

Målinger i Lillestrøm sentrum for utredning av hovedkilder til svevestøvforurensning

Februar – april 2017

Claudia Hak



Innhold

Innhold	2
Sammendrag	3
1 Innledning	6
1.1 Motivasjon – inversjonsperiode januar 2016	7
1.2 Måleparametere	9
1.3 Grenseverdier og varslingsklasser.....	11
2 Områdebeskrivelse	14
3 Måleresultater	15
3.1 Meteorologiske parametere	15
3.2 Svevestøvkonsentrasjon	17
3.3 Black carbon	21
3.4 Størrelsesfordelinger.....	25
4 Diskusjon	26
5 Referanser	30
Vedlegg A Svevestøv- og BC-målinger Vigernes	32
Vedlegg B Målestasjoner for luftkvalitet i Skedsmo kommune	36

Sammendrag

NILU – Norsk institutt for luftforskning har utført et måleprosjekt i Lillestrøm sentrum for å kartlegge kildene som bidrar til svevestøvforurensning i Lillestrøm. Prosjektet ble gjennomført i samarbeid med Skedsmo kommune. I perioden 14. februar – 21. april 2017 ble det gjennomført kontinuerlige målinger av svevestøv¹ (PM_{2.5}, PM₁₀), aerosol-lysabsorpsjon ved flere bølgelengder (black carbon, BC; for BC-kildebestemmelse) og størrelsesfordelinger av små partikler (størrelsesområde 11 nm – 425 nm). Målingene ble foretatt ved en stasjon i Lillestrøm sentrum (Vollaparken). I tillegg ble data fra eksisterende stasjon ved R22 brukt (Vigernes).

I forbindelse med en episode med svært høy luftforurensning i Lillestrøm i januar 2016 ble det vedtatt i Skedsmo kommunestyre at det skulle gjennomføres en kartlegging av ulike kilder til luftforurensning og at det skulle foretas en undersøkelse av luftforurensningssituasjonen i Lillestrøm ved neste inversjonsepisode².

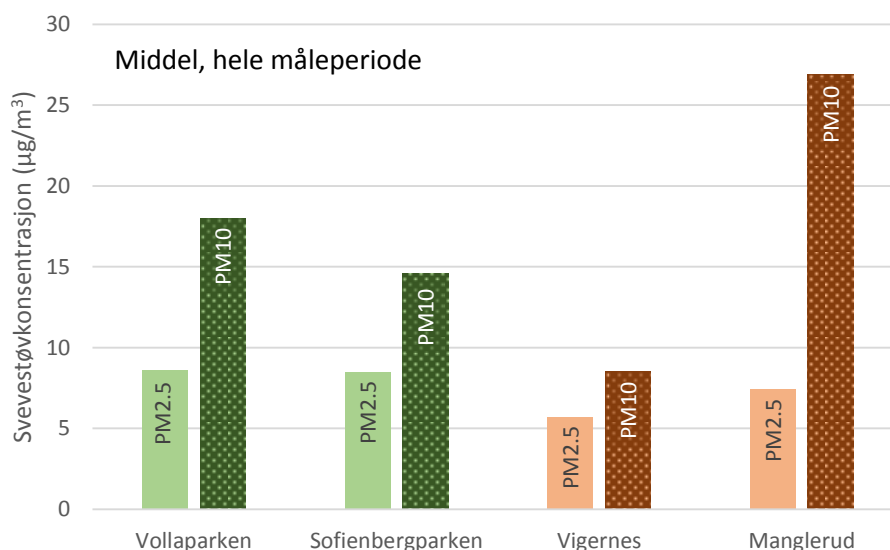
NILU fikk, i samarbeid med Skedsmo kommune, ansvar for å sette sammen et måleprogram som gjør det mulig å skille bidragene fra ulike kilder. Spesielt er man interessert i hvor mye som kommer fra forbrenningskilder som vedfyring og trafikk, samt hvor mye som kommer fra veistøv (slitasje av veibane fra piggdekk og oppvirvling). Ved samtidig måling av svevestøvkonsentrasjonen (PM_{2.5}, PM₁₀) og BC kan de ulike kildebidragene skilles.

Det var en mild vinter på Østlandet, 3-4 grader over normaltemperaturen og i motsetning til foregående vintre opptrådte det ikke noen inversjonsepisoder vinteren 2016-2017. Måleperioden fra midten av februar til midten av april var ikke karakterisert av atmosfærisk stabile perioder, noe som kunne ha medført episoder med høy luftforurensning.

Svevestøvnivået på stasjonen i Vollaparken, som sto i et boligstrøk, var høyere enn det som ble observert på Vigernes, som er en veinær stasjon i utkanten av Lillestrøm. Mulige årsaker til dette er at Vollaparken er omgitt av flere partikkelkilder og at området ved Vigernes har bedre utluftning.

¹ Svevestøv er betegnelsen for partikler (particulate matter, PM) med aerodynamisk diameter mindre enn 10 µm (PM₁₀) og mindre enn 2,5 µm (PM_{2.5}) som holder seg svevende i luften. 1 µm (mikrometer) er en milliontedel meter (10⁻⁶ m)

² Inversjonssituasjoner er karakterisert av lav temperatur nær bakken, lite vind og temperaturøkning med høyden som fører til svært lite spredning av luftforurensninger. Se også side 6.

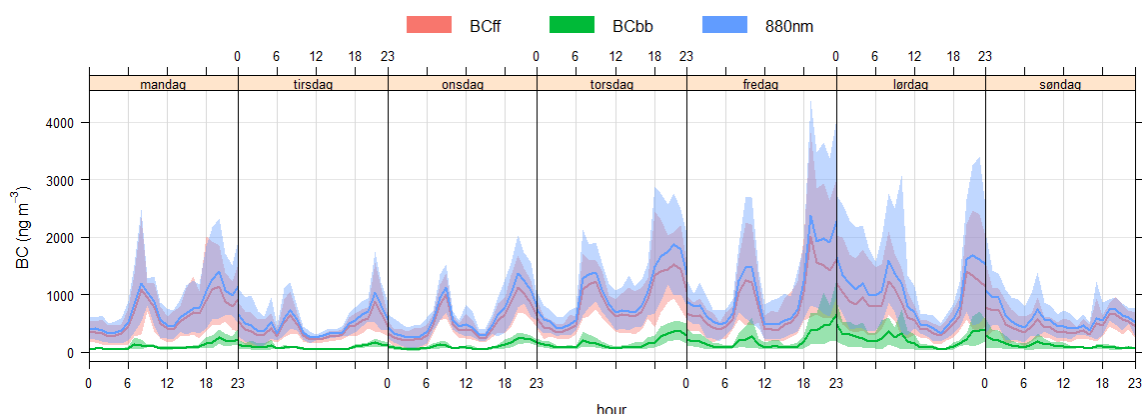


Svevestøvkonsentrasjon (PM_{2.5} – lyse stolper, PM₁₀ – mørke stolper) på Vollaparken og Vigernes midlet over hele måleperioden og sammenlignet med Sofienbergparken og Manglerud (hhv. bybakgrunnsstasjon og veinær stasjon i Oslo). Grønn: bybakgrunn, rød: veinær.

I Vollaparken ble det registrert 3 døgn med døgnmiddelkonsentrasjoner av PM₁₀ over 50 µg/m³. Per kalenderår er det tillatt med 30 overskridelser³. Årsaken til høy PM₁₀-konsentrasjon var oppvirvling av veistøv ved tørre værforhold. Merk ellers at norske grenseverdier gjelder for kalenderår og med kun 2 måneder med målinger er det ikke mulig å si noe om luftkvaliteten i Lillestrøm i forhold til norske grenseverdier.

Det var lav korrelasjon mellom måleresultater fra Vollaparken og Vigernes, både for PM og BC. Begge steder er mest påvirket av lokale kilder.

I måleperioden dominerte veitrafikk over vedfyring som kilde for Black Carbon (BC), både på Vigernes og i Vollaparken.



Ukevariasjon av total BC (blå), BC fra veitrafikk (rød) og BC fra vedfyring (grønn) i Vollaparken, midlet over hele måleperioden.

³ Se Forskrift om begrenning av forurensning (forurensningsforskriften), Del 3. Lokal luftkvalitet, Kapittel 7. Lokal luftkvalitet, https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3 [besøkt 19. mai 2017]

I midten av februar ble det observert forhøyet bakgrunnskonsentrasjon av PM og BC i Vollaparken. Akkumulering av luftforurensning var en følge av lett stabile meteorologiske forhold og lav temperatur. Hovedpartikkelkilde var forbrenningsprosesser, hovedsakelig fra trafikk.

Bidraget fra vedfyring til BC var generelt lavere enn trafikkbidraget i Vollaparken. Ved lav temperatur og stabile atmosfæriske forhold var bidragene fra veitrafikk og vedfyring nesten like store.

Målinger i Lillestrøm sentrum for utredning av hovedkilder til svevestøvforurensning

Februar – april 2017

1 Innledning

Lillestrøm er by og administrasjonssenter i Skedsmo kommune med ca. 12 500 innbyggere, og ligger 17 km fra Oslo sentrum. En luftkvalitetsmålestasjon ble satt opp ved Vigernes i utkanten av Lillestrøm (Figur 4) i desember 2015 for å overvåke NO_x og svevestøvkonsentrasjoner ved Fetveien (RV22). Dette er en veinær stasjon rett ved RV22 og i nærheten av Vigernes skole (barneskole). Statens vegvesen er eier av denne stasjonen og målingene driftes av NILU. Under en inversjonsepisode⁴ i januar 2016 ble det målt svært høye konsentrasjoner av PM_{2.5}, PM₁₀ og NO₂ ved Vigernes⁵. Lav temperatur, dårlig vertikal blanding av luften og lite ventilering førte til akkumulering av luftforurensning i januar 2016. Hovedkildene til luftforurensningen var mest sannsynlig vedfyring for boligoppvarming i Lillestrøm og veitrafikk. Men ut fra målingene som ble foretatt på Vigernes var det ikke mulig å skille bidragene fra de enkelte forurensningskildene.

Som konsekvens av episoden med høy luftforurensning i januar 2016 ble det vedtatt i kommunestyret å foreta en undersøkelse av bidraget fra ulike kilder til luftforurensningen, samt at en undersøkelse av luftforurensningssituasjonen i Lillestrøm skulle gjennomføres ved neste inversjonsperiode.

NILU foreslo et måleprosjekt for Skedsmo kommune for å kartlegge de viktigste kildene som bidrar til svevestøvforurensning i Lillestrøm. Formålet med prosjektet var å kvantifisere kildebidragene til partikkelbelastningen og BC⁶-konsentrasjonen i Lillestrøm i vinterperioden. Kunnskap om kildebidragene til luftforurensning under varierende meteorologiske forhold vil danne et grunnlag for Skedsmo kommune til å vurdere tiltak for å forbedre luftkvaliteten.

Målingene ble anbefalt utført i Lillestrøm vinteren 2016/2017 og ble gjennomført i perioden februar – april 2017. Prosjektet ble gjennomført som et samarbeid mellom Skedsmo kommune og NILU.

Målekampanjen ble utført ved måling av lysabsorpsjon med et 7-bølgelengder Aethalometer og partikkelstørrelsesfordelingen ble målt med et Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) for å kvantifisere bidragene fra ulike forbrenningskilder til Black Carbon (BC)-konsentrasjonen, og undersøke utviklingen av partikkelstørrelsen og sammenhengen av partikkelstørrelse og -

⁴ Inversjonsepisoder er karakterisert av stabil sjiktning, det vil si at temperaturen øker med høyden (inversjon). Det forekommer oftest om natten og om vinteren når det er sterk utstråling og avkjøling ved bakken og lite vind. Ved slike forhold undertrykkes spredningen av luftforurensninger. Dette er mest ugunstig for utslipp fra kilder nær bakken, som diffuse utslipp, som vil tynnes og transporteres langsomt. Temperaturmaksimumet i høyden virker som et lokk og hindrer vertikal spredning fra bakken. Utslipp under dette nivået vil ikke slippe igjennom lokket.

⁵ Episode januar 2016: <https://www.rb.no/nyheter/forurensning/skedsmo/darlig-luftkvalitet-i-lillestrom-det-er-mye-unodvendig-kjoring-til-skoler/s/5-43-220498> og <http://journalen.hioa.no/innenriks/2016/01/skyhoy-luftforurensning-i-lillestrom> [besøkt 12. mai 2017].

⁶ Definisjon for BC, black carbon, er gitt i kapittel 1.2

kilde. Målemetodene er beskrevet i seksjon 1.2. Måleresultatene ble tolket sammen med svevestøvmålinger ($PM_{2.5}$, PM_{10}), som ble utført samtidig og målinger fra Vigernes.

I henhold til kommunens vedtak skal luftforurensningssituasjonen i Lillestrøm undersøkes under inversjonsperioder. Inversjonssituasjoner er avhengig av meteorologiske forhold og inntreffer i vintermåned med lave temperaturer, lav vindhastighet og stabile atmosfæriske forhold. Inversjonssituasjoner er karakterisert ved lav temperatur nær bakken og temperaturøkning med høyden, noe som fører til svært lite vertikal spredning av luftforurensninger. Samtidig er det lav vindhastighet og dette fører til svært liten horisontal spredning av luftforurensninger. Forholdene som fører til inversjonssituasjoner er vanligvis stabile og vedvarer gjerne i flere døgn. Dermed akkumuleres lokale utslipp og konsentrasjoner øker til et svært høyt nivå. Slike forhold er typiske å observere én til flere ganger hver vinter. Disse forholdene fører samtidig til økt bruk av vedfyring til husoppvarming og økt utslipp fra forbrenningsmotorer ved veldig lave temperaturer. Alt dette forverrer forurensningssituasjonen.

Måleprogrammet begynte i midten av februar med en varighet på ca. 2 måneder for å dekke en periode med antatt stort oppvarmingsbehov i februar og overgangen til våren med typisk stort bidrag fra gjenoppvirling av veistøv (når snøen forsvinner). Det ble antatt at det ville opptre inversjonsepisoder i denne tidsperioden. Det oppstod imidlertid ingen inversjonsepisoder i løpet av vinteren 2016-2017 i Lillestrøm. Måleperioden inneholder påskeuken (palmesøndag 9. april til annen påskedag 17. april) med noe forskjell i trafikkmønsteret og eventuelt fyringsvaner sammenlignet med ukene før og etter.

Målingene ble startet 14. februar og avsluttet 21. april 2017. Dataene fra monitorene ble logget med 1 time tidsoppløsning og ble gjort tilgjengelige online i NILUs database i nær sanntid. Skedsmo kommune brukte dataene for å vise luftkvalitetsindeksen for de to stasjonene på websiden <https://www.skedsmo.kommune.no/luftkvalitet> (se Vedlegg B). BC-dataene ble logget med 1 time tidsoppløsning og SMPS-instrumentet målte partikkelstørrelsesfordelinger (mellom 10 nm^7 og ca. 400 nm) med tidsoppløsning på 1 minutt.

