

1) Bakgrunn og målsettinger

Ifølge en rapport publisert av Verdens helseorganisasjon fører luftforurensning til cirka sju millioner for tidlige dødsfall hvert år. Mangel på pålitelig informasjon om konsentrasjoner av luftforurensning og befolkningens eksponering for dårlig luft er et hinder for gode vurderinger av effekter av luftforurensning og for planlegging og implementering av gjennomførbare og effektive tiltak. I løpet av de siste tiår har det blitt utviklet modeller for å kartlegge luftforurensning, vurdere effekten av mulige mottiltak, og for å øke forståelsen om de mange prosessene som ligger bak den store variabiliteten i rom og tid. Modeller med høy nok romlig oppløsning dekker typiske kun et lite område (f.eks. en by) uten å ta hensyn til langtransportert forurensning, mens landsdekkende modeller har ofte ikke tilstrekkelig oppløsning til å være relevant på lokal skala, for eksempel i beregninger av befolkningseksponering.

Hovedformålet med AirQuip var å utvikle et beregningsverktøy for luftkvalitet på lokal skala, med høy nok oppløsning til å beregne befolkningseksponering, effektivt nok til å kunne brukes i en daglig varslingsjeneste for hele landet, og med gode nok inngangsdata for å gi et robust grunnlag for beslutninger om tiltak mot luftforurensning både på kort og på lang sikt. Beregningsverktøyet skulle baseres på EMEP-modellen som er en veletablert, regional luftkvalitetsmodell som har vært i bruk i Europa over flere tiår, blant annet for å beregne grenseoverskridende luftforurensning for langtransportkonvensjonen under FN (LRTAP).

Samarbeidet med Kina, der luftforurensning er et særdeles stort problem, skulle gi gjensidig nytte: Norge har, blant annet gjennom sin nøkkelrolle i LRTAP-konvensjonen, mange tiårs erfaring i modellering av luftkvalitet, mens Kina har en raskt økende kompetanse på dette fagfeltet og mange viktige bruksområder/behov for beregningsverktøy for luftkvalitet. Kinesiske samarbeidspartnere skulle ikke bare teste beregningsverktøyet i Kina, men også melde tilbake om brukererfaringer og bidra med data på utslippskilder, og på den måten føre til en ytterligere forbedring av beregningsverktøyet.

2) FoU oppgaver, resultater og involverte miljøer

AirQuip har vært en stor suksess i og med at prosjektet har lyktes med å utvikle et slikt beregningsverktøy, uEMEP ('urban EMEP'). En har lyktes med å operasjonalisere bruken av uEMEP i driftssikre varslings- og analysetjenester, og en har nådd ut til et stort antall brukere - med potensielt positive effekter og virkninger som vil gå langt utover prosjektperioden for AirQuip. Prosjektet kan grovt deles inn i tre aktiviteter: a) utviklingen av uEMEP, dens implementering i EMEP-modellen, og innhenting av relevante inngangsdata, b) utvikling av en algoritme som tillater bedre estimater på utslipp fra veitrafikk (den viktigste kilden for lokal luftforurensning) basert på flyfoto og kunstig intelligens, og c) samarbeid med Kina og gjensidig utveksling av ekspertise og brukererfaringer. Aktivitet (a) var desidert størst, også med hensyn til allokert budsjett. Aktivitetene beskrives nærmere i de følgende avsnitt.

a) Utvikling av uEMEP

Beregningsverktøyet uEMEP har blitt utviklet ved Meteorologisk institutt (MET) gjennom AirQuip og bruker detaljerte data om lokale utslippskilder og en regional luftkvalitetsmodell (EMEP-modellen) til å lage kart over luftforurensning på fin skala (ned til 50 meters oppløsning). Å nedskalere luftforurensning fra regional til lokal skala er en matematisk svært krevende prosess. Vi har utviklet en ny metode som heter 'Local Fractions' og som skiller lokale bidrag til luftforurensning fra importerte (langtransporterte) bidrag. 'Local Fractions' metoden ble publisert i tidsskriftet Geoscientific Model Development (GMD).

