

En analys av Göteborgs luft över 40 år – halter och dödlighet

**Bertil Forsberg
Bo Segerstedt
Per-Arne Svanberg**

**Umeå universitet
Inst för folkhälsa och klinisk medicin
2005**

Sammanfattning

Det primära syftet med detta projekt har varit att insamla, digitalisera och sammanställa historiska data för sot och svaveldioxid från Göteborg, samt att studera korttidshalternas samband med dagligt antal dödsfall. Genom insamlandet av mätresultat från olika arkiv har en samlad digitaliserad databas upprättats, som går tillbaka till 1959, innehållande dygnsdata för sot och svaveldioxid.

Under studieperiodens början låg halterna av sot och svaveldioxid i Göteborg liksom på många andra platser i Europa, allmänt 5-10 gånger högre än idag. Under 60-talet var det ganska vanligt med dygnsmedelhalter för sot på över $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och enstaka dagar låg sothalten över $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Svaveldioxidhalten kunde under 60-talet som dygnsmedelvärde enstaka dygn uppgå till $500\text{-}600 \mu\text{g}/\text{m}^3$. För de epidemiologiska analyserna har bildats fem delperioder huvudsakligen definierade av teknik- och mätplatsbyten för sotmätningarna i Göteborg. Medelvärdet för sot var under de fem delperioderna cirka 39, 22, 14, 8 respektive $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dödligheten tycks öka med sothalten främst under den första delperioden, då den kumulativa effekten av halten de senaste 14 dagarna är statistiskt säkerställd, och effekten av halten de senaste 7 respektive 21 dygnen också är nära att vara statistiskt säkerställda.

Innehåll

Inledning och syfte.....	4
Upprättande av haltdatabas	4
Insamling av mätdata	4
Mätmetoder och stationsplacering	6
Epidemiologisk analys	7
Dödsfallsdata.....	7
Statistiska modeller och metodöverbåganden.....	8
Haltdata	11
Dödlighet.....	15
Frekvensdata	15
Samband mellan halt och dödlighet.....	16
Diskussion.....	17
Haltdatabasen.....	17
Sambandsanalyser.....	17
Samband mellan halt och dödlighet.....	18
Referenser	19

Inledning och syfte

Miljöövervakningen fokuserar på dagens problem, men det kan också vara av stort värde att använda historiska data och blicka tillbaka på hur miljöproblem åtgärdats och vilka vinster det har inneburit. Det primära syftet med detta projekt har varit att insamla, digitalisera och sammanställa historiska luftföroreningsdata från Göteborg, samt att studera korttidshalternas samband med dagligt antal dödsfall. Insamlade och datoriserade data kan senare användas även för andra syften och till grund för fördjupade studier.

Effekterna av höga halter av sotpartiklar och svavelföreningar blev mycket uppmärksammade med anledning av Londonsmogen i december 1952, då ett par tusen dödsfall fler än normalt inträffade inom en vecka, följt av ytterligare ”extra dödsfall” under de närmast följande månaderna. Halterna av sot, svaveldioxid och sulfat har senare minskat mycket kraftigt i Västeuropa, särskilt i de tidigare värst utsatta områdena. I Europa som helhet kommer exempelvis svavelutsläppen snart att ha minskat med 80 % jämfört med utsläppen på 1970-talet.

Upprättande av haltdatabas

Insamling av mätdata

Målsättningen var att samla in dygnsvisa uppgifter från en mätstation, som så långt möjligt kunde visa på haltförändringarna under hela den aktuella perioden i de centrala delarna av Göteborg. En tillbakablick visade att det, från och med de allra första luftkvalitetsstudierna och framåt, har genomförts mätningar vid eller i nära anslutning till Centralstationen i Göteborg. Dagens mätningar sker på en plats som sannolikt är mindre än ca 200 m väster om den plats, där de första mätningarna startades. För den mellanliggande perioden genomfördes mätningar vid en station belägen mindre än ca 200 m östsydost om det första läget, dvs det största geografiska avståndet mellan mätplatserna är < 400 m. Området har dock, naturligtvis, genomgått stora förändringar vad gäller trafik och byggnation under de 40 år som är aktuella här.

Arbetet inleddes med att Miljöförvaltningen i Göteborg och IVL Svenska Miljöinstitutet AB kontaktades. IVL kontaktades främst för att få tillgång till det arkiv som professor Cyrill Brosset efterlämnat, d.v.s. data från de allra första studierna av luftkvaliteten i Göteborg. Resultatet av de inledande kontakterna blev ett ganska omfattande underlag för den allra första respektive senaste delen av den sökta perioden. Från Cyrill Brossets arkiv erhöles i stort sett dygnsdata för sot och SO₂ för perioden oktober 1959 till september 1961 samt januari 1968 – december 1975 och från Göteborgs miljöförvaltning överfördes en stor mängd digitalt lagrade mätvärden täckande huvuddelen av perioden 1976 – 2001.

