 viser hvorvidt meteorologiske målinger på Kjeller og Hovin er representative for meteorologiske forhold i Lørenskog/Skårerbyen. Vindretningen målt på Kjeller og Hovin avviker ikke særlig fra vindretningen i Skårerbyen. Retningsmålinger fra begge steder kan brukes som et godt estimat for vindretningen i Skårerbyen. Vindhastigheten derimot er lavere i Skårerbyen, sammenlignet med Kjeller og Hovin. Spredningen er stor, slik at vindhastigheten på Lørenskog ikke kan estimeres basert på målingene fra Kjeller og Hovin. Temperaturen ved Skårerbyen lå mellom temperaturen på Kjeller og temperaturen på Hovin. Relativ luftfuktighet målt på Kjeller overestimerer

relativ luftfuktighet på Skårer, mens målingene på Hovin er et ganske godt estimat for relativ luftfuktighet på Skårer. Når det regnet på Hovin ble det oftest også registrert nedbør på Skårer. Både nedbørmengde og tidsperioden det regner kan være forskjellige for Hovin og Skårer. Nedbør er ikke målt på Kjeller. Nedbørmålestasjonene Haneborg og Vallerudåsen ligger nærmere Skårerbyen og spesielt Vallerudåsen bør være et godt estimat for nedbør ved Skårerbyen.





Figur 9: Spredningsplott for meteorologiske parametere målt på hhv. Kjeller og Hovin, i forhold til målinger i Skårerbyen. DD: vindretning ($^{\circ}$), FF: vindhastighet (m/s), T: temperatur ($^{\circ}$ C), RH: relativ luftfuktighet (%), RR: nedbørmengde (mm). Blå linje viser 1:1-forhold. Tidsperiode 22. april – 2. august 2022.

4.2 Svevestøv

Måling av svevestøvkonsentrasjoner er kompleks. Flere av målemetodene som er i bruk baserer seg på ulike antagelser knyttet til partiklenes egenskaper. Målemetodene er optimalisert for å måle svevestøv i byer, som er dominert av veitrafikk og husoppvarming/forbrenning.

Grimm-monitorene som er benyttet i målekampanjen ved Skårerbyen og PM-monitoren ved Solheim målestasjon bruker den samme optiske målemetoden. Måletekniske utfordringer er beskrevet i kapittel 4.2.1. Døgnmidlede og timemidlede svevestøvkonsentrasjoner i Skårerbyen er diskutert i kapitlene 4.2.2 og 4.2.3.

4.2.1 Sammenligning med PM₁₀-filterprøver

En filterprøvetaker var samlokalisert med en Grimm-monitor og meteorologisk mast på Skårerbyen Nord. PM₁₀ døgnprøver ble tatt hver dag (fra midnatt til midnatt⁶) i perioden 20. april – 25. juli 2022. Totalt ble det samlet 97 prøver som ble analysert gravimetrisk (dvs. veiet).

Tidsserier av PM₁₀ filterprøvene er vist i Figur 10 sammen med døgnmidlede⁷ PM₁₀-data fra Grimm-monitorene ved Skårerbyen Nord (blå), Skårerbyen Sør (rød) og Solheim (grønn). PM₁₀-nivået målt med Grimm-monitoren på Skårerbyen Nord var betydelig lavere enn PM₁₀-konsentrasjonene fra filterprøvene (referansem metode). Det er flere faktorer som har eller kan ha ført til forskjellen mellom konsentrasjonene målt med Grimm-monitoren og filterprøvetakeren:

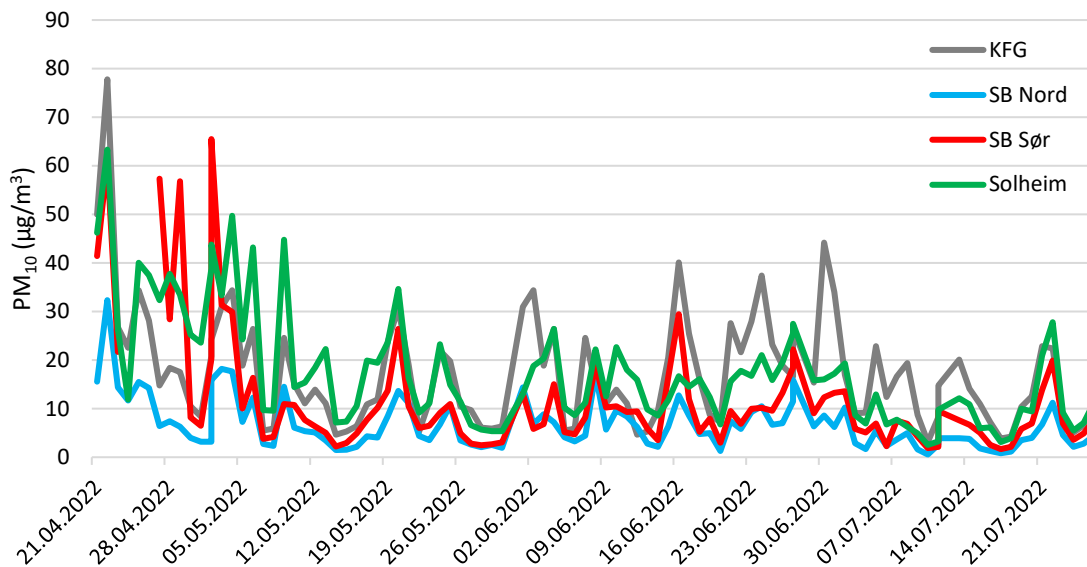
- Grimm-monitoren bruker en optisk deteksjonsmetode. Konsentrasjonen av partikler måles ved at lys fra en lyskilde reflekteres av partiklene og detekteres av en lysdetektor. Instrumentene er kalibrert med en type støv med optiske egenskaper som ligner støvet i byer. De optiske egenskapene til anleggsstøv kan derimot være forskjellige fra støvet som er

⁶ Fem av prøvene ble stoppet tidligere ved bytte av filtermagasinene.

⁷ For de prøvene som ble stoppet tidligere ble monitordata midlet over respektive tidsperiode.

benyttet ved kalibreringen av Grimm-instrumentet. En annen årsak til forskjell er at tettheten av støvet avviker fra tettheten antatt i instrumentalgoritmen.

- Differanser mellom resultater fra flere ulike målemetoder som er godkjent som ekvivalentmetoder og resultater fra referansemetoden er observert av referanselaboratorier i hele Europa og danner en pågående diskusjon (se også Marsteen og Hak, 2021). Det er fremdeles uklart hva som er årsaken til forskjellene som observeres.



Figur 10: Tidsserier av PM₁₀ filterprøvene (grå) tatt ved Skårerbyen Nord, sammenlignet med døgnmidlede PM₁₀-konsentrasjoner fra Skårerbyen Nord (blå), Skårerbyen Sør (rød) og Solheim (grønn). Prøvene ble tatt i perioden 20. april – 25. juli 2022.

Et spredningsplot i Figur 11 viser døgnmidlede PM₁₀-konsentrasjoner fra Grimm-monitoren på Skårerbyen Nord mot PM₁₀ filterprøvene. Korrelasjonen var på $r = 0,82$ ($r^2 = 0,67$). Imidlertid målte Grimm-monitoren på Skårerbyen Nord lavere PM₁₀-nivå enn referansemetoden (filterprøver) – noe man ser ved at stort sett alle datapunkter ligger under linjen for 1:1-forhold (vist som grå stiplet linje). På grunnlag av de 97 datapunktene ble den lineære regresjonen mellom de to datasettene beregnet.

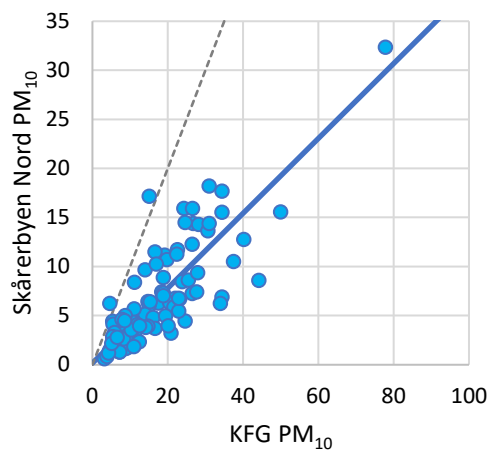
En lineær regresjon blir utført for å finne et statistisk forhold mellom to variabler – i dette tilfellet mellom PM₁₀-resultater målt med Grimm-instrumentet og PM₁₀-resultater målt med filterprøvetakeren ved Skårerbyen Nord. Begge variabler, dvs. PM₁₀ fra Grimm-monitor og PM₁₀ fra filterprøvetaker, er målinger og begge er heftet med en måleusikkerhet på noen prosent. Dermed kan man ikke bruke «Ordinary Least Squares» regresjon, som er den mest kjente regresjonsmetoden, men såkalt ortogonal regresjon i stedet. Metoden brukes til å kalibrere måleserier som avviker fra referansen (se f.eks. Marsteen og Hak, 2021).

Ortogonal regresjon av datasettet vist i Figur 11 førte til en regresjonslinje⁸ med stigning $b = 0,38$ og konstantledd⁹ $a = 0,14$ µg/m³ (vist som blå linje). Disse parameterene brukes til å kalibrere tidsserien av PM₁₀ fra Grimm-instrumentet på Skårerbyen Nord (Grimm = $a + b \cdot$ Filterprøvetaker). Ved å løse likningen med hensyn på Filterprøvetaker og sette inn måleverdiene fra Grimm-monitoren kan vi kalibrere måleverdiene. I en PM-sammenligningsstudie (Marsteen og Hak, 2021) ble det funnet at to

⁸ En regresjonslinje er en rett linje som beskriver hvordan responsvariabelen y endrer seg når forklaringsvariabelen x skifter verdier.

⁹ Konstantledd a : Verdien på y -aksen, der regresjonslinjen krysser y -aksen.

samløkaliserte Grimm-monitorer måler likt. Basert på dette anser vi at det er en god tilnærming å bruke samme kalibreringsfunksjon også for PM₁₀-tidsserien fra Skårerbyen Sør som var lokalisert i samme miljø, dvs. ved anleggsplassen.



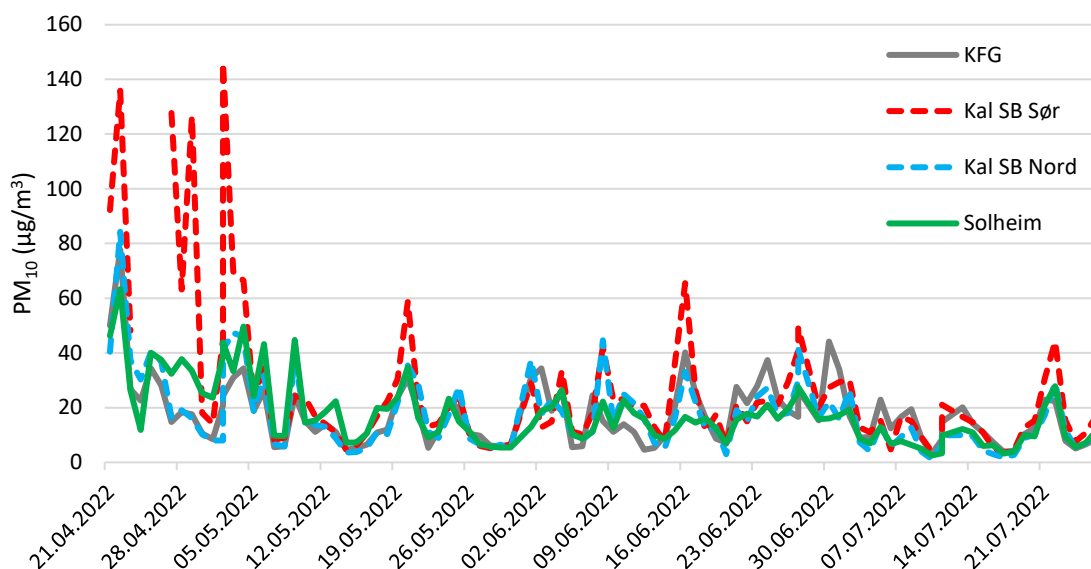
Figur 11: Spredningsplot for PM₁₀ målt med Grimm-monitoren (y-akse) på Skårerbyen Nord mot PM₁₀ filterprøver (x-akse). Døgnmiddelverdier. Grå stiplet linje viser 1:1-forholdet, blå linje viser regresjonslinje.

Figur 12 tilsvarende Figur 10, men viser kalibrerte døgnmiddelverdier for PM₁₀ fra Grimm-monitorene ved Skårerbyen Nord og Skårerbyen Sør.

En lignende kalibrering kan ikke utføres for Grimm-målingene ved Solheim, siden instrumentet var lokalisert i et annet miljø, og er hovedsakelig påvirket av veitrafikk. Grimm-målinger ved veinære stasjoner og bybakgrunnsstasjoner i det norske målenettverket blir vanligvis ikke kalibrert. PM_{2.5}- og PM₁-resultatene fra Grimm-instrumentene på Skårerbyen kan heller ikke kalibreres, siden det ikke ble tatt filterprøver i disse størrelsesfraksjonene.

Etter kalibreringen av PM₁₀-konsentrasjonene målt på Skårerbyen Nord og Skårerbyen Sør er PM₁₀-nivået på Skårerbyen høyest i måleperioden, bortsett fra en periode i mai der konsentrasjonen var høyest på Solheim. Siden Skårerbyen Sør var lokalisert mellom flere anleggsområder var det flere anleggsaktiviteter som kan ha påvirket denne stasjonen.

Det er mulig at PM-konsentrasjonene også er underestimert på Solheim, men siden Solheim er en veinær stasjon, som er antatt mest påvirket av trafikk, bør originalkalibreringen gi konsentrasjoner som ikke avviker sterkt fra den reelle konsentrasjonen. Resultater fra PM-sammenligningsstudien (Marsteen og Hak, 2021) gir ikke entydig grunnlag til å kalibrere disse målingene.



