

Nationell Miljöövervakning - Luft

Data t.o.m. 2009

Karin Sjöberg, Gunilla Pihl Karlsson, Annika Svensson, Ingvar Wängberg, Eva Brorström-Lundén, Annika Potter, Katarina Hansson, Erika Rehngren, Karin Persson,
IVL Svenska Miljöinstitutet

Hans Areskoug, ITM

Jenny Kreuger, SLU

B 1968
April 2011

Rapporten godkänd:
2011-04-06



John Munthe
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel Nationell Miljöövervakning - Luft Data t.o.m. 2009
Telefonnr 08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet Naturvårdsverket
Rapportförfattare Karin Sjöberg, Gunilla Pihl Karlsson, Annika Svensson, Ingvar Wängberg, Eva Brorström-Lundén, Annika Potter, Katarina Hansson, Erika Rehgren, Karin Persson, IVL Svenska Miljöinstitutet Hans Areskoug, ITM Jenny Kreuger, SLU	
Rapporttitel och undertitel Nationell Miljöövervakning - Luft Data t.o.m. 2009	
Sammanfattning <p>På uppdrag av Naturvårdsverkets Miljöövervakningsenhet bedrivs mätningar av luftens och nederbördens sammansättning, främst i bakgrundsmiljö, inom olika mätprogram. IVL Svenska Miljöinstitutet har ansvar för genomförandet av merparten av verksamheten inom luftområdet. Därtill ombesörjer både Institutionen för Tillämpad Miljöteknik (ITM) vid Stockholms universitet och Institutionen för Mark och Miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) delar av övervakningen.</p> <p>De samlade resultaten från mätningarna till och med 2009 redovisas i denna rapport. Det har generellt sett skett en avsevärd förbättring avseende såväl halter i luft som deposition i bakgrundsmiljö för flertalet av de luftföroreningskomponenter som övervakas inom den nationella miljöövervakningen sedan mätningarna startade för mellan 10 och 30 år sedan. Utvecklingen har dock varierat i något olika utsträckning beroende på komponent och lokalisering i landet. Föroreningsbelastningen är oftast lägre ju längre norrut man kommer.</p> <p>För de flesta de ämnen som det finns miljö kvalitetsnormer (MKN) respektive miljömål för ligger halterna avsevärt lägre än angivna gräns- och målvärden. Halterna av ozon överskrider i dagsläget MKN för hälsa. För såväl ozon som bensen (i urban bakgrund) och eten finns risk för haltnivåer som överstiger miljömålen.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B 1968	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Försurande och övergödande ämnen.....	4
1.1.1	Luft- och nederbörds kemi inom EMEP	4
1.1.2	Luft- och nederbörds kemiska nätet	4
1.1.3	Krondroppsnetet inkl. IM	5
1.2	Organiska miljögifter och metaller	5
1.2.1	Mätningar av metaller i luft och nederbörd inom EMEP.....	5
1.2.2	Organiska miljögifter i luft och nederbörd	5
1.2.3	Volatila organiska ämnen (VOC).....	6
1.2.4	PAH i tätort	6
1.2.5	Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd	7
1.3	Partiklar.....	8
1.4	Marknära ozon.....	8
2	Kvalitetssäkring.....	10
2.1	Mätmetoder.....	10
2.2	Kvalitetssäkringsrutiner.....	10
2.3	Datalagring.....	11
3	Resultat.....	12
3.1	Försurande och övergödande ämnen.....	12
3.1.1	Luft.....	12
3.1.2	Nederbörd och deposition	21
3.2	Metaller	25
3.2.1	Luft.....	25
3.2.2	Nederbörd och deposition	28
3.3	Organiska ämnen.....	30
3.3.1	Organiska miljögifter - Halter i luft.....	30
3.3.2	Organiska miljögifter - atmosfärisk deposition	41
3.3.3	Volatila organiska ämnen (VOC).....	49
3.3.4	PAH i tätortsluft.....	52
3.3.5	Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd	58
3.4	Partiklar.....	63
3.4.1	PM ₁₀ och PM _{2,5}	63
3.4.2	Partikelbundna organiska ämnen, sot, partikelantal och ljusspridning	66
3.4.3	PM _{2,5} i tätort.....	72
3.5	Marknära ozon.....	72
4	Sammanfattande bedömning	76
5	Tack	79
6	Referenser.....	80

Bilaga 1. Beskrivning av mätprogram

Bilaga 2. Miljö kvalitetsnormer och miljömål

Bilaga 3. Mätstationsindelning för utvärdering av lufthalter

Bilaga 4. Statistisk analys

Bilaga 5. Analysmetoder

Förkortningar

CCC	Chemical Co-ordinating Center, inom EMEP, lokaliserat till NILU i Norge
CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe inom UNECE
EUSAAR	European Supersites for Atmospheric Aerosol Research
FMI	Finska Meteorologiska Institutet
HELCOM	Helsingfors Kommissionen
IM	Integrerad Monitoring
ITM	Institutionen för Tillämpad Miljöteknik vid Stockholms universitet
IVL	IVL Svenska Miljöinstitutet
LNKN	Luft- och nederbördskemiska nätet
MKN	Miljö kvalitetsnormer
NILU	Norsk Institutt for Luftforskning
OSPAR	The Oslo and Paris Conventions for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
SWEDAC	Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll
UN-ECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNEP	United Nations Environment Programme
Urbanmätnätet	Ett långsiktigt mätprogram för luftkvalitetsövervakning som IVL, sedan 1986, bedriver i samarbete med en rad av landets kommuner. Varje år deltar 30-40 kommuner.

1 Inledning

Naturvårdsverkets Miljöövervakningsenhet ansvarar för den nationella övervakningen av luftens och nederbördens kvalitet i bakgrundsmiljö. På uppdrag av Miljöövervakningsenheten bedrivs mätningar av luftens och nederbördens sammansättning, främst i bakgrundsmiljö, inom olika mätprogram. IVL Svenska Miljöinstitutet har ansvar för genomförandet av merparten av verksamheten inom luftområdet. Därtill ombesörjer både Institutionen för Tillämpad Miljöteknik (ITM) vid Stockholms universitet och Institutionen för Mark och Miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) delar av övervakningen.

Syftet med mätningarna är främst att:

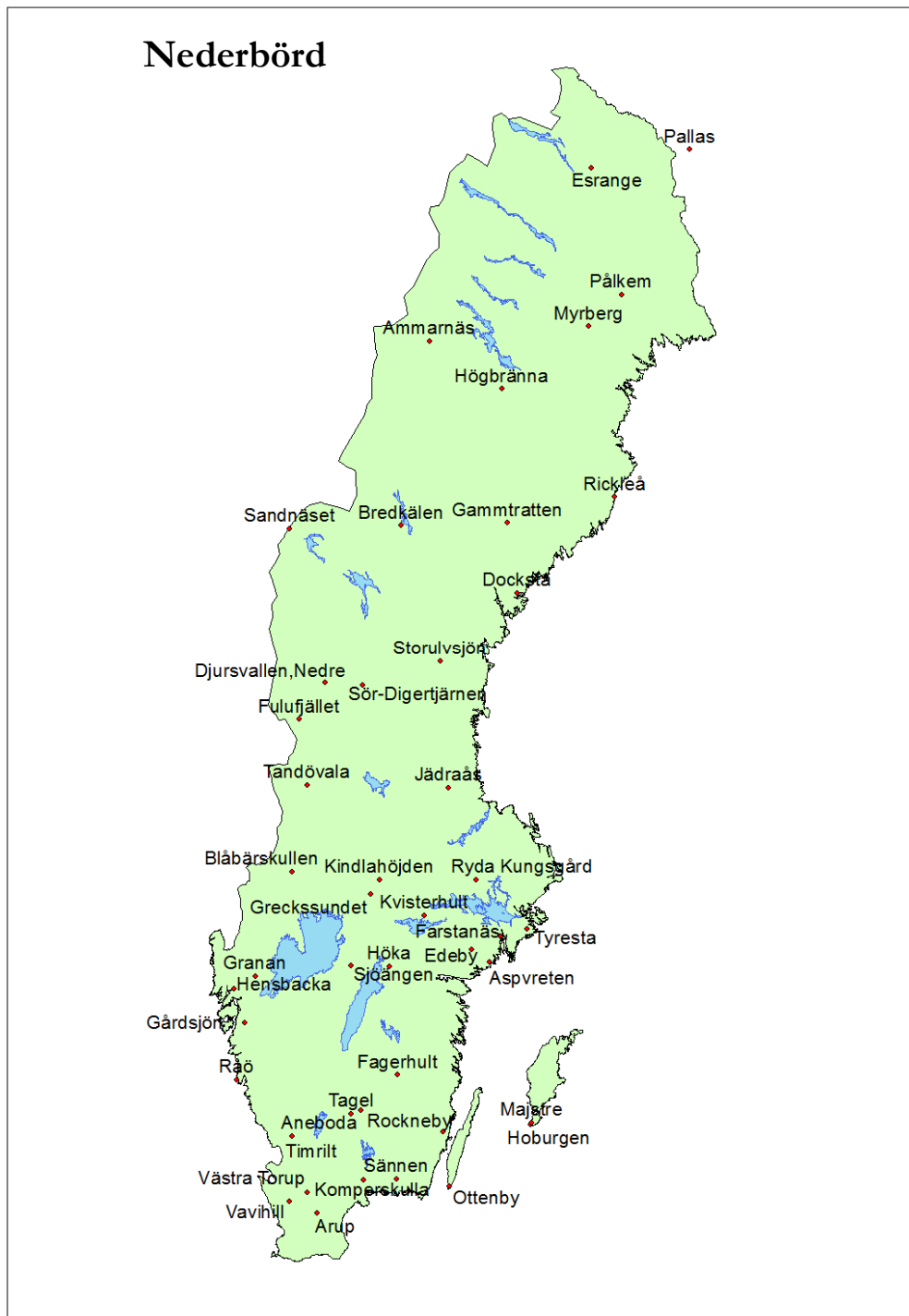
- Ge underlag till bedömningar om huruvida nationella miljömål uppnås; ingå i europeiska nätverk som stöd för policyfrågor om luftkvalitet; ge ett vetenskapligt kvalitetssäkrat underlag för studier av storskaliga luftföroreningstransporter och klimatförändringar.
- Långsiktigt övervaka miljön för att finna storskaliga förändringar i föroreningshalterna som kräver åtgärder eller vidare forskningsinsatser.
- Erhålla en bild av hur lufthalter, nederbördskoncentrationer och deposition varierar både geografiskt och med tiden över landet, samt från dessa resultat i bakgrundsmiljö erhålla bedömningsunderlag vid studier av mer föroreningsbelastade miljöer, t.ex. i miljökonsekvensbeskrivningar.
- Ge indata och underlag för validering av beräkningsmodeller.

I föreliggande rapport redovisas de samlade resultaten från IVL:s, ITM:s och SLU:s mätningar till och med 2009. Mätstationernas geografiska läge presenteras i Figur 1 och Figur 2.

Under 2007-2008 genomfördes en översyn av den nationella övervakningen inom Programområde Luft, bland annat till följd av det nya direktivet om luftkvalitet och renare luft i Europa 2008/50/EG. Det reviderade övervakningsprogrammet infördes därefter den 1 januari 2009. Förändringarna beskrivs under respektive mätprogram nedan.



Figur 1 Mätstationerna för Luft inom EMEP, LNKN och IM som ingår i den nationella miljöövervakningen (för mätstationernas programtillhörighet, se Bilaga 1). I figuren ingår även de stationer som mäter lufthalter inom Krongdropsnätet då de använts i denna rapport. De ingår dock inte i den nationella miljöövervakningen.



Figur 2 Mätstationerna för Nederbörd inom EMEP, Krondropps nätet, LNKN och IM som ingår i den nationella miljöövervakningen (för mätstationernas programtillhörighet, se Bilaga 1).

1.1 Försurande och övergödande ämnen

Delprogrammet följer trender för försurande och övergödande ämnen. Syftet är att uppfylla nationella, länsvisa och internationella riktlinjer som ligger till grund för nationell och regional miljömålsuppföljning. Rapportering sker också till internationella konventioner. De miljökvalitetsmål som främst berörs är *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft*.

1.1.1 Luft- och nederbörds kemi inom EMEP

Stationerna inom EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) ingår i ett europeiskt samarbete om cirka 100 mätplatser där bakgrundshalter i luft och nederbörd övervakas. I Sverige har verksamheten inom EMEP bedrivits sedan slutet av 1970-talet. Sedan mätningarna startade har provtagnings- och analysmetoder utvecklats och vissa förändringar har under åren skett både avseende provtagning och kemisk analys.

Resultaten från EMEP-mätningarna rapporteras till EMEP/CCC (Chemical Co-ordinating Center) i Norge och utgör underlag för internationella förhandlingar i Luftkonventionen (CLRTAP) inom UN-ECE om minskade utsläpp av luftföroreningar i Europa.

Provtagning sker med dygnsupplösning för flertalet parametrar avseende halter i luft. För nederbörd sker provtagningen antingen per dygn (2 stationer) eller per månad (2 stationer). Mätprogrammet redovisas i Bilaga 1.

1.1.2 Luft- och nederbörds kemiska nätet

Mätningar inom Luft- och nederbörds kemiska nätet (LNKN) har bedrivits inom den nationella miljöövervakningens ram sedan 1983. Vid vissa stationer som ingår i nätet finns mätserier ännu längre tillbaka i tiden. Inom LNKN utförs mätningar av bland annat svavel- och kväveföreningar och baskatjoner i nederbörd samt svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon i luft på månadsbasis. Mätningarna av halter i nederbörd har pågått sedan 1983 och av halter i luft sedan 1994 på stationer över hela landet. Under tiden som mätningarna pågått har vissa förändringar skett såväl vad gäller antal stationer som provtagnings- och analysmetoder. För närvarande (2009) mäts halter i nederbörd vid sexton stationer och halter i luft vid nio stationer, se Bilaga 1. Ytterligare cirka tjugo stationer har ingått i mätnätet, men dessa har avslutats.

1.1.3 Krondroppsnätet inkl. IM¹

Inom Krondroppsnätet mäts deposition (nedfall) av bland annat svavel och kväve. Utöver nedfallsmätningarna utförs även markvattenkemiska provtagningar och analyser av lufthalter på provytorna. De första mätningarna inom Krondroppsnätet startade i södra Sverige 1985. Den del av Krondroppsnätet som finansieras av Naturvårdsverket utgörs främst av mätningar i nederbörd över öppet fält vid 18 stationer (2009), se Bilaga 1. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för utvärdering även på regional nivå, framförallt med fokus på luftföroreningarnas påverkan. Syftet är att beskriva tillstånd, regionala skillnader, utveckling i tiden samt effekter av olika luftföroreningar främst med avseende på försurande och övergödande ämnen.

I denna rapport sker även rapportering från mätningar över öppet fält vid fyra stationer inom IM (Programområde Skog). Vid IM-stationerna är provtagningsfrekvens, provtagningsmetodik och analysmetodik densamma som för mätningarna inom Krondroppsnätet.

1.2 Organiska miljögifter och metaller

1.2.1 Mätningar av metaller i luft och nederbörd inom EMEP

Mätningarna av tungmetaller inom den svenska miljöövervakningen syftar till att följa halter och deposition av tungmetaller i Sverige och norra Finland. Vidare syftar mätningarna till att ingå i internationella nätverk för att följa upp effekterna av ett internationellt avtal inom Luftkonventionen (CLRTAP) om minskade utsläpp av tungmetaller samt följa upp förändringar i tungmetalldepositionen i den arktiska regionen.

Mätningarna av tungmetaller utökades fr.o.m. januari 2009 till ett mer omfattande övervakningsprogram, bl.a. till följd av införandet av Luftkvalitetsdirektivet (2008/50/EG), se vidare Bilaga 1.

De nationella miljömål som främst berörs är *Giftfri miljö* samt *Frisk luft*.

1.2.2 Organiska miljögifter i luft och nederbörd

Mätningar inom delprogrammet organiska miljögifter bedrivs vid fyra stationer Råö, Aspvreten, Pallas och Vavihill, se Figur 1 och Figur 2. Mätningarna inom ramen för den nationella miljöövervakningen på Råö och Aspvreten startades 1994. Mätningarna vid Pallas startade 1996 och genomförs i samarbete med Finska Meteorologiska Institutet (FMI). Stationen Vavihill inkluderades i delprogrammet år 2009. Fram till 2008 genomfördes mätningarna av organiska ämnen i luft och nederbörd vid Aspvreten av ITM.

¹ Mätningar inom Integrated Monitoring sorterar under Programområde Skog. Luft- och nederbördsdata från IM presenteras även här som ett komplement till övriga data.

IVL tog 2008 över ansvaret för provtagningen och analyserna vid Aspvreten. Provtagningen genomförs fortfarande av ITM. Från januari 2009 har det nationella miljöövervakningsprogrammet utökats med nya ämnen och ämnesgrupper, t.ex. dioxiner och furaner, klorparaffiner, perflourinerade ämnen samt vissa pesticider. Mer information om ämnesgrupperna ges i Bilaga 1.

Syftet med delprogrammet är att följa upp nationella och regionala (länsvisa) miljömål, miljökvalitetsnormer för luft samt EU-direktiv för luftkvalitet, protokoll inom CLRTAP, samt Stockholmskonvention inom UNEP (United Nations Environment Programme). Vidare är syftet också att ge underlag till Arktiska Rådet och havskonventionerna, OSPAR (The Convention for the Protection of the marine Environment of the North-East Atlantic) och Helsingfors Kommissionen (HELCOM) samt ge underlag till EU:s vattendirektiv (2000/60/EG), då atmosfärisk deposition är den huvudsakliga källan till förekomsten av ett antal av de ämnen som prioriterats inom detta direktiv.

Mätprogrammet representerar ämnen och ämnesgrupper med delvis olika ursprung. Dessa ämnen har olika flyktighet, vilket medför att de transporteras både i gasfas och/eller bundna till partiklar, vilket resulterar att de deponeras med olika processer.

1.2.3 Volatila organiska ämnen (VOC)

Cirka 30 olika VOC mäts sedan 2004 i luft inom miljöövervakningsprogrammet. Många VOC spelar en viktig roll i fotokemiska processer i den lägre delen av atmosfären, där de bidrar till bildningen av ozon och andra oxidanter. Marknära ozon är av stor betydelse då ämnet i förhöjda halter kan orsaka allvarliga hälsoproblem och skador på grödor (Bylin et al. 1996, Heck et al. 1988, Karlsson et al. 2005 & Pleijel et al. 1997). EG:s luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EG) kräver därför, förutom ozon, även mätningar av ozonbildande ämnen såsom kväveoxider och ett antal VOC. De VOC som ingår i mätprogrammet är, med undantag av formaldehyd och totalkolväte, de ämnen som man inom direktivet rekommenderar mätningar av, se vidare i Bilaga 1.

Några VOC som har visats, eller misstänks vara cancerogena, ingår också bland de VOC som mäts. Exempel är eten, propen, 1,3-butadien och bensen (IMM-rapport, 1992).

Eftersom den långväga transporten spelar en viktig roll när det gäller ozon och de mer stabila av de ozonbildande flyktiga kolvätena, har diffusiva veckomätningar av bensen, toluen, etylbensen och xylener (BTEX) från 2009 tillkommit i mätprogrammet vid Råö.

1.2.4 PAH i tätort

”PAH i tätorter” är ett delprogram inom Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning för Luft som startades under 2004. Månadsvisa mätningar av 12 polycykliska aromatiska kolväten (PAH) har utförts vid 10-14 stationer, huvudsakligen i urban bakgrund, under sex av årets månader förlagda under vinterhalvåret, för mer information se Bilaga 1. Platserna samordnas med IVL:s Urbanmätnät (Persson, 2010) då man genom detta fått tillgång till PM₁₀-filter från de kommuner som ingår i projektet.

Flera av PAH-komponenterna är misstänkta eller bevisade cancerogener (Boström et al., 2002). De tyngre PAH-komponenterna, t.ex. benso(a)pyren (B(a)P), vilken är cancerogen och upptagen i EG-direktiv 2008/50/EG, förekommer nästan uteslutande bunden på partiklar ($<PM_{10}$).

Benso(a)pyren omfattas av ett EG-direktiv för luftkvalitet (2004/107/EG), det s.k. fjärde dotterdirektivet, som anger ett målvärde på 1.0 ng/m^3 som ett årsmedelvärde som inte bör överskridas efter 31 december 2012. Benso(a)pyren omfattas också av ett nationellt delmål under miljö kvalitetsmålet "Frisk luft", i vilket en halt på 0.3 ng/m^3 som årsmedelvärde inte får överskridas år 2015 (www.miljomal.nu).

1.2.5 Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd

Pesticider (växtskyddsmedel) är en grupp substanser som främst används för att skydda grödor från olika typer av angrepp, exempelvis av svampar och insekter, och för att hålla undan konkurrerande vegetation (ogräs). Jordbruket står för den största användningen av dessa substanser, men även inom trädgårdsodlingen är användningen omfattande. Användningen sker under större delen av odlingssäsongen, och avdunstning från mark och gröda kan leda till betydande förluster till atmosfären. Aktiva substanser i växtskyddsmedel bedöms numera gemensamt inom EU och regleras genom direktiv 91/414/EEG. Godkännandeprocessen innebär en riskbedömning av substanserna, vilken bland annat inkluderar en bedömning av hur långlivad substansen är i atmosfären och därmed risken för långdistansspridning. Detta arbete bygger i stor utsträckning på modeller, varför det föreligger ett behov av underlag som visar hur substanserna uppträder i verkligheten. Arbetet under det senaste årtiondet har lett till att flera pesticider med kända negativa effekter i miljön numera är förbjudna inom EU. Några av dessa är atrazin, endosulfan och lindan, vilka tidigare har använts i stor omfattning och varit vanligt förekommande i atmosfärisk deposition inom exempelvis de nordiska länderna, men förbuden gör att depositionen nu klingar av.

Det finns fortfarande uppskattningsvis cirka 300 olika aktiva substanser registrerade som växtskyddsmedel inom EU och det godkänns även kontinuerligt nya substanser. Dessa substanser har generellt sett bättre egenskaper vad gäller både hälsa och miljö än tidigare generationer av pesticider. Det finns emellertid substanser som fortfarande är godkända trots att de till exempel är både endokrinstörande och persistenta i mark och vatten, eller med en beräknad halveringstid i luft på närmare 2 dygn. Det är därför angeläget att kontinuerligt följa utvecklingen när det gäller potentiellt hälso- och miljöfarliga pesticider som deponeras över Sverige.

Nuvarande övervakningsprogram för pesticider (Delprogram Pesticider i nederbörd) inleddes 2002 med insamling av nederbörd vid en lokal i södra Sverige (Vavihill). Delprogrammet utvidgades 2009 och inkluderar numera även luftprovtagning av pesticider vid Vavihill och nederbördsprovtagning vid Aspvreten.

Syftet med miljöövervakningsprogrammet är att:

- studera nederbördens innehåll av bekämpningsmedel samt följa förändringar i sammansättning och halter över tiden;
- ge underlag för bedömningar av atmosfärisk deposition av bekämpningsmedel i Sverige;
- ge underlag till nationellt och internationellt arbete kring riskminskning vid användning av pesticider samt uppföljning av utförda åtgärder.

Mätprogrammet redovisas i Bilaga 1.

1.3 Partiklar

Delprogrammet Partiklar och sot i luft följer upp miljö kvalitetsmålet *Frisk luft* samt direktiv 2008/50/EG om luftkvalitet och renare luft i Europa. Även önskemål från EMEP tillgodoses.

Mätning av partiklar i form av PM_{10} och $PM_{2.5}$ sker idag vid de fyra EMEP-stationerna där även andra luftkomponenter samt nederbörd övervakas, se vidare Bilaga 1. Vid vissa av dessa stationer sker också mätning av andra partikelmått. För uppföljning av det exponeringsminskningsmål (mått på befolkningens genomsnittliga exponering) som anges i Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) påbörjades under 2009 även övervakning av $PM_{2.5}$ i urban bakgrundsluft i tre tätorter i landet. Aktuellt mätprogram redovisas under EMEP i Bilaga 1.

Stationerna Aspvreten och Vavihill ingår också i EUSAAR (European Supersites for Atmospheric Aerosol Research), ett europeiskt nät av stationer som gör avancerade mätningar av partiklarnas sammansättning och egenskaper. En del av dessa studier ingår i den nationella miljöövervakningen, nämligen organiskt och elementärt kol (OC/EC), partiklarnas storleksfördelning och ljusspridning. Sot bestäms också, men med en mer avancerad metod än den som nämns ovan.

1.4 Marknära ozon

Syftet med delprogrammet är att följa upp de halter av marknära ozon, vilka är reglerade enligt svensk och internationell lagstiftning. Delprogrammet följer upp miljö kvalitetsmålet *Frisk luft*.

Även övervakningen av marknära ozon sker inom ramen för EMEP-programmet (se avsnitt 1.1.1). Mätningarna sker på timbasis med kontinuerligt registrerande UV-absorptionsinstrument vid totalt 8 stationer, varav IVL driver sju och ITM en av dessa.

Enligt gällande EU-direktiv och svenska miljökvalitetsnormer skall allmänheten informeras om halterna överskrider vissa nivåer. IVL har ansvar för detta varningssystem, och vid tillfällen då ozonhalten överstiger $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i mer än en timme skickar IVL ut information till lokalradiostationerna. Hemsida (www.ivl.se/ozon) uppdateras också varje timme under april till oktober med aktuella halter vid samtliga mätstationer i bakgrundsluft samt några mätstationer i tätorter i södra Sverige.

Detta delområde omfattar också viss kompletterande övervakning av ozonbildande ämnen, där kvävedioxid (NO_2) mäts på månadsbasis vid de fyra ozonstationer där dygnsprovtagning av NO_2 inte sker. Därutöver sker mätning av ozon på månadsbasis vid de nio stationer som mäter luft inom LNKN (avsnitt 1.1.2. Aktuellt mätprogram redovisas under EMEP i Bilaga 1.

2 Kvalitetssäkring

2.1 Mätmetoder

För beskrivning av mätmetoder hänvisas till de beskrivningar av Undersökningstyper som finns på Naturvårdsverkets hemsida. Inom den nationella luftkvalitetsövervakningen används de i mätföreskrifterna (NFS 2010:8) angivna referensmetoderna endast för ozon (timbasis), PM_{2,5}-mätningar i urban bakgrund och analys av tungmetaller.

2.2 Kvalitetsäkringsrutiner

IVL:s laboratorium är ackrediterat hos SWEDAC enligt SS-EN ISO/IEC 17025:2005. Merparten av IVL:s analysverksamhet inom luftövervakningen har varit ackrediterad sedan 1991. 1997 utvidgades ackrediteringen till att även omfatta analys av persistenta organiska ämnen (PAH och PCB) samt stora delar av provtagningsverksamheten. IVL har en årlig revision av SWEDAC, där kvaliteten följs upp. Intern revision genomförs en gång per år. Tillämpliga rutiner för kvalitetskontroll (QC) och kvalitetssäkring (QA) som gäller för ackrediterade analyser används även för de metoder som ännu inte ackrediterats.

IVL deltar årligen i provningsjämförelser som anordnas av EMEP och andra internationella organ där luft- och nederbördsprover ingår som provmatriser, samt följer upp bland annat ny analysmetodik genom att delta vid internationella konferenser.

När det gäller kvalitetssäkring av organiska miljögifter och ”nya kemikalier” har IVL bland annat ett nära samarbete med Norsk institutt for luftforskning (NILU), där de båda laboratorierna samarbetar bland annat vad gäller kvalitetssäkring.

Även NILU:s laboratorier för oorganiska och organiska analyser, som anlitas för bland annat analys av tungmetaller, är ackrediterade enligt NS-EN ISO/IEC 17025.

SLU:s pesticidlaboratorium är ackrediterat av SWEDAC enligt SE-EN ISO/IEN 17025:2005 och deltar regelbundet i internationella interkalibreringar för relevanta matriser. Laboratoriet har analyserat växtskyddsmedel (pesticider) i miljömatriser sedan början av 1980-talet och inom ramen för ackreditering sedan 1994. Vid laboratoriet analyseras även övriga prover från den nationella miljöövervakningen av växtskyddsmedel (ytvatten, grundvatten och sediment) med i stort sett samma metodik som för regnvattenproverna.

Alla mätningar av ozon som görs inom den nationella miljöövervakningen är kvalitets-säkrade genom årliga spårbara kalibreringar mot det referensinstrument som ägs av ITM. För bestämning av halter av partiklar i luft mätt som PM₁₀ och PM_{2,5} (partiklar mindre än 10 resp. 2.5 µm) skall enligt det nya EU-direktivet (2008/50/EG) endast referensmetoderna eller metoder som har visats vara likvärdiga med referensmetoden

användas. Mätningarna av PM_{2,5} i den urbana bakgrunden görs med den europeiska referensmetoden. I övrigt används bara metoder som inte har visats vara jämförbara på det sätt som föreskrivs av EU (vilket inte utesluter att de är det).

I en studie (Areskoug, 2007) har resultat för åren 2000 – 2006 från flera jämförelser mellan referensmetoden och de metoder som används inom den nationella luftövervakningen för partikelmätningar sammanställts. Resultaten från jämförelserna har så långt det är möjligt utvärderats enligt de riktlinjer som EU rekommenderar, men i flera fall har försöksuppläggningsen varit sådan att några säkra slutsatser om jämförbarheten inte har kunnat göras. I rapporten finns rekommendationer om hur historiska och nuvarande data skall behandlas för att de skall bli så jämförbara med referensmetoden som det är möjligt. Dessa rekommendationer har tillämpats för de data som presenteras här.