1.1 Motivasjon – inversjonsperiode januar 2016

Inversjonsepisoden i januar 2016 varte i ca. 1,5 uker (Figur 1). Høyeste $PM_{2.5}$ -timekonsentrasjon på Vigernes i januar 2016 var på $175\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (svært høyt forurensningsnivå; alvorlig helseisiko) og $PM_{2.5}$ utgjorde ca. 92% av PM_{10} -konsentrasjonen. Dette betyr at svevestøvet var hovedsakelig i den fine størrelsesfraksjonen (mindre enn $2,5\text{ }\mu\text{m}$, $PM_{2.5}$). Jo mindre partiklene er desto dypere kan de pustes inn i lungene. I perioden 13. - 23. januar 2016 var det lav vindhastighet og dermed lite spredning av luftforurensninger (Figur 2). Temperaturen målt på Kjeller flyplass⁸ varierte mellom -10 og -26°C i denne perioden. Økt oppvarmingsbehov i perioden ble trolig dekket delvis av vedfyring. Vedfyring til boligoppvarming i Lillestrøm og trafikktutslipp i området var sannsynligvis betydelige kilder til svevestøvnivået observert på Vigernes. Men målemetodene brukt på målestasjonen ($PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_x) tillot ikke bestemmelse eller kvantifisering av kildene. For å identifisere og skille kildene kreves det mer avansert måleutstyr, f.eks. aethalometer, SMPS eller filterprøver med

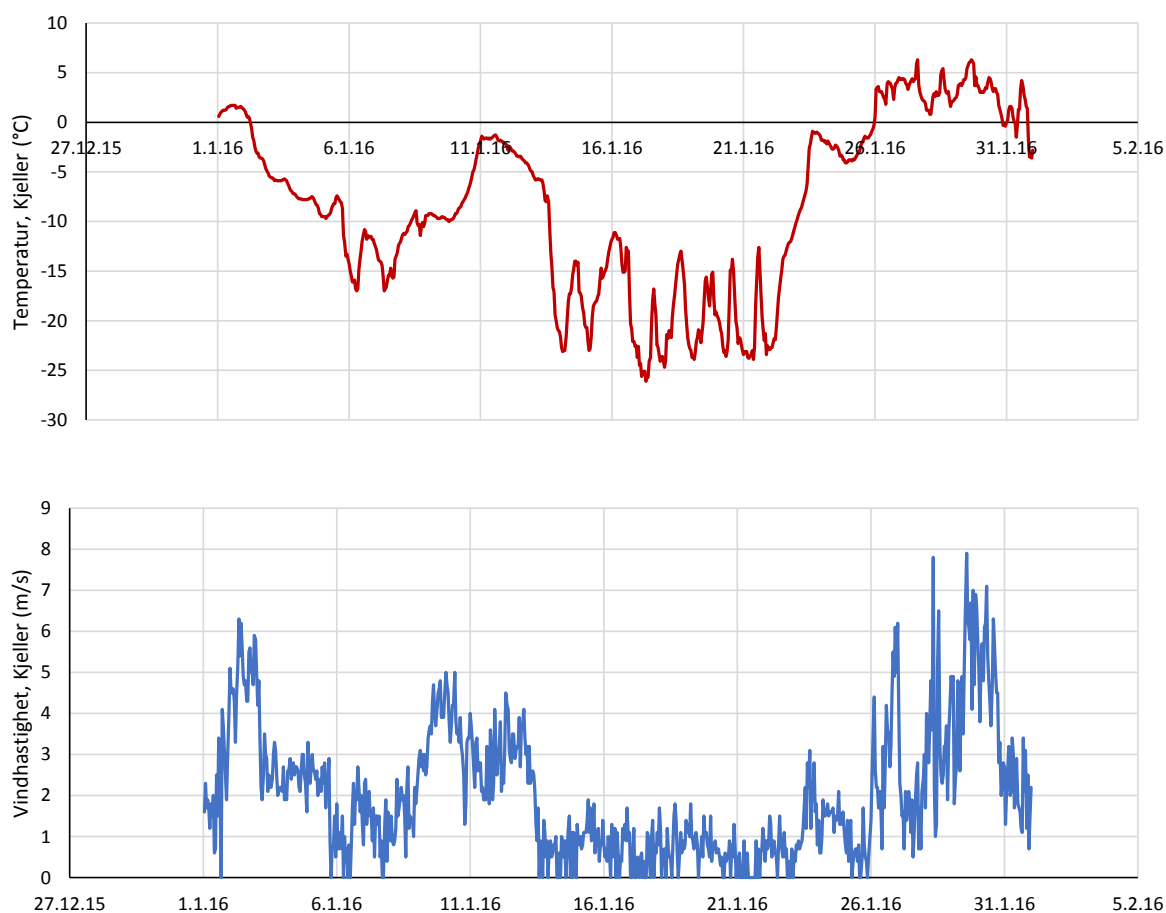
⁷ 1 nm (nanometer) er en tusendels μm ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$)

⁸ 2,6 km nordvest for Vigernes stasjon

kjemisk analyse. Med slike instrumenter kan det avklares hvor viktig bidraget fra forbrenning er til partikkelkonsentrasjonen i Lillestrømluften. Forbrenningspartikler er hovedsakelig i den ultrafine størrelsesfraksjonen, dvs. mindre enn 100 nm og toksikologisk forskning har vist at disse ultrafine partiklene har større toksikologisk effekt enn grove eller fine partikler (Daher et al., 2013). Derfor vil etablering av et måleprogram som kan vurdere bidraget fra de ultrafine partiklene gi viktig informasjon om hvor stor betydning ulike kilder har.



Figur 1: Døgnmiddelkonsentrasjoner (figurene til venstre) og timemiddelkonsentrasjoner (figurene til høyre) av PM_{10} og $PM_{2.5}$ ved Vigernes i utkanten av Lillestrøm, målt i januar 2016. Varslingsklasser for svevestøvkonsentrasjonen visualiseres med farger (se kapittel 1.3). GV: grenseverdi, LKK: luftkvalitetskriterium.



Figur 2: Meteorologiske forhold i inversjonsperioden i januar 2016. Temperatur og vindhastighet målt på Kjeller (Kilde: www.eklima.no). Merk sammenhengen mellom lave temperaturer og lite vind.

1.2 Måleparametere

Det ble målt Black Carbon (BC) med Aethalometer og partikkelstørrelsesfordelinger med SMPS i tillegg til standardmålingene av svevestøv (PM_{10} og $PM_{2.5}$) i Vollaparken.

Svevestøv, PM_{10} og $PM_{2.5}$

Svevestøv er betegnelsen for partikler (particulate matter, PM) med aerodynamisk diameter mindre enn $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) og mindre enn $2,5\ \mu\text{m}$ ($PM_{2.5}$) som holder seg svevende i luften. Som kilder for PM regnes mineralstøv, veitrafikk (utslipp fra dieselmotorer og oppvirvlet veistøv), forbrenningsprosesser (av biomasse og fossilt brensel), anleggsarbeid og langtransportert støv. Svevestøv er en av de viktigste stoffene som bidrar til lokal luftforurensning i norske byer og tettsteder og det eksisterer grenseverdier som er juridisk bindende (se kapittel 1.3). Svevestøv ble målt med en partikkelmonitor (Grimm EDM180, Grimm Aerosol Technik GmbH, Ainring, Tyskland) som bruker en optisk metode (light scattering) for å kvantifisere PM massekonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i de ulike størrelsesfraksjoner (PM_{10} , $PM_{2.5}$). PM ble logget med 1 time tidsoppløsning.

Black Carbon, BC

Black carbon (BC) tilsvarer elementært karbon (EC), og er et uttrykk som brukes om den karbonholdige lysabsorberende delen av partikler. Terminologien for slike partikler kan være forvirrende og er som regel knyttet til hvilket måleprinsipp som anvendes, og i dagligtale omtales gjerne BC som sot, selv om dette er en betydelig forenkling. Sot er produktet av ufullstendig forbrenning av karbonholdige drivstoffer, og partiklene er hovedsakelig i den fine størrelsesfraksjonen, dvs. mindre enn 2,5 μm i diameter. Sot kan analyseres ved bruk av ulike metoder. Når lysabsorberende egenskaper er målt, referer man til BC (black carbon)⁹.

BC er en bestanddel av fine partikler (PM_{2.5}) i luften, som består av karbon, og er en entydig primær indikator for forbrenningsutslipp. BC dannes i ufullstendig forbrenning av fossile drivstoffer og biomasse. BC påvirker de optiske egenskapene til atmosfæren og er identifisert som den nest-viktigste bidragsyteren til menneskeskapt global oppvarming etter CO₂ (Bond et al., 2013). BC har kort levetid i atmosfæren (~dager) og utslipp nær polområdene og snø- og isdekkede områder har størst klimaeffekt. BC er en viktig indikator for negative helseeffekter forårsaket av luftforurensning, og helseeffekter er påvist for hjerte-lunge-systemet og relatert til hjerte- og karsykdommer (WHO, 2012).

BC er et operasjonelt definert begrep (se ovenfor) som beskriver karbon målt ved lysabsorpsjon. Som sådan, er det ikke det samme som elementært karbon (EC), som vanligvis måles med termo-optiske metoder.

Hovedkildene til BC er forbrenningsmotorer (spesielt diesel), boligoppvarming ved forbrenning av ved og kull, kraftverk som bruker tungolje eller kull, forbrenning av landbruksavfall, samt skogs- og vegetasjonsbranner. Følgelig er BC en universell indikator på en variabel blanding av partikkelformet materiale fra et stort utvalg av forbrenningskilder. Når komponenten måles i atmosfæren, er BC alltid forbundet med andre stoffer fra forbrenningskilder, for eksempel organiske forbindelser. Den romlige variasjonen av BC-konsentrasjonen er større enn den for PM_{2.5} (WHO, 2012). I Lillestrøm forventes trafikkutslipp og vedfyring som hovedkilder til BC.

Black carbon (BC) som hovedsakelig slippes ut ved høy-temperatur forbrenningsprosesser (dieselmotorer, vedfyring etc.) og Brown carbon (BrC) som slippes ut ved biomasseforbrenning, er de to viktigste lysabsorberende stoffer i atmosfærisk aerosol. De absorberende egenskapene til disse stoffene kan ha stor innvirkning på strålingstransport og klima. BC har lokal betydning i form av helseeffekter. Ved å måle lysabsorpsjon ved ulike bølgelengder kan bidragene fra veitrafikk og biomasseforbrenning kvantifiseres. Disse beregningene baserer på antakelser om partiklenes egenskaper og kan være belagt med usikkerhet.

Veitrafikk er kilde til en rekke ulike komponenter. Lokal luftkvalitet er mest påvirket av svevestøv og NO₂, som er regulert med grenseverdier i forurensningsforskriften (se også kap. 1.3). Svevestøv fra veitrafikk er satt sammen av PM₁₀ fra asfalt-, bremse- og dekkslitasje og oppvirket veistøv og PM_{2.5} fra eksosutslipp. Piggdekkbruk på vinteren fører til økt slitasje av veibanen og dannelse av PM₁₀. BC er hovedsakelig i den fine svevestøvfaksjonen, PM_{2.5}. Eksosutslipp fra veitrafikk er viktigste kilde til NO₂. Forbrenning av fossil drivstoff i biler skjer ved høye temperaturer, noe som vanligvis fører til høye utslipp av NO_x og dermed betydelig

⁹ Når konsentrasjonen er målt ved bruk av termisk-optiske teknikker er sot kjent som elementært karbon (EC).

lavere CO/NO_x utslippsforhold sammenlignet med utslipp fra vedfyring. Det er dieselskjøretøy som slipper ut mest NO₂.

Forbrenning av trevirke/ved fører til utslipp av nitrogenoksider (NO_x), karbonmonoksid (CO) og partikler. Sistnevnte består av en høy andel av BC og organiske forbindelser, f.eks. polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) eller «humic-like substances» (HULIS). Vedforbrenning utført ved dårlige driftsforhold, f.eks. lave temperaturer slik som i gamle ovner eller rå/fuktig ved, fører til høyere utslipp av CO og partikler sammenlignet med forbrenning i automatiske eller sertifiserte ovner.

Partikkelstørrelsesfordelinger

Det er de minste partiklene som har størst betydning for helsen, dels fordi de trenger dypere ned i luftveiene og dels fordi det er så mange av dem og de har størst sammenlagt overflate (jo mindre partiklene er, jo større blir forholdet mellom overflateareal og volum/masse). Det er lite hensiktsmessig å angi partikkelkonsentrasjoner i vektenheter (µg/m³), fordi de største partiklene vil dominere i en slik angivelse. For partikler med størrelser opp til flere hundre nm angir man derfor konsentrasjonen som antallkonsentrasjon (antall partikler/m³). Det eksisterer imidlertid ingen grenseverdi for partikkelantallkonsentrasjoner. Partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 100 nm heter ultrafine partikler (UFP). Forbrenningsprosesser er en viktig kilde for ultrafine partikler.

I Vollaparken ble det målt partikkelstørrelsesfordelinger i størrelsesområdet 11 nm – 425 nm ved å telle antallet partikler i ca. 98 størrelsestrinn i angitt område. Målingene ble utført med 1 minutt tidsoppløsning ved å bruke en Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS), modell TSI 3938.

1.3 Grenseverdier og varslingsklasser

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenligne målte konsentrasjoner med nasjonale og internasjonale luftkvalitetskriterier og grenseverdier for luftkvalitet. Av de målte parametere er det bare PM₁₀, PM_{2.5} og NO₂ som er regulert i norsk lovverk. Tabell 1 gir en oversikt av de ulike grenseverdiene og luftkvalitetskriteriene.

EU har fastsatt grenseverdier for luftkvalitet for EU (inkludert EØS-området). Disse har i hovedsak tatt utgangspunkt i Verdens helseorganisasjons anbefalte retningslinjer (WHO, 2000). EUs grenseverdier for midlingstider 1 time, 8 timer eller 24 timer kan tillates overskredet et visst antall ganger i året. Disse grenseverdiene gjaldt opprinnelig gjennom EØS-avtalen også i Norge og ble gjort gjeldende i Norge i forskrift om begrensning av forurensning (FOR-2004-06-01-931¹⁰). Forurensningsforskriften er hjemlet i forurensningsloven og ble fastsatt av Miljøverndepartementet i 2004, basert på Stortingets vedtak. Nye nasjonale grenseverdier for PM₁₀ og PM_{2.5} ble gjort gjeldende fra 1. januar 2016. De nye grenseverdiene for svevestøv er strengere enn EU-grenseverdiene.

