

# **Helsemessige konsekvenser av luftforurensning fra Saint Gobains virksomhet i Lillesand: betydningen av målte nivåer av benzo(a)pyrene og svoveldioksid.**

*Jørn A. Holme, Magne Refsnes, Marit Låg og Toril Attramadal*

*Avdeling for luft og støy, Område for smittevern miljø og helse, Folkehelseinstituttet*

---

## **Bakgrunn**

Folkehelseinstituttet (FHI) fikk 29. juni 2018 oversendt en epost fra seksjonsleder Ragnhild Orvik, Miljødirektoratet med forespørsel om å foreta en helserisikovurdering av PAH eksponering basert på en rapport foretatt av SINTEFMOLAB med svevestøv og PAH - målinger utført i perioden mars 2017 – februar 2018 (Ordre nr.: 70198). Den 31. juli 2018 fikk vi oversendt resultater for de øvrige enkeltforbindelsene i PAH-gruppen US-EPA 16 (månedssnittverdiene) fra sjefingeniør Bente Rikheim. Dette var målinger av en rekke PAH-forbindelser i luftprøver fra 3 ulike målestasjoner rundt Saint-Gobain Ceramic Materials i Lillesand.

Saint-Gobain Ceramic Materials AS på Fyresmoen i Lillesand produserer og videreforedler silisiumkarbid. I ovnshuset produseres silisiumkarbid av kvarts og petroleumskoks. Bedriften har fire avdelinger der silisiumkarbid raffineres videre til spesialprodukter med definert kornstørrelse, kornform og renhet.

Bedriften har tillatelse etter forurensningsloven med utslippsgrenser for flere stoffer. Det foretas jevnlig målinger av utslippene. Bedriften har utslipp både fra ovnshus og prosessene etter ovnshuset.

Fra ovnshuset har bedriften utslipp til luft av støv, SO<sub>2</sub>, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) samt flere metaller, CO<sub>2</sub> og flyktige organiske forbindelse (VOC). Utslipet til luft fra ovnshuset renses i dag med elektrostatisk filter for å redusere utslipp av partikler og partikkelbundet forurensning. Andre tiltak i prosessen for å redusere utslipp er blant annet lang kjøletid på ovnene, reduksjon av blås i prosessen, overgang til PAH-frie elektroder og redusert produksjon ved ugunstige værforhold.

Saint-Gobain er i gang med ombygginger i ovnshuset for å lukke ovnene. Lukking av ovner gjør det mulig å samle prosessavgassen og rense denne i et nytt renseanlegg. Tiltaket vil særlig redusere utslipp av partikler, PAH og SO<sub>2</sub>. Den første ombyggingen ble gjennomført sommeren 2018 og prosjektet vil strekke seg over flere år.

FHI har foretatt en midlertidige vurdering av utslipp fra industribedriften Saint-Gobain i Lillesand juli 2017. Utslipp fra de samme målestasjoner som nevnt seinere ble vurdert mhp utslipp av PAH, svevestøv og SO<sub>2</sub>. Det ble påpekt at SO<sub>2</sub>-nivåene varierte mye, og at nivåene kunne være problematiske for astmatikere. Det var ikke måleverdier som tilsa at grenseverdiene for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> i forurensingsforskriften var overskredet. FHI vurderte kun utslipp av benzo(a)pyren (B(a)P), og ble ikke forelagt måleverdier for andre PAH. Det ble påpekt at selv om de foreløpige måleverdiene for B(a)P ved Holta målestasjon er under målsetningsverdi for tiltak i forurensingsforskriften, mente FHI at nivåene fra et helsefaglig perspektiv var for høye. I området rundt målestasjonen ligger flere bolighus, samt skoler, barnehager og idrettsanlegg. Dette mente FHI bør vektlegges i en helhetsvurdering. FHI påpekte spesifikt at flere målinger over en lengre periode ville være nødvendig for å avklare den faktiske eksponeringssituasjonen i området rundt Saint-Gobains fabrikk i Lillesand, men at de foreløpige registrerte uteluftsverdiene for B(a)P indikerte at tiltak for å redusere utslippene vil være nødvendig.

FHI påpekte videre også at tiltak bør gjennomføres for å redusere SO<sub>2</sub>-utslippene i området. Tilslutt i rapporten tilkjenner FHI at de ønsket å følge saken ved Saint-Gobains industribedrift i Lillesand videre og i samarbeid med Miljødirektoratet vurdere behov for regulering av utslipp, når mer komplette måledata forelå. Disse nye målingene foreligger nå og er gjengitt i sin helhet under.