De partikelmått som bestäms inom EUSAAR (OC/EC, sot, ljusspridning och partikelstorleksfördelning) kvalitetssäkras genom kalibreringar och interkalibreringar mellan olika forskningsgrupper runt om i Europa samt standardisering av mätmetoderna.

2.3 Datalagring

Samtliga resultat från den nationella miljöövervakningen rapporteras till aktuell datavärd, som i sin tur ansvarar för det långsiktiga hållandet av databasen, inkluderande säkerhetskopiering, behörighetskontroll, skydd mot oriktig användning (dataintegritet), uppdatering av datamodeller och uppdatering till nya programversioner och ny maskinvara. Data framtagna av IVL respektive ITM levereras till Datavärdskap Luft, medan data som genereras av SLU ingår i Datavärdskap Jordbruksmark där även övriga data för växtskyddsmedel samlas i en gemensam databas.

3 Resultat

I detta avsnitt redovisas erhållna resultat inom respektive delområde huvudsakligen i form av årstidsvariationer, trender och jämförelse med miljökvalitetsnormer (MKN) och miljömål. För grunddata och vissa statistiska sammanställningar hänvisas till hemsidorna för Datavärdskap Luft (www.ivl.se) respektive Datavärdskap Jordbruksmark (www.slu.se).

En sammanställning av gällande MKN och miljömål återfinns i Bilaga 2.

3.1 Försurande och övergödande ämnen

3.1.1 Luft

Halter i luft av bl.a. svavel- och kvävekomponenter, klorid och baskatjoner mäts inom fyra olika mätnät; EMEP, LNKN, IM och Krondroppsnetet (se avsnitt 1.1). I avsnitten nedan redovisas trender av årsmedelhalter i två olika typer av figurer.

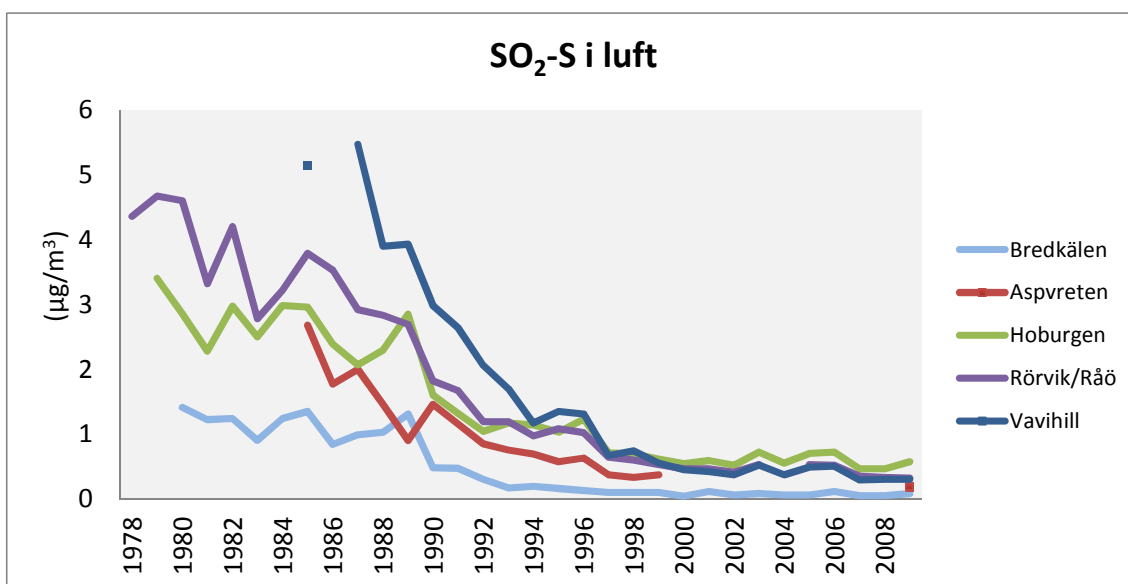
EMEP är det mätnät där mätdata av halter i luft sträcker sig längst tillbaka i tiden. Inom EMEP har halter i luft mätts sedan 1978 vid fem olika mätstationer i Sverige. Längden på mätserierna varierar något beroende på station och parameter. I fem figurer visas årsmedelhalter av SO₂-S, SO₄-S, NO₂-N, NO₃-N och NH₄-N stationsvis för samtliga år som mätningarna pågått.

Halter i luft av SO₂-S och NO₂-N har mätts kontinuerligt vid sammanlagt 31 respektive 33 stationer sedan 2001 inom de fyra mätnäten. För flera av stationerna inom EMEP och LNKN finns mätdata även från 1980- och 1990-talen. Nedan redovisas dock data från och med 2001 då mätningar av halter i luft startades vid flertalet av stationerna inom Krondroppsnetet. För att kunna se skillnader mellan olika delar av Sverige har stationerna delats in i sex olika regioner, se Bilaga 3. För varje region har årsmedelvärden beräknats genom att bilda medelvärde för uppmätta halter i luft från samtliga mätstationer inom respektive region. Stationer med mätserier som saknar mätdata för ett eller flera år under perioden har uteslutits ur sammanställningen.

I avsnitt 3.1.1.3 redovisas dygns- och månadsmedelhalter av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft vid EMEP-stationerna under 2009.

3.1.1.1 Svavel

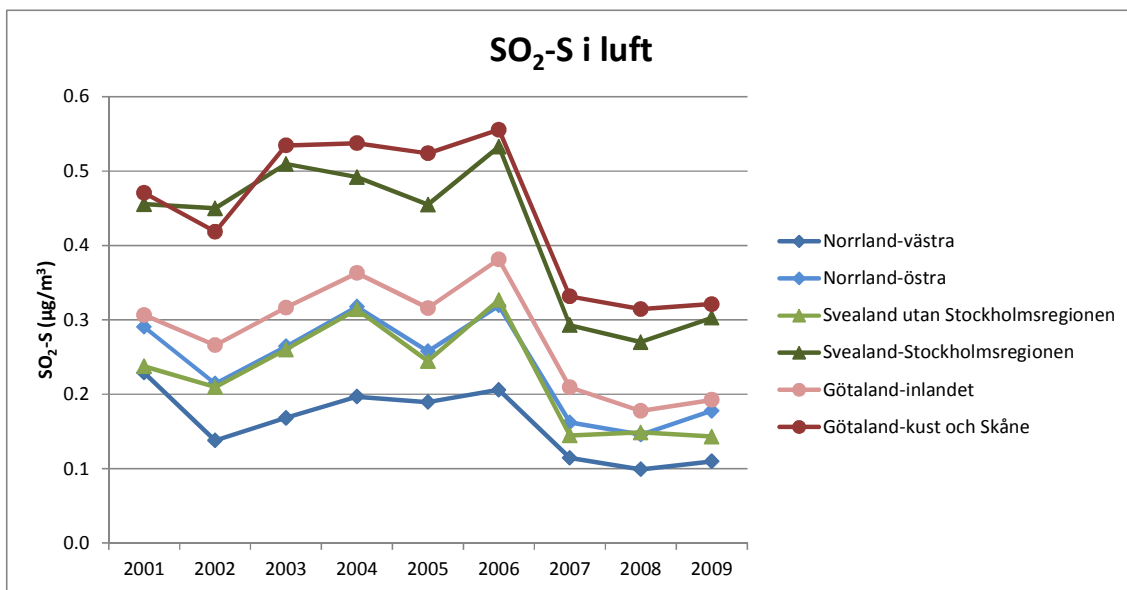
Årsmedelhalter av SO₂-S i luft på fem EMEP-stationer 1978-2009 visas i Figur 3. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 90 % vid Bredkålen, Rörvik/Råö och Vavihill och ca 80 % vid Hoburgen. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008, men halterna ser ut att ha minskat i samma utsträckning som vid övriga platser.



Figur 3 Årsmedelhalter av SO₂-S i luft (µg/m³) vid fem EMEP-stationer; Bredkålen 1980-2009, Aspvreten 1985-1999 och 2009, Hoburgen 1979-2009, Rörvik/Råö 1978-2009 samt Vavihill 1985 och 1987-2009.

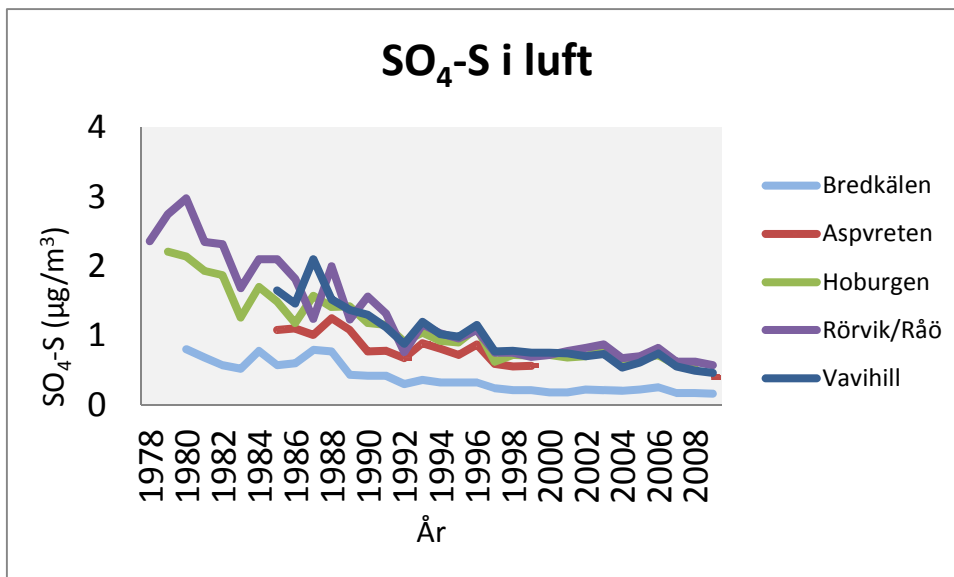
I Figur 4 visas regionvisa årsmedelhalter av SO₂-S i luft i Norrland-västra, Norrland-östra, Svealand utan Stockholmsregionen, Svealand-Stockholmsregionen, Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne 2001-2009. De tre senaste åren har årsmedelhalterna varit låga jämfört med resten av 2000-talet, vilket medfört att halterna som medelvärde under andra delen av perioden (2005-2009) är ca 20 % lägre jämfört med första delen av perioden (2001-2005) i samtliga sex regioner.

Under hela 2000-talet har uppmätta halter varit högst i regionerna Götaland-kust och Skåne samt Svealand-Stockholmsregionen. Lägst halter har under perioden mätts upp på stationerna i Norrland-västra. Figuren visar också att det är skillnader mellan uppmätta halter inom Norrland, Svealand respektive Götaland. I Norrland har halterna under 2000-talet varit 20-40 % lägre i områdets västra delar jämfört med de östra delarna. I Svealand har uppmätta halter i Stockholmsregionen varit nästan dubbelt så höga som uppmätta halter i inlandet. Haltnivåerna skiljer sig även mellan Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne, där uppmätta halter i Skåne och vid kusten har varit 30-45 % högre jämfört med inlandet.



Figur 4 Årsmedelhalter av SO₂-S i luft (µg/m³) i Norrland, Svealand och Götaland 2001-2009. Årsmedelvärdena har beräknats genom att medelvärdesbilda uppmätta halter i luft från mätstationer i respektive region enligt Bilaga 3.

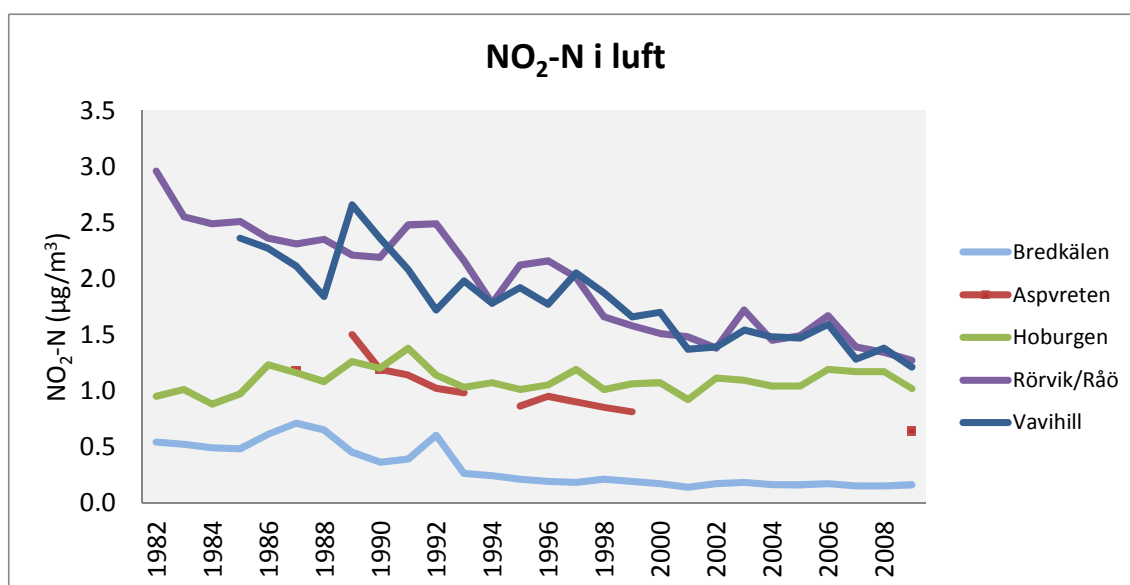
Årsmedelhalter av SO₄-S i luft vid fem EMEP-stationer 1978-2009 visas i Figur 5. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 70 % vid Bredkälven, ca 65 % vid Rörvik/Råö och ca 60 % vid Hoburgen och Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008.



Figur 5 Årsmedelhalter av SO₄-S i luft (µg/m³) vid fem EMEP-stationer; Bredkälven 1980-2009, Aspvreten 1985-1999 och 2009, Hoburgen 1979-2008, Rörvik/Råö 1978-2009 samt Vavihill 1985-2009.

3.1.1.2 Kväve

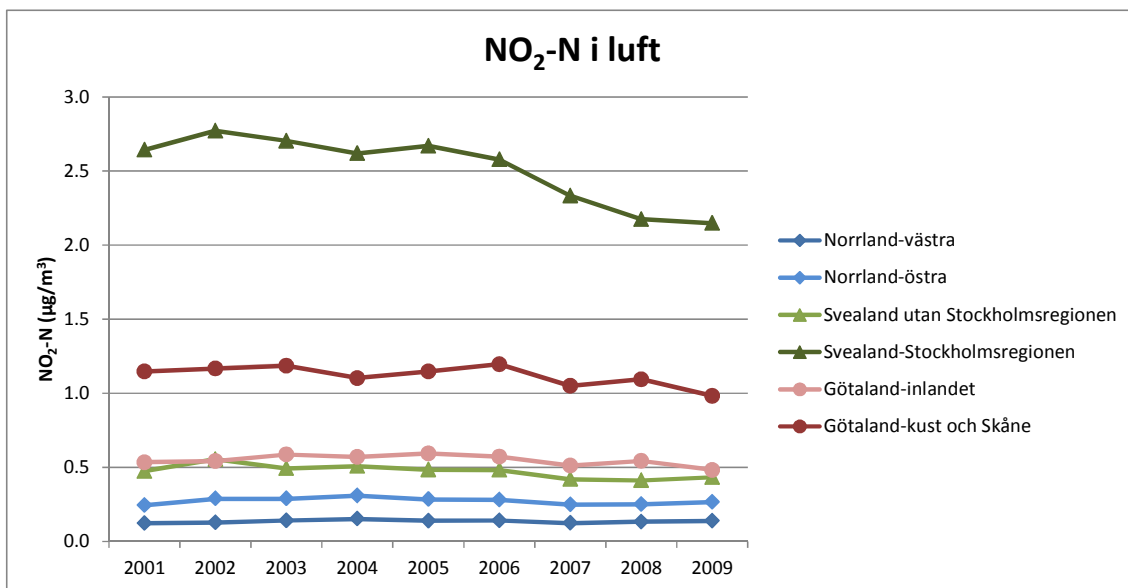
Årsmedelhalter av NO₂-N i luft vid fem EMEP-stationer 1982-2009 visas i Figur 6. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter på 1980-talet och 2000-talet har medelhalterna minskat med ca 70 % vid Bredkålen, ca 40 % vid Rörvik/Råö och Vavihill. Vid Hoburgen har halt-nivåerna varit i stort sett oförändrade sedan 1982. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008, men halterna ser ut att ha minskat i samma utsträckning som vid övriga platser i de södra delarna av landet.



Figur 6 Årsmedelhalter av NO₂-N i luft (µg/m³) vid fem EMEP-stationer; Bredkålen 1982-2009, Aspvreten 1987, 1989-1999 och 2009, Hoburgen 1982-2009, Rörvik/Råö 1982-2009 samt Vavihill 1985-2009.

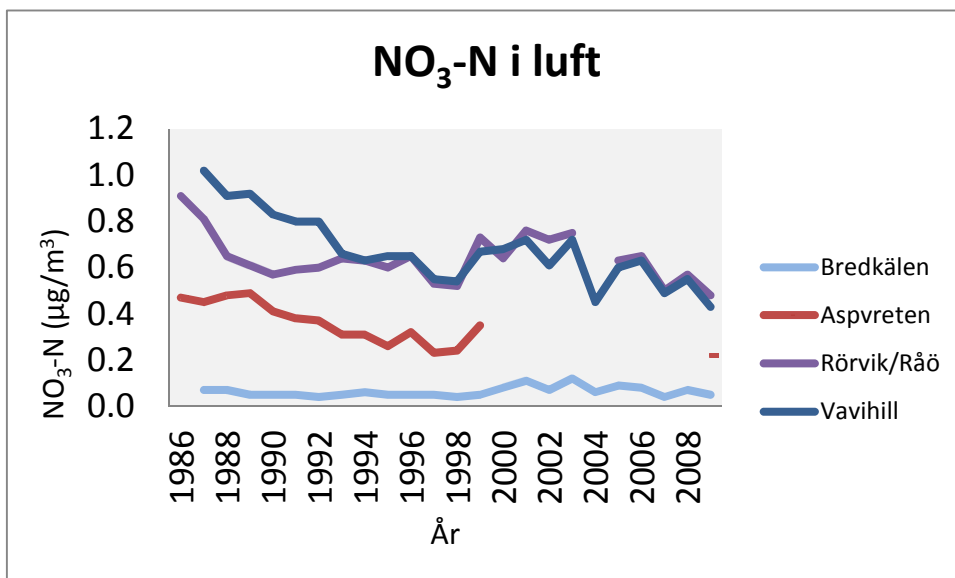
I Figur 7 visas regionvisa årsmedelhalter av NO₂-N i luft i Norrland-västra, Norrland-östra, Svealand utan Stockholmsregionen, Svealand-Stockholmsregionen, Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne 2001-2009. Vid en jämförelse av periodmedelvärde 2001-2005 och 2005-2009 har halterna minskat något (ca 10 %) i hela Svealand. I övriga regioner har halt-nivåerna varit i stort sett samma över hela perioden.

Under hela 2000-talet har uppmätta halter varit högst i Svealand-Stockholmsregionen. Lägst halter har under perioden mätts upp på stationerna i Norrland-västra. Figuren visar också att det är skillnader mellan uppmätta halter inom Norrland, Svealand respektive Götaland. I Norrland har halterna under 2000-talet varit ca 50 % lägre i områdets västra delar jämfört med de östra delarna. I Svealand har uppmätta halter i Stockholmsregionen varit ca 80 % högre jämfört med uppmätta halter i inlandet. Halt-nivåerna skiljer sig även mellan Götaland-inlandet och Götaland-kust och Skåne, där uppmätta halter i Skåne och vid kusten har varit dubbelt så höga som halterna i inlandet under perioden.



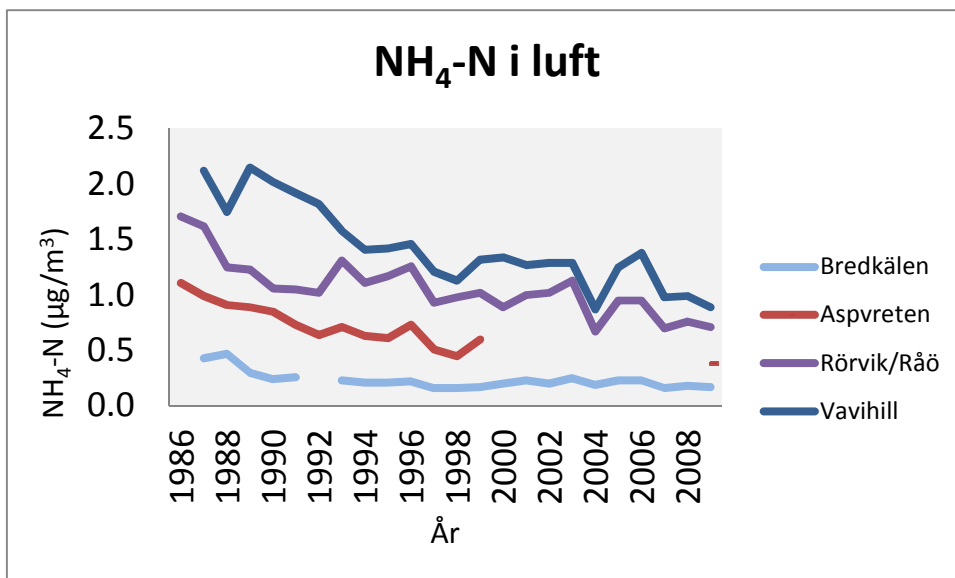
Figur 7 Årsmedelhalter av NO₂-N i luft (µg/m³) i Norrland, Svealand och Götaland 2000-2009. Årsmedelvärdena har beräknats genom att medelvärdesbilda uppmätta halter i luft från mätstationer i respektive region enligt Bilaga 3.

Årsmedelhalter av NO₃-N i luft vid fem EMEP-stationer 1986-2009 visas i Figur 8. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter på 1980-, 1990- och 2000-talen har medelhalterna varit lägre än 0,1 µg/m³ vid Bredkålen och minskat från cirka 0,9 till 0,5 µg/m³ vid Vavihill och Rörvik/Råö. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008.



Figur 8 Årsmedelhalter av NO₃-N (gas+partiklar) i luft (µg/m³) vid fyra EMEP-stationer; Bredkålen 1987-2009, Aspvreten 1986-1999 och 2009, Rörvik/Råö 1986-2003 och 2004-2009 samt Vavihill 1987-2009.

Årsmedelhalter av $\text{NH}_4\text{-N}$ i luft vid fem EMEP-stationer 1986-2009 visas i Figur 9. Vid en jämförelse mellan uppmätta halter på 1980-, 1990- och 2000-talen har medelhalterna minskat med ca 20 % vid Bredkålen, ca 25 % vid Rörvik/Råö och ca 30 % vid Vavihill. För Aspvreten saknas data för större delen av 2000-talet eftersom mätningar inte skedde 2000-2008.



Figur 9 Årsmedelhalter av $\text{NH}_4\text{-N}$ (gas+partiklar) i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid fyra EMEP-stationer; Bredkålen 1987-1991 och 1993-2009, Aspvreten 1986-1999 och 2009, Rörvik/Råö 1986-2009 samt Vavihill 1987-2009.

3.1.1.3 Klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium

I januari 2009 påbörjades dygnsvisa mätningar av klorid, natrium, magnesium, kalcium och kalium i luft vid EMEP-stationerna Vavihill, Råö, Aspvreten och Bredkålen. I avsnittet redovisas resultaten i figurer som månadsmedelvärden för respektive station och parameter. Enligt EMEP:s mätstrategi ska åtminstone partikelfasen av respektive parameter analyseras och redovisas. Av misstag analyserades gasfasen av klorid under 2009, men för övriga komponenter analyserades partikelfasen.

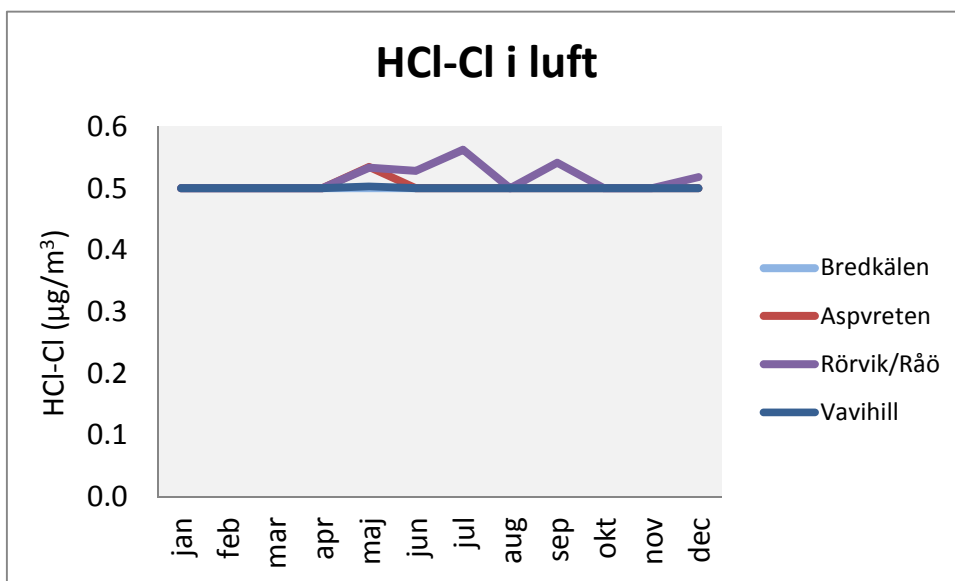
I Figur 10 visas månadsmedelhalter av klorid i gasfas vid Bredkålen, Aspvreten, Råö och Vavihill. Kvantifieringsgränsen för klorid i gasfas är $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och endast tio dygnsvärden var högre än $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under 2009. Vid Bredkålen var samtliga uppmätta dygnsmedelhalter lägre än $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vid Aspvreten och Vavihill var en dygnsmedelhalt vardera högre än $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och vid Råö var åtta dygnsmedelhalter högre än $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Halter över kvantifieringsgränsen uppmättes framförallt under vår- och sommarmånader.

Uppmätta halter i luft av natrium var under 2009 högst vid Råö (Figur 11). Månadsmedelhalterna vid Råö varierade mellan $0.5\text{-}3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medan månadsmedelhalterna på övriga tre stationer generellt var lägre än $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Årsmedelhalten vid Råö ($1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) var drygt åtta gånger högre än vid Bredkålen där de lägsta halterna uppmättes under 2009.

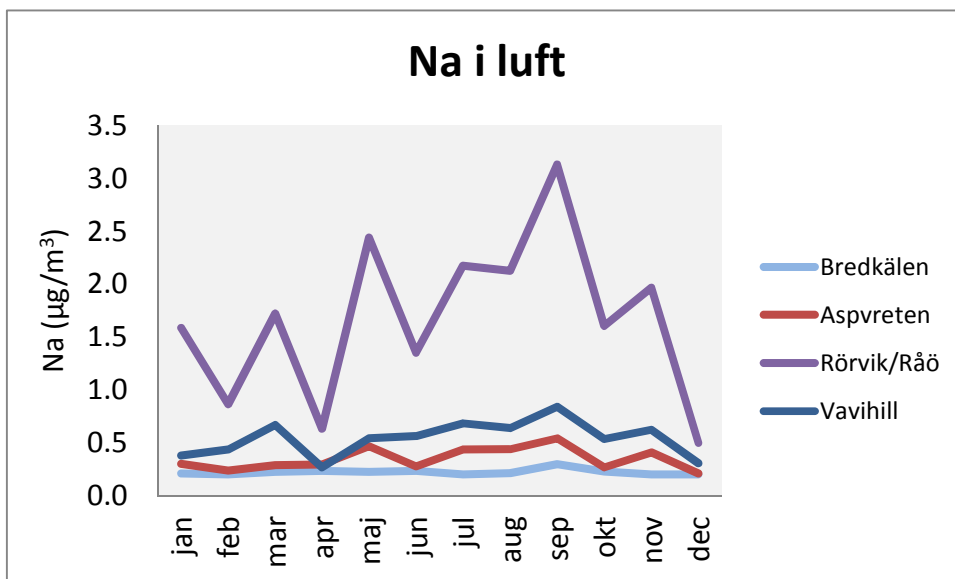
Precis som för natrium uppmättes de högsta halterna av magnesium vid Råö söder om Göteborg, se Figur 12. Månadsmedelhalterna vid Råö varierade mellan 0.1-0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, medan månadsmedelhalterna vid övriga tre stationer generellt var lägre än 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Årsmedelhalten vid Råö (0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) var 3-4 gånger högre än vid de övriga tre stationerna.

I Figur 13 visas månadsmedelhalter av kalcium vid Bredkålen, Aspvreten, Råö och Vavihill. Kvantifieringsgränsen för kalcium är 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och endast 31 värden var högre än 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ under 2009. Vid Bredkålen var samtliga uppmätta dygnsmedelhalter lägre än 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid Aspvreten, Vavihill och Råö var sju, nio respektive femton dygnsmedelhalter högre än 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Halter över kvantifieringsgränsen uppmättes framförallt under vår- och sommarmånader.