Luftkvalitetskriterier for helseeffekter ble utgitt av Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet (FHI) i november 2013 (FHI, 2013). Luftkvalitetskriteriene ble fastsatt ut fra en helsemessig vurdering. Kriteriene ble satt så lavt at ut fra daværende kunnskap kunne de aller fleste utsettes for disse nivåene uten at det oppstod skadevirkninger. Overskridelser kan derfor

¹⁰ https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3-1#§7-1 [besøkt 19. mai 2017]

ikke tolkes som definitivt helseskadelige, men en kan heller ikke utelukke effekter hos spesielt følsomme mennesker ved nivåer under kriteriene. For $PM_{2.5}$ og PM_{10} (PM, Particulate Matter, svevestøv) regner man i dag ikke med noen nedre grense der det ikke inntreffer effekter. Luftkvalitetskriteriene er lavere enn EUs og Norges grenseverdier. I motsetning til de kravene som er nedfelt i forurensningsforskriften (og i EUs grenseverdier), er ikke luftkvalitetskriterier juridisk bindende.

Tabell 1: Luftkvalitetskriterier og grenseverdier fastsatt i forurensningsforskriften (FF) for luftkvalitet med hensyn til virkning på helse. Konsentrasjonene er gitt i $\mu g/m^3$. Antall tillatte overskridelser per kalenderår er vist i parentes.

Stoff	Definert verdi	Virkning på	Midlingstid		
			1 time	1 døgn	1 år
NO ₂	Luftkvalitetskriterier	Helse	100		40
	Grenseverdier (FF)	Helse	200 (18)		40
PM ₁₀	Luftkvalitetskriterier	Helse		30	20
	Grenseverdier (FF)	Helse		50 (30)	25
PM _{2.5}	Luftkvalitetskriterier	Helse		15	8
	Grenseverdi (FF)	Helse			15

Folkehelseinstituttet, Vegdirektoratet og Miljødirektoratet har utarbeidet nasjonale varslingsklasser¹¹ for luftkvalitet som gir en beskrivelse av hvor forurenset uteluften er og i hvilken grad nivåene av forurensning utgjør en helserisiko (Tabell 2 og Tabell 3). Varslingsklassene reflekterer den nyeste kunnskapen om hvilke nivåer som gir helseeffekter. Konsentrasjonene innenfor de ulike klassene baserer seg på hvilke forurensningsnivåer som er forbundet med negative helseeffekter, i tillegg er det sett i sammenheng med gjeldende regelverk. Fargene reflekterer hvor forurenset luften er, hvor lite forurensning vises som grønn, moderat som oransje, høyt som rød og svært høyt forurensningsnivå som lilla.

¹¹ <http://www.luftkvalitet.info/home/Varslingsklasser.aspx> [besøkt 10. mai 2017]

Tabell 2: Varslingsklasser for PM₁₀, PM_{2.5} og NO₂. Konsentrasjoner er gitt i µg/m³.

Forurensningsnivå	Helserisiko	PM ₁₀ døgn	PM _{2.5} døgn	PM ₁₀ time*	PM _{2.5} time*	NO ₂ time
Lite	Liten	< 30	< 15	< 50	< 25	< 100
Moderat	Moderat	30-50	15-25	50-80	25-40	100-200
Høyt	Betydelig	50-150	25-75	80-400	40-150	200-400
Svært høyt	Alvorlig	> 150	> 75	> 400	> 150	> 400

* Timenivåene for PM₁₀ og PM_{2.5} er beregnet fra døgnnivåene, slik at disse samsvarer for norske forhold.

For varslingsklassene av PM₁₀, PM_{2.5} og NO₂ gis det en beskrivelse av helsevirkninger og helseråd. Det er disse komponentene norske byer har størst utfordringer med. Helsevirkningene gir en beskrivelse av hvordan forurensningen kan påvirke helsa vår, mens helserådene angir anbefalinger for utendørs aktivitet og hvorvidt enkelte risikogrupper bør begrense sin utendørs aktivitet. Se Tabell 3.

Tabell 3: Helsevirkninger og helseråd for PM₁₀, PM_{2.5} og NO₂.

Nivå	Helsevirkninger	Helseråd
Lite	Liten eller ingen helserisiko	Utendørs aktivitet anbefales
Moderat	Moderat helserisiko Helseeffekter kan forekomme hos enkelte astmatikere og personer med andre luftveissykdommer, samt alvorlige hjertekarsykdommer	Utendørsaktivitet kan anbefales for de aller fleste, men enkelte bør vurdere sin aktivitet i områder med mye trafikk eller høye andre utslipp
Høyt	Betydelig helserisiko Helseeffekter kan forekomme hos astmatikere og personer med andre luftveissykdommer, samt alvorlige hjertekarsykdommer	Barn med luftveislidelser (astma, bronkitt) og voksne med alvorlige hjertekar- eller luftveislidelser bør redusere utendørsaktivitet og ikke oppholde seg i de mest forurensede områdene
Svært høyt	Alvorlig helserisiko Følsomme grupper i befolkningen kan få helseeffekter. Luftveisirritasjoner og ubehag kan forekomme hos friske personer.	Personer med hjertekar- eller luftveislidelser bør redusere utendørsaktivitet og ikke oppholde seg i de mest forurensede områdene

2 Områdebeskrivelse

Målingene ble utført sentralt i Lillestrøm, i Vollaparken. Plasseringen ble valgt for å ivareta hovedmålsetningen til målingene, dvs. kartlegge befolkningens eksponering for luftforurensninger og bestemmelse av kildene til lokal partikkelbelastning i Lillestrøm. Vollaparken ligger sentralt i Lillestrøm og er omgitt av boligområder i bydelen Volla. Plassering i Vollaparken er representativ for en stor del av Lillestrøm (villastrøk). Det er også en barneskole rett ved Vollaparken. Målestasjonen plassert i Vollaparken karakteriseres som bybakgrunnsstasjon, dvs. stasjonen er ikke direkte påvirket av konkrete lokale kilder, men av summen av alle kildene i området. Anleggsarbeid på veien (Nittedalsgata) i perioden målingene foregikk kan ha ført til oppvirvling av veistøv i nærområdet. Eksponering av Lillestrøms befolkning til de målte parametere kan bestemmes på grunnlag av måledataene. Målestasjonen i Vollaparken ble utstyrt med svevestøvmonitorer for overvåkning av PM₁₀ og PM_{2.5}, en 7-bølgelengde Aethalometer og et SMPS.

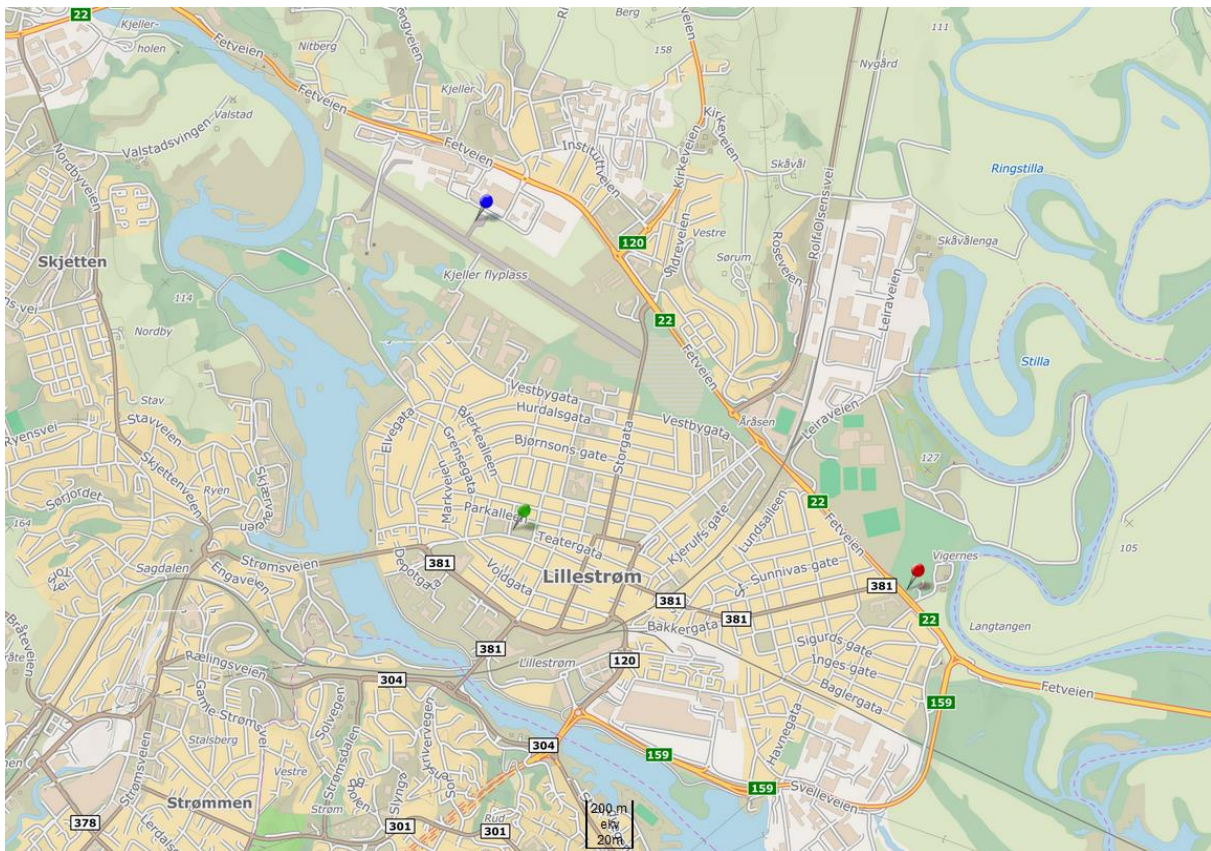


Figur 3: Målestasjonen i Vollaparken ved siden av Volla skole (Foto: Claudia Hak, 07.04.2017). Målestasjonen dagen den ble satt ut (Foto: Ingunn Trones, 10.02.2017).

Målingene fra Vollaparken ble sammenlignet med målinger fra Vigernes for enkelte episoder. Den eksisterende luftkvalitetsmålestasjonen på Vigernes i utkanten av Lillestrøm er en veinær stasjon og har dermed som hovedformål å kartlegge forurensning fra trafikk på RV22/Fetveien. Stasjonen er plassert 100-200 m øst for Vigernes skole (barneskole). Stasjonen eies av Statens vegvesen. Vigernes er en permanent målestasjon med svevestøv- og NO_x-monitorer for overvåkning av PM₁₀, PM_{2.5} og NO₂. Dessuten ble det montert en 7-bølgelengde Aethalometer i november 2016 for å måle black carbon og dermed kunne skille mellom bidragene fra veitrafikk og vedfyring.

Plasseringen av målestasjonene for luftkvalitet, Vollaparken og Vigernes, samt den meteorologiske målestasjonen på Kjeller flyplass som eies av Meteorologisk institutt, er vist i Figur 4. Meteorologiske data fra målestasjonen på Kjeller (www.eklima.no) ble brukt som tilleggsdata for tolkning av luftkvalitetsmålingene. Den meteorologiske målestasjonen ved Kjeller flyplass ligger 1,5 km nord for Vollaparken og 2,6 km nordvest for Vigernes. Målingene gir en indikasjon på temperatur og til en viss grad på vindretning og vindhastighet ved luftkvalitetsmålestasjonene. Meteorologiske forhold ved stasjonene kan imidlertid være

påvirket av lokale forhold. Nedbørdata er tilgjengelig fra Lørenskog Haneborg og Skedsmo Hellerud, begge ca. 4,5 km fra Lillestrøm.



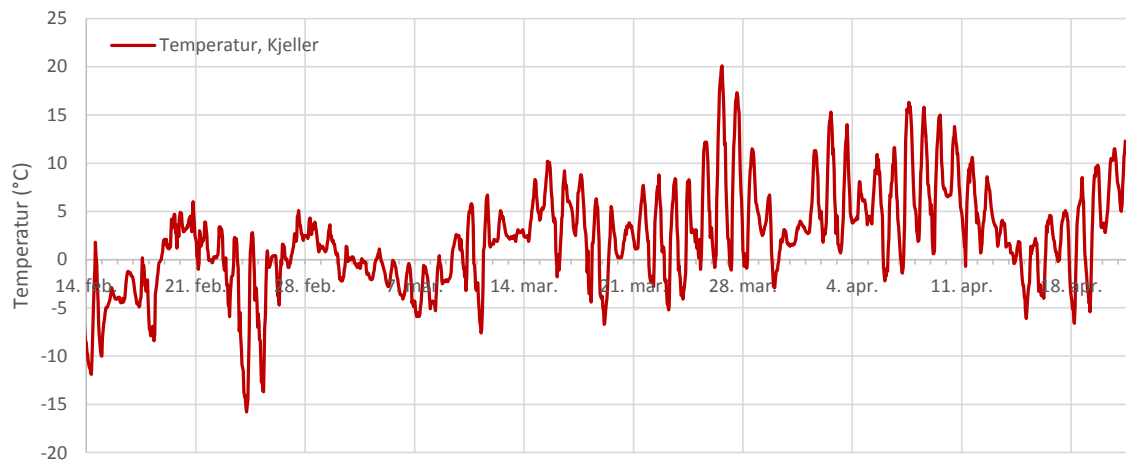
Figur 4: Kart over Lillestrøm med midlertidig bybakgrunnsstasjon Volla-parken (grønn markør), veinær stasjon Vigernes (rød markør) og meteorologisk stasjon Kjeller (blå markør). Avstand: Volla-parken – Kjeller 1,5 km, Volla-parken – Vigernes 1,8 km, Vigernes – Kjeller 2,6 km. Nedbørmålestasjonene Lørenskog Haneborg og Skedsmo Hellerud ligger utenfor kartutsnittet, avstand for begge ca. 4,5 km fra Lillestrøm.