Figur 12: Som Figur 10. Tidsseriene SB Nord og SB Sør er kalibrert ved bruk av filterprøvetaker datasettet.

Forholdet mellom døgnmidlet PM_{10} fra Grimm-monitoren og PM_{10} døgnprøvene var ikke påvirket av døgnmidlet relativ luftfuktighet, døgnmidlet vindhastighet, maksimal vindhastighet og totalnedbør. Eventuell påvirkning ble undersøkt, men er ikke vist her.

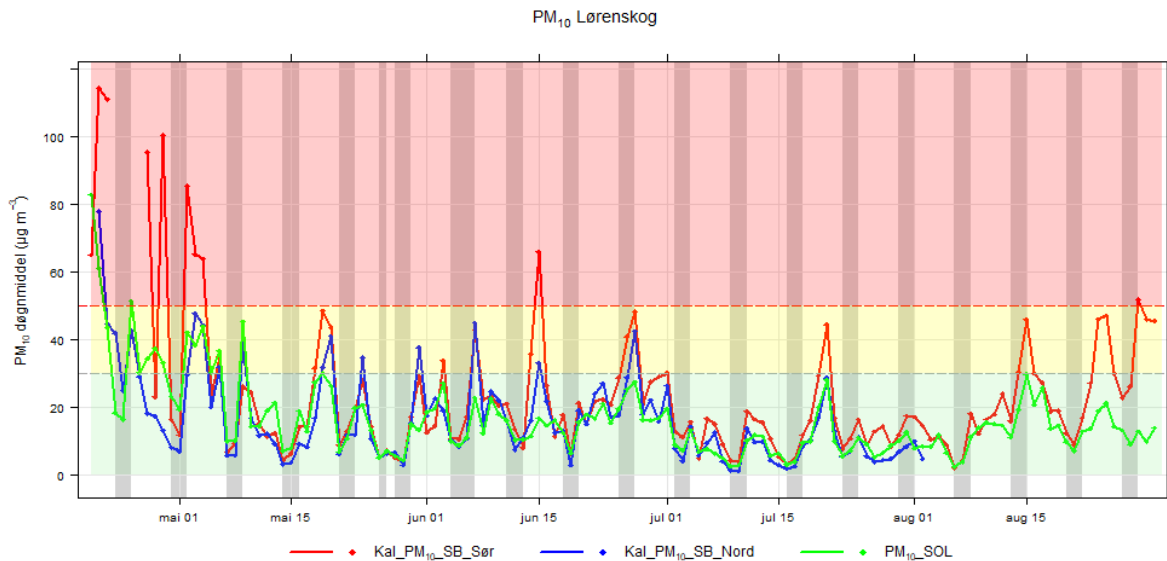
Noen av filterprøvene tatt i måleperioden ble valgt for analyse av metaller. Resultatene er beskrevet i kapittel 4.2.7.

4.2.2 Døgnmidler av PM_{10}

Døgnmiddelverdier av PM_{10} ved Skårerbyen Nord, Skårerbyen Sør og den veinære stasjonen Solheim i måleperioden er vist i Figur 13. Grå bakgrunn i figuren angir helger og høytidsdager, der det ikke er aktivitet på anleggsplassen. Grenseverdien i forurensningsforskriften for PM_{10} døgnmiddelverdier er på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Etter kalibrering av måleverdiene med referansemotoden var det én overskridelse ved Skårerbyen Nord (blå linje). Ved Skårerbyen Sør (etter kalibrering) var det flere døgnmidler over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i slutten av april og begynnelsen av mai samt en overskridelse i midten av juni. I tidsperioden 20. april – 31. august var det tre døgn med PM_{10} døgnmiddel over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Solheim, 20. april, 21. april og 25. april, i en periode uten nedbør. Tidsvariasjonen av PM_{10} i Skårerbyen følger stort sett variasjonen ved Solheim. Dette peker på samme hovedkilde for svevestøv som bidrar i begge områdene (bakgrunn, veitrafikk). I den videre analysen er alle PM_{10} -data fra Grimm-monitorene på Skårerbyen kalibrert.

I begynnelsen av måleperioden (fra 23. april til og med 28. april) var det problemer på grunn av gjentatte strømbrudd ved Skårerbyen Sør. Det mangler PM -måledata fra disse dagene. Det kan ha vært PM_{10} -døgnmiddelverdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i denne perioden. PM_{10} topper i Skårerbyen i slutten av april/begynnelsen av mai og i midten av juni er ikke i samsvar med PM_{10} -variasjonen på Solheim. Disse skyldes mest sannsynlig lokal aktivitet på anleggsplassen.

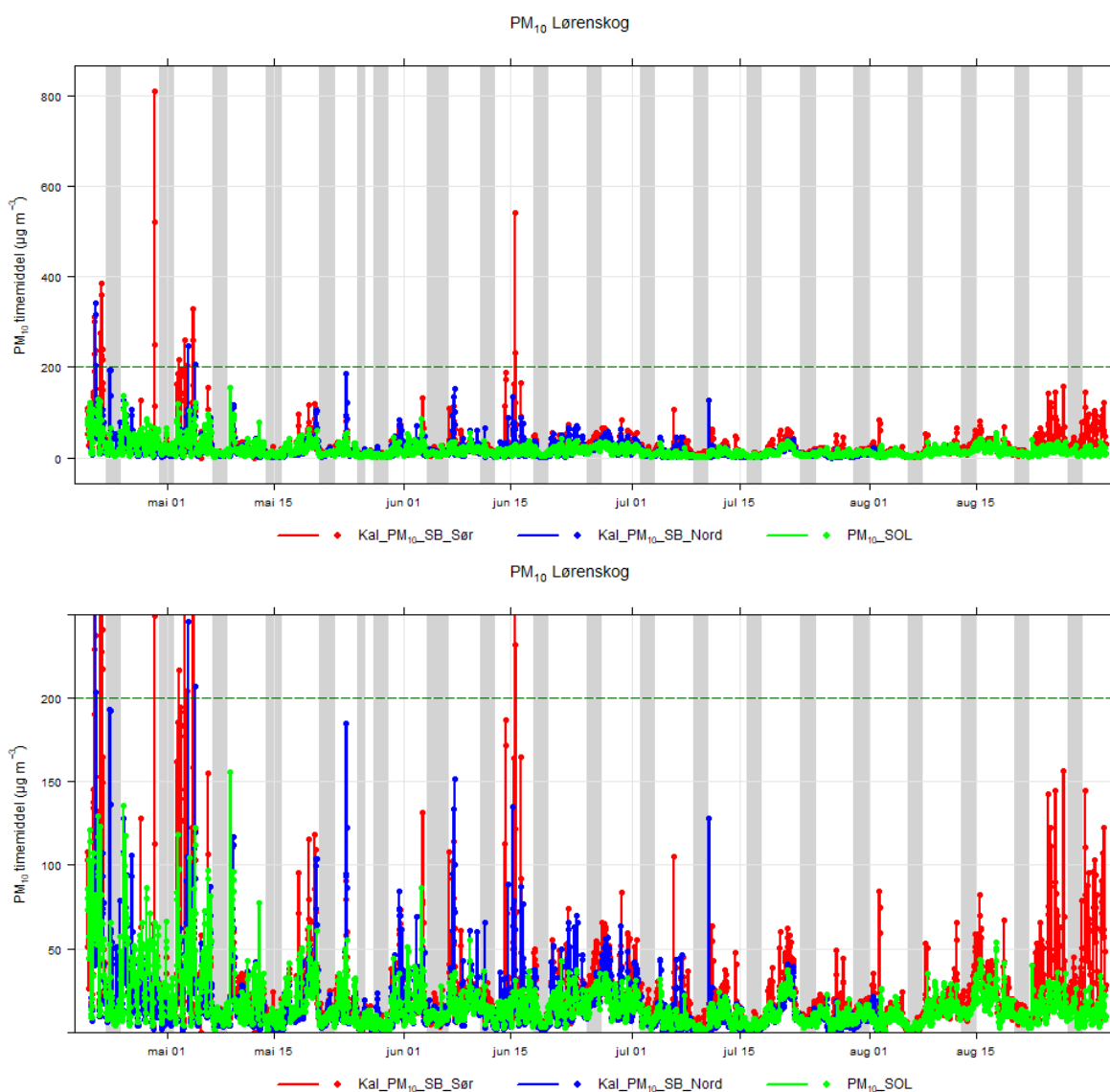
PM_{10} døgnmidler over luftkvalitetskriteriet på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (grå stiplet linje) ble målt i slutten av april og begynnelsen av mai (Figur 13). Ved Solheim ble PM_{10} luftkvalitetskriteriet overskredet alle dager i perioden 20. april – 9. mai 2022 bortsett fra helgene. Nedbør som falt 10. mai dempet PM_{10} -nivået. På Skårerbyen Nord ble $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskredet 16 ganger i perioden 20. april – slutten av juni. På Skårerbyen Sør var det ca. 28 døgn i perioden 20. april – 31. august der $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet.



Figur 13: PM_{10} døgnmidler ved Skårerbyen Nord (Kal_SB_Nord, blå), Skårerbyen Sør (Kal_SB_Sør, rød) kalibrert med hjelp av referansemetoden og Solheim (SOL, grønn) i perioden 20. april – 31. august 2022. PM_{10} -grenseverdien for døgnmidler på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er vist som rød stiple linje. Luftkvalitetskriteriet er vist som grå stiple linje. Grå bakgrunn angir helger og høytidsdager. Forurensningsklassene (se Kapittel 2) er vist med grønn, gul og rød bakgrunn.

4.2.3 Timemidler av PM_{10}

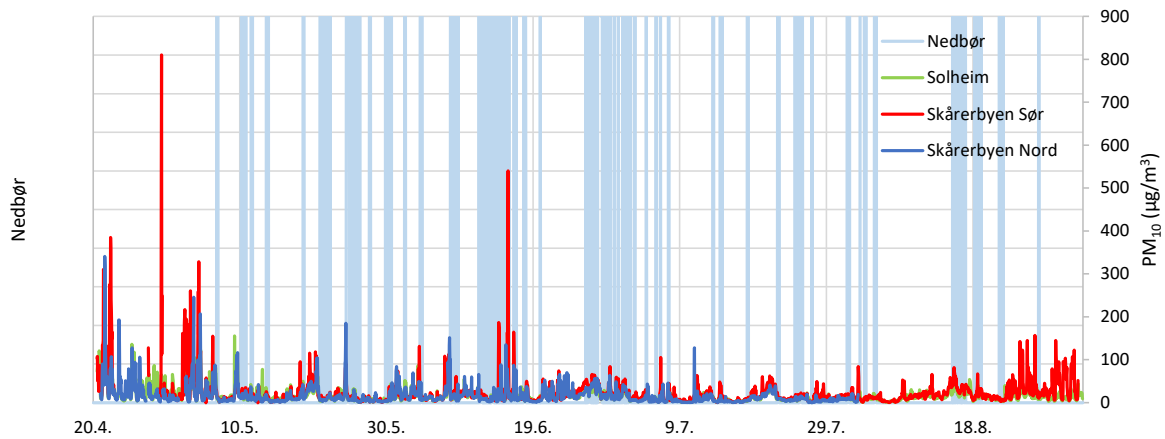
PM_{10} -timemiddelkonsentrasjoner ved Skårerbyen Nord, Skårerbyen Sør og Solheim i måleperioden er vist i Figur 14 (på grunn av høye maksimale konsentrasjoner viser nedre plott konsentrasjonsområdet 0 – $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Det høyeste timemiddelet ble målt på Skårerbyen Sør, med $810 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (29. april 2022 kl. 8-9). Timemidler over $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dvs. over retningslinjen definert i T-1520 (Kapittel 2), ble målt både på Skårerbyen Sør og Skårerbyen Nord – spesielt i begynnelsen av måleperioden da det var tørt, og onsdag 15. juni (kl. 13-15). Ved Solheim var høyeste timemiddel godt under $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. PM_{10} døgnavariasjonen på Solheim var trafikkpreget, dvs. konsentrasjonen varierte med trafikkmengden. De høyeste PM_{10} timemiddelverdier på Skårerbyen Sør var vesentlig høyere enn verdiene observert på Solheim.



Figur 14: PM_{10} -konsentrasjon (timesmidler) målt ved Skårerbyen Nord (blå), Skårerbyen Sør (rød) og Solheim (grønn) i perioden 20. april – 31. august 2022. Grå bakgrunn angir helger og høytidsdager. PM_{10} tidsseriene fra Skårerbyen, kalibrert ved hjelp av referansemeteren, er også vist. Retningslinjen (T-1520) på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er vist som grønn stiple linje. Nedre plot viser konsentrasjonsområdet 0 – $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ved nedbør (dvs. mer enn 0,0 mm per time) har PM_{10} -konsentrasjonene vært lave ved alle tre målestasjonene i Lørenskog. Figur 15 viser samme plott som i Figur 14, men i tillegg vises nedbørepisoder som lyseblå bakgrunn. PM_{10} toppkonsentrasjoner ble observert i tidsrom uten nedbør. En PM_{10} toppkonsentrasjon på $242 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble målt ved Skårerbyen Sør 15. juni, mellom 12. juni og 16. juni har det ikke vært nedbør ved Skårerbyen (ved Vallerudåsen ble det observert nedbørmengder mellom 0,1 og 0,3 mm/time i samme periode).

I slutten av august ble det observert PM_{10} topper ved Skårerbyen Syd. Toppene var høyere enn nivået observert samtidig på Solheim og opptrer på hverdager på formiddagen. Over 80% av PM_{10} -konsentrasjonen var i den grove størrelsesfraksjonen. Dette tyder på anleggsarbeid som kilde. Ved Skårerbyen Nord sluttet målingene allerede 2. august. Det var ikke nedbør i nevnte periode.



