

# Helseeffekter av utendørs luftforurensning

## Sammendrag

**Bakgrunn.** Artikkelen beskriver epidemiologisk forsknings bidrag til vår forståelse av helseeffekter av utendørs luftforurensning.

**Materiale og metode.** Ved eksempler fra internasjonal litteratur beskrives de undersøkelsesdesignene som er vanligst å bruke i denne type undersøkelse og hvilken kunnskap slike undersøkelser har bidratt med. Det gis i tillegg en oversikt over norske luftforureningsundersøkelser.

**Resultater.** Et stort antall undersøkelser har vist at ganske lave forureningsnivåer kan ha negative helseeffekter. Akutte helseeffekter er best dokumentert og det er vist sammenhenger mellom luftforurensning og både lunge- sykdommer og hjerte- og karsykdommer.

**Fortolkning.** Resultater fra epidemiologiske undersøkelser er et vesentlig grunnlag for våre oppfatninger om skadelige effekter av luftforurensning. Det er en generell oppfatning at det er partikulær forurensning som er årsak til de negative helseeffektene, men resultater fra epidemiologiske undersøkelser er alene ikke et optimalt kunnskapsgrunnlag for en slik konklusjon. Det er gjort få undersøkelser om helse og luftforurensning i Norge. Norske vurderinger av helseeffekter av slik forurensning må derfor i det vesentlige baseres på undersøkelser som er gjort under andre klima- og forureningsforhold enn i vårt land.

Engelsk sammendrag finnes i artikkelen på [www.tidsskriftet.no](http://www.tidsskriftet.no)

Oppgitte interessekonflikter: Ingen

## Per Nafstad

*per.nafstad@medisin.uio.no*  
Seksjon for epidemiologi og forebyggende medisin  
Institutt for allmenn- og samfunnsmedisin  
Universitetet i Oslo  
Postboks 1030 Blindern  
0318 Oslo  
og  
Divisjon for epidemiologi  
Nasjonalt folkehelseinstitutt

Luftforurensning og helseeffekter av luftforurensning har i mange år blitt gitt stor oppmerksomhet i offentligheten, spesielt i massemediene. I *Lancet* november 2002 ble forurenset byluft beskrevet som en av verdens store miljørisikoer, og det ble hevdet at dette forårsaker 799 000 dødsfall per år (1). Frykten for helseskader har ført med seg tiltak for å overvåke og redusere luftforurensningen. Også i Norge er det blitt satt i gang slike tiltak, som man kan anta har kostet betydelige summer. Til tross for dette har det vært liten interesse for å dokumentere hvorfor, hvordan og hvor mye luftforurensning påvirker folks helse. Den eksisterende kunnskapen kommer derfor stort sett fra undersøkelser som er foretatt på steder i verden hvor både luftforurensningen og andre miljøforhold har vært vesentlig forskjellig fra det man finner her i landet. Målet med artikkelen er å beskrive hvordan epidemiologisk forskning har bidratt til forståelsen av helseeffektene av utendørs luftforurensning.

## Materiale og metode

Enkelte sentrale internasjonalt publiserte epidemiologiske undersøkelser blir brukt til å illustrere utviklingen av luftforurenings-epidemiologien og de bidrag slike undersøkelser har gitt til vår forståelse av helseeffekter av utendørs luftforurensning. Videre presenteres resultater fra en metaanalyse av tidsrekkeundersøkelser utført av en ekspertgruppe for WHO/EU (2) og det gis en oversikt over internasjonalt publiserte epidemiologiske studier fra Norge.