## **Målinger av svevestøv og PAH**

Den viktigste informasjonen av målingene (*kursiv*), figurer og tabeller er direkte kopiert fra SINTEFMolab's rapport og plassert under for å gjøre vurderingene av disse enklere for leseren:

*SINTEF Molab gjennomførte målingene på oppdrag for Saint-Gobain Ceramic Materials (SGCM) luftovervåkning i området rundt bedriften. I overvåkningsprogrammet inngår*

*partikkelbunden PAH (PM10-fraksjon) og svevestøv. Overvåkingen ble igangsatt i midten av februar 2017 (PAH) og mars 2017 (svevestøv).*

*Partikulært (PM10) PAH prøvetas på filter ved bruk av høyvolumprøvetakere av typen Ecotech HiVol 3000 med PM10-inlet. Hver filterprøve dekker 24 timer og det er tatt prøve hver tredje dag for en datadekning på 33 % i henhold til EU direktiv 2004/107/EC. 16 US EPA bestemmes med GC/MS med utgangspunkt i NS-ISO 11338:2003 på månedskomposittprøver av alle filtrene fra hver stasjon. Da benzo(a)pyren (heretter B(a)P) benyttes som indikatorforbindelse i forurensningsforskriften og i luftkvalitetskriteriene, er B(a)P spesifisert spesielt.*

## **2.2 Måling av svevestøv**

*Svevestøv monitoreres ved bruk av Palas Fidas 200s. Instrumentet er typegodkjent i henhold til EN 12341(PM10) og EN 14907 (PM2,5) og måler støv i uteluft i henhold til EN 15267-1/-2. Prinsippet for måling er lysspredning av enkeltpartikler.*

## **2.3 Plassering av målestasjoner**

*Det er plassert ut høyvolumprøvetakere i en gårdshage ved RV 402 ved Storemyr, et stykke inn på området til Libir og på sørøstsiden av idrettsplassen på Møglestu. Ved idrettsplassen på Møglestu er også svevestøvsmåleren plassert. Målestasjonen plassert på Libir måtte flyttes i oktober grunnet utvidelser hos Libir, og ny plassering er i et område med forventet tilsvarende årlig eksponering, men nærmere veien og utenfor Libirs område. Spredningsberegning ble benyttet som beslutningsstøtte ved relokalisering av målestasjonen.*