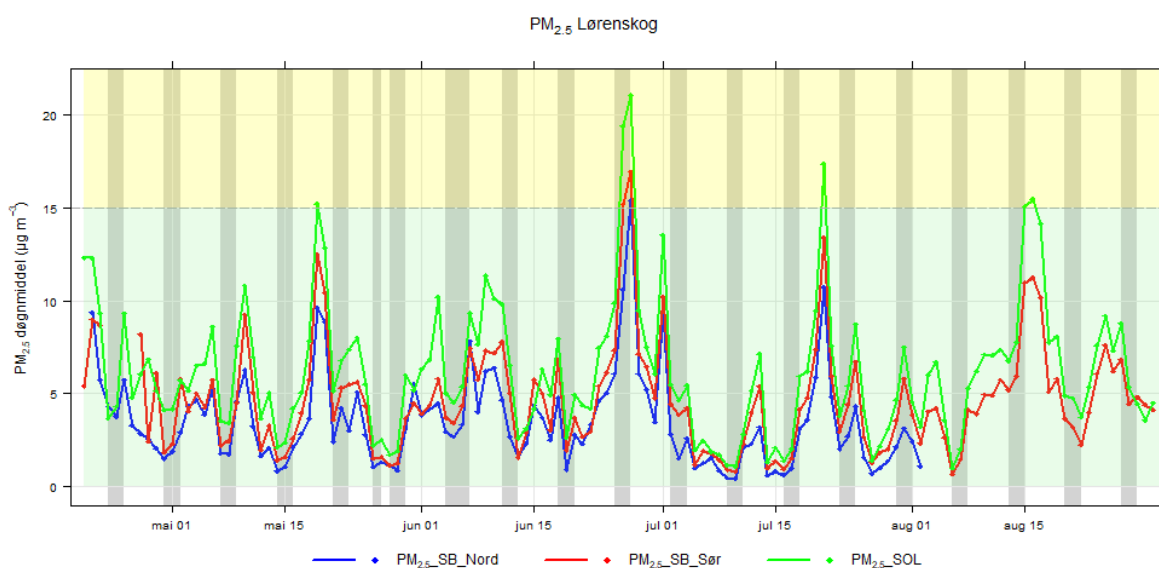
Figur 15: Tidsserier som vist i Figur 14. I tillegg vises nedbørepisoder målt ved Vallerudåsen (lyseblå bakgrunn).

4.2.4 Døgnmidler av PM_{2.5}

Variasjonen av PM_{2.5} døgnmidler på Skårerbyen (Figur 16) ligner stort sett variasjonen på Solheim, men nivåene er lavere på Skårerbyen. Dette tyder på at både Skårerbyen og Solheim er påvirket av de samme PM_{2.5} kildene, men at kilden er noe sterkere på Solheim.

Det må legges merke til at også PM_{2.5} på Skårerbyen kan ha vært noe underestimert på grunn av den optiske målemetoden brukt (se diskusjon i kapittel 6). I motsetning til for PM₁₀ har det ikke vært mulig å kalibrere PM_{2.5} målingene fra Grimm-instrumentene ved Skårerbyen siden det ikke er tatt filterprøver for denne partikkelfraksjonen. PM_{2.5} domineres av langtransportert forurensning (bakgrunn) og forbrenningsutslipp – anleggsstøv bidrar i liten grad. Målingene ved Skårerbyen kan derfor anses som et godt nedre estimat.

PM_{2.5} døgnmidler over luftkvalitetskriteriet på 15 µg/m³ (grå stiplet linje) ble målt enkelte dager på Solheim. Samtidige topper ble observert ved stasjonene på Skårerbyen, der luftkvalitetskriteriet bare ble overskredet én gang (27. juni).



Figur 16: $PM_{2.5}$ døgnmidler ved Skårerbyen Nord (SB_Nord, blå), Skårerbyen Sør (SB_Sør, rød) og Solheim (SOL, grønn) i perioden 20. april – 31. august 2022. Luftkvalitetskriteriet for døgnmidler på $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er vist som grå stiplet linje. Grå bakgrunn angir helger og høytidsdager. Forurensningsklassene (se Kapittel 2) er vist med grønn og gul bakgrunn.

4.2.5 Grovfraksjon av PM versus finfraksjon

Svevestøv dannes ved forbrenningsreaksjoner og mekanisk slitasje, virvles opp av vind, eller dannes direkte i atmosfæren ved kondensering av gasser. Forbrenningspartikler dominerer i finfraksjonen ($PM_{2.5}$, partikler med diameter under $2,5 \mu\text{m}$), mens mekanisk genererte partikler oftest dominerer i grovfraksjonen ($PM_{10-2.5}$, partikler med diameter mellom $2,5$ og $10 \mu\text{m}$).

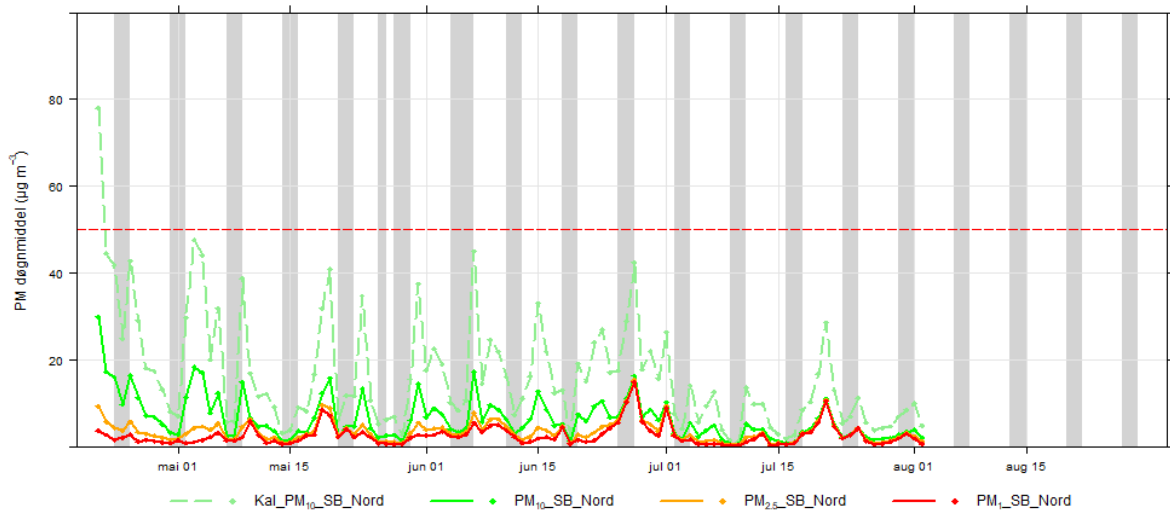
Døgnmiddelverdier av PM_{10} og finfraksjonene $PM_{2.5}$ og PM_1 ved stasjonene Skårerbyen Nord, Skårerbyen Sør og Solheim (ikke PM_1 her) er vist i Figur 17. For bedre sammenlignbarhet er y-aksen lik for alle tre stasjoner. Helger og fridager er fremhevet med grå bakgrunn.

PM_1 -målingene fra Grimm-monitorene på Skårerbyen er heller ikke kalibrert, av samme grunn som for $PM_{2.5}$ (se avsnitt 4.2.4).

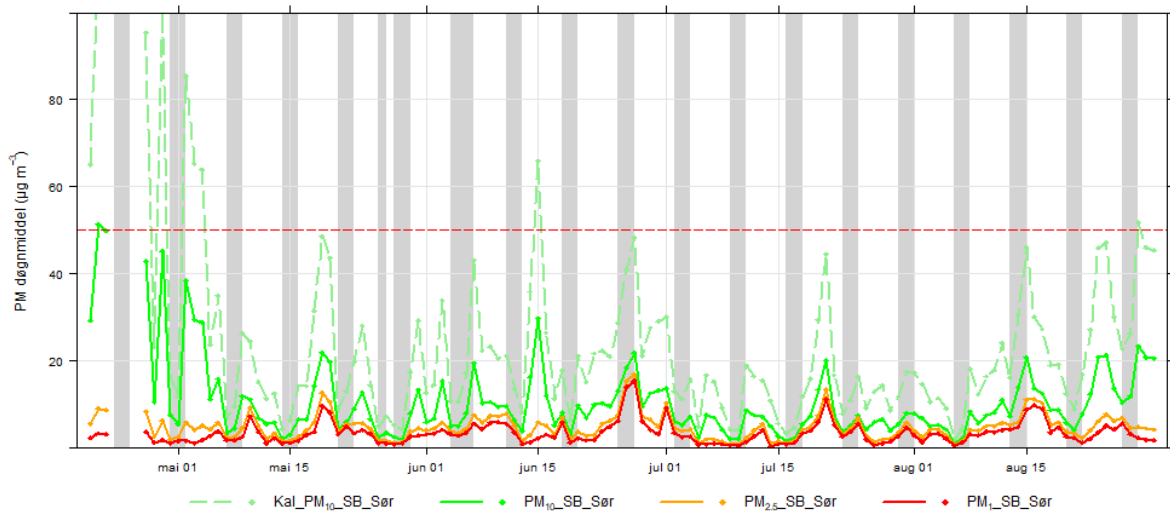
Ved Skårerbyen Nord, nord for anleggsplassen, var andelen grovt svevestøv (differansen mellom grønn og gul linje i Figur 17) større i april, mai og juni enn i juli, der svevestøvet hovedsakelig var i den fine fraksjonen. Det var lavere aktivitet på anleggsplassen under ferietiden i juli og sannsynligvis mindre oppvirvling i nordre delen av anleggsområdet. Strømforsyningen ved Skårerbyen Nord forsvant 2. august.

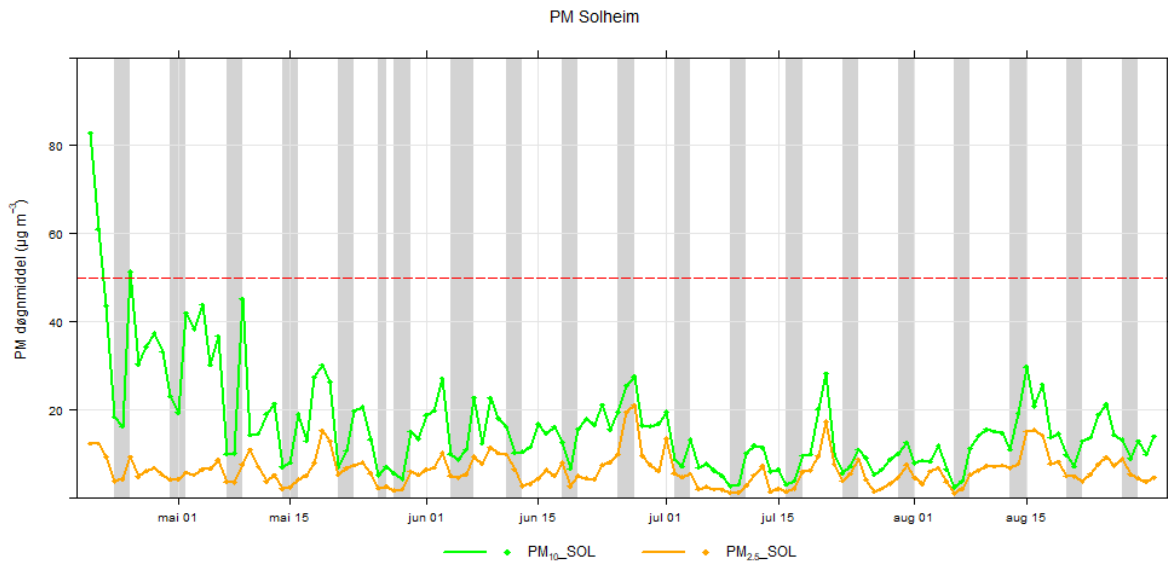
Ved Skårerbyen Sør, midt mellom anleggsplassene, var det en signifikant andel i grovfraksjonen i hele måleperioden. Den største andelen i grovfraksjonen ble målt i begynnelsen av måleperioden (i slutten av april og begynnelsen av mai) samtidig med en oppholdsperiode som varte i flere uker.

PM Skårerbyen Nord



PM Skårerbyen Sør





Figur 17: Døgnmidler av PM_{10} , $PM_{2.5}$ og PM_1 -konsentrasjon ved Skårerbyen Nord (øvre panel), Skårerbyen Sør (midtre panel) og Solheim (nedre panel) i perioden 20. april – 31. august 2022. Grå bakgrunn angir helger og høytidsdager. PM_{10} tidsseriene fra Skårerbyen kalibrert med hjelp av referansemetoden er også vist ($Kal_PM_{10_SB_Nord}$, $Kal_PM_{10_SB_Sør}$, grønn stiplet linje). PM_{10} -grenseverdien på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er vist som rød stiplet linje.

PM_{10} -nivået har vært høyere på stasjon Skårerbyen Sør sammenlignet med Skårerbyen Nord i hele måleperioden. De høyeste PM_{10} -konsentrasjonene i måleperioden ble observert i slutten av april og begynnelsen av mai. I midten av juni var det enkelte PM_{10} -topper, spesielt ved Skårerbyen Sør. Ved begge stasjonene var PM_{10} -nivået (etter kalibrering) noe høyere enn på Solheim.

