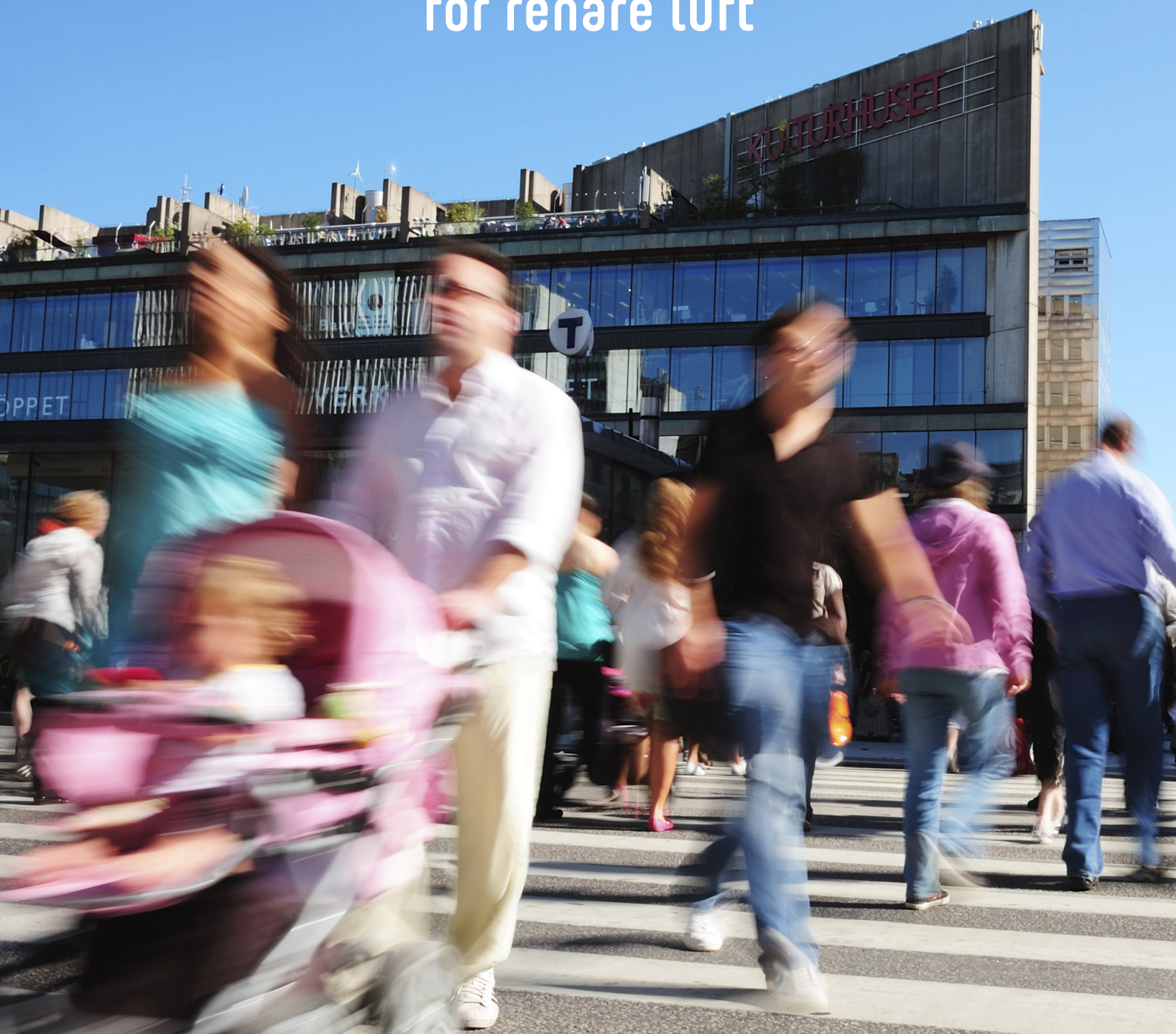


Från förurning till hälsoeffekter – flera framsteg i forskningen för renare luft



SMHI



**Karolinska
Institutet**



**Stockholm
University**



**UNIVERSITY OF
GOTHENBURG**



**UMEÅ
UNIVERSITY**



Ren luft – bättre kunskap öppnar ögonen för utmaningens storlek

Förorenad luft var ett av de tidigast uppmärksammade och erkända miljöproblemen i Europa och Sverige. Luftföroreningar påverkar både hälsa och miljön. De kan göra människor sjuka och förkorta den förväntade livslängden. De bidrar även till växtskador, korrosion, nedsmutsning, övergödning, försurning och klimatförändringar. Många insatser för att kartlägga källor, spridning och effekter har gjorts genom åren och det har lett till en rad åtgärder för lägre utsläpp och bättre luftkvalitet på många platser. Men det är stora skillnader i utsläppsnivåer och luftkvalitet mellan olika länder och mycket arbete kvarstår.