Nästa steg i insamlingsarbetet innebar att gamla mätrapporter och primärdatatabeller i pappersform insamlades/lånades från främst miljöförvaltningens handläggare och arkiv. Kompletterande data knappades in manuellt.

Därefter saknades dygnsvisa resultat i första hand för perioden oktober 1961 – december 1967 (undantaget maj-oktober 1965) samt ytterligare cirka 7 år (1982 -1988) för främst sot. I detta skede framkom att ett äldre arkiv på miljöförvaltningen tidigare hade flyttats till Göteborgs stadsarkiv (numera Regionarkivet). Här återfanns återstoden av datat, med undantag för 3 månader (oktober - december 1962) som fortfarande saknas.

Insamlat data visade inte enbart på den mättekniska utveckling som ägt rum under perioden, utan också på den förändring som successivt genomförts vad gäller mätvärdeshantering. I underlaget har ingått handskrivna resultatlistor från laboratoriet, skrivmaskinskrivna tabeller, listor från de tidiga dataprintrarna och det avslutas med mätdata inhämtat på CD och via Internet.

Det kan vara värt att notera, att de resultat som insamlats här kan skilja mot de som redovisas i andra sammanhang för samma mätstationer och perioder. Vi har valt att så långt möjligt välja mätdata från den ursprungliga mättekniken för bestämning av dygnsmedelvärden av sot och SO₂. Således har delar av det från början digitalt insamlade datat ersatts med manuellt inknappade uppgifter, främst gäller detta för perioder under tiden 1976 – 1988. Vidare har omräkningarna från pphm (part per hundred million) till µg/m³ för SO₂ gjorts med faktorn 26.6, medan man i andra redovisningar kan ha använt faktorn 26.2. Slutligen erhålls skillnader i månadsmedelvärden för tiden fram till ca

januari 1977 pga olika sätt att betrakta främst veckoslutsprover (2-dygnsmedelvärden). Vi har valt att redovisa dessa som två enskilda dygnsmedelvärden med samma resultat.

Mätmetoder och stationsplacering

För de inledande ca 20-åren har resultaten för SO₂ och sot hämtats från mätningar med en manuell metod. Med detta avses att provtagningen utförts vid mätplatsen medan själva analysen utförts i efterhand på laboratorium. Provtagningsutrustningen bestod av ett utvändigt placerat provluftsintag (en upp- och nedvänd tratt) som via en provtagnings slang sammankopplats med ett sotfilter, tvättflaska, gasmätare, nålventil och pump i serie inomhus. För bestämning av dygnsmedelvärden medförde provtagningen, i den enklaste utformningen, att provbyten vid mätstationen utfördes en gång per dygn. Med bibehållen insamlingsteknik introducerades i mitten på 70-talet en halvautomatisk, dygnsprovtagare som reducerade behovet av provbyten vid mätplatsen till en gång per vecka.

Sotpartiklarna avskiljdes på ett vitt pappersfilter (Whatman No 1) och analyserades reflektometriskt (enligt den s.k. OECD-standard från 1964). För insamlingen av SO₂ användes genomgående en väteperoxidlösning i vilken SO₂ oxiderades till sulfat (svavelsyra). Olika analysmetoder har förekommit och sannolikt bestämdes de första värdena genom mätning av ledningsförmågan. Redan i mitten på 60-talet övergick man dock till mer noggranna metoder baserade på analys av sulfatjonen (Thorinmetoden). Den metod som används i dag baseras fortfarande på uppsamling i väteperoxidlösning medan analysen sedan i början på 80-talet sker med hjälp av jonkromatograf, d.v.s. en separering av joner följt av en bestämning av ledningsförmågan.

De resultat från manuella mätningar som studerats här har insamlats vid Centralstationen (effektförvaringen, stn10) fram till 1976 då stationen flyttades till det intilliggande GP-huset, Odinsgatan 4 ("Hälsovårdsnämndens station GP" i mätokument benämnd "stn HVN GP"). I april 1980 ersattes den manuella SO₂-mätningen med ett kontinuerligt

registrerande instrument. Inledningsvis användes ett instrument med så kallad flamfotometrisk detektor, vilket senare har ersatts med ett UV-fluorescensbaserat instrument som använts även på 2000-talet. Tekniken baseras på att svavelatomen på olika sätt kortvarigt exciteras. Både upptag och utsändandet av energi, när atomen återfaller till sitt ursprungliga energiläge, sker i väl definierade kvanta.

Från och med februari 1982 ersattes den manuella dygnsbestämningen av sot med en automatiserad timvis ljustransmissionsmätning (RAC-instrument) av sot. Partiklarna avskiljs på en bestämd yta på ett långt filterband och ljustransmissionen registrerades. Tiden för frammatning av filterremsan var justerbar. Mätningarna vid HVN GP flyttades 1987 till mätplatsens nuvarande läge på Postgatan 28 (Femmanhuset). Dessa sotmätningar avslutades 1993 i samband med TEOM-metoden inträde för mätning av partiklar som PM₁₀. För tiden efter 1993 har Miljöförvaltningen i Göteborg indirekt beräknat sothalten med hjälp av andra mätvärden, men dessa beräknade halter har inte använts i denna studie.