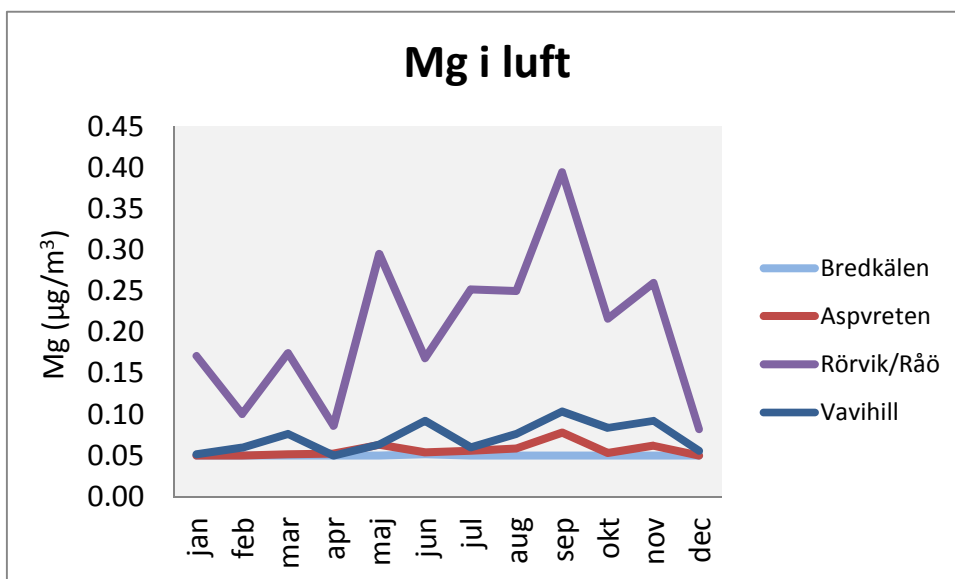
Månadsmedelvärden av kalium år 2009 redovisas i Figur 14. Under juli och september uppmättes några relativt höga dygnshalter vid Bredkålen, vilket medförde att månadsmedelhalterna i juli och september var högst vid Bredkålen. Årsmedelhalten var dock högst vid Råö (0.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) och lägst vid Bredkålen (0.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



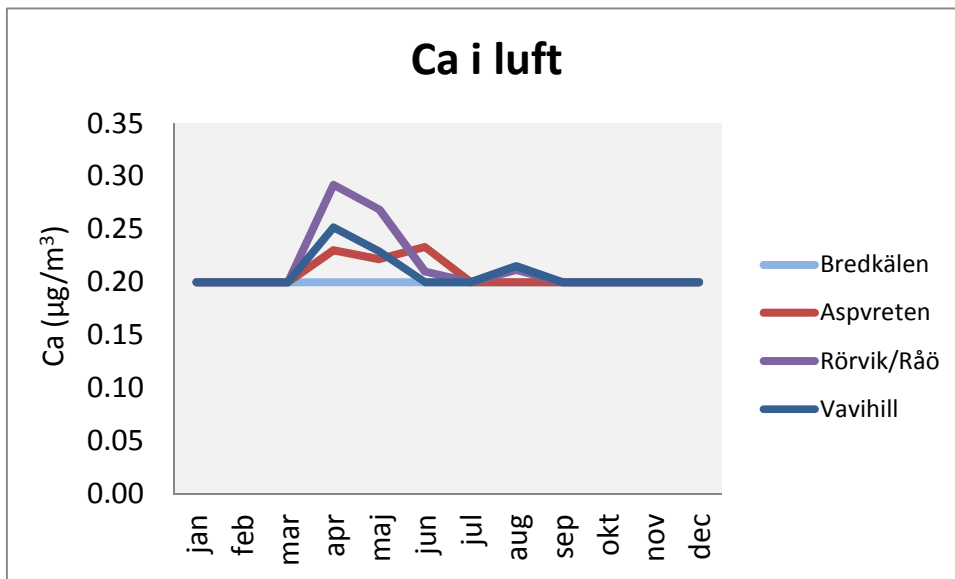
Figur 10 Månadsmedelhalter av klorid i luft (gasfas) ($\mu\text{g HCl-Cl}/\text{m}^3$) under 2009. Kvantifieringsgränsen är 1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och då analysresultatet är lägre har detta i figuren ersatts med halva kvantifieringsgränsen, d.v.s. 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



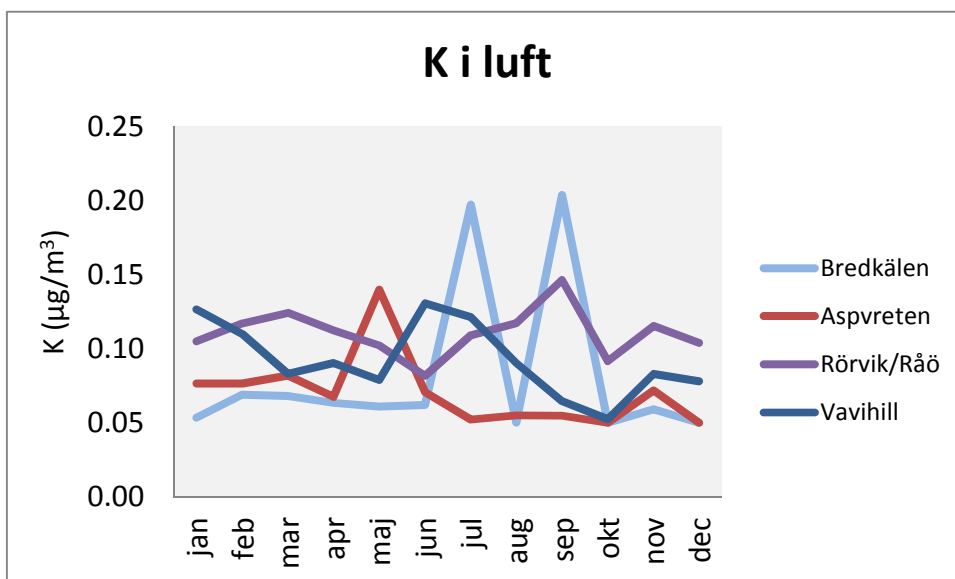
Figur 11 Månadsmedelhalter av natrium i luft (partikelfas) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) under 2009. Kvantifieringsgränsen är $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och då analysresultatet är lägre har detta i figuren ersatts med halva kvantifieringsgränsen, d.v.s. $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 12 Månadsmedelhalter av magnesium i luft (partikelfas) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) under 2009. Kvantifieringsgränsen är $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och då analysresultatet är lägre har detta i figuren ersatts med halva kvantifieringsgränsen, d.v.s. $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 13 Månadsmedelhalter av kalcium i luft (partikelfas) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) under 2009. Kvantifieringsgränsen är $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och då analysresultatet är lägre har detta i figuren ersatts med halva kvantifieringsgränsen, d.v.s. $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 14 Månadsmedelhalter av kalium i luft (partikelfas) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) under 2009. Kvantifieringsgränsen är $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och då analysresultatet är lägre har detta i figuren ersatts med halva kvantifieringsgränsen, d.v.s. $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.1.2 Nederbörd och deposition

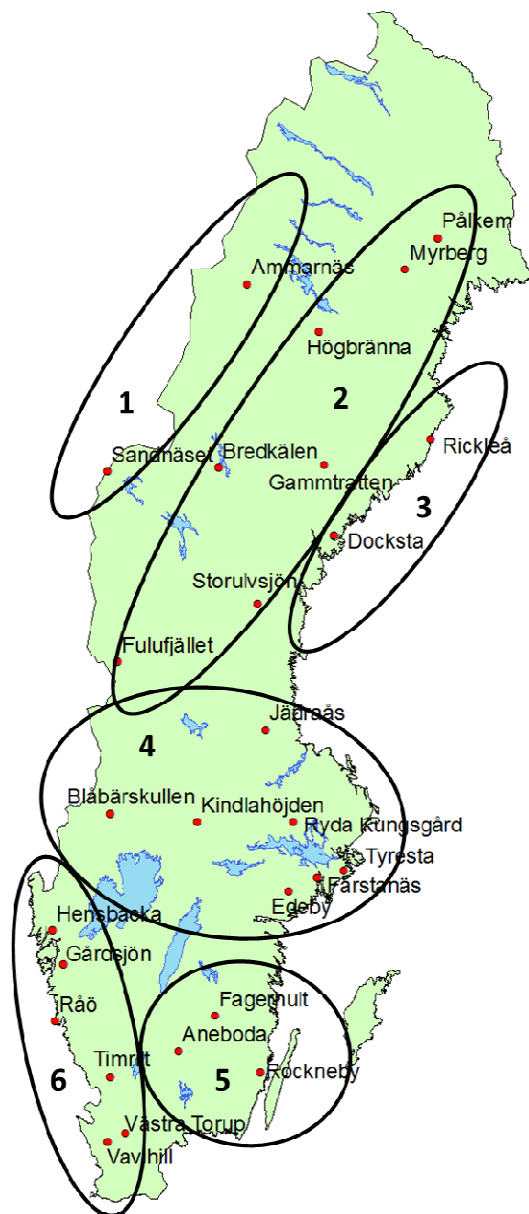
Även halter i nederbörd av bland annat olika försurande och övergödande ämnen mäts inom fyra olika mätnät; EMEP, LNKN, Krondroppsnetet och IM (se avsnitt 1.1). Figur 15 visar den nationella indelning som gjorts för nederbördsanalysen. Det finns många olika aspekter som bör beaktas vid indelning av mätstationer, den här presenterade indelningen är samma som i en tidigare trendrapport av Kindbom et al., (2001).

Mätningarna över öppet fält inkluderar våtdeposition och speglar därför inte den totala depositionen. Dock ingår även en del torrdeposition till trattarna. Generellt kan torrdepositionen till trattarna uppskattas till cirka 10 % av den totala depositionen i bulkprovtagarna i södra Sverige för de flesta parametrarna, förutom natrium där torrdepositionen till trattarna är högre, cirka 25 % av den totala depositionen till bulkprovtagarna. Ju längre norrut i Sverige desto lägre torrdeposition till trattarna.

Dataanalysen har för nederbörd koncentrerats till perioden 2000-2009 uppdelat på sex olika områden i Sverige. Figuren baseras på kalenderår och endast stationer där alla årsdata finns är med i analysen. I Figur 15 och Tabell 1 visas indelning samt vilka stationer som ingår.

Inom de olika mätnäten hanteras saknade värden på lite olika sätt beroende på syftet med mätnäten. Inom Krondroppsnetet görs en uppskattning av saknade värden främst utifrån omkringliggande stationer, inom EMEP samt LNKN görs ingen liknande ersättning varför data från en del månader i dessa mätnät kan saknas. Då fler än två månader saknas har dessa stationer inom LNKN uteslutits i denna analys av detta skäl. I denna analys kan data från stationer där det saknas upp till 2 månader vara med, dock har nederbördsmängden då korrigerats så att den motsvarar 12 månader. Halterna kan dock fortfarande vara 10 eller 11 månader (ej korrigerade).

Statistisk analys av trender har skett med Mann-Kendall-analys. Alla data från analysen presenteras i Bilaga 4 tillsammans med en beskrivning av metoden. Man bör dock betänka att den statistiska analysen gjorts på ett medelvärde för depositionen för de olika områdena, och att enskilda stationer kan ha en statistisk säkerställd förändring som ej visas i denna analys.



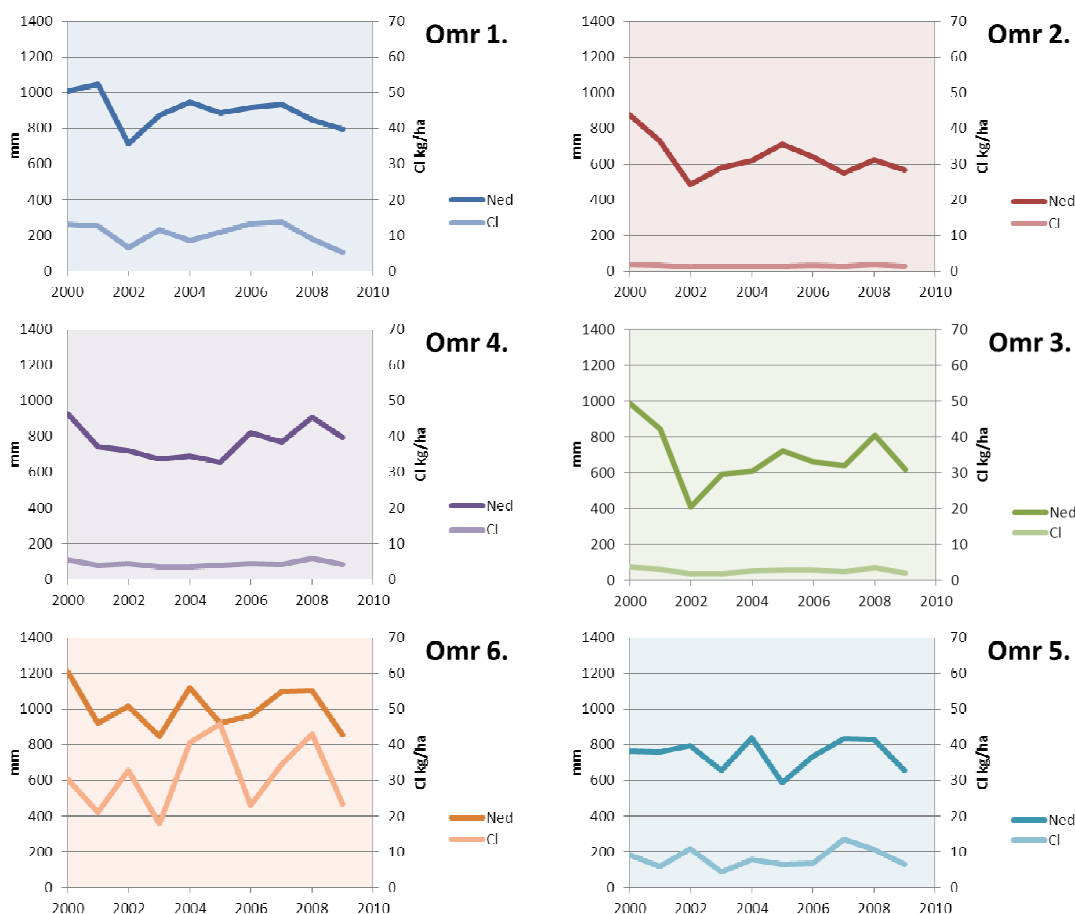
Figur 15 Karta över de mätstationer som ingår i analysen för nederbördsräkningen.

Tabell 1 Mätplatser som ingår i områdesindelning för analys av nederbörd.

Område	Mätstation
1	Ammarnäs, Sandnäset
2	Pålken, Myrberg, Högbränna, Gammtratten, Bredkålen, Storulvsjön, Fulufjället
3	Rickleå, Docksta
4	Jädraås, Kindlahöjden, Ryda Kungsgård, Blåbärskullen, Farstanäs, Tyresta, Edeby
5	Fagerhult, Aneboda, Rockneby
6	Hensbacka, Gårdsjön, Råö, Timrilt, Västra Torup, Vavihill

Nederbördsmängd samt kloriddeposition på årsbasis vid de olika områdena 2000-2009 visas i Figur 16. När det gäller nederbördsmängderna syns ingen statistiskt säkerställd trend för något av de 6 olika områdena för perioden 2000-2009. Nederbördsmängden är högre i södra och västra Sverige jämfört med i de östra delarna Sverige.

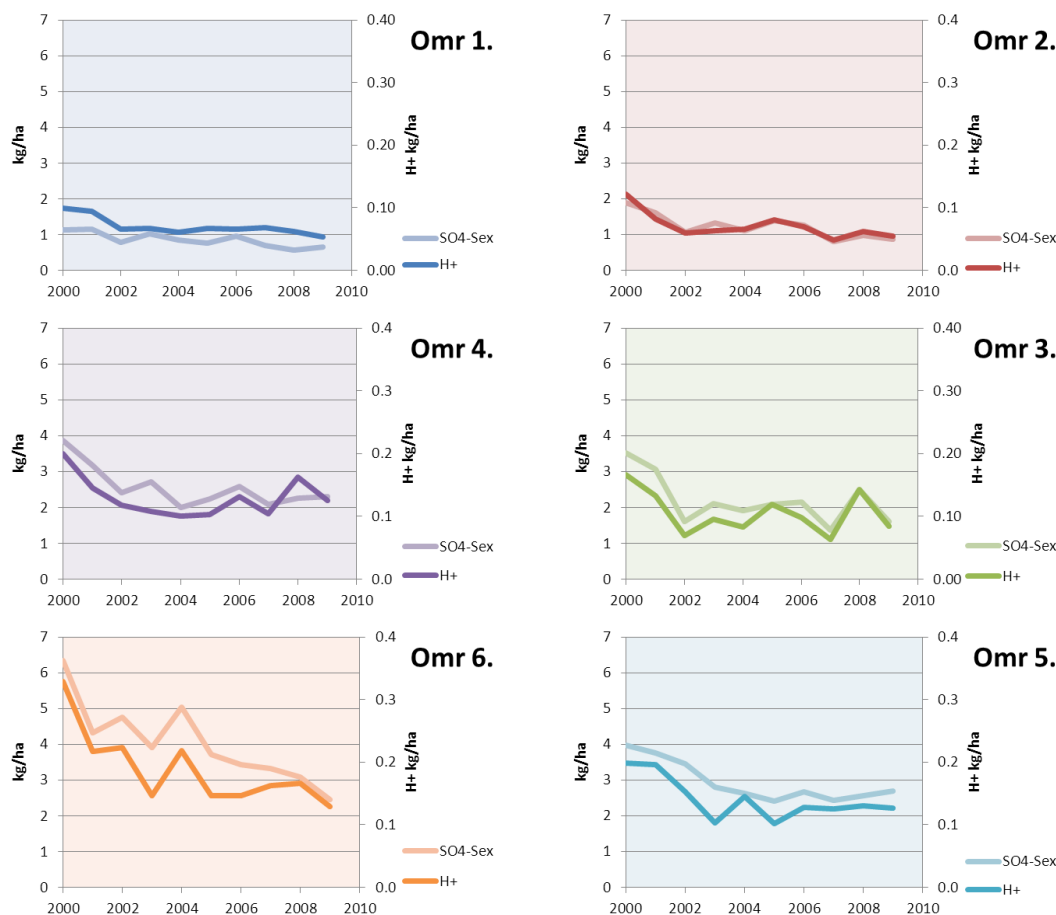
Kloriddepositionen är som väntat högst i sydvästra Sverige samt i de västra fjällnära områdena. Inte heller när det gäller kloriddepositionen finns någon statistiskt säkerställd trend.



Figur 16 Medelnederbördsmängd samt kloriddeposition för de olika områdena över Sverige under 2000-2009.

Svaveldepositionen utan havssaltsbidrag samt depositionen av H+ vid de olika områdena 2000-2009 visas i Figur 17. En statistisk analys visar på en minskning med ca 50 % av svaveldepositionen under 2000-talet i västra samt mellersta Norrland och i hela södra Sverige (Omr.1,2, 5 & 6). Det är endast vid norrlandskusten samt hela Svealand som ingen statistiskt säkerställd förändring syns.

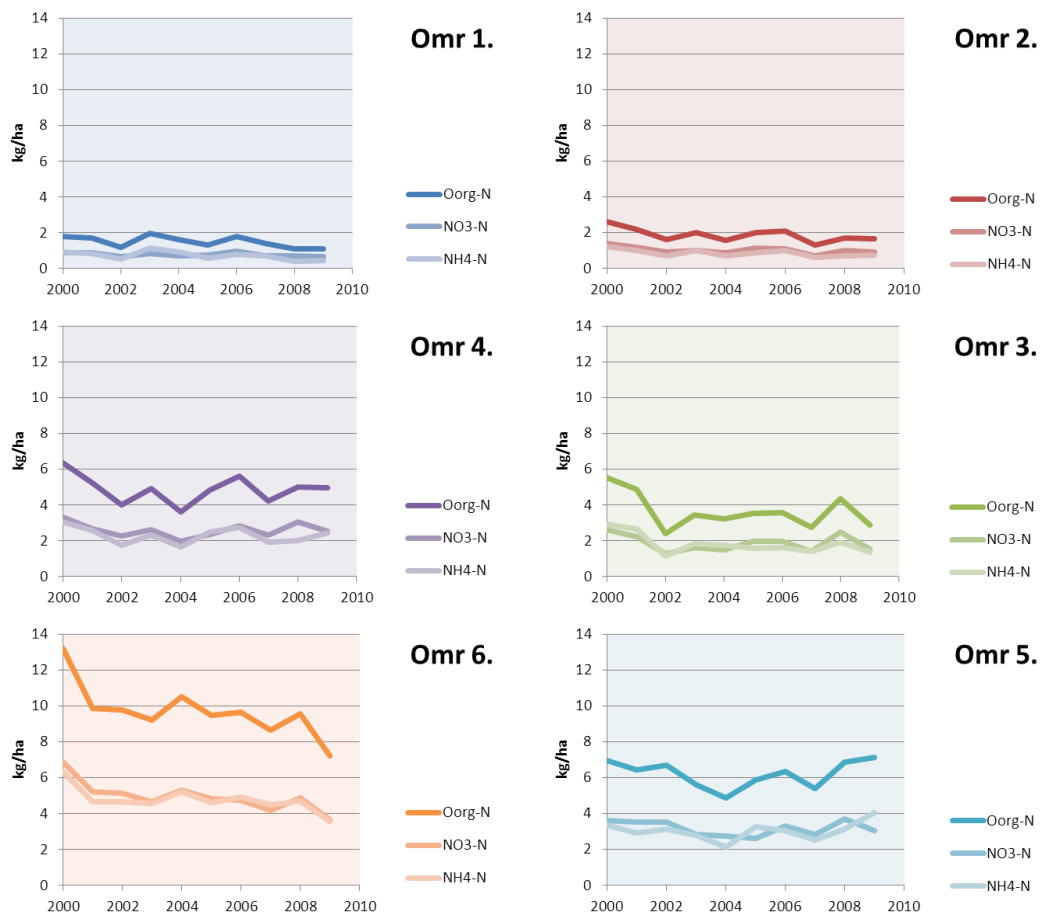
När det gäller depositionen av H⁺ är det endast i de allra västligaste delarna av Sverige (Omr. 1) som det finns en statistiskt säkerställd minskning. Vätejondepositionen kan användas som ett mått på den försurande belastningen. Minskningen under 2000-talet var ca 40 % för H⁺ i område 1.



Figur 17 Svaveldeposition samt deposition av H⁺ för de olika områdena över Sverige under 2000-2009.

Kvävedepositionen både som totalt oorganiskt kväve och uppdelat på nitrat- respektive ammoniumkväve på årsbasis i de olika områdena under 2000-2009 visas i Figur 18. Depositionen av oorganiskt kväve har minskat med ca 30 % i sydvästra Sverige under 2000-talet (Omr. 6). I övriga Sverige finns inga statistiskt säkerställda förändringar vad gäller oorganiskt kväve.

Om man delar upp det oorganiska kvävet på nitrat- respektive ammoniumkväve visar dock den statistiska analysen på en minskning med ca 30 % för nitrat i sydvästra Sverige (Omr. 6) och en minskning på ca 50 % i de västra fjällnära områdena för ammoniumkväve (Omr. 1) under 2000-talet.



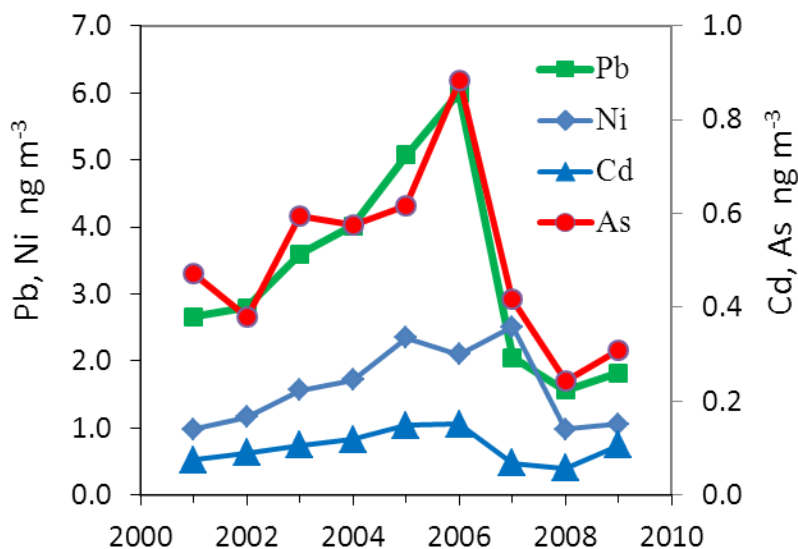
Figur 18 Deposition av oorganiskt kväve samt nitrat- och ammoniumkvävedeposition för de olika områdena över Sverige under 2000-2009.

3.2 Metaller

3.2.1 Luft

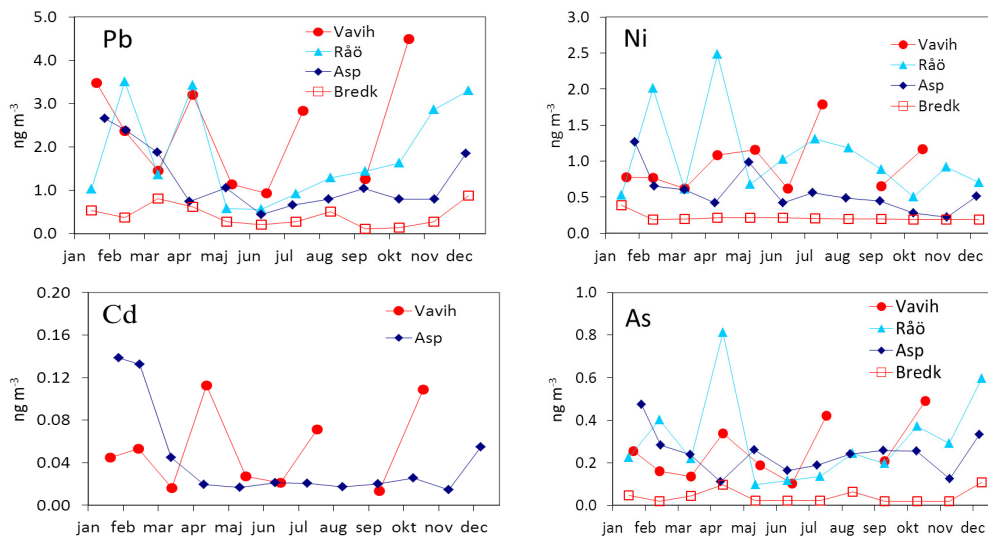
I Figur 19 visas resultaten från mätningar av tungmetaller på partiklar vid Råö-stationen under perioden 2001 till 2008. Resultaten från 2009 (uppmätta med annan metod för partikelprovtagning, se vidare Bilaga 1) har tagits med som jämförelse. Resultatet indikerar en viss samvariation mellan de olika metallerna med förhöjda halter kring år 2006. Speciellt ter sig samvariationen mellan bly och arsenik vara stor, men även kadmium uppvisar en liknande trend. Samvariationen beror troligtvis på att metallerna har gemensamma källor. Bly, arsenik och kadmium förekommer i flygaska och emitteras vid förbränning av kol för energiproduktion och vid sopförbränning etc. Nickel är förknippat med förbränning av olja men emitteras också vid förbränning av kol (Bradl, 2005). Förhöjda lufthalter av tungmetaller i Sverige beror till stor del på långväga transport, d.v.s. import av emissioner

från andra europeiska länder. Via modellering uppskattades 85 % av den totala antropogena depositionen av bly i Sverige bero på import. Motsvarande siffra för kadmium är 90 % (EMEP Status Report 2/08).



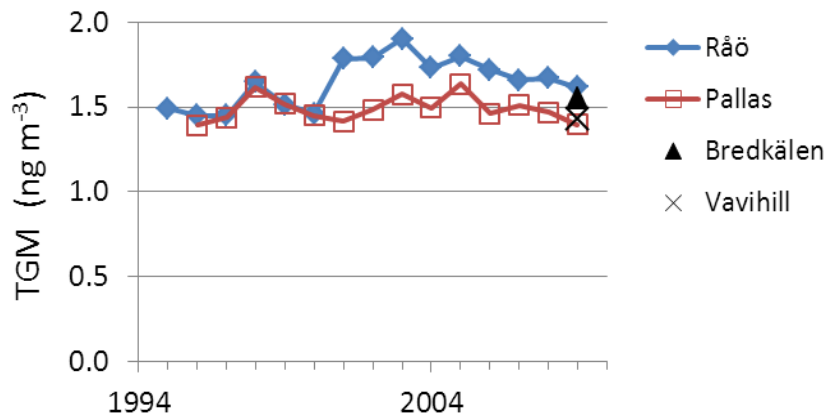
Figur 19 Tungmetaller på partiklar mätt vid Råö-stationen under perioden 2001 – 2009. Observera att Pb och Ni (vänster y-axel), respektive Cd och As (höger y-axel) har olika skalor.

Resultatet för några av de 10 metaller som mäts vid de fyra EMEP-stationerna visas i Figur 20. En geografisk trend med låga värden vid Bredkälén i norr och högre halter i söder kan skönjas. Halterna av kadmium vid Bredkälén och Råö är inte medtagna eftersom dessa var lägre än den använda mätmetodens detektionsgräns. Det kan konstateras att halterna som visas i Figur 20 är låga i förhållande till de nedre utvärderingströsklar som anges för nickel, kadmium och arsenik i Luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477). Årsmedelhalten av arsenik vid Råö var 0.31 ng m^{-3} och högsta uppmätta månadsmedelvärdet var 0.81 ng m^{-3} , vilket kan jämföras med den nedre utvärderingströskeln som är 2.4 ng m^{-3} . Nedre utvärderingströskeln för nickel och kadmium är 10 ng m^{-3} respektive 2 ng m^{-3} . De högsta årsmedelvärdena av nickel och kadmium uppmättes vid Råö-stationen och uppgick till 10 % respektive 6 % av respektive nedre utvärderingströskel.



Figur 20 Tungmetaller på partiklar från mätningar vid 4 mätstationer år 2009.