Det langtransporterte bidraget varierer bare i svært liten grad innenfor et byområde – det er kun det lokale bidraget som nedskaleres, avhengig av lokale utslippskilder. Som inngangsdata brukes det blant annet trafikkinformasjon fra Norsk veidatabase (NVDB) og Statistisk

sentralbyrå, skiputslippsdata fra Kystverket og data på utslipp fra vedfyring levert av Norsk Institutt for Luftforskning (NILU). Den matematiske metoden for å nedskalere forurensing fra regional skala til 50 meters oppløsning har blitt beskrevet i en artikkel som skal sendes til GMD i april 2020.

Den operasjonelle varslings-tjenesten for luftkvalitet i hele Norge, basert på uEMEP, ble lansert i januar 2019 (<https://luftkvalitet.miljostatus.no/>), og mange norske kommuner har tatt den i bruk. I tillegg har vi i samarbeid med Miljødirektoratet utviklet en fagbrukertjeneste (<https://www.miljodirektoratet.no/luftkvalitet-fagbruker>) som analyserer luftforurensing over lengre perioder tilbake i tid og gir informasjon om overskridelser av grenseverdier, bidrag fra ulike forureningskilder, og befolkningseksposering. uEMEP, takket være den høye romlige oppløsning og dekning av store områder, er spesielt godt egnet til slike beregninger. En studie som nylig ble utført for AirQuip viser at det er over fire tusen personer i Norge som bor i områder hvor grenseverdien for NO₂ som er anbefalt av Verdens helseorganisasjon overskrides. Tilsvarende beregninger har blitt gjort for svevestøv.

I løpet av AirQuip har uEMEP blitt grundig evaluert mot observasjonsdata (<https://www.met.no/prosjekter/luftkvalitet/evaluering-av-luftkvalitets-modellen>) for den første varslings-sesongen (2018/2019) og over flere år (2016-2019). Modellen treffer bra i de fleste tilfeller, men med noen avvik særlig ved høye partikkelkonsentrasjoner som skyldes veistøv, og for NO₂ i kalde vinterperioder når utslipp fra veitrafikk er underestimert.

b) Forbedring av estimater av trafikkvolum ved satellittbilder og flyfoto

Norsk regnesentral har utviklet et system for deteksjon og telling av ikke-parkerte kjøretøy i flyfoto av bytrafikk. Systemet er basert på en kunstig intelligens algoritme kalt 'Mask R-CNN'. Mask R-CNN er basert på dype nevralt nettverk, og foretar "instance segmentation". Det betyr at det skiller de individuelle kjøretøyene fra hverandre, og dermed gjør tellingen av kjøretøy enkel. For å trene Mask R-CNN nettverket har vi benyttet ISPRS datasettet fra Vaihingen og Potsdam i Tyskland, som er velkjente datasett med optiske flyfoto med tilhørende detaljert annotering. I AirQuip-prosjektet ble metoden uttestet på estimering av trafikk i Narvik, men det er i prinsippet ingen begrensning på hvor systemet kan benyttes.

Generelt finner systemet alle kjøretøy i flyfotoene, men det er noen gjenstående utfordringer med å koble kjøretøy-deteksjoner til trafikkestimater (årsdøgntrafikk, ÅDT). De største utfordringene er å skille mellom kjørende og parkerte biler, og at det ofte ikke er kjøretøy i flyfotoene på korte veisegmenter. For å skille parkerte biler fra kjørende er det viktig med presis veiinformasjon. Vi har benyttet FKB (FellesKartBase) - veidatabasen. Med høy presisjon på hvor veiene er i flybildet er det mulig å lokalisere kjøretøyenes posisjon i veibanen, og dermed skille mellom kjøretøy parkert langs veikanten og de som kjører midt i veibanen. For å kompensere for manglende tellinger har vi utviklet en grafbasert teknikk som modellerer trafikk ved å se på hele veinettverket og samtidig tar med eksisterende bakkebaserte tellinger. Fra disse sikre tellingene og detekterte kjøretøy i flyfotoene, estimerer grafteknikken hvordan trafikken fordeles ut på veinettet. Den utviklede metoden er sendt til vitenskapelig tidsskrift (International Journal for Remote Sensing) for publisering.

c) Samarbeid med Kina

Samarbeidet med Kina har vært et viktig element i AirQuip. Luftforurensning er et stort problem i Kina og bevisstheten blant befolkningen, blant beslutningstakere, men også den vitenskapelige kompetansen på området har økt kraftig i de siste ti år. I samarbeid med de kinesiske partnerne i AirQuip har EMEP/uEMEP-modellene blitt installert og tilpasset bruken i kinesiske byer og provinser som sliter med dårlig luftkvalitet. Under hele prosjektperioden har forskere ved Jinan Universitetet lært seg å bruke disse modellene og bidratt til forbedring av EMEP-modellen i Kina. Noe av arbeidet ble publisert i tidsskriftet Atmospheric Environment.

