

Norwegian Institute for Air Research



Matthias Vogt & Dag Tønnesen

Måling av diffuse utslipp – muligheter og utfordringer med bruk av mikrosensorteknologi

Contributions from Philip Schneider, Núria Castell, Alena Bartonova, Hai-Ying Liu, Islen Vallejo, Leonor Tarrasón, Britt Ann K. Høiskar, Leif Marsteen

Innhold

- Tradisjonelle instrumenter for måling av svevestøv (PM)
- Rimelige sensorsystemer (“Low cost sensors”)
 - Fordeler & begrensninger
 - Bruk for måling i byområder (iFLINK)
- Utvikling av sensorsystemer ved NILU
- Bruk av rimelige sensorsystemer for industrielle anvendelser – mulighet for beregning av diffuse utslipp

Tradisjonelle instrumenter for måling av svevestøv (PM)

Måleinstrumenter for svevestøv

Kan deles inn i to hovedtyper:

- Manuelle prøvetakere
- Automatiske analysatorer



Fidas 200 PM10,
PM2.5 monitor



Grimm 180 PM10,
PM2.5 monitor



TEOM 1405-DF FDMS
PM10, PM2.5 monitor



Digital DHA-80
høyvolum filter-prøvetaker



Leckel SEQ47/50
Sekvensiell lavvolum
filter- prøvetaker

Målemetode 1

Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM)

- Dichotomus: Måler PM_{10} og $PM_{2.5}$
- FDMS: Fanger flyktige komponenter
- Skal måle nær likt referansemetoden
- Filter må skiftes regelmessig
- Krever tett oppfølging
- Dyrt vedlikehold

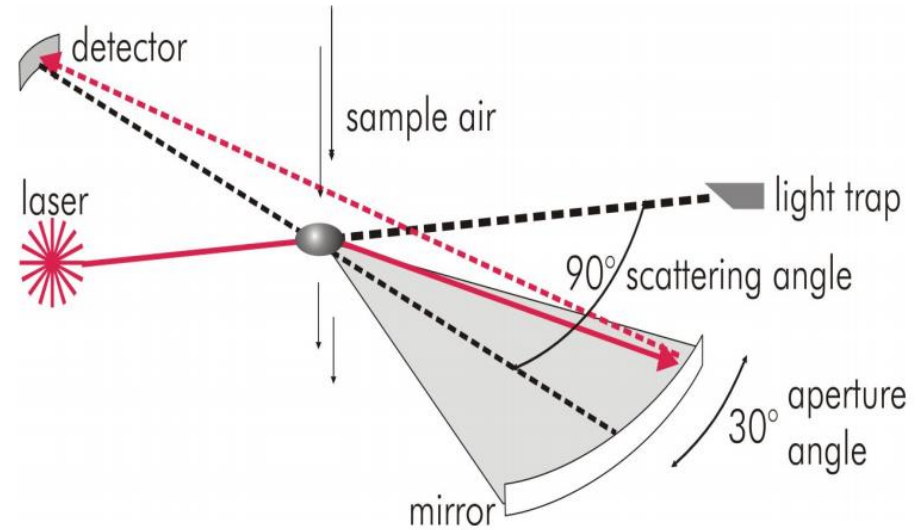


TEOM 1405-DF FDMS

Målemetode 2

Laserbasert(OPC)

- Måler $PM_{2.5}$ og PM_{10}
- Enkel i drift
- Lite vedlikehold
- Mikrosensorer for svevestøv er laserbaserte målemetoder



Fidas og Grimm



Nye metoder

Sensorsystemer basert på mikrosensortechnologi

Sensorsystemer basert på mikrosensorteknologi



Electrochemical cells



Nephelometer



Måleprinsipp



En elektrokjemisk gass-sensor måler konsentrasjonen av den aktuelle gassen ved hjelp av oksidasjon- eller reduksjonsreaksjoner som igjen produserer strøm gjennom en strømkrets

Sensor-systemer bruker målinger fra flere elektrokjemiske celler pluss meteorologiske data for å estimere f.eks. NO_2 -konsentrasjonen

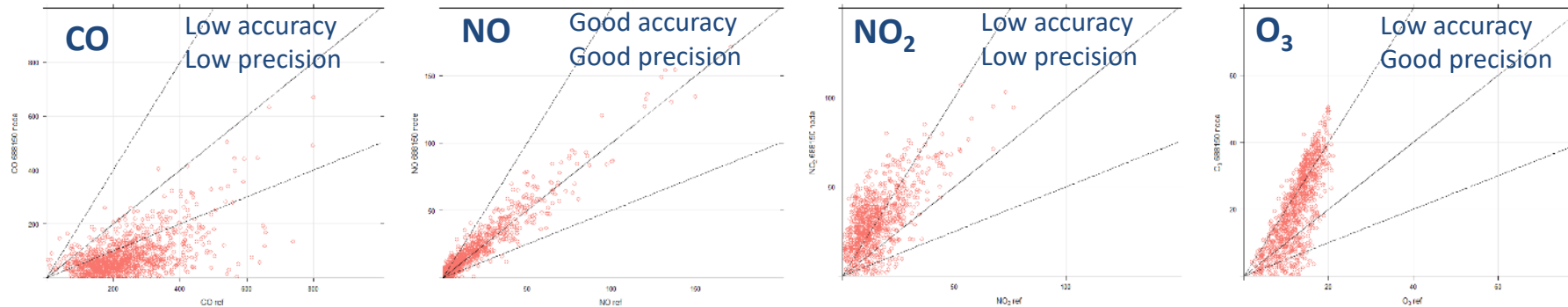


Et nephelometer måler partikler ved hjelp av en lysstråle og en lysdetektor som er plassert på hver side av luftstrømmen (ofte 90° på hverandre). Partikkeltettheten i luftstrømmen vil være en funksjon av reflektert lys fra partiklene som treffer detektoren.