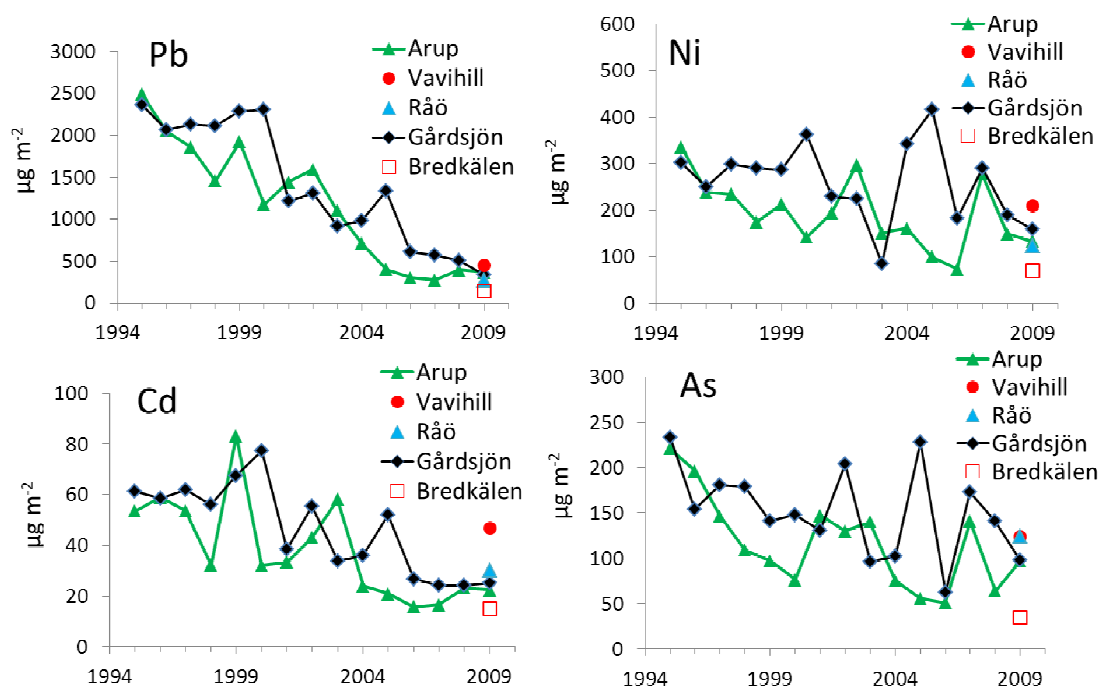
Årsmedelhalter av total gaseous mercury (TGM) visas i Figur 21. Mellan 1985-1989 var medelhalten av kvicksilver vid Råö 3.2 ng/m^3 (Iverfeldt m.fl., 1995), men har till följd av minskade utsläpp av kvicksilver från egna och europeiska källor minskat till dagens nivå kring $1.4 - 1.8 \text{ ng/m}^3$. Det här motsvarar bakgrundshalten av kvicksilver i norra hemisfären, vilken har uppskattats till 1.7 ng/m^3 för perioden 1996 – 2000 (Slemr m.fl., 2003).



Figur 21 Totalt gasformigt kvicksilver (TGM) vid Råö och Pallas. Årsmedelvärden vid Bredekälén och Vavihill från 2009 visas också.

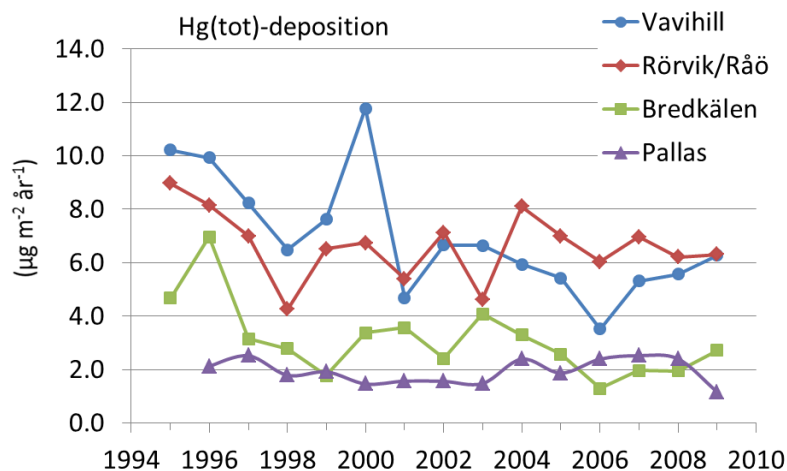
3.2.2 Nederbörd och deposition

I Figur 22 visas deposition av bly, nickel, kadmium och arsenik. Från stationerna Vavihill, Råö och Bredkålen finns endast data från 2009. Av Figur 22 framgår bland annat att depositionen av bly vid både Arup och Gårdsjön har minskat med en faktor 4 - 5 sedan mitten av 1990-talet. En starkt bidragande orsak till minskningen är att man i Sverige och övriga Europa slutade använda bensin med blytillsats.



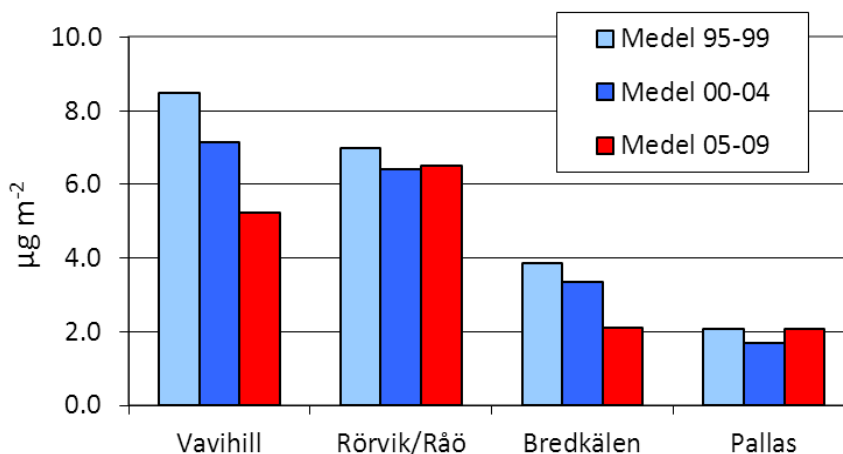
Figur 22 Deposition av vissa tungmetaller vid de svenska mätstationerna.

Figur 23 visar kvicksilverdeposition vid 4 mätstationer från söder till norr. Både en geografisk trend, med högre kvicksilverdeposition i söder i jämförelse med de nordliga stationerna, och en tidsmässigt avtagande trend kan skönjas.



Figur 23 Deposition av Hg(tot) vid svenska stationer samt vid Pallas.

Figur 24 visar framräknade 5-årsmedelvärden av kvicksilverdeposition för perioderna 1) 1995 – 1999, 2) 2000 – 2004 och 3) 2005 – 2009. Minskningen i Hg-deposition mellan period 1 och 2 berodde på en lägre koncentration av kvicksilver i nederbörden vid samtliga mätplatser. Detta skedde samtidigt med ökande nederbördsmängder vid alla stationer utom Pallas där den var oförändrad. Den ökade Hg-depositionen vid Råö och Pallas under period 3 beror på att kvicksilverhalterna i nederbörd ökade på dessa platser. Vid Vavihill och Bredkälén har depositionen av kvicksilver fortsatt att minska till följd av en fortsatt minskning av kvicksilverkoncentrationen i nederbörd. Minskningen vid Bredkälén förstärktes ytterligare av något minskade nederbördsmängder.



Figur 24 Medelvärden av deposition av Hg(tot) under tre på varandra följande 5-årsperioder.

3.3 Organiska ämnen

I denna rapport redovisas resultaten från mätningarna genomförda mellan 2006-2009. Miljöövervakningsdata fram till året 2005 samt provtagnings- och analysmetodik presenterades i föregående statusrapporter (Potter et al., 2006 & Hansson et al., 2006). Resultaten i föreliggande rapport kommer att sättas i relation till föregående års mätningar. Metoder för ämnen som tillkom till delprogrammet 2009 beskrivs kortfattat i Bilaga 5. Alla grunddata går att ladda ner från Datavärdskap Luft (www.ivl.se).

3.3.1 Organiska miljögifter - Halter i luft

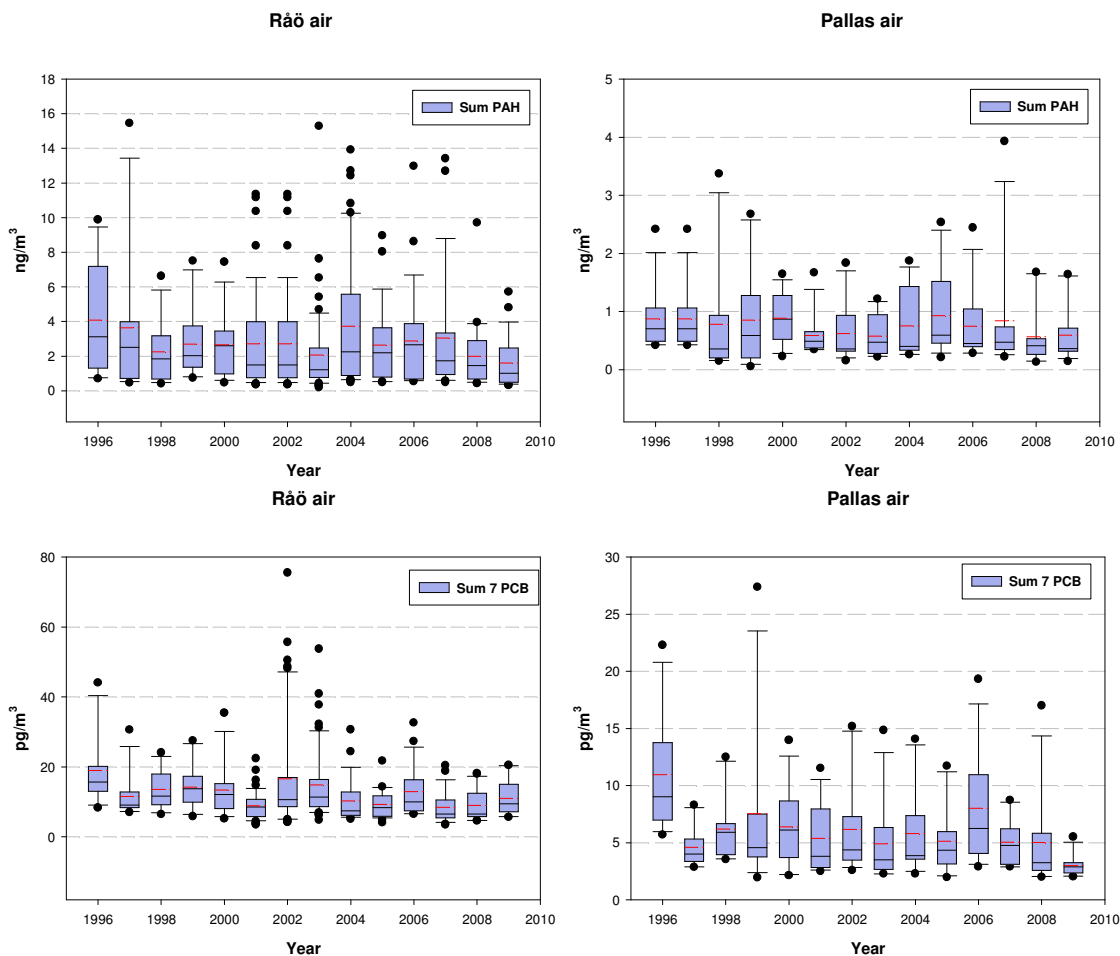
Fram till 2008 genomfördes mätningarna vid Aspvreten och Pallas med en frekvens på 1 vecka per månad för att från 2009 övergå till kontinuerliga mätningar. Vid Råö övergick man från mätningar med en frekvens på en vecka/månad till kontinuerliga mätningar år 2001.

3.3.1.1 PAH och PCB

Halterna av PAH (summa 12) och PCB (summa 7) i luft vid Råö och Pallas för åren 1996 till 2009 visas i Figur 25. Resultaten redovisas som ”box whisker plots”, där gränsen av själva boxen representerar 25- och 75-percentilen, linjen inne i boxen medianvärdet och den röda linjen medelvärde. Utöver det visas också 90- och 10-percentilen samt avvikande värden (svarta prickar).

PAH har för åren 2006 till 2009 varierat mellan 1.4 till 3.1 ng/m³ (Råö), 1.6 till 4.3 ng/m³ (Aspvreten) och 0.54 till 0.84 ng/m³ (Pallas). PCB-halterna har under samma period varierat mellan 8.5 till 13 pg/m³ (Råö), 4.3 till 6.9 pg/m³ (Aspvreten) och 3 till 8 pg/m³ (Pallas).

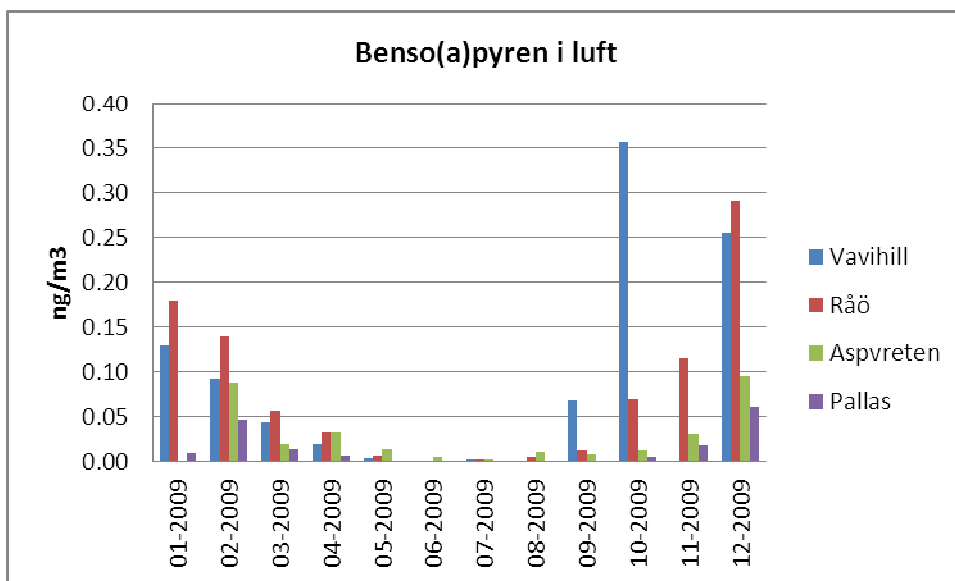
Tidigare mätningar (Brorström-Lundén et al., 1994) visade att PCB- och PAH-halterna minskade vid både Pallas och Råö. Under de senaste 14 åren har dock minskningen inte varit lika markant jämfört med föregående år. Halterna har generellt varit högre på västkusten (Råö) jämfört med i finska Lappland (Pallas).



Figur 25 Halterna av summa PAH och PCB vid Råö och Pallas i luft. Boxen representerar 25- och 75-percentilen, linjen inne i boxen medianvärdet och den röda linjen medelvärde. Utöver det visas också 90- och 10-percentilen samt avvikande värden (svarta prickar). Resultaten från Råö fram till 2000 och Pallas fram till 2008 baseras på mätningarna med en frekvens på 1 vecka/månad. Resterande resultat baseras på kontinuerliga mätningar.

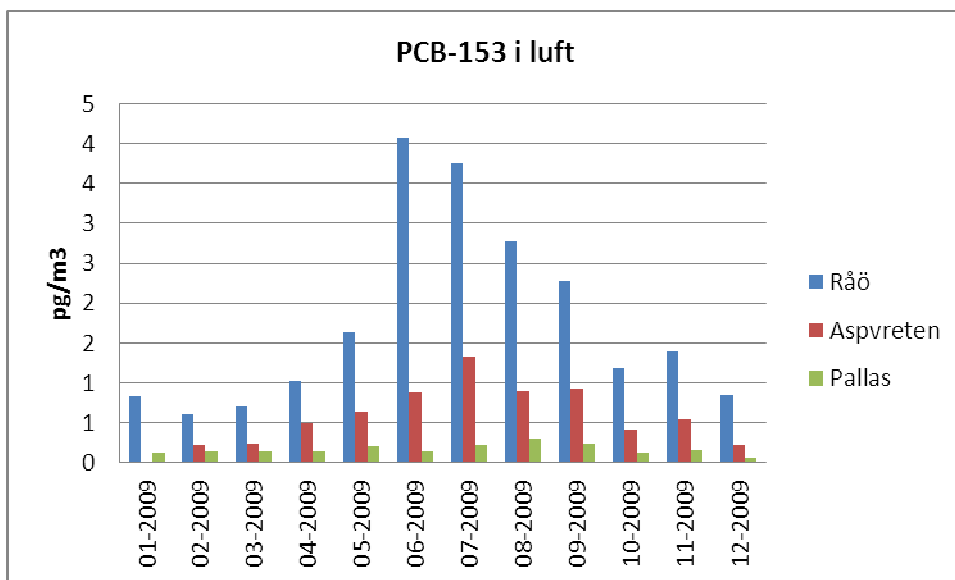
Under 2009 låg PAH-halterna vid Aspvreten generellt på en lägre nivå än vid Råö, men cirka en faktor 2 högre än vid Pallas, vilket även kan anses vara representativt för de övriga åren (2006-2008). Skillnaderna mellan Aspvreten och Råö var inte lika stora under sommarhalvåret som under vintermånaderna. Medelkoncentrationen av PAH i luft vid Vavihill 2009 låg på 1.2 ng/m^3 .

Som ett exempel på årstidsvariation visas i Figur 26 en PAH-komponent, benso(a)pyren. Halten benso(a)pyren var under 2009 högst under den kalla årstiden. MKN för benso(a)pyren, 1 ng/m^3 , överskreds inte på någon av stationerna.



Figur 26 Benso(a)pyren i luft 2009 på Vavihill, Råö, Aspvreten och Pallas. Mätningarna på Aspvreten startade i februari. December- och augusti-prov från Vavihill saknas pga. provtagningsfel.

Som ett exempel på säsongsvariation av PCB visas i Figur 27 årstidsvariationen av en PCB-komponent, PCB-153. Den högsta halten under 2009 förekom under sommaren och lägsta koncentrationer under vinterhalvåret, vilket är i överensstämmelse med tidigare mätningar. Figuren visar också att halterna är högst vid Råö och lägst vid Pallas, vilket också är representativt för de övriga mätaren.



Figur 27 PCB-153 i luft 2009 vid Råö, Aspvreten och Pallas. Mätningarna vid Aspvreten startade i februari.

3.3.1.2 Hexaklorbensen (HCB)

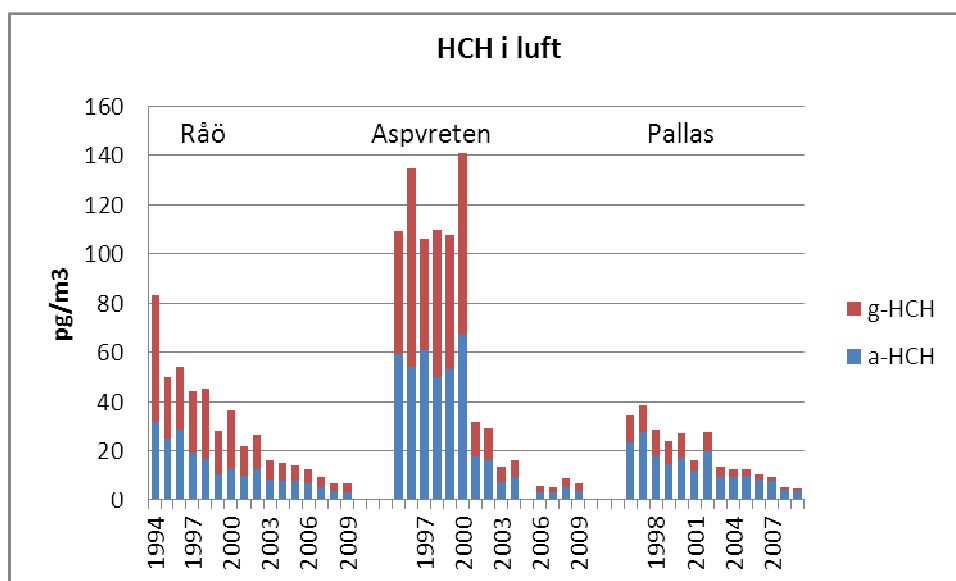
Medelhalten av HCB under 2009 varierade lite mellan stationerna. Medelhalten låg på 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Pallas, 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Aspvreten och 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Råö. Dessa värden kan vara underskattade p.g.a. provtagningsmetodiken.

3.3.1.3 Pesticider

I föreliggande kapitel presenteras resultaten från mätningar av klorerade och stabila pesticider som omfattas av Stockholmskonventionen inom UNEP, CLRTAP samt några av EU:s Vattendirektivs (2000/60/EG) pesticider.

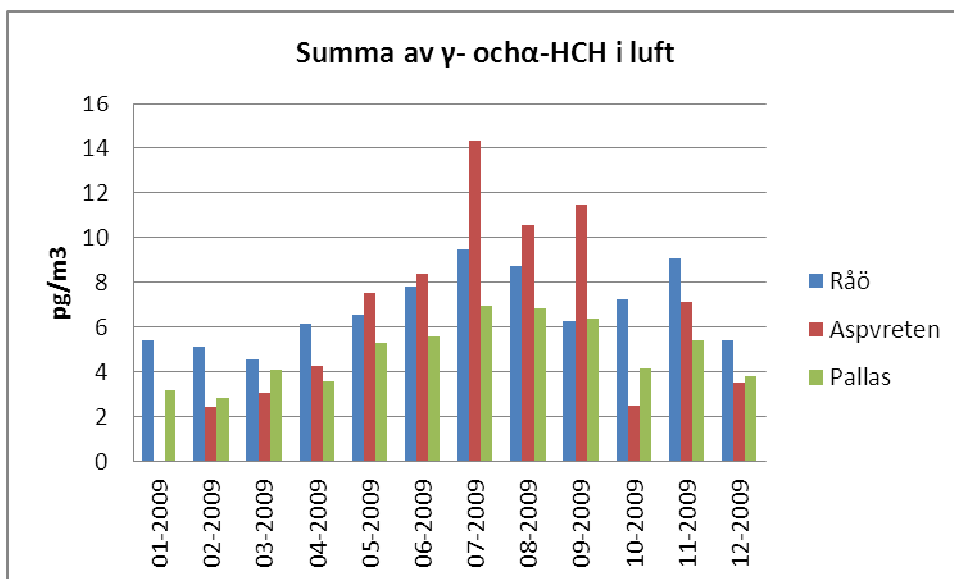
3.3.1.3.1 Hexaklorocyklohexan (HCH), klordaner, DDT

I Figur 28 presenteras halter av α - och γ -HCH i luft. Figuren visar att halterna de senaste åren har minskat jämfört med mätningarna mellan 1994-2005. α -HCH var på samma nivå vid alla tre stationer, medan γ -HCH var ca faktor tre lägre vid Pallas jämfört med Råö och Aspvreten.



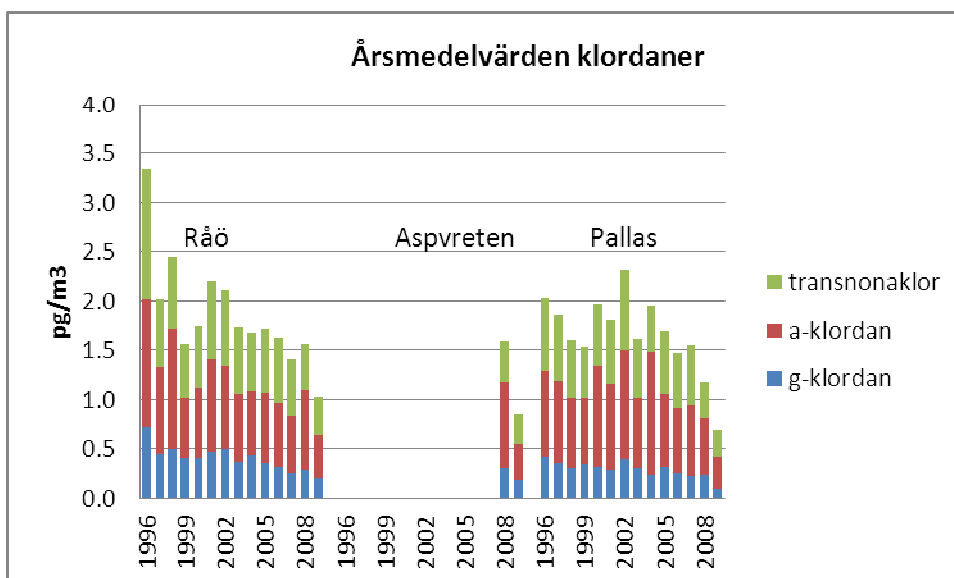
Figur 28 Årsmedelvärden av γ - och α -HCH i luft för åren 1994-2009.

I Figur 29 visas årstidsvariationen av summa γ - och α -HCH i luft. Precis som för PCB finner man de högsta luftkoncentrationer av HCH:er under sommarhalvåret.



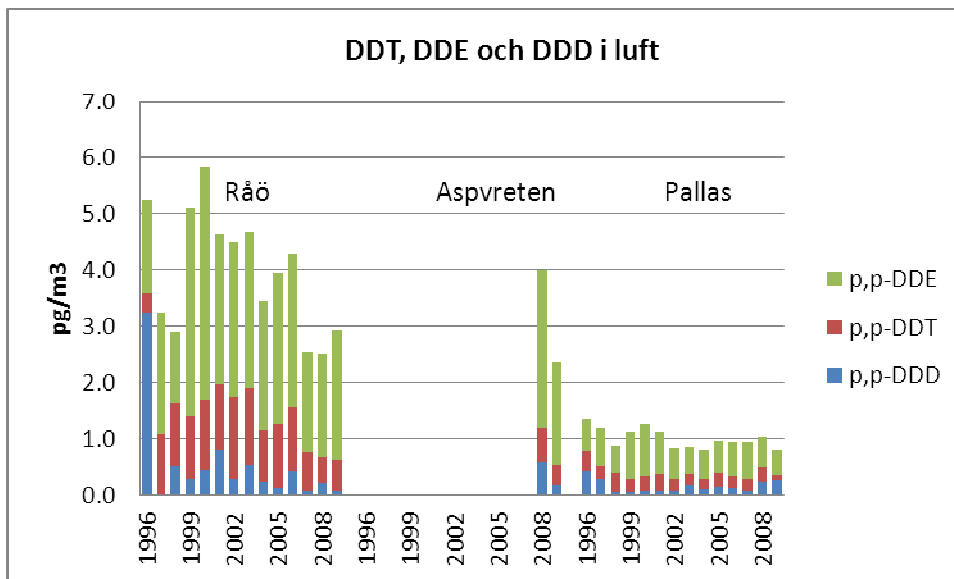
Figur 29 Årstidsvariation av summa γ - och α -HCH i luft.

Årsmedel för α -, γ -klordan och transnonaklor vid Råö, Pallas och Aspvreten visas i Figur 30. Mätningarna av klordaner vid Aspvreten startade först 2008. Mätningarna visar att halterna ligger i samma storleksordning vid alla stationer. Klordanhalterna har under åren 2006 till 2009 varierat mellan 1-1.6 pg/m³ (Råö), 0.85-1.6 pg/m³ (Aspvreten) och 0.7-1.5 pg/m³ (Pallas).



Figur 30 Årsmedel av klordaner i luft. Mätningarna vid Aspvreten startade 2008.

I Figur 31 presenteras årsmedelvärden av DDT-gruppen (diklordifenyltrikloreten): p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD i luft vid Råö, Pallas och Aspvreten. Halterna vid Råö och Aspvreten var högre i jämförelse med norra Finland och p,p-DDE var den högsta enskilda komponenten. Summa DDT har åren 2006 till 2009 varierat mellan 2.5-4.3 pg/m³ (Råö), 2.4-4 pg/m³ (Aspvreten) och 0.81-0.93 pg/m³ (Pallas).



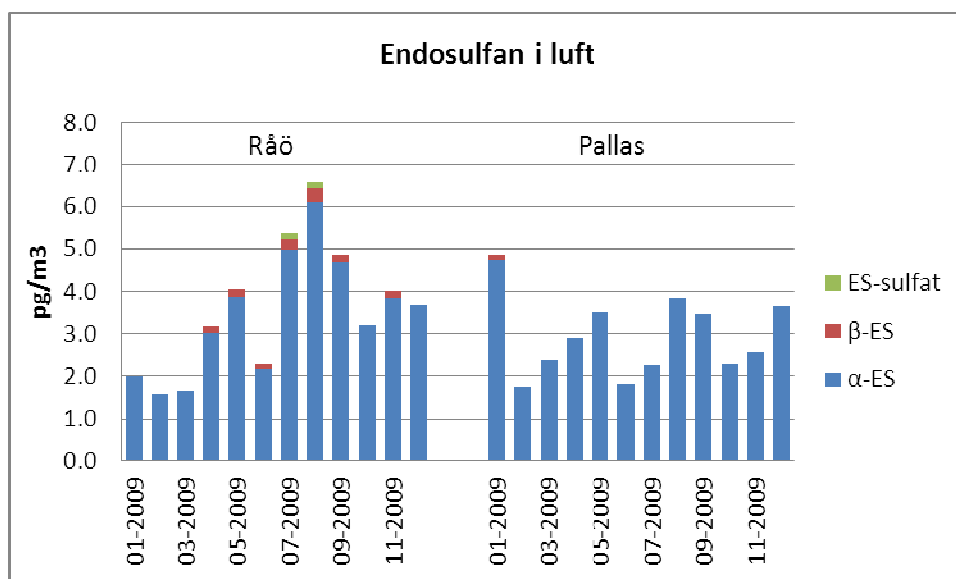
Figur 31 Halter av p,p-DDE, p,p-DDT och p,p-DDD i luft vid Råö, Pallas och Aspvreten. Mätningarna vid Aspvreten startade 2008.