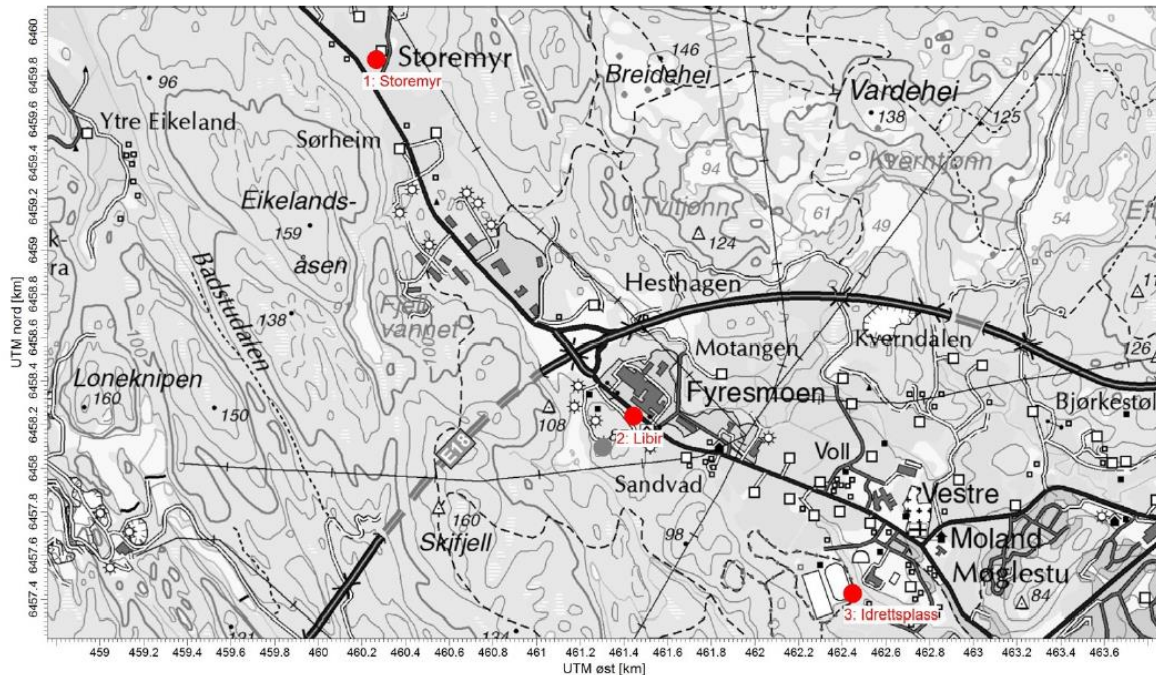
## **3 Prøvetaking**

### **3.1 Partikulært PAH**

*Det er målt partikulært PAH i PM10-fraksjonen som sum US EPA 16. Hver døgnprøve er basert på at omtrent 1600 m<sup>3</sup> er ledet over et filter. Luften suges gjennom en separator, slikt at det er PM10- fraksjonen som blir tatt prøve av. Det ble tatt en døgnprøve hvert tredje døgn, med start/stopp kl. 12 på formiddagen. Dersom en ser måleperioden under ett er dekningsgraden 33 % for alle målestasjonene, slik at kravet til datadekning i EU direktiv 4*

## **Resultater målinger**

Resultatene for partikulært PAH og benzo(a)pyren er vist i Tabell 2. Målt mengde benzo(a)pyren er mindre enn forurensningsforskriftens grenseverdi på 1 ng/m<sup>3</sup> for alle målepunktene.



Figur 1. Plassering av målestasjoner. 1 (Storemyr): PAH. 2 (Libir): PAH. 3 (Idrettsplass): PAH, svevestøv. Målestasjon 2 ble flyttet (fra grå til rød markering) 12. oktober 2017.

Tabell 1. Partikulært PAH. Antall døgnprøver og dekningsgrad.

		1: Storemyr	2: Libir	3: Idrettsplass
Antall døgnprøver		120	119	121
Dekningsgrad	Andel av året	33 %	33 %	33 %

Tabell 2. Oppsummering av beregnet gjennomsnittskonsentrasjon for ettårsperioden for partikulært benzo(a)pyren og sum PAH 16.

	1: Storemyr		2: Libir		3: Idrettsplass	
	Benzo(a)pyren	Sum PAH 16	Benzo(a)pyren	Sum PAH 16	Benzo(a)pyren	Sum PAH 16
	ng/m <sup>3</sup>					
Gjennomsnitt - 1 år	0,06	0,87	0,86	16	0,45	8,1

## Helseeffekter av PAH

Forbrenning av organisk materiale som trekull fører til dannelse av tjærestoffer eller polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Disse inkluderer flere hundre forskjellige stoffer med ulike egenskaper. PAH-forbindelsene kan derfor gi opphav til vidt forskjellige helseeffekter. Den kritiske effekten av PAH som pustes inn er kreftutvikling i lunge. Studier i arbeidsmiljø og dyreeksperimentelle studier har gitt kunnskap om risikoen for kreftutvikling ved langvarig eksponering for høyere PAH-nivåer enn det som forekommer i uteluft. Det er studier i arbeidsmiljø som danner grunnlaget for beregninger av kreftrisiko ved en livslang eksponering for benzo(a)pyrene (B(a)P).

PAH som vi puster inn er hovedsakelig adsorbent til partikler og blir avsatt i lungevevet. PAH bundet til partikler (svevestøv, PM) har det største kreftfremkallende potensialet, og befolkningsstudier har vist at langvarig eksponering for luftforurensningspartikler øker risikoen for utvikling av lungekreft. Det er imidlertid vanskelig å skille ut hva som skyldes effekter av PAH og hva som skyldes partikler. Befolkningsstudier viser også sammenheng mellom PAH-nivåer og andre helseutfall som nedsatt fødselsvekt. Videre er det er holdepunkter for at PAH-eksponering også kan forverre hjerte- og karlidelser og forårsake effekter på immunsystemet.