Epidemiologisk analys

Dödsfallsdata

Uppgifter om dagligt antal dödsfall i studieområdet har erhållits ur Dödsorsaksregistret via Epidemiologiskt Centrum (EpC) vid Socialstyrelsen. Dödsorsaksregistret innehåller information om alla dödsfall med uppgift om dödsdatum, dödsorsak (huvudsaklig underliggande och bidragande) personnummer, kön, ålder, församling mm. Dödsorsaken ingår i registret kodad enligt den internationella sjukdomsklassifikationen (ICD). I denna studie har använts huvudsaklig dödsorsak, och för studieperioden från 1987-1996 användes i Dödsorsaksregistret den svenska versionen av den 9:e revisionen av ICD. 1969-1986 användes version 8 av klassifikationen, 1958-1968 version 7 och 1997 och framåt ICD-version 10. Registret är datoriserat från 1961, vilket därför är startpunkten för den analyserade tidsserien. Sotmätningarnas upphörande 1993 är slutpunkten för den epidemiologiska analysperioden. För att minska problemet med att det under studie-

perioden har använts olika ICD-versioner har vi på dygnsnivå slagit samman dödsfall i hjärt-kärlsjukdom och i andningsorganens sjukdom till en utfallsvariabel som beskriver dagligt antal dödsfall och har analyserats i relation till haltvariationer.

Statistiska modeller och metodöverbåganden

I en befolkning som den här studerade populationen avlider varje dag cirka 5-7 personer, enstaka dagar flera gånger så många och vissa dygn inträffar inga dödsfall alls. Antalet dödsfall per dygn är alltså noll eller positiva heltal (s.k. räknedata), och de kan för en tidsperiod beskrivas som en process där antalet dödsfall är Poisson-fördelade med lika medelvärde och varians. Moderna studier av samband mellan daglig dödlighet och luftföroreningshalter har därför regelmässigt använt olika varianter av Poisson-regression, exempelvis inom det omfattande europeiska APHEA-projektet. Även i denna studie har Poisson-regression utnyttjats för de multivariata sambandsanalyserna.

Oavsett luftföroreningarnas eventuella effekter på antalet dödsfall dygn för dygn finns skillnader i antalet dödsfall över tid, t.ex. årstidsmönster. Ett vanligt förhållande är att fler avlider under vintern och särskilt i samband med influensaepidemier. Hänsyn till utetemperaturen brukar alltid tas vid analyser av luftföroreningar och daglig dödlighet, men i övrigt varierar hanteringen av andra potentiella riskfaktorer avsevärt. Metoderna att ”rensa bort” effekter av andra faktorer än luftföroreningarna utvecklas dessutom successivt. Under senare år har man i analyserna tagit fasta på att sambanden mellan dagligt antal avlidna och exempelvis temperatur beskrivs bättre av en mjuk funktion än som ett linjärt samband. Detsamma gäller för sambandet med luftfuktighet och för årsmönster.

Liksom i tidigare liknande analyser har vi valt att inkludera alla i förväg utvalda potentiella förklarande faktorer i analyserna oavsett om de haft signifikant betydelse eller ej. I modellerna togs, när luftföroreningarnas eventuella betydelse för dygnets antal dödsfall prövades, samtidigt hänsyn till temperatur samma dygn (lag 0) och för de två dygnen innan (lag 1-2) samt även till relativ luftfuktighet med mjuka funktioner. Även för tidstrend användes en mjuk funktion. Meteorologiska data har inhämtats från SMHI.

Dessutom justerades för influensaperioder (när det funnits dödsfall i influensa), veckodag och månad med indikator-variabler.

Eftersom det framkommit en del problem med den tidigare dominerande programvaran för denna typ av statistiska analyser (Dominici et al, 2002; HEI, 2003, Ramsay et al, 2003), är dessa analyser gjorda med programvaran R och p-splines för de mjuka funktionerna.

Vid studier av luftföroreningars effekt på dödligheten har det visat sig att bara en liten del av påverkan på dödligheten utgörs av "korttidseffekter" som uppkommer inom något dygn och kan ses i tidsserieanalyser som jämför olika dygn för samma befolkning. När man över längre perioder jämför dödligheten i befolkningar som levt på platser med olika hög föroreningsbelastning, blir effekterna betydligt större, än om man beräknar summan av korttidseffekterna över en lång period. Sådana studier kräver dock, för att bli tillförlitliga, att man har god kontroll över en mängd andra faktorer som kan skilja befolkningarna åt, t.ex. levnadsstandard, rökvanor och kostvanor. Tidsseriestudierna har fördelen att man inte behöver befara att funna samband mellan antal dödsfall och fluktuationer i halterna på dygnsnivå istället kan bero på exempelvis varierande matvanor. Det har därtill visat sig, att om man i tidsserieanalyserna tar hänsyn till effekter som uppkommer med några veckors fördröjning, så förklaras faktiskt upp till 25-30% av den totala effekten på dödligheten, eller mer än dubbelt så stor andel som om bara effekter inom 1-2 dygn beaktas (Zanobetti et al, 2002; Zanobetti et al, 2003).