3.3.1.3.2 Endosulfan

Halten α -ES i luften under 2009 var något högre vid Råö (3.4 pg/m^3) jämfört med Pallas (2.9 pg/m^3). Halterna vid Råö varierade under året mellan 1.6 och 6.1 pg/m^3 , med de högsta koncentrationer under juli till september. Halterna vid Pallas varierade mellan 1.8 och 4.7 pg/m^3 . Någon tydlig årstidsvariation gick däremot inte att utskilja, se Figur 32.

Halterna β -endosulfan vid Råö varierade mellan <0.1 och 0.33 pg/m^3 , med en medelkoncentration under 2009 på 0.2 pg/m^3 . Med undantag för januariprovet (0.13 pg/m^3) har β -endosulfan inte påvisats i prover från Pallas.

Med undantag för Råö i juli och augusti har endosulfan-sulfat inte kunnat detekteras i några av proverna från Råö och Pallas.



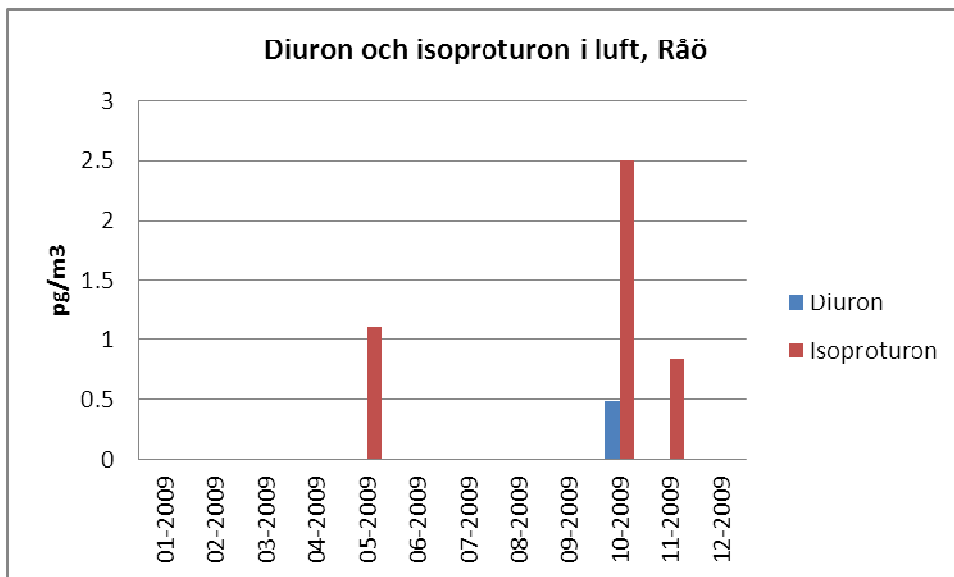
Figur 32 α -, β -endosulfan (ES) och endosulfan-sulfat i luftprover från Råö och Pallas (2009).

3.3.1.3.3 Aldrin, heptaklor

Aldrin och heptaklor har inte kunnat detekteras i några luftprover från Råö 2009 (<1 pg/m^3).

3.3.1.3.4 Atrazin, diuron och isoproturon

Pesticiderna isoproturon, diuron och atrazin bestämdes i luftprover från Råö. Halterna isoproturon varierade mellan <0.5 till 2.5 pg/m^3 , se Figur 33. Diuron kunde bestämmas i detekterbara halter endast i oktoberprovet, medan atrazin inte var detekterbart i något av proverna (<0.5 pg/m^3).

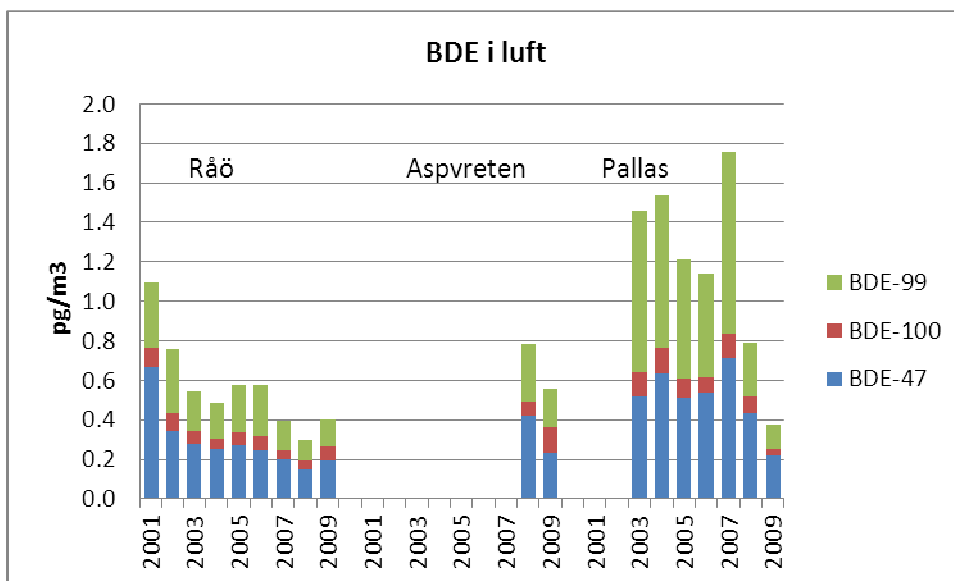


Figur 33 Diuron och isoproturon i luftprover från Råö

3.3.1.4 Bromerade flamskyddsmedel

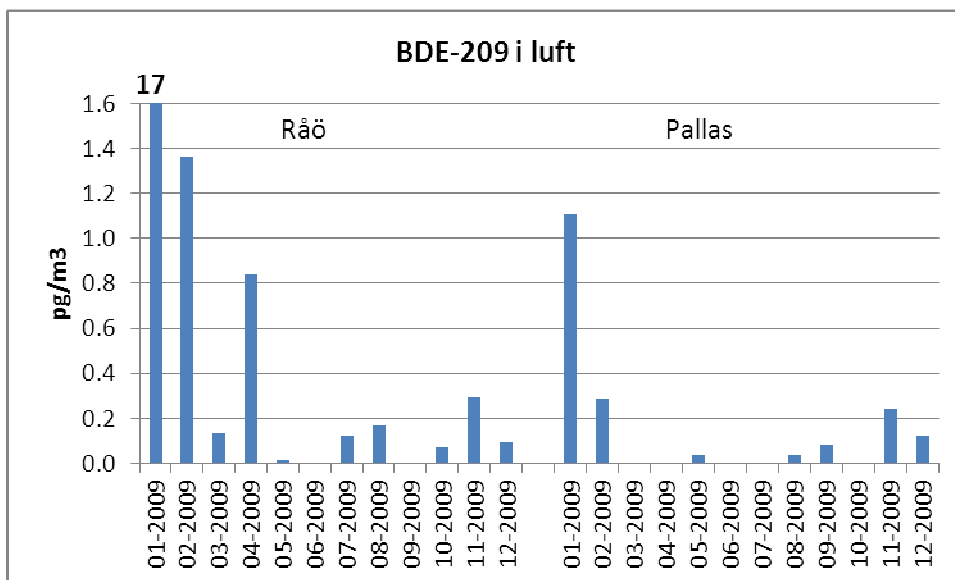
I Figur 34 visas halterna BDE (47, 99 och 100) i luften vid Råö, Pallas och Aspvreten. Mätningarna av bromerade flamskyddsmedel vid Aspvreten startade 2008. Sedan starten av mätningarna har de uppmätta BDE (47, 99 och 100)-halterna i luft indikerat en minskning vid både Pallas och Råö.

Under 2009 varierade halterna av BDE (47, 99 och 100) mellan 0.23 till 0.71 pg/m³ vid Råö, 0.12 till 0.63 pg/m³ vid Pallas och mellan 0.17 och 1.4 pg/m³ vid Aspvreten.



Figur 34 BDE (47, 99, 100)-koncentration i luft vid Råö, Pallas och Aspvreten.

BDE-209 (Deca-BDE) bestämdes i luftprover från Råö och Pallas (2009), resultaten visas i Figur 35. Halterna under 2009 varierade mellan <math><0.01</math> till

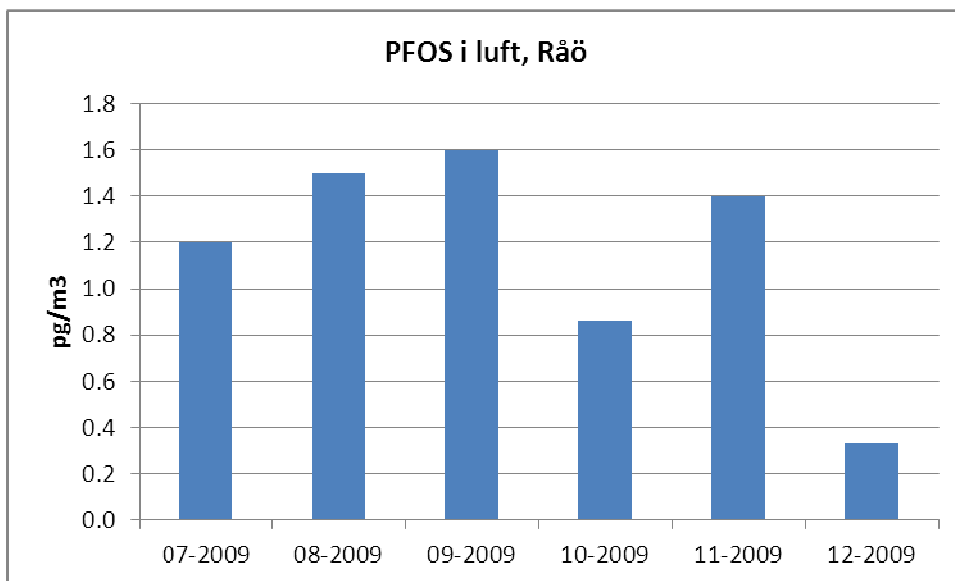


Figur 35 Deca-BDE i luft från Råö och Pallas, 2009. Observera att Råö-januari ligger på 17 pg/m^3 .

Hexabromcyklododekan (HBCD) bestämdes också i proverna från Råö och Pallas, men ämnet kunde endast påvisas i detekterbara halter i ett av proven från Råö (november, halt: 0.44 pg/m^3).

3.3.1.5 Perflourinerade ämnen (PFAS)

Halten perfloroktansulfat (PFOS) i luften visas i Figur 36. Halterna varierade mellan 0.33 och 1.6 pg/m^3 . Perfloroktansyra (PFOA) var under detektionsgränsen för analysen ($<5.6 \text{ pg}/\text{m}^3$).

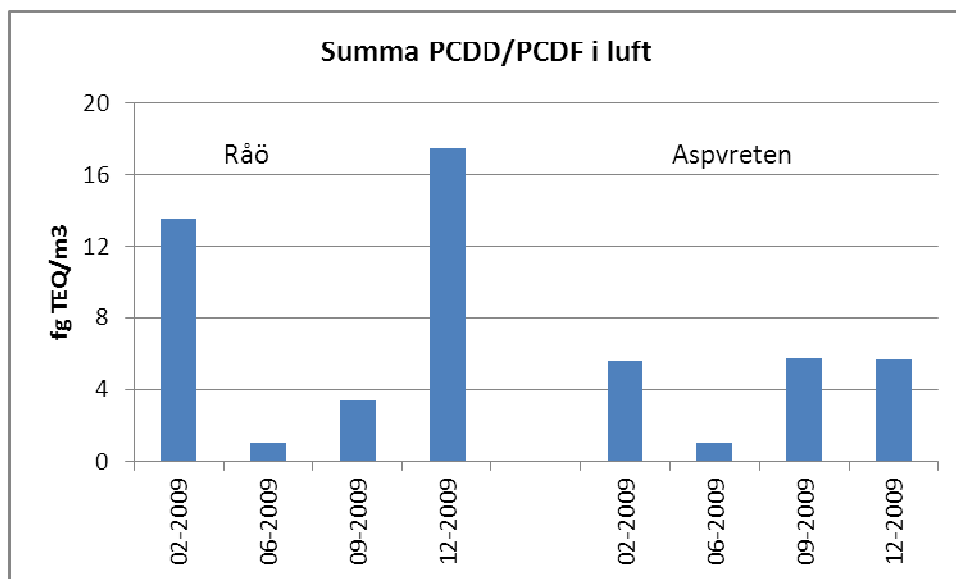


Figur 36 PFOS i luft vid Råö.

3.3.1.6 Dioxiner och furaner

Atmosfärisk koncentration av summa dioxiner och furaner (PCDD/PCDF) från mätningar vid Råö och Aspvreten genomförda under fyra tillfällen under 2009 presenteras i Figur 37. Resultaten är angivna i $\text{fg TEQ}/\text{m}^3$, 2378-TCDD-toxicitetskvivalenter enligt WHO-modellen-2005 (för mer information se Palm Cousins et al., 2006).

Halterna på västkusten under 2009 varierade mellan 1 till $18 \text{ fg}/\text{m}^3$, med de högsta koncentrationer under vintermånaderna (februari och december). Dessa resultat är i samma storleksordning som tidigare mätningar från Råö som genomfördes 2004 till 2005 (Palm Cousins et al., 2006). Vid Aspvreten uppmättes lägre koncentrationer jämfört med Råö. Halterna varierade mellan 1.1 och $5.8 \text{ fg}/\text{m}^3$.

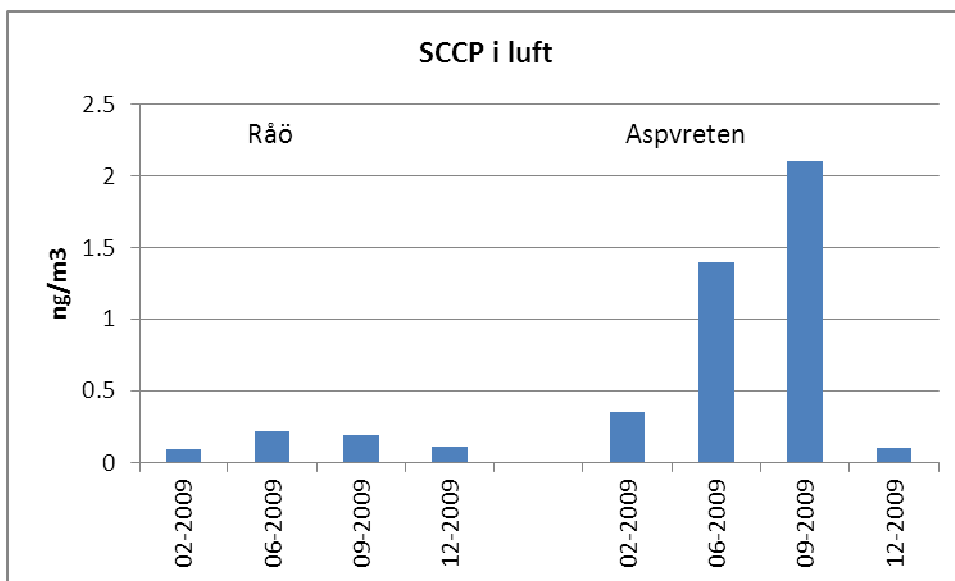


Figur 37 Summa dioxiner/furaner i luft vid Råö och Aspvreten, halterna är angivna i fg TEQ/m³ (2378-TCDD toxicitetskvivalenter enligt WHO-modellen, se Palm Cousins et al., 2006)

3.3.1.7 Klorparaffiner

Atmosfärisk koncentration av kortkedjiga klorparaffiner (SCCP) från mätningar genomförda på västkusten (Råö) och östkusten (Aspvreten) under 2009 visas i Figur 38. Fyra prover valdes ut för analys av SCCP, dessa skulle vara spridda jämnt över året och representera olika årstider (se även avsnitt 3.3.1.6).

Halterna vid Råö var relativt jämna med endast små variationer mellan mätningarna (0.09 till 0.22 ng/m³). Halterna vid Aspvreten varierade mellan 0.1 till 2.1 ng/m³. De högsta luftkoncentrationerna vid båda stationerna uppmättes under den varma årstiden, vilket inte går att förklaras utifrån fyra enstaka värden. Resultaten överensstämmer dock med tidigare mätningar (Fridén, 2010).



Figur 38 Kortkedjiga klorparaffiner i luft vid Råö och Aspvreten. Halterna är angivna i ng/m³.

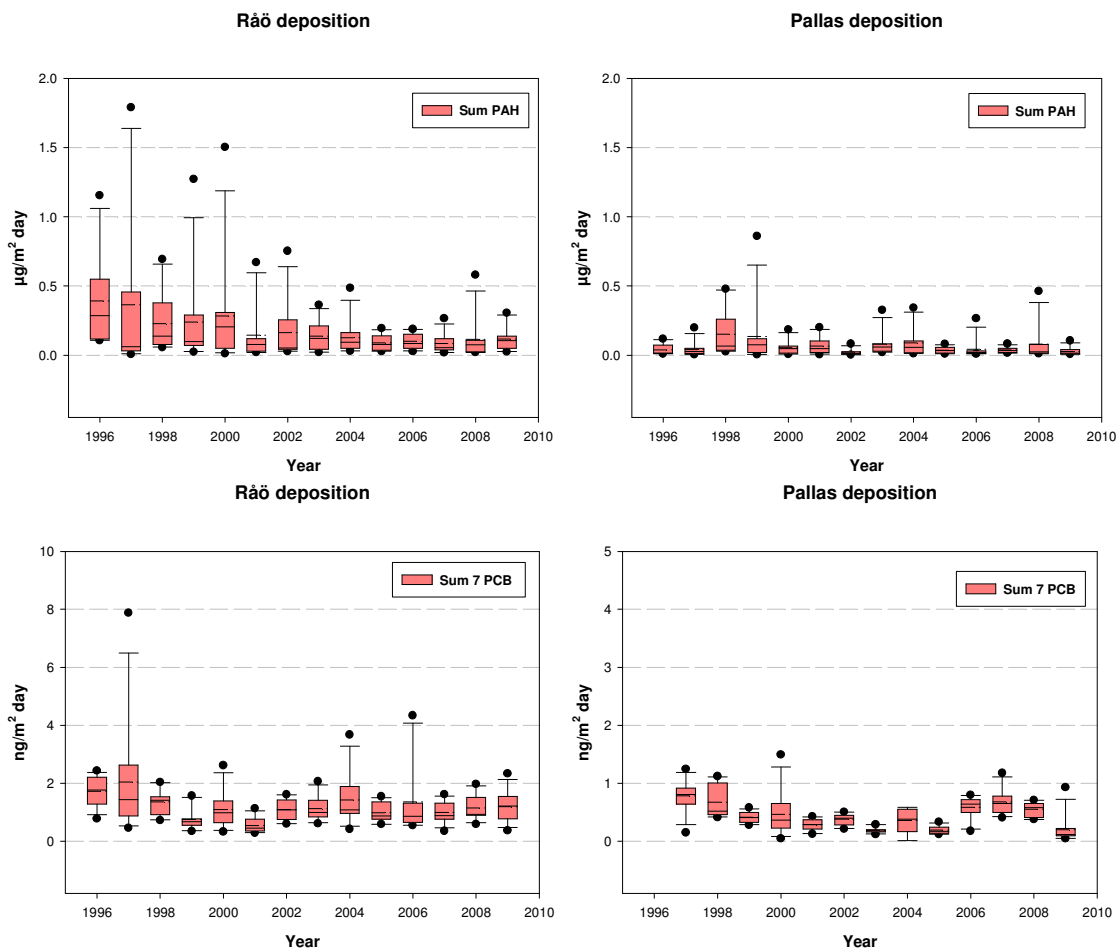
3.3.2 Organiska miljögifter - atmosfärisk deposition

Mätningarna av den atmosfäriska depositionen genomfördes parallellt med luftmätningarna vid samtliga stationer. Fram till 2008 genomfördes mätningarna vid Aspvreten och Pallas med en frekvens på 1 vecka per månad för att från 2009 övergå till kontinuerliga mätningar. Vid Råö övergick man från mätningar med en frekvens på en vecka/månad till kontinuerliga mätningar år 2001.

3.3.2.1 PAH och PCB

Depositionen vid Råö, för åren 2006 till 2009 varierade mellan 0.084-1.2 µg/m², dygn. Vid Pallas och Aspvreten har värden för motsvarande år varierat mellan 0.026-0.08 µg/m², dygn respektive 0.14-0.61 µg/m², dygn.

I Figur 39 visas den atmosfäriska depositionen av PAH (summa 12) och PCB (summa 7) vid Råö och Pallas för åren 1996-2009. Med undantag för de första mätåren vid Råö (1996-2000) har depositionen av PAH och PCB varit relativt likartad från år till år vid både Pallas och Råö.



Figur 39 Atmosfärisk deposition av PAH och PCB vid Råö och Pallas. Resultaten från Råö fram till 2000 och Pallas fram till 2008 baseras på mätningarna med en frekvens på 1 vecka/månad. Resterande resultat baseras på kontinuerliga mätningar.

Depositionen av PCB:er har under de senaste åren legat på relativt jämn nivå. Mellan 2006 och 2009 har värden vid Råö varierat mellan 0.99 och 1.4 ng/m^2 , dygn, och vid Pallas och Aspvreten mellan 0.2 till 0.68 respektive 0.19 till 0.84 ng/m^2 , dygn.

De högsta depositionsfluxerna av PCB under 2009 uppmättes vid Råö, vilket överensstämmer med tidigare mätningar. För PAH uppmättes medeldepositionen under året till 0.12 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, dygn (Råö), 0.22 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, dygn (Aspvreten), 0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, dygn (Vavihill) samt 0.026 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, dygn (Pallas). Ingen tydlig årstidsvariation av PAH och PCB i atmosfärisk deposition går att utskilja på någon av stationerna.

3.3.2.2 Hexaklorbensen (HCB)

Den atmosfäriska depositionsfluxen av HCB var under 2009 relativt jämn mellan stationerna. Högsta depositionsfluxen uppmättes vid Råö med en medelkoncentration på 0.084 ng/m^2 , dygn, medan Pallas låg på 0.063 och Aspvreten på 0.075 ng/m^2 , dygn.

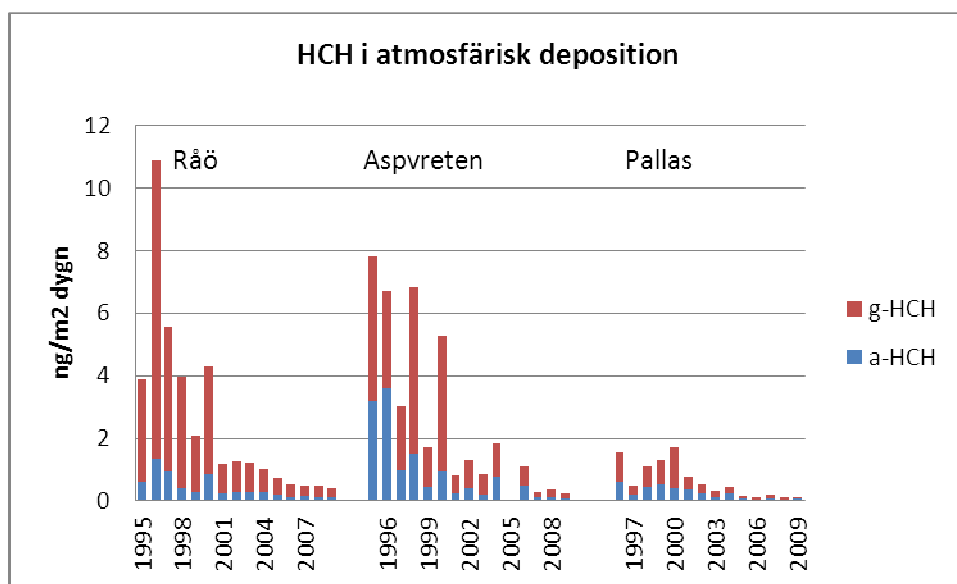
3.3.2.3 Pesticider

I föreliggande kapitel presenteras resultaten från mätningar av klorerade och stabila pesticider som omfattas av Stockholmskonventionen inom UNEP, CLRTAP samt några av EU:s Vattendirektivs (2000/60/EG) pesticider.

3.3.2.3.1 HCH, klordaner och DDT

I Figur 40 visas den atmosfäriska depositionen av α - och γ -HCH för åren 1995-2009. Depositionen av HCH:er har varit högre vid Råö och Aspvreten jämfört med Pallas. Vid Råö och Aspvreten har HCH-depositionen minskat från cirka 2001. Depositionen av HCH:er vid Råö har under åren 2006 till 2009 varierat mellan 0.43-0.52 ng/m², dygn. Vid Pallas och Aspvreten har depositionen för motsvarande år varierat mellan 0.11-0.20 respektive 0.24-1.1 ng/m², dygn.

Depositionen av klordaner och DDT under 2009 var högst vid Råö och Aspvreten och lägst vid Pallas.

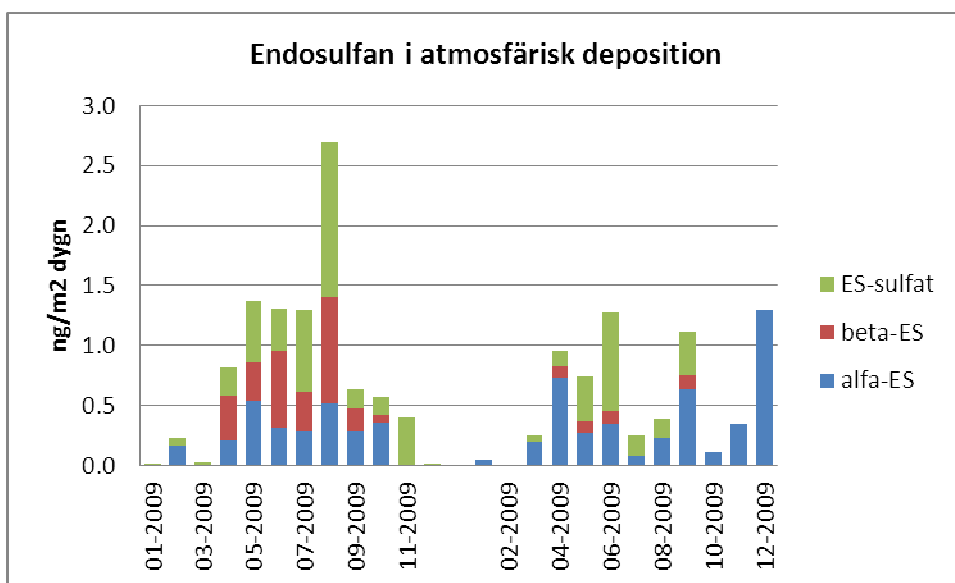


Figur 40 Atmosfärisk deposition av α - och γ -HCH vid Råö, Aspvreten och Pallas

3.3.2.3.2 Endosulfan

Under 2009 var depositionen av α -endosulfan lägre vid Råö (medel 0.36 ng/m², dygn; <0.03 – 0.54 ng/m², dygn) jämfört med Pallas (medel 0.45 ng/m², dygn; 0.05 – 1.3 ng/m², dygn). β -endosulfan varierade mellan <0.03 till 0.88 ng/m², dygn vid Råö och <0.04 till 0.11 ng/m², dygn vid Pallas (Figur 41). Depositionen av endosulfan-sulfat varierade mellan 0.02 till 1.3 vid Råö och <0.03 till 0.83 ng/m², dygn vid Pallas.

En viss årstidsvariation, med förhöjda halter under sommarhalvåret, gick att urskilja vid Råö. Säsongsvariationen var inte lika tydlig vid Pallas.



Figur 41 α -, β -endosulfan (ES) och endosulfan-sulfat i depositionsprover vid Råö och Pallas (2009).

3.3.2.3.3 Aldrin, heptaklor

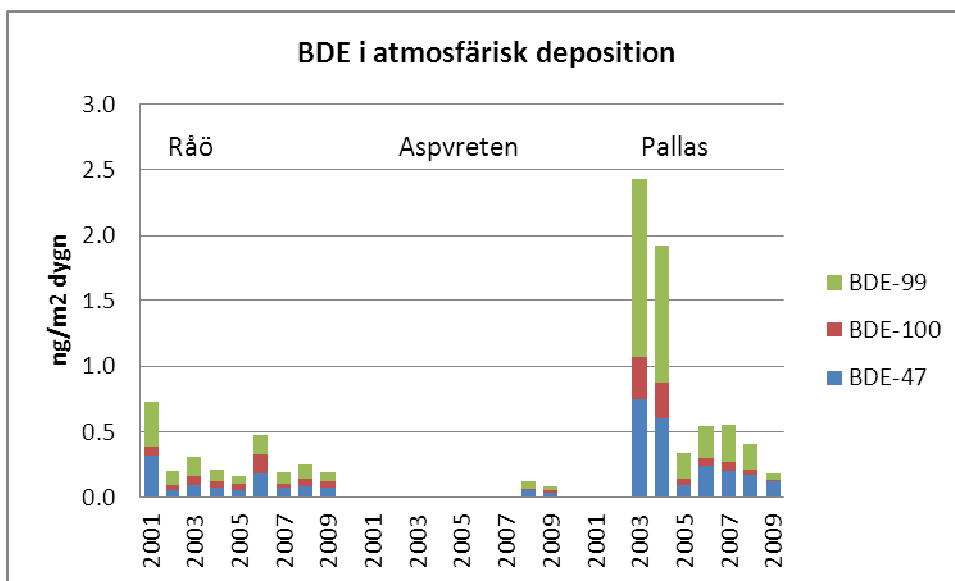
Aldrin och heptaklor har inte kunnat detekteras i några depositionsprover från Råö 2009 (<0.1 ng/m², dygn).