I Sverige, som har bland Europas lägsta halter av luftföroreningar, uppskattar man att 7 600 personer dör i förtid varje år på grund av luftföroreningar. Dagar med höga halter av luftföroreningar är det fler som insjuknar och söker vård.

Luftföroreningar orsakar hjärt- och kärlsjukdomar och andningsbesvär och ger både akuta och långsiktiga hälsoeffekter. De sammanlagda hälsoeffekterna beräknas kosta samhället många miljarder kronor varje år. Trafiken är en stor källa genom avgaser och från slitage av vägar och däck. Andra källor är utsläpp från industrier och vedeldning.


Nedfallet av försurande ämnen över Sverige beror till stor del på långväga transporterade luftföroreningar. När de når mark och vatten orsakar de försurning och övergödning. Trots att utsläppen har minskat i Europa så visar miljöövervakningen att markvattnet, vattendragen och sjöarna på vissa platser i sydvästra

Sverige fortfarande är kraftigt försurade och att återhämtningen går långsamt.

Det finns också ett nära samband mellan klimat och luftföroreningar. Klimatförändringarna påverkar luftföroreningarnas förekomst, spridning, och effekter – och luftföroreningarna påverkar i sin tur klimatet.

Till exempel har man sett att sotpartiklar påskyndar temperaturökningen i Arktis. Minskade utsläpp av sot kan därför ha omedelbara positiva effekter på klimatet. Samtidigt medför minskningar av svavelemissioner, vilket är nödvändigt för en förbättrad luftkvalitet, en ytterligare uppvärmning av atmosfären.

Luftföroreningar som marknära ozon och nedfall av kväve påverkar också skogarnas upptag av koldioxid från atmosfären. Det finns med andra ord stora vinster genom en samordning av klimat- och luftvårdsarbetet.



**De sammanlagda
hälsoeffekterna av
luftföroreningar
beräknas kosta samhället
många miljarder kronor
varje år.**

Forskning som bidrar till en effektiv luftvårdspolitik

Svenska myndigheter, främst Naturvårdsverket och forskningsstiftelsen Mistra, har sedan slutet av 1990-talet stöttat fem forskningsprogram med syfte att öka kunskapen om luftföroreningar och bidra till det nationella och internationella luftvårdsarbetet.

Genom myndigheternas kontinuerliga finansiering och satsningar på samverkan mellan forskning och politik har de svenska forskningsprogrammen på flera sätt bidragit till en effektiv luftvårdspolitik både i Sverige och Europa. Den svenska forskningen har dragit nytta av resultat från utländska forskargrupper och vice versa.

I rapporten *Achievements and experiences from science-policy interaction in the field of air pollution* presenteras de viktigaste slutsatserna från forskningsprogrammen, kommunikations- och samverkans-

aktiviteter, samt vilka framtida forskningsbehov som finns. I rapporten lyfter vi fram ett urval av dessa slutsatser och viktiga forskningsresultat. Vi visar också hur forskningsprogrammen främjat olika former av interaktion mellan forskare och beslutsfattare, både nationellt och internationellt, samt belyser hur den tillämpade luftvårdsforskningen kan bidra till svenskt och internationellt miljöarbete i framtiden.

DE FEM PROGRAMMEN ÄR:

- Swedish National Air Pollution and Health Program (SNAP)
- International and National Abatement Strategies for Transboundary Air Pollution Program (ASTA)
- Swedish Clean Air Research Program (SCARP)
- Climate Change and Environmental Objectives Program (CLEO)
- Swedish Clean Air and Climate Research Program (SCAC)

Flera framsteg i forskningen för renare luft

Svenska och europeiska luftföroreningsutsläpp och deras effekter har förändrats kraftigt de senaste 20 åren. Utsläppen av de flesta föroreningar, inte minst svavel- och kväveoxider och partiklar, har fortsatt att minska medan ammoniakutsläppen varit i stort sett oförändrade.