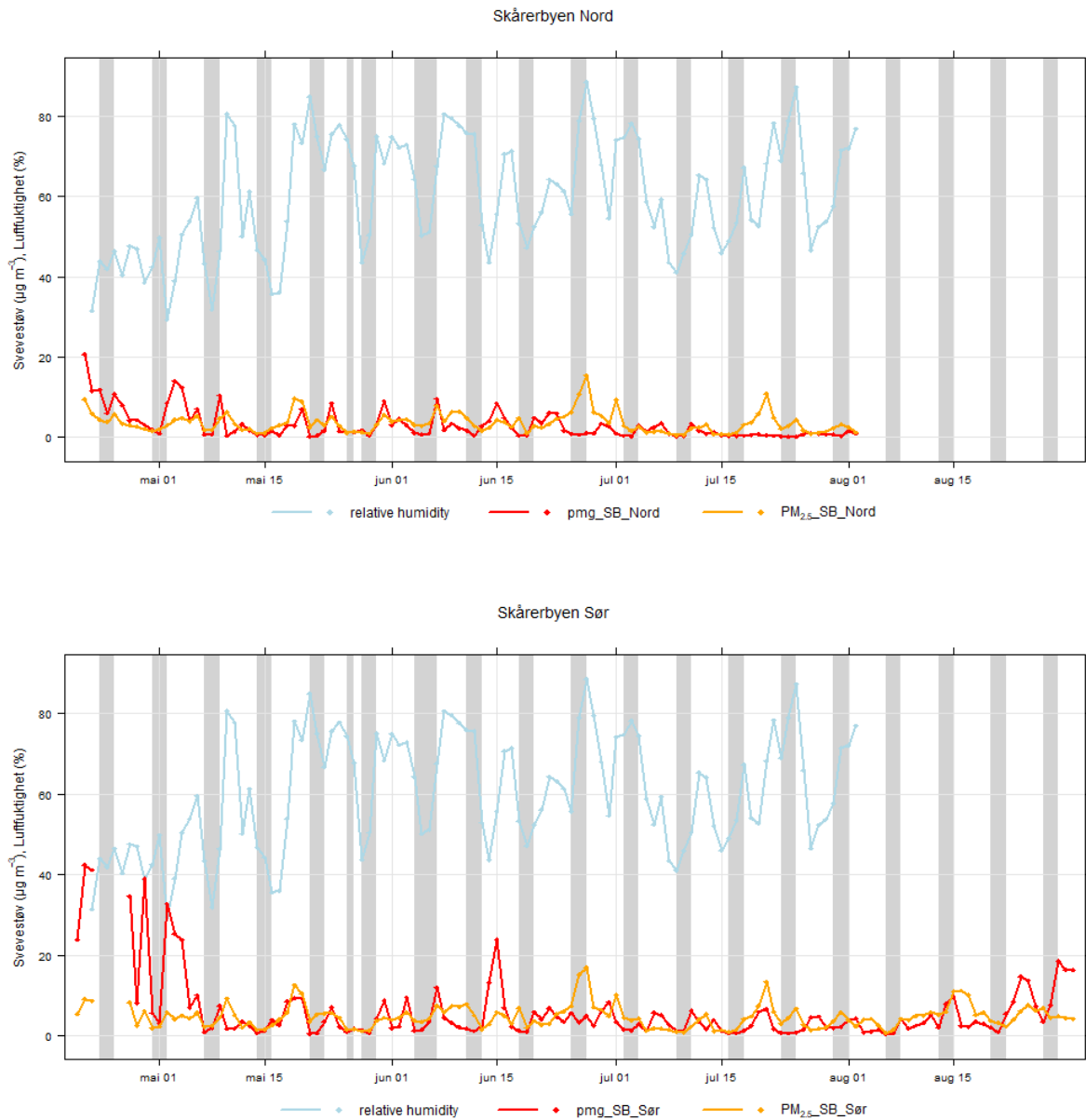
Siden måledata i størrelsesfraksjonen $PM_{2.5}$ ikke kunne kalibreres baserer diskusjonen i dette kapittelet på ukalibrerte data også for PM_{10} . Grovfraksjonen pmg ($PM_{10-2.5}$) er beregnet som differanse mellom PM_{10} og $PM_{2.5}$.

Ved Skårerbyen Nord dominerte grovfraksjonen $PM_{10-2.5}$ (pmg i Figur 18) svakt over finfraksjonen i begynnelsen av måleperioden. Den relative luftfuktigheten var forholdsvis lav i denne perioden. Tilfeller med større andel grovt svevestøv, sammenlignet med fint svevestøv, ble observert på ukedager, dvs. dager det var aktivitet på anleggsplassen. Svevestøvpartikler i grovfraksjonen ($PM_{10-2.5}$) er dominerende fra anleggsvirksomhet.

Grovfraksjonen var større enn finfraksjonen ved Skårerbyen Nord på følgende dager: 21.-22.april, 25.-29.april, 2.-4.mai, 6.mai, 9.mai, 12.mai, 24.mai, 31.mai, 7.juni, 13.-16.juni, 20.-23.juni, 5.-7.juli, 14.juli.

Ved Skårerbyen Sør var bidraget fra anleggsvirksomhet tydeligere enn ved Skårerbyen Nord. Særlig i tidsperioden frem til ca. 4. mai utgjorde andelen grovt svevestøv over 75% av PM_{10} (på ukedager). I løpet av måleperioden ble det observert flere tilfeller med større andel grovt svevestøv, sammenlignet med fint svevestøv. Disse skjedde på ukedager og knyttes til aktivitet på anleggsplassen.

Grovfraksjonen var større enn finfraksjonen ved Skårerbyen Sør på følgende dager: 20.-22.april, 27.-29.april, 2.-6.mai, 9.mai, 24.mai, 31.mai, 3.juni, 7.juni, 14.-16.juni, 20.-22.juni, 30.juni, 6.-8.juli, 11.juli, 14.juli, 27.-28.juli, 2.august, 22.-25.august, 29.-31.august.

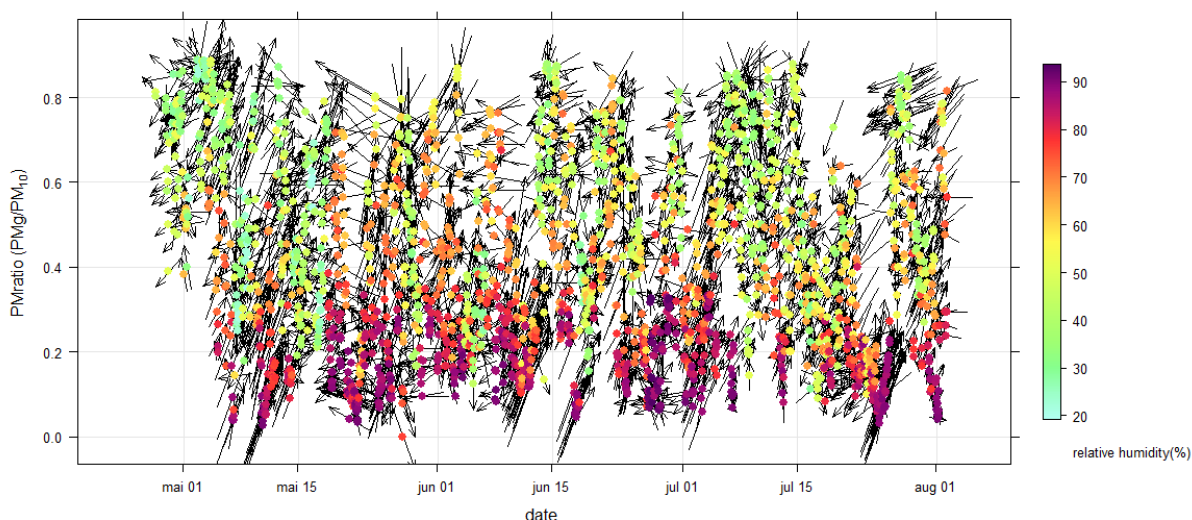


Figur 18: Tidsserier for PM grovfraksjonen (pmg) og finfraksjonen ($PM_{2.5}$), samt relativ luftfuktighet ved Skårerbyen Nord (øvre plott) og Skårerbyen Sør (nedre plott) i perioden 20. april – 31. august 2022. Døgnmiddelverdier. Grå bakgrunn angir helger og høytidsdager.

4.2.6 Effekt av meteorologi

Tidsserien av grovfraksjonen $PM_{10-2.5}$ i forhold til PM_{10} ved Skårerbyen Nord er vist i Figur 19. $PM_{10-2.5}/PM_{10}$ -forholdet oppnår verdier mellom 0 og 1 (y-akse), som tilsvarer 0 – 100% andel grovt svevestøv. Fargen angir relativ luftfuktighet, hvor rød og fiolett viser høy luftfuktighet, mens grønn viser lav relativ luftfuktighet. Andelen grovt svevestøv på 60% og mer er observert ved lav relativ luftfuktighet (oftest under 50%). Ved høy relativ luftfuktighet (over 80%) var andelen grovt svevestøv stort sett under 30%. Observasjonen reflekterer større sannsynlighet for oppvirvling av svevestøv (f.eks. fra anleggsplassen) under tørre forhold. Tiltak som vanning av grusveier, vanning av anleggskjøretøy, o.l. vil hjelpe å dempe oppvirvling av svevestøv på anleggsområdet.

Sammenhengen mellom stor potensiale for oppvirvling og perioder med oppholdsvær er vist i Figur 15.



Figur 19: Tidsserie for forholdet mellom grovfraksjonen og PM_{10} ved Skårerbyen Nord i perioden 20. april – 2. august 2022. Fargeskalaen fra lyseblå til fiolett angir lav til høy relativ luftfuktighet. Pilene angir vindretning og vindhastighet.

Det ble ikke observert en tydelig sammenheng mellom høy PM_{10} -konsentrasjon (oppvirvling) og vindhastighet, men vindhastigheten var lav i måleperioden. Høyeste timemiddelverdi var 5 m/s.

4.2.7 Kjemisk sammensetning av PM_{10}

Det var ønsket å kunne vurdere dominerende kilder til svevestøvet målt i området, samt å vurdere mulig helsepåvirkning av svevestøvet. Analyse av et utvalg av 10 metaller (dvs. uorganiske komponenter) og den relative metallprofilen kan bidra til å svare på disse spørsmålene. Metallanalyse ble utført med ICP-MS (Induktivt koblet plasmamassespektrometri).

Av de 97 svevestøvprøvene, ble 8 valgt for analyse av metaller. Kriteriene for valg av prøvene var:

- Dager der PM_{10} -konsentrasjonen på Skårerbyen har vært høyere enn nivået på Solheim. Dette kan tyde på dominerende bidrag fra anleggsarbeidet.
- Dager der høye PM_{10} -konsentrasjoner ble observert både på Skårerbyen og på Solheim. Begge steder kan ha vært påvirket av veitrafikk.
- Dagen med høyest PM_{10} -konsentrasjon ved Skårerbyen Nord (for å se hvilken av de to partikkelkildene som kan ha vært dominerende).

Komponentene som ble valgt for analyse var aluminium (Al), arsen (As), barium (Ba), kadmium (Cd), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), bly (Pb), antimon (Sb), sink (Zn) og vanadium (V). Komponentene ble valgt fordi (a) de kan tyde på bidrag fra veitrafikk (slitasje av både kjøretøy og vei, oppvirvling av veistøv), (b) de er typiske for mineralstøv og kan tyde på bidrag fra anleggsarbeid (obs: veistøv består delvis av mineralstøv), (c) de er regulert med grenseverdi pga. komponentene kan føre til helseeffekter i høye konsentrasjoner. Informasjon om de enkelte komponentene (ikke for barium) gitt i Vedlegget er fra Folkehelseinstituttet¹⁰ (FHI). Mer utfyllende informasjon finnes på nettstedet til FHI.

¹⁰ <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/metaller---luftkvalitetskriterier/>

Konsentrasjoner av metaller i PM₁₀ i de utvalgte prøvene er gitt i Tabell 3. Alle komponenter med grense- eller målsetningsverdi (As, Cd, Pb) eller et luftkvalitetskriterium (V, Mn, As, Cd, Pb) har døgnmiddelkonsentrasjoner langt under de begrensende nivåene. Både grenseverdier, målsetningsverdier og luftkvalitetskriteriene gjelder for middelkonsentrasjoner over et kalenderår (bortsett fra luftkvalitetskriteriet for V, som gjelder for døgnmiddel). Siden de høyeste døgnmiddelkonsentrasjonene observert i måleperioden var langt under grenseverdiene er det lite sannsynlig at det er fare for overskridelser.

Tabell 3: Døgnmiddelkonsentrasjoner av 10 metallkomponenter i 8 valgte PM₁₀-prøver (ng/m³) angitt med dato og prøvenummer. Siste kolonne viser for hvilke komponenter en grenseverdi (GV), målsetningsverdi (MV) eller luftkvalitetskriterium (LKK) er satt (se Kapittel 2). Merk at GV, MV og LKK gjelder for årsmiddel (unntak: LVV for V).