3.3.2.3.4 Atrazin, diuron och isoproturon

Atrazin, diuron och isoproturon har inte kunnat detekteras i några av proverna från Råö (<0.5 till <4 ng/m², dygn).

3.3.2.4 Bromerade flamskyddsmedel

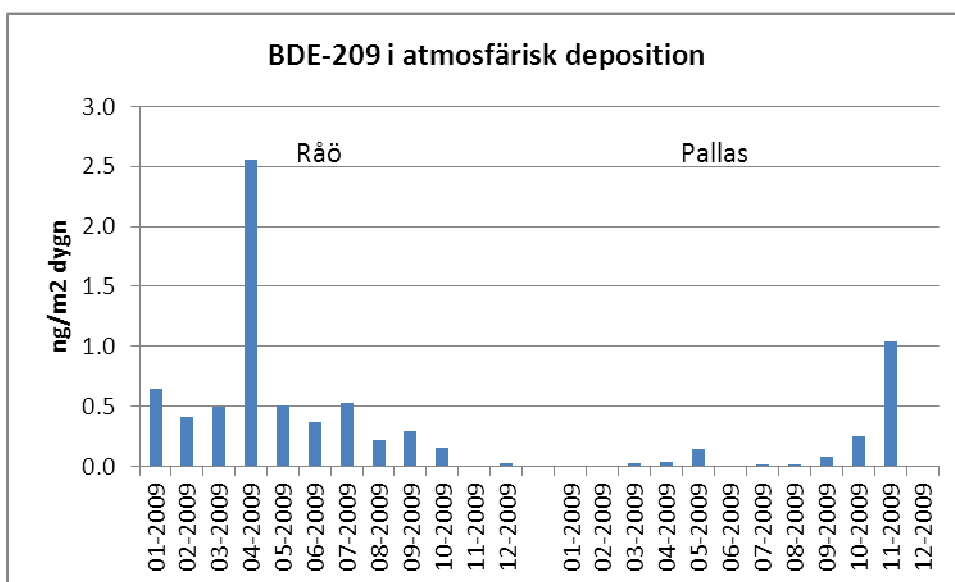
De allra högsta BDE (47, 99, 100)-fluxerna uppmättes vid Pallas under de två första mätåren (2003-2004). Från 2006 har depositionen av BDE vid Pallas minskat, för att 2009 ligga på ungefär samma nivåer som vid Råö (0.17 respektive 0.20 ng/m², dygn), se Figur 42. BDE-fluxerna vid Aspvreten minskade från 0.12 år 2008 till 0.092 ng/m², dygn 2009. 2009 års mätningar visade ingen tydlig årstidsvariation av PBDE i depositionen.



Figur 42 Atmosfärisk deposition av BDE (47, 99 och 100)

Deposition av deca-BDE (BDE-209) mättes vid Råö och Pallas 2009. Depositionen vid Råö varierade under året mellan <0.01 till 2.6 ng/m², dygn och mellan <0.01 till 1 ng/m², dygn vid Pallas (Figur 43).

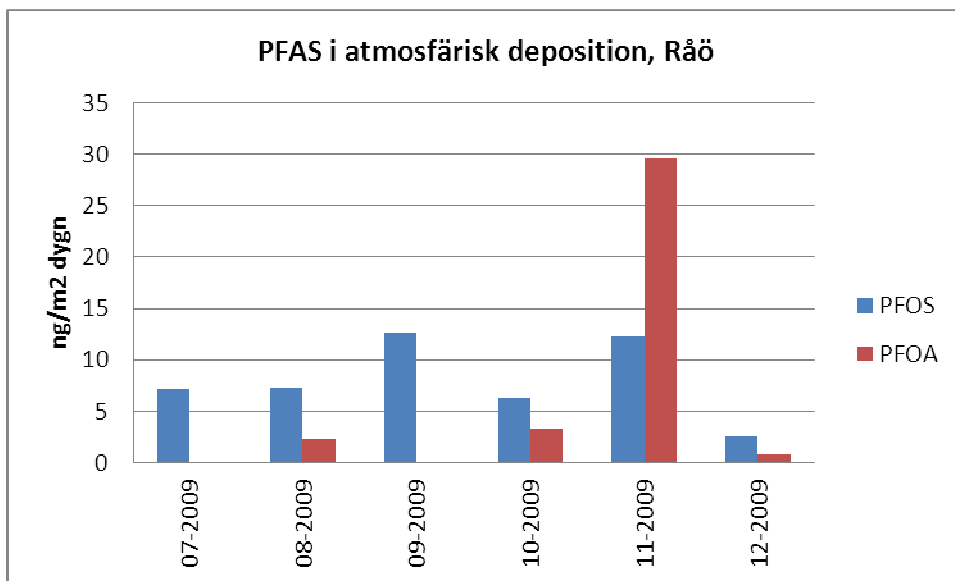
HBCD påvisades endast i tre depositionsprover från Råö (0.17-1.1 ng/m², dygn) och ett från Pallas (0.59 ng/m², dygn).



Figur 43 Deca-BDE i atmosfärisk deposition vid Råö och Pallas 2009.

3.3.2.5 Perflourinerade ämnen (PFAS)

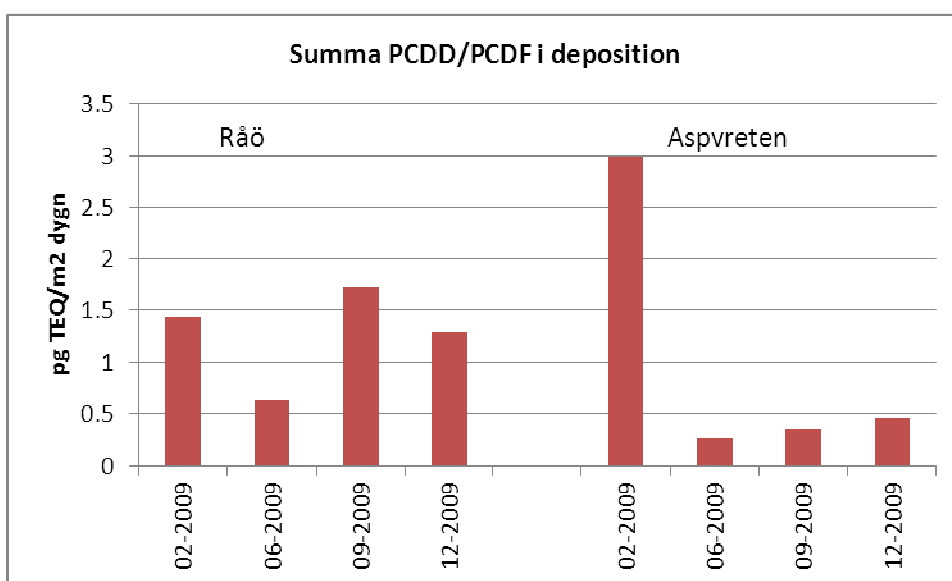
PFOS i atmosfärisk deposition vid Råö varierade mellan 2.5 till 13 ng/m², dygn under det andra halvåret av 2009, medan PFOA varierade mellan <3 till 30 ng/m², dygn, se Figur 44.



Figur 44 PFAS i atmosfärisk deposition vid Råö. Mätningarna startade i juli.

3.3.2.6 Dioxiner och furaner

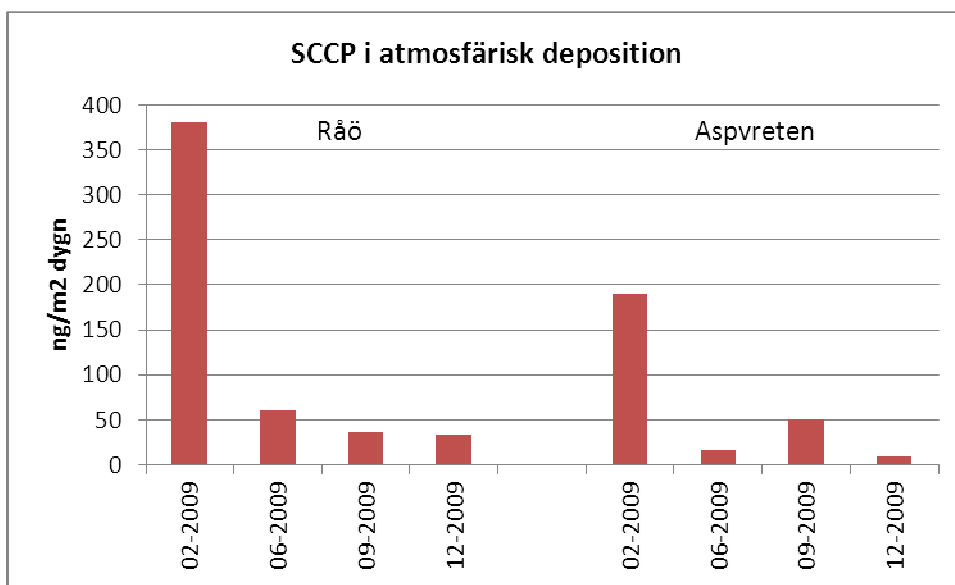
Dioxiner och furaner (summa PCDD/F) bestämdes i fyra depositionsprover från Råö och Aspvreten jämnt spridda över året. Resultaten är angivna i pg TEQ/m², dygn, som 2378-TCDD-toxicitetsekvivalenter enligt WHO-modellen-2005 (för mer information se Palm Cousins et al., 2006). Resultaten från mätningarna presenteras i Figur 45. Vid Råö varierade depositionen av summa PCDD/F mellan 0.64 till 1.7 pg TEQ/m², dygn. Dessa var i nivå med tidigare mätningar genomförda vid Råö (2004-2005), (Palm Cousins et al., 2006). Vid Aspvreten varierade depositionen mellan 0.26 till 3 pg TEQ/m², dygn, med det högsta värdet under februari.



Figur 45 Summa dioxiner och furaner angivna i pg TEQ/m², dygn i atmosfärisk deposition vid Råö och Aspvreten 2009.

3.3.2.7 Klorparaffiner

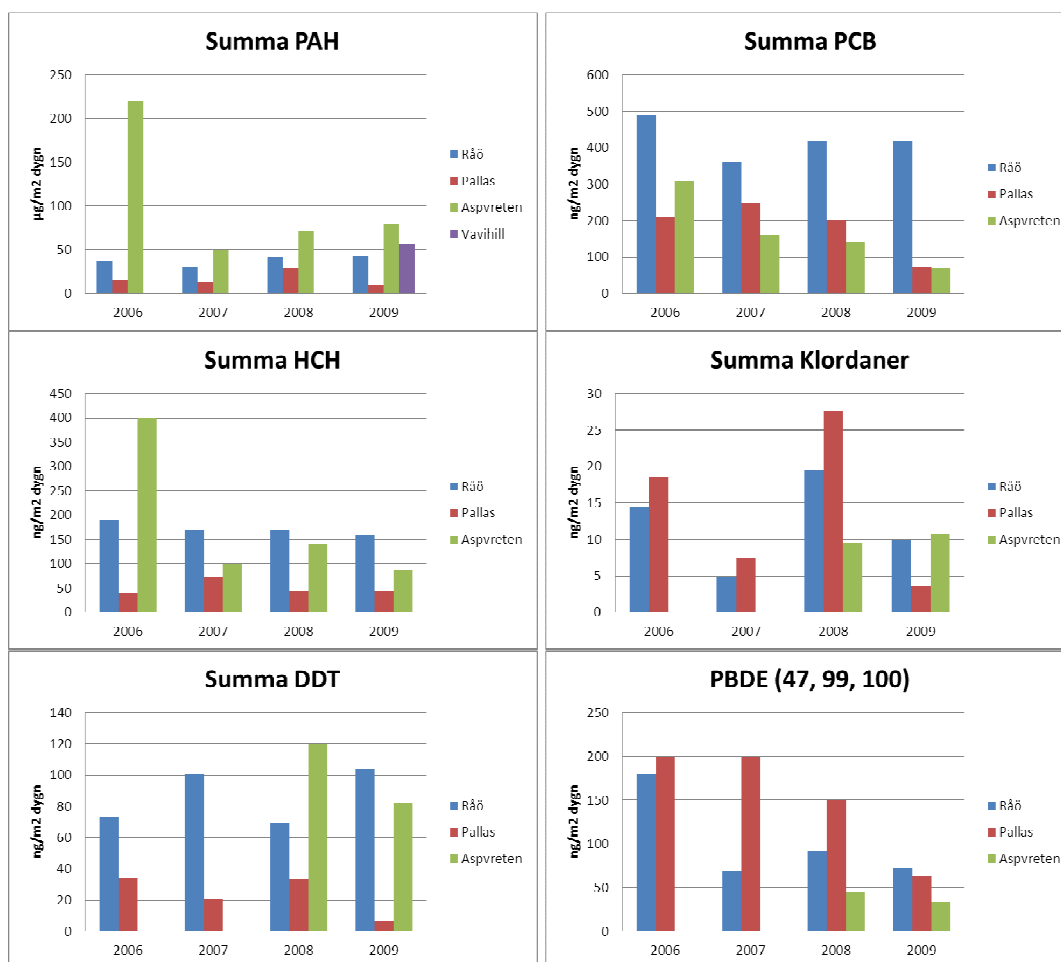
Kortkedjiga klorparaffiner (SCCP) bestämdes i fyra depositionsprover från Råö och Aspvreten, Figur 46. Proverna var spridda jämt över året för att representera olika årstider. Depositionen av SCCP varierade mellan 33 till 380 ng/m², dygn vid Råö och mellan 8.7 till 190 ng/m², dygn vid Aspvreten. Högsta värden vid båda stationerna uppmättes i februari.



Figur 46 Kortkedjiga klorparaffiner, SCCP, i atmosfärisk deposition vid Råö och Aspvreten 2009. Resultaten angivna i ng/m², dygn.

3.3.2.8 Uppskattad årlig deposition

I Figur 47 visas uppskattad årlig deposition av summa PAH, PCB, HCH, klordaner, DDT samt BDE (47, 99, 100) för åren 2006 till 2009. Beräkningarna för åren 2006-2008 är baserade på mätningarna genomförda med en frekvens på 1 vecka per månad (Aspvreten och Pallas). För 2009 samt samtliga Råö-värden i figurerna nedan är beräkningarna baserade på kontinuerliga mätningar.



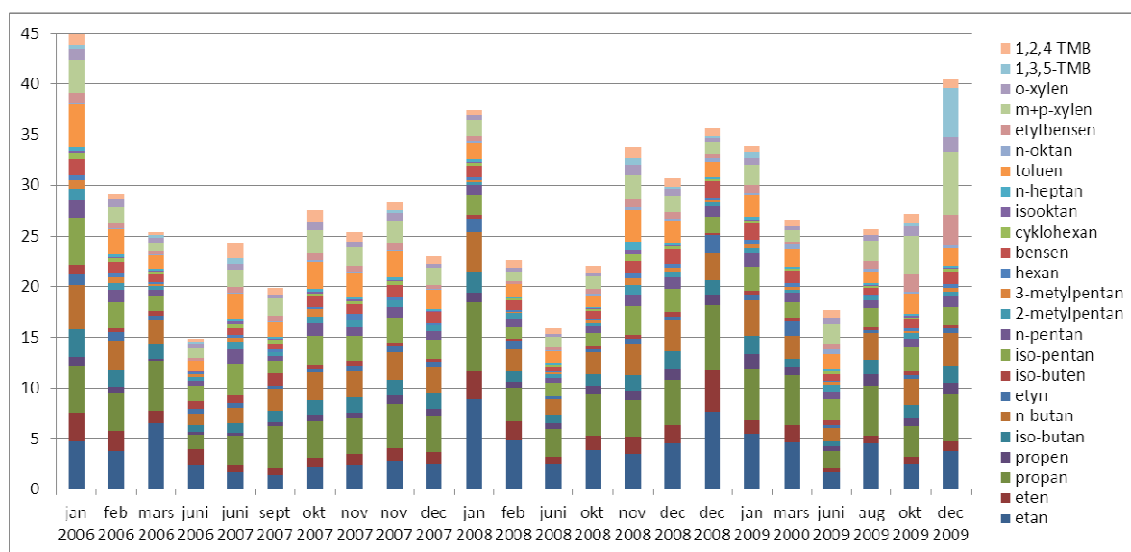
Figur 47 Uppskattad årlig deposition av summa PAH, PCB, HCH, klordaner, DDT samt BDE(47, 99, 100) för åren 2006 till 2009

3.3.3 Volatila organiska ämnen (VOC)

Från 2004-2007 utfördes de timbaserade VOC-mätningarna huvudsakligen under vinterhalvåret, vilket från 2008 ändrades till sex mätveckor jämt spridda över året. Redan 2006 flyttades dock en av mätperioderna till juni månad med tanke på att det är under sommarsäsongen som de högsta ozonhalterna vanligtvis uppmäts.

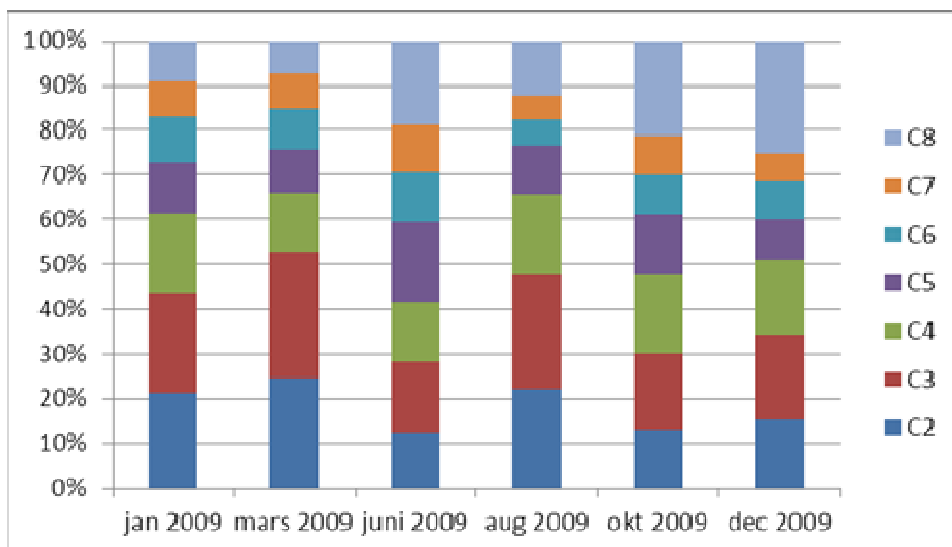
De summerade medelhalterna av uppmätta VOC för mätperioden respektive månad finns redovisade i Figur 48. För de flesta månaderna baserar sig medelhalterna på timmedelvärden uppmätta under en vecka av månaden.

VOC-halterna är för de flesta uppmätta VOC högst under november till mars, d.v.s. under den kallaste tiden av året, medan de lägsta halterna återfinns under juni till oktober. Orsakerna till denna fördelning under året kan sannolikt vara att utsläppen från olika typer av förbränning ofta är större under den kallare tiden av året, men även att blandningsskiktet i den lägre delen av atmosfären är lägre under vintermånaderna.



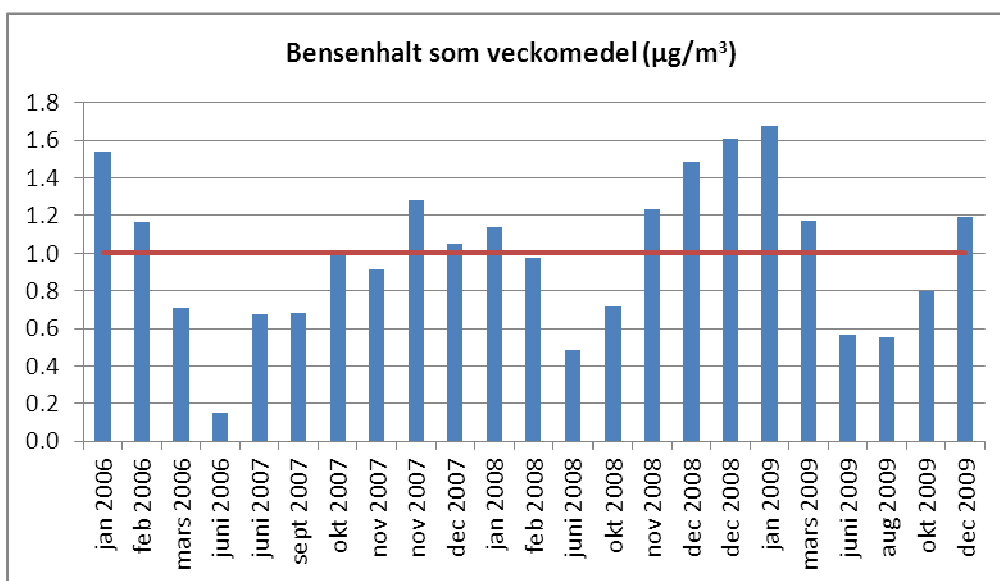
Figur 48 Uppmätta timmedelvärden av VOC aggregerade som månadsvisa periodmedelvärden. Halterna är angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under november 2007 och december 2008 utfördes två veckolånga mätperioder som därmed visas med samma namn i tabellen.

Fördelningen av uppmätta VOC som veckomedel över rapporteringsgräns, det vill säga den lägsta haltnivå som kan bestämmas kvantitativt med tillfredsställande säkerhet, baserat på antal kolatomer visas i Figur 49. Ingen årstidsspecifik variation av fördelningen kan utläsas ur figuren, de mest volatila ämnena står för den största andelen under alla årstider. Andelen uppmätta VOC med 2-3 kolatomer är cirka 30-50 % och andelen C_4 -kolväten 15-20 % medan C_5 -, C_6 - och C_7 -kolvätena står för cirka 10 % vardera av summan av de kolväten som uppmäts över rapporteringsgräns.



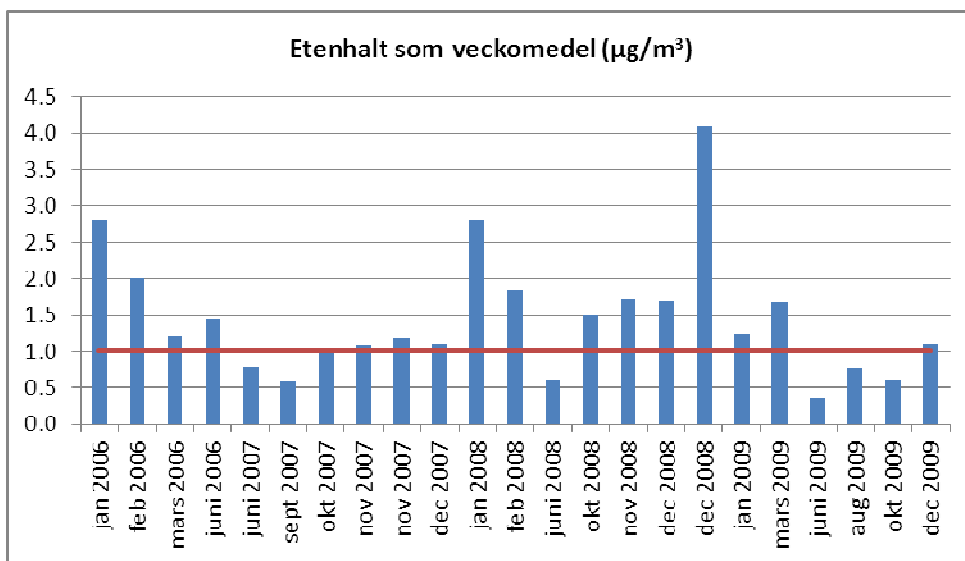
Figur 49 Fördelning av uppmätta VOC baserat på antal kolatomer för mätperioderna 2009.

MKN för bensen är $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett aritmetiskt årsmedelvärde som inte skall överskridas från år 2010. Med ledning av veckomedel av uppmätta bensenhalter, Figur 50, bedöms att MKN sannolikt inte överskrids på mätplatsen, åtminstone inte i taktivå där VOC-mätningarna utförts.



Figur 50 Uppmätta timmedelvärden av bensen aggregerade som periodmedelvärden månadsvis. Den röda linjen visar det nationella miljömålet för bensen på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett årsmedelvärde. Halterna är angivna i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

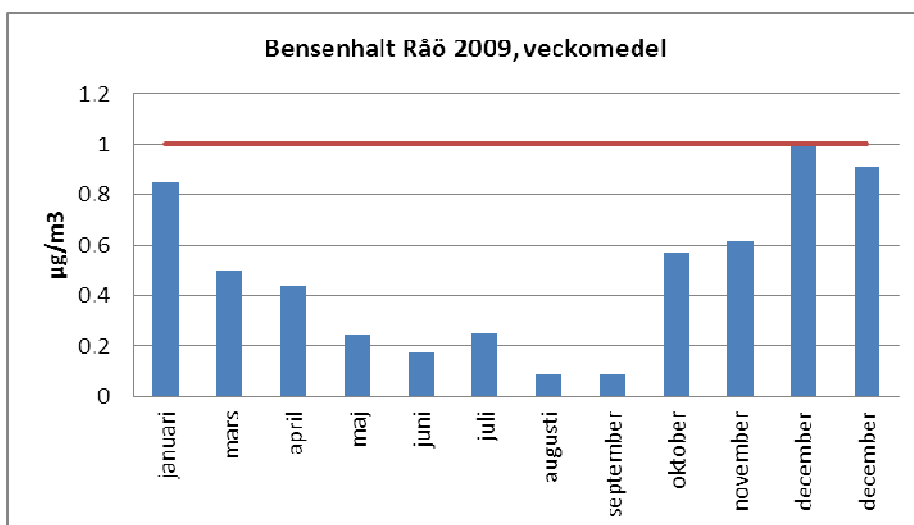
För eten och bensen finns nationella miljömål som för båda är $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett årsmedelvärde, se Bilaga 2. Periodmedelhalter av bensen och eten visas i Figur 50 och Figur 51. För bensen överskrider 11 av 23 periodmedelvärden $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medan det för eten är 16 av 23 periodmedelvärden som överskrider $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 51 Uppmätta timmedelvärden av eten aggregerade som periodmedelvärden månadsvis. Den röda linjen visar det nationella miljömålet för eten på 1 µg/m³ som ett årsmedelvärde. Halterna är angivna i µg/m³.

Medelvärdet av de drygt 1000 uppmätta timmedelhalterna från 2009 var för eten 0.95 µg/m³, bensen 0.99 µg/m³ och propen 0.96 µg/m³, vilket indikerar att det finns risk att miljömålen överskrids.

I Figur 52 visas bensenhalter vid bakgrundsstationen Råö uppmätta med diffusiv veckoprovtagning, en vecka per månad under 2009. Då mätdata saknades för februari adderades en extra mätvecka i december. Precis som för mätplatsen i centrala Göteborg finns en tydlig säsongsvariation med högre bensenhalter på vintersäsongen än under sommaren. Uppmätta bensenhalter var samtliga mätveckor, förutom den ena mätveckan i december, lägre än 1 µg/m³, vilket indikerar att det nationella miljömålet inte överskreds vid Råö 2009.



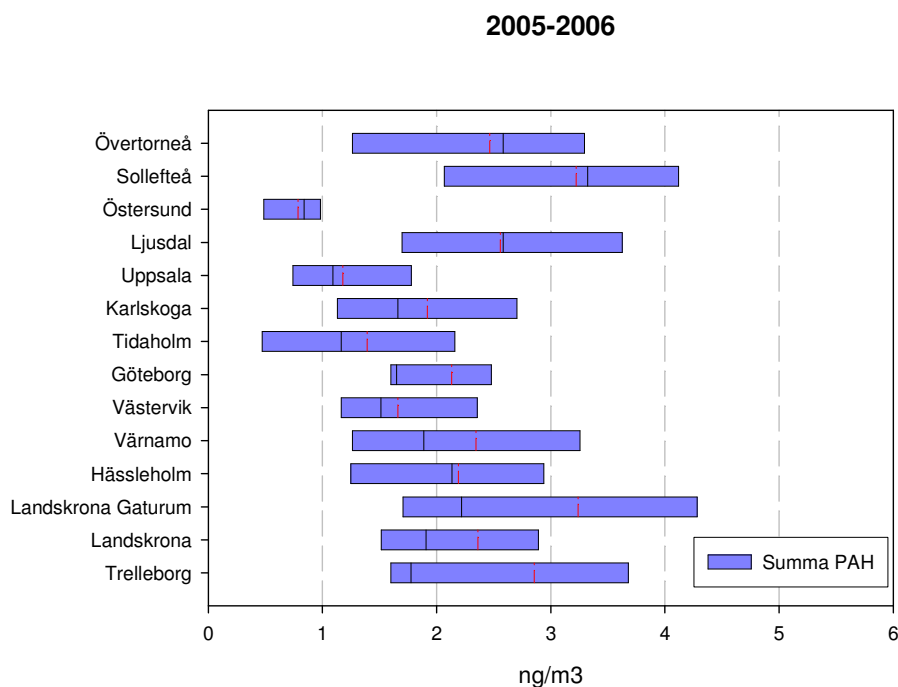
Figur 52 Uppmätta veckomedelhalter av bensen. Den röda linjen visar det nationella miljömålet för bensen på 1 µg/m³ som ett årsmedelvärde. Halterna är angivna i µg/m³.