Även forskningen har utvecklats, från att framförallt fokusera på luftföroreningars effekter på ekosystem till att även inkludera människors exponering och hälsoeffekter, samt samverkan mellan luftkvalitet och klimat både på lokal och global nivå.

De svenska forskningsprogrammen har på flera sätt ökat kunskapen om luftföroreningar och hur de påverkar människor och miljö. Här följer ett urval av resultaten och slutsatserna från forskningen.

Luftföroreningar påverkar vår hälsa på många fler sätt än vad som tidigare har varit känt

Trots att Sverige har bland Europas lägsta halter av luftföroreningar dör omkring 7 600 personer i förtid varje år på grund av exponering för framförallt partiklar och kvävedioxid.

Höga halter av kvävedioxid i stadsmiljöer orsakas främst av den lokala trafikens utsläpp, där dieselfordon utgör ett problem. Med hjälp av förbättrade exponeringsuppskattningar och utsläppsinventeringar har epidemiologiska studier i Sverige påvisat samband mellan långvarig exponering för luftföroreningar och dödlighet, hjärt- och kärlsjukdomar och andningsbesvär, men också effekter på foster och koppling till demens och barnallergier.

Experimentella studier har visat att exponering för partiklar i dieslavgaser har en direkt påverkan på hjärta och blodkärl och ger nedsatt förmåga att lösa upp blodproppar, försämrad blodkärlsfunktion och försämrad blodtillförsel i hjärtmuskeln hos känsliga individer.



*Luftföroreningar orsakar
hjärt- och kärlsjukdomar.*

Även låga halter kväve skadar ekosystemen

Våra ekosystem påverkas också av luftföroreningar. I Sverige är det främst de södra och sydvästra delarna som mottar ett högt nedfall av kväve. Forskningen har visat hur kvävenedfallet påverkar biodiversiteten mot en minskad förekomst av vissa ofta rödlistade växter. Nedfallet samspelar dessutom med hur vi använder marken, i första hand hur vi brukar skogen.

Forskningen har också visat att ekosystem som historiskt inte har utsatts för högt kvävenedfall kan påverkas negativt även vid relativt låga kvävedoser. Dessutom reagerar halv-naturliga och naturliga ekosystem på förändringar i nedfall, men den kemiska förändringen sker långsamt vilket gör att de biologiska effekterna inte blir synliga förrän efter lång tid, decennier och mer. Återhämtningen i naturen från tidigare försurning går också långsamt.



Kvävenedfallet påverkar biodiversiteten.

Risken för ozonskador är större i norra Europa

Svensk forskning har varit en viktig drivkraft bakom utvecklingen av ett nytt index för ozonexponering av vegetation. Indexet, "Phytotoxic Ozone Dose" (POD) tar hänsyn till hur olika europeiska klimatförhållanden påverkar ozonupptag i växternas blad och ger därmed mer korrekta bedömningar av risken för vegetationsskador. Indexet kan även användas för att analysera vegetationseffekter av åtgärdsförslag, och ger därmed ett bättre underlag för att motivera åtgärder.

Det nya indexet visar att risken för ozonskador, i förhållande till luftens ozonhalter, är större i norra Europa, jämfört med andra delar av Europa, på grund av de fuktiga förhållandena som främjar ozonupptag. Ozonforskningen visar också på långsiktiga förändringar i ozonkoncentrationerna i norra Europa, med ökande bakgrundshalter och minskande halter i de episodiska ozontoppar som förekommer.



Ökad förståelse av kostnader och effekter av ytterligare utsläppsminskningar

För att se vilka åtgärder som är kostnadseffektiva och ger effekt är det centralt att de beslutsstödsmodeller som används kontinuerligt uppdateras med bästa tillgängliga data.

De svenska forskningsprogrammen har hjälpt till att förbättra kunskapen och tillgängliggöra relevanta data om nya alternativ för luftvårdsarbetet. Ökad energieffektivitet i bostäder och andra byggnader, teknik för utsläppskontroll på fartyg, samt beteendeförändringar, är alla åtgärder för vilka kunskapen kring effekt och kostnad har klargjorts av svensk forskning.