	20.04.	21.04.	03.05.	31.05.	07.06.	15.06.	27.06.*	21.07.	
	A2	A3	B3	D2	D9	E3	E1	G11	
Al	2400	3746	1476	1632	1771	1496	885	337	
V	4,95	7,99	3,48	3,31	3,88	3,23	2,00	2,48	LKK
Mn	35,7	51,4	23,5	23,0	27,2	21,3	12,6	6,1	LKK
Fe	1994	3025	1176	1220	1387	1090	744	339	
Cu	9,56	9,70	5,67	4,88	6,13	3,82	5,74	3,95	
Zn	26,8	28,0	15,0	11,7 ⁺	23,9	8,5	8,1	8,4	
As	0,59	0,54	0,24	0,35	0,31	0,22	0,37	0,21	MV/LKK
Cd	0,036	0,187	0,022	0,012	0,026	0,011	0,029	0,037	MV/LKK
Ba	32,1	45,9	18,9	20,5	20,9	17,7	12,8	5,7	
Pb	1,47	1,92	0,95	0,71	1,19	0,85	1,00	1,25	GV/LKK

*Prøven 27. juni ble tatt for 16 timer

⁺ I prøven fra 31. mai var Zn under deteksjonsgrensen

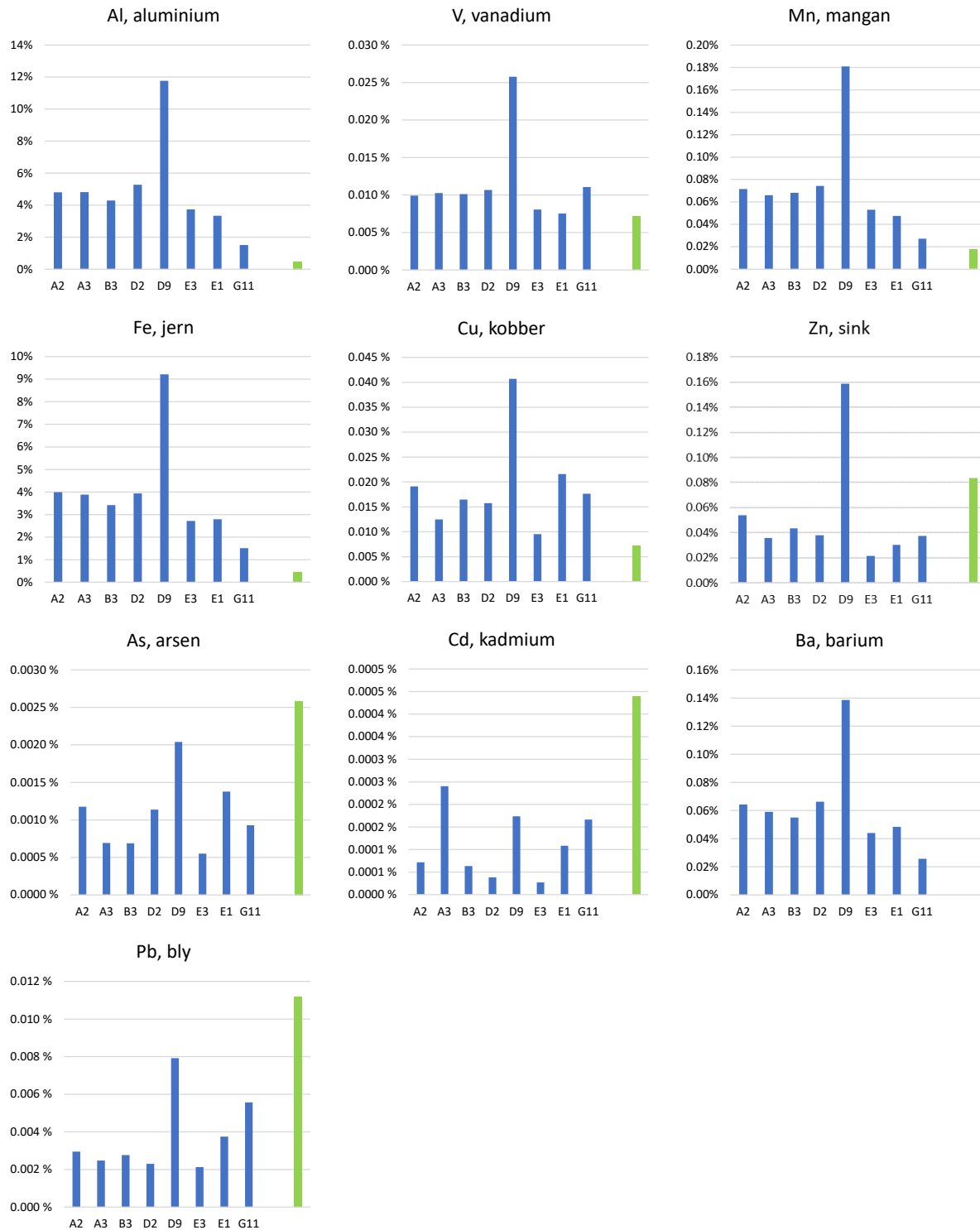
Flere av de analyserte komponentene blir også målt på Birkenes, et luftkvalitetsobservatorium i regional bakgrunn¹¹ i Agder. Nivåene av As, Cd og Pb målt ved Skårerbyen Nord har samme størrelsesorden som årsmiddelverdier på Birkenes (se Bohlin-Nizzetto et al., 2022). Disse komponentene ble valgt fordi de er regulert med grenseverdi/målesettingsverdi.

Nivåene til Al, V, Mn, Fe og Cu var markant høyere ved Skårerbyen Nord sammenlignet med regional bakgrunn. Både Al, V og Fe forekommer naturlig i mineralstøv (jordskorpe, fjell). Det må bemerkes at både veistøv og anleggsstøv hovedsakelig består av mineralstøv. For Mn er det satt et luftkvalitetskriterium for å beskytte menneskers helse. Cu i svevestøv i byer peker på oppvirket veistøv. Veitrafikk bidrar til økte nivåer av kobber i veistøv på grunn av slitasje på bremses. I måleperioden ble det observert mye aktivitet rundt pæling av store jernbjelker ned i grunnen. Dette kan forklare noe av forskjellen i jern-konsentrasjonen sammenlignet med regional bakgrunn, i tillegg til at geologien på Lørenskog kan være veldig forskjellig sammenlignet med Agder.

Relativt innhold av komponentene i PM₁₀-prøver, dvs. andelen metallkonsentrasjon av total PM₁₀-massekonsentrasjon, er vist i Figur 20 for de individuelle prøvene og sammenlignet med Birkenes.

¹¹ Ved regionale bakgrunnsstasjoner måles luftkvaliteten langt unna større utslippskilder.

Størst masseandel har komponentene Al og Fe, som forekommer naturlig i mineralstøv. For de fleste komponentene varierer masseandelen i PM₁₀ ikke sterk. I prøven tatt 7. juni (D9) er andelen Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn og Ba ca. dobbelt så høyt som i de øvrige prøvene. Denne prøven ble valgt fordi en av de høyeste døgnmidler ved Skårerbyen Nord ble målt samme dag med PM-monitoren lokalisert ved samme sted.



Figur 20: Andel metallkonsentrasjon av total PM₁₀-massekonsentrasjon for de valgte prøvene. Til sammenligning vises andelen i regional bakgrunn (Birkenes) i grønn.

En oversikt over prøvene valgt til kjemisk analyse, med en kort beskrivelse av utvalgskriteriene og vurdering er vist i Tabell 4. Ingen av prøvene pekte tydelig på dominerende bidrag fra veitrafikk eller anleggsarbeid.

Tabell 4: *PM₁₀ prøvene valgt for kjemisk analyse, utvalgskriterier per prøve, vurdering.*

	Utvalgskriterier	Vurdering
20. april A2	Valgt pga. høy PM ₁₀ konsentrasjon PM ₁₀ døgnmiddel ved Skårerbyen Nord, målt med referansem metode, er 50 µg/m ³ , dette tilsvarer akkurat grenseverdien for døgnmiddel.	Cu og Zn hadde høyest absolutt-konsentrasjon i prøve A2 og A3. Relativ andel avvek ikke særlig fra prøvene B3 og D2.
21. april A3	Valgt pga. høy PM ₁₀ konsentrasjon Høyest PM ₁₀ døgnmiddel ved Skårerbyen Nord i hele måleperioden.	Høyest absoluttkonsentrasjon av Al, V, Mn, Fe, Cd og Ba, men relativ andel som i prøvene A2, B3 og D2.
3. mai B3	Valgt fordi det antas at andelen komponenter som knyttes til anleggsarbeid var høy. PM ₁₀ >> PM _{2.5} , maks forhold PM _{grov} /PM ₁₀ ved Skårerbyen Nord, dvs. størst andel av PM ₁₀ var i grovfraksjonen som antas skyldes anleggsarbeid.	Ingen av komponentene peker seg ut, hverken som høy absolutt konsentrasjon eller som høy relativ andel.
31. mai D2	Valgt for å se om andelen komponenter som knyttes til anleggsarbeid er forhøyet. Døgnmiddel ved Skårerbyen Nord og Sør litt høyere enn ved Solheim, dvs. lokal kilde sterkere enn konsentrasjon ved en veinær stasjon.	Ingen av komponentene peker seg ut, hverken som høy absolutt konsentrasjon eller som høy relativ andel.
7. juni D9	Valgt for å se om andelen komponenter som knyttes til anleggsarbeid er forhøyet. En av de høyeste døgnmidler ved Skårerbyen Nord, målt med PM-monitor.	Andel Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn og Ba ca. dobbelt så høyt som i de øvrige prøvene. Komponentene tyder på bidrag fra trafikk og evt. anlegg.
15. juni E3	Valgt for å se om andelen komponenter som knyttes til anleggsarbeid er forhøyet. Døgnmiddel ved Skårerbyen Sør er en del høyere enn ved Solheim og Skårerbyen Nord (men filterprøvetaking er utført ved Skårerbyen Nord). Stasjonen Nord er nok ikke påvirket av kilden på samme måte, men det er en liten topp også ved Skårerbyen Nord.	Ingen av komponentene peker seg ut, hverken som høy absolutt konsentrasjon eller som høy relativ andel. Lavere relativ andel av komponenter som knyttes til trafikk (Cu, Zn) antyder at partikler fra anlegg kan ha dominert.

27. juni E1	Valgt for å se om andelen komponenter som knyttes til trafikk/veistøv er forhøyet. PM _{2.5} tilsvarer PM ₁₀ på Skårerbyen Nord, dvs. nesten all PM ₁₀ er i den fine fraksjonen, lite bidrag fra anleggsarbeid. På Solheim og Skårerbyen Sør er det også en viss andel i grovfraksjonen denne dagen).	Ingen av komponentene peker seg ut, hverken som høy absolutt konsentrasjon eller som høy relativ andel.
21. juli G11	Valgt for å se om andelen komponenter som knyttes til trafikk/veistøv er forhøyet. PM _{2.5} tilsvarer PM ₁₀ på Skårerbyen Nord, og det er høy PM ₁₀ ved alle steder. Også på Skårerbyen Sør er det en ganske høy andel av PM ₁₀ i finfraksjonen. På Solheim har også grovfraksjonen en viss andel.	Prøven med lavest andel Al, Mn, Fe og Ba av alle analyserte prøver Komponentene som tyder på veitrafikk/veistøv som kilde er (Fe), Cu, Zn og Ba

Filterprøvene ble tatt på stasjonen Skårerbyen Nord. Høye PM₁₀-konsentrasjoner ble oftere observert ved Skårerbyen Sør enn ved Skårerbyen Nord og toppene ved stasjonen i Sør var høyere enn ved stasjonen i Nord. På grunnlag av filterresultatene kan ikke toppene fra stasjonen Sør vurderes. Det kan ha vært større bidrag fra anleggsarbeid der fordi stasjonen var omgitt av flere anleggsplasser.

4.2.8 Test av mikrosensorer

Fire lavkost-sensorer fra Ensense ble montert ved Skårerbyen Nord 30. april og målte parallelt med Grimm-monitoren fram til 2. august da strømforsyningen forsvant.

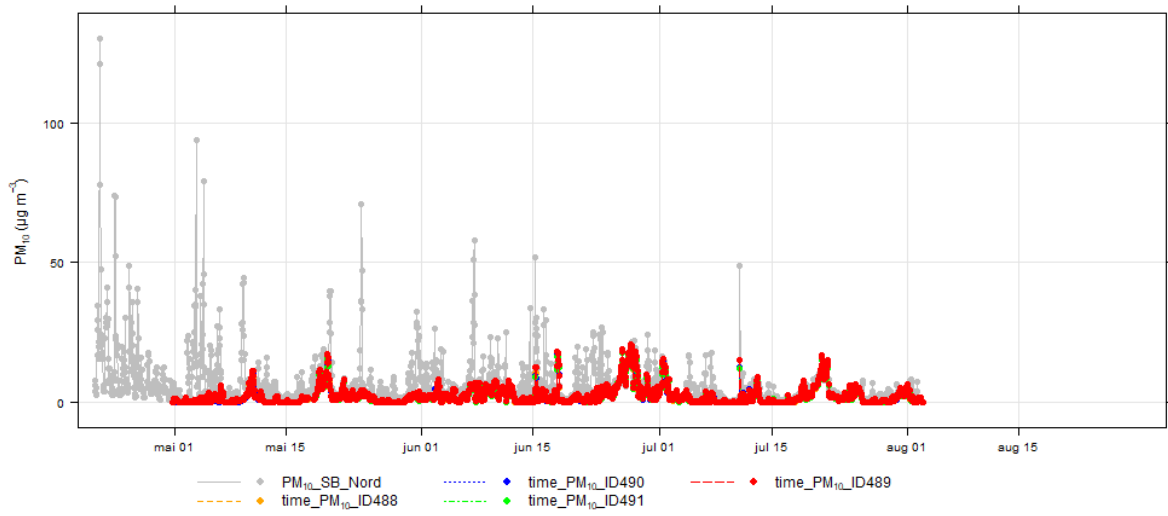
Tilretteleggingen av sensordataene er arbeidsintensiv. Ensense-sensorene logget data omtrent hvert minutt, men den interne klokken driftet for hver av sensorene.

Tidsserier av PM₁₀, PM_{2.5} og PM₁-konsentrasjoner målt av Grimm svevestøvanalysatoren og de fire Ensense-enhetene (ID488, ID489, ID490, ID491) er vist i Figur 21. Det er god overensstemmelse mellom de fire sensorene for alle tre størrelsesfraksjonene, men sammenligningen med Grimm-data peker på forskjell. Sensorene viste seg ikke å være sensitive nok for grovfraksjonen. Dermed er PM₁₀-konsentrasjonen underestimert, særlig konsentrasjonstoppene ble ikke registrert. Også PM_{2.5}-konsentrasjonen var underestimert og de fleste toppene ble ikke registrert. Det er godt samsvar mellom PM₁-nivåene målt av sensorene og Grimm-monitoren.