3 Måleresultater

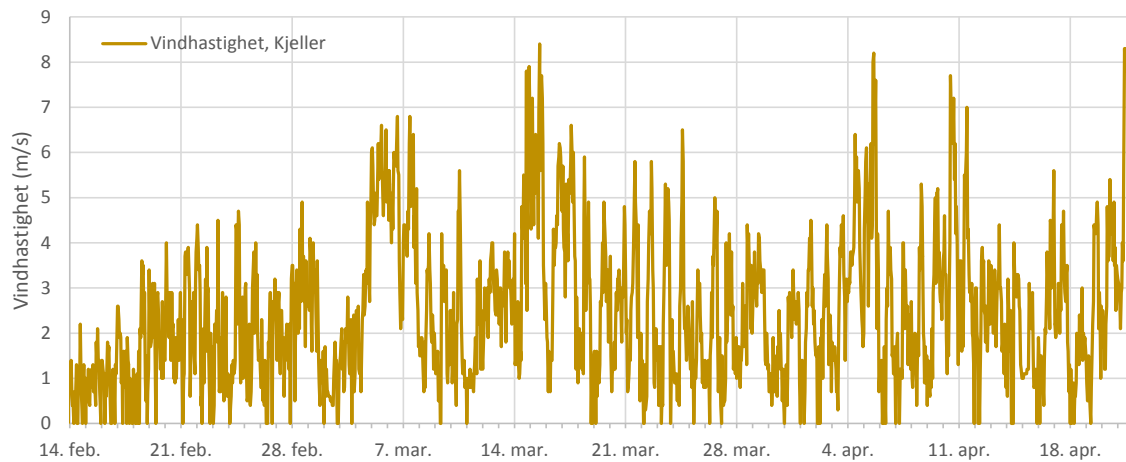
3.1 Meteorologiske parametere

Meteorologiske data fra nærliggende meteorologiske målestasjoner ble brukt i vurderingen av luftkvalitetsdataene fra Lillestrøm. Den nærmeste meteorologiske målestasjonen ligger ved Kjeller flyplass (se kart i Figur 4). Det måles blant annet temperatur, vindhastighet og vindretning. Nedbørdata (sum nedbør over 12 timer) foreligger fra Lørenskog-Haneborg og Skedsmo-Hellerud.

Temperaturen på Kjeller varierte i måleperioden mellom $-15,8^{\circ}\text{C}$ (fredag 24. februar) og $20,1^{\circ}\text{C}$ (søndag 26. mars) som timemiddel. Temperaturen i vinteren 2016-2017 var 3-4 grader over normalen (Meteorologisk institutt, 2017). Det har vært tørt på Østlandet, nedbørmengden i Skedsmo-området var på ca. 60% sammenlignet med normalen (1961-1990). I motsetning til tidligere vintere ble det ikke observert stabile inversjonsepisoder i vinterperioden 2016-2017.

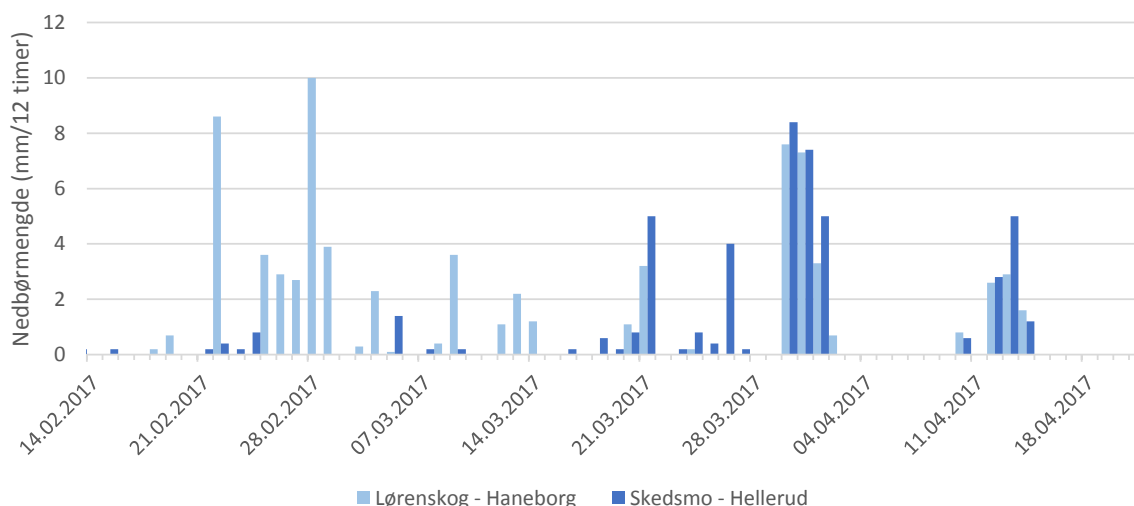


Figur 5: Temperatur målt på Kjeller i perioden 14. februar – 21. april 2017 (Kilde: www.eklima.no).



Figur 6: Vindhastighet målt på Kjeller i perioden 14. februar – 21. april 2017 (Kilde: www.eklima.no).

Det var store lokale forskjell i nedbørmengden målt i Lørenskog og Skedsmo i måleperioden, særlig i februar og begynnelsen av mars, der nedbørmengden målt på Lørenskog-Haneborg var mye større enn mengden målt på Skedsmo-Hellerud (se Figur 7). Målingene fra de to målestasjonene kan likevel gi en indikasjon om og hvor mye det kan ha regnet i Lillestrøm.



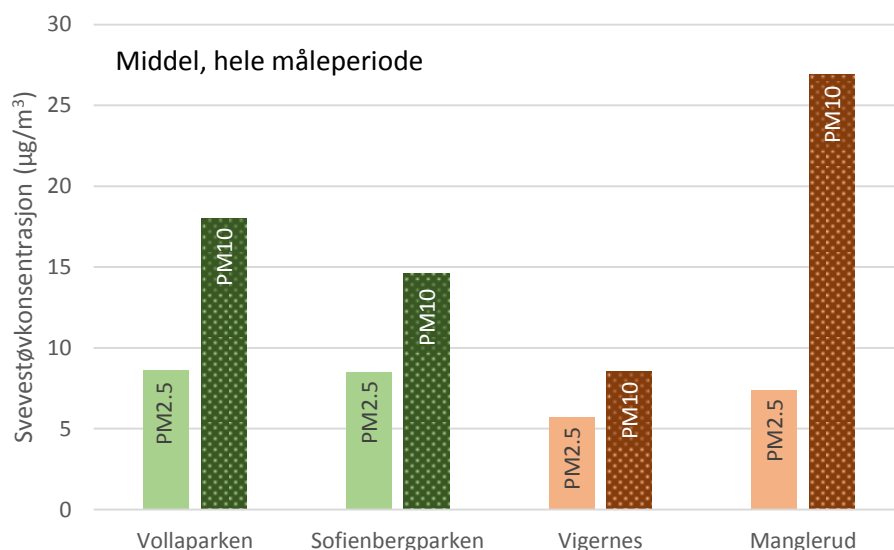
Figur 7: Nedbørmengde (mm/12 timer) målt i Lørenskog og Skedsmo i perioden 14. februar – 21. april 2017 (Kilde: www.eklima.no).

3.2 Svevestøvkonsentrasjon

Svevestøvnivået på stasjonen i Vollaparken som sto i et boligstrøk var høyere enn på Vigernes, som er en veinær målestasjon. Dette gjelder spesielt for PM₁₀, men stemmer også for PM_{2.5}. Figur 8 viser PM₁₀ og PM_{2.5} konsentrasjoner fra Vollaparken sammenlignet med den veinære stasjonen Vigernes i Lillestrøm og utvalgte stasjoner i Oslo, midlet over hele måleperioden.

Midlet over hele måleperioden fra 14. februar til 21. april 2017 var PM₁₀-konsentrasjonen på Vollaparken målestasjon 18,0 µg/m³. I samme tidsperiode ble det målt 14,6 µg/m³ på Sofienbergparken, en bybakgrunnsstasjon i Oslo (Figur 8). PM₁₀-konsentrasjonen i et boligområde i Lillestrøm var altså ca. 20% høyere enn i et boligområde på Grünerløkka. Ved den veinære målestasjonen Vigernes ved utkanten av Lillestrøm var midlet PM₁₀-konsentrasjon 8,5 µg/m³. Dette antyder at boligområdet Volla var mer utsatt for forurensning fra PM₁₀-kilder enn stasjonen på Vigernes, der veitrafikk antakelig er hovedkilden til svevestøvbeklastningen, selv om måleperioden ble utført i piggdekkseasonen og det var forholdsvis tørt. Midlet PM₁₀-konsentrasjon på Manglerud (veinær stasjon i Oslo, ved Ring 3/E6) i samme tidsperiode var 26,9 µg/m³.

PM_{2.5}-konsentrasjonen målt på Vollaparken målestasjon i måleperioden var 8,6 µg/m³. Dette er sammenlignbar med PM_{2.5}-nivået på Sofienbergparken, der midlet konsentrasjon i samme periode var 8,5 µg/m³. Midlet PM_{2.5}/PM₁₀-forhold på Vollaparken var 0,64. Dette betyr at 64% av partiklene med en diameter mindre enn 10 µm var i den fine fraksjonen (diameter mindre enn 2,5 µm). Forbrenningskilder som bidrar med partikler i den fine fraksjonen hadde dermed større betydning for svevestøvkonsentrasjonen i Lillestrøm sentrum enn oppvirvling av støv, som bidrar hovedsakelig i den grove størrelsesfraksjonen. Midlet PM_{2.5}-konsentrasjon ved de veinære stasjonene Vigernes og Manglerud i samme tidsperiode var noe lavere, hhv. 5,7 µg/m³ og 7,4 µg/m³ (se Figur 8).



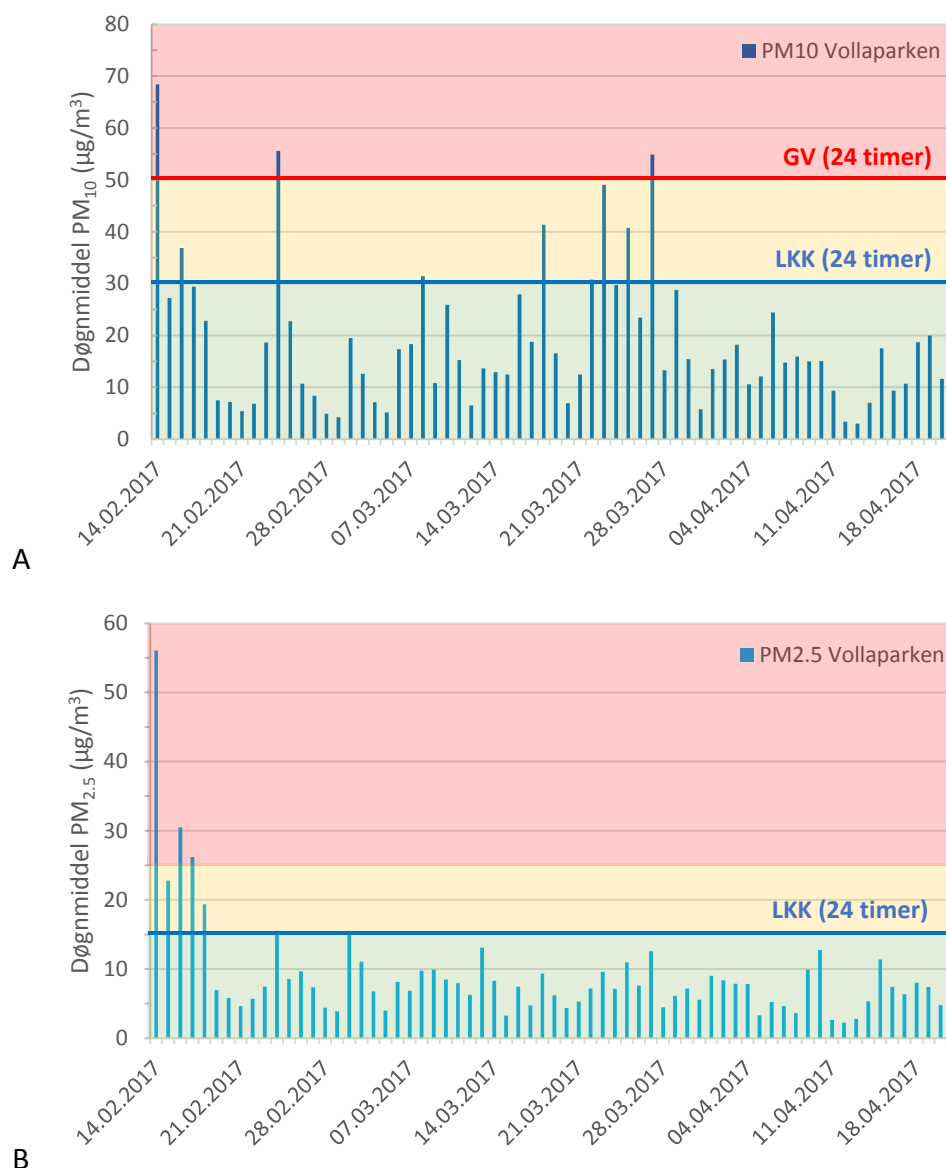
Figur 8: Svevestøvkonsentrasjon ($PM_{2.5}$ – lyse stolper, PM_{10} – mørke stolper) på Vollaparken og Vigernes midlet over hele måleperioden og sammenlignet med Sofienbergparken og Manglerud (hhv. bybakgrunnsstasjon og veinær stasjon i Oslo). Grønn: bybakgrunn, rød: veinær.

Døgnmiddelverdier for PM_{10} og $PM_{2.5}$ på Vollaparken er vist i Figur 9. Varslingsklasser for svevestøvkonsentrasjonen visualiseres med ulike bakgrunnsfarger – grønn (liten eller ingen helserisiko), gul (moderat helserisiko), rød (betydelig helserisiko), se kapittel 1.3. Grenseverdien og luftkvalitetskriteriet for døgnmiddel er også vist i figuren. Tilsvarende figurer for stasjonen Vigernes vises i Vedlegg A.

I måleperioden ble det observert 3 PM_{10} -døgnmiddelverdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som er grenseverdien i Norge. Grenseverdien tillates overskredet 30 ganger innenfor et kalenderår. Døgnmiddel over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ representerer også høyt forurensningsnivå og kan utgjøre en betydelig helserisiko. Høyt PM_{10} ble observert 14. februar, 24. februar og 27. mars 2017. Årsaken for høyt PM_{10} -nivå mandag 27. mars kan ha vært feiing av veiene (vårrengjøring) i Volla området som kan ha ført til oppvirvling av veistøv.

Moderat forurensning med PM_{10} , dvs. større enn $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og mindre enn $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ble observert i 6 døgn i måleperioden, hovedsakelig i mars måned. Høye PM_{10} -konsentrasjoner i mars med samtidig lav $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forhold og lite nedbør tyder på oppvirvling av veistøv som hovedårsak.

$PM_{2.5}$ -døgnmiddel over $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som kan medføre betydelig helserisiko, ble målt ved Vollaparken i tre tilfeller i midten av februar (14. februar, 16. februar, 17. februar). I fire døgn mellom midten og slutten av februar var $PM_{2.5}$ -konsentrasjonen på moderat forurensningsnivå (15. februar, 18. februar, 24. februar, 02. mars). I resten av måleperioden var $PM_{2.5}$ -døgnmidlene lavere enn luftkvalitetskriteriet.