Utifrån fynden av de något fördröda effekternas betydelse har analyserna därför utförts så att halterna de närmast föregående 7, 14 respektive 21 dyggen simultant har beaktats vid analysen, och effekten av de enskilda dygnens halt (koefficienterna) har lagts samman till en summerad nettoeffekt.

På grund av samvariationen mellan sot och svaveldioxid, och den allmänna kausalitetsbedömningen, att partiklarna är en mer trolig orsak bakom samband mellan halter och dagligt antal dödsfall, har sot använts som haltindikator i analyserna.

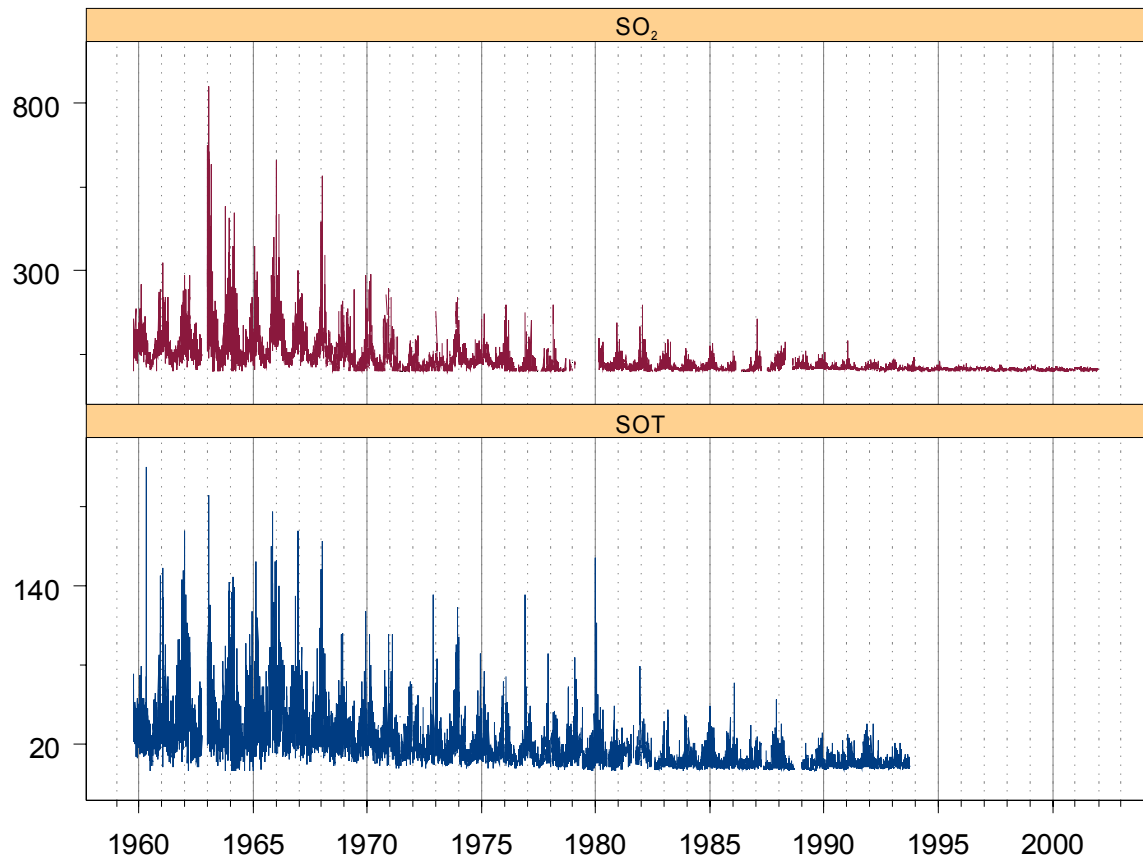
Sambanden redovisas som procentuell förändring av dödligheten för en ändring av sothalten som mostvarar intervallet mellan nedersta och översta kvartilen (d.v.s. från 25 percentilen till 75 percentilen). Den statistiska osäkerheten i sambandsresultaten redovisas med 95%-iga konfidensintervall.