3) Prosjektgjennomføring og ressursbruk

Utviklingen av uEMEP var den desidert største delen av AirQuip prosjektet, og mesteparten av budsjettet ble brukt på den, i henhold til opprinnelig planlagt ressursbruk. Cirka 20% av budsjettet ble investert i utviklingen av algoritmen til å bruke fly- og satellittbilder, og ca. 15% på samarbeidet med Kina. En god del ressurser ble brukt på formidlingstiltak, særlig de tre seminarer som ble gjennomført (to i Norge og ett i Kina) men også fagfellevurderte publikasjoner (hvorav én er publisert, én er akseptert for publisering, én er under review, og én like før innsendelse).

Prosjektet har stort sett blitt gjennomført som planlagt. Avvik fra arbeidsplanen er at lokale varsler for Beijing og Guangzhou ikke er operasjonalisert. Det viste seg å være vanskelig å gi tilstrekkelig brukerstøtte til å bygge opp tjenesten i Kina på samme måte som i Norge, selv om vi har brukt en god del arbeidstid på dette. Dermed ble heller ikke befolkningseksponering beregnet for kinesiske byer ennå, slik som opprinnelig planlagt. Likevel har vi nådd et punkt hvor EMEP og uEMEP er installert i Kina og brukere der har blitt lært opp til å anvende verktøyet og utvikle det videre (se også avsnitt 4 og 7).

4) Utenlandsopphold

MET tok imot en forsker fra Jinan Universitetet på besøk i tre uker i februar/mars 2018 for opplæring i bruk av EMEP og uEMEP, og Jinan Universitetet tok imot en forsker fra MET for en to ukers periode i desember 2019 til samme formål. Oppholdene har bidratt til at det nå er flere kinesiske forskere, men også ansatte ved Guangzhou Environmental Monitoring Center (EMC), som kan bruke modellen. EMC har brukt EMEP/uEMEP i luftkvalitetsvarsler med noe teknisk hjelp av Jinan Universitetet, men tjenesten er ikke operasjonalisert ennå. Jinan Universitet vil være i stand (og har sagt seg villig) til å videreutvikle uEMEP, for eksempel ved å ta inn forbedret inngangsdata.

5) Betydning og nytteverdi av resultatene

Daglig varsling av luftforurensning øker bevisstheten om problemet blant befolkningen og hjelper beslutningstakere til å vurdere og iverksette mottiltak på kort sikt. Brukerne av varslingstjenesten, særlig brukere i utsatte grupper, kan tilpasse sin adferd når høy luftforurensning varsles. Basert på varslingene fra uEMEP gir Folkehelseinstituttet nå helse råd for befolkningen generelt, for astmatikere og personer med luftveislager, hjerte- og karsykdommer, og for eldre, gravide og barn. Varslingssystemet har dessuten ledet til ny kunnskap om luftkvalitet, men også vist hvor vi har kunnskapshull, særlig knyttet til utslipp.

I løpet av AirQuip ga Klima- og miljødepartementet, Samferdselsdepartementet og Helse- og omsorgsdepartementet Miljødirektoratet i oppdrag å oppdatere kunnskapsgrunnlaget for grenseverdiene for svevestøv (PM₁₀ og PM_{2,5}), og å foreslå eventuelle nødvendige endringer i grenseverdiene. Som del av dette samarbeidet tok MET i bruk uEMEP for å kartlegge eksponering av befolkning over hele landet. I tillegg ble det utført en rekke scenarieberegninger med uEMEP for å vise hvordan kommunene kan oppnå de nye grenseverdier. Resultatene har blitt brukt videre av Folkehelseinstituttet til å beregne helsegevinsten ved å redusere svevestøv, men også til å vurdere helse- og tiltakskostnader. Rapporten 'Grenseverdier for svevestøv. Forslag til reviderte grenseverdier for PM₁₀ og PM_{2,5}' skal publiseres av Miljødirektoratet i april 2020.

