Årsrapport 2014

NILU

Innhold

45 år med luft, atmosfære, miljøgifter og klima 3

ECLIPSE 4

Forskning for en ren atmosfære 6

NILUs avdelinger 7

Hubei-AQ.info – luftkvalitetsprognoser i Kina. 8

Perlemorskyer og ozonhull. 10

Forskning på aerosoler bidrar til bedre klimamodeller 11

Kartlegger luften i hele Norge. 12

Er CCS nøkkelteknologien for å redusere CO_2-utslipp fra energiproduksjonen?. 13

Jakten på miljøgifter i Norge 14

Doktorgradsstudenter ved ATMOS i 2014 15

Er nanomaterialer trygge i bruk? 16

Tromsøstudien: 54 menn, 51 miljøgifter og 28 år. 17

En reise med Oslo Havn 18

Referanselaboratorium for luft: Likt målt i hele Europa. 19

Kort om prosjekter. 20

Ferske doktorgrader på NILU. 22

Nøkkeltall. 23

Christine F. Solbakken, redaktør.
I redaksjonen: Ingunn Trones og Sonja Grossberndt.
Utforming og tilrettelegging: Finn Bjørklid.

Forside: Perlemorskyer over Kjeller.
Foto: Kjetil Tørseth.

MILJØMERKET 241 013 TRYKKSAK

45 år med luft, atmosfære, miljøgifter og klima

NILU feiret sitt 45-årsjubileum i 2014, og vårt distriktskontor i Tromsø fylte 20 år. Vi har vokst fra å være noen få pionerer, til nå å være et solid institutt med kompetanse og forskning i verdensklassen. Fremdeles har vi dyktige og trofaste kolleger som har vært med oss fra den spede begynnelse i 1969.

2014 var et økonomisk krevende år med nedlegging av avdelingen i Abu Dhabi og tilpasning til denne endringen for instituttet i Norge. Det er imidlertid gledelig at vi mot slutten av året fikk på plass en ny femårig rammekontrakt med miljømyndighetene i Abu Dhabi, noe som vil sikre et videre samarbeid om klima og miljø.

Nordområdene og NILU i Framsenteret

NILU i Framsenteret i Tromsø er en sentral aktør og samarbeidspartner på feltet miljøkjemi i nordområdene. Arktis ligger oppstrøms de store forurensningskildene, og hit transporteres persistente miljøgifter via atmosfæren. Arktis er derfor et svært interessant område for å studere både langtransport og klimaeffekter.

Klima

NILUs atmosfære- og klimaforskning markerer seg i verdensklassen med et Nordic Centre of Excellence, store klimaprosjekter og utvidet satsing innen klima og miljøgifter. Også på regionalt og lokalt plan styrker vi vår kompetanse og prosjektportefølje relatert til klimaendringer og kunnskapsbasert klimatiltaksrådgivning.

Klimaforskning knyttet til metankonsentrasjonene i hav og luft er en stor ny satsing, herunder vurderinger av langtransport, handelsvirksomhet og historisk variasjon. Her treffes fagmiljøer fra både atmosfære- og havforskning, noe som åpner for helt nye problemstillinger og en mer helhetlig tilnærming til klimaforskning.

Miljøovervåkning

Observatoriene er en hjørnestein i NILUs atmosfæreforskning og miljøovervåkning. Flyttingen av Trollobservatoriet i Antarktis ble gjennomført tidlig i 2014 og observatoriet har skiftet navn til Trollhaugen. Vi ser gode resultater av flyttingen ved at dataene nå holder høy kvalitet og at lokale forurensninger ikke lenger er et problem. Dataene vil gi unike bidrag til klimaforskningen. I tillegg ble Zeppelinobservatoriet på Svalbard i Arktis ytterligere styrket med ny instrumentering i året som gikk.

CIENS-samarbeidet

CIENS er et samarbeidssenter for NILU og flere andre miljøinstitutter, samt UiO. Vår hovedsatsing er å utvikle URBAN, et strategisk samarbeid for å styrke relevant miljø- og klimaforskning koblet med bærekraftig byutvikling.

Det er tatt en rekke initiativer for å få på plass en langsiktig finansieringsmodell. Vi er i dialog med forvaltning og næringsliv og håper at denne satsingen vil utvikle seg positivt videre. Vi er også opptatt av å sikre relevans i forskningen gjennom omfattende samarbeid med brukerpartnere som fylker, kommuner og næringsliv.

Innovasjon

NILU satser på innovasjon i bredeste forstand. Innovasjonsprosjektene er samfunnsnyttige ved at de bidrar til bedre samfunnsøkonomiske løsninger, og i noen tilfeller til nye arbeidsplasser og økt kommersialisering av produkter og tjenester.

Et raskt blikk på 2014

Under visjonen «Forskning for en ren atmosfære» fokuserer NILU på fire kjerneområder: Atmosfærens sammensetning, klimaendringer, luftkvalitet og miljøgifter. Blant disse er nok luftkvalitet og miljøgifter det som er mest framme i mediebildet, men vår forskning har flere fasetter.

Artiklene i denne årsrapporten gir et lite tverrsnitt av NILUs virksomhet. Her kan du lese om alt fra utvikling av luftkvalitetsmodeller i Kina til perlemorskyer, om hvordan blodprøver viser at konvensjoner som skal redusere utslipp av miljøgifter faktisk fungerer, og om sikker bruk av nanomaterialer.

God lesning!

Kari Nygaard
Adm.dir

ECLIPSE

Kan det å redusere utslipp av kortlevde klimadrivere bidra til å bremse klimaendringene?

Christine F. Solbakken
Kommunikasjonssjef

Samarbeidsprosjektet ECLIPSE, under EUs 7. rammeprogram, har utviklet og vurdert ulike strategier for utslippsreduksjon av kortlevde klimadrivere (*Short Lived Climate Pollutants, SLCP*) for å kunne gi velfunderte vitenskapelige råd om klimatiltak – og samtidig bedre luftkvaliteten.

– Den nåværende klimapolitikken tar ikke med i betraktningen en rekke kortlevde gasser og aerosoler, forklarer seniorforsker Andreas Stohl. – Dermed var vårt mål å bestemme hvordan disse stoffene bidrar til klimaendringene og hvilken innflytelse de har på luftkvaliteten, ved hjelp av state-of-the-art kjemitransport- og klimamodeller. Selv om klimagassen metan er inkludert i Kyoto-protokollen valgte vi å ta den også med i prosjektet, siden metan både har langt kortere levetid enn CO_2 og i tillegg påvirker luftkvalitet og klima via dannelse av bakkenært ozon.

Prosjektets mål

I løpet av ECLIPSE-prosjektet samarbeidet forskere fra 11 institutter i Europa og Kina om å oppnå bedre forståelse av hvordan kortlevde klimadrivere påvirker klimaet. De kvantifiserte strålingspådrivet og klimaresponsen som følge av kortlevde klimagassutslipp i ulike regioner av verden, og vurderte hvordan luftkvalitetsendringer påvirker menneskers helse.

Foto: Shutterstock

Seniorforsker Sabine Eckhardt forklarer at de også ønsket å avklare mulige vinn-vinn-situasjoner og kompromisser mellom klimapolitikk og luftkvalitetspolitikk. I tillegg ville de identifisere konkrete og kostnadseffektive bremsende tiltak for kortlevde klimadrivere.

Forskerne brukte satellitt- og bakkebaserte observasjoner til å evaluere ulike modellsimuleringer av de kortlevde klimadriverne og deres transport gjennom atmosfæren. De utførte også casestudier på viktige kilde- og mottakerregioner, med fokus på Europa, Kina og Arktis.

Realistisk klimatiltaksscenario

Et unikt systematisk konsept ble tatt i bruk for å utforme et realistisk og effektivt klimatiltaksscenario, og kvantifisere de klima- og luftkvalitetskonsekvensene som kunne forbindes med det.

Først beregnet de strålingspådrivsverdiene for en stor matrise av kortlevde klimadrivere som funksjon av region, årstid og de enkelte stoffene. Basert på disse beregningene valgte de ut egnede parametre for å kunne estimere klimaeffekten av bestemte kortlevde klimagassutslipp i forhold til en tilsvarende mengde CO_2-utslipp.

Deretter benyttet de parametrene for å generere et klimatiltaksscenario for de kortlevde klimadriverne, og satte dette scenarioet opp mot den gjeldende lovgivningen. De benyttet matrisen over region-, sesong- og stoffspesifikk klimapåvirkning (definert av de valgte parametrene) som datagrunnlag for en integrert vurderingsmodell. Til slutt ble alle utslippsreduserende tiltak med gunstig innvirkning på luftkvaliteten vurdert i henhold til forventet klimafordel.

Sammenliknet veier til målet

– Det er viktig å forstå at tiltak for å redusere utslipp vanligvis påvirker flere kortlevde klimadrivere samtidig. Ofte