Luftföroreningar och klimatförändringar samverkar

Forskningen om samspelet mellan luftföroreningar och klimat har lett till vidareutveckling av flera modeller som till exempel NorESM och MATCH. En tillämpning av speciellt nordiskt intresse är hur nordiska utsläpp av luftföroreningar påverkar klimatet i Arktis. Som tidigare nämnts bidrar sot och metan till uppvärmning. Samtidigt visar analyser att minskade utsläpp av svavel vid norra halvklotets mellersta breddgrader leder till en regional uppvärmning men också till ökad luftvärme-transport till Arktis. På så sätt har utsläppsminskningar av svavel över Europa nästan dubblat temperaturökningen i Arktis mellan 1980 och 2000. För att motverka detta krävs kraftiga utsläppsminskningar av sot, bland annat från vedeldning, dieseldrivna motorer, och metanåtgärder för att uppnå emissionsreduktioner som är klimatneutrala.

Forskarna räknar med att satsningar på att minska utsläppen av sot skulle kunna bromsa Arktis uppvärmning med 0.2 grader till 2050. Minskningar av metanutsläppen skulle kunna bromsa Arktis uppvärmning med 0.15 grader. Det finns med andra ord stora vinster att hämta i samordnade åtgärder i klimat- som luftvårdsarbetet.



Sotpartiklar påskyndar temperaturökningen i Arktis.

Bättre kunskap om exponering och hur stor påverkan olika källor och föroreningar har

Minskade europeiska utsläpp har sedan 1980-talet resulterat i lägre atmosfäriskt nedfall av kväve och svavel, men nivån är fortsatt över förindustriella förhållanden. Även de höga halterna av marknära ozon har minskat till följd av åtgärder mot utsläpp av ozonbildande ämnen. Ozonhalten påverkas också av väderförhållanden, där bland annat solljus driver bildningen av ozon. Men forskningen visar att minskade utsläpp av ozonbildande ämnen har en större betydelse för ozonhalterna än ett ändrat klimat. Det råder dock osäkerhet kring hur extrema väderår påverkar luftföroreningshalterna.

Forskning och bättre mätningar har ökat förståelsen för luftföroreningarnas källor, spridning och omvandlingsprocesser i atmosfären, vilket lett till att modellberäkningar kan utföras med högre upplösning i tid och rum. Befolknings-exponering för partiklar kan numera beräknas uppdelat på bidrag från närmiljö respektive andra källor, och hälsoriskerna kan vidare beskrivas i relation till utsläpp. Det har lett till att det numera går att göra bättre bedömningar av hur effektiva olika luftvårdsåtgärder är.



Forskning och bättre mätningar har ökat förståelsen för luftföroreningarnas källor.

Från forskning till policy – för en effektiv luftvårdspolitik

En viktig del av de svenska forskningsprogrammen har varit att öka samverkan mellan forskare och beslutsfattare. Det har underlättat för svenska forskare att dra nytta av resultat från utländska forskargrupper och vice versa. Resultatet har lett till ökad kunskapsöverföring och kapacitetsuppbyggnad och bidragit till utvecklingen av en mer effektiv luftvårdspolitik, både i Sverige och internationellt.

Saltsjöbadenkonferenserna – en arena för diskussioner mellan forskare och beslutsfattare

Under de gångna 20 åren har forskningsprogrammen medverkat i arrangemangen av sex internationella konferenser inom luftvårdsområdet. Vid dessa har forskare och beslutsfattare getts möjlighet att under informella förhållanden diskutera inriktningen av det framtida luftvårdsarbetet. Den första hölls vid Saltsjöbaden utanför Stockholm, därav namnet på konferensserien. Resultaten från dessa konferenser har påverkat det internationella luftvårdsarbetet avsevärt.

Som exempel inrättades arbetsgruppen för transport av luftföroreningar över norra halvklotet (TFHTAP) och arbetsgruppen för reaktivt kväve (TFRN) som grupper under luftvårdskonventionen efter rekommendationer formulerade vid Saltsjöbadenkonferenser. Forskningsprogrammen har dessutom varit värd för flera internationella expertmöten och workshops, oftast organiserade i samarbete med luftvårdskonventionen, Nordiska ministerrådet, och Europeiska unionen.

Kapacitetsuppbyggnad minskar klyftan mellan öst och väst

Forskare från programmen har bidragit som experter vid utbildningar i flera östeuropeiska länder. Kapacitetsuppbyggnad minskar informations- och kunskapsklyftan mellan västeuropeiska och östeuropeiska länder under luftvårdskonventionens förhandlingar,

och minskar därmed en del av hindren för åtgärder i dessa länder.