Eksponeringsberegninger ved hjelp av uEMEP for hele Norge har også kommet til nytte i 'Folkehelseprofilen 2020' (<https://www.fhi.no/hn/folkehelse/folkehelseprofil>). Luftkvalitet og eksponering ble inkludert for første gang i denne årlige rapporten om folkehelse i alle norske kommuner.

Når det gjelder algoritmen som ble laget av Norsk regnesentral så vil den kunne benyttes der hvor man ønsker trafikkestimater for alle veilenker over et område. Dette kan være for estimering av årsdøgntrafikk for planlegging og vedlikehold (Statens vegvesen), eller til kartlegging av luftforurensning.

6) Formidling

- Suksessen til AirQuip kommer til uttrykk ved de forskjellige tjenestene som har blitt etablert basert på uEMEP. Flere av websidene nevnt ovenfor er i operasjonell drift, og noen av dem oppdateres daglig med nye data fra uEMEP. Tjeneste suppleres med brukerdokumentasjon på forskjellige nivåer (se for eksempel <https://luftkvalitet.miljostatus.no/om-tjenesten>).
- Siden høsten 2019 vises resultatene fra uEMEP også på yr.no (<https://www.yr.no/nb>) som driftes av MET og NRK og som har svært mange brukere i den norske befolkningen.
- I løpet av AirQuip ble det gjennomført to faglige seminarer for norske kommuner for å gi en innføring i varslingstjenesten, for å høre om brukererfaringer, og for å få bedre inngangsdata fra kommunene. Begge seminarer ble strømmet via internett.
- I februar 2019 arrangerte Jinan Universitetet en to-dagers workshop for AirQuip (<https://ecins.jnu.edu.cn/a5/92/c16556a370066/page.htm>) hvor EMEP og uEMEP ble introdusert for lokale institusjoner i Kina som jobber med overvåkning av luftkvalitet, for eksempel Guangzhou Environmental Monitoring Centre.
- Bidraget fra MET og EMEP-modellen til de daglige luftkvalitetsvarsler på regional skala, som ble utviklet under PANDA prosjektene MarcoPolo og PANDA har blitt videreført (se <http://www.marcopolo-panda.eu/forecast>) med støtte fra AirQuip. Disse er åpent tilgjengelige og brukeren kan velge mellom 38 kinesiske byer (inkludert Beijing og Guangzhou) for å få luftkvalitetsvarsler og en evaluering av, blant annet, EMEP-modellen mot målinger hver eneste dag.
- Prosjektresultater fra EMEP har i tillegg blitt presentert på mange nasjonale og internasjonale konferanser og i fagfelleverderte tidsskrifter.

7) Resultater som forventes ferdigstilt etter prosjektets slutt

- Basert på uEMEP er en tiltakskalkulator under utvikling som skal tas i bruk innen 2020 som en del av fagbrukertjenesten. Her vil brukeren kunne vurdere effektene av forskjellige tiltak mot luftforurensning i egen kommune men også over hele landet.
- Det er planer om å implementere uEMEP for hele Europa innen 2020.
- I tillegg til i Kina skal uEMEP også brukes til nedskalering i Sør-Amerika (med støtte fra EU-H2020 prosjektet PAPILA). Aktivitetene utenfor Europa koordineres i det globale MAP-AQ initiativet (<https://www2.acom.ucar.edu/map-aq>) som har som formål å utvikle et verdensomspennende system for overvåkning av luftkvalitet. AirQuip ble i 2019 tatt opp som et 'MAP-AQ prosjekt' og nevnes på deres webside.
- Kontaktnettverket med Kina som ble etablert under AirQuip vil utnyttes videre i fremtiden. Beregningsverktøyet uEMEP har blitt tatt i bruk i Kina, selv om varslingstjenesten ikke har blitt operasjonalisert på lokal skala ennå. EMEP (den underliggende regionale luftkvalitetsmodellen) er åpent tilgjengelig og har gjennom AirQuip blitt bedre kjent blant fagfolk i Kina. Samarbeidet har allerede ført til en fagfellevurdert publikasjon utenfor AirQuip prosjektet (Atmospheric Environment).
- Luftkvalitetsvarslene i Kina fører til økt forståelse om prosessene som forårsaker forurensningen der. Nytteverdiene av uEMEP, nevnt i avsnitt 5, vil på sikt også kunne gjelde for Kina.