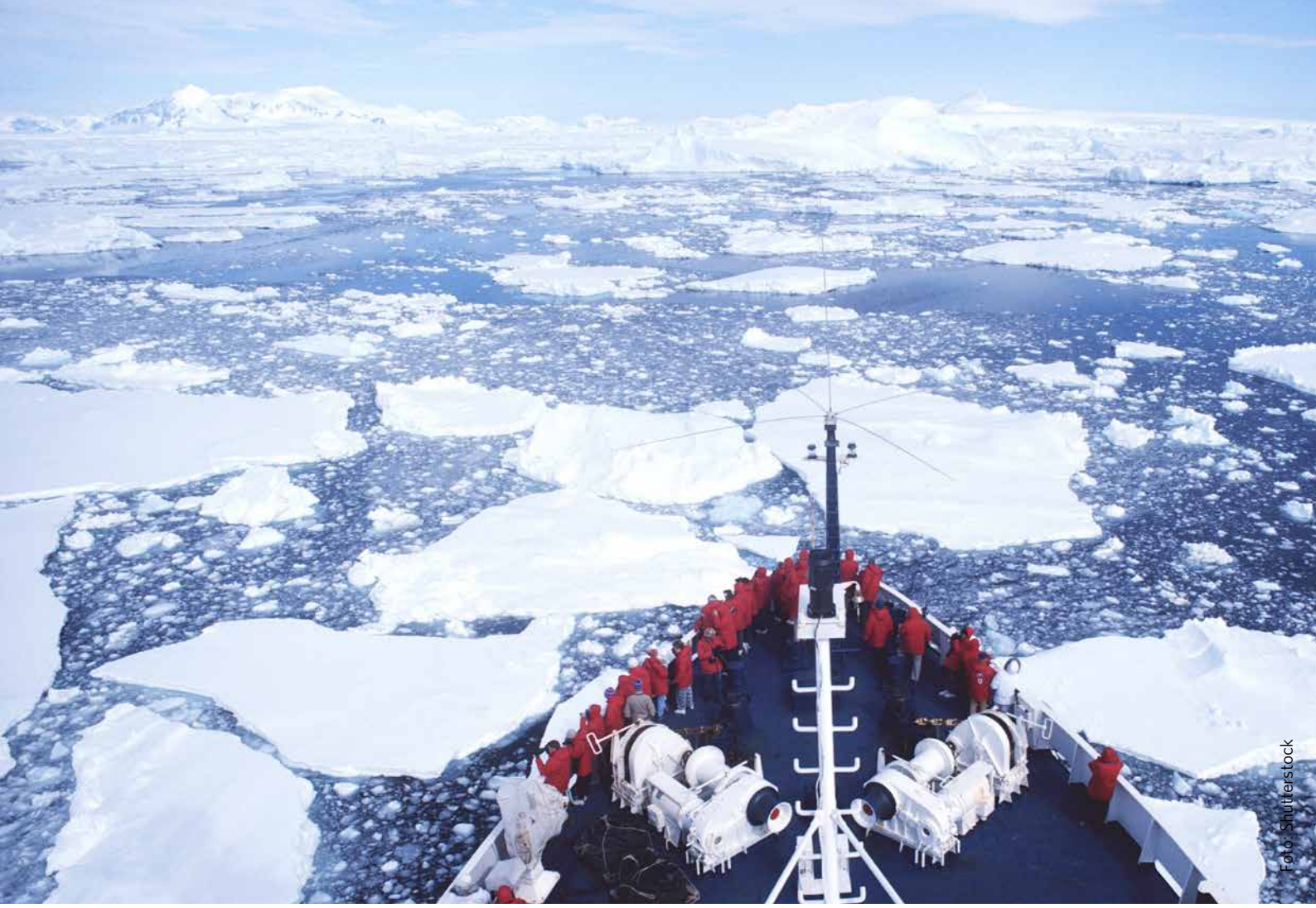


Foto: Shutterstock

ser vi at noen av driverne virker temperaturøkende, mens andre senker den globale temperaturen, sier Stohl. – For hvert utslippsreduserende tiltak må nettoeffekten fastsettes ved å måle klimaeffekten som følger av hver enkelt kortlevde klimadriver opp mot den valgte klima-måleparameteren – og så se på summen for alle de kortlevde aerosolene og klimagassene. Til slutt samlet vi alle tiltak med både gunstige luftkvalitets- og klimaeffekter i én «kurv», som definerer det kortlevde klimatiltaksscenarioet.

Disse måleparametrene kan ikke fullt ut kvantifisere klimaresponsen (f.eks. nedbørsendringer eller regionale temperaturendringer). Derfor ble en annen metode brukt for å bestemme klimaresponsen, der de utførte klimasimuleringer ved hjelp av fire ulike jordsystemmodeller for å se på responstiden mellom økningen i utslippet og den resulterende effekten på klimasystemet.

Ved å sammenligne klimaeffektene forventet ut fra parametrene med klimaeffekten beregnet i de kortvarige klimasimuleringene, koblet forskerne den første og andre delaktiviteten sammen. Sammenlikningen tillot dem også å vurdere hvor konsistente hver tilnærming var.

Utfordringer

Det er store usikkerheter knyttet til estimatene for klimaeffekten av kortlevde klimadrivere, og dermed også til hvor stor effekt det å redusere utslippene av dem vil ha. Flere studier har vist at klimaeffekten av kortvarige komponenter kan være svært avhengig av hvor i verden de slippes ut.

Hvordan klimaet responderer på strålingspådriv fra kortlevde klimadrivere er viktig, men samtidig utfordrende å forstå. Deres geografiske strålingspådrivsmønster (med unntak av metan) er vanligvis konsentrert nær utslippskilden – til klar forskjell fra det globale pådrivsmønsteret som følger av de langlevde klimagassene.

Resultater fra ECLIPSE

ECLIPSE har identifisert et sett av utslippsreduserende tiltak, som i sin helhet har gunstige klima- og luftkvalitetskonsekvenser. Særlig tiltak rettet mot metan har store tilleggsfordeler, siden det vil påvirke både klimaet og luftkvaliteten positivt gjennom at ozonnivået også reduseres. Man ser også at mindre svart karbon (*black carbon, BC*) og relaterte utslipp vil bidra til å bedre luftkvaliteten.

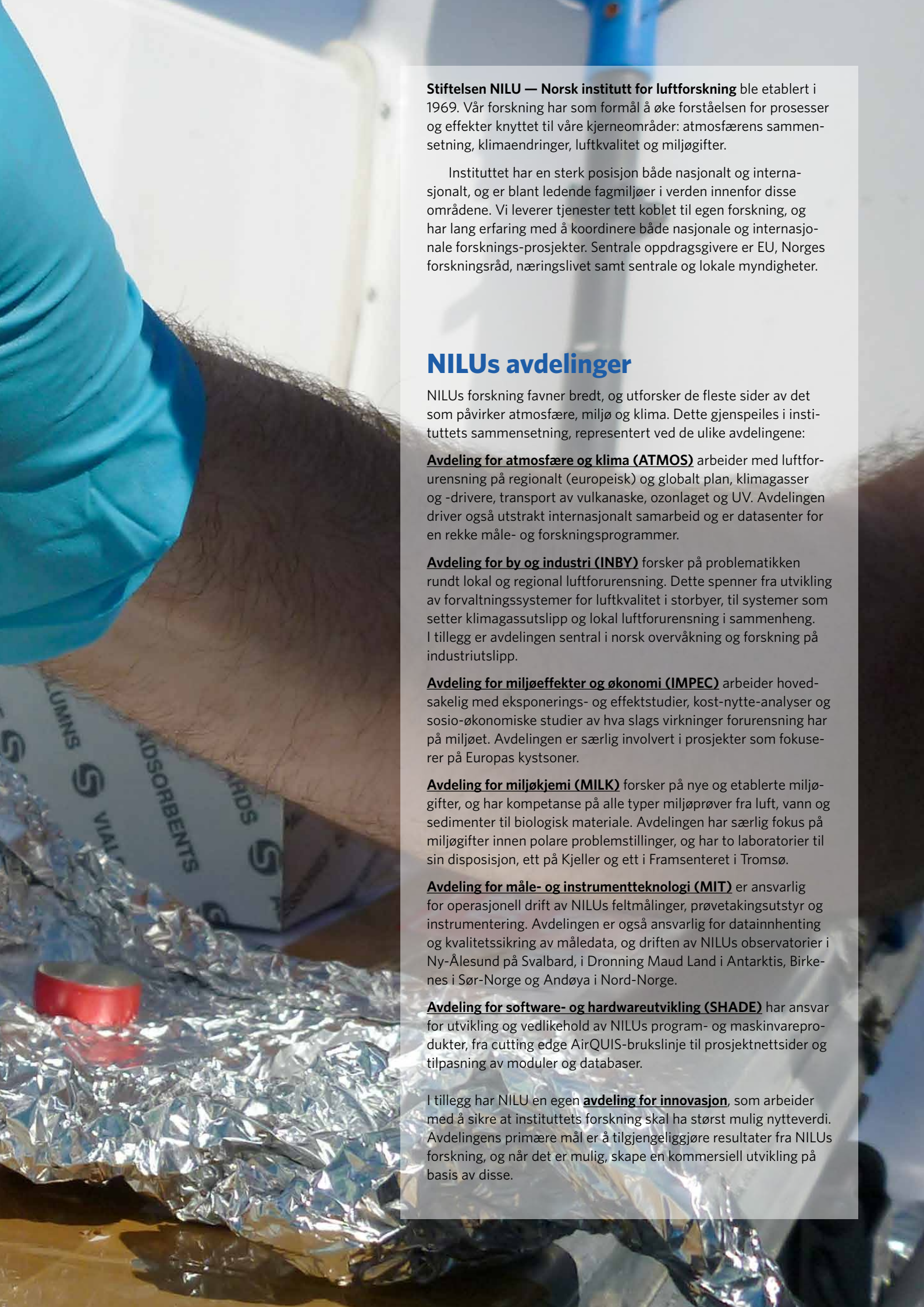
– Tilleggsfordelene er dog ikke store, siden klimaeffekten som følge av reduserte utslipp av BC i vår modellserie er forholdsvis lav, forklarer Stohl. – Dette er hovedsakelig fordi den indirekte effekten av BC kompenserer for en betydelig andel av det direkte aerosol-pådrivet. Å realisere alle ECLIPSE-tiltakene vil føre til en redusert klimaoppvarming på ca 0,22 °C for tiåret 2041-2050, og mellom 78-90% av dette vil skyldes lavere utslipp av metan.

– Siden CO_2 er den viktigste klimadriveren, kan altså ikke det å redusere utslipp av kortlevde klimagasser erstatte lavere CO_2-utslipp som middel for å bremse klimaendringene, sier Sabine Eckhardt. – Men uansett er tiltak rettet mot kortlevde klimagasser av det gode, fordi de fører med seg betydelige forbedringer av luftkvaliteten. Spesielt i utviklingsland kan dette igjen bety langt bedre livskvalitet. Som et eksempel anslår vi at ECLIPSE-tiltakene vil forlenge levealderen i India med om lag ett år.

Nettsted: http://eclipse.nilu.no

Forskning for en ren atmosfære

Preparering av vannprøver for siloksananalyse.
Foto: Nicholas Warner, NILU.



Stiftelsen NILU — Norsk institutt for luftforskning ble etablert i 1969. Vår forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til våre kjerneområder: atmosfærens sammensetning, klimaendringer, luftkvalitet og miljøgifter.

Instituttet har en sterk posisjon både nasjonalt og internasjonalt, og er blant ledende fagmiljøer i verden innenfor disse områdene. Vi leverer tjenester tett koblet til egen forskning, og har lang erfaring med å koordinere både nasjonale og internasjonale forsknings-prosjekter. Sentrale oppdragsgivere er EU, Norges forskningsråd, næringslivet samt sentrale og lokale myndigheter.

NILUs avdelinger

NILUs forskning favner bredt, og utforsker de fleste sider av det som påvirker atmosfære, miljø og klima. Dette gjenspeiles i instituttets sammensetning, representert ved de ulike avdelingene:

Avdeling for atmosfære og klima (ATMOS) arbeider med luftforurensning på regionalt (europeisk) og globalt plan, klimagasser og -drivere, transport av vulkanaske, ozonlaget og UV. Avdelingen driver også utstrakt internasjonalt samarbeid og er datasenter for en rekke måle- og forskningsprogrammer.

Avdeling for by og industri (INBY) forsker på problematikken rundt lokal og regional luftforurensning. Dette spenner fra utvikling av forvaltningssystemer for luftkvalitet i storbyer, til systemer som setter klimagassutslipp og lokal luftforurensning i sammenheng. I tillegg er avdelingen sentral i norsk overvåkning og forskning på industriutslipp.

Avdeling for miljøeffekter og økonomi (IMPEC) arbeider hovedsakelig med eksponerings- og effektstudier, kost-nytte-analyser og sosio-økonomiske studier av hva slags virkninger forurensning har på miljøet. Avdelingen er særlig involvert i prosjekter som fokuserer på Europas kystsoner.

Avdeling for miljøkjemi (MILK) forsker på nye og etablerte miljøgifter, og har kompetanse på alle typer miljøprøver fra luft, vann og sedimenter til biologisk materiale. Avdelingen har særlig fokus på miljøgifter innen polare problemstillinger, og har to laboratorier til sin disposisjon, ett på Kjeller og ett i Framsenteret i Tromsø.