Sensorsystemene på markedet bruker ikke rådata fra PM-sensorene, men ferdig beregnede partikkelmasse fra PM-sensorene. Noen sensorsystemer gjør i tillegg egne korreksjoner

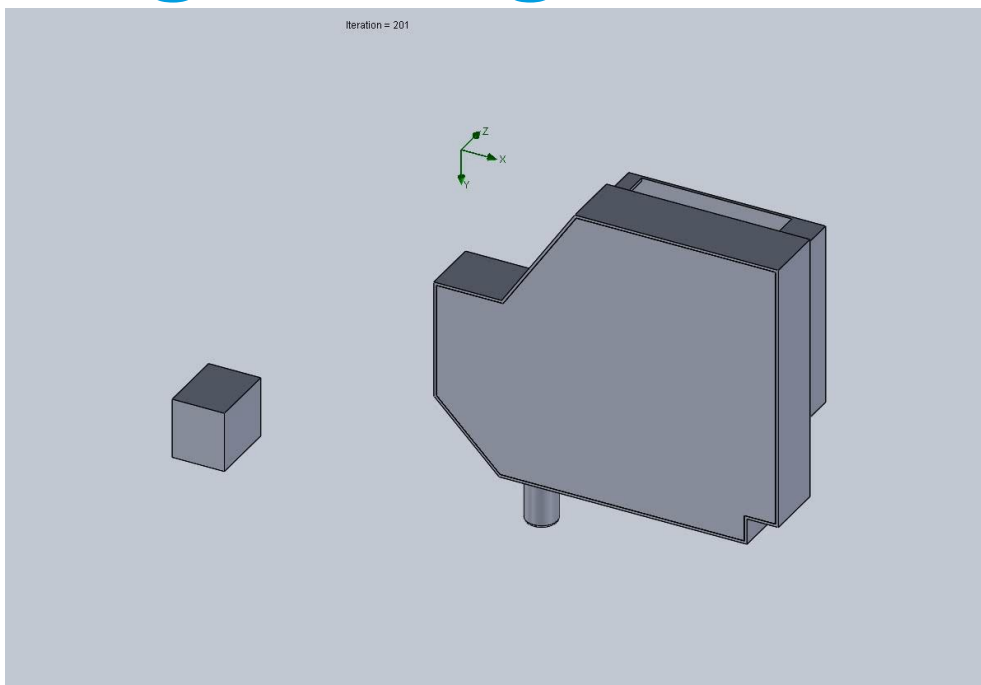
Hva har vi lært om mikrosensormålinger?

I. Resultater fra kalibrering i felt



- Gode testresultater på laboratoriet betyr ikke at sensorene gir gode resultatene i felt. Mye lavere korrelasjon i felt enn på laboratoriet
- Stor variasjon i ytelse selv for helt identiske sensorsystemer
- Det er utfordrende å oppnå god repeterbarhet
- Årsaken til dette er «cross-sensitivity» mellom cellene og algoritmen som benyttes av sensorprodusenten

Nephelometry som måleprinsipp har begrensinger for måling av PM₁₀



- Luftinntaket stopper PM₁₀ fra å komme inn i målekammeret
- Output-signal dominert av PM_{2.5} andelen: laseren har en bølgelengde på 650 nm – mest følsom for partikler mellom 0,5 - 1 µm
- Nephelometre måler lysspredning. Konvertering til aerosolmasse er ikke trivielt og avhenger av partiklenes:
 - Kjemiske og fysiske egenskaper
 - Størrelse og form
 - Optiske egenskaperm.m.

Equation 1.

$$\alpha_M = (1.5 / \rho) \int_d Q_{scat}(n, k, d, \lambda) f(d, d_g, \sigma_g) / d \delta d$$

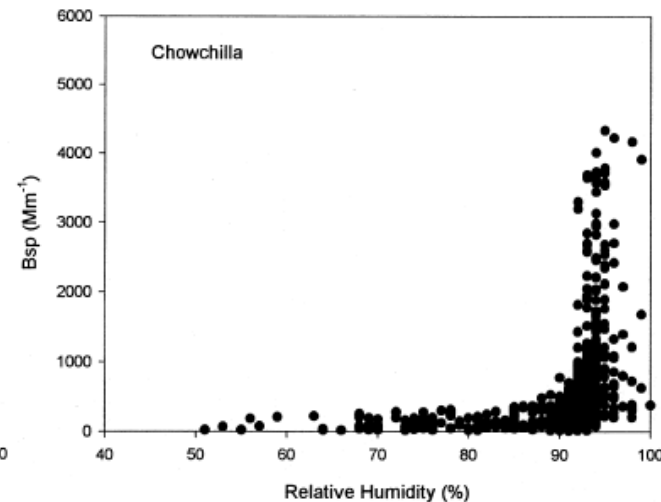
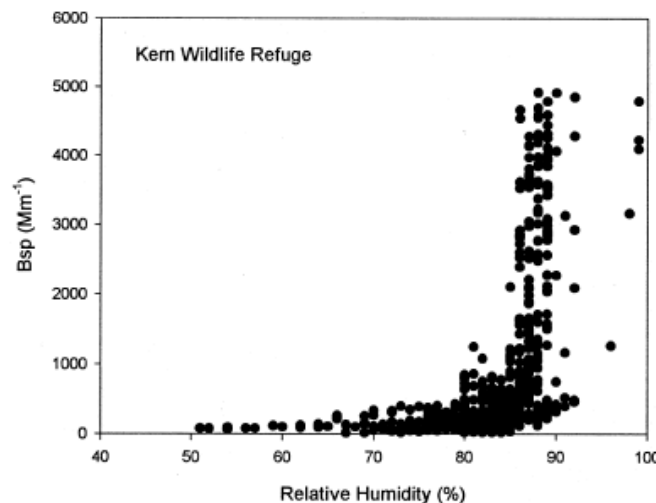
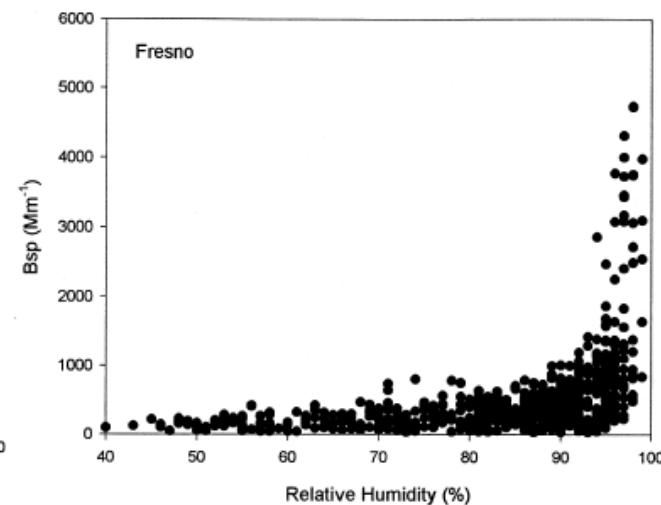
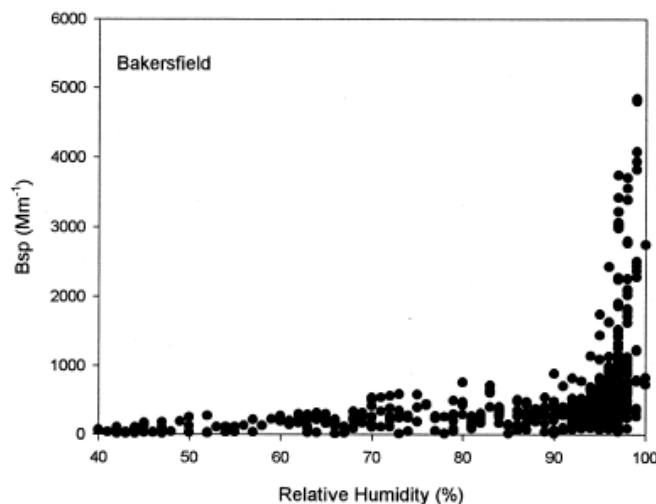
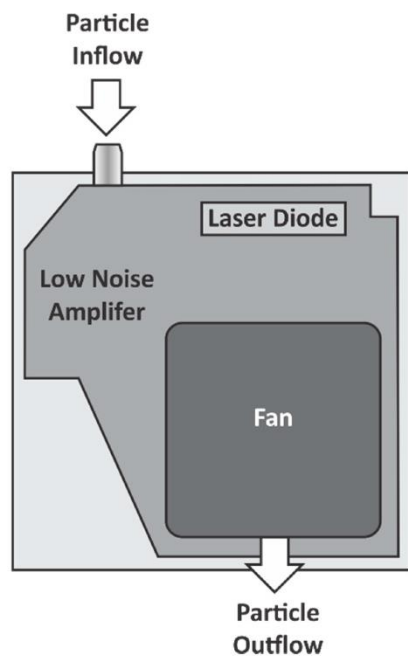
Målinger med Nephelometer er kun egnet der man vet hvilke type partikler man skal måle på og der partikkelsammensetningen ikke endres