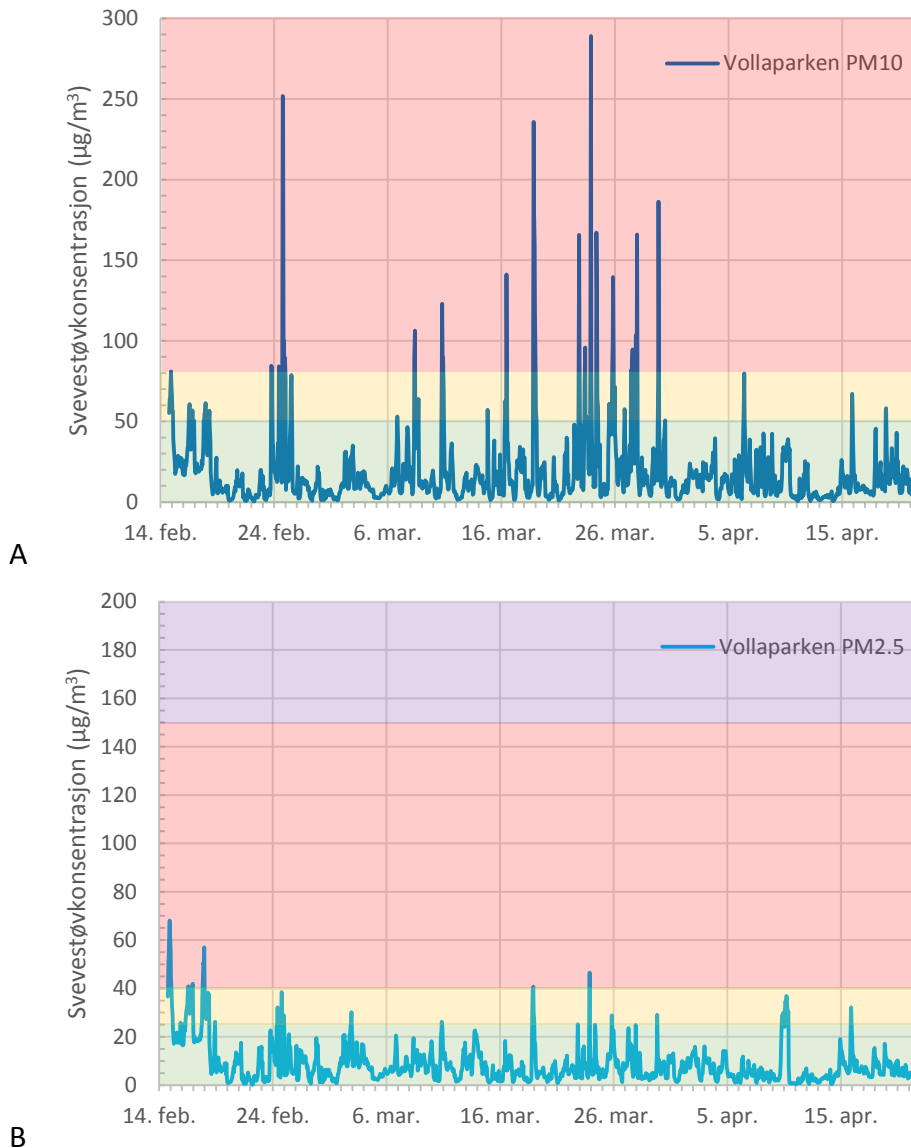


Figur 9: Døgnmiddelkonsentrasjoner av PM_{10} og $PM_{2.5}$ ved Vollaparken i Lillestrøm, målt i perioden 14. februar – 21. april 2017. Varslingsklasser for svevestøvkonsentrasjonen visualiseres med farger (se kapittel 1.3). GV: grenseverdi, LKK: luftkvalitetskriterium.

Figur 10 viser timemiddelverdier for PM_{10} og $PM_{2.5}$ fra Vollaparken. Varslingsklasser for svevestøvkonsentrasjonen visualiseres med ulike bakgrunnsfarger – grønn (liten eller ingen helserisiko), gul (moderat helserisiko), rød (betydelig helserisiko), se kapittel 1.3. Det finnes ikke grenseverdier eller luftkvalitetskriterier for svevestøv på timesbasis. Tilsvarende figurer for stasjonen Vigernes vises i Vedlegg A.

Det ble observert 37 timer med PM_{10} -middelverdi over $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (betydelig helserisiko) på Vollaparken i måleperioden. De fleste høye PM_{10} -konsentrasjonene ble målt i mars og begynnelsen av april. PM_{10} -middelverdier mellom 50 og $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moderat helserisiko) ble målt i 65 timer i perioden 14. februar – 21. april 2017. Episodene med høy PM_{10} -konsentrasjon viste lav $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forhold og oppholdsvær. Mekanisk oppvirvling av veistøv er derfor en sannsynlig kilde.

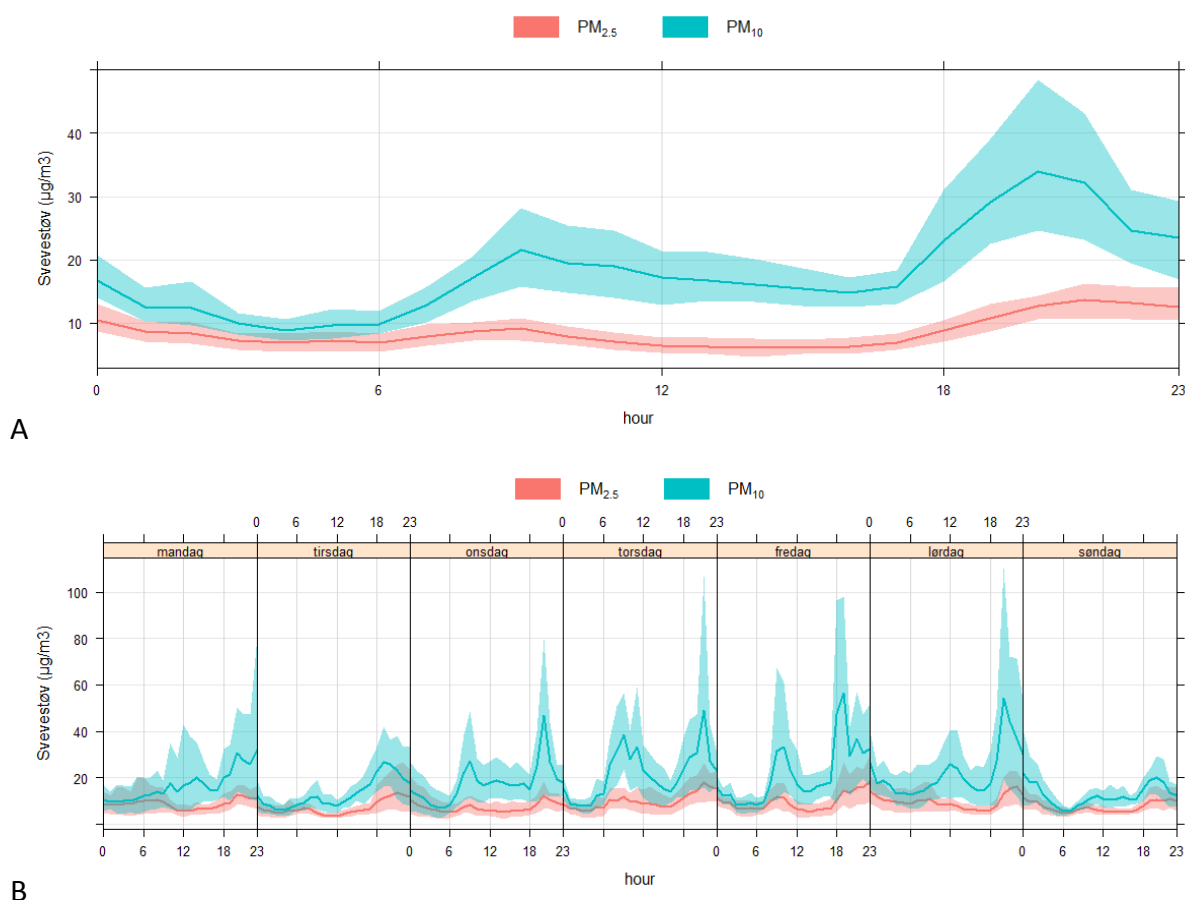
I måleperioden ble det observert 17 timer med $PM_{2.5}$ over $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (betydelig helserisiko), hovedsakelig i uke 7 (se Figur 8). Konsentrasjonsskalaen i Figur 10B er tilpasset for sammenligning med målingene på Vigernes der det opptrådte én svært høy $PM_{2.5}$ -verdi i måleperioden (11. mars, se Vedlegg A). $PM_{2.5}$ -timemiddel mellom 25 og $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moderat helserisiko) ble målt i 62 timer i måleperioden, hovedsakelig i uke 7, noen i uke 15.



Figur 10: Timemiddelkonsentrasjoner av (A) PM_{10} og (B) $PM_{2.5}$ ved Vollaparken i Lillestrøm, målt i perioden 14. februar – 21. april 2017. Varslingsklasser for svevestøvkonsentrasjonen visualiseres med farger (se kapittel 1.3).

Den midlele døgnvariasjonen av svevestøvkonsentrasjonen er vist i Figur 11. PM_{10} -variasjonen har to maksima, én på formiddagen, sannsynligvis knyttet til morgenrushtiden, og en på kvelden som er mer utpreget, på grunn av dannelsen av en nattlig grensesjikt der luftforurensning akkumuleres. Maksimumet på formiddagen observeres også på lørdager (noe senere), men ikke på søndag. Dette støtter at trafikk er en sannsynlig kilde.

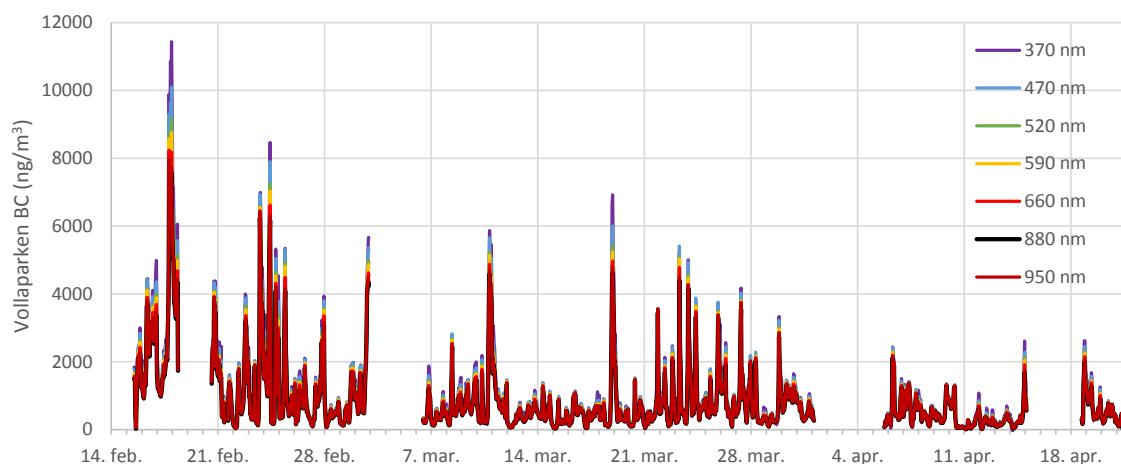
Kveldsmaksimumet opptrer alle sju dagene i uken. Her er ikke trafikk hovedkilde, men maksimumet skyldes en kombinasjon av utslipp og dårlig ventilering (nattinversjon). $PM_{2.5}$ -konsentrasjonen har en lignende variasjon, men kveldsmaksimumet strekker seg til senere kveld, noe som kan tyde på bidrag fra vedfyring på kveldstid.



Figur 11: (A) Døgnvariasjon og (B) ukevariasjon av svevestøv (PM_{10} og $PM_{2.5}$) –konsentrasjonen i Vollaparken, midlet over hele måleperioden, 14. februar – 21. april 2017.

3.3 Black carbon

Aerosol lysabsorpsjon ved 7 bølgelengder ble målt på Vollaparken målestasjon for å kvantifisere BC-konsentrasjonen og andelene fra vedfyring og veitrafikk. Tidsserien «880 nm» i Figur 12 (tykk svart linje) representerer BC-konsentrasjon (fra lysabsorpsjon ved 880 nm). Organisk karbon som i vedfyringspartikler absorberer signifikant lys i ultrafiolette bølgelengder (f.eks. 370 nm, fiolett linje i Figur 12) og mindre signifikant mot det synlige (synlig lys har bølgelengder mellom 380 nm som tilsvarer fiolett og 750 nm som tilsvarer rødt). Basert på forskjeller i optiske egenskaper brukes multibølgelengde aethalometere til å detektere og/eller kvantifisere andelen av karbonholdige partikler fra ulike kilder, f.eks. trafikkutslipp, vedfyring. Bidragene er beregnet etter antakelser med hensyn til partiklens optiske egenskaper. Det må bemerkes at en usikkerhet er knyttet til skillet mellom BC-kildene. I måleperioden har det vært fire brudd i dataserien på grunn av instrumentfeil. En tilsvarende figur for stasjonen Vigernes vises i Vedlegg A.



Figur 12: Aerosol-lysabsorpsjon i 7 bølgelengder målt på Vollaparken i perioden 14. februar – 21. april 2017. Tidsserien "880 nm" (skjult av tidsserien "950 nm") representerer BC-konsentrasjonen i ng/m^3 .

Det finnes ikke noen grenseverdi for Black Carbon konsentrasjonen, men BC er kjent å være skadelig både for helsen og for klimaet. Høyest BC-konsentrasjon ble målt i Vollaparken i februar, spesielt natten fra 17. februar til lørdag 18. februar (se Figur 12). Episoden er diskutert i kapittel 4.

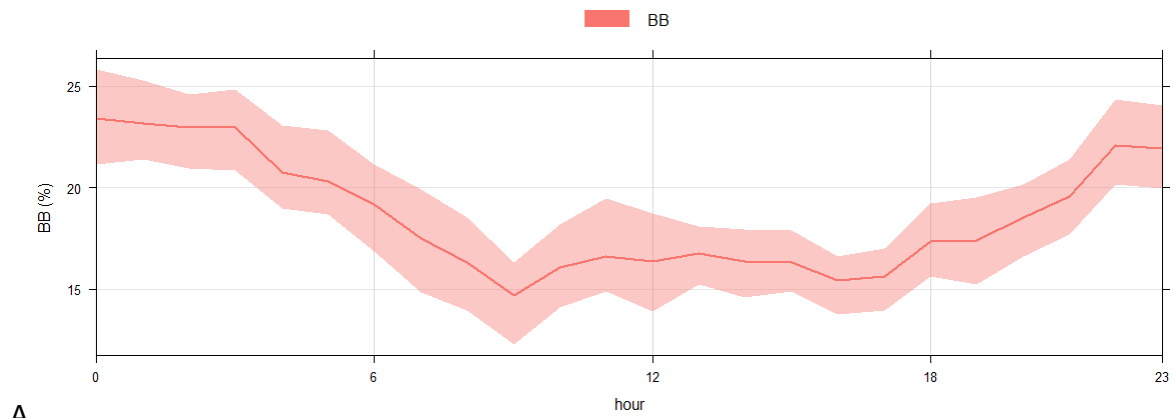
BC-konsentrasjonen i Vollaparken var høyere enn den på Vigernes i hele måleperioden. Det var større variabilitet og høyere timemaksimumskonsentrasjoner i Vollaparken (se Vedlegg A og Figur 12).