## Resultater

### Historiske observasjoner

Med den industrielle revolusjonen ble det i stort omfang startet virksomhet som førte til betydelig luftforurensning. I nærområdene til slik virksomhet kunne man i en del tilfeller observere skadet vegetasjon og perioder med redusert sikt og fysisk ubehag blant be-

boerne. Frykten for at luftforurensning kunne medføre helseskader oppstod antakelig fort, men faren for å tape inntekter og arbeidsplasser virket nok dempende på interessen for å ta opp dette temaet. I enkelte tilfeller ble sammenhengen mellom luftforurensning og helseplager svært tydelig. I industrisamfunn som Donora (3) og ved Meuse-dalen (4) oppstod det episoder med meget høy luftforurensning. Det ble observert overhyppighet av død og respirasjonsplager som utvilsomt kunne tilskrives luftforurensningen. I 1950-årene opplevde innbyggerne i London vintrer med kraftig luftforurensning. For den verste vinteren ble det beregnet at mer enn 5 000 dødsfall skyldtes denne forurensningen (5, 6).

London-episodene ble grundig undersøkt, og det var forskere som den gang mente at den økte dødeligheten vesentlig var å finne blant allerede svært syke personer. Dette kunne indikere at luftforurensningen vesentlig hadde bidratt til å flytte dødstidspunktet til alvorlige syke og døende personer noe i tid, men at den ikke nødvendigvis førte til en vesentlig forkorting av deres livslengde. Denne diskusjonen pågår den dag i dag (7). London-episodene resulterte i tiltak som raskt førte til en betydelig reduksjon i luftforurensningen, the Clean Air Act (6), og det bredte seg en tro på at man hadde fjernet problemet med helseskadelig luftforurensning. I Norge ble det også satt i gang tiltak som førte til en markant begrensning av luftforurensningen, men blant annet økt biltrafikk har ført med seg ny og annerledes sammen- satt luftforurensning.



## Hovedbudskap

- Epidemiologiske undersøkelser tyder på at ganske lave nivåer av forurensning kan ha negative helseeffekter, blant annet på lungesykdommer og hjerte- og karsykdommer
- Det er best dokumentasjon for at luftforurensning kan bidra til forverring av sykdom og symptomer hos allerede alvorlig syke
- Partikulær forurensning er sannsynlig årsak til de negative helseeffektene, men epidemiologiske undersøkelser alene er ikke et optimalt kunnskapsgrunnlag for en slik konklusjon

## Moderne epidemiologiske undersøkelser

**Tidsrekkeundersøkelser.** På slutten av 1900-tallet tok epidemiologer i bruk nye analysemetoder (2, 5, 8, 9) og nye statistikkprogrammer i studier av helseeffekter av utendørs luftforurensning. Luftforurensning og helse ble igjen et sentralt forskningsspørsmål, og mange tidsrekkeundersøkelser ble publisert (2, 5, 9), inkludert et par fra Norge (10, 11). Her blir daglige mål for sykdom som f.eks. antall sykehusinnleggelses eller antall dødsfall i en by, sammenholdt med daglige mål for forurensning målt på ett eller flere faste målepunkter i samme by. Disse undersøkelsene egner seg først og fremst til å studere korttids-effekter av forurensning. De kan vanskelig avgjøre om det er personer som allerede er alvorlig syke eller døende som blir innlagt i sykehus eller dør kort tid før de ellers ville ha blitt innlagt eller dødd, eller om forurensningen fører til at friske personer blir syke, til betydelig progrediering i sykdom eller til betydelig forkorting av liv (7).

Sammenhengen mellom dødelighet og luftforurensning i London på 1950-tallet ble reanalysert (5). Ved hjelp av de nye analysemetodene fant man at det var statistisk signifikante assosiasjoner mellom daglig forurensningsnivå og daglig dødelighet for mye lavere forurensningsnivåer enn det som tidligere hadde vært vist. Noen nedre grense for helseskadelig luftforurensning kunne ikke påvises. Undersøkelsene har vist varierende resultater når det gjelder styrken av assosiasjonene, hvilke luftforurensningskomponenter som synes å være bærer av helseeffektene og på hvilke helseutfall forurensningen virker. Per i dag er det antakelig flest undersøkelser som har vist sammenhenger mellom partikulær forurensning og negative helseeffekter. Partikulær forurensning blir ofte målt i PM<sub>10</sub> eller PM<sub>2,5</sub> og angis i µg/m<sup>3</sup>. Et utdrag av resultater fra en gjennomgang og metaanalyse av 629 slike tidsrekkeundersøkelser (2) er presentert i tabell 1.