Performance Assessment of a Low-Cost PM_{2.5} Sensor for a near Four-Month Period in Oslo, Norway

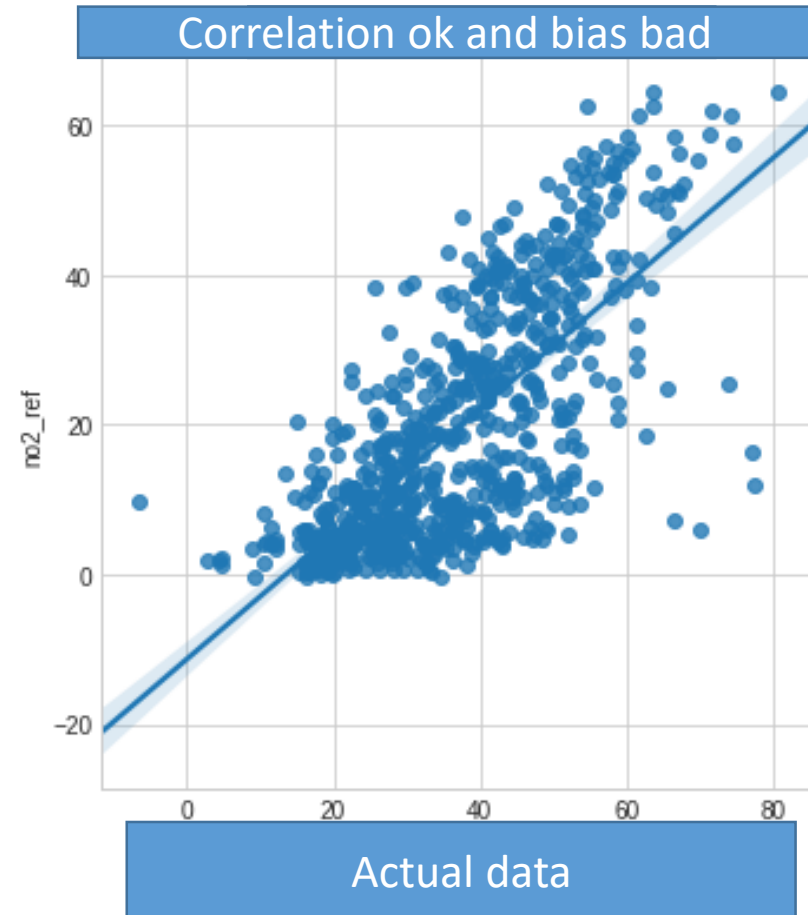
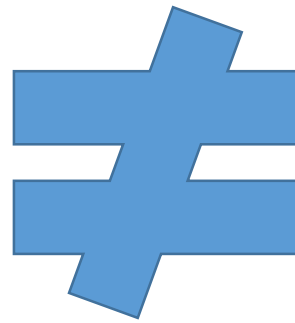
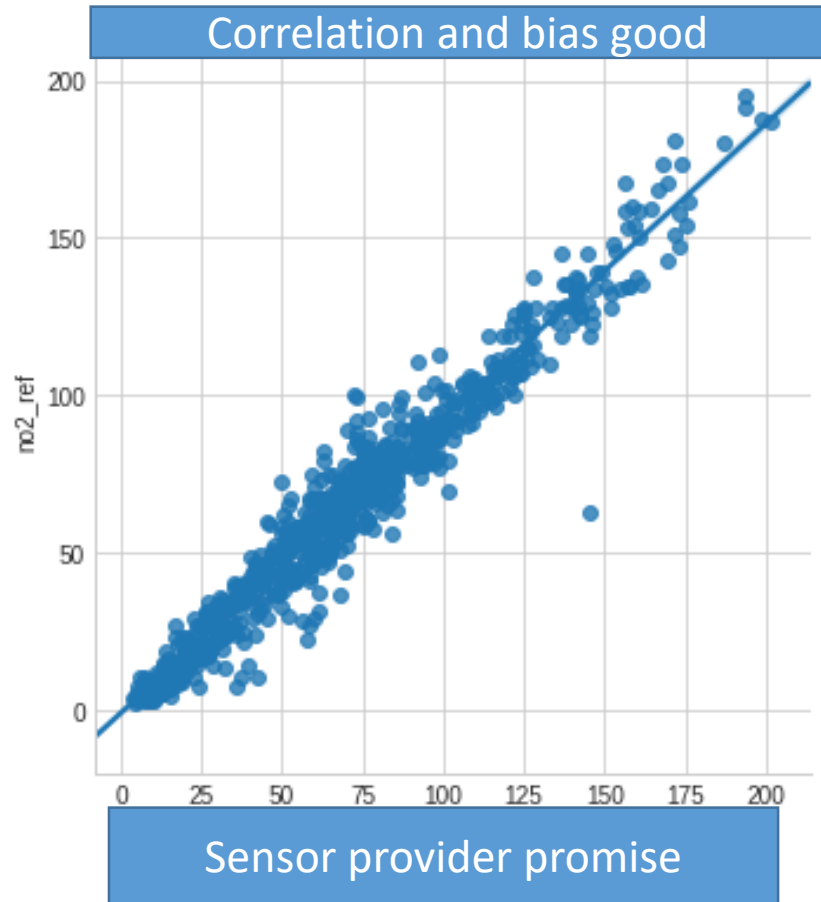
Hai-Ying Liu * , Philipp Schneider , Rolf Haugen  and Matthias Vogt 