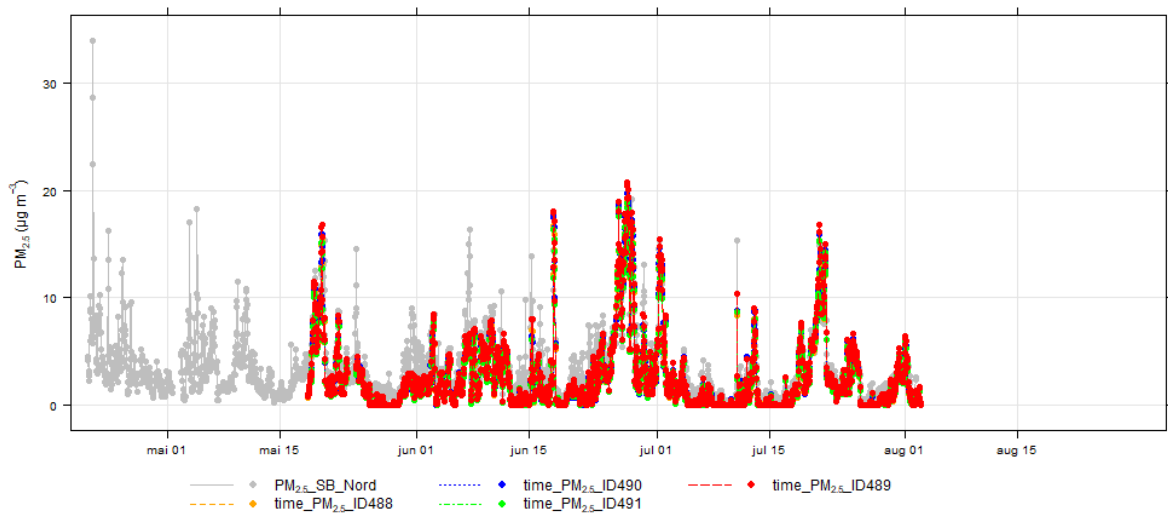
Størrelsesfraksjonen PM_{2.5} ble ikke målt av Ensense-sensorene i tidsperioden før 18. mai 2022. Sensor ID491 målte heller ikke PM₁₀ og PM₁ før 18. mai 2022. Sensor ID490 hadde et opphold i målingene av PM₁₀ og PM₁ mellom 14. mai og 18. mai 2022.

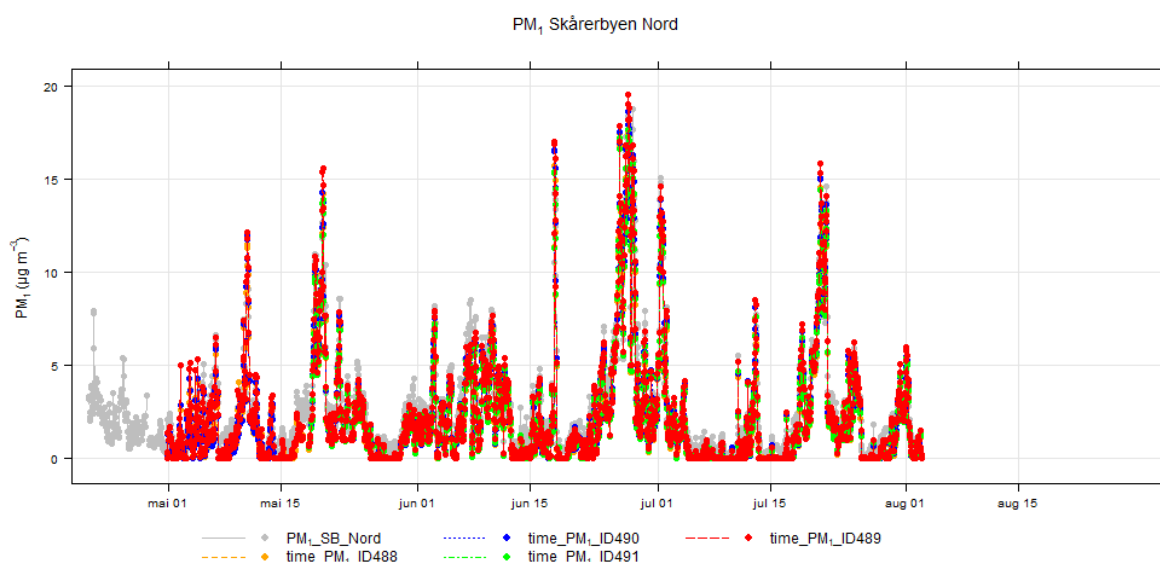
Det ble brukt ukalibrert Grimm data og det må antas at data fra lav-kost sensorene også er påvirket av spesielle optiske egenskaper av anleggsstøvet.

PM₁₀ Skårerbyen Nord



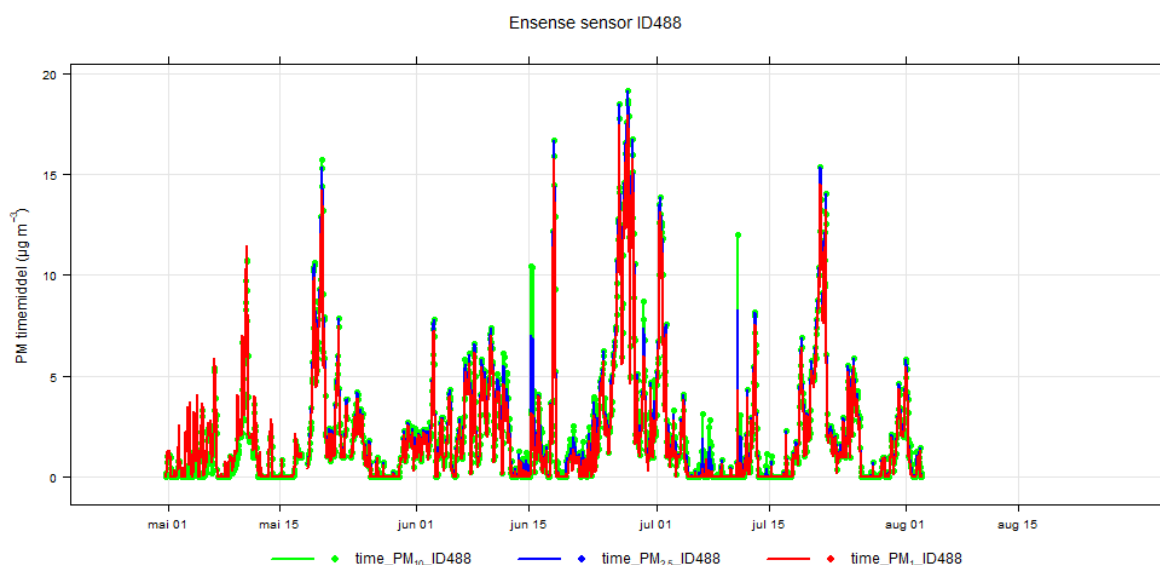
PM_{2.5} Skårerbyen Nord





Figur 21: Tidsserier av PM₁₀ (øvre plot), PM_{2.5} (midtre plot) og PM₁ (nedre plot) resultater målt av Ensense enhetene (oransje, blå, grønn, rød linje), sammenlignet med måldata fra Grimm svevestøvanalysatoren (ukalibrert; grå linje) på Skårerbyen Nord i perioden 20. april – 2. august 2022.

Tidsserier for de tre størrelsesfraksjonene PM₁₀, PM_{2.5} og PM₁ målt av Ensense-sensor ID488 er vist i Figur 22. Ingen PM₁₀ timemiddel over 20 µg/m³ ble registrert i måleperioden. Massekonsentrasjonen for størrelsesfraksjonene PM₁₀ og PM_{2.5} avviker ikke særlig fra PM₁-nivået.



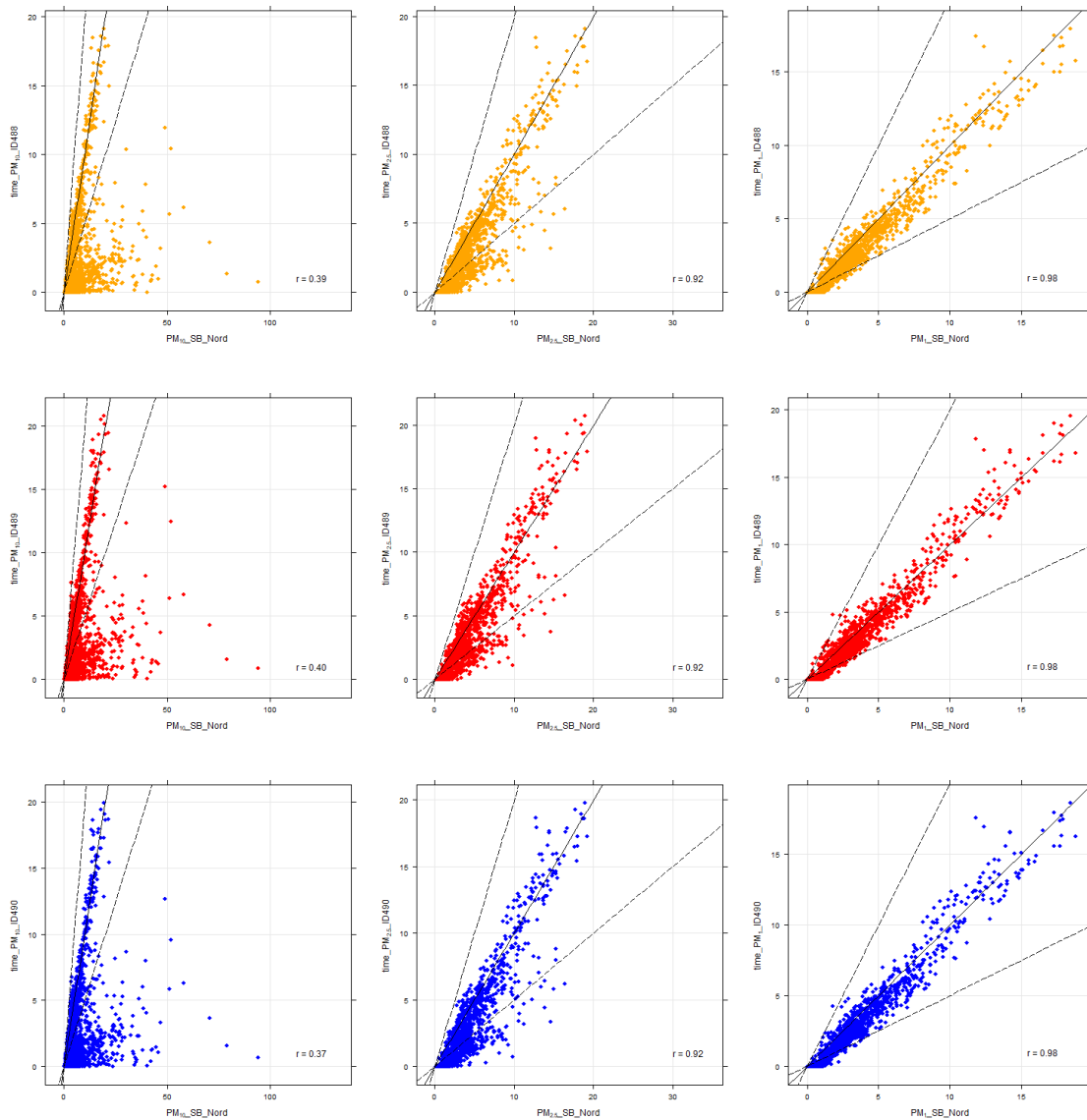
Figur 22: Tidsserier av PM₁₀, PM_{2.5} og PM₁ målt av Ensense enhet ID488 i perioden 20. april – 2. august 2022.

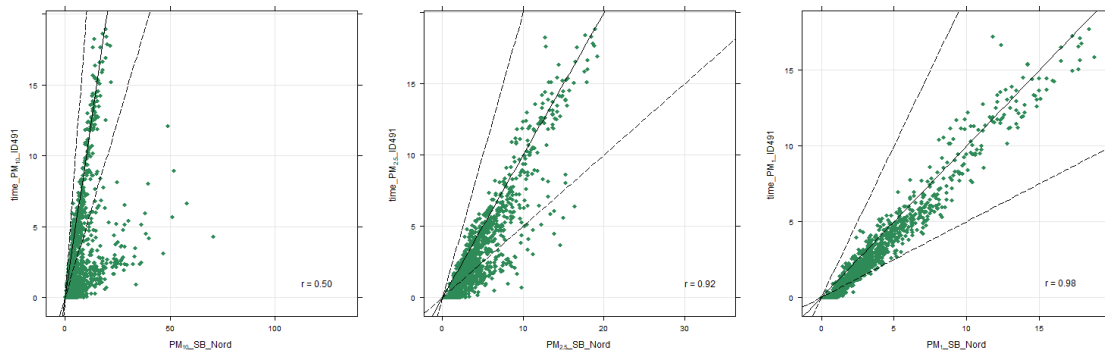
Sprednings-plotts for Ensense-sensorene i forhold til Grimm data fra Skårerbyen Nord er vist i Figur 23. Det er en rad for hver sensor. Plottene i venstre kolonne viser PM₁₀, midtre kolonne viser PM_{2.5} og høyre kolonne viser PM₁. For PM₁₀ var det spredning mellom konsentrasjoner målt med Ensense-sensorene og Grimm-monitoren. Ensense-sensorene målte vesentlig lavere konsentrasjoner. Dette vises i venstre kolonne i Figur 23 for alle fire Ensense sensorene. Korrelasjonen ligger derfor ganske

lavt for PM₁₀, mellom 0,37 og 0,50. Heltrukken linje viser 1:1-forhold mellom sensor- og Grimm-data, de stiplede linjene viser 0,5:1- og 2:1-forhold.

Samsvaret mellom sensor- og Grimm-data er bedre for PM_{2,5}, se midtre kolonne i Figur 23. Korrelasjonen mellom sensorene og Grimm er 0,92 for PM_{2,5}. Noen datapunkter er underestimert av sensorene, også for PM_{2,5}.