Forskningsprogrammen har också skapat en grupp forskare som är aktiva som experter vid framtagning av olika policies inom luftvårdsområdet. Forskarna har hjälpt till i utvecklingen av det nationella luftvårdsarbetet, strategier, och lagstiftning. De har också varit representanter i internationella expertorgan inom luftvårdskonventionen och Världshälsorganisationen. Experterna har också bidragit med kunskap till Nordiska ministerrådet, Arktiska rådet och dess expertorgan.

Som ett exempel gav svenska experter betydande bidrag till 2015 och 2021 års AMAP-utvärderingar av hur kortlivade klimatpåverkande föroreningar påverkar det arktiska klimatet, luftkvaliteten och människors hälsa.

Ökad kunskap om luftföroreningar inom myndigheter, företag och hos allmänheten

Flera av de forskare som tidigare har deltagit i programmen är idag anställda som luftföroreningsexperter hos nationella myndigheter. Programmen har också skapat flera böcker, rapporter och annat material som har riktat sig till allmänheten och studenter. Dessutom har experter från Naturvårdsverket och andra myndigheter ofta deltagit i programmens årsmöten och slutkonferenser. Deras deltagande har förenklats kunskapsöverföringen mellan forskning och beslutsfattare.

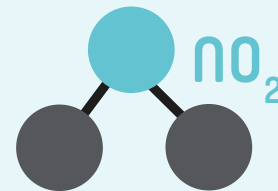
Framtida utmaningar

Hur kan luftvårdsforskningen fortsätta vara relevant och bidra till bättre hälsa och miljö? Forskningsbehov finns inom flera områden. Den röda tråden är ett allt starkare behov av att bättre integrera forskning om effekter och åtgärder rörande luftföroreningar och växthusgaser och att ta hänsyn till behov och möjligheter i relation till de nationella miljömålen och FN:s mål för hållbar utveckling.

Mer kunskap om hälsoeffekter av luftföroreningar

Även om sambandet mellan exponering för luftföroreningar och skadliga hälsoeffekter har bekräftats i ett stort antal studier, så finns det fortfarande viktiga forskningsluckor som måste fyllas för att främja god hälsa och välbefinnande för alla människor.

Vi behöver bland annat klargöra vilka typer av partiklar som är farligast för hälsan, och om det finns en nedre tröskel för hälsoeffekter av luftföroreningar, och hur stora hälsoeffekterna är av kvävedioxid i luft.



Luftkvalitet i morgondagens städer

År 2050 beräknas cirka 70 procent av världens befolkning bo i städer och det är i städer som de högsta halterna av de flesta luftföroreningar finns. För att kunna stödja effektiva styrmedel behövs forskning som tar hänsyn till att mycket av luftföroreningarna i en stad kommer från källor utanför stadsgränserna, att de viktigaste bidragande sektorerna till stadens luftkvalitet är olika innanför och utanför staden, samt effekter av den pågående elektrifieringen av transporter och industriproduktion. Denna elektrifiering är i praktiken en sammanknytning av energi-, transport- och industrisektorerna, vilket innebär helt nya utmaningar för forskningen.



Framtida extremväder kan påverka exponering för luftföroeningar

Med klimatförändringar följer extremare väder med såväl kraftigare skyfall som värmeböljor och extrema torrperioder. Risken för skogsbränder förväntas öka, vilket kan bidra till ökande partikelexponering med åtföljande hälsoeffekter. Värmeböljor och skogsbränder kan även leda till högre ozonhalter. Nya framtidsscenarioer för luftföroeningar behöver tas fram med hänsyn till extrema händelser för att förstå hur dessa påverkar våra möjligheter att nå uppsatta miljömål.



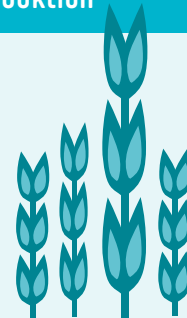
Ren luft för att behålla biodiversiteten på land, samt skogarnas och jordbrukens produktivitet

Luftföroeningars effekt på den biologiska mångfalden är för många landecosystem så stor att den ger observerbara förändringar av växtligheten. Miljöförändringar som orsakas av global ekonomisk utveckling och klimatförändringar riskerar att förändra dynamiken i luftföroeningarnas effekter. Specifikt behövs ytterligare kunskap om ozon- och kväveeffekter på biologisk mångfald, på produktion av skogsråvara, liksom effekter av jordbrukets utsläpp av ammoniak och metan.