NILU—Norwegian Institute for Air Research, Postboks 100, 2027 Kjeller, Norway

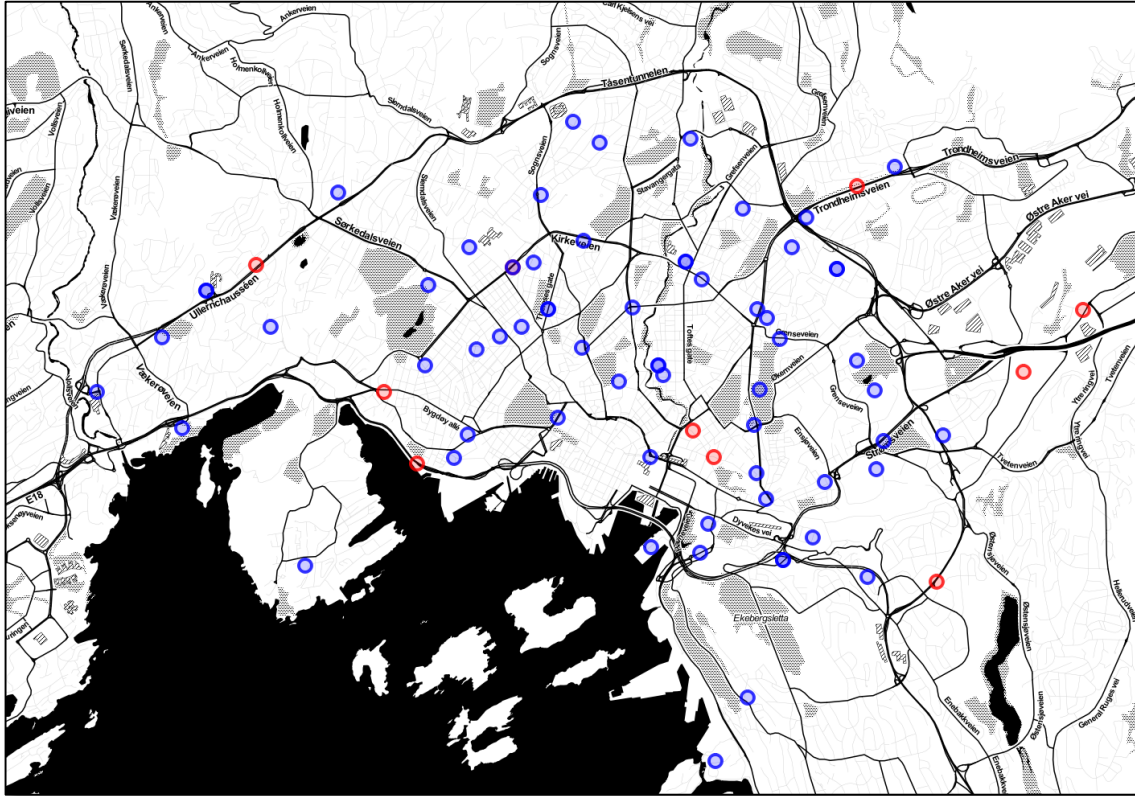
* Author to whom correspondence should be addressed.



Hva har vi lært om mikrosensormålinger? At de må benyttes med omhu!