3.3.4 PAH i tätortsluft

Under perioden 2004-2009 har PAH mätts på 10-14 orter regionalt spridda i Sverige. Orterna har valts ut för att ge en så god geografisk spridning som möjligt över landet. För mätsäsongerna 05/06, 06/07 och 07/08 (Figur 53 till Figur 55) redovisas PAH-halter under den kalla årstiden (oktober-april), men för mätsäsongen 2008-2009 (Figur 56) är Trelleborg, Landskrona gaturum, Göteborg och Jönköping baserade på 6 månadsmedelvärden spridda över hela året.

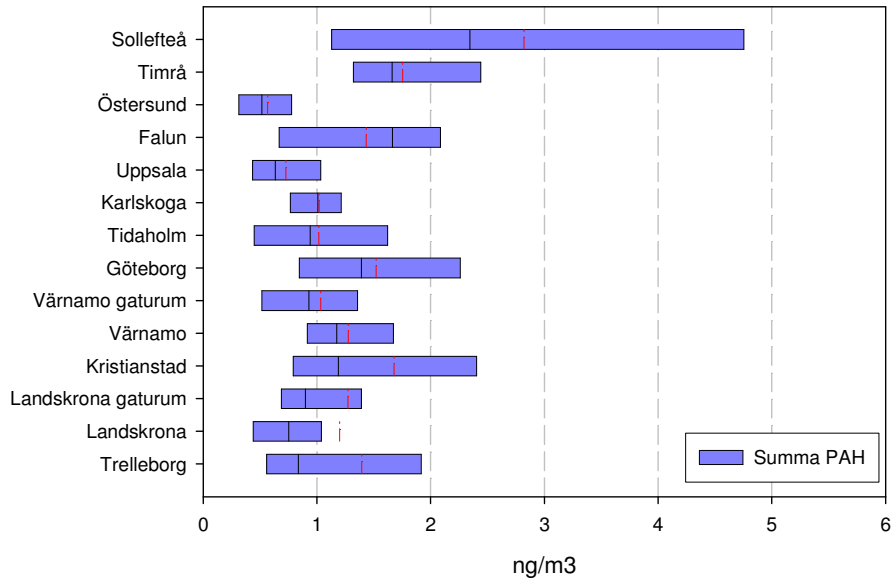
I Figur 53 till Figur 56 visas den geografiska spridningen för summa identifierad PAH. För att visa geografisk spridning har de olika orterna arrangerats från söder till norr. Mätdata visas som månadsmedelvärden från 6 mätperioder. För mer information om vilka ämnen som ingår i summa PAH, se Bilaga 1.

Halterna av summa-PAH låg i samma nivå, (mellan ca 0.5 och 4 ng/m³) för de olika orterna, och någon tydlig syd till nordlig gradient erhöles inte. Generellt uppmättes högre halter vinterhalvåret 2005-2006 jämfört med vinterhalvåren 06/07, 07/08 och 08/09. De högsta halterna av summa-PAH erhöles i Sollefteå 2005-2007, medan de lägsta halterna för samma period återfanns i Östersund.



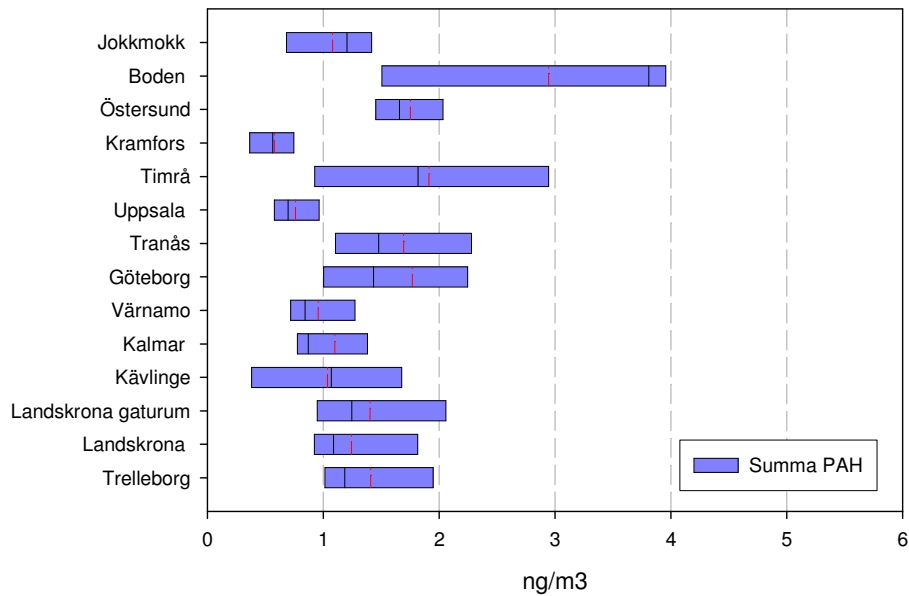
Figur 53 Halter summa-PAH under vinterhalvåret 2005-2006.

2006-2007



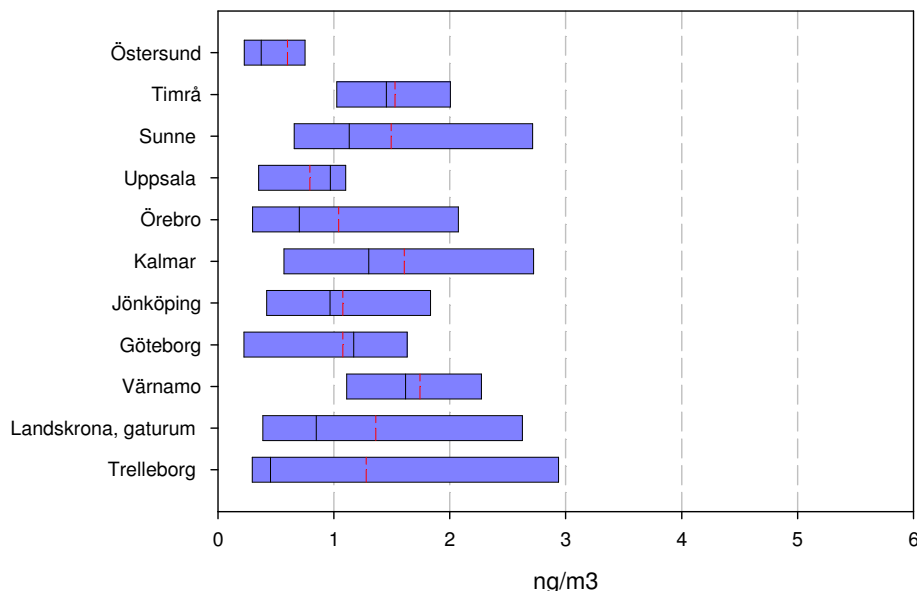
Figur 54 Halter summa-PAH under vinterhalvåret 2006-2007.

2007-2008



Figur 55 Halter summa-PAH under vinterhalvåret 2007-2008.

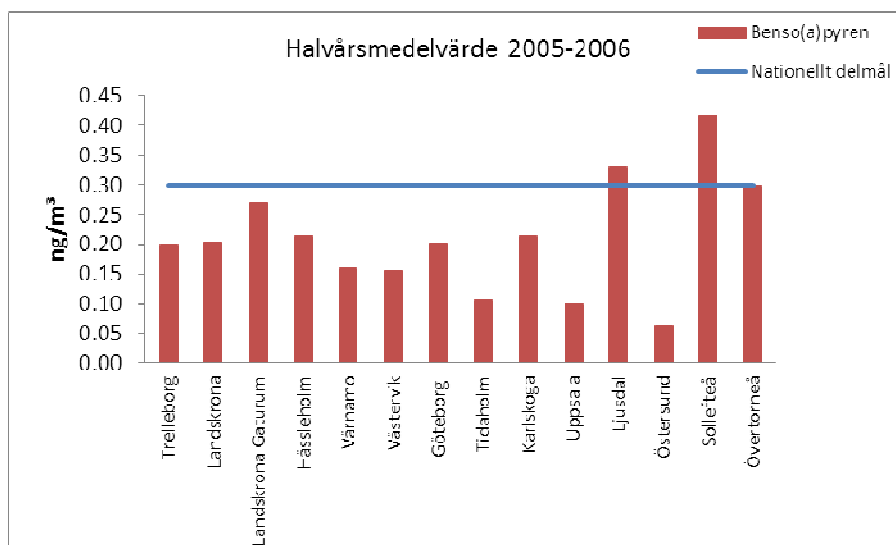
2008-2009



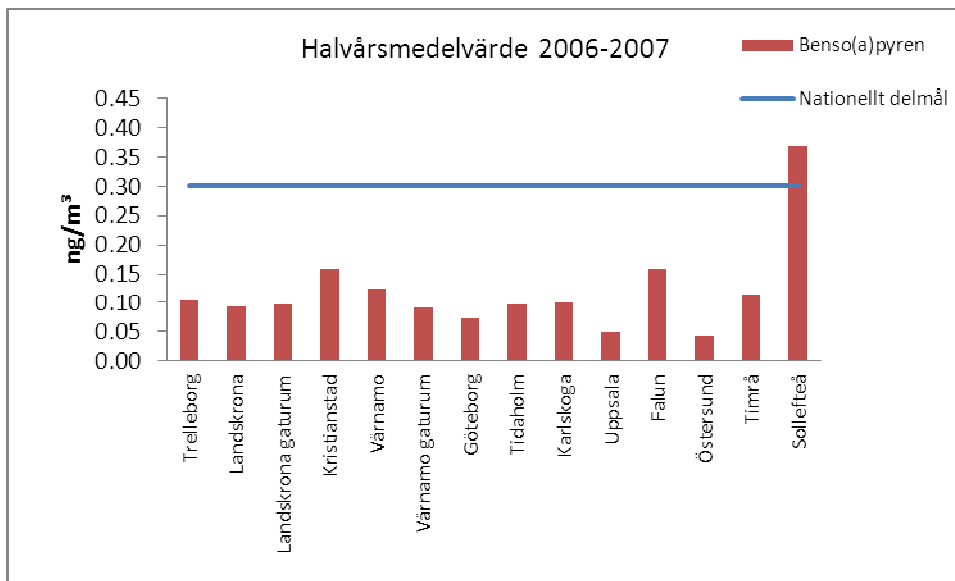
Figur 56 Halter summa-PAH under halvårsvisa mätningar mätsäsongen 2008-2009

Under mätsäsongerna 2005-2009 (Figur 57 till Figur 60) erhöles det högsta halvårsmedelvärdet för benso(a)pyren i Jokkmokk (0.43 ng/m^3) 2007-2008. Det nationella delmålet för benso(a)pyren (0.3 ng/m^3) gäller för helårsmedelvärde, därmed överskrids delmålet troligen inte.

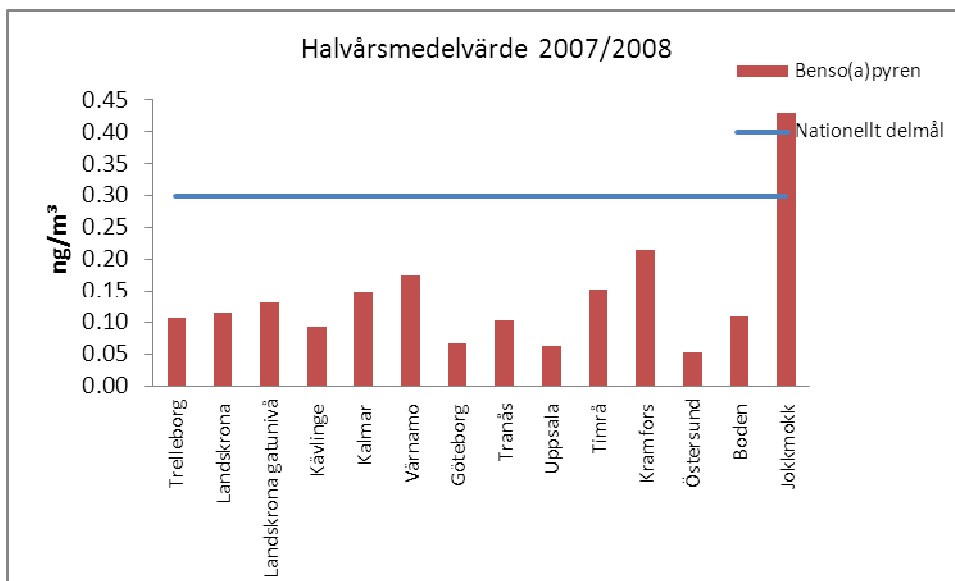
MKN för benso(a)pyren (1 ng/m^3) överskreds inte i några av orterna under mätperioderna 05/06, 06/07, 07/08 och 08/09. B(a)P halten varierade mellan ca 0.05 och 0.4 ng/m^3 under dessa mätsäsonger. Det förekom ingen tydlig syd till nordlig gradient för benso(a)pyren, däremot erhöles något högre halter av benso(a)pyren under vintersäsongen 2005-2006.



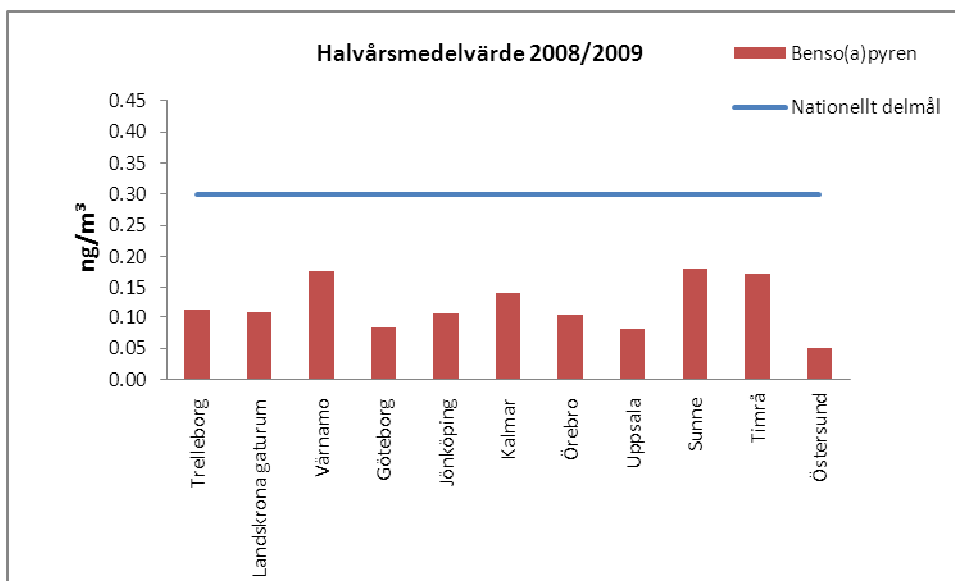
Figur 57 Vinterhalvårsmedelvärden mätperioden 2005-2006 för benso(a)pyren



Figur 58 Vinterhalvårsmedelvärden mätperioden 2006-2007 för benso(a)pyren



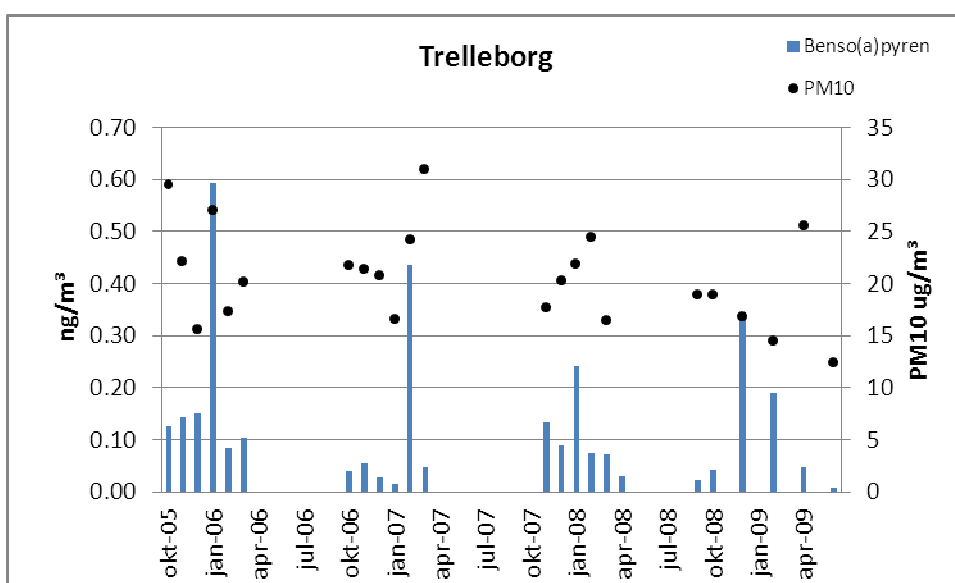
Figur 59 Vinterhalvårsmedelvärden mätperioden 2007-2008 för benso(a)pyren



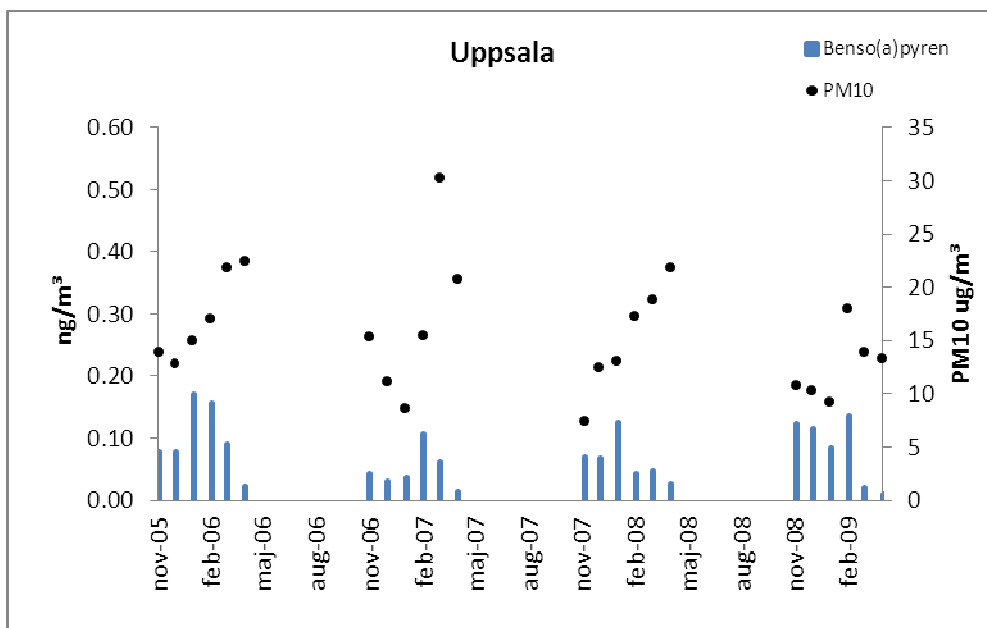
Figur 60 Halvårsmedelvärden mätperioden 2008-2009 för benso(a)pyren

För att illustrera årstidsvariationen har orterna Trelleborg och Uppsala valts ut, vilka har medverkat i Urbanmätnätets samtliga mätsäsonger. De högsta halterna av benso(a)pyren uppmättes som förväntat under de kalla månaderna december till februari. Mätningarna påvisar ingen markant skillnad från år till år för benso(a)pyren i vare sig Trelleborg eller Uppsala utan visar en förväntad årstidsvariation kopplat till väderförhållanden. De högsta halterna återfinns i Trelleborg under januari och februari månad, se Figur 61 till Figur 62.

De högsta PM₁₀-halterna återfinns oftast under mars och april månad, framför allt beroende på resuspension av partiklar då markytan torkar upp, vilket inte resulterar i några förhöjda PAH-halter. Detta överensstämmer med tidigare undersökningar (Johansson et al., 2004).

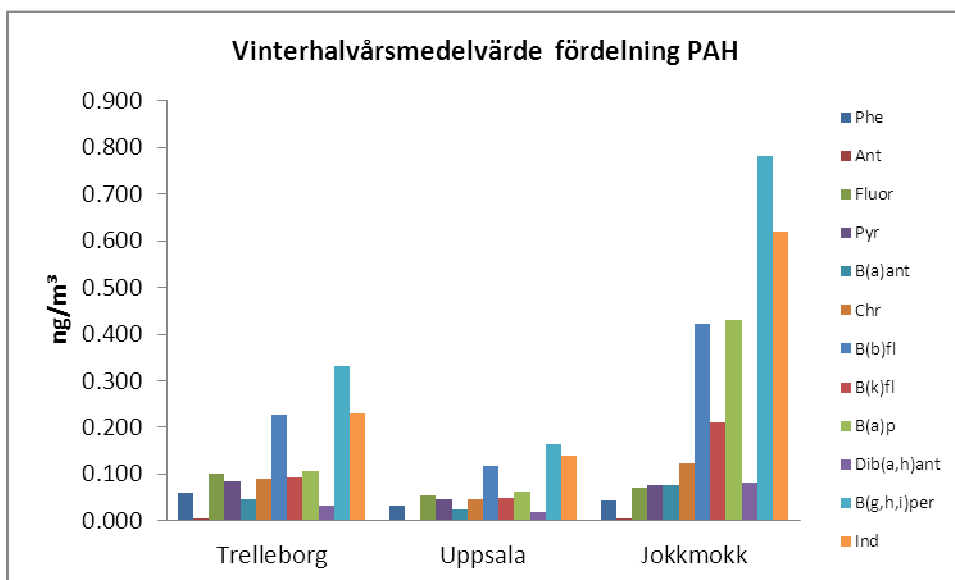


Figur 61 Årstidsvariation för Trelleborg 2005-2009 med månadsmedelvärden för benso(a)pyren och PM₁₀.



Figur 62 Årstidsvariation för Uppsala 2005-2009 med månadsmedelvärden för benso(a)pyren och PM₁₀.

Som exempel på fördelningen av enskilda PAH-komponenter visas i Figur 63 resultaten från stationerna Trelleborg, Uppsala och Jokkmokk (2007-2008). De tyngre, partikelbundna PAH-komponenterna dominerar vid alla tre stationerna.



Figur 63 Fördelning mellan enskilda PAH, halvårsmedelvärden 2007-2008.

3.3.5 Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd

Pesticider påvisas regelbundet i regnvatten i halter på ng/l-nivå, med högsta uppmätta halt på 2,4 µg/l för en enskild substans (Se Tabell 1:10 i Bilaga 1). Totalt har 66 olika substanser detekterats under de åtta år som mätningarna pågått, varav 31 herbicider, 15 fungicider, och 14 insekticider, samt 6 nedbrytningsprodukter/biprodukter.

En betydande andel av de fynd som görs i södra Sverige utgörs av pesticider som inte längre är tillåtna att användas i Sverige (Figur 64). Totalt har 21 förbjudna substanser detekterats, varav lindan (γ-HCH) och endosulfan är de vanligaste förekommande pesticiderna. Halterna av vissa förbjudna substanser, t.ex. atrazin, uppvisar en tydligt avtagande trend till följd av att de förbjöds inom EU (Figur 66). Atrazin förbjöds 2004, vilket normalt innebär att användningen av substansen utfasas under en period om ca två år, vilket resultaten också tyder på. Inga fynd av atrazin har gjorts i nederbörden under 2008-2009 och inte heller i luft under 2009. Atrazin förbjöds i Sverige 1989.

Sammanlagd deposition under provtagningsperioden uppgår till mellan 30 och 225 µg/m² och säsong (d.v.s. 300-2.250 mg/ha). Under mätperioden har uppmätts störst deposition för herbiciden prosulfokarb, samt vissa andra i Sverige godkända substanser, och en generellt sett lägre deposition för substanser som transporterats hit från våra grannländer (Figur 65). Av de substanser som inte längre är registrerade för användning i Sverige är det herbiciden terbutylazin och dess nedbrytningsprodukt DETA som svarar för den största depositionen. Substansen har varit registrerad för användning i Danmark, men förbjöds där nyligen och försäljningen har nu upphört från och med 2009.

Depositionen av pesticider uppvisar som förväntat tydliga säsongvariationer, med störst deposition under försommar och höst, de tidpunkter under året då den största användningen av växtskyddsmedel sker (Figur 67). Resultat från provtagning under vintern 2008/2009 visar dock att vissa av pesticiderna återfinns, i låga halter, under hela vintern. Det gäller främst de fyra herbiciderna diflufenikan, pendimetalin, propyzamid och prosulfokarb som detekterades i flertalet prov under vintersäsongen, jämte de mera vanligt undersökta insekticiderna endosulfan, klorpyrifos och lindan.

Deposition för enskilda substanser uppvisar vissa årsvariationer, men överlag är depositionen mellan olika substanser och år förhållandevis jämnt fördelat mellan vissa som återfinns i de lägre intervallen (<0,1 µg/m² och säsong) och andra som återfinns i de högre intervallen (>10 µg/m² och säsong) (Figur 68).

Av de sju nya substanser som efter överenskommelse med Naturvårdsverket inkluderades i programmet under 2008 är det endast fungiciden epoxikonazol som har påträffats regelbundet och uppvisar en förhållande vis hög deposition under de senaste två säsongerna (Figur 65). Substansen är inte registrerad för användning i Sverige.

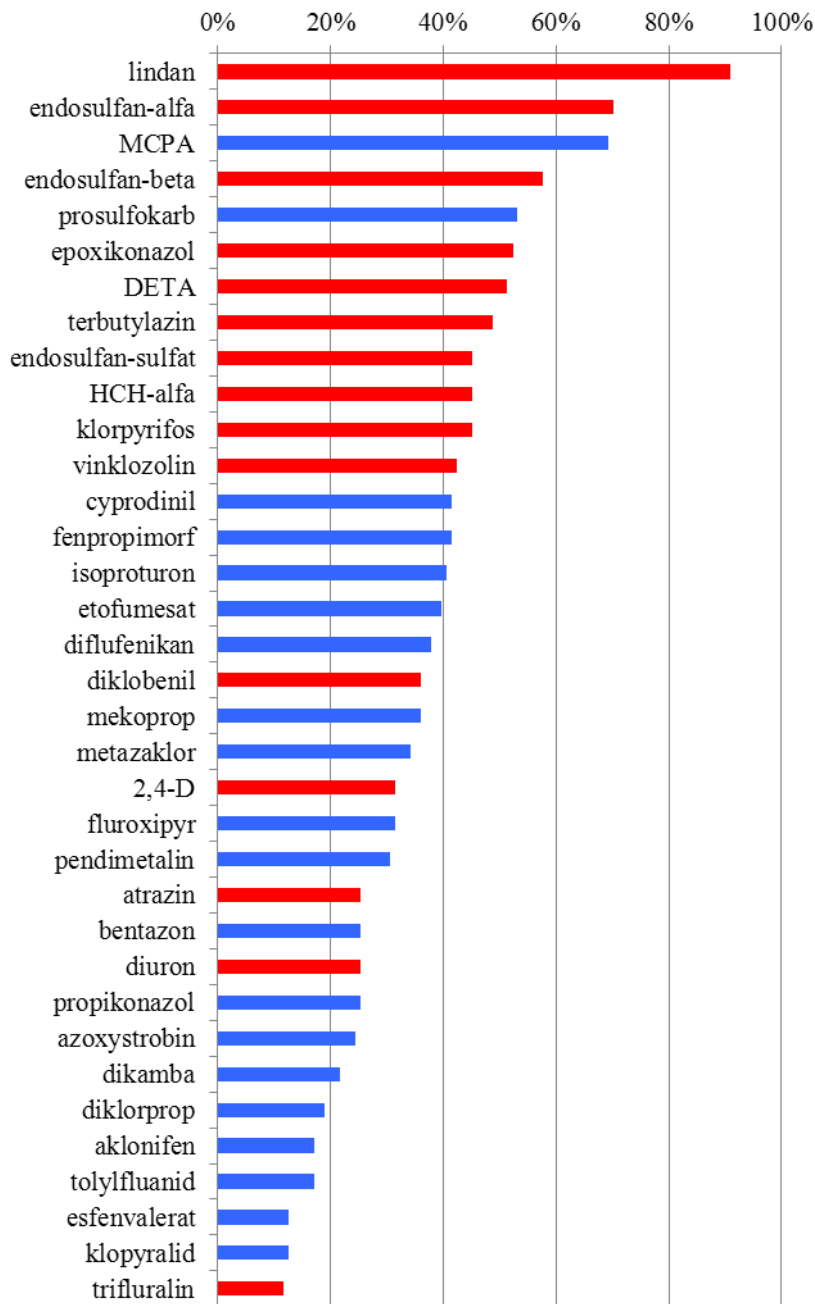
Halterna för sex substanser som detekterats i regnvattenprover under perioden 2002-2009 har vid ett eller flera tillfällen överskridit de riktvärden som KemI/EU tagit fram för ytvatten, se Tabell 2. Fem substanser har även påvisas i halter som tangerar eller överskrider EU:s dricksvattengränsvärde för pesticider på 0,1 µg/l. Dessa är i fallande

ordning: prosulfokarb (vid 28 tillfällen), pendimetalin (11), MCPA (7), isoproturon (3) och metazaklor (1).