Avdeling for måle- og instrumentteknologi (MIT) er ansvarlig for operasjonell drift av NILUs feltmålinger, prøvetakingsutstyr og instrumentering. Avdelingen er også ansvarlig for datainnhenting og kvalitetssikring av måledata, og driften av NILUs observatorier i Ny-Ålesund på Svalbard, i Dronning Maud Land i Antarktis, Birkenes i Sør-Norge og Andøya i Nord-Norge.

Avdeling for software- og hardwareutvikling (SHADE) har ansvar for utvikling og vedlikehold av NILUs program- og maskinvareprodukter, fra cutting edge AirQUIS-brukslinje til prosjektnettsider og tilpasning av moduler og databaser.

I tillegg har NILU en egen **avdeling for innovasjon**, som arbeider med å sikre at instituttets forskning skal ha størst mulig nytteverdi. Avdelingens primære mål er å tilgjengeliggjøre resultater fra NILUs forskning, og når det er mulig, skape en kommersiell utvikling på basis av disse.

Hubei-AQ.info – luftkvalitetsprognoser i Kina

Foto: Shutterstock

Wuhan er hovedstaden i Hubei-provinsen, og er med sine rundt ti millioner mennesker den mest folkerike byen i Sentral-Kina. Som mange andre kinesiske byer sliter Wuhan og de andre åtte byene i den såkalte «Wuhan-byklyngen» med kraftig luftforurensning.

Christine F. Solbakken
Kommunikasjonssjef

Europe Aid-prosjektet «Hubei air quality information and early warning system – complementing Hubei «1+8» city cluster haze monitoring (*Hubei-AQ.info*)» er en del av «EU – China Environmental Governance Programme» (EGP), og startet opp i desember 2012 med NILU som koordinator. Målet med prosjektet var å vise og dele informasjon om luftkvalitet, med særlig vekt på å gjøre luftkvalitetsprognoser tilgjengelige for allmennheten.

Luftkvalitetsprognoser

– Kinesiske myndigheter prøver aktivt å bevege seg framover, sier prosjektkoordinator og seniorforsker Li Liu fra NILU, – og den negative helseeffekten forbundet med luftforurensning er en stor bekymring for både dem og befolkningen. Dermed var det viktig for prosjektet å utvikle et informasjons- og varslingssystem som tilbyr allmennheten informasjon om luftkvaliteten i nær sanntid, i tillegg til prognoser for luftforurensningssituasjonen.

– Prosjektet kunne ikke dekke alle de ni byene fra starten av, forklarer Liu. – Dermed bestemte NILU og den lokale partneren Hubei Environmental Monitoring Centre (HBEMC) seg for å begynne med Wuhan. HBEMC er underlagt Hubeiprovinsens Environmental Protection Bureau (EPB).

Varslingssystemet de har utviklet gir en detaljert luftkvalitetsprognose for en stor del av Wuhan og hovedveiene i byen. Prognosene er tilgjengelige for allmennheten via Internett, og systemet kan dupliseres og/eller oppskaleres for andre byer og provinser.

AirQUIS

I arbeidet med å etablere et informasjons- og varslingssystem for luftkvalitet for Wuhan, startet prosjektgruppen med å ta i bruk AirQUIS, et NILU-utviklet integrert informasjonssystem for luftkvalitet.

Luftkvalitetsprognosen baseres på et flerskala modelleringssystem som kan skaleres opp og anvendes i andre byer, avhengig av behovet. Det er imidlertid viktig å forbedre grunnlagsopplysningene, spesielt utslippsdata for trafikk, industri og andre områdekilder. AirQUIS' brukervennlige grensesnitt gjør det enkelt å samle slik informasjon, noe som er særlig gunstig i et prosjekt med partnere med mange forskjellige bakgrunner.

Systemet inneholder flere moduler, blant annet luftkvalitet, utslipp og meteorologiske databaser, statistiske moduler for luftkvalitetsanalyser, samt en modul for utslippsspredning.

Trafikkutslippsoversikt

Å kvantifisere og forstå hvordan kjøretøy bidrar til luftforurensningen er et krav når man skal implementere effektive

kontrolltiltak i en by. Siden informasjon om trafikkutslipp opprinnelig manglet for Wuhan og de andre byene, utviklet prosjektet en detaljert trafikkutslipps-oversikt for Wuhan – inkludert alle hovedveiene.

– Verktøyet og metodikken som er utviklet i prosjektet vil sikre at den lokale partneren er i stand til å fortsette å legge til flere veier og byer i systemet fram-over, sier NILU-ingeniør Dam Thanh Vo.

Opplæring og øvelser

– Å jobbe sammen med det kinesiske teamet har vært en god opplevelse, forteller Liu. – De har vært svært åpne for å dele informasjon og samarbeide med oss. Til gjengjeld har vi bistått med den nødvendige opplæring, øvelser og praktiske demonstrasjoner som må til for å forstå og bruke modelleringssystemet, forstå utslippsdata, benytte AirQUIS, og utvide systemene i fremtiden.

Alt kursmateriale er overlevert til HBEMC, og er via dem tilgjengelig for alle de ni byene i Hubei-provinsen.

Kinesisk utvidelse av varslingssystemet?

Den kinesiske regjeringen har besluttet at alle hovedstedene i kinesiske provinser må tilby informasjon om, og prognoser for, luftkvalitet til sine innbyggere. Derfor diskuterer NILU nå muligheten for å innføre modelleringssystemet utviklet for luftkvalitetsprognoser, samt AirQUIS som styringsverktøy, også i andre byer i Hubei – og ser frem til å utvide aktiviteten i Kina.

Nettsted: http://hubei-aq.info/

Satelittfoto over Wuhan.

Foto: Wikipedia Commons/NASA

Perlemorskyer over Kjeller 22. desember 2014.

Foto: Kjetil Tørseth

Perlemorskyer og ozonhull

Vakkert fargespill på himmelen kan skape hull i ozonlaget.

Tove Marit Svendby
Seniorforsker

Like før jul i 2014 så vi noen fantastisk flotte skyer på Østlandsområdet – såkalte perlemorskyer. Disse skyene er gjerne karakterisert ved sine vakre farger, og de befinner seg høyt oppe i atmosfæren. Men visste du at perlemorskyer ofte bidrar til kraftig ozonnedbrytning?

Perlemorskyer, som er en form av såkalte PSC-er (*Polar Stratospheric Clouds*), er skyer som befinner seg i høydeområdet 15-30 km (stratosfæren), omtrent dobbelt så høyt som vanlige troposfæriske isskyer. De opptrer som regel om vinteren i polare strøk. Ettersom perlemorskyene befinner seg så høyt på himmelen, kan sola skinne på dem fra under horisonten ved soloppgang og/eller solnedgang. Solstrålene blir brutt i iskrystallene på samme måte som lysstråler brytes i et prisme, og et imponerende fargespekter oppstår.

Historiske observasjoner

Allerede på 1930-tallet startet systematiske ozonmålinger i Norge: Først i Tromsø og noen år senere på Dombås. Meteorologen Kaare Langlo, som var ansvarlig for de norske ozonmålingene på 1940-tallet, oppdaget at perlemorskyer ofte var forbundet med lave ozonverdier.

Langlo fant ingen god forklaring på dette fenomenet, men konkluderte på følgende måte i en publikasjon fra 1952: «We have found justifications for publishing these preliminary results in the hope that they may be of some value for continued research in this field». Langlos observasjoner var et resultat av «heterogen ozonnedbrytning», men det skulle gå flere tiår før fenomenet lot seg vitenskapelig forklare.

Perlemorskyer + klor = ozonhull

Perlemorskyer dannes ved svært lave temperaturer i stratosfæren (under -80°C). Slike isskyer er forholdsvis sjeldne i Arktis, men i Antarktis er de atskillig mer utbredt. De er også en viktig årsak til den massive ozonnedbrytningen (ozonhullet) som oppstår i Antarktis hver vår.

Atmosfæren inneholder klorforbindelser, både naturlige og menneskeskapte, og vårt forbruk av KFK-gasser (klorfluorkarboner, bl.a. fra spraybokser) har bidratt til en markant økning av klorforbindelser i stratosfæren de siste tiårene. Klorforbindelsene er i utgangspunktet stabile og reagerer i liten grad med ozon, men på overflaten av perlemorskyene skjer kjemiske reaksjoner mellom passive klorforbindelser, slik at det dannes klorgass (Cl_2).

Fra juni til august er det vinter og mørketid i Antarktis, men når sola titter fram i september splitter sollyset Cl_2 til Cl-radikaler som angriper og bryter ned ozon. Samtidig vil den antarktiske polarvirvelen, en vedvarende, storskala syklon oppe i den midtre og øvre troposfæren og i stratosfæren, forhindre at ozonrik luft fra lavere breddegrader føres inn i det antarktiske området. Dermed er ozonhullet et faktum. I slutten av november vil vanligvis polarvirvelen over Antarktis brytes opp, og ozonhullet blir tettet med ozonrik luft fra ekvatorområdet.

Mindre ozonhull i Arktis enn i Antarktis

For at det skal dannes stratosfæriske isskyer (perlemorskyer) må det være svært kaldt i stratosfæren. På grunn av ulik topografi på den nordlige og sørlige halvkule, er gjerne stratosfæren varmere over Arktis enn Antarktis og polarvirvelen er mindre stabil. Dermed får vi sjelden kraftige og langvarige ozonhull i nord. Vinteren/våren 2011 var et unntak i så måte. Da ble det observert et langvarig ozonhull også over nordområdene. Det skyldtes en unormalt kald stratosfære over flere uker, samt liten tilførsel av ozonrik luft fra sørlige breddegrader.

Perlemorskyer og klima

Som følge av økende CO_2-konsentrasjoner vil troposfæren bli varmere, mens temperaturen i stratosfæren forventes å synke. Dette kan føre til at forekomsten av perlemorskyer blir hyppigere, og at ozonhull blir mer vanlige, også i Arktis. De klimatiske vekselvirkningene er mange, og framtidige perlemorskyer er vanskelig å predikere.

Ozonnedbrytning eller ei, disse fargesprakende skyene er et imponerende skue som følges med stor interesse av både forskere og andre med sans for vakre naturfenomener.

Forskning på aerosoler bidrar til bedre klimamodeller

Aerosoler er en av faktorene som påvirker klimaendringer. Derfor ønsket forskere fra NILU å finne ut mer om dem, og bruke kunnskapen til å utføre mer presise prediksjoner for klimaendringene.

Sonja Grossberndt
Forsker

Aerosoler består av enten små, solide partikler eller væskedråper, suspendert i luft eller gass. Jo høyere antall partikler det er inne i en sky, jo flere partikler er det å fordele kondenserende vanndamp på. Dette gjør at skyen blir hvitere og lever lenger enn vanlig. I tillegg kjøler prosessen ned temperaturen på jordoverflaten, ved at skyen reflekterer mer sollys før det når bakken.