Haltdata

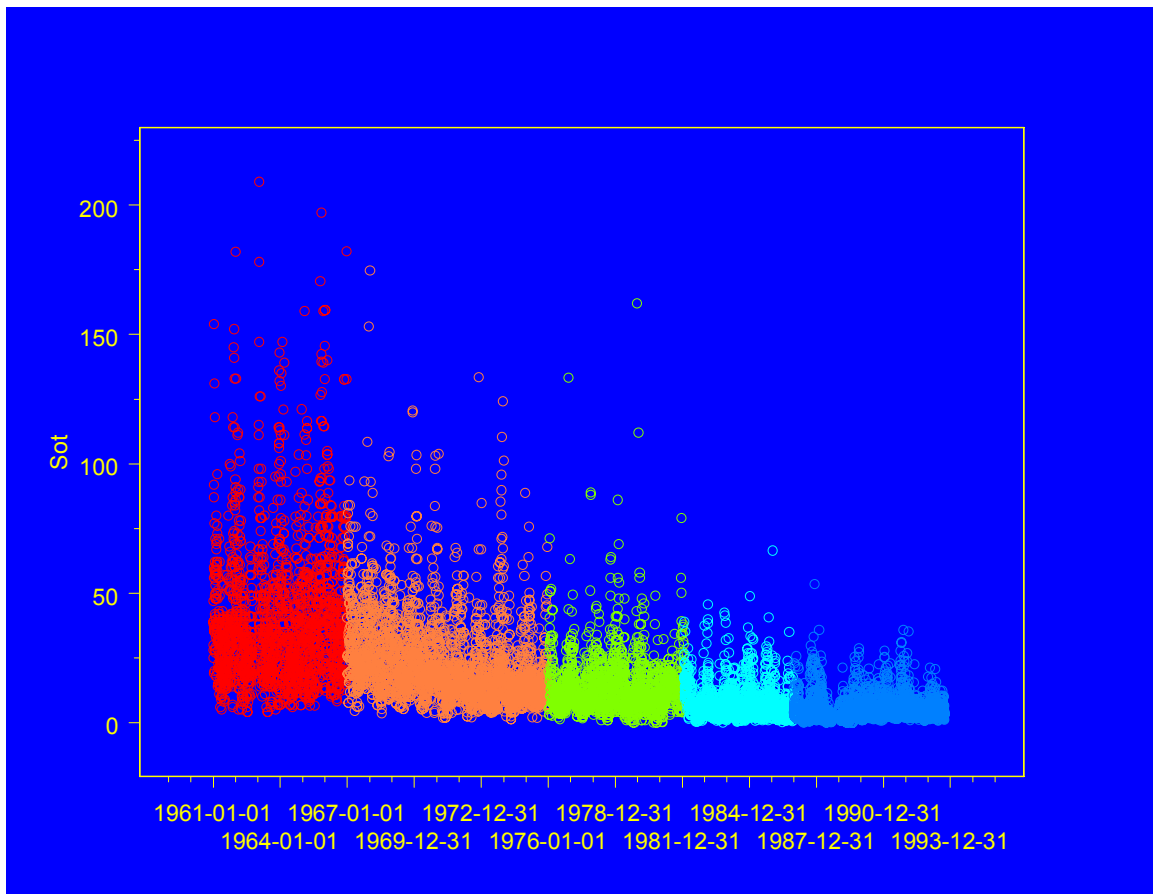
Genom insamlandet av mätresultat från olika arkiv har en samlad digitaliserad databas upprättats, som går tillbaka till 1959, innehållande dygnsdata för sot och svaveldioxid.

Under studieperiodens början låg halterna av sot och svaveldioxid i Göteborg liksom på många andra platser i Europa, allmänt 5-10 gånger högre än idag. Under 60-talet var det ganska vanligt med sothalter på över $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och enstaka dagar låg sothalten över $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figur 1). Svaveldioxidhalten kunde under 60-talet som dygnsmedelvärde enstaka dygn uppgå till $500\text{-}600 \mu\text{g}/\text{m}^3$. För analyserna har bildats fem delperioder huvudsakligen definierade av teknik- och mätplatsbyten för sotmätningarna i Göteborg. Under mätningarnas första 15 år föll halterna mycket snabbt, vilket bl.a. berodde på införandet av lågsvavlig olja, fjärrvärmeutbyggnad och installation av reningsutrustning på industrier och större värmepannor.