En økning i antall dødsfall per dag i størrelsesorden 0,5 % for en økning i PM<sub>10</sub> på 10 µg/m<sup>3</sup> har vært vanlige funn i denne type undersøkelser, men det er også andre mål for forurensning som har vist liknende sammenhenger selv om datagrunnlaget var utilstrekkelig for å gjøre metaanalyser for mange forurensningskomponenter. Det er ikke bare effekter på lungene som er påvist. Flere undersøkelser har også funnet at forurensning øker risikoen for sykehusinnleggelse eller død pga. hjerte- og karsykdommer (2, 12, 13). Tidsrekkeanalysene er også blitt utnyttet til å forsøke å påvise at effektene på helse ikke utelukkende er korttids effekter (14).

**Kohortundersøkelser.** Kohortundersøkelser er egnet til å studere langtids effekter av eksponering. Det finnes få slike. Kohortundersøkelser er ressurskrevende, og spesielt vil det være svært krevende å måle individuell luftforurensningseksponering over tid.

**Tabell 1** Forenklet utdrag av resultater fra WHO/EU-ekspertgruppes metaanalyse av tidsrekkeundersøkelser (2) av sammenhengen mellom daglig nivå av luftforurensning i byluft og antall sykehusinnleggelses eller dødsfall samme dag eller påfølgende dager. Metaanalysen er basert på gjennomgang av 629 tidsrekkeundersøkelser. Det oppgis relativ risiko med 95 % konfidensintervaller for en 10 µg/m<sup>3</sup> økning i den enkelte forurensningskomponent

Helseutfall	Aldersgruppe	PM <sub>10</sub>	Black smoke <sup>1</sup>	Ozon
<i>Dødsfall</i>				
Alle sykdommer	Alle	1,006 (1,004–1,008)	1,006 (1,004–1,008)	1,003 (1,001–1,004)
Respirasjonssykdommer	Alle	1,013 (1,005–1,020)	1,006 (0,998–1,015)	1,000 (0,996–1,005)
Hjerte- og karsykdommer	Alle	1,009 (1,005–1,013)	1,004 (1,002–1,007)	1,004 (1,003–1,005)
<i>Sykehusinnleggelses</i>				
Respirasjonssykdommer	0–14 år	NA <sup>2</sup>	NA <sup>2</sup>	NA <sup>2</sup>
Respirasjonssykdommer	15–64 år	NA <sup>2</sup>	1,006 (1,001–1,010)	1,001 (0,991–1,012)
Respirasjonssykdommer	65+ år	1,007 (1,002–1,013)	1,001 (0,993–1,010)	1,005 (0,998–1,012)
Hjerte- og karsykdommer	65+ år	NA <sup>2</sup>	NA <sup>2</sup>	NA <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rapporten har brukt black smoke som et av målene for partikulær forurensning. Black smoke uttrykker graden av svart farge på partikler med størrelse på under 4,5 µm i diameter. Sot er antakelig det best dekkende ordet på norsk

<sup>2</sup> NA: ikke tilstrekkelig datagrunnlag for å gjennomføre metaanalyser. For mindre partikler og for grovfraksjonspartikler fantes det ikke tilstrekkelig datagrunnlag for å gjennomføre metaanalyser. Forurensningen er midlet på døgnnivå, for ozon over 8 timer. Totaldød omfatter død pga. sykdom og ikke pga. for eksempel ulykker. Eksponeringen sammenliknes med antall dødsfall eller sykehusinnleggelses samme dag eller en av de nærmeste dagene. Dette varierer fra undersøkelse til undersøkelse, men felles for alle er at det er korte intervaller mellom eksponering og helseutfall

De kohortstudiene som er publisert så langt, har da også benyttet svært grove mål for eksponering. To studier, en av Dockery og medarbeidere (15) og en av Pope og medarbeidere (16, 17), er blitt mye sitert.