Skaper skyer

For å finne ut mer om denne effekten, bruker NILU-forskerne på Birkenesobservatoriet spesielle instrumenter for å lage sine egne skyer. Ved å granske skyene forventer forskerne å finne ut mer om både selve partiklene og effekten de kan ha på klimaet. Ved å telle antall partikler som er i stand til å danne skydråper, kan forskerne teste og forbedre klimamodeller for å gjøre prediksjonene mer nøyaktige.

– Det største usikkerhetsmomentet for prediksjon av klimaet er det faktum at vi ikke har klimadata fra før industrialiseringen, forklarer seniorforsker Markus Fiebig ved NILU. – For å finne ut i hvilken grad klimaendringsprosesser har blitt fremskyndet av menneskelig aktivitet, må vi derfor se på områder som fortsatt er forholdsvis rene. Ett av disse områdene er det sentrale Antarktis.

Det reneste stedet på jorden

Luften i Antarktis er renere enn noen andre steder på jorden, på grunn av lite forurensning fra lokale kilder. Derfor kunne NILU-forskerne utføre en rekke tester der, med hensikt å finne ut mer om aerosolenes størrelsesfordeling og optiske egenskaper i luften.

Disse egenskapene er viktige fordi de beskriver den direkte effekten aerosol har på klimaet. Resultatene viste at den naturlige aerosolen i Antarktis gjennomgår en årlig syklus, som kan fungere som referanseprosess for klimamodeller. Da kan de bedre representere naturlige prosesser i atmosfæren.

Måler nanopartikler i lufta

Underveis i forskningen på aerosoler, oppdaget Fiebig og hans kolleger også at gasser fra tropiske og subtropiske strøk blir transportert i stor høyde – i overkant av troposfæren – helt til det sentrale Antarktis. På sin vei oksiderer sollyset gassene, noe som resulterer i dannelsen av nye partikler. Selv om disse partiklene er svært små, mellom 30 og 100 nanometer (en milliarddels meter), kan de likevel bli målt i luftprøver.

Fiebig og hans kolleger brukte data fra Trollhaugen, NILUs observatorium i Dronning Maud Land, i FLEXPART-modellen. De ville finne opprinnelsessted for partikler som er observert på Trollhaugen, men hvis opprinnelse ikke er kjent fra tidligere. De planlegger nå ytterligere modifikasjoner av modellen, for å muliggjøre prognoser for fremtidig fordeling av utslippene.

Prosjektet SACC

Disse forskningsaktivitetene er en del av prosjektet SACC – Strategic Aerosol Observation and Modelling Capacities for Northern and Polar Climate and Pollution. Målet med SACC er å forbedre NILUs kompetanse om atmosfæriske aerosoler innen to av instituttets kjerneområder; luftkvalitet og klimaendringer i polare områder. SACC er finansiert av Klima- og miljødepartementet i perioden 2011-2015.

Foto: Chris René Lunder

NILUs observatorium Trollhaugen i Antarktis.

Foto: Stein Manø

Kartlegger luften i hele Norge

NILU og Meteorologisk institutt (MET) samarbeider om et prosjekt for utvikling og etablering av et nasjonalt beregningsverktøy for lokal luftkvalitet. Første fase varer ut 2016, og da skal ny informasjon om luftkvalitet for hele Norge være klar til bruk.

Christine F. Solbakken
Kommunikasjonssjef

– Dette nye nasjonale beregningsverktøyet skal brukes av forvaltning, forskere og konsulenter for å løse ulike oppgaver relatert til eksisterende regelverk for lokal luftkvalitet, forklarer forskningsdirektør Leonor Tarrasón ved NILUs avdeling for by og industri.

På vegne av Klima- og miljødepartementet (KLD) identifiserte Miljødirektoratet, Vegdirektoratet, Helsedirektoratet og Folkehelseinstituttet sju hovedoppgaver det nye nasjonale beregningsverktøyet (NBV) skulle kunne løse. NILU og MET fikk det videre oppdraget om å hente inn de nødvendige inngangsdataene og gjennomføre arbeidet i første fase av prosjektet innen 2017.

Bred bestilling

Prosjektet skal utvikle verktøy som kan brukes til å løse de mest sentrale oppgavene som kreves av dagens regelverk for lokal luftkvalitet:

1. Årlige statuskart av den geografiske utbredelsen av luftforurensning i forskjellige områder
2. Luftsonekart i henhold til eksisterende regelverk
3. Framskrivninger av den geografiske utbredelsen av luftforurensning i forskjellige områder
4. Tiltaksberegninger for konsekvensutredninger etter krav fra regelverket i norske byer
5. Studier av kildeallokering (beregne hvor mye ulike kilder bidrar) etter krav fra regelverket i forskjellige områder
6. Fremvisninger av varslet luftkvalitet for informasjon ved brudd på alarmterskelen og støtte gjennomføring av kortsiktige tiltak i utvalgte områder
7. Helseeksponeringskart for luftkvalitet, dvs. antall personer utsatt for skadelige nivåer av luftforurensning i utvalgte områder

Verktøyet, som er basert på åpen kildekode, skal gi kunne gi resultater på tre nivåer – for hele Norge, for de syv største byene og for utvalgte tettsteder og industri. I den første fasen, som skal være ferdig i 2017, vil hovedfokus være å generere kart som viser årlig status, luftsonekart, kildeallokering og helseeksponering. I neste fase vil prosjektet jobbe med å etablere tre ulike interaktive verktøy på basis av informasjonen samlet i første fase.

Mer og bedre data

Per i dag finnes det informasjon om luftforurensningsutbredelse i hele Norge på luftkvalitet.info. I tillegg finnes det en del informasjon om luftkvaliteten i norske byer, blant annet organisert under Bedre Byluft-prosjektet, og i form av tiltaksberegninger for hovedsakelig Oslo/Bærum og Trondheim.

Tarrasón forklarer at hovedårsaken til at det ikke finnes mer utbredt informasjon om luftkvaliteten i Norge er mangel på data fra relevante utslippskilder og meteorologiske data for ulike steder. Dette er nødvendig for å få til solide beregninger. Derfor har NILU og MET foreslått at første prioritet i utviklingen av det nye nasjonale beregningsverktøyet er å sørge for en systematisk anskaffelse av nødvendige inngangsdata for meteorologi og utslipp, med etablerte rutiner som garanterer regelmessig oppdatering.

I rute

Ved inngangen til 2015 var prosjektet godt i rute. De har så langt levert en rapport med forslag til dataflyt og IT-løsning, samt engasjert firmaet NetLife Research for å bistå i utviklingen av et nettsted. Firmaet skal også vurdere en redesign av luftkvalitet.info, forteller Tarrasón.

Ellers har forskerne jobbet systematisk med å identifisere utslippsdatakilder for de sju norske byene og 100 tettstedene som skal inngå i prosjektet, og begynt jobben med å produsere operasjonelle meteorologiske prognoser for hele Norge. De har også utviklet ulike beregningsmodeller for å kartlegge forurensningssituasjonen i både byene og tettstedene.

– Vi er i tett dialog med våre oppdragsgivere for å sikre videre fremdrift, avslutter Tarrasón, – og vi har også stor nytte av den gode kontakten med forumet for Bedre Byluft, som drives av Miljødirektoratet og Vegdirektoratet.

Er CCS nøkkelteknologien for å redusere CO_2-utslipp fra energiproduksjon?

Reduksjon av CO_2-utslippene til atmosfæren er en måte å bekjempe effekten av global oppvarming, samtidig som det begrenser konsekvensene av klimaendringer på miljøet og menneskers helse.

Jozef M. Pacyna
Forskningsdirektør

Det forskes i dag på ulike teknologier innen karbonfangst og -lagring (CCS). Man finner både teknologier som forbedrer forbrenningseffektiviteten, og teknologier som satser på å redusere CO_2 fra røykgass, ofte kalt CCS-teknologier. I dag forventes det at moderne høyeffektive kraftverk er tilrettelagt for CO_2-fangst, det vil si at de har plass til en CO_2-fangstenhet.

CCS i energiproduksjon

Det siste tiåret har NILUs avdeling for miljøeffekter og økonomi (IMPEC) studert teknologiske, miljømessige og samfunnsøkonomiske aspekter ved CCS-implementering i energisektoren.

Et prosjekt med polske partnere for det polske energikonsernet Tauron konkluderte med at det høye energibehovet for separasjon av CO_2, som igjen reduserer den totale effektiviteten av energiproduksjonen, er en av de store teknologiske utfordringene knyttet til implementering av CCS-teknologi i kraftverk. Dagens forskning er derfor fokusert på å optimalisere integreringen av CO_2-fangstsystemene med den teknologiske strukturen i kraftverkenes forbrenningsprosesser.

Ny CCS-klar teknologi

IMPEC, i samarbeid med Institutt for energiteknikk på Kjeller (IFE) og polske partnere, er også involvert i utviklingen av en ny, CCS-klar teknologi for kull- og biomasseforbrenning. Denne teknologien tar i bruk et kjemisk resirkuleringskonsept (*CLC – chemical looping combustion*).

CLC-prosessen karakteriseres ved at man unngår direkte kontakt mellom luft og drivstoff i løpet av forbrenningen. Det nye ved dette er at oksygen, som er nødvendig for forbrenning av drivstoffet, tilføres av faste oksygenbærere – uten at brennstoffet ellers kommer i kontakt med luft. Dermed reduseres CO_2-utslippene betraktelig i forhold vanlige forbrenningsprosesser.

Siden CLC-konseptet ikke avhenger av en energikrevende separasjonsprosess antas teknologien å være mer kostnadseffektiv enn andre CCS-teknologier. Prosjektet forventes å bidra til både innovasjon og økt forståelse av CLC- prosessene. Mer informasjon er tilgjengelig på www.newloop.eu.

Et av de mest utfordrende temaene innen CCS-implementering er å utvikle trygge og stabile lagringsmuligheter for CO_2 etter separasjon fra røykgassen. IMPEC har nettopp startet prosjektet PRO_CCS sammen med stiftelsen Tel-Tek og polske partnere. Det tar for seg økonomisk lønnsomme og sosialt aksepterte CCS-prosesser og forbedrede prosesser for oljeutvinning. Prosjektet er basert på mulige miljømessige og økonomiske fordeler ved integrering av utslippskilder for CO2 og CO_2-forbrukere, der CO_2 fra store utslippskilder for eksempel kan benyttes til å forbedre oljeutvinningen. Prosjektet fokuserer videre på å benytte utslippsstrømmer av CO_2 fra industrikilder (raffinerier og andre kjemiske anlegg) i den nordlige delen av Polen, for å øke utvinningen av olje og gass fra felt i Østersjøen. Mer informasjon om PRO_CCS prosjektet er tilgjengelig på www.itc.polsl.pl/pro_ccs.

Flere demonstrasjonsprosjekter nødvendig

Prosjekter IMPEC har gjennomført i samarbeid med andre forskergrupper konkluderer med at CCS-installasjoner er nøkkelteknologi for å nå EUs mål for utslippsreduksjon av CO_2, ved å fjerne CO_2 fra røykgassutslipp fra kraftverk og andre industrielle sektorer.

Disse installasjonene må imidlertid verifiseres i full industriell skala. Man må derfor skaffe flere demonstrasjonsprosjekter før drift av en fullskala industribasert CCS-installasjon kan realiseres.