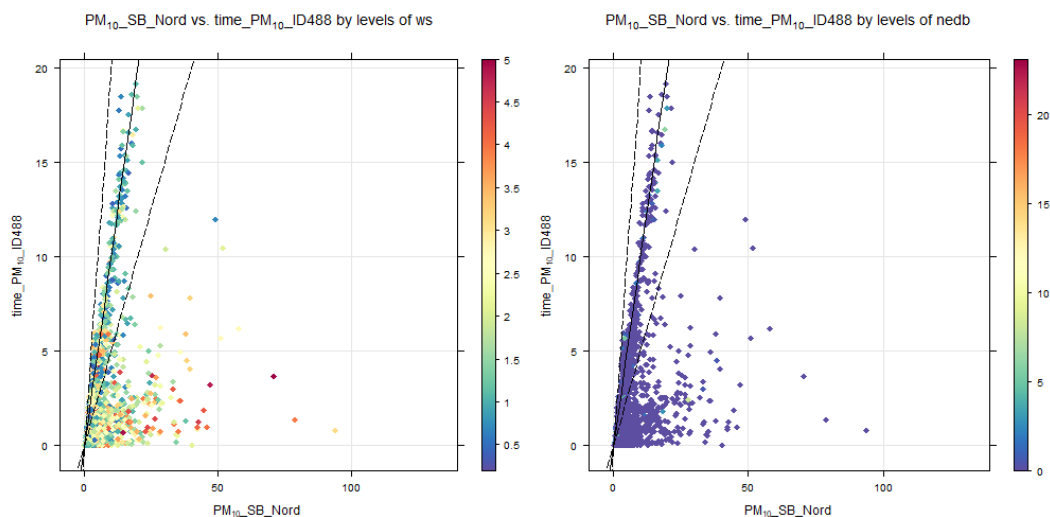
Det ble observert godt samsvar mellom sensorene og Grimm-data for PM₁, se høyre kolonne i Figur 23. Her er korrelasjonskoeffisienten 0,98.

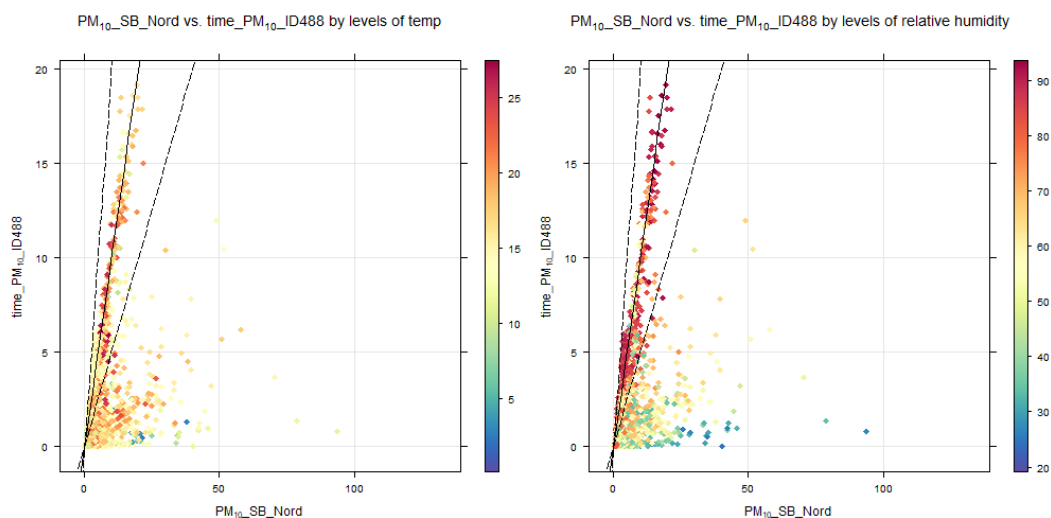




Figur 23: Sammenligning av resultater fra Ensense-sensorene (y-akse) med resultatene fra Grimm-monitoren (x-akse) ved Skårerbyen Nord (ukalibrert). Hver rad viser scatter plott for de individuelle sensorene (Ensense ID488, ID489, ID490, ID491) for størrelsesfraksjonene PM_{10} (venstre), $PM_{2.5}$ (midten) og PM_1 (høyre).

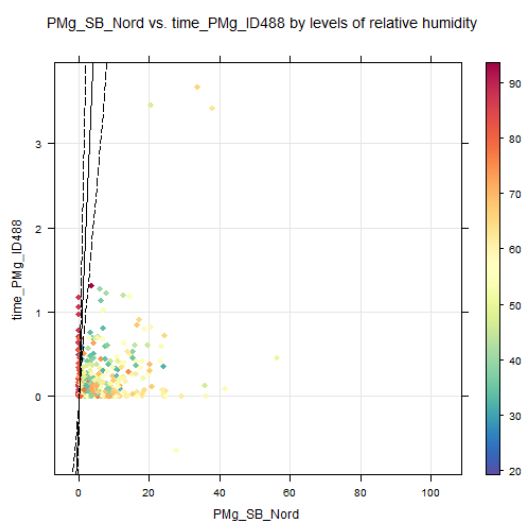
Det ble undersøkt om meteorologiske forhold kan ha en effekt på samsvaret mellom svevestøvnivået målt av sensorene og svevestøvnivået målt av Grimm-monitoren. Det ble ikke funnet en effekt av vindhastighet, nedbør og temperatur. En tilsynelatende sammenheng med varierende relativ luftfuktighet er vist i nedre høyre plott i Figur 24. Ved høy relativ luftfuktighet er det godt samsvar mellom PM_{10} -konsentrasjonene målt med Ensense-sensorer og PM_{10} -konsentrasjonene målt med Grimm-monitor. Ved relativ luftfuktighet under ca. 60% underestimerer Ensense-sensorene PM_{10} -konsentrasjonen. En lignende sammenheng ble funnet for $PM_{2.5}$ (ikke vist her), dvs. under tørre forhold ($RH < 60\%$) kan konsentrasjonene målt av Ensense sensorene være underestimert. Samtidig må det sies at konsentrasjonsnivået målt ved høy luftfuktighet er mye lavere enn konsentrasjonsnivået under tørre forhold. Det gode samsvaret mellom sensorresultatene for PM_{10} og Grimm-resultatene ved høy luftfuktighet skyldes godt samsvar for størrelsesfraksjonen PM_1 (som er en del av PM_{10}) og dempet oppvirvling ved høy luftfuktighet.





Figur 24: Scatter plott for PM_{10} målt med Ensense-sensor, sammenlignet med PM_{10} målt med Grimm-monitor (ukalibrert). Avhengighet av meteorologiske parametere (vindhastighet, nedbør, temperatur og relativ luftfuktighet) er visualisert med fargeskala. Resultatene er vist for sensor ID488, men resultatene er lignende for de andre sensorenhetene.

For sensorer som skal brukes ved anleggsplasser er det relevant at sensorene kan måle den grove svevestøvfraksjonen $PM_{10-2.5}$. Det blir tydelig av Figur 25 at høy luftfuktighet ikke har en effekt på evnen å detektere partiklene (se ovenfor), men at Ensense-sensorene brukt ved Skårerbyen Nord ikke var i stand til å detektere den grove svevestøvfraksjonen. Ved høy luftfuktighet er størsteparten av den grove svevestøvfraksjonen dempet og bare partikler i fraksjonen PM_1 er igjen. Ensense sensorene viste seg å være godt egnet til å måle PM_1 (se ovenfor). De kan dermed brukes til å overvåke fordelingen av f.eks. utslipp fra vedfyring.



Figur 25: Scatter plott for differansen mellom PM_{10} og $PM_{2.5}$ ($PM_{10-2.5}$, grov svevestøvfraksjon PMg) målt med Ensense-sensor, sammenlignet med differansen mellom PM_{10} og $PM_{2.5}$ målt med Grimm monitor, i avhengighet av relativ luftfuktighet (se fargeskala).

5 Konklusjoner

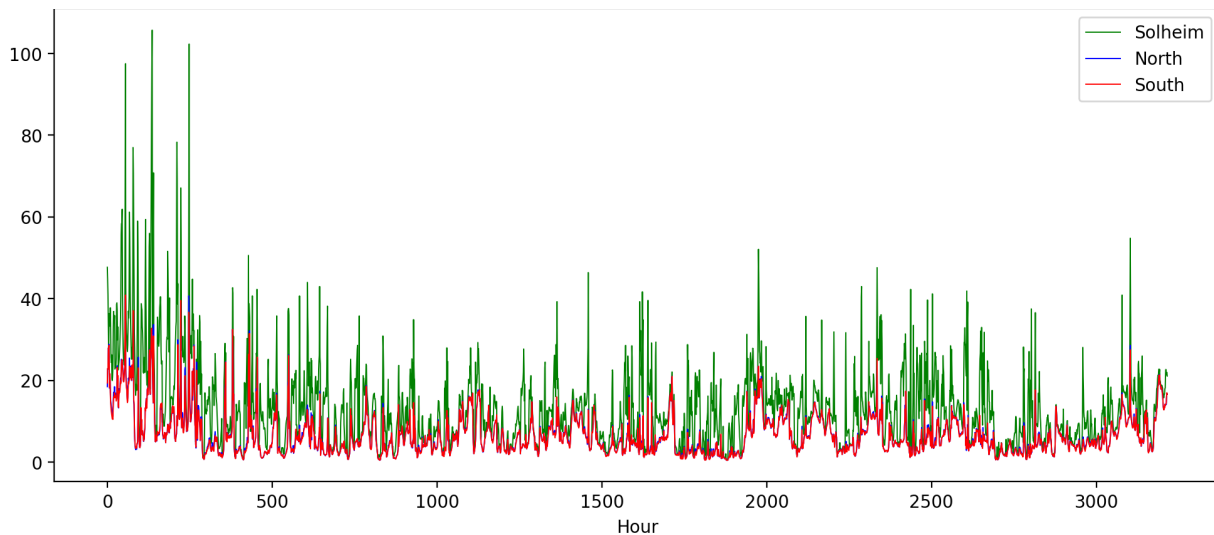
Svevestøvkonsentrasjoner i byer er sammensatt av regionale til lokale kilder. Svevestøvbakgrunnen (langtransportert svevestøv, organisk bidrag, sekundære partikler, mineralstøv) varierer lite over større områder. Urbane kilder som trafikk i byen og husoppvarming resulterer i en bybakgrunnskonsentrasjon. Lokale kilder bidrar i omgivelsene til et målepunkt. Ved en veinær stasjon vil oppvirvlet veistøv fra den nærliggende veien bidra utover bybakgrunnsbidraget fra trafikken i byen. Ved et anleggsområde vil anleggsstøv tilføre et ekstra bidrag til bybakgrunns-konsentrasjonen.

Målet med prosjektet var å øke kunnskapen rundt svevestøvnivåer i omgivelsene til anleggsplasser. Målinger ble utført ved to lokasjoner rundt anleggsplassen på Skårerbyen. Måleresultatene må anses som et nedre estimat for svevestøvkonsentrasjonen. Årsaken til dette er vurderinger i forbindelse med den brukte målemetoden. Derfor ble måleresultatene kalibrert med hensyn til referanseinstrumentet lokalisert ved samme målested. Kalibrerte måledata fra anleggsplassen på Skårerbyen viste i tørre perioder PM₁₀-konsentrasjoner høyere enn ved den veinære stasjonen Solheim i Lørenskog.

Svevestøvnivå

Ut fra måleresultatene i perioden var svevestøvnivået rundt Skårerbyen i måleperioden 16,3 µg/m³ ved Skårerbyen Nord og 22,8 µg/m³ ved Skårerbyen Sør (begge kalibrert). I samme tidsperiode ble svevestøvnivået på Solheim målt til 16,3 µg/m³. Høyest PM₁₀-konsentrasjon ble observert på Skårerbyen. Overskridelser av PM₁₀ døgngrenseverdien ble observert i en tørr tidsperiode i starten av måleperioden.

Et grovt anslag for svevestøvkonsentrasjonene ved de tre stedene med modell der det er tatt hensyn til alle svevestøvkilder, bortsett fra anleggsarbeid, gir 6,8 µg/m³ ved Skårerbyen Nord, 6,7 µg/m³ ved Skårerbyen Sør og 13,4 µg/m³ ved Solheim som middelvei over måleperioden. Her er det brukt meteorologi fra 2019 for samme tidsperiode, dermed er dette bare et grovt estimat. Sammenligning av måleresultatet med modellresultatet indikerer vesentlig høyere svevestøvnivå på Skårerbyen med anleggsarbeid. Også på Solheim var nivået målt i perioden noe høyere enn modellberegningene angir uten anleggsarbeid. Solheim er en veinær stasjon som hovedsakelig er påvirket av veitrafikk, dvs. oppvirvling og veistøv. Anleggsstøv transporteres ut av anleggsområdet og fordeles langs veinettet.



Figur 26: Modellert PM_{10} -timemiddelkonsentrasjon ved Solheim, Skårerbyen Nord og Skårerbyen Sør i perioden 20. april – 31. august med meteorologi fra 2019 uten bidrag fra anleggsarbeid. Midlet over hele måleperioden var PM_{10} -konsentrasjonen $13,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved Solheim, $6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved Skårerbyen Nord og $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved Skårerbyen Sør.

Hvor mye svevestøv/støv som genereres i forbindelse med anlegg vil variere avhengig av været og aktivitetene på anleggsplassen. Siden detaljer rundt aktivitetene ikke ble angitt av entreprenørene kan ikke aktiviteter knyttes til spesifikke måleresultater.

Støv som genereres i forbindelse med anlegg består av støv sluppet ut på selve byggeplassen (graving, flytting av løsmasse, hjul av kjøretøy, massetransport, oppvirvling gjennom vind) og utslipp i forbindelse med veier og veitrafikk til og fra byggeplassen.

PM_{10} -nivået på Skårerbyen viste seg å være høyere enn nivået på Solheim. Observasjonene i prosjektet tyder på at utslipp fra anleggsaktivitet er hovedbidraget til dette. Støvdempende tiltak (vann) mot utslipp på byggeplasser er antatt å gi et vesentlig bidrag til bedre luftkvalitet.

Effekt av meteorologi

I måleperioden var det lange perioder uten nedbør. De høyeste PM_{10} -toppene og episoder med høy andel grovt svevestøv ble observert i disse periodene. Nedbør demper PM_{10} -konsentrasjonen og andelen grovt svevestøv, dvs. demper oppvirvling. Effekten er umiddelbar.

Ved nedbør er relativ luftfuktighet forhøyet. Høy luftfuktighet i perioder uten nedbør har også en dempende effekt på konsentrasjonen av grovt svevestøv. Ved høy luftfuktighet observeres mindre oppvirvling.

Det ble ikke observert en effekt av vindhastighet på svevestøvkonsentrasjonene. I måleperioden var timemidlet vindhastighet aldri over 5 m/s. Det forventes at høyere vindhastighet vil føre til oppvirvling av svevestøv på anleggsplassen.