Generelt ble BC-konsentrasjonen dominert av bidraget fra forbrenningsmotorer (veitrafikk) i måleperioden. Instrumentet beregner internt andelen av vedfyring til BC-konsentrasjonen, $\text{BB}(\%)^{12}$. Som forventet viser døgnvariasjonen for $\text{BB}(\%)$ høyest bidrag fra vedfyring til BC-konsentrasjonen om kvelden og på natten (Figur 13). Døgnvariasjonen vist i figuren er midlet over hele måleperioden som strekker seg til april.

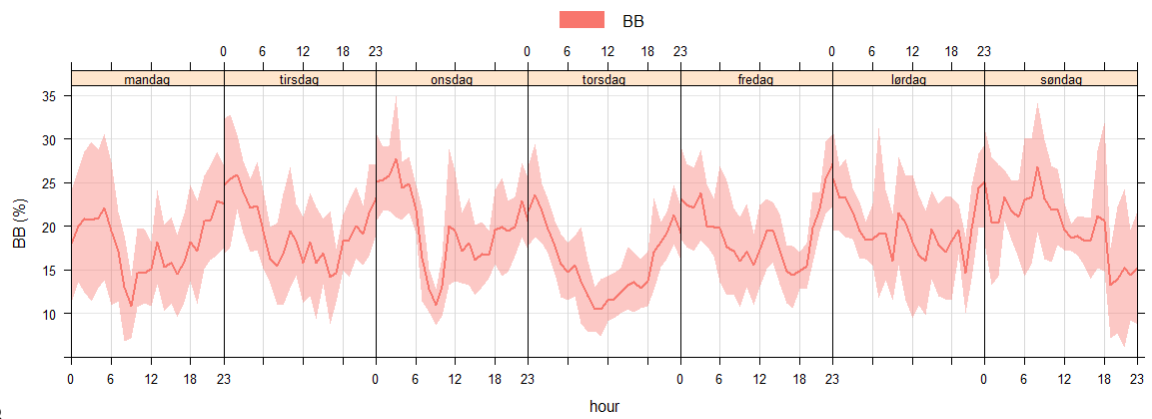
Høyest $\text{BB}(\%)$ ble observert onsdag 12. april fra kl. 10 til kl. 12 om formiddagen (47%). Dette var dagen før skjærtorsdag. BC-konsentrasjonen var imidlertid ganske lav. Bruk av peis og vedovn i boligområdene i Lillestrøm, kombinert med sterkt redusert biltrafikk i påskeuken førte til at vedfyring nesten dominerte BC-nivået.

Døgnvariasjonen av BC-bidragene fra trafikk (BCff) og fra vedfyring (BCbb) midlet over hele måleperioden er vist i Figur 14 og Figur 15. Bidraget fra trafikk til BC-konsentrasjonen i Vollaparken har en tydelig variasjon med maksimum i rushtrafikken tidlig om morgenen / formiddagen og større maksimum om ettermiddagen/kvelden.

¹² BB («biomass burning») representerer andelen av vedfyring (i prosent) til BC-konsentrasjonen. BCff er bidraget fra trafikk ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) til BC-konsentrasjonen, og BCbb er bidraget fra vedfyring ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) til BC-konsentrasjonen.

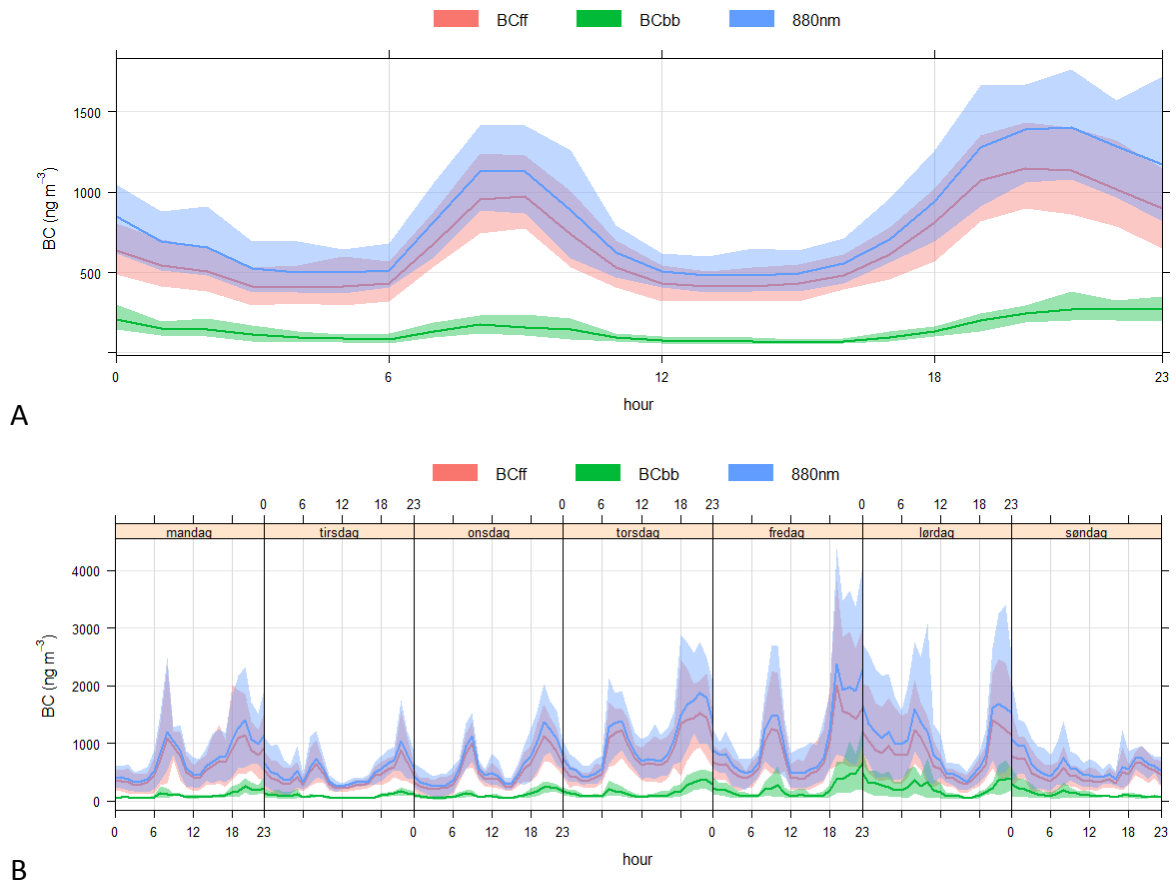


A

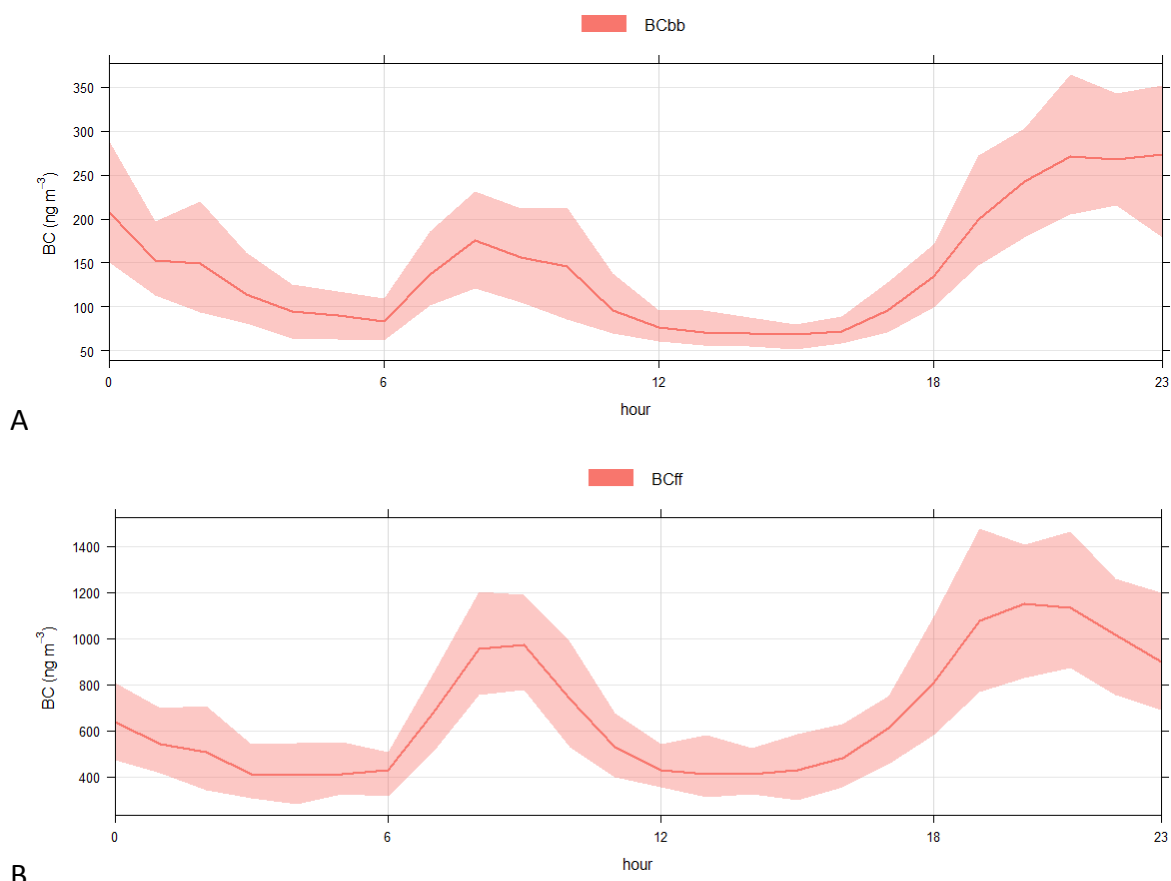


B

Figur 13: (A) Døgnvariasjon og (B) ukevariasjon av beregnet vedfyringsbidrag (BB) ved Vollaparken til BC-konsentrasjonen, midlet over hele måleperioden.



Figur 14: (A) Døgnvariasjon og (B) ukevariasjon av total BC (blå), BC fra veitrafikk (rød) og BC fra vedfyring (grønn), midlet over hele måleperioden.



Figur 15: Døgnvariasjon for BC fra (A) vedfyring, BC_{bb} , og (B) veitrafikk, BC_{ff} , beregnet fra Aethalometerdata, midlet over hele måleperioden.

3.4 Størrelsesfordelinger

Partikkelstørrelsesfordelinger i området 11 nm – 425 nm ble målt i Vollaparken for å kartlegge forekomst av ultrafine partikler (UFP) i Lillestrøm og undersøke partikkelprosesser. Målingene ble utført med 1-minutt tidsoppløsning for å identifisere partikkeldannelse og partikkelvekst, som skjer i det minste størrelsesområdet. Siden det er en svært stor mengde data er det ikke mulig å visualisere resultatene for hele måleperioden, slik det ble gjort for PM og BC. Tidsvariasjonen for størrelsesfordelingene ble visualisert per døgn og er vist i kapittel 4 for de dagene som er diskutert.

Døgnvariasjonen av partikkelantall mellom 11 nm og 425 nm var variabel og avhengig av meteorologiske forhold og lokale utslipp. Det ble målt høy partikkelantallkonsentrasjon i størrelsesområdet 11 nm – 425 nm hver dag og hele døgnet, unntatt dager med vindhastighet over ca. 5 m/s.

Det ble ikke observert isolerte partikkeldannelses- og -vekstepisoder. Når det var høy PM_{10} - og $PM_{2.5}$ -nivå på Vollaparken, var også antallet partikler i størrelsesområdet ca. 10 nm – 200 nm høyt. Partikkelutslipp og partikkelvekstprosesser foregikk ofte samtidig.

4 Diskusjon

Vinteren 2016-2017 var generelt varmere enn vanlig (Meteorologisk institutt, 2017), med 3-4 grader over normalen i sesongen desember 2016 – februar 2017. På Østlandet var vinteren tørr med 60-70% av normal nedbør. Det forekom ingen inversjonsepisode vinteren 2016-2017. Luftforurensningssituasjonen i Lillestrøm under en inversjonsperiode kunne derfor ikke undersøkes.

I måleperioden ble det observert totalt 3 døgn med døgnmiddelkonsentrasjoner av PM₁₀ over 50 µg/m³ (se kapittel 3.2) i Vollaparken. Mulige årsaker til høy PM₁₀-konsentrasjon og andre relevante observasjoner i måleperioden er diskutert i dette kapitlet.

I Vollaparken var PM₁₀-nivået i måleperioden vesentlig høyere enn på Vigernes (se Figur 10 og Vedlegg A). Spesielt i måneden mars ble det målt betydelig luftforurensning med PM₁₀ (høyeste timekonsentrasjon over 80 µg/m³) i Vollaparken. PM_{2.5} viste ikke samme maksimum i mars, men varierte innenfor det samme konsentrasjonsintervallet som i februar og april. I den første halvdel av mars falt det lite nedbør i området (jf. Figur 7), noe som begunstiger oppvirvling av veistøv, gjennom vind, veitrafikk og eventuelt andre aktiviteter. Det er sannsynlig at tørt vær og dermed oppvirvling av veistøv førte til de høye PM₁₀-konsentrasjonene målt i Vollaparken. Måleresultatene tyder på at Vollaparken er mer påvirket av oppvirvlede partikler enn Vigernes som er en veinær, permanent målestasjon. Dette fører også til at PM_{2.5}/PM₁₀-forholdet i Vollaparken (0,64) er lavere enn på Vigernes (0,72). Midlet over hele måleperioden er også PM_{2.5}-konsentrasjonen i Vollaparken høyere enn på Vigernes.

Korrelasjonen mellom svevestøvkonsentrasjonene på Vigernes og Vollaparken var lav, begge steder er mest påvirket av lokale kilder. Det samme var tilfellet for BC-konsentrasjonene. Værforhold og regional forurensning synes å påvirke begge stasjonene likedan.

I begynnelsen av måleperioden, fra 14. februar til 18. februar (uke 7), var bakgrunnskonsentrasjonen av både PM og BC litt forhøyet, dvs. konsentrasjonen gikk ikke ned til lave verdier om natten. Vindhastigheten var lav i denne perioden (se Figur 6) og temperaturen var hovedsakelig under 0°C og ned til -10°C om natten. Uke 7 var den kaldeste perioden i måleperioden. Meteorologiske forhold begunstiget akkumulering av luftforurensning i denne tidsperioden. På 14. februar var PM₁₀-døgnmiddelkonsentrasjonen høyere enn 50 µg/m³. Målingene med Aethalometeret og SMPS-instrumentet hadde ikke kommet i gang enda (første måldata fra 15. februar). Årsaken til høy PM-konsentrasjon var stabile forhold på natten med lite vind og temperatur ned til -9°C, slik at utslipp fra trafikk og vedfyring akkumuleres.