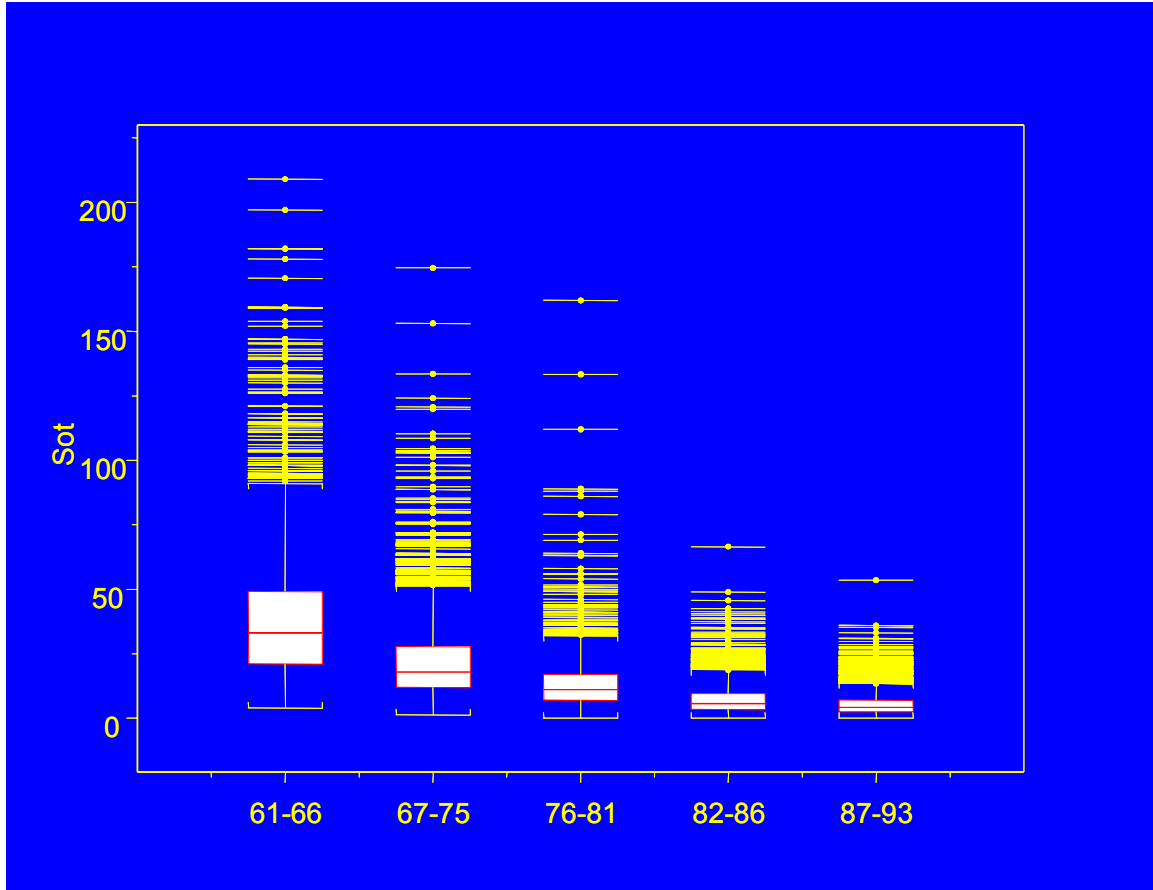
Medelvärdet för sot var under de fem delperioderna cirka 39, 22, 14, 8 respektive $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 1. Samtliga dygnsmedelvärden av sot och svaveldioxid som ingår i den upprättade databasen.



Figur 2. Plot av samtliga dygnsmedelvärden av sot. Indelningen i fem delperioder framgår av färgsättningen.



Figur 3. Box-plot för dygnsmedelvärdena av sot under respektive delperiod, där en röd linje i boxen visar medianvärdet. Boxen avgränsas av 25- och 75-percentilerna, ett intervall är markerat ut till observationer inom 1,5 gånger boxens omfång och dessutom är värden utanför intervallet markerade.

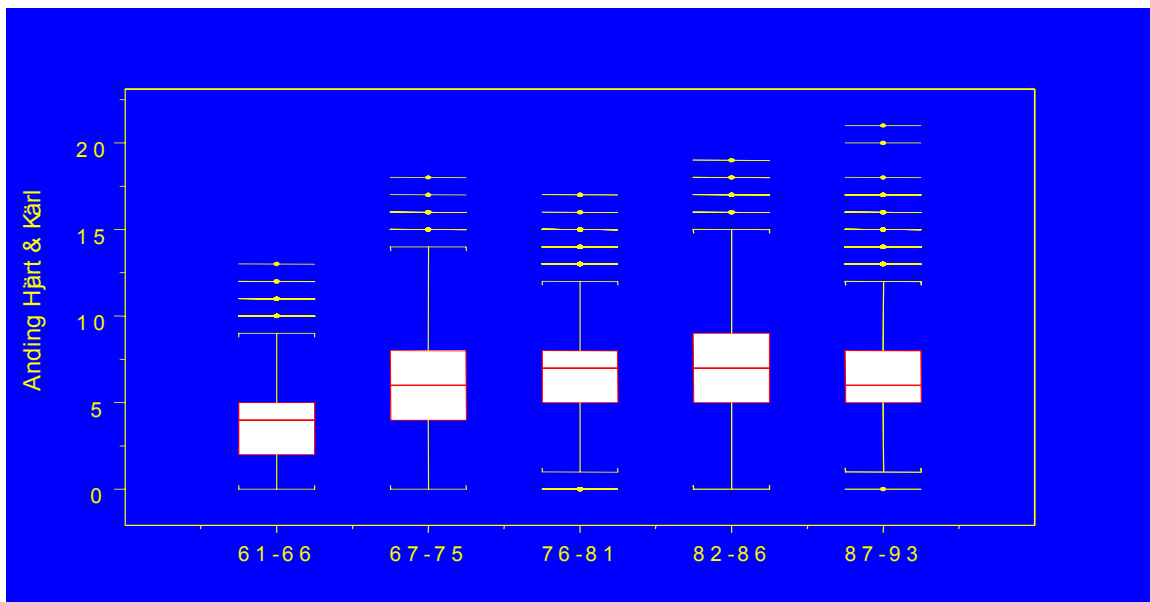
Kvartilavståndet för dygnsmedelvärdet av sothalten under de fem olika delperioderna är cirka 28, 16, 10, 6 respektive 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dödlighet