Dockery og medarbeidere fulgte ca. 8 000 menn bosatt i seks amerikanske byer i en periode på 14–16 år, og Pope og medarbeidere fulgte ca. 1,2 millioner amerikanere i en oppfølgingsundersøkelse i regi av The American Cancer Society. I begge disse studiene har man tilskrevet alle deltakerne fra samme by den samme eksponeringen. For Dockerys undersøkelse betyr dette at deltakerne bare kunne ha en av totalt seks forskjellige eksponeringsnivåer. Begge studier finner at økt eksponering gir økt risiko for død. Disse resultatene har vært hovedgrunnlaget for mange beregninger av helseeffekter av luftforurensning.

I et mindre antall studier har man forsøkt å beregne eksponering på individnivå ved hjelp av såkalte geografiske informasjonssystemer (18–21). Disse har også presentert resultater til støtte for at eksponering over tid øker risikoen for død og for å utvikle lungekreft. I slike studier bruker man opplysninger om meteorologi, topografi, utslipp av forurensning og forurensningsmålinger til å beregne eksponeringen deltakerne har på sitt hjemsted.

**Intervensjonsstudier.** Randomiserte kontrollerte studier av sammenhengen mellom utendørs luftforurensning og helse er utenkelig, men epidemiologer har lett etter «na-

turlige eksperimenter», hvor brå endringer i eksponeringsnivåer i et område kunne tenkes å påvirke sykdomsheten. Det klassiske eksemplet på en slik undersøkelse er Popes Utah-undersøkelse fra 1991 (22). Her sammenliknet han innleggelsesfrekvenser for astma etc. i en dal i Utah med betydelig partikulær luftforurensning pga. industriaktiviteter med innleggelsesfrekvenser i «rene» nabolander.

På grunn av en arbeidskonflikt ble industriaktiviteten stoppet i 13 måneder. Dette resulterte i et betydelig fall i luftforurensningen. Pope registrerte innleggelsesfrekvensen i disse 13 månedene og i 16 måneder før og i 19 og 35 måneder etter streiken. Innleggelsesfrekvensen var høyere i alle periodene, men forskjellen mellom denne dalen og de «rene» dalene ble statistisk sikkert redusert i streikeperioden.

Ved siden av denne undersøkelsen er det blant annet blitt publisert undersøkelser fra Irland (23) og Hongkong (24). Disse har konkludert med at intervensjon eller reduksjon av forurensningsnivå pga. forebyggende tiltak har ført til reduksjon i dødelighet i perioden etter at tiltakene var gjennomført. Manglende sammenliknbare kontrollpopulasjoner og manglende randomisering er selvfølgelig svakheter ved slike undersøkelser.

**Annet.** Sammenhengen mellom luftforurensning og helse har også vært studert i enkelte pasientkontrollundersøkelser (25–27) og i den senere tid har det man på engelsk kaller case-crossover design blitt populært (28).

I en slik studiedesign er en person som utvikler en sykdom eller et symptom, sin egen kontrollperson. Forenklet kan man si at man sammenlikner personens eksponering på tidspunktet han utvikler sykdommen/symptomet med et nærmere definert tidspunkt før og/eller etter denne situasjonen. Igjen er det korttids-effekter som kan studeres. Disse undersøkelsene har bekreftet funnene fra tidsrekkeundersøkelsene.

Epidemiologiske studier er også blitt brukt i forsøkene med å identifisere biologiske mekanismer. Funn fra disse undersøkelsene antyder at partikler påvirker den elektriske ledningen i hjertet (29) og fører til endringer i blodparametere som for eksempel plasmaviskositet (30).