Mye av kunnskapen forbundet med effekter av PAH er basert på dyrestudier og studier i cellekulturer (1). Mange studier er gjort med B(a)P. Andre PAH, deriblant nitro-PAH og heterosykliske PAH, har vært mindre studert, men har også vist seg å forårsake DNA-skade. Reaktive PAH- metabolitter (epoksider, samt frie radikaler) kan binde seg til arvematerialet (DNA) og danne såkalte DNA-addukter (et reaksjonsprodukt mellom PAH og DNA). Denne bindingen kan føre til at DNA blir skadet og det oppstår mutasjoner. PAH kan også føre til andre type DNA-skader (oksidative DNA-skader) ved at reaktive oksygen-forbindelser (ROS) dannes. Mutasjoner i kritiske gener kan fremme kreftutvikling. Ved kreftutvikling forårsaket av PAH er genskade den viktigste årsaken, mens betennelse også synes å være involvert. Det

ser ikke ut til å være noen reel dose-terkel hvor det ikke er noen effekt i det aktuelle eksponeringsnivået vi utsettes for.

### ***Risikovurdering av helseskadelig potensial***

Målinger av svevestøv, plassering av målestasjoner (Fig 1), målefrekvens og dekningsgrad (beskrevet over og Tabell 1) virker etter FHI's vurdering tilfredsstillende. Tilleggsinformasjon om målestasjoner som er viktig for vurdering:

*Holta:* Målestasjonen er plassert i et område med skoler, barnehage og idrettsanlegg. Den ligger sørøst for bedriften mellom bedriften og Lillesand sentrum ca 1,4 km fra bedriftens utslippspunkter. Plasseringen er valgt for å fange opp påvirkningen for en større del av befolkningen.

*Libir:* Målestasjonen er plassert på industriområdet sørvest for bedriften.

Spredningsberegninger av bedriftens utslipp viser større påvirkning her enn på Holta.

*Storemyr:* I tillegg er det en målestasjon for PAH nord for bedriften som er referansestasjon.

Det er ikke oppgitt hvordan PAH ekstraheres fra innsamlet PM10. Vi regner med at dette er gjort på en tilfredsstillende måte, men kan altså ikke vurdere kvaliteten av selve PAH-ekstraksjon/målingene.

Utendørs luftforurensning, i form av svevestøv i forurensede byer, antas å være et av verdens største miljøproblemer. Luftforurensning som PM inneholdende PAH øker risikoen for lungekreft. For hver enkelt person er økningen i risikoen for kreft liten, men fordi svært mange er utsatt for luftforurensning, blir den samlede effekten på befolkningsnivå betydelig. Norge har derfor innført luftkvalitetskriterier for uteluft og lover/forskrifter for utslipp av forurensning, noe som har ført til effektive tiltak for å redusere utslippene. Som følge av dette har nivåene av PAH i luftforurensning i de store byene i Norge blitt markert lavere de siste 30 årene. Nivået av PAH i lufta i større byer kan imidlertid fremdeles ofte ligge over det ønskelige. Konsentrasjonen av B(a)P i luften i større Europeiske byer er i størrelsesorden 1-10 ng/m<sup>3</sup> i gjennomsnitt over et år, mens nivået i norske byer ligger under 1 ng/m<sup>3</sup>. Landområder har oftest mye lavere nivåer enn 1 ng/m<sup>3</sup> (2).

Det er ønskelig å finne en passende indeks for de kreftfremkallende effektene av de ulike PAH i forurenset luft, men dette er foreløpig ikke gjennomført. Fortsatt betraktes B(a)P som

den beste markøren for PAH (3). I et europeisk samarbeidsprosjekt ble det imidlertid i 2002/2003 foretatt målinger av en rekke PAH-komponenter på svevestøv (PM10) samlet inn ved ulike årstider i forskjellige Europeiske byer (4). Det relative forhold mellom PAH/ B(a)P som ble funnet her er i størrelsesorden likt det en finner i Lillesand (ca 20). Det betyr at en kan benytte målt mengde B(a)P for vurdering av kreftrisiko fra ulike PAH som det er gjort i tilsvarende rapporter for byluft.

WHO har ikke anbefalt noen spesifikke retningslinjer for PAH konsentrasjoner i luft (2). Mangel på kunnskap om dose-respons for enkelt PAH i komplekse blandinger, samt mangel på terskelnivå for effekt, angis som årsak til at det er vanskelig å angi en spesifikk verdi. WHO har imidlertid foretatt risikoberegninger og potensvurderinger etter inhalasjon. De sikreste data er det på den kreftfremkallende evne av B(a)P.