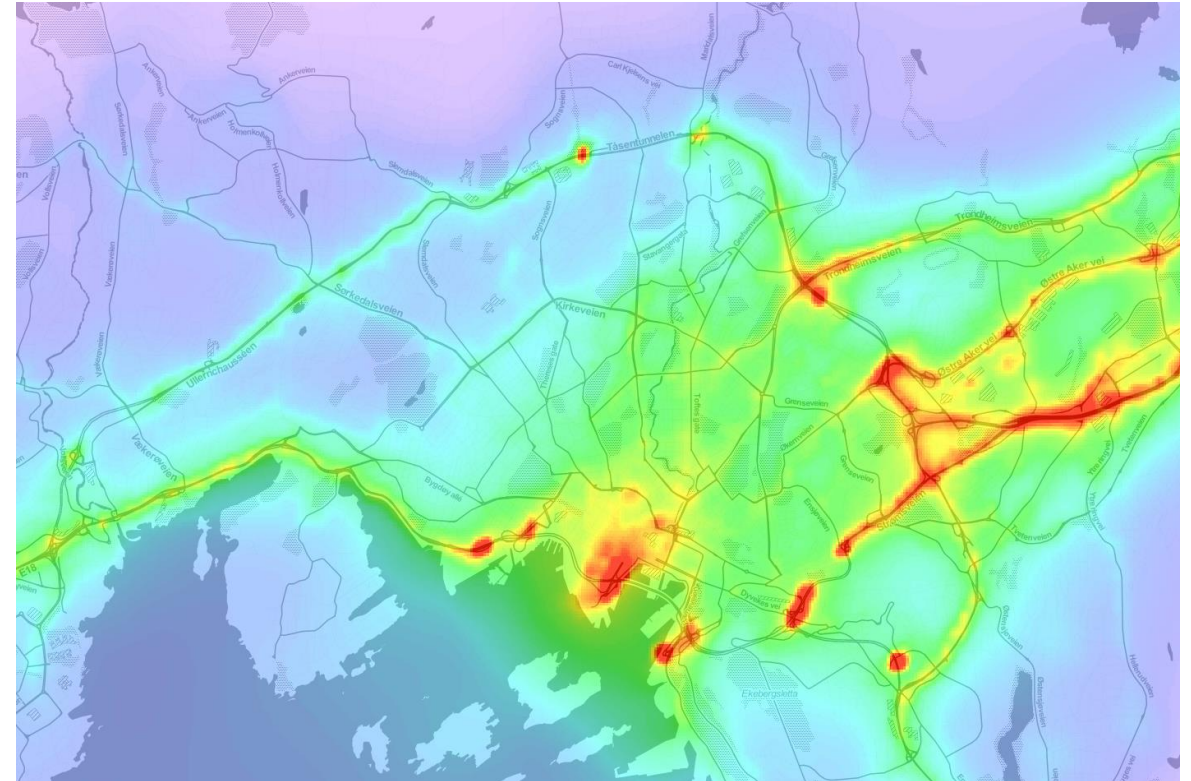


Kartlegging av urban luftkvalitet med et sensornettverk



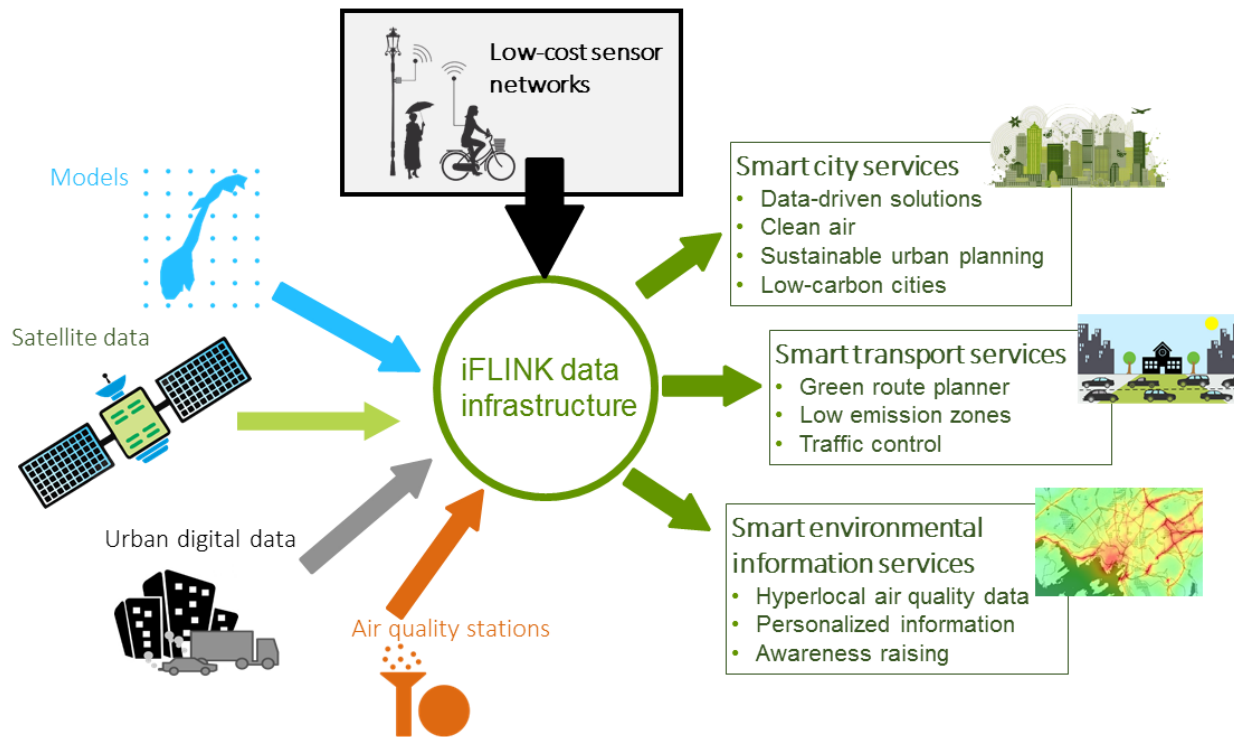
Røde prikker: Målestasjoner som overvåker luftkvalitet (NO₂)

Blå prikker: Distribusjonssteder for rimelige mikrosensorer



Et tett sensornettverk kan brukes sammen med modellinformasjon for å generere detaljerte urbane luftkvalitetskart

iFLINK (2019-2021)



iFlink har tre hovedfokus:

- Hvordan sikrer man at sensorsystemer leverer **luftkvalitetsdata av god nok kvalitet?**
- Hvordan designer man **en åpen og skalerbar dataplattform** som kan ta i mot data fra en rekke ulike sensorsystemer og levere sanntidsdata med høy kvalitet og med høy romlig oppløsning?
- Lage informasjonsløsninger til ulike sluttbrukere