Foto: Shutterstock

Jakten på miljøgifter i Norge

Vårt moderne liv er på godt og vondt basert på bruk av et utall forskjellige menneskeskapte kjemikalier. De færreste av oss ønsker å gå glipp av de fordelene disse gir – men vet vi nok om ulempene? I mer enn ti år har NILU bidratt til å kartlegge miljøgifter i Norge.

Martin Schlabach
Seniorforsker

De positive og ønskede effektene av disse kjemikaliene, enten de er bestanddeler i legemidler, kosmetikk og hudpleiemidler, emballasje, bygningsmaterialer eller elektronikk, må derimot hele tiden veies opp mot eventuelle negative effekter på miljø og helse. Denne avveiningen bør i størst mulig grad baseres på faglige argumenter som tar hensyn til miljø- og helseaspekter, og i langt mindre grad på økonomiske føringer eller følelser.

Supplement til overvåkning

NILU bidrar til denne faglige vurderingen med modellering av miljøskjebne og effektstudier, men i særlig grad med overvåkning av forekomsten av disse stoffene i miljøet. Overvåkning av kjemikalier er veldig ressurskrevende, og en kontinuerlig miljøovervåkning er kun mulig for de mest prioriterte stoffene. For å utfylle denne fullskala-overvåkningen har miljømyndighetene i de nordiske landene etablert såkalte «screening»-undersøkelser.

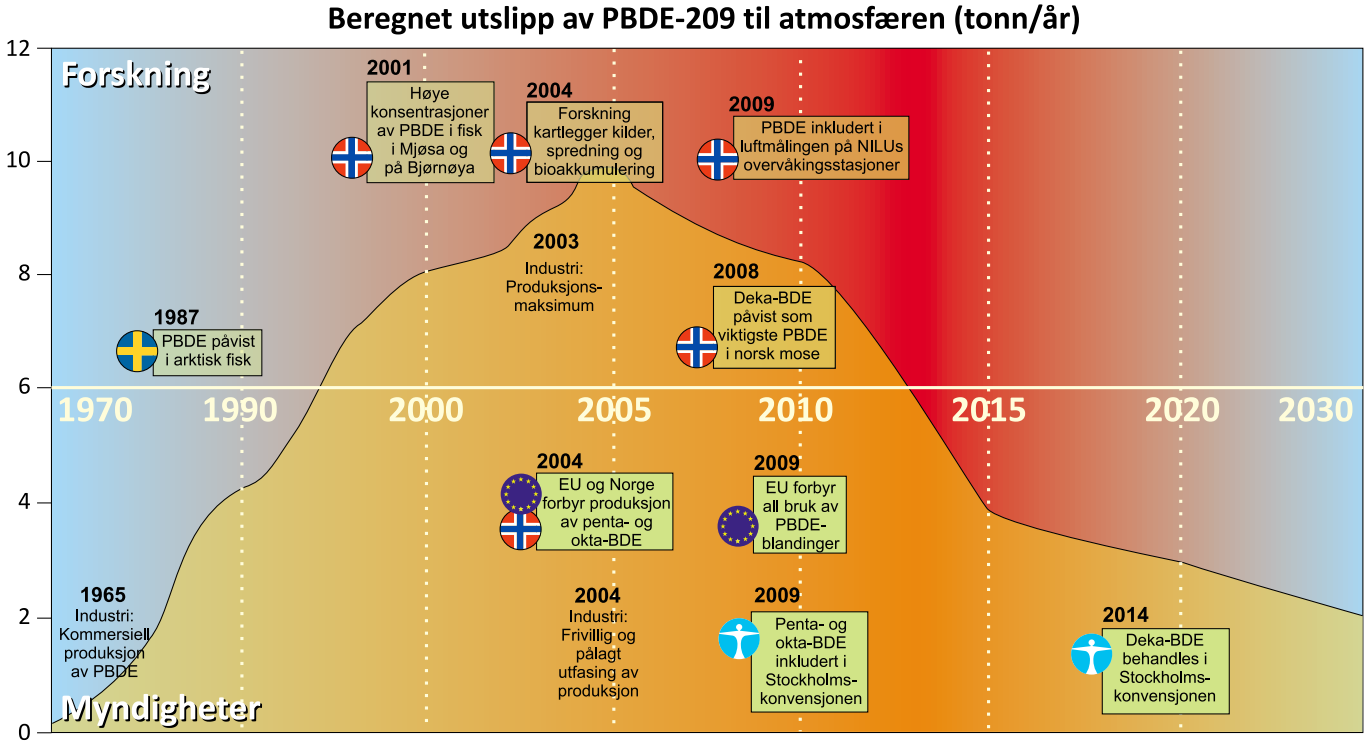
Screening gir et øyeblikksbilde av mindre undersøkte kjemikalier i Norge. En slik kartlegging er gjerne tidsbegrenset, men er viktig for å undersøke egenskaper eller risiko ved «nye» stoffer eller grupper av stoffer. Den foretas ofte på steder der man forventer høy forekomst av de aktuelle kjemikaliene.

Grunnlag for videre overvåkning og internasjonale avtaler

Denne screeningen er også viktig for å skaffe data som sier noe om hvorvidt forbindelsen utgjør et problem i miljøet, og om videre undersøkelser (eventuelt langtidsovervåkning og tiltak) er nødvendig. I tillegg er slike data viktige verktøy i utformingen av internasjonale avtaler, konvensjoner og risikovurderinger. Dataene har blant annet gitt viktige bidrag til forståelse av stoffenes persistens og potensial for langtransport med luft- og havstrømmer. I tillegg har screening-undersøkelsene vært viktige brikker i Norges og EUs risikovurderinger og forhandlinger om internasjonale avtaler, for eksempel Stockholmkonvensjonen under UNEP POPs. Som vist i figuren under er de bromerte flammehemmerne PBDE et typisk eksempel for dette samspillet mellom forskningsmiljøer og regulerende myndigheter.

Hvilke stoffer screenes?

Utvalget av stoffer til screening har vært basert både på forvaltningens interne behov og prioriteringer, men også på en faktabasert evaluering av innrapportert forbruk fra produsentene, korrelert med data om faregrad (persistens, bioakkumulering og hvor giftig stoffet er).



Estimerte PBDE-utslipp til luft sett i forhold til screeningstudier og påfølgende reguleringer. PBDE-screening i fisk fra Mjøsa og Bjørnøya i 2001 satt i gang flere store overvåknings- og forskningsprosjekter som bidro vesentlig til en gradvis utfasing av PBDE.

Screeningen av miljøgifter har blant annet omfattet forbindelser som bromerte flammehemmere (PBDE, HBCDD, TBBPA), bisfenoler (for eksempel BPA), klorerte parafiner, siloksaner, utvalgte forbindelser i legemidler og kosmetikk og biocider. Studiene har delvis vært landsomfattende, men oftest har man konsentrert seg om enkelte lokaliteter.

Forskningsutfordringer, samarbeid og dialog

Screeningundersøkelsene er, og har lenge vært, interessante og strategisk viktige for Miljøkjemiavdelingen (MILK) ved NILU. De analytiske utfordringene er som regel helt i forskningsfronten, og ofte er det nødvendig å utvikle helt nye analysemetoder på veldig kort tid. MILK har gjennomført de fleste prosjektene i et strategisk samarbeid med Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og til dels også Norsk institutt for naturforskning (NINA), for å utnytte komplementær kompetanse på prøvetaking og analyse av en del stoffer.

Screening er krevende og ressursintensivt, og for å få best mulig utbytte er det viktig med langsiktig og god planlegging av prøvetaking, analyse og evaluering. Dette kan bare oppnås gjennom en god og tett dialog med brukerne i miljøforvaltningen.

Fakta

- **PBDE:** Samlebetegnelse for en rekke ulike bromerte flammehemmere, organiske stoffer som alle inneholder brom. Bromerte flammehemmere kan ha alvorlige effekter både for helse- og miljø, siden de transporteres over store avstander med hav- og luftstrømmer, blir værende i miljøet i lang tid, kan oppkonsentreres i næringskjeden og er giftige.
- **HBCDD:** Den bromerte flammehemmeren Heksabromsyklododekan er persistent og svært bioakkumulerende. HBCDD er også svært giftig for vannlevende organismer. Stoffet er klassifisert som miljøskadelig og kan muligens være til skade for forplantningsevnen.
- **TBBPA:** Tetrabrombisfenol A er en annen bromert flammehemmer, og er klassifisert som miljøskadelig.
- **BPA:** Bisfenol A brukes i mange forskjellige produkter, som plast, maling og lim. Stoffet er hormonforstyrrende i miljøet og er mistenkt for å kunne skade forplantningsevnen, men brytes forholdsvis lett ned i vann og er ikke særlig bioakkumulerende.

Kilde: Miljøstatus.no

Doktorgradsstudenter ved ATMOS i 2014

Avdeling for atmosfære og klima (ATMOS) har hatt fire doktorgradsstudenter i 2014.

En av dem er **Sofia Eirini Chatoutsidou**. Hun kommer fra Hellas, og har jobbet med doktorgradsprosjektet sitt ved NILU i to år. Prosjektet har tittelen Human Exposure to Aerosol Contaminants in Modern Microenvironments (HEXACOMM), og er finansiert av Marie-Curie Actions: Initial Training Networks, i EUs sjuende rammeprogram.

Siden de fleste av oss bruker rundt 80-90% av tiden innendørs, har inneklima fått stadig mer oppmerksomhet de siste to tiårene. Chatoutsidou ønsker å finne ut hvordan det vi gjør når vi er hjemme påvirker partikkelegenskapene innendørs, samt hvordan partikler utenfra påvirker inneklimaet. For tiden forsker hun på hvilke fysiske prosesser som gjør at partikler som allerede er avsatt på overflater innendørs, virvles opp igjen. Å vite hvor partiklene kommer fra, og hva de er laget av, er viktig for å kunne vurdere helserisikoen, spesielt for utsatte grupper (eldre og barn).

Andreas Vogel kommer fra Tyskland og startet sitt doktorgradsprosjekt ved ATMOS i mai 2014. Hans forskningsprosjekt er også finansiert av Marie Curie Actions: Initial Training Networks, og har tittelen Volcanic ash: Field, experimental and numerical investigations of processes during its lifecycle (VERTIGO). Eyjafjallajökull-utbruddet på Island i 2010 viste at svevende askeskyer etter vulkanutbrudd påvirker luftfart og flytrafikk både på regional og global skala. Askepartikler i atmosfæren kan forårsake store skader på fly, noe som er en stor utfordring for luftfarten. Vogel studerer hvordan askepartikler oppfører seg, både i atmosfæren og i flymotorer. Dette innebærer numeriske eksperimenter ved hjelp av CFD-modellering av flymotorer (*CFD= Computational Fluid Dynamics*). I tillegg gjennomfører Vogel detaljerte undersøkelser av partiklenes egenskaper, og hvordan de oppfører seg både under transport i atmosfæren og inne i flymotoren.