Estimatene for kreftrisiko baserer seg på befolkningsundersøkelser etter yrkeseksponering for PAH. B(a)P er et DNA-skadende kreftfremkallende stoff. Derfor benyttes en hypotetisk lineær sammenheng til å beregne kreftrisiko fra en høy dose som er påvist å gi kreft til en lavere dose. WHO har kommet frem til at en livslang eksponering for  $1 \text{ ng/m}^3$  B(a)P vil føre til en risiko for kreft i luftveiene på 8,7 tilfeller per 100 000 eksponerte. Dette tilsvarer at en B(a)P-konsentrasjon på 1,2, 0,12 og  $0,012 \text{ ng/m}^3$  luft vil gi en teoretisk livstidsrisiko på 1 tilfelle per henholdsvis 10 000, 100 000 og en million eksponerte.

SINTEFMolab's konkluderer med at gjennomsnittlig års-verdier av målt mengde B(a)P (Tabell 2) er mindre enn forurensningsforskriftens målsetningsverdi for tiltak (§7-7) på  $1 \text{ ng/m}^3$  for alle målepunktene. FHI vil imidlertid påpeke at verdiene i vintermånedene var høyere og overskred ved flere anledninger målsetningsverdien. Dette er i tråd med kjente sesongvariasjoner, og skyldes at PAH kondenseres på partikler ved lavere temperatur.

Videre, som også vedlegget på SINTEFMolab rapporten korrekt påpeker, er at luftkvalitetskriteriet på  $0,1 \text{ ng/m}^3$  som årsmiddelkonsentrasjon for B(a)P bare er overholdt på referansemålestasjonen Storemyr, mens det overskrides på Idrettsplassen/ Holta ( $0,45 \text{ ng/m}^3$ ) og ved Libir ( $0,86 \text{ ng/m}^3$ ). Luftkvalitetskriteriet representerer ønskede verdier sett ut fra en rent helsefaglig vurdering. Det betyr at selv om målt mengde B(a)P er mindre enn forurensningsforskriftens målsetningsverdi på  $1 \text{ ng/m}^3$  vil den kunne representere en uønsket helserisiko. Målsetningsverdien på  $1 \text{ ng/m}^3$  B(a)P er beregnet å gi kreftrisiko i størrelsesorden 1: 10 000 som generelt ansees som for høy kreftrisiko ved vurdering av kreftfremkallende stoffer. FHI mener derfor at eksponeringen bør reduseres for å beskytte befolkningens helse.

Målet må være at B(a)P-nivåene både i større byer med høy trafikk så vel som i Lillesand skal ligge under luftkvalitetskriteriet på  $0,1 \text{ ng/m}^3$  som tilsvarer en teoretisk beregnet kreftrisiko på 1:100 000. I motsetning til i større byer, hvor utslippet skyldes ulike kilder og krever mange sammensatte tiltak, skyldes de høye B(a)P-nivåene i Lillesand utslipp fra en enkelt kilde, industribedriften, hvor tiltak lettere kan settes inn for å nå en akseptabel risiko. Et moment i saken er at gravide, barn og unge ansees være spesielt følsomme grupper for PAH.

Målestasjonen på Holta ligger i et område med skole, barnehage og idrettsplass.

FHI mener ut i fra en helsefaglig vurdering at fabrikken i Lillesand bør gjennomføre tiltak for å senke nivåene av PAH. Det er ikke innenfor vårt mandat eller kompetanseområde å uttale oss om hvilke tiltak som er mulige og kostnadseffektive.

## **Målinger og vurdering av SO<sub>2</sub>**

I tillegg til rapporten «Svevestøv og PAH - målinger utført i perioden mars 2017 – februar 2018» av SINTEF MOLAB, fikk FHI tilsendt Excel regneark med SO<sub>2</sub> nivåer målt på Holta målestasjon. Målingene viser at SO<sub>2</sub>-nivåene varierer svært mye. Tidligere har det vært enkelte overskridelser av døgn grensen i forurensningsforskriften kapittel 7. I denne måleperioden (01.03.17-28.02.18) har det ikke vært noen overskridelser av døgn grenseverdien for SO<sub>2</sub> ( $125 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) på Holta målestasjon, men 3 overskridelser av timegrenseverdien ( $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). Det måles regelmessig verdier over luftkvalitetskriteriet på  $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  i døgnmiddel, i tillegg til at verdiene flere ganger biker over luftkvalitetskriteriet på  $300 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  for 15-minuttersmiddel.