### Norske bidrag

I tabell 2 er det en oversikt over internasjonalt publiserte epidemiologiske studier av helse-

effekter av luftforurensning i Norge (10, 11, 26, 31–37). Listen er beskjeden. I noen av undersøkelsene ble det ikke funnet sikre sammenhenger mellom sykdom og luftforurensning. Det er blant annet lite dokumentasjon for at det finnes en sammenheng mellom helse og partikulær forurensning.

Kanskje det mest originale norske bidraget til luftforurensningsepidemiologien er Søyseth og medarbeideres undersøkelse blant barn i Årdal i 1980-årene (33). Ved hjelp av en god forskningsdesign, gode eksponeringsmålinger og godt epidemiologisk håndverk viste de at luftforurensning (svovel-dioksid, fluorid) i det første leveår hadde betydning for risikoen for bronkial hyperaktivitet i skolealder. De fant også at eksponeringen de siste 24 timer før lungeundersøkelsen var av betydning (34).

Et annet originalt funn fra Norge var at Jørgen A. Hagen i en tidsrekkeundersøkelse fra

Drammen fant at benzen var den forureningskomponenten som sterkest samvarierte med sykehusinnleggelser for respirasjonssykdommer i byen i årene 1994–97 (10).

### Diskusjon

Miljøepidemiologiske undersøkelser er en vesentlig kilde til dagens viten om luftforurensning og helse. Oppfinnsom bruk av statistisk og epidemiologisk metode har vært et viktig trekk i utviklingen av forskningen. De negative helseeffekter av luftforurensning i Donora, Meuse-dalen og London (3, 5) er nærmest udiskutable, men å beregne helseeffektene av nåtidens luftforureningsnivåer krever langt mer kompliserte og sofistikerte metoder. Dette gjør at det er vanskelig å observere helseeffektene direkte, slik man kunne gjøre det for eksempel i Donora i 1948 (3), og resultatene fra slike undersøkelser kan være vanskelig å tolke. Man bør der-

**Tabell 2** Oversikt over internasjonalt publiserte undersøkelser om helse og luftforurensning i Norge

Førsteforfatter	Populasjon	Helseutfall	Eksponering	Hovedfunn
<i>Tidsrekkeundersøkelser</i>				
Hagen JA 2000	Befolkningen i Drammen og omegn 1995–97	Sykehusinnleggelse med vekt på luftveissykdommer	PM <sub>10</sub> , NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , benzen, formaldehyd og toluen	Flere forureningskomponenter økte risikoen for sykehusinnleggelse pga. respirasjonssykdommer
Oftedal B 2003	Befolkningen i Drammen og omegn 1995–2000	Sykehusinnleggelse med vekt på luftveissykdommer	PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> benzen, formaldehyd og toluen	Flere forureningskomponenter økte risikoen for sykehusinnleggelse pga. respirasjonssykdommer
<i>Kohortundersøkelser</i>				
Bjerknes-Haugen G 1995	Beboere i Grenland	Spirometri (peak expiratory flow)	Modellering av utendørs forureningskomponenter bl.a. NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	Ingen sammenheng mellom luftforureningskomponentene og spirometri
Roemer W 2000	Skolebarn fra flere europeiske byer, inkludert barn fra Oslo	Spirometri (peak expiratory flow) og respirasjonssymptomer	PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , (black smoke)	Ingen konsistente sammenhenger mellom luftforureningsseksponering og spirometri eller respirasjonssymptomer
Nafstad P 2003	Middelaldrende Oslo-menn på 1970-tallet	Lungekreft	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	Liten, men statistisk signifikant økning i risiko for lungekreft med økende NO <sub>x</sub> -eksponering på 1970-tallet
Nafstad P 2004	Middelaldrende Oslo-menn på 1970-tallet	Død	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	Liten, men statistisk signifikant økning i risiko for død pga. bl.a. lungesykdommer ved økende NO <sub>x</sub> -eksponering på 1970-tallet
<i>Pasient-kontrollundersøkelser</i>				
Magnus P 1998	Barn 0–2 år i Oslo	Bronkiale obstruksjoner	NO <sub>2</sub>	Ingen statistisk signifikante sammenhenger mellom eksponering og helseutfall
<i>Tverrsnittundersøkelser</i>				
Søyseth V 1995	Skolebarn fra Årdal og Lærdal	Bronkial hyperaktivitet	SO <sub>2</sub> , fluorid	Eksponering for SO <sub>2</sub> og fluorid i første leveår var assosiert med bronkial hyperaktivitet hos skolebarn
Søyseth V 1995	Skolebarn fra Årdal og Lærdal	Bronkial hyperaktivitet og antall eosinofile celler i kapillærblod	SO <sub>2</sub> , fluorid	Siste døgn eksponering for SO <sub>2</sub> og fluorid var assosiert med bronkial hyperaktivitet og eosinofile blodceller hos skolebarn
Clench-Aas J 2000	Beboere på Vålerenga i Oslo	14 forskjellige selvrapporterte symptomer	NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , partikler	Noen statistisk signifikante sammenhenger mellom symptomrapportering og eksponering for luftforurensning (NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> )
Smith-Sivertsen T 2001	Befolkningsgrupper fra Sør-Varanger i Norge og Nikel i Russland	Lungefunksjon	SO <sub>2</sub>	Fall i lungefunksjon var ikke assosiert til siste døgn SO <sub>2</sub> -eksponering
Smith-Sivertsen T 2001	Befolkningsgrupper fra Sør-Varanger og Tromsø	Nikkelallergi	Nikkel i urin	Nikkelallergi kunne ikke forklares av nikkel-eksponering i miljøet