Jonas Gliß er en tysk doktorgradsstudent, som startet sitt prosjekt om vulkanske utslipp i april 2014.
Aktive vulkaner kan frigi store mengder gass til atmosfæren, for eksempel vann (H_2O), karbondioksid (CO_2) og svoveldioksid (SO_2). Disse gassene kan påvirke atmosfæren og klimaet, både på regional og global skala, for eksempel i form av sur nedbør eller nedbryting av ozonlaget. For å bestemme effekten av dette, bruker og videreutvikler Gliß banebrytende optiske måleteknikker. Da kan han studere den kjemiske sammensetningen og utviklingen av de kjemiske stoffene i vulkanskyer. Nyere studier viser at data samlet med disse måleteknikkene også kan være egnet til å granske problemstillinger knyttet til vulkansk risikovurdering og vulkansk aktivitet, for eksempel hvordan forutsi vulkanutbrudd.

Fra venstre, Andreas Vogel, Sofia Eirini Chatoutsidou og Jonas Gliß.

Henrik Grythe forsker på transport av aerosoler i et nordisk samarbeidsprosjekt, Cryosphere Atmosphere interactions in a Changing Arctic Climate (CRAICC).

Aerosoler kommer ofte opp i media i forbindelse med luftforurensning i byer, blant annet fra trafikk. Men aerosoler har også stor påvirkning på skydannelse og klima. Grythe bruker en modell som beskriver transporten av disse partiklene i atmosfæren, og ser på partikkeltettheten i områder der det finnes målinger. Ved å sammenligne partikler fra målingene og modelleringen kan vi få bedre forståelse av hvor aerosolene kommer fra, hvordan de transporteres og hvor de blir av. Et viktig aspekt ved prosjektet er kompetansedeling mellom de nordiske landene. Grythes tid er derfor delt likt mellom NILU på Kjeller, ACES i Stockholm og FMI i Helsinki.

Er nanomaterialer trygge i bruk?

Nanomaterialer er overalt. Du finner dem i et bredt spekter av materialer, fra sportsklær, kosmetikk og tannkrem, til maling, bygningsmaterialer, elektronikk og legemidler. Så lenge den raske fremgangen innen nanoteknologi fortsetter, blir det stadig flere produkter på markedet.

Elise Rundén Pran
Seniorforsker

De unike egenskapene til nanomaterialer, og det som gjør disse produktene så ettertraktet, er knyttet nettopp til størrelsen. En nanometer er en milliarddels meter, og nanopartikler er definert som partikler på mellom 1 og 100 nanometer.

Størrelsen teller

Størrelsen er det som gjør det mulig for partiklene å krysse barrierer i kroppen (for eksempel blod-hjernebarrieren, som beskytter hjernen). Dette har revolusjonert diagnose og behandling innen nanomedisin.

Videre kan nanomaterialer designes, kombineres og manipuleres for å oppnå de egenskapene vi ønsker, for eksempel ved hjelp av overflatebehandling og endring av størrelse. Men hvordan kan vi være sikre på at nanomaterialer bare gjør det vi vil de skal gjøre? Kan nanomaterialer også ha utilsiktede effekter, som kan være farlige for mennesker eller miljøet?

Tester toksisitet

Det er fremdeles en kunnskapskløft mellom nanoteknologi og nanotoksikologi. For å hindre skadelige effekter på mennesker eller miljøet, er det viktig å teste om nanomaterialer kan være giftige.

Helseeffektlaboratoriet ved NILU har høy kompetanse innen nanotoksikologi. De benytter et batteri av in vitro-tester (testing på cellekulturer i petriskåler i stedet for på dyr (*in vivo*) tilpasset toksisitetstesting av nanopartikler. Dette er i henhold til REACH-forskriften, som skal begrense bruken av dyr i forskning. (REACH: Forskrift om registrering, vurdering, godkjenning og begrensning av kjemikalier.)

Standardtester må som regel modifiseres og valideres for å sikre at nanopartiklene ikke påvirker analysene. Siden de på grunn av størrelsen har en forholdsvis stor overflate, blir partiklene svært reaktive. Det som gjør dette feltet så interessant, men også svært krevende, er at toksisiteten henger nøye sammen med både størrelsen på nanopartiklene og overflatebelegget.

For å unngå å ferdigutvikle et nytt nanomateriale for så til slutt å finne at materialet er skadelig, bør utviklingsprosessen generelt utføres parallelt med toksisitetstesting av produktet. Denne «safe-by-design»-tilnærmingen sparer både tid og penger.

Lukker kunnskapskløften

Helseeffektlaboratoriet jobber videre innen nanotoksikologifeltet, både for å bidra til en innsnevring av kunnskapskløften og for å sikre «nanosafety» — trygg bruk av nanomaterialer.

Validering og standardisering av testmetoder er svært viktig, og laboratoriet er involvert i en rekke internasjonale og nasjonale prosjekter innenfor dette området. Det en stor styrke at Helseeffektlaboratoriet er sertifisert av Norsk Akkreditering i henhold til OECDs prinsipper for god laboratoriepraksis (GLP) — foreløpig som eneste GLP-sertifiserte laboratorium for *in vitro* human toksisitetstesting i Norge.

Nettsted: Helseeffektlaboratoriet

Ekspertise

Forskere fra flere ulike disipliner jobber i Helseeffektlaboratoriet (HEL): toksikologer, gentoksikologer, cellebiologer og en biofysiker. HEL opererer i forskningsfronten, og har publisert mer enn 70 fagfellevurderte artikler siden 2006.

HEL er utnevnt til ett av 15 europeiske «Transnational Activity centers», de beste europeiske institusjonene med kompetanse og fasiliteter innen nanotoksikologi. Laboratoriet er også populært blant forskere som søker om reisestøtte og laboratorietilgang innenfor EU-FP7-forskningsinfrastrukturprosjektet QualityNano. Det skyldes både GLP-sertifiseringen og metodene, og kompetansen og fasilitetene. I 2014/2015 var HEL den nest mest attraktive verten i QualityNano-prosjektet, og tok imot 21 forskere med til sammen nesten 400 besøksdager.

Foto: Shutterstock

Tromsøstudien: 54 menn, 51 miljøgifter og 28 år

Unikt datagrunnlag viser at regulering av og tiltak mot miljøgifter fungerer.

Christine F. Solbakken
Kommunikasjonssjef

I en befolkningsstudie foretatt i Tromsø har 54 menn avgitt 5 blodprøver i perioden 1979-2007. Ved hjelp av disse prøvene kunne de bestemme trendene i bruk og utslipp for 51 miljøgifter, og demonstrere effekten av innførte forbud.

Forsker Therese Haugdahl Nøst tok sin doktorgrad basert på den såkalte Tromsøstudien, og forteller at hensikten med arbeidet var å forstå mer om hvordan mengden miljøgifter i mennesker endrer seg over tid. Ved hjelp av gjentatte målinger i serumprøver, som er sjelden i slike sammenhenger, kunne hun og kollegaene bestemme tidstrender for en rekke ulike miljøgifter i enkeltpersoner over nesten tretti år. Et så omfattende og langvarig datagrunnlag er enestående i verden, og ga forskerne mye ny informasjon.

PCB-nivåer gikk ned

Blant de ulike miljøgiftene forskerne lette etter i blodprøvene, var såkalte PCB-er (polyklorerte bifenyler). PCB er en fellesbetegnelse på en gruppe industrikjemikalier som ble utviklet på 20-tallet, og som ble brukt i blant annet byggevarer og elektroniske produkter fram til det ble forbudt i 1980.

Nøst forteller at hun fant PCB i alle de første blodprøvene som ble tatt, mens konsentrasjonene hadde sunket allerede i de neste prøvene fra 1986. Dette gjenspeiler trolig at konsentrasjonene i omgivelsene også gikk ned etter at forbudet ble innført.

– Flere miljøgiftsstudier har konkludert med at menneskenes konsentrasjoner av mange miljøgifter øker med alderen, forklarer Nøst videre. – Disse studiene har vært tverrsnittsstudier, men i vår langsgående studie økte konsentrasjonene med alder bare når utslipp og bruk var økende eller stabile.

Historisk bruk spiller inn

Til sammenlikning økte konsentrasjonen av noen PFAS-er (per- og polyfluorerte alkylstoffer) fra 1979 til 2001, da utslippene ble begrenset, før de sank igjen fram mot 2007. Andre typer PFAS-er økte derimot i hele studieperioden.

– Endringene i denne tidsperioden var ulike for de forskjellige miljøgiftene, forteller Nøst, – men funnene viser at konsentrasjoner av en miljøgift i mennesker endres i takt med den generelle bruken av stoffet – og hvor mye av den som finnes i våre omgivelser.

Oppsummert viser tidsaspektene Nøst har belyst at når man tolker miljøgiftkonsentrasjoner i mennesker, må man også ta hensyn til tidspunkt for studien sett i forhold til de ulike miljøgiftenes historiske produksjon og bruk.

Se også artikkelen om Therese Haugdahl Nøsts doktorgrad på side 22.

Foto: Shutterstock

En reise med Oslo Havn

Foto: The Nguyen Thanh

PortsEYE kartlegger luftforurensningsutslipp fra Oslo Havn.

The Nguyen Thanh
Seniorrådgiver

I 2014 utførte PortsEYE, et knoppskytingsselskap fra NILU, et prosjekt for Oslo Havn. Målsettingen var å gjennomføre en detaljert kartlegging av utslipp til luft fra Oslo Havn. Seniorforskerne Dag Tønnesen og Susana Lopez-Aparicio fra NILU bidro med kjernekompetanse innen lokal luftkvalitet tilpasset havnevirksomhet, og i tillegg ble det utført modellberegninger for å identifisere ulike tiltak for hvordan Oslo Havn optimalt kan redusere sin luftforurensning.

Etter sluttføring av prosjektet i desember 2014 har Oslo Havn fått en detaljert oversikt over sine utslipp for 2013. Disse kan de dele med sine samarbeidspartnere i forbindelse med ulike tiltak for å redusere luftforurensningen. I tillegg har miljøsjef Heidi Neilson i Oslo Havn fått innsikt i et nyttig rammeverk for forvaltning av luftkvalitet for havn, som hun ønsker å dele med andre havner i Norge.

Avgjørende

I forbindelse med prosjektet «Tiltaksutredning for luftkvalitet i Oslo og Bærum 2015-2020», i regi av Oslo kommune, Bærum kommune og Statens vegvesen, har informasjonen om luftutslipp fra Oslo Havn vært avgjørende for å få et totalt og oppdatert luftutslippsbilde fra Oslo og Bærum for 2013.