Vurdering av sensorer

Testing av sensorer for bruk rundt anleggsplasser var opprinnelig ikke en del av prosjektet, men måleprosjektet rundt anleggsplassen ga mulighet til å teste noen lav-kost sensorer.

Sensor-modellen brukt i prosjektet (Ensense) var ikke i stand til å detekttere partikler i den grove svevestøvfraksjonen $PM_{10-2.5}$. Men sensorene viste seg godt egnet til å måle PM_1 -konsentrasjoner. Et mulig bruksområde for sensorene (av denne typen og denne modellen) er indikative målinger av partikler fra vedfyring.

Siden svevestøvkonsentrasjonen, særlig den grove fraksjonen $PM_{10-2.5}$, ble underestimert av Ensense-sensorene, er den testede sensormodellen (Ensense) med dagens funksjonalitet ikke egnet for overvåking av svevestøv-konsentrasjoner rundt anleggsplasser.

6 Anbefalinger og veien videre

Målemetode

Ved begge stedene (og ved den veinære stasjonen Solheim i nærheten) ble det brukt instrumenter av typen Grimm EDM180. Sammenlignet med resultater fra referansemotoden (ved Skårerbyen Nord) viste det seg at EDM180 underestimerte svevestøv-konsentrasjonen (PM_{10}) med ca. 40-45%. Årsaken til dette antas å være at optiske deteksjonsmetoder er mindre følsomme for støv som avviker fra vanlig «bystøv», som for eksempel anleggsstøv, som er antatt å ha avvikende optiske egenskaper og en tetthet som avviker fra tettheten av bystøv.

Måleinstrumenter med optisk målemetode (f.eks. Grimm EDM180) blir ofte valgt siden tre partikkelstørrelsesfraksjoner kan måles med bare ett instrument, mens instrumenter som bruker f.eks. TEOM-metoden krever ett instrument per størrelsesfraksjon (unntak: TEOM 1405DF måler både PM_{10} og $PM_{2.5}$). Funksjonsprinsippene til Grimm og TEOM er beskrevet i vedlegget. Fordelen med TEOM-metoden er at målingen er uavhengig av antagelser om f.eks. tettheten og kjemisk sammensetning og optiske egenskaper av partiklene (dvs. sprednings- og absorpsjonsegenskaper). Mineralt støv har høye spredningskoeffisienter, mens partikler fra forbrenning samt bitumen/gummi som er i veistøvet har høy absorpsjon.

I et tidligere prosjekt i forbindelse med veiutbygging ble TEOM-instrumenter brukt til å måle PM_{10} (Hak, 2015). Konsentrasjoner over $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble målt i nærheten av boliger.

På grunnlag av observasjonene i prosjektet er instrumenter som bruker optisk deteksjonsmetode ikke anbefalt for måling i miljøer der støv fra anleggsarbeid dominerer. Gravimetrisk metode, som f.eks. TEOM, vil gi resultater som er uavhengige av sammensetning eller optiske egenskaper til svevestøvet. Det må imidlertid bemerkes at heller ikke TEOM måler likt med referansemotoden under alle forhold.

Måleprosjekter rundt anleggsplasser

For en vurdering av PM -konsentrasjonene rundt byggeplasser er det avgjørende å ha god oversikt over aktivitetene som foregår til enhver tid under måleperioden på byggeplassen. Det er nødvendig å få til et samarbeid med tiltakshaver for å få relevante data rundt anlegget og få god informasjon om aktiviteter på anleggsplassen (logg).

Ved anleggsplasser der det er fare for overskridelser av grenseverdier bør anleggssektoren samfinansiere målinger utført rundt anleggsplassen.

Sensorer

Selv om sensorene testet i prosjektet ikke klarte å måle grovfraksjonen av svevestøv, anbefales det å fortsette å teste mulighetene for bruk av sensorer f.eks. i forbindelse med anleggsplasser. Utviklingen i sensormarkedet går raskt og det er stort potensiale å kunne bruke et større antall sensorer i omgivelsene rundt anleggsplasser eller i flere høyder ved kanten av anleggsplassen for å studere hvordan naboer til anleggsplassen påvirkes.

7 Referanser

- Bohlin-Nizzetto, P., Aas, W., Halvorsen, H.L., Nikiforov, V., Pfaffhuber, K.A. (2022) Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation. Annual report 2021 (Norwegian Environment Agency, M-2317 | 2022) (NILU report, 19/2022). Kjeller: NILU.
- Hak, C (2015) Støvmålinger og støvanalyse fra anleggsvirksomhet for Fellesprosjektet E6/Dovrebanen. Desember 2013 – desember 2014 (NILU OR 03/2015). Kjeller: NILU.
- Hak, C., Marsteen, L. (2019) Godkjenning av instrumenter for måling av lokal luftkvalitet. Forslag til godkjenningsordning for Norge (NILU rapport 4/2019). Kjeller: NILU.
- Hak, C. (2022) Norges målenettverk for luftkvalitet. Gjennomgang av stasjonsplasseringer i forhold til krav i EUs luftkvalitetsdirektiver (NILU rapport 23/2022). Kjeller: NILU.
- Lopez-Aparicio, S., Grythe, H. (2022) The EmSite model for high resolution emissions from machinery in construction sites (NILU report 5/2022). Kjeller: NILU.
- Marsteen, L., Hak, C. (2021) PM10/PM2.5 comparison exercise in Oslo, Norway. Study in 2015-2016 and 2018 (NILU report 21/2021). Kjeller: NILU.

Vedlegg A

Funksjonsprinsipp av svevestøvanalysatorer

Funksjonsprinsipp Grimm EDM180

Omgivelsesluften som skal analyseres trekkes inn i enheten via en intern volumkontrollert pumpe (1,2 liter/minutt). Luften passerer gjennom den optiske målecellen. Grimm bruker lysspredningsteknologi for å telle enkelte partikler, hvor en halvlederlaser fungerer som lyskilde. Det spredte signalet fra partikkelen som passerer gjennom laserstrålen detekteres av en laserdiodedetektor (90 grader i forhold til laserstrålen). Signalet fra dioden passerer, etter en forsterkning, en flerkanals størrelsesklassifiserer. En pulshøydeanalysator klassifiserer deretter signalet som sendes i hver kanal.

Metoden er avhengig av at de målte partiklene har lignende optiske egenskaper og tetthet som støvet som er brukt til kalibrering. Instrumentene er kalibrert for bruk i byer der en blanding av trafikkgenerert støv og forbrenningsstøv dominerer.

Funksjonsprinsipp TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance)

Svevestøvmonitører som bruker TEOM-teknologi er «gravimetrisk» instrumenter som trekker omgivelsesluften gjennom et filter med konstant strømningshastighet, kontinuerlig veier filteret og beregner massekonsentrasjoner av partikler i tilnærmet sanntid.

TEOM-monitører bruker et hult og vibrerende glassrør som mikrovekt. Innkommende partikler avsettes på et filter på tuppen av røret. Den tilførte massen forårsaker en endring i svingningsfrekvensen som detekteres elektronisk. Den største fordelen med denne metoden er at eventuelle endringer i aerosolens egenskaper ikke vil påvirke nøyaktigheten av massemålingen. Inntaket til enheten lar bare partikler med ønsket størrelsesområde komme inn.

Vedlegg B

Metallkomponenter

Informasjon fra Folkehelseinstituttet (FHI) om metallkomponentene som ble analysert. Det er angitt hvorfor komponentene ble analysert for dette prosjektet:

- Aluminium (Al): Aluminium finnes hovedsakelig i jordskorpen i silikater og som oksid. Viktige kilder for aluminium i luft er utslipp fra industri (ikke relevant i Lørenskog), fra partikler frigjort ved jorderosjon og fra slitasje av veidekke. Helseeffekter er ikke kjent for konsentrasjoner den generelle befolkningen utsettes for (ingen luftkvalitetskriterier er satt).

Al er en hovedbestanddel av *mineralstøv*

- Arsen (As): Arsen finnes i store deler av jordskorpen, men i relativt lave konsentrasjoner. De viktigste kildene til arsen i luft er vulkanutbrudd, bakteriell nedbrytning av arsenforbindelser, impregnering av trevirke, tobakk og fossilt brensel som kull og olje. I luft er det rapportert bakgrunnsnivåer under 0,3 ng/m³. Arsen kan ha effekter på de fleste av kroppens organer, som luftveier, hud, hjertekar, mage-tarm, lever, nyre og nervesystemet. Luftkvalitetskriterium for arsen er fastsatt til 2 ng/m³ som årsmiddelverdi.

As har en *grenseverdi*

- Barium (Ba): Ba er et grunnstoff som indikerer slitasje fra dekk og bremses og peker på *veistøv* som kilde.
- Kadmium (Cd): Kadmium er et relativt sjeldent grunnstoff. I atmosfæren forekommer kadmium bundet til partikler i størrelsesområdet 0,1 – 1 µm. Kadmium slippes i hovedsak ut i atmosfæren som elementært kadmium og kadmiumoksid. Luftnivåene av kadmium bidrar betydelig til nivåene i jordsmonn. Luftnivåene av kadmium i Norge synes å ligge under 0,5 ng/m³ som årsmiddel. Tobakksrøyk og mat er de viktigste kildene for eksponering for kadmium. Det er fastsatt et luftkvalitetskriterium for kadmium på 2,5 ng/m³ som årsmiddel.

Cd har en *grenseverdi*

- Kobber (Cu): Kobber er et viktig sporstoff i kroppen, og kan foreligge i tre oksidasjonstrinn. Kilder for utslipp av kobber til luft er industri, og særlig smelteverk. *Vei- og togtrafikk* kan bidra til økte nivåer i enkelte avgrensede områder ved slitasje, hovedsakelig på grunn av *bremsing*. Nivået av kobber i luften er høyest i nærheten av større kilder. Eksponering for kobber foregår primært via mat og drikkevann. De aktuelle nivåene av kobberforbindelser i luft er lave, og kunnskapen om sammenheng mellom eksponeringsforhold og helseeffekter er ufullstendig. Det er derfor ikke fastsatt noe luftkvalitetskriterium for kobber i luft.

Cu indikerer bremseslitasje og peker på *veistøv* som kilde

- Jern (Fe): Jern er et vanlig metall i jordskorpen, og foreligger oftest som oksider. I uteluft kan jern forekomme i svevestøv fra industri og fra slitasje av veidekke og bremses. Opptak via luftveiene bidrar lite til effektene av jern i kroppen. Jern kan likevel ha uønskede effekter lokalt i luftveissystemet. Ut fra en samlet vurdering er det ikke aktuelt å fastsette luftkvalitetskriterium for jern.

Fe er en hovedbestanddel av *mineralstøv* men kan også peke på *veistøv* (bremseslitasje)

- Mangan (Mn): Mangan er et naturlig forekommende, essensielt sporstoff hos mennesker. I for høye konsentrasjoner kan mangan gi helseskade. Mangan kan forekomme i flere oksidasjonstilstander. Det er mange kilder for manganeksponering. Bakgrunnsnivåene ligger under 1 ng/m³. Nær metallindustri kan nivåene ligge langt høyere. For den generelle befolkningen er mat hovedkilden for manganeksponering. Helseeffekter av manganeksponering hos mennesker er hovedsakelig rapportert i arbeidsmiljø. Befolkningsstudier indikerer at inhalasjon av mangan gir betennelsesreaksjoner i lungene. Folkehelseinstituttet

og Miljødirektoratet har fastsatt et luftkvalitetskriterium for mangan på $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddel.

Mn er en bestanddel av *mineralstøv*, men har også et *luftkvalitetskriterium*

- Bly (Pb): Bly er et tungmetall som forekommer både i uorganisk og organisk form. Blytilsetning i bensin var tidligere den dominerende kilden for bly i luft. I dag er blynivåene i luft svært lave på grunn av innføring av blyfri bensin. Bakgrunnsnivåene i Norge i dag ligger under $2 \text{ ng}/\text{m}^3$ som årsmiddel. Bly forstyrrer enzymsystemer i kroppen. Bly kan dermed gi effekter på mange ulike organsystemer. Effektene inntreffer først ved blykonsentrasjoner som er langt høyere enn det som forekommer i uteluft i Norge i dag. Luftkvalitetskriterium for bly er fastsatt til $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddel.

Pb har en *grenseverdi*

- Sink (Zn): Sink er et vanlig grunnstoff i naturen og et viktig sporstoff. De viktigste kildene for utslipp av sink til miljøet er gruvedrift, industri og forbrenning av kull og avfall. Sinknivåene i luft er normalt godt under $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nivåene kan være noe høyere i byer og rundt smelteverk. Sink i luften er hovedsakelig bundet til svevestøv. Effekter i respirasjonssystemet ved inhalasjon av sink og sinkforbindelser er observert, varierende med kjemisk form av sink. Studier indikerer at sink kan spille en viktig rolle for effekter som observeres av svevestøv. Likevel er det for lite data i aktuelle konsentrasjonsområder for uteluft som kan brukes til å fastsette et luftkvalitetskriterium for sink alene.

Zn indikerer dekkslitasje og peker på *veistøv* som kilde

- Vanadium (V): Vanadium er et vanlig sporstoff i naturen som kan forekomme i forskjellige oksidasjonstilstander. Fossilt brennstoff, spesielt råolje, er hovedkilden for utslipp av vanadium til atmosfæren. Opptaket av vanadium i lunger avhenger både av partikkelstørrelse og løslighet til vanadiumforbindelsene. Stoffet inngår i reaksjoner som fører til dannelse av reaktive oksygenforbindelser. Disse kan føre til skade. Det er vist irriterende effekter på luftveissystemet i konsentrasjonsområdet fra $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i forsøk med friske frivillige personer. Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har fastsatt et luftkvalitetskriterium for vanadium på $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som gjennomsnitt over ett døgn.

V er en bestanddel av *mineralstøv*, men har også et *luftkvalitetskriterium*

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, overvåking 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: 978-82-425-3123-0

ISSN: 2464-3327