Bättre förståelse för kopplingen mellan luftföroeningar och matproduktion

Jordens befolkning väntas växa från dagens 8 till nästan 11 miljarder i slutet av 2000-talet. Det innebär att tillgången på mat av god kvalitet kommer att vara en miljöutmaning. Många faktorer påverkar livsmedelsproduktionen, och några av dessa är nära kopplade till luftföroeningar. Det tydligaste exemplet vi känner till idag är ozonskador på vissa grödor, men det finns fler kopplingar mellan luftföroeningar och matproduktion som behöver utforskas.



Försäkra oss om att den "rena" energin verkligen är ren

Energisektorn i den industrialiserade världen genomgår idag snabba förändringar, främst drivna av försök att minska klimatförändringar. Förändringarna minskar ofta utsläppen av både växthusgaser och luftföroeningar, men inte alltid. Ersättningen av fossila bränslen med biobränslen riskerar till exempel öka utsläppen av partiklar. Andra förändringar vars effekter behöver belysas är den pågående integreringen av energi-, transport- och industri-sektorerna, samt vidare systemeffekter av klimatstyrmedel.



Slutord

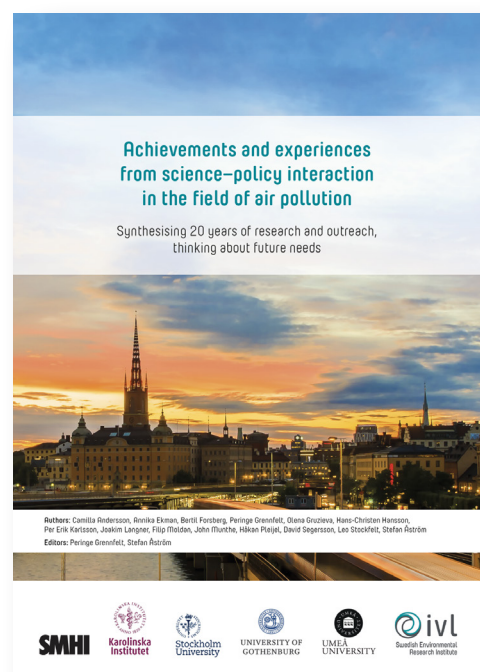
Dessa sidor har lyft fram ett urval av slutsatser och forskningsresultat från 20 år av svensk luftvårdsforskning genomförd inom ramen för fem forskningsprogram. Det övergripande syftet med programmen har varit att öka kunskapen om luftföroreningar och bidra till det nationella och internationella luftvårdsarbetet.

Genom myndigheters kontinuerliga finansiering har programmen kunnat bygga på långsiktiga datainsamlingar och kompetensetableringar, och därmed ge resultat som annars inte vore möjliga. Programmens aktiva satsning på samverkan mellan forskning och policy har underlättat för svenska forskare att dra nytta av resultat från utländska forskargrupper och vice versa. Satsningen har dessutom gjort att programmen aktivt kunna bidra till utformningen av svensk och internationell luftvårdspolitik.

Svensk forskning har ökat kunskapen om hur luftföroreningar påverkar människa och miljö, och vilka åtgärder och styrmedel som behövs för att minska effekterna av luftföroreningar. Resultatet har använts av myndigheter för såväl miljömålsarbetet som för Sveriges agerande inom EU och luftvårdskonventionen. Resultaten har också varit viktiga i arbetet med lokala åtgärder och för att nå miljömålen *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* samt *Ingen övergödning*.

I nästa steg måste luftkvalitetsforskningen ta sig an effekt- och åtgärdsforskning inom så komplexa och sammanhängande fält som stadsutveckling, säkrad matproduktion, biodiversitet, och folkhälsa. En viktig gemensam nämnare är samverkan mellan luftkvalitet och klimatförändringar. Det här är områden där svensk forskning kan fortsätta att ligga i framkant och bidra med viktig kunskap.

I rapporten *Achievements and experiences from science-policy interaction in the field of air pollution* ges en mer komplett beskrivning av de viktigaste vetenskapliga slutsatserna från forskningsprogrammen, kommunikations- och samverkansaktiviteterna, samt vilka framtida forskningsbehov som finns.



SMHI