for være åpen for at forhold man ennå ikke har forstått betydningen av, kan påvirke resultatene og tolkingen av disse. Et eksempel å lære av fikk vi i 2002 da det ble klart at de påviste assosiasjonene i tidsrekkeanalysene var sensitive for en spesiell konstant i det statistikkprogrammet nesten alle bruker til slike analyser (38). Det fantes ingen faglig god begrunnelse for den valgte konstanten. Dette har igjen ført til at Health Effect Institute i USA satte i gang reanalysering av de viktigste tidsrekkeundersøkelsene. En mulig konsekvens av dette kan være en justering av størrelsen på de estimerte helseeffektene.

Tidsrekkeundersøkelsene er i prinsippet økologiske undersøkelser hvor verken sykdom eller eksponering er målt på individnivå. Vanligvis regner man med at økologiske undersøkelser gir usikre funn som kan gi grunnlag for forskjellige tolkinger. Resultatene fra tidsrekkeundersøkelsene har til tross for dette vært og er det vesentligste grunnlaget for uttalelser om tilrådelige forurensningsnivåer. Tidsrekkeundersøkelsene har en klar styrke ved at potensielle risikofaktorer som f.eks. røyking og alkoholkonsum neppe samvarierer med det daglige forurensningsnivået i en by og vil derfor ikke kunne skape skjevheter i assosiasjonene. Sesongvariasjoner i sykkelighet og variasjon i temperatur samvarierer derimot ofte med forurensningsnivåene, og det er utviklet sofistikerte metoder for å kontrollere for slike samvariasjoner (2, 5, 9). Et problem med slik kontrollering er at det er vanskelig å vite om man over- eller underkontrollerer og i hvilken grad dette påvirker de assosiasjonene man ønsker å studere. Et annet problem er at utendørs luftforurensning alltid vil bestå av en blanding av luftforurensningskomponenter, og at denne sammensetningen vil variere med tiden og fra sted til sted.