Frekvensdata

Antalet dödsfall per dygn i hjärt-kärlsjukdom och andningsorganens sjukdomar har förändrats under perioden 1961-1993 dels genom att befolkningens storlek och ålderssammansättning ändrats, dels genom att den åldersspecifika dödligheten ändrats. Dessa långsamma trender korrigeras för i tidsserieanalysen, vilken avser att belysa huruvida korttidssamband mellan luftföroreningar och dagligt antal dödsfall funnits.

Antal dödsfall i hjärt-kärlsjukdom per dygn varierade från 0 till 17, dödsfallen i andningsorganens sjukdomar var högst 7 under ett dygn, och för den sammanslagna variabeln blev variationsvidden 0-21 dödsfall per dygn. Figur 4 ger en översikt av den sammanslagna variabelns median och spridning under de olika delperioderna.



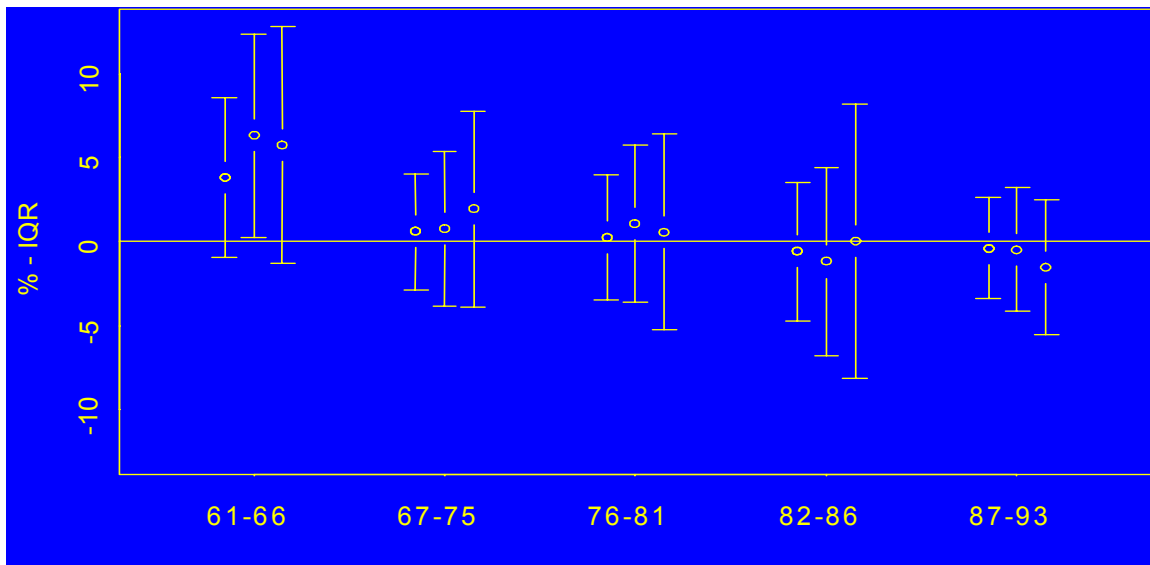
Figur 4. Box-plot för antal dödsfall (i hjärt-kärl- och andningsorganens sjukdomar) per dygn under respektive delperiod, där en röd linje i boxen visar medianvärdet. Boxen avgränsas av 25- och 75-percentilerna, ett intervall är markerat ut till observationer inom 1,5 gånger boxens omfång och dessutom är värden utanför intervallet markerade.

Samband mellan halt och dödlighet

Figur 5 redovisar, för varje delperiod, den procentuella förändringen av dödligheten vid en ändring av sothalten, som motsvarar intervallet mellan nedersta och översta kvartilen, dvs boxens omfång i figur 3.

Beräkningarna visar hur antalet dödsfall under ett dygn statistiskt sammantaget påverkas av sothalten de närmast föregående 7, 14 respektive 21 dagarna. Dödligheten tycks öka med sothalten främst under den första delperioden, då den kumulativa effekten av halten de senaste 14 dagarna är statistiskt säkerställd, och effekten av halten de senaste 7 respektive 21 dygnen också är nära att vara statistiskt säkerställda.

Effekten under denna period är för halten de senaste 14 dagarna cirka 7 procent för en ökning motsvarande kvartilavståndet på $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eller cirka 0,3 % per $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 5. Procentuell förändring av dagligt antal dödsfall i hjärt-kärl- och andningsorganens sjukdomar (med 95%-iga konfidensintervall) under respektive delperiod per ökad sothalt motsvarande kvartilavståndet under de senaste 7, 14 respektive 21 dygnen (från vänster till höger).