Oslo



BERGEN
KOMMUNE



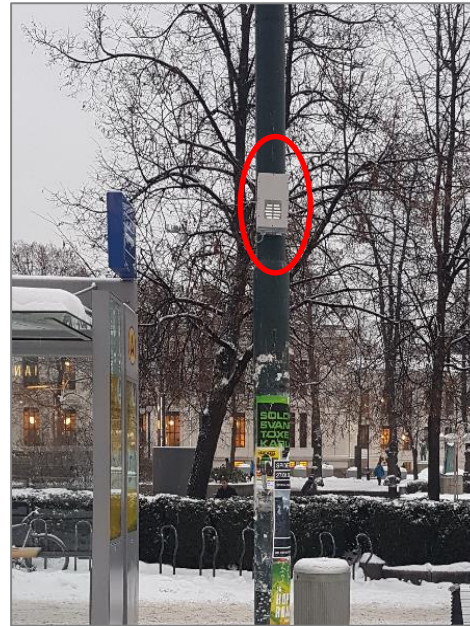
KRISTIANSAND
KOMMUNE

Vicotee



Instrumentutvikling - noen prosjekter

InnoSense



MIKROSENSOR - GASS

Smart integrert miljødata

- NO₂ – testet med gode resultater
- SO₂ – klar for testing

To prosjekter i Forskningsrådet FORNY program:

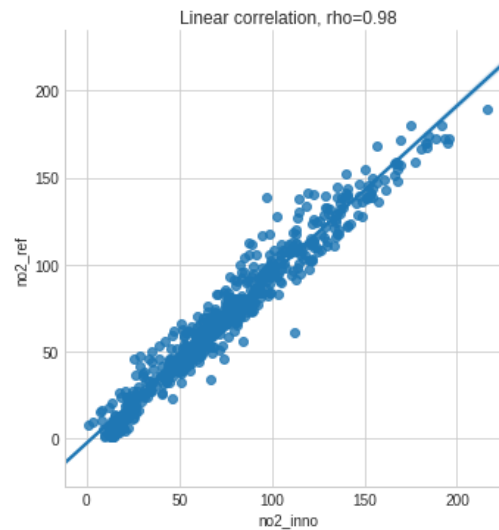
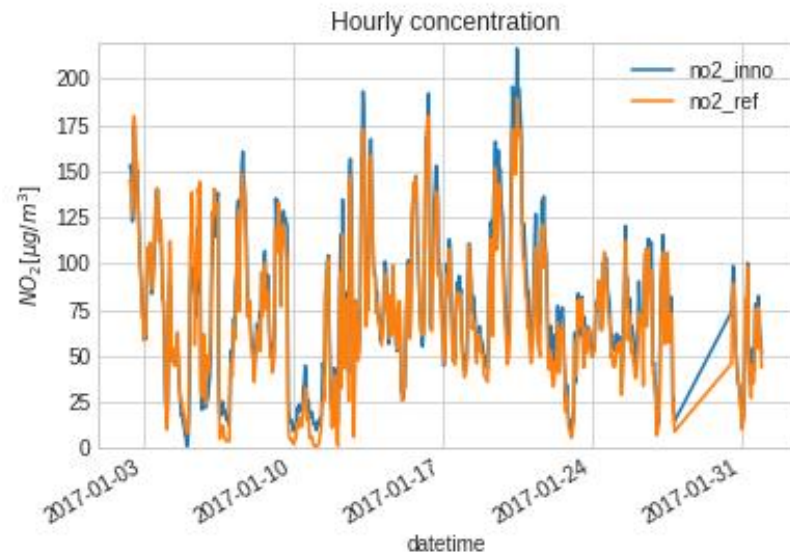
- 270450: FORNY 1, Prototype plassert Hjortnes kai
- 270450: FORNY 2, 3 piloter i Oslo sentrum



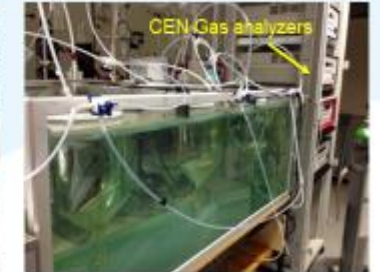
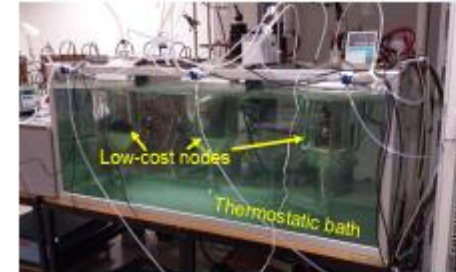
Fordeler med Innosense

- ✓ Trener sensorene i laboratoriet
- ✓ Bruker ikke andre miljødata til korrigerings av måledata
- ✓ Benytter ikke data NO eller CO- sensorer til prediksjon
- ✓ Derfor er ikke kalibrering i felt nødvendig

Data vist nedenfor er basert på kalibrering på laboratoriet



Laboratory evaluation: set-up

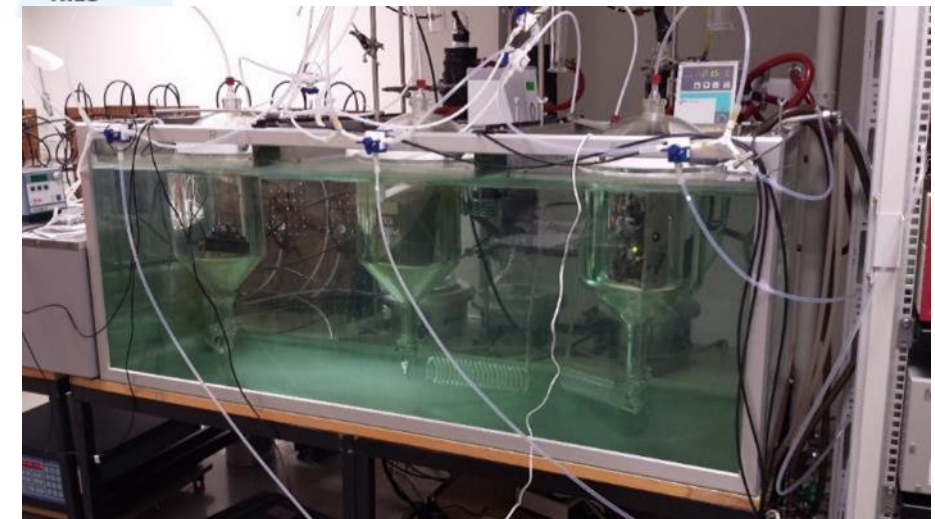


Gas	Sensor type
CO	Electrochemical CO-B4
NO ₂	Electrochemical NO2-B42F
NO	Electrochemical NO-B4
O ₂	Electrochemical OX-B421

Gas	Analyzer
CO	Teledyne API 300E (EN14626)
NO ₂	Teledyne API 200A (EN 14211)
O ₂	Teledyne API 400 (EN 14625)

Performance of the sensor nodes against traceable gas standards under reproducible and accurately controlled ambient conditions.