Sannsynligvis vil eksponeringsmålinger i tidsrekkeundersøkelser bare være en indikator for luftforurensningseksponering. Assosiasjonene bør derfor tolkes i henhold til dette. Mange vil være uenig i et slikt resonnement. Resultatene av et stort antall tidsrekkeundersøkelser tyder klart på at relativt lave luftforurensningsnivåer har negative helseeffekter. Størrelsen på disse effektene, hvilke forurensningskomponenter som fører til effektene og om forurensning fører til utvikling av sykdom hos tidligere friske eller bare forskyver tidspunktet for forverring hos allerede alvorlig syke personer, skulle med fordel ha vært bedre dokumentert.

De få kohortundersøkelsene som så langt er gjort, styrker grunnlaget for å si at forurensningen ikke bare forverrer sykdom hos allerede syke individer. Et vesentlig metodeproblem med slike undersøkelser er i denne sammenhengen at det er nærmest umulig å måle individuell luftforurensningseksponering for et stort antall personer over lang tid. Man vil derfor alltid måtte benytte mer eller mindre presise eksponeringsmål, med fare for følgende feilklassifisering.

Det eksisterende kunnskapsgrunnlaget om helseeffekter og luftforurensning er fjernt fra resultater fra optimalt gjennomførte randomiserte kontrollerte undersøkelser, som er normen for god kunnskap i visse fagmiljøer. Til tross for dette virker det som at det er rimelig enighet om hvilke og hvor store helseeffekter luftforurensning gir. Det finnes dog unntak. Blant annet har John F. Gamble reist vesentlige innvendinger mot en del av kunnskapsgrunnlaget (39).

En vesentlig del av kunnskapen om helseeffekter av den lavgradige langtidseksponeringen mennesker utsettes for over tid, vil med stor sannsynlighet fortsette å være bygd på resultater fra observasjonelle befolkningsundersøkelser. Konsistens i resultater over tid og fra studier med forskjellige design og eksponeringsmål utført på forskjellige steder vil kunne redusere usikkerheten i denne kunnskapen. Forskere og beslutningstakere bør lære å forholde seg til denne virkeligheten og ikke forsøke å forlange klare svar der dette ikke finnes.