Akutte effekter ved kortvarig eksponering for SO<sub>2</sub> er bare rapportert ved høye konsentrasjoner. Astmatikere anses som den mest sensitive gruppen, hvor det er registrert effekter ved  $1,1 \text{ mg/m}^3$  i kliniske studier. Dette er imidlertid betydelig over de nivåer som er målt i området rundt Saint-Gobain fabrikken i Lillesand. Enkelte astmatikere kan imidlertid være mer følsomme for SO<sub>2</sub>, og oppleve helseeffekter ved lavere konsentrasjoner. Mer langvarig eksponering av SO<sub>2</sub>-eksponering kan også forårsake helseeffekter. Det er vist en sammenheng mellom SO<sub>2</sub> –nivåer ned mot  $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  og økt dødelighet i befolkningsstudier. Hvorvidt dette skyldes faktiske effekter av SO<sub>2</sub> eller at SO<sub>2</sub> samvarierer med andre viktigere luftforurensningskomponenter er uvisst. Det er FHI sin oppfatning at tiltak bør gjennomføres for å redusere SO<sub>2</sub>-utslippene i området.



## Konklusjon og behov for videre oppfølging

B(a)P-nivåene i boligområdene rundt Saint-Gobain Ceramic Materials AS i Lillesand ligger innenfor forurensningsforskriftens målsetningsverdi på  $1 \text{ ng/m}^3$  B(a)P. Nivåene er således ikke høyere enn samfunnet per i dag ut i fra økonomiske og praktiske hensyn har akseptert i større byer, og vurderes ikke av FHI å representere noen helsefare ved kortvarig eksponering. For hver enkelt person er økningen i risikoen for kreft ved langvarig eksponering liten. Dette betyr at de som bor i området ikke trenger engste seg med hensyn til økt risiko for å få lungekreft. Imidlertid er luftkvalitetskriteriene for luftforurensning satt slik at effekten av luftforurensingen samlet sett bare skal representere en helt minimal (teoretisk) økt risiko på befolkningsnivå. Etter FHI oppfatning representerer  $1 \text{ ng/m}^3$  B(a)P en for høy kreftrisiko (1:10 000) ved livsvarig eksponering. En rent helsefaglig vurdering tilsier at B(a)P-nivåene ikke bør ligge over  $0,1 \text{ ng/m}^3$ , tilsvarende luftkvalitetskriteriet. Det bør påpekes at målestasjonen Holta ligger i et område med skoler, barnehage og idrettsanlegg. Her finnes gravide, barn og unge som representerer spesielt sårbare grupper. FHI anbefaler derfor at det iverksettes tiltak slik at PAH/ B(a)P- utslippene fra Saint-Gobain Ceramic Materials AS senkes ytterligere ned mot luftkvalitetskriteriet.

Akutt eksponering for  $\text{SO}_2$  er vist å gi forverring av helsetilstanden hos astmatikere. De målte  $\text{SO}_2$ -nivåene i boligområdet rundt Saint-Gobain Ceramic Materials AS ligger under grenseverdier for døgn, men overskrider ofte luftkvalitetskriteriene. FHI anbefaler derfor tiltak for å redusere  $\text{SO}_2$ -nivåene i boligområdene rundt fabrikk.

## Referanser

1. Boström CE, Gerde P, Hanberg A, Jernström B, Johansson C, Kyrklund T, Rannug A, Törnqvist M, Victorin K, Westerholm R. Cancer risk assessment, indicators, and guidelines for polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 45188
2. Uteluft – luftkvalitetskriterier: "Luftkvalitetskriterier – virkninger av luftforurensninger på helse" (FHI-rapport 2013:9) foreligger nå som nettpublikasjon, supplert med et kapittel om benzen.
3. WHO. Air Quality Guidelines for Europe Second Edition. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark; 2001.

4. Cassee FR, Fokkens PHB, Leseman D, HJTh B, Boere AJF. Respiratory allergy and inflammation due to ambient particles (RAIAP) collection of particulate matter samples from 5 European sites with high volume cascade impactors. RIVM rapport 863001001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM; 2003.