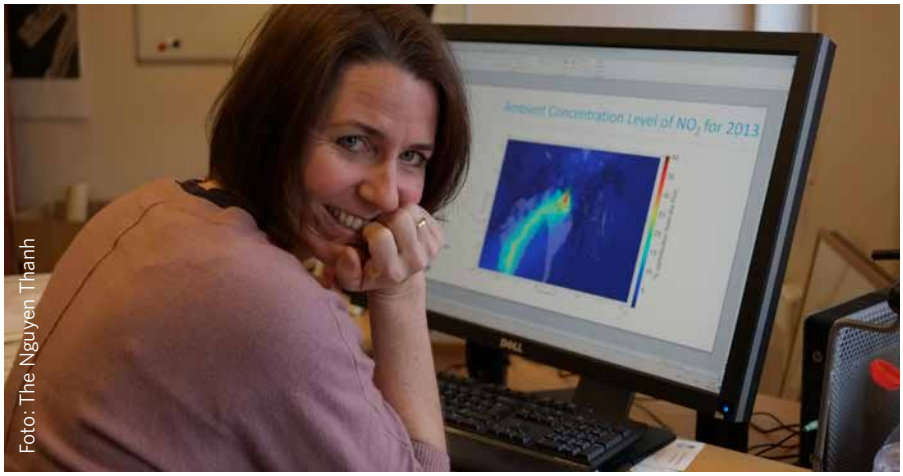


Foto: The Nguyen Thanh

PortsEye har vært en viktig bidragsyter for å forstå hvordan sjøtransporten og trafikken inn til Oslo Havn påvirker luftkvaliteten i Oslo by, sier Miljøsjef Heidi Neilson. - Dette samarbeidet har bidratt til at vi nå har en helt konkret baseline med data i tonn utslipp, som er et viktig startpunkt for vårt videre arbeid for hva vi kan gjøre for å bidra til bedre byluft.

PortsEYE

PortsEYE er et selskap som spesialiserer seg på å utvikle teknologi og tjenester som kan identifisere SO_2 og andre forbindelser i luft.

Teknologien er basert på forskning utført ved NILU — Norsk institutt for luftforskning. Fokus er på å levere overvåkingsteknologi og tjenester til både miljøvernsorganisasjoner, industri og maritim sektor

Nettsted: http://portseye.com.

I kartleggings-, informasjonsinnhentings- og valideringsfasen har også dette prosjektet bydd på utfordringer. Oslo Havns verdikjede involverer mange aktører, og er omfattende å sette seg inn i for utenforstående.

Men gjennom hele løpet har Oslo Havn ytt uvurderlig bistand, takket være en entusiastisk miljøsjef. Heidi Neilsons gode kontakt med nødvendige informasjonskilder, og ikke minst med alle de dyktige fagpersonene fra Oslo Havn, har vært avgjørende for gjennomføringen.

Kompetanse og entusiasme

I ettertid ser man at det har vært mange kritiske faktorer under prosjektgjennomføringen, som kunne ha påvirket prosjektets leveranse i negativ retning. Men kompetente ressurspersoner og prosjektdeltakernes entusiasme, skapt gjennom åpen kommunikasjon og godt lagspill, har hevet prosjektet og ført til et solid resultat.

Reisen med Oslo Havn har vært spennende og meget lærerik for oss alle.

Referanselaboratorium for luft: Likt målt i hele Europa

For å kartlegge og sammenligne luftforurensningsnivået i hele EØS må alle målestasjoner av samme type følge samme krav til kvalitet, sporbarhet med hensyn på kalibreringer og fremgangsmåte. Dette sørger NILU for i Norge.

Christine F. Solbakken
Kommunikasjonssjef

NILU har vært nasjonalt referanselaboratorium for luft (NRL-luft) i Norge siden 2001. Som referanselaboratorium skal NILU sikre at alle luftmåledata som samles inn gjennom programmet «Overvåkning av luftkvalitet i Norge» er av høy kvalitet, og sammenlignbare med tilsvarende data fra andre land i Europa.

Kvalitet og sporbarhet

Arbeidet utføres i henhold til EUs luftkvalitetsdirektiv 2008/50/EC og i tråd med Forurensningsforskriften. Krav om representativitet og sporbarhet oppfylles gjennom bruk av et omfattende kvalitetskontrollsystem utviklet av NRL-luft, som igjen følges av de norske målenettverkene for lokal luftkvalitet.

– Systemet beskriver blant annet hvordan man vedlikeholder og kalibrerer de ulike instrumentene, i felt og i laboratoriene, forklarer avdelingsdirektør Kjersti Tørnkvist i NILUs avdeling for måle- og instrumentteknologi. – Dette skal sikre at de forskjellige instrumentoperatørene utfører de ulike oppgavene på samme måte.

For å sikre sammenlignbare data fra de ulike målenettverkene, trenger man dessuten et sporbarhetssystem som sikrer at alle luftkvalitetsmålinger i Norge som utføres i henhold til luftkvalitetsdirektivet refererer til felles nasjonale referansestandarder. Disse referansestandardene oppbevares av NRL-luft, og har internasjonal sporbarhet gjennom at NRL-luft rutinemessig deltar i internasjonale sammenligningskampanjer.

– For å samordne instrumentering og metoder på tvers av landegrensene, er referanselaboratoriet med i internasjonale fora som den europeiske standardiseringskomitéen (CEN) og AQUILA som er den europeiske sammenslutningen av nasjonale referanselaboratorier, forteller Tørnkvist. – I mars 2015 er det en interkalibreringskampanje for partikler (PM_{10} og $PM_{2,5}$) i Ispra i Italia, og der deltar vi. Tilsvarende er det en interkalibreringskampanje for NO_X, O_3, SO_2 og CO i oktober 2015 som vi også skal delta på, for å kontrollere vårt utstyr.

Målestasjon Tiller, Trondheim. Foto: Claudia Hak

Norge rundt

Luftkvalitetsmålenettverket i Norge består i dag av 52 målestasjoner – hvis vi bare teller stasjoner som rapporterer måledata fra minst én komponent til EEA/ESA (*EEA: European Economic Area, ESA: EFTA Surveillance Authority*).

I 2014 foretok referanselaboratoriet en gjennomgang av alle stasjonsplasseringer. I praksis betyr det at forskere fra NRL-luft reiste rundt og besøkte hver enkelt stasjon for å kontrollere plassering og klassifisering i henhold til spesifikasjonene i EU-direktivene. I tillegg ble forslag til justeringer notert — for eksempel å fjerne trær rundt stasjonen for å sikre fri luftstrøm til instrumentene.

Oversikten er samlet i rapporten *Norges målenettverk for luftkvalitet: Gjennomgang av stasjonsplasseringer i forhold til krav i EUs luftkvalitetsdirektiver*. Interesserte kan dessuten besøke den nasjonale nettportalen luftkvalitet.info, der oppdaterte data og status i henhold til grenseverdiene er tilgjengelig for hver enkelt målestasjon.

Informasjon til publikum

Hver måned rapporterer alle målenettoperatørene kvalitetssikrede data til den nasjonale databasen, som driftes og vedlikeholdes av NRL-luft. I Norge vurderes luftkvalitet ut fra tre byområder og fire store regioner — Troms og Finnmark, Midt-Norge, Trondheim, Bergen, Vestlandet, Sør- og Østlandet og Stor-Oslo. Når Norge rapporterer om status for luftkvalitet til EU i henhold til gitte grenseverdier, skjer det i henhold til disse sonene.

Det europeiske luftkvalitetsdirektivet stiller også krav til at hvert enkelt land skal ha systemer for å informere publikum om luftkvaliteten der de bor. I Norge skjer dette blant annet via den nasjonale nettportalen luftkvalitet.info. Her kan alle interesserte se hvordan luftkvaliteten er akkurat nå ifølge de 52 ulike målestasjonene i landet, samt status i henhold til grenseverdiene.

InnoSense – en banebrytende mikrosensorløsning

InnoSense er en såkalt disruptiv innovasjon, en nyskapning som «forstyrrer» det eksisterende markedet. Denne mikrosensor-plattformen for måling av luftkvalitet kan overvåke flere forbindelser samtidig, til en brøkdel av kostnadene for dagens standardløsninger.

Stian Håland
Ingeniør

De viktigste egenskapene til denne nye og unike teknologien er størrelse, pålitelighet, fleksibilitet og skalerbarhet. Dimensjonene på InnoSense er 1:1000 (skoeske versus container) i forhold til de løsningene som brukes i dag. InnoSense vil også være den første mikrosensorplattformen som kan gi pålitelige data for målinger av opptil åtte gasser samtidig, etter kundens behov. I tillegg kan systemene kobles i nettverk med fra en til flere tusen enheter.

InnoSense-teknologien muliggjør overvåkning av lokal luftkvalitet. Jo flere sensorer som distribueres, tilkobles og samler inn data, jo mer menings- og verdifulle blir resultatene.

InnoSense kan integreres med store dataplattformer, som for eksempel vær- eller trafikkdata m.m. Dette gir en gylden anledning til kommunisere relevante lokale luftkvalitetsdata til brukerne.

I InnoSense-prosjektet arbeider Kjeller Innovasjon, NILU, Ericsson og pilotkunder sammen om å utvikle et nytt teknologikonsept. Det øker muligheten til å overvåke luftkvaliteten i alt fra mikro- til store nettverk på tvers av en rekke bransjer og kundegrupper. Ved å samarbeide har denne gruppen av oppfinnere og partnere det som trengs for å gjøre InnoSense til en suksess.

Fra venstre; Stian Håland med mikrosensoren i hånden, Franck Dauge og Morgan Kjølerbakken.

Fakta

FORNY2020 er Forskningsrådets program for forskningsbasert nyskaping ved universiteter, høyskoler, helseforetak og offentlig finansierte forskningsinstitutter.

Nettsted: FORNY2020

EBAS: Åpen tilgang til atmosfæredata

Sur nedbør ga grunnlag for verdens mest omfattende database for atmosfærisk sammensetning.

Kjetil Tørseth
Forskningsdirektør

Tidlig på 1970-tallet ble det etablert et felles europeisk program for å måle den kjemiske sammensetningen av luft og nedbør. Resultatene beviste at luftforurensning kunne spres på tvers av landegrensene, og gi negative konsekvenser på økosystemer langt fra der utslippene fant sted. Spesielt var det forsuring av vann og vassdrag i Skandinavia som skapte bekymring, men etter hvert fant man også ut at langtransportert forurensning skadet vegetasjon, helse og materialer i tillegg til å påvirke klimasystemet.

Grensebrytende forskning

Å ha åpen tilgang til måledata var grunnleggende for at forskning på dette fikk legitimitet, og igjen kunne enes om internasjonale avtaler under Konvensjonen for grenseoverskridende luftforurensninger i 1979. Delingen av data var også grensebrytende ved at den pågikk i en tid med liten kontakt mellom østblokklandene og Vesten grunnet den kalde krigen.

NILU har, siden innsamlingen og delingen av data startet, hatt ansvaret for å koordinere landenes målinger og samle resultatene i en database tilgjengelig for en lang rekke sluttbrukere. Til å begynne med ble resultatene rapportert ved utfylling av skriftlige skjema og sendt via brev. Eget personell ved NILU mottok disse og punchet verdiene inn i en enkel database. Etterhvert ble det mer vanlig at dataene ble rapportert elektronisk, og etter hvert økte også kravene til metadata (data som gir viktig informasjon om selve resultatene, slik som navnet på metoder, informasjon om målestedet, eventuelle lokale påvirkninger osv.).

«State of the art» i 2014

Denne databaseinfrastrukturen har i løpet av snart 45 år utviklet seg til å bli en primær database for en lang rekke internasjonale konvensjoner og måleprogrammer. Dataene er benyttet i et stort antall vitenskapelige publikasjoner og annet grunnlagsmateriale, som basis for miljøforvaltningen. Gjennom Forskningsrådets infrastrukturprogram har prosjektet EBAS-Online fått anledning til å utvikle databasen videre, slik at den i dag representerer «state of the art» innen atmosfæreforskningen.