#### Litteratur

- Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A et al. Comparative Risk Assessment Collaborating Group. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet* 2002; 360: 1347–60.
- Verdens helseorganisasjon. <http://www.euro.who.int/document/E82792.pdf>. (12.5.2004).
- Helfand WH, Lazarus J, Theerman P, Donora, Pennsylvania: an environmental disaster of the 20th century. *Am J Public Health* 2001; 91: 553.
- Nemery B, Hoet PH, Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. *Lancet* 2001; 357: 704–8.
- Schwartz J, Marcus A. Mortality and air pollution in London; a time series analysis. *Am J Epidemiol* 1990; 131: 185–94.
- Lawrence EN. Clean air act. *Nature* 1971; 229: 334–5.
- McMichael AJ, Anderson HR, Brunekreef B et al. Inappropriate use of daily mortality analyses to estimate longer-term mortality effects of air pollution. *Int J Epidemiol* 1999; 28: 990–2.
- Hastie TJ, Tibshirani RJ. Generalized additive models. London: Chapman & Hall, 1990.
- Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C et al. Short term effects of ambient sulfur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ* 1997; 314: 1658–63.
- Hagen JA, Nafstad P, Skronald A et al. Associations between outdoor air pollutants and hospitalization for respiratory diseases. *Epidemiology* 2000; 11: 136–40.
- Oftedal B, Nafstad P, Magnus P et al. Traffic related air pollution and acute hospital admission from respiratory diseases in Drammen, Norway 1995–2000. *Eur J Epidemiol* 2003; 18: 671–5.
- Burnett RT, Dales RE, Brook JR et al. Association between ambient carbon monoxide levels and hospitalizations for congestive heart failure in the elderly in 10 Canadian cities. *Epidemiology* 1997; 8: 162–7.
- Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Tucson. *Epidemiology* 1997; 8: 371–7.
- Schwartz J. Harvesting and long term exposure effects in the relation between air pollution and mortality. *Am J Epidemiol* 2000; 151: 440–8.
- Dockery DW, Pope CA III, Xu X et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753–9.
- Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MN et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 669–74.
- Pope CA, Burnett RT, Thun MJ. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132–41.
- Beeson WL, Abbey DE, Knutsen SF. Long-term concentrations of ambient air pollutants and incident lung cancer in California adults: results from the AHSMOG study. *Adventist Health Study on Smog. Environ Health Perspect* 1998; 106: 813–23.
- Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S et al. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 2002; 360: 1203–9.
- Nafstad P, Håheim LL, Oftedal B et al. Lung cancer and air pollution. A 27 year follow up of 16 209 Norwegian men. *Thorax* 2003; 58: 1071–6.
- Nafstad P, Håheim LL, Wisloff T et al. Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 610–5.
- Pope CA. Respiratory hospital admissions associated with PM10 pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. *Arch Environ Health* 1991; 46: 90–7.
- Clancy L, Goodman P, Sinclair H et al. Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *Lancet* 2002; 360: 1210–4.
- Hedley AJ, Wong CM, Thach TQ et al. Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulphur content of fuel in Hong Kong: an intervention study. *Lancet* 2002; 360: 1646–52.
- Nyberg F, Gustavsson P, Jarup L et al. Urban air pollution and lung cancer in Stockholm. *Epidemiology* 2000; 11: 487–95.
- Magnus P, Nafstad P, Oie L et al. Exposure to nitrogen dioxide and bronchial obstruction in young children. *Int J Epidemiol* 1998; 27: 995–9.
- Pershagen G, Rylander E, Norberg S et al. Air pollution involving nitrogen dioxide exposure and wheezing bronchitis in children. *Int J Epidemiol* 1995; 24: 1147–53.
- Neas LM, Schwartz J, Dockery D. A case-cross-over analysis of air pollution and mortality in Philadelphia. *Environ Health Perspect* 1999; 107: 629–31.
- Magari SR, Schwartz J, Williams PL et al. The association of particulate air metal concentrations with heart rate variability. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 875–80.
- Peters A, Døring A, Wichmann HE et al. Increased plasma viscosity during an air pollution episode: a link to mortality? *Lancet* 1997; 349: 582–7.
- Bjerknes-Haugen G, Clench-Aas J, Samuelsen SO et al. Cohort study of the relationship between air pollution and short term health effects as determined by peak expiratory flow measurements. *Cent Eur J Public Health* 1995; 3: 13–20.
- Roemer W, Hoek G, Brunekreef B. Pollution effects on asthmatic children in Europe, the PEACE study. *Clin Exp Allergy* 2000; 30: 1067–75.
- Søyseth V, Kongerud J, Haarr D et al. Relation of exposure to airway irritants in infancy to prevalence of bronchial hyperresponsiveness in school-children. *Lancet*. 1995; 345: 217–20.
- Søyseth V, Kongerud J, Broen P et al. Bronchial responsiveness, eosinophilia, and short term exposure to air pollution. *Arch Dis Child* 1995; 73: 418–22.
- Clench-Aas J, Bartonova A, Klæboe et al. Oslo traffic study – part 2: quantifying effects of traffic measures using individual exposure modeling. *J Environ Monit* 1999; 34: 4537–44.
- Smith-Sivertsen T, Bykov V, Melbye H et al. Sulfur dioxide exposure and lung function in a Norwegian and Russian population living close to a nickel smelter. *Int J Circumpolar Health* 2001; 60: 342–59.
- Smith-Sivertsen T, Tchachtchine V, Lund E. Environmental nickel pollution: Does it protect against nickel allergy? *J Am Acad Dermatol* 2002; 46: 460–2.
- Dominici F, McDermott A, Zeger SL et al. On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health. *Am J Epidemiol* 2002; 156: 193–203.
- Gamble JF, Lewis RJ. Health and respirable particulate (PM10) air pollution: a causal or statistical association? *Environ Health Perspect* 1996; 104: 838–50.