De høyeste PM_{2.5}-timekonsentrasjonene målt i Vollaparken ble observert i uke 7, mens PM₁₀-konsentrasjonen hadde betydelig høyere verdier i mars enn i uke 7 (Figur 10). Også lysabsorpsjonssignalet tyder på en forhøyet BC-konsentrasjon i uke 7. Både bidraget fra veitrafikk og vedfyring til BC-konsentrasjonen var høyest i uke 7, sammenlignet med hele måleperioden. Den relative vedfyringsandelen (i prosent) derimot var ikke forhøyet, sammenlignet med ukene etter.

Også på Vigernes var bakgrunnskonsentrasjonen for PM og BC forhøyet i uke 7. BC-konsentrasjonen var imidlertid betydelig lavere på Vigernes enn i Vollaparken (se Figur 11 og Vedlegg A; samme y-akse). Dette tyder på at Vollaparken er mer påvirket av forbrenningskilder enn Vigernes.

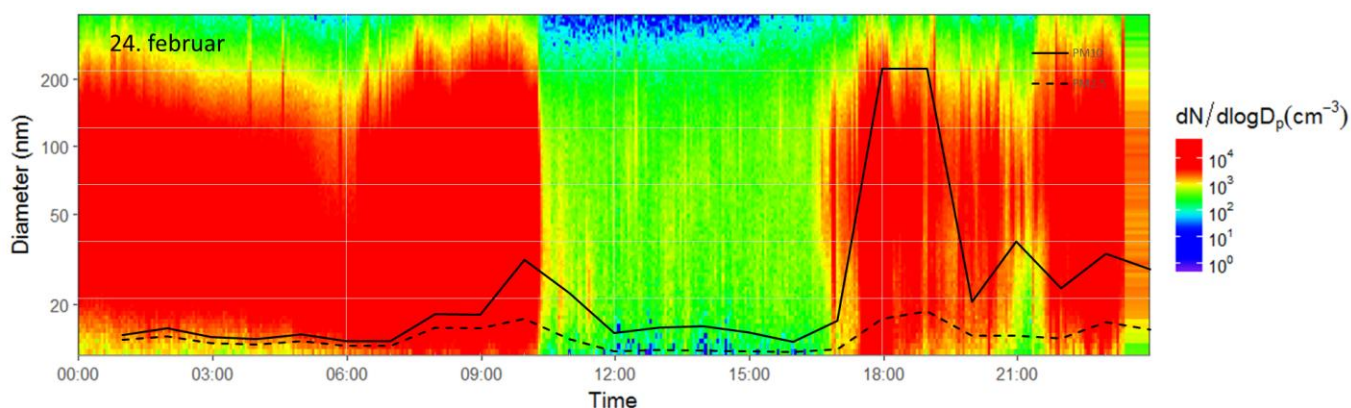
Høyest BC-konsentrasjon i måleperioden ble målt natten 17.-18. februar. Temperaturen gikk ned til -8°C i løpet av natten. Bidraget fra vedfyring er beregnet fra lysabsorpsjon ved ulike bølgelengder (Aethalometerdata). Bidraget fra vedfyring til Black Carbon konsentrasjonen var ca. 33% ved midnatt. I løpet av natten ble det observert 5 timer med PM_{10} -konsentrasjoner over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moderat forurensningsnivå). $\text{PM}_{2.5}$ -konsentrasjonen var over $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moderat forurensningsnivå) i hele perioden fra kl. 17 til kl. 9 lørdag morgen, og i 5 timer på senkvelden. Gjennomsnittlig $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ -forhold i samme tidsperiode var 0,83, dvs. 83% av svevestøvet med diameter under $10 \mu\text{m}$ var i den fine fraksjonen, som mest sannsynlig stammer fra forbrenning.

Detaljstudier av fire spesifikke døgn

Partikkelstørrelsesfordelinger (Figur 16 - Figur 19) viser antallet partikler ($dN/d\log D_p$, dvs logaritmisk skala) i størrelsesområdet 10 nm – 400 nm (y-akse) over en tidsperiode (her: et døgn; x-akse). Antallet partikler per cm^3 er angitt for hver størrelse og tid med fargeskala, der rød representerer høy partikkelantallkonsentrasjon og blå representerer lav konsentrasjon.

Fredag 24. februar

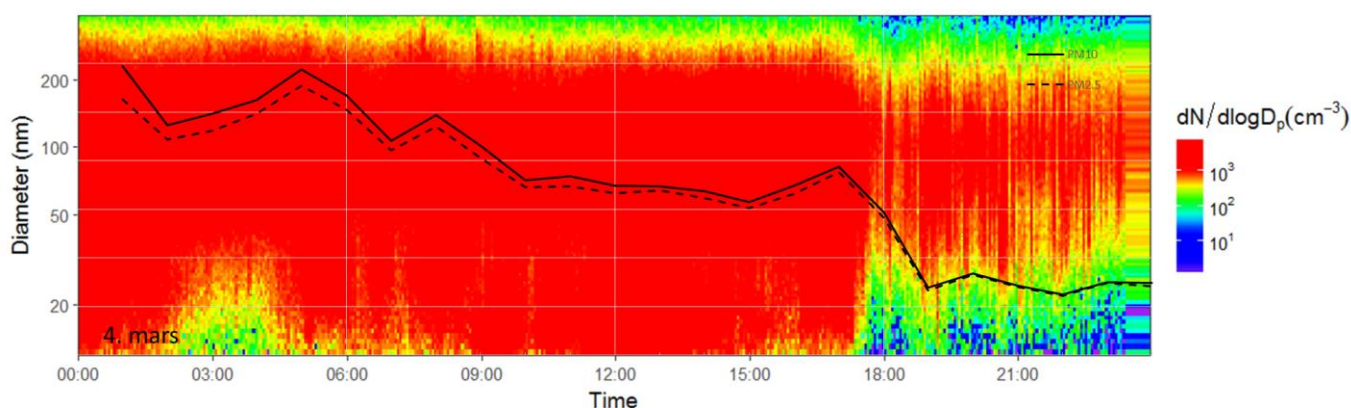
Den laveste temperaturen på Kjeller i måleperioden, $-15,8^{\circ}\text{C}$, ble observert fredag 24. februar, tidlig om morgenen (kl. 6). PM_{10} -døgnmiddelkonsentrasjonen var over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ denne dagen. Vedfyring bidro med ca. 40% til BC-konsentrasjonen denne natten. Det er sannsynligvis forbrenningspartiklene som sørger for det høye antallet partikler mellom midnatt og ca. kl. 10.00 (Figur 16). Svevestøvkonsentrasjonen ($\text{PM}_{2.5}$ og PM_{10}) og BC-konsentrasjonen var høy mellom kl. 07.00 og kl. 10.00 (moderat til høy forurensning). Måleresultatene tyder på en nattinversjon som ble løst opp om formiddagen (merk det brå skiftet i konsentrasjon litt etter kl. 10, dvs fra sterkt rødt til gult/grønt i Figur 16). Vindhastigheten var lav ($\sim 1 \text{ m/s}$) fram til kl. 10 og økte til 4 m/s etterpå. Konsentrasjonene til partikler i alle størrelsesordener (UFP, $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}) avtok til lave verdier mellom kl. 10 og 11 og forble lave frem til kvelden. Fra kl. 17 ble det målt høy partikkelkonsentrasjon (UFP, $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} ; PM_{10} -konsentrasjon opp til $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og temperatur under frysepunktet igjen og vedfyrings-andelen til BC-konsentrasjonen var mellom 20% og 37%. Måleresultatene viser at partikler i ulike størrelsesfraksjoner har ulik døgnvariasjon og ulike kilder. Den høye UFP-antallkonsentrasjonen i morgentimene stammer fra akkumulering av forbrenningspartikler og den høye PM_{10} -konsentrasjonen om kvelden er sannsynligvis forårsaket av oppvirvlet veistøv. Nedbørmålingene i området indikerer opphold hele døgnet.



Figur 16: Partikkelstørrelsesfordeling $dN/d\log D_p$ (cm^{-3}) i størrelsesområdet 11 nm – 425 nm, målt i Vollaparken 24. februar 2017. Svevestøvkonsentrasjonen (PM_{10} og $PM_{2.5}$) målt som time-middelerverdier i samme tidsrom er lagt over (hhv. heltrukken og stiplet linje) for kvalitativ sammenligning (uten konsentrasjonsakse).

Lørdag 4. mars

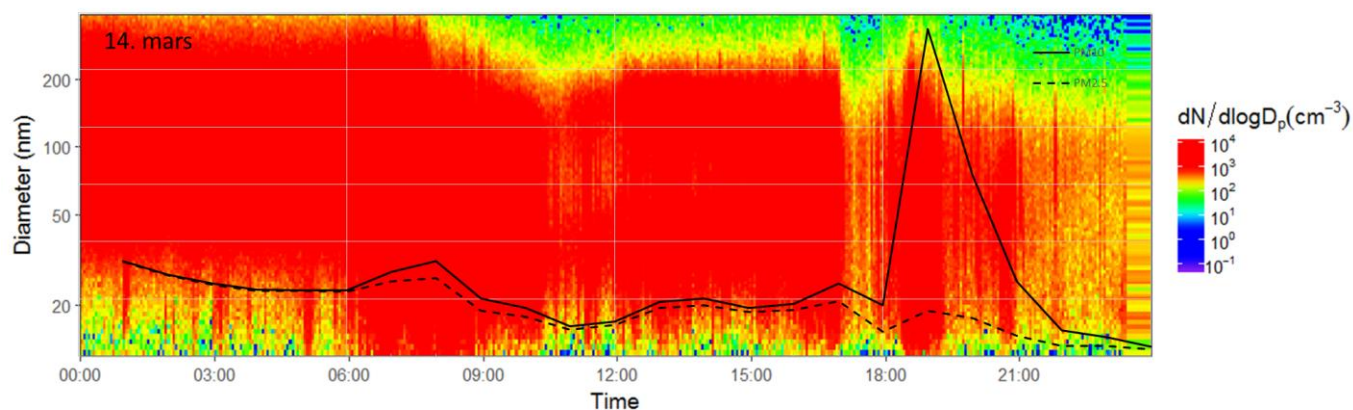
Svevestøvkonsentrasjonen lørdag 4. mars 2017 var høyest rett etter midnatt og avtok sakte frem til kl. 17. Etterpå ble det målt en kraftigere nedgang samtidig med nedgang i partikkelantallkonsentrasjon (Figur 17) og økning i vindhastighet. Det høye $PM_{2.5}/PM_{10}$ -forholdet hele døgnet (over 0,9) tyder på forbrenningsprosesser som hovedkilde for svevestøv. Temperaturen varierte rundt null grader i hele døgnet. Denne dagen førte en liten økning i vindhastigheten (til under 5 m/s) til at luften ble rensket for både svevestøv og ultrafine partikler.



Figur 17: Partikkelstørrelsesfordeling $dN/d\log D_p$ (cm^{-3}) i størrelsesområdet 11 nm – 425 nm, målt i Vollaparken 4. mars 2017. Svevestøvkonsentrasjonen (PM_{10} og $PM_{2.5}$) målt som time-middelerverdier i samme tidsrom er lagt over (hhv. heltrukken og stiplet linje) for kvalitativ sammenligning (uten konsentrasjonsakse).

Tirsdag 14. mars

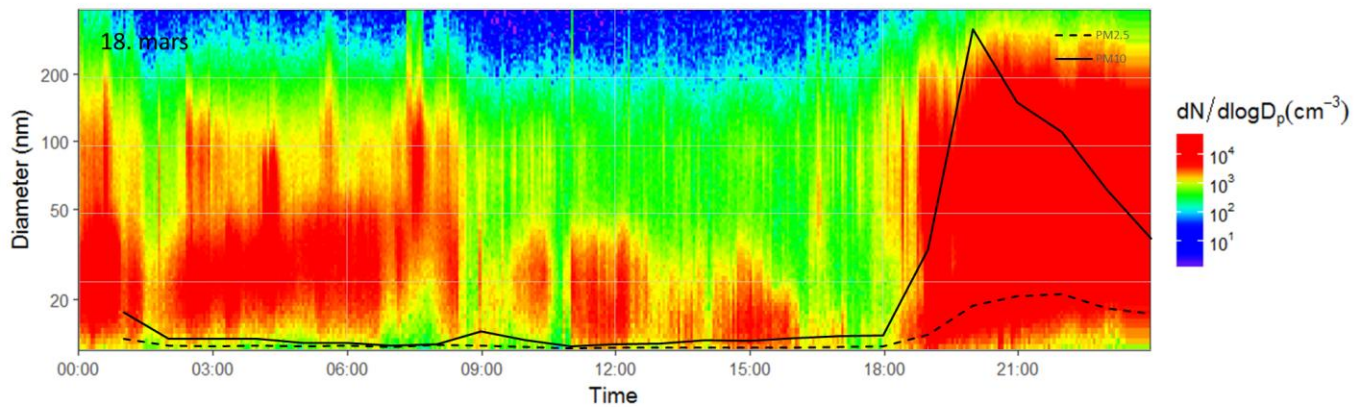
Partikkelantallkonsentrasjonen var høy under morgentimene tirsdag 14. mars og avtok mot kvelden (Figur 18). Også $PM_{2.5}$ -konsentrasjonen gikk ned i løpet av døgnet. Økende vindhastighet fra kl. 10 til 5,5 m/s førte ikke til tydelige endringer i partikkelkonsentrasjonen. Først en kraftigere økning til 7,9 m/s senere om kvelden skjedde samtidig som $PM_{2.5}$ - og UFP-konsentrasjonen sank til lave verdier. En kraftig økning av PM_{10} -konsentrasjonen mellom kl. 18 og 19 kan ikke forklares av sterk vind eller andre meteorologiske forhold, og tyder på en lokal kortvarig kilde.



Figur 18: Partikkelstørrelsesfordeling $dN/d\log D_p$ (cm^{-3}) i størrelsesområdet 11 nm – 425 nm, målt i Vollaparken 14. mars 2017. Svevestøvkonsentrasjonen (PM_{10} og $PM_{2.5}$) målt som time-middelerverdier i samme tidsrom er lagt over (hhv. heltrukken og stiplet linje) for kvalitativ sammenligning (uten konsentrasjonsakse).

Lørdag 18. mars

Lørdag 18. mars steg både PM-konsentrasjonen og partikkelantallkonsentrasjonen til høyt nivå (PM_{10} over $200 \mu g/m^3$ kl. 20) etter at konsentrasjonene har vært lave nesten hele døgnet (Figur 19). Også BC-konsentrasjonen var sterkt forhøyet denne kvelden og vedfyringsbidraget til BC var opp til 37%. Årsaken kan ha vært økt vedfyring på en kveld med negativ temperatur etter en periode uten nattfrost.