Under delperioderna 1967-1975 och 1976-1981 är de skattade sambanden också positiva, men inte statistiskt säkerställda, och under de två sista delperioderna, med en annan typ av sotmätning, är flertalet koefficienter negativa och långt ifrån statistiskt säkerställda.

Om man för perioden 1961-66 istället för att summera nettoeffekterna av sothalten de senaste 7, 14 respektive 21 dygnen beskriver effekten av de två enskilt mest signifikanta dygnen under perioden, får man en signifikant effekt på cirka 0,2 % per $\mu\text{g}/\text{m}^3$, d.v.s. nästan av samma storleksordning som nettoeffekten.

Diskussion

Haltdatabasen

Inom projektet har en historisk haltdatabas upprättats med de längsta serierna av dygnsmedelvärden av sot- och svaveldioxid som finns från Sverige. De datoriserade haltuppgifterna finns att tillgå via Naturvårdsverkets datavärd för luft.

Dessa historiska haltdata kan komma att användas för andra analyser inriktade på miljö- eller hälsoeffekter.

Sambandsanalyser

De epidemiologiska analyserna har utförts med nu bästa tillgängliga teknik och statistiska programvara. Sedan vissa problem uppdagats med användandet av mjuka funktioner i programmet S-plus, har de flesta forskarna inom området de senaste åren övergått till den teknik som här tillämpats, d.v.s. Poissonregression med programvaran R med brytpunkter som möjliggör för x-variabler (exempelvis temperatur) att ha olika samband till dödlighet (y) inom olika intervall.

Eftersom det inte fanns data över sjukhusinläggningar för influensa under hela studieperioden, har influensaperioder definierats med hjälp av dödsfall i influensa. Dessa beskriver naturligtvis influensaförekomsten något osäkert, men informationen förbättrar ändå modellen.

Eftersom provväxlingen under de inledande mätningarna genomfördes under arbetstid gäller dessa dygnsmedelvärden inte kalenderdygn. Det var därför inte lämpligt att låta halten samma dygn som dödlighetsdata avser att ingå i analyserna. Innebörden skulle då ha kommit att skilja sig åt mellan delperioderna.

Samband mellan halt och dödlighet

Att effekten av sothalten på dödligheten var signifikant endast under första delperioden skulle teoretiskt kunna bero på en biologisk tröskeleffekt. Eftersom någon sådan inte tycks föreligga enligt andra studier av partikelhalt och dödlighet, är det mer troligt att iakttagelsen har att göra med att toxiciteten hos partiklarna och/eller samvariationen med andra toxiska föroreningar har förändrats över tiden. Ett komplext förhållande som kan påverka resultaten är det negativa sambandet mellan partiklar och ozon som är mest uttalat under vintern (Gryparis et al, 2004). Med tiden kan även en ökad levnadsstandard ha påverkat såväl exponeringsmönster som befolkningens känslighet och sjukvårdens insatser vid kritiska tillstånd.

Sotmätningarna under de tre första delperioderna i analysen baserades på att sotpartiklarna avskiljdes på ett vitt pappersfilter (Whatman-filter) och analyserades reflektometriskt (enligt den s.k. OECD-standard från 1964). När vi kommit fram till delperiod 3-4, där långt ifrån säkerställda men negativa nettoeffekter förekommer, har flera förändringar skett i mätteknik och mätplats, som möjligen resulterat i att sotdata inte är jämförbara med dem från periodens början.

Signifikanta samband har för perioden 1961-1966 konstaterats mellan dagligt antal dödsfall i hjärt-kärlsjukdom samt andningsorganens sjukdomar och sothalten summerat över 14 dygn respektive för de två enskilda mest signifikanta dygnen. Dessa effekter är starkare än vad som är typiskt för partikelhalten effekt över dygn upp till några veckor.

Referenser

Dominici F, McDermott A, Zeger SL, Samet JM. On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health. *Am J Epidemiol* 2002;156(3):193-203.

Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J et al. Acute Effects of Ozone on Mortality from the "Air Pollution and Health: A European Approach" Project. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;170:1080-1087.

HEI Special Report. Revised analyses of time-series studies of air pollution and health, Health Effects Institute, USA, 2003.

Ramsay TO, Burnett RT, Krewski D. The effect of concurvity in generalized additive models linking mortality to ambient particulate matter. *Epidemiology* 2003;14:18-23.

Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, Gryparis A, Touloumi G, Atkinson R, Le Tertre A, Bobros J, Celko M, Goren A, Forsberg B, Michelozzi P, Rabczenko D, Ruiz EA, Katsouyanni K. The temporal pattern of mortality responses to air pollution: A multicity assessment of mortality displacement. *Epidemiology* 2002;13:87-93.

Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, Gryparis A, Touloumi G, Peacock J, Anderson R, Le Tertre, Bobros J, Celko M, Goren A, Forsberg B, Michelozzi P, Rabczenko D, Hoyos SP, Wichmann HE, Katsouyanni K. The temporal pattern of respiratory and heart disease mortality in response to air pollution. *Environ Health Perspect* 2003;111:1188-1193.