- Two sensor nodes: 688150 and 864150.
- 864150 was tested after 3 months of field deployment.





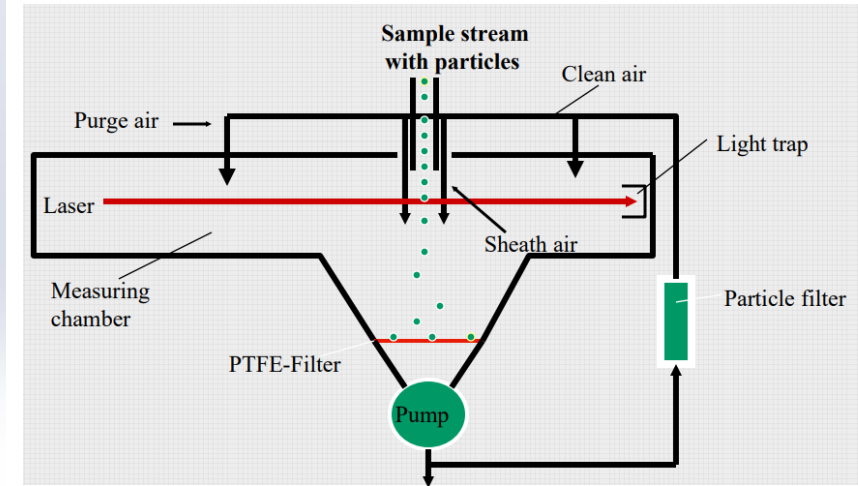
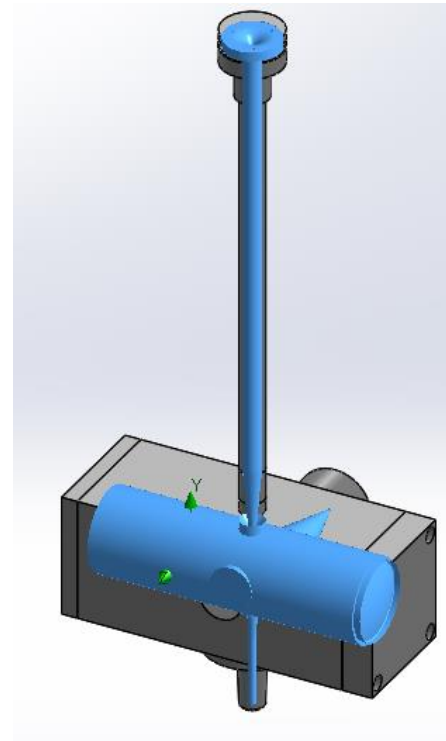
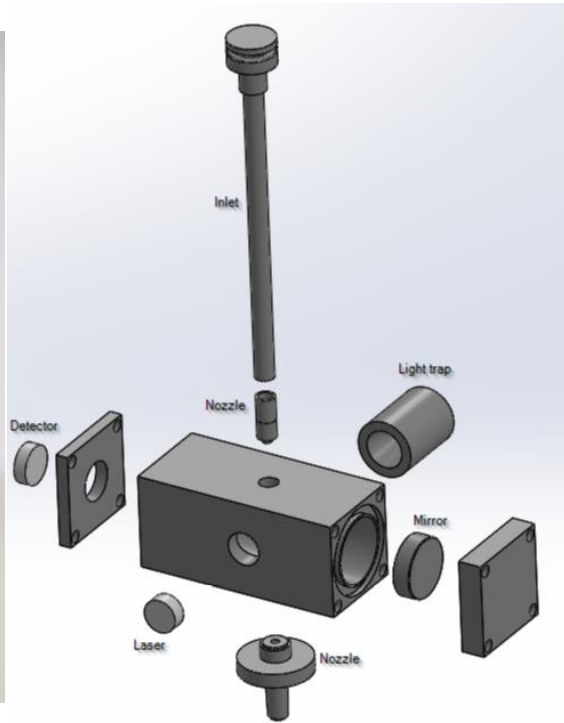
LEOPARD- Wearable particle detector enabling safer working environments