Høsten 2014 ble en revidert database gjort tilgjengelig. NILU mottar nå data fra mer enn 50 land og om lag 300 stasjoner/observatorier. Det rapporteres mer enn 400 ulike kjemiske og fysiske variabler, målt med mer enn 70 ulike instrumenttyper. Månedlig er det over 700 individuelle brukere av databasen, og EBAS utgjør også internasjonalt den mest omfattende databasen for atmosfærisk sammensetning.

E-rapportering av luftkvalitetsdata

Det europeiske miljørådet (EEA) har i et pilotprosjekt engasjert flere medlemsland, deriblant Norge, for å utvikle XML-skjemaer (*Extensible Markup Language*) og utvekslingsmekanismer for elektronisk rapportering av luftkvalitetsdata.

Rune Åvar Ødegård
Utviklingssjef

Hvert år skal det rapporteres inn data knyttet til soneinndeling, overvåkningsregime, overvåkningsmetoder, «nær sanntidsdata», aggregerte data og statistikk. I tillegg samles informasjon knyttet til oppnåelse av miljømål samt planer og tiltak for å oppnå krav til grenseverdier. I tillegg til behovet for ett felles elektronisk rapporteringssystem, har løsningen tatt høyde for INSPIRE-kompatibilitet.

Satelittbilde av Europa om natten.

Foto: Wikipedia Commons

INSPIRE-direktivet (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) har som formål å etablere en infrastruktur for offentlig forvaltet geografisk informasjon (geodata). Den skal muliggjøre elektronisk deling av data mellom offentlige myndigheter for oppgaver som kan påvirke miljøet. Visjonen til direktivet er:

- Data skal samles inn én gang og oppbevares mest mulig effektivt
- Det skal være mulig å enkelt søke etter, og kombinere, geografisk informasjon sømløst og brukervennlig fra forskjellige kilder over hele Europa
- Informasjonen skal kunne deles mellom ulike brukere og anvendelser

NILUs ansvar i e-rapporteringsprosjektet, som finansieres av Miljødirektoratet, er å utvikle norske webtjenester som skal kunne rapportere luftkvalitetsdata til EEA. Norge var tidlig ute med en langsiktig løsning, og har vært en aktiv deltager i prosessen. Dette har igjen bidratt til at Norge har fått en sterkere posisjon i det europeiske samarbeidet om e-rapportering av luftkvalitetsdata, noe som betyr at vi nå har større mulighet til å påvirke prosessene og løsningene.

Therese Haugdahl Nøst

25. juni 2014 forsvarte Therese Haugdahl Nøst sin doktorgradsavhandling ved det helsevitenskapelige fakultet på UiT — Norges arktiske universitet.

Therese Haugdahl Nøst, NILU.
Foto: NILU

Avhandlingen bar tittelen *Understanding temporality in human concentrations of organic contaminants: Considering human concentrations over time and through life in perspective of historic production and use.*

Det overordnete målet med Nøsts avhandling var å bedre vår forståelse av hvordan nivåer av persistente organiske miljøgifter (persistent organic pollutants – POPs) i mennesker har endret seg over tid. Undersøkelsen ble blant annet gjennomført ved at 54 menn avga fem blodprøver hver i tidsrommet 1979-2007.

Konsentrasjonen av de fleste PCB-er (polyklorerte bifenyler) og OCP-er (klororganiske plantevernmidler) gikk ned fra 1979 til 1986, mens nivået av enkelte PFAS-er (per- og polyfluorerte alkylstoffer) økte mellom 1979 og 2001 – før det igjen sank i 2007. Tidstrenden av POP-konsentrasjonene samsvarer godt med konsentrasjonen i miljøet, samt med produksjon og bruk av disse kjemikaliene. Det vises tydelig at der produksjon av enkelte POP-er har opphørt, har nivået i mennesker også gått ned.

De målte PCB-konsentrasjonene ble også sammenlignet med konsentrasjoner beregnet i en utslippsbasert eksponeringsmodell, på både gruppe- og individnivå, for mennene fra Tromsø og for to grupper av kvinner. Resultatene sammenfaller godt. De viser at mekanistisk modellering har potensial som et nyttig verktøy for å teste forståelsen av menneskers eksponering, og å estimere den.

Les mer om Tromsøstudien på side 17

Anne Karine Halse

Anne Karine Halse avla sin doktorgrad ved fakultet for veterinærmedisin og biovitenskap ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Anne Karine Halse, NILU.
Foto: NILU

Avhandlingen har tittelen *Long-Range atmospheric transport and deposition of organic pollutants (POPs) in North Western Europe*, og disputasen foregikk på NILU 16. desember 2014.

Avhandlingen fokuserer på enkelte persistente organiske miljøgifter (persistent organic pollutants – POPs) som er regulert gjennom internasjonale avtaler. POP-er er halvflyktige giftige kjemikalier, og brytes svært sakte ned i både luft og andre miljøer. Derfor kan de transporteres over lange avstander og deponeres i uberørte områder fjernt fra alle forurensningskilder, for eksempel i Arktis.

Et spesifikt mål med denne avhandlingen var å øke forståelsen av fordeling av enkelte regulerte POP-er i luften. For å nå dette målet brukte Halse både passive og aktive luftprøvetakere, samt den atmosfæriske transportmodellen FLEXPART. Passive luftprøvetakere (PAS) ble utplassert på 86 europeiske bakgrunnsstasjoner i 34 land. Resultatene dokumenterte romlig variasjon og utbredelsesmønster av regulerte POP-er, som reflekterer historiske og aktuelle kildeområder i Europa.

Parallelt med den europeiske kampanjen ble passive luftprøvetakere utplassert i norske kystsoner som har kostholdsråd for bruk av sjømat på grunn av innhold av miljøgifter. Dette gjorde det mulig å vurdere om det er lokale kilder eller langtransport som kontrollerer den atmosfæriske belastningen.

Resultatene viste at enkelte kystområder var påvirket av lokale kilder til regulerte POP-er. I tillegg har doktorgradsarbeidet resultert i at det er utviklet og evaluert et modellbasert varslingssystem for å kunne forutse langtransportepisoder til bakgrunnsområder. Resultatene viste at modellen har potensial til å komplementere eksisterende overvåkingsprogrammer for POP-er i luft.

Avhandlingen omhandler også feltstudier av potensial for langtransport for enkelte «nylig regulerte» POP-er (pentaklorbensen, PeCB) og kortkjedede klorparafiner (SCCP-er, endosulfaner) i jord langs et transekt fra England til Norge. Høye nivåer av klorparafiner ble målt nær antatte kildeområder, mens nivåene av endosulfan som regel var høyest i nedbørsrike områder. Konsentrasjoner av PeCB korrelerte med sot, og det antas at forbrenningsprosesser er vesentlige utslippskilder til PeCB.

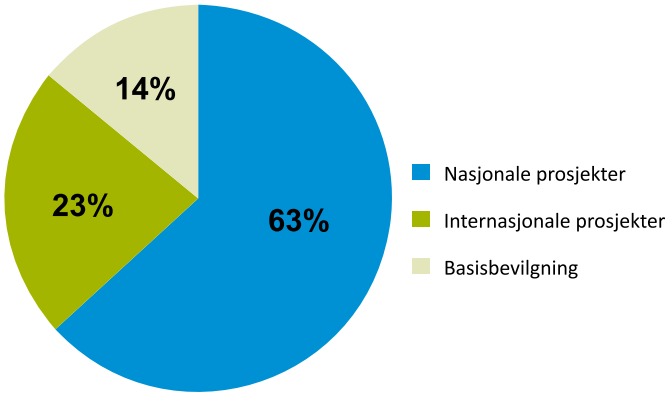
Nøkkeltall

Utdrag fra årsregnskap: Alle tall i MNOK

RESULTATREGNSKAP	2014	2013
Prosjektinntekter	152,0	160,0
Basisbevilgning*	25,6	24,6
Nasjonale oppgaver og tildelinger	9,1	9,0
Andre inntekter	0,8	0,8
Driftsinntekter	**187,5**	**194,4**
Lønn og sosiale kostnader	-137,2	-138,4
Direkte prosjektkostnader	-23,6	-23,5
Andre driftskostnader	-33,6	37,2
Driftsresultat	**-6,9**	**-4,7**
Netto finansposter	1,7	-0,7
Skattekostnad	0,8	0,1
Årsoverskudd	**-4,4**	**-5,3**

BALANSE	31.12.14	31.12.13
Anleggsmidler	123,1	108,9
Omløpsmidler	76,1	64,6
Sum eiendeler	**199,2**	**173,5**
Egenkapital	115,9	97,7
Langsiktig gjeld	15,9	21,8
Kortsiktig gjeld	67,4	54,0
Sum gjeld og egenkapital	**199,2**	**173,5**

PROSJEKTPORTEFØLJE – PROSENTVIS FORDELING 2014



ANTALL ÅRSVERK	2014	2013
Totalt	164	180
– herav forskerårsverk	94	102
– herav årsverk andre ansatte	70	78
Omsetning per forskerårsverk	**1 995**	**1 906**

ANTALL ANSATTE	2014	2013
Totalt	179	198
– herav kvinner	90	90
– herav menn	89	108
Antall ansatte med doktorgrad	**71**	**65**

PROSJEKTPORTEFØLJE - I PROSENT	2014	2013
Nasjonale prosjekter	63 %	54 %
Internasjonale prosjekter	23 %	33 %
Grunnbevilgning	14 %	13 %
Total	**100 %**	**100 %**

NILUs UTGIVELSER	2014	2013
Vitenskapelige artikler	124	121
Oppdragsrapporter	69	51
Tekniske rapporter	2	1
EMEP/CCC rapporter	4	5
Foredrag	139	143
Postere	32	18
I tillegg bidro NILUs forskere til utgivelse av:		
Eksterne rapporter	15	29
Kapitler/artikler i bøker/rapporter	55	39

Antall og nasjonal fordeling av forskere

2014: 179 ansatte fra 25 ulike nasjoner

2013: 198 ansatte fra 32 ulike nasjoner

**inkl. strategiske instituttsatninger*

www.nilu.no

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Hovedkontor
Postboks 100
NO-2027 Kjeller
Norge
Besøksadresse: Instituttveien 18, Kjeller
Telefon 63 89 80 00
Telefaks 63 89 80 50
E-post nilu@nilu.no
www.nilu.no

NILU i Framsenteret
Hjalmar Johansens gate 14
NO-9296 Tromsø
Norge
Telefon 63 89 80 00
Telefaks 63 89 80 50
E-post nilu@nilu.no
www.nilu.no

NILU Polska Ltd.
117/121 Waly Dwernickiego St.
PL 42-200 Częstochowa
Director NILU Polska:
Tel: +48 693 021 559
E-post: pg@nilu.pl
www.nilupolska.eu

ISBN 978-82-425-2762-2 (trykt utgave)
ISBN 978-82-425-2763-9 (elektronisk utgave)