Figur 19: Partikkelstørrelsesfordeling $dN/d\log D_p$ (cm^{-3}) i størrelsesområdet 11 nm – 425 nm, målt i Vollaparken 18. mars 2017. Svevestøvkonsentrasjonen (PM_{10} og $PM_{2.5}$) målt som time-middelerverdier i samme tidsrom er lagt over (hhv. heltrukket og stiplet linje) for kvalitativ sammenligning (uten konsentrasjonsakse).

PM_{10} -timekonsentrasjoner over $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble målt i 8 timer mellom kl. 9 og kl. 23 mandag 27. mars. Temperaturen var opp til 17°C på ettermiddagen og det var opphold hele døgnet. Høyeste BC-konsentrasjon ble observert kl. 8, som tyder på trafikkutslipp i rushtiden, og bidraget fra vedfyring var ubetydelig. PM_{10} døgnmiddelet var over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ denne dagen, sannsynligvis på grunn av oppvirvling av støv i nærheten.

Den høyeste partikkelkonsentrasjonen i måleperioden ble registrert på Vigernes lørdag 11. mars mellom kl. 4 og 5. Både PM_{10} og $PM_{2.5}$ hadde svært høy konsentrasjon ($213 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $181 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mens NO_2 -konsentrasjonen og BC-konsentrasjonen var upåvirket. Nedbørmålingene i området indikerer opphold hele døgnet. I Vollaparken ble det ikke målt forhøyet partikkelkonsentrasjon i samme periode. Selv om tiden er uvanlig for høy partikkelkonsentrasjon, i fravær av en inversjon, og observasjonen ikke kan forklares på grunnlag av andre målinger, er det ikke noen tegn for målefeil.

5 Referanser

Bond, T.C., Doherty, S.J., Fahey, D.W., Forster, P.M., Berntsen, T., DeAngelo, B.J., Flanner, M.G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, S., Kondo, Y., Quinn, P.K., Sarofim, M.C., Schultz, M.G., Schulz, M., Venkataraman, C., Zhang, H., Zhang, S., Bellouin, N., Guttikunda, S.K., Hopke, P.K., Jacobson, M.Z., Kaiser, J.W., Klimont, Z., Lohmann, U., Schwarz, J.P., Shindell, D., Storelvmo, T., Warren, S.G., Zender, C.S. (2013) Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *J. Geophys. Res.*, 118(11), 5380-5552.

Daher, N., Hasheminassab, S., Shafer, M.M., Schauer, J.J., Sioutas, C. (2013) Seasonal and spatial variability in chemical composition and mass closure of ambient ultrafine particles in the megacity of Los Angeles. *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 15, 283-295.

FHI, Folkehelseinstituttet (2013) Luftkvalitetskriterier. Virkninger av luftforurensning på helse. Rapport 2013:9, Oslo, Folkehelseinstituttet.

Meteorologisk institutt (2017) Været i Norge. Klimatologisk månedsoversikt Februar og vintersesongen 2017 https://www.met.no/vaer-og-klima/maanedens-vaer-vs-klima/_attachment/download/09ac1c60-f283-4161-95ca-521944a4f00a:deb16cfb372afe969ce7d989ae55112fecddb15/MET-info-02-2017.pdf

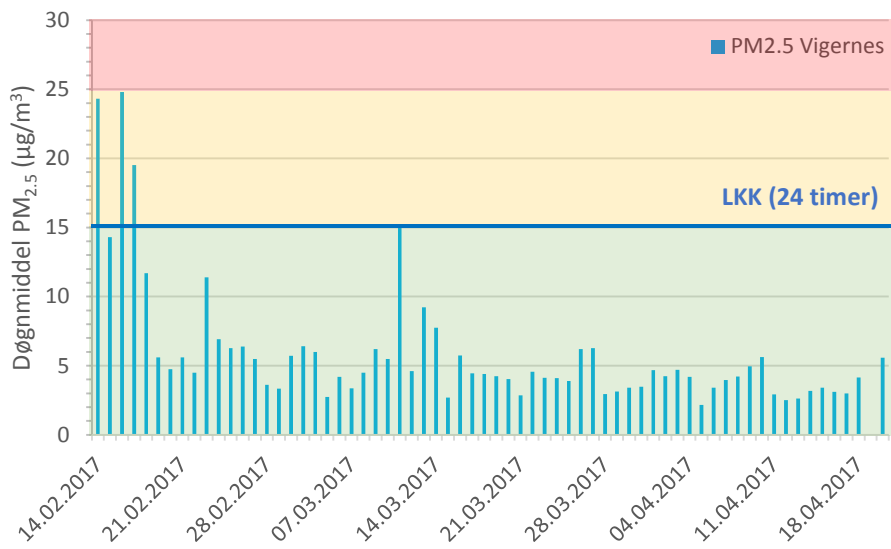
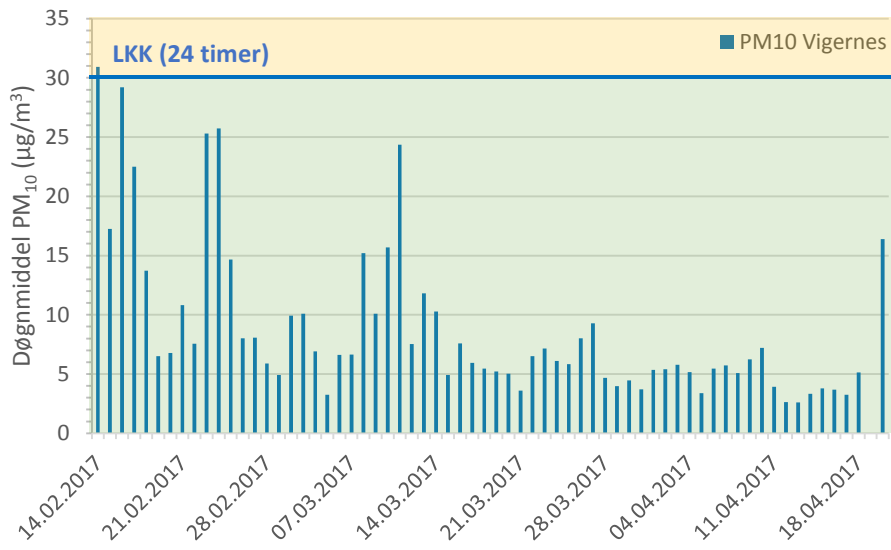
WHO, World Health Organization (2000) Air quality guidelines for Europe. Second edition. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (WHO Regional Publications, European Series, No. 91).

WHO, World Health Organization (2012) Health Effects of Black Carbon. WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, WHO Regional Office for Europe.

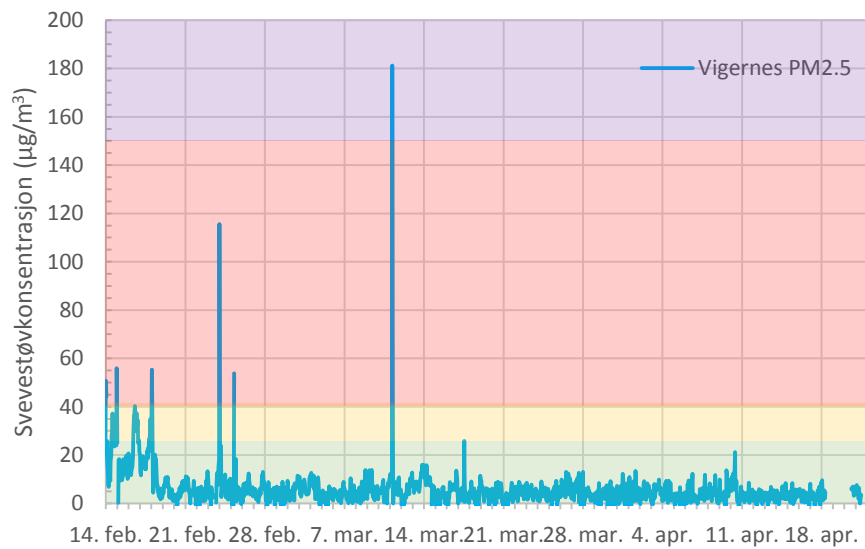
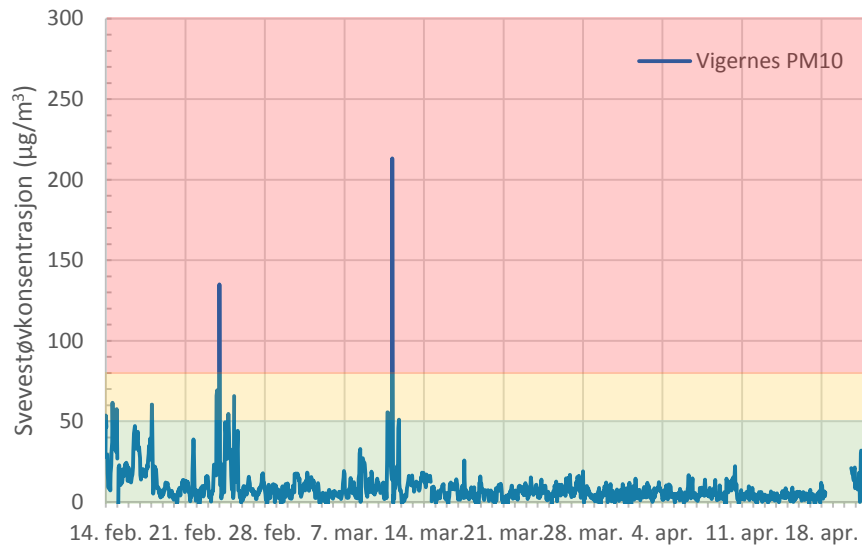
Vedlegg A

Svevestøv- og BC-målinger Vigernes

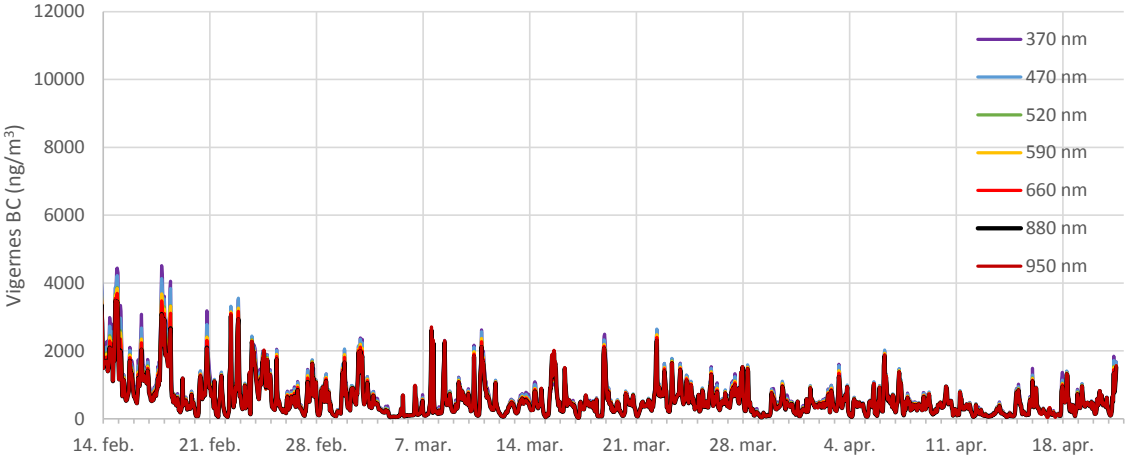
Døgnmiddel



Timemiddel

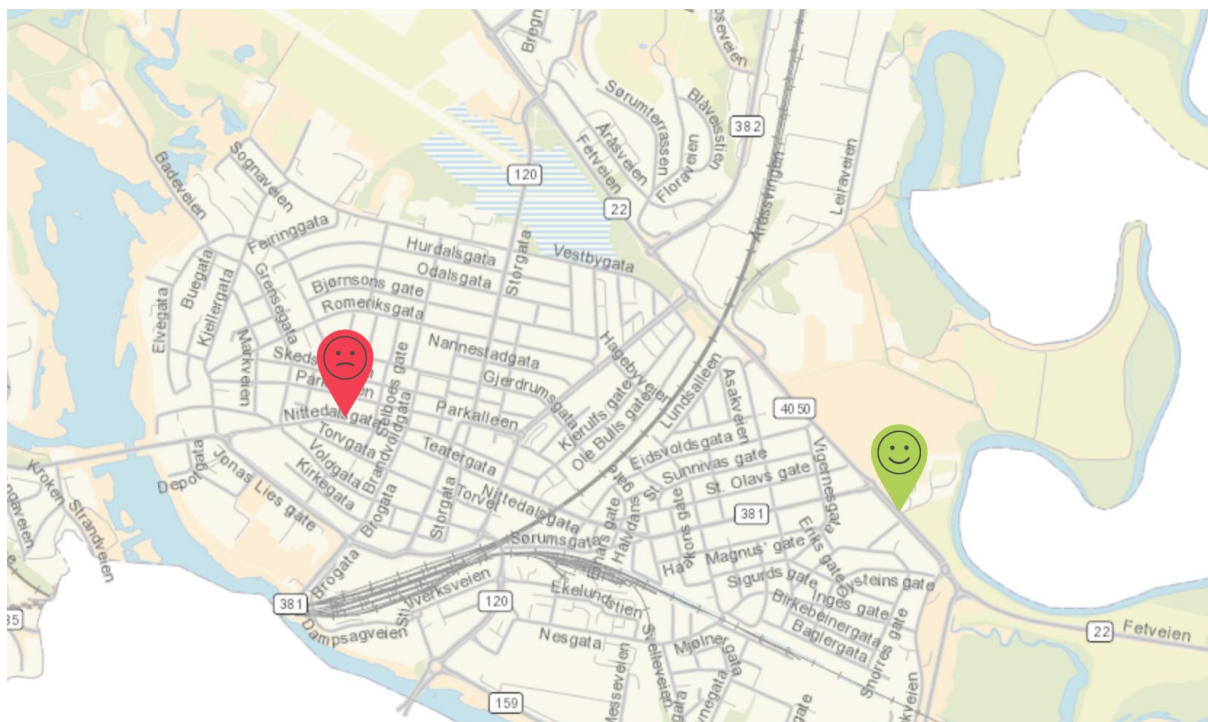


Lysabsorpsjon, Black Carbon



Vedlegg B

Målestasjoner for luftkvalitet i Skedsmo kommune



Kartutsnitt fra Skedsmo kommunes luftkvalitetswebide
<https://www.skedsmo.kommune.no/luftkvalitet> , lagret 23. mars 2017, kl.20:45.

NILU – Norsk institutt for luftforskning

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

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-2912-1

ISSN: 2464-3327