HYDRO

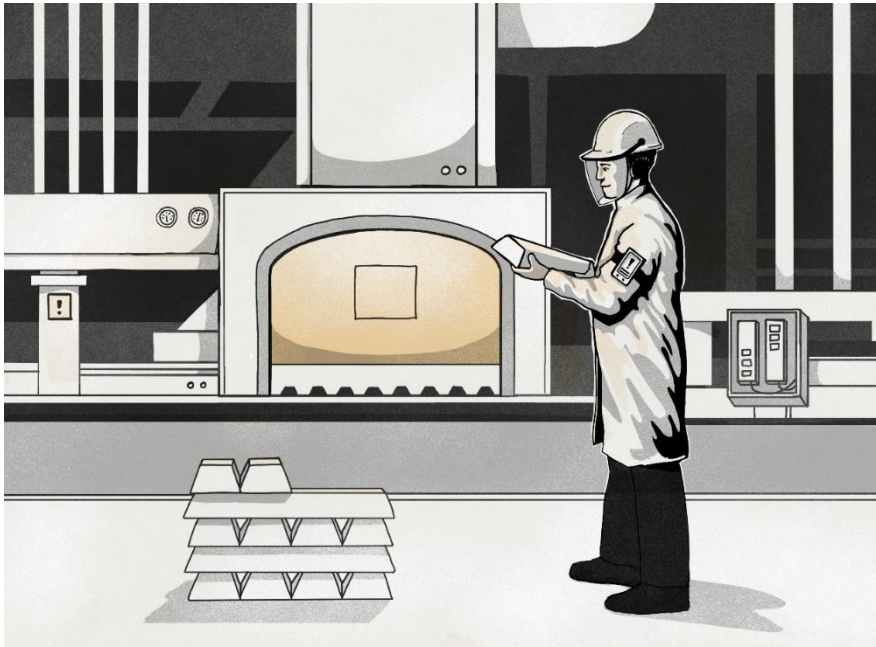


Leopard – wearable and real-time particle data

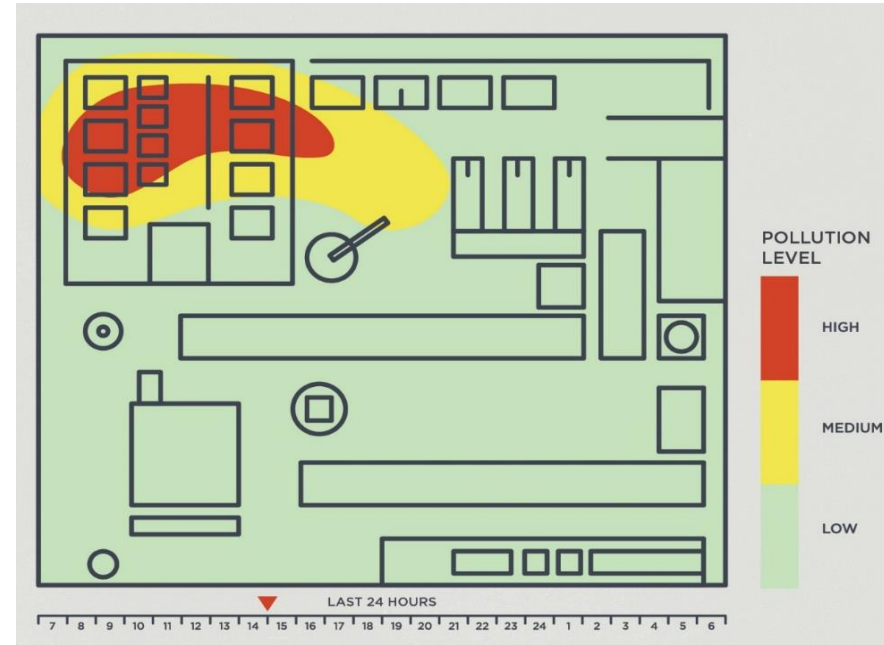




Industritjeneste – HMS og prosessstyring



Mobile bærbare sensorer
Real-time målinger



Kartlegging av PM verdier
Prosesstyring og risiko vurdering

Diffuse utslipp av støv

Europeisk klassifisering av kilder

- **Kilde 1:** Støvutslipp fra ventilasjonskanaler gjennom avkast:
Metode: Måling av konsentrasjon og luftstrøm
- **Kilde 2:** Diffuse utslipp fra haller: **Metode:** Målekampanjer utformet for beregning av utslippsfaktor, grunnlag målekampanjer inne i hallene.
- **Kilde 3:** Diffuse utslipp fra utendørs kilder som : lagring av masse ute, lossing, lasting, annen massehåndtering...:
Metode: Invers modellering eller direkte modellering.

Praktisk metode for diffuse utslipp fra Kilde 1 og 2

- Hvor / hvilken del av prosessen danner støv?
- Er det en kontinuerlig prosess eller en trinnvis prosess?
- Mål PM inne i hallen for å finne gjennomsnittlig massekonsentrasjon
- Mål/beregn luftskifte i hallen
- Samlet usikkerhet er likt fordelt på konsentrasjonsnivå og luftskifte.

Luftskifte / ventilasjon

- Aktivt (vifter) eller passivt eller begge deler?
- Automatisk ventilasjonskontroll?
- Logging av bruk ?

- Dersom det diffuse utslippet er dominert av «støt-utslipp» kan ventilasjonsraten estimeres fra fall i konsentrasjon som funksjon av tid

Fordeler med målinger innendørs i forhold til målinger utendørs

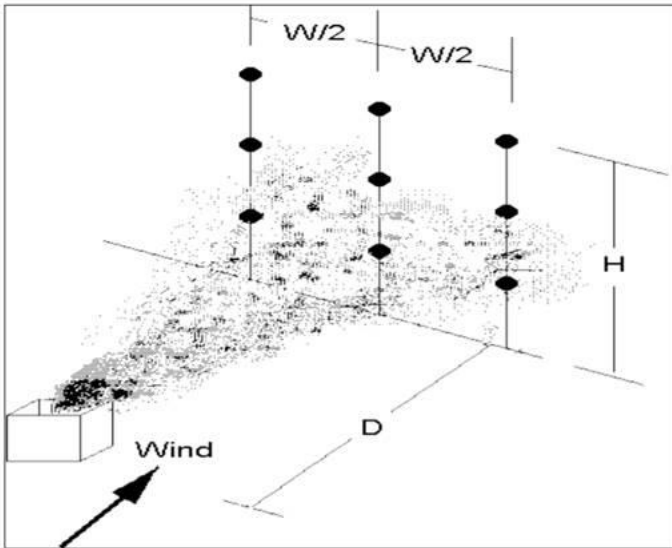


Figure 2. Sampler Array for Fixed Source

EPA metode for støvutslipp
fra fast kilde

Erfaring fra sporgassforsøk:

Det kan være stor variasjon i utslippsestimater fra forsøk til forsøk. Dette skyldes variasjon / fluktuasjon i ytre spredningsforhold og hvordan utslippssimuleringen er påvirket av variasjonen.

- Påvirkning fra variasjon i ytre spredningsforhold elimineres i forhold til påvirkning på utslippsestimatet
- Største vanskelighet ligger i estimat av luftskifte i hall
- Godt gjennomført kampanje som reflekterer vanlige driftsforhold gir grunnlag for rutinemessig overvåkning med enkle metoder

Diffuse utslipp målt med Leopard



- Karakterisering av støvsammensetning via målekampanje
- Kalibrering av Leopard-instrumentet
- Målekampanje for å finne de representative målepunktene inne i hallen
- Kartlegging av luftskifte ved “normal” drift

Konklusjon

- Måling av PM med mikrosensorer er ikke rett frem
- I by-områder kan et nettverk av mikrosensorsystemer i kombinasjon med modelldata (eller andre data) gi sanntids luftkvalitetsdata med høy romlig oppløsning
- Måling av diffuse PM-utslipp med optiske målemetoder krever god karakterisering av partiklene
- Måling/kartlegging av PM-konsentrasjoner innendørs kan være en god metode for å kvantifisere diffuse utslipp



LEOPARD an opportunity for HSE and Diffuse emissions

Takk for meg
MVO@nilu.no