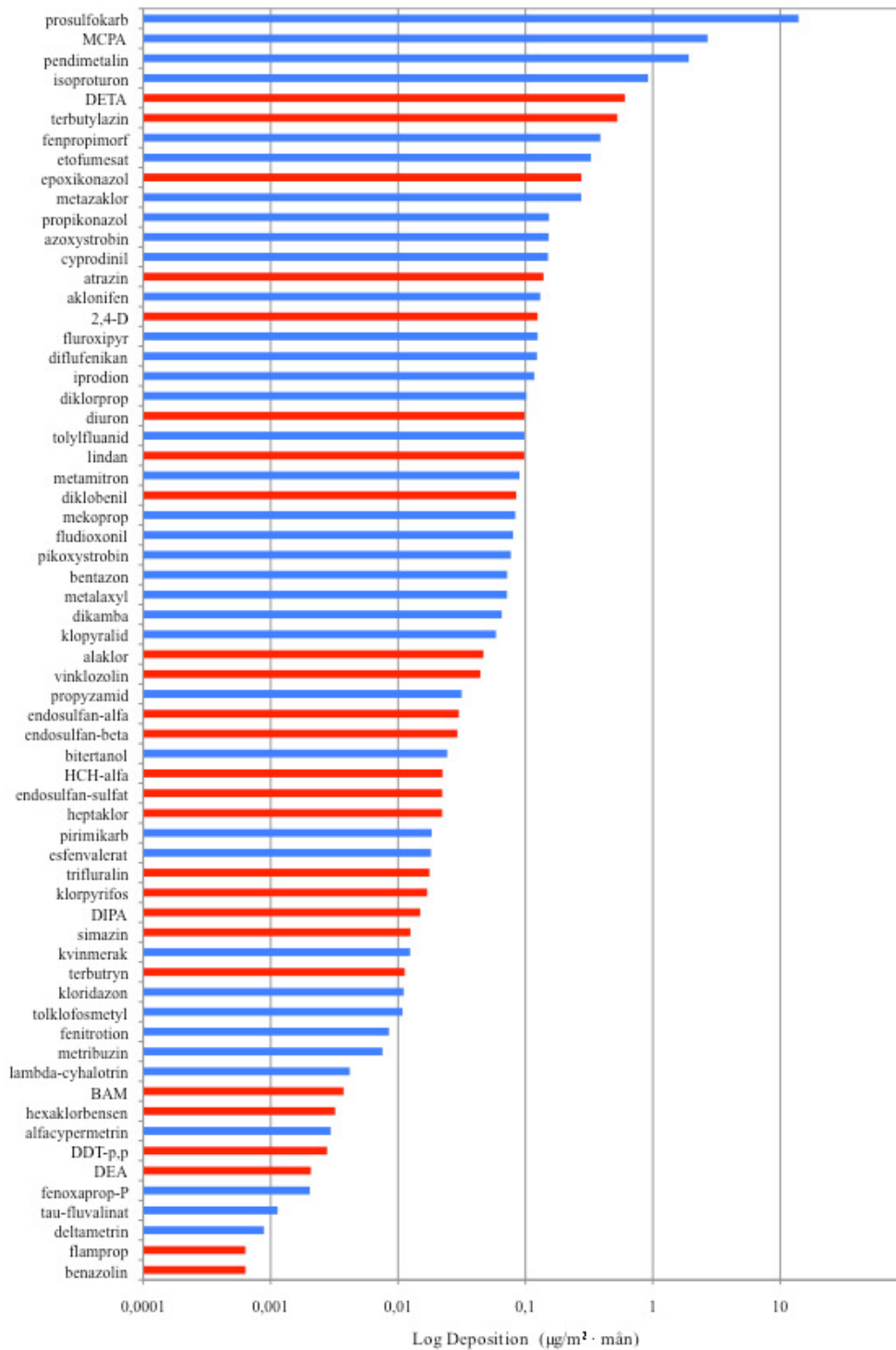
Tabell 2 Substanser som påträffats i regnvatten i halter som överskrider det akvatiska riktvärdet 2002-2009.

Substans	Riktvärde (µg/l)	Max. conc. (µg/l)	Antal prov med halt ≥ riktvärde
terbutylazin	0,02	0,093	15
diflufenikan	0,005	0,02	11
pendimetalin	0,1	0,5	9
prosulfokarb	0,9	2,4	7
isoproturon	0,3	0,4	2
MCPA	1	2	1

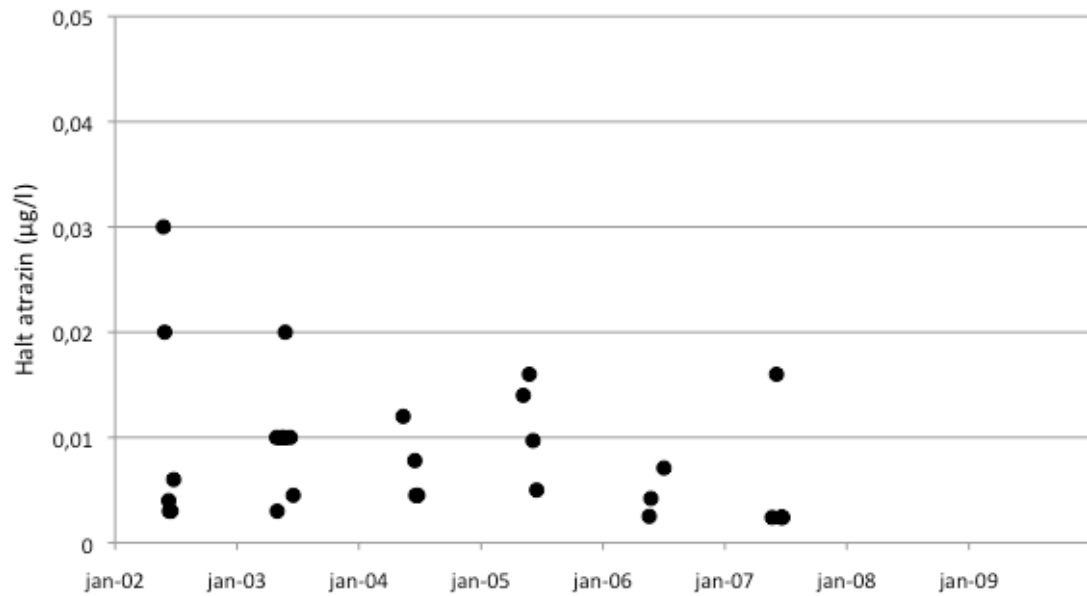
Resultaten från första årets luftprovtagning (2009) vid Vavihill visar att vissa av de pesticider som detekteras i depositionen även återfinns i luften. Totalt detekterades 15 enskilda substanser, varav 6 st har en användning inom Sverige. Det var också dessa som återfanns i högst koncentrationer, främst herbiciden prosulfokarb vars halt under en 5-dygns period i oktober uppgick till 6 800 pg/m³ luft. Mest frekvent detekterades följande substanser (i fallande ordning och med maxkoncentration, pg/m³ luft, inom parentes): a-endosulfan (5), lindan (g-HCH) (8), a-HCH (8), hexaklorbensen (HCB) (14), pendimetalin (300), prosulfokarb (6.800), trifluralin (80), pp-DDE (16), och klorpyrifos (7). Herbiciden pendimetalin, som är en misstänkt endokrinstörande substans, har nyligen förbjudits i Sverige och är under utredning för ett generellt förbud inom EU.



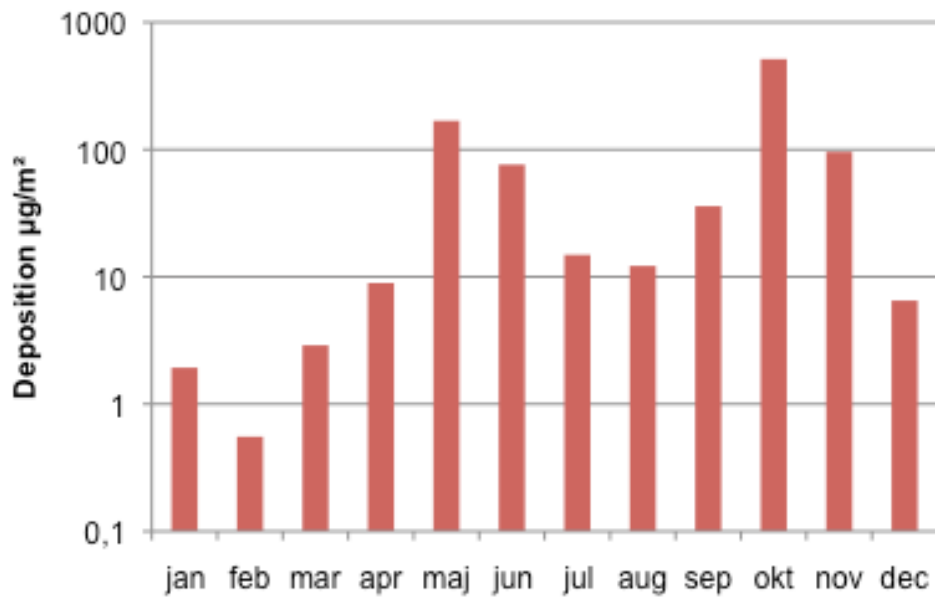
Figur 64 Fyndfrekvens för de vanligaste förekommande pesticiderna i regnvatten från Vavihill 2002-2009. Staplar i rött anger de substanser, inklusive nedbrytningsprodukter till vissa av dessa, som inte varit tillåtna att användas i Sverige under tidsperioden.



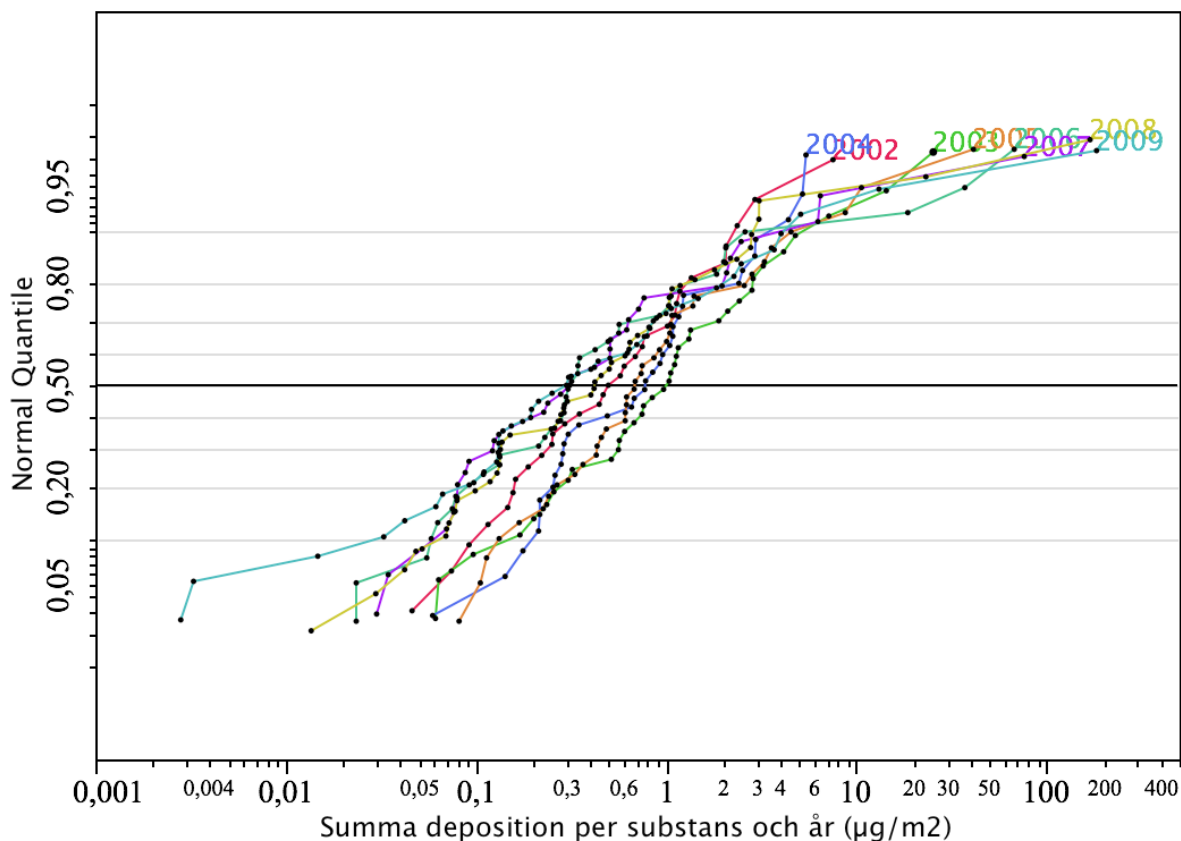
Figur 65 Deposition av pesticider vid Vavihill. Depositionen anges som ett månadsmedelvärde under aktuella analysperioder 2002-2009. Staplar i rött anger de substanser, inklusive nedbrytningsprodukter till vissa av dessa, som inte varit tillåtna att användas i Sverige under tidsperioden.



Figur 66 Minskande halter av atrazin i nederbörd vid Vavihill under 2002-2009.



Figur 67 Genomsnittlig summa deposition per månad av växtskyddsmedel (pesticider). Resultaten baseras på resultat från 2002-2009 som huvudsakligen bygger på insamling under maj-jun och sep-okt, övriga månader bygger på resultat från endast en eller två säsonger.



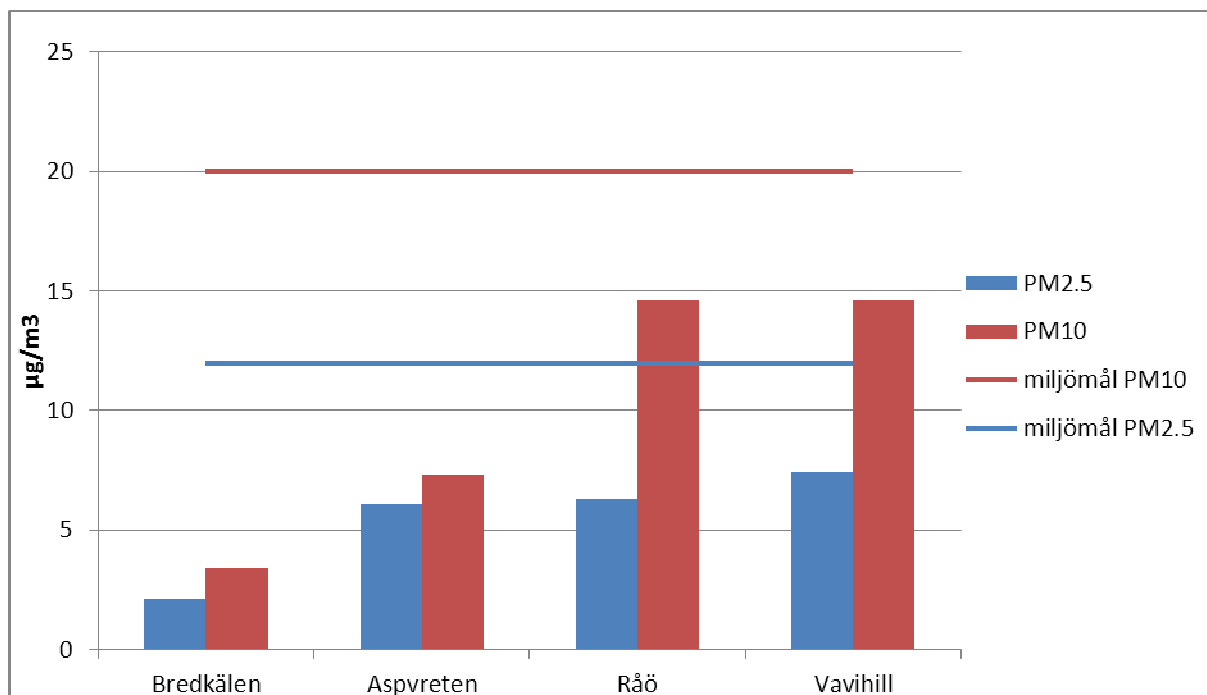
Figur 68 Fördelning av deposition per substans och säsong.

3.4 Partiklar

3.4.1 PM₁₀ och PM_{2.5}

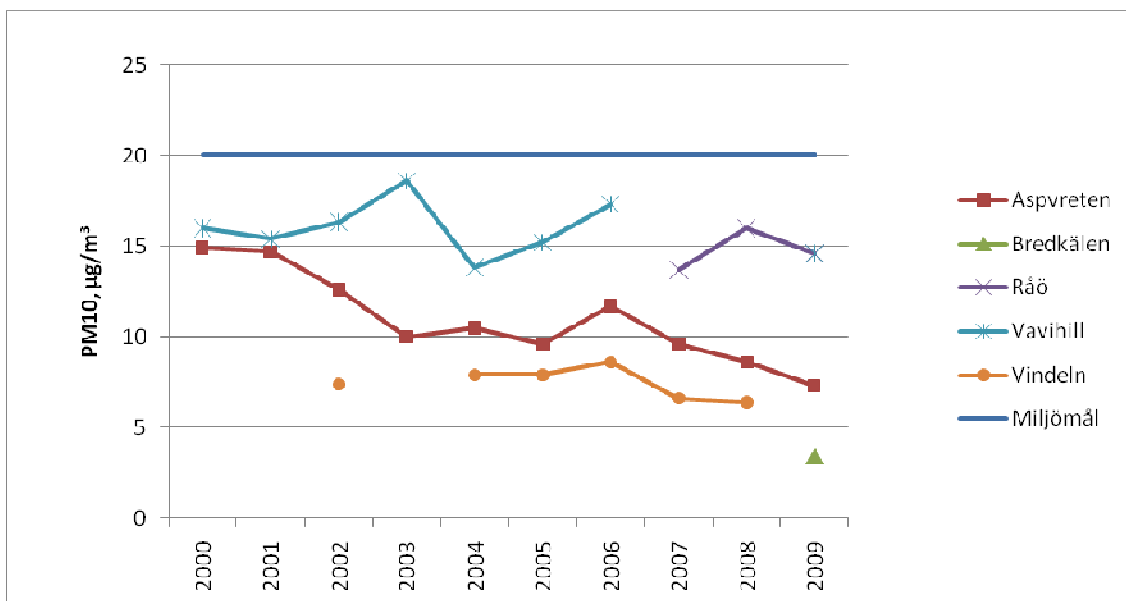
I Figur 69 redovisas uppmätta partikelhalter i form av PM₁₀ och PM_{2.5} i bakgrundsluft vid fyra stationer, Bredkålen, Aspvreten, Råö och Vavihill, under 2009. Halterna var betydligt lägre än både MKN och miljömålen för bägge komponenterna.

Såväl PM₁₀ som PM_{2.5} uppvisar en klar nord-sydlig gradient. Detta beror på att södra Sverige ligger betydligt närmare de stora källområdena i Centraleuropa. För PM₁₀ är halten knappt fyra gånger högre vid de två sydliga stationerna Vavihill och Råö än vid Bredkålen i Jämtland. PM₁₀-halterna vid Aspvreten är ungefär dubbelt så höga som vid Bredkålen. PM_{2.5}-halten är också knappt fyra gånger högre i södra Sverige än i norra. Vid Aspvreten är halterna också lägre än i söder, men skillnaden är relativt sett något mindre än för PM₁₀. Detta kan bero på att små partiklar kan transporteras längre sträckor än större, varför andelen partiklar mindre än 2,5 µm (PM_{2.5}) av PM₁₀ ökar ju längre ifrån källorna mätningarna görs. Kvoten mellan PM_{2.5} och PM₁₀ varierar mellan 1.2 (Aspvreten) till 2.3 (Råö).



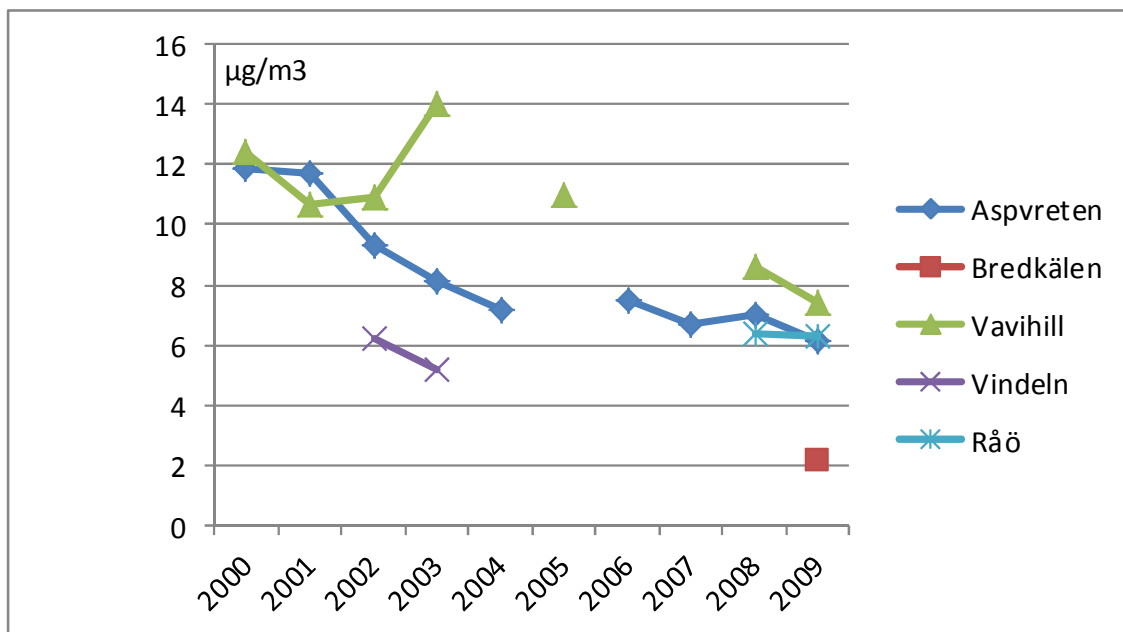
Figur 69 Årsmedelvärde av PM10 och PM2.5 vid Breckkälven, Aspvreten, Råö och Vavihill under 2009.

Vid Aspvreten och Vavihill har mätningar av PM₁₀ pågått sedan 1990 resp. 2000. På övriga stationer startade mätningarna efter 2005. Från 2002 till 2008 gjordes mätningar vid Vindeln i Västerbotten. Vid Aspvreten har årsmedelvärdet sjunkit från nästan 20 µg/m³ i början av 1990-talet till ungefär 8 µg/m³ idag, se Figur 70. Trenden vid Vavihill sedan år 2000 är inte lika tydlig som vid Aspvreten. Då data saknas för 2007 och 2008 är trenden svår att tolka. Trenden vid Vindeln sedan 2004 påminner om den som observerats vid Aspvreten. Vid Råö och Breckkälven har mätningarna pågått för kort tid för att det skall vara möjligt att säga något om någon eventuell trend.



Figur 70 Årsmedelvärden av PM₁₀ vid svenska bakgrundsstationer mellan 2000 och 2009 jämfört med miljömålet.

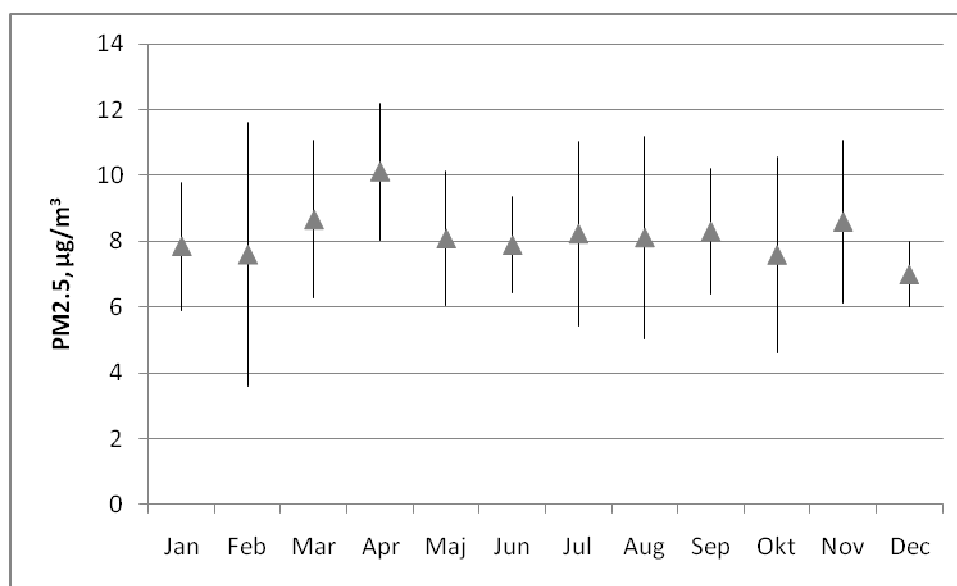
Trenden för PM_{2.5} vid Aspvreten sedan 1998, se Figur 71, överensstämmer väl med den för PM₁₀ på samma station. Årsmedelvärdet har sjunkit från 11 -12 µg/m³ till 6 – 8 idag. För de övriga stationerna fattas antingen för mycket data (Vavihill) eller har mätningarna pågått för kort tid för att några slutsatser om trender skall kunna dras, men mot slutet av perioden är tendensen på flera stationer ungefär som vid Aspvreten.



Figur 71 Årsmedelvärden av PM_{2.5} mellan 2000 och 2009 vid Aspvreten, Bredkälén, Vavihill, Vindeln och Råö jämfört med miljömålet.

Vid Aspvreten, där mätningarna av $PM_{2.5}$ startade 1998, finns ingen tydlig årsvariation, se Figur 72. Variationerna från år till år är relativt stora på grund av den rådande meteorologin. Halterna blir höga under månader med vindar företrädesvis från söder, medan halterna blir betydligt lägre under månader med nordliga vindar.

För övriga mätningar som pågått en längre tid; PM_{10} vid Aspvreten, PM_{10} och $PM_{2.5}$ vid Vavihill, finns inte heller någon signifikant variation under året.



Figur 72 Årsvariation av månadsmedelvärden för $PM_{2.5}$ för perioden 1998 – 2009 vid Aspvreten. I figuren visas månadsmedelvärdet \pm en standardavvikelse.

3.4.2 Partikelbundna organiska ämnen, sot, partikelantal och ljusspridning

3.4.2.1 Partikelbundna organiska ämnen

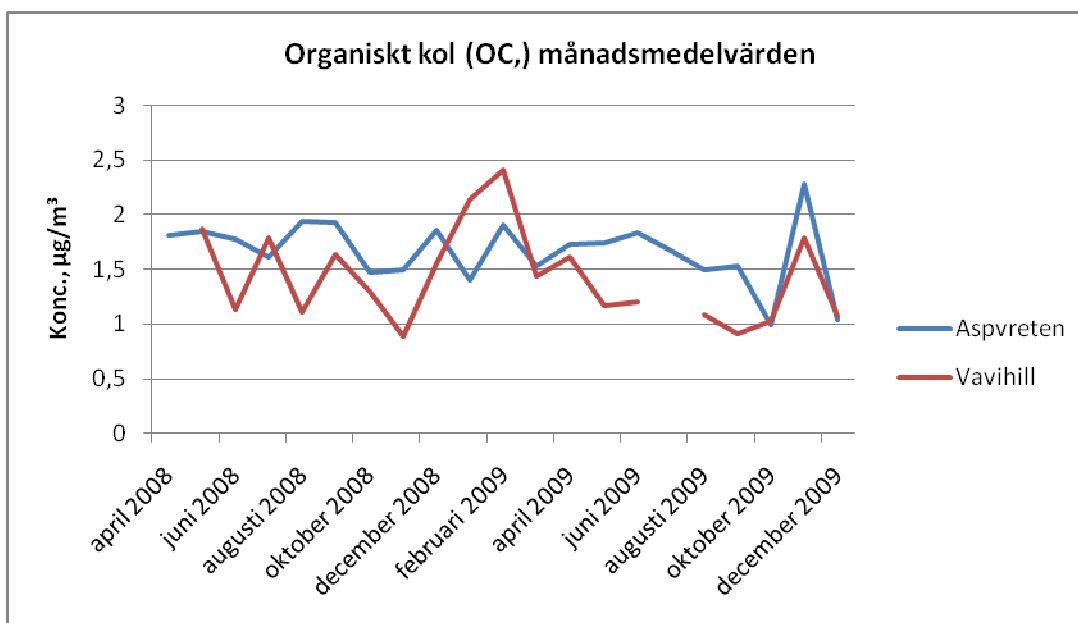
Det är först under de senaste två åren mätningar av partikelbundet organiskt kol (OC) i PM_{10} -fraktionen har ingått i den nationella miljöövervakningen. Mätningarna startades vid Vavihill och Aspvreten i april 2008. Vid Aspvreten har mätningarna gjorts var tredje dag och periodvis med högre frekvens. Vid Vavihill har mestadels veckoprover tagits.

Under perioden (april 2008 – december 2009) var medelvärdet av partikelbundet organiskt kol, OC, ungefär $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på båda stationerna, se Figur 73. Av de hittills genomförda mätningarna framgår ingen variation under året. Det lägsta månadsmedelvärdet var runt $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, det högsta 2.5.

Under episoder kan halten vara betydligt högre. Vid Aspvreten var det högsta uppmätta dygnsmedelvärdet $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Halterna kan variera kraftigt, det lägsta uppmätta dygnsmedelvärdet vid Aspvreten var $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 20 gånger lägre än det högsta.

Det organiska kolet, OC, ingår i olika föreningar med andra ämnen, främst syre, kväve och väte. Den totala massan av organiska ämnen (OM) är alltså högre än OC. Andelen kol i dessa föreningar beror på aerosolens ålder, dvs. avstånd från källorna och även källornas sammansättning. I den vetenskapliga litteraturen anges att kolandelen i dessa föreningar kan variera mellan 50 – 70 %. Det innebär att OM (årsmedelvärdet) vid Aspvreten och Vavihill under 2008 – 2009 var mellan 2 och $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Organiska ämnen, OM, finns mestadels bundet till de små partiklarna, dvs. $\text{PM}_{2.5}$. Vid Aspvreten och Vavihill var årsmedelvärdet av $\text{PM}_{2.5}$ mellan 6 och $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under 2008 - 2009. Det innebär att OM utgör mellan 20 – 50 % av $\text{PM}_{2.5}$ vid dessa stationer.



Figur 73 Partikelbundet organisk kol, OC, vid Vavihill och Aspvreten. Månadsmedelvärden april 2008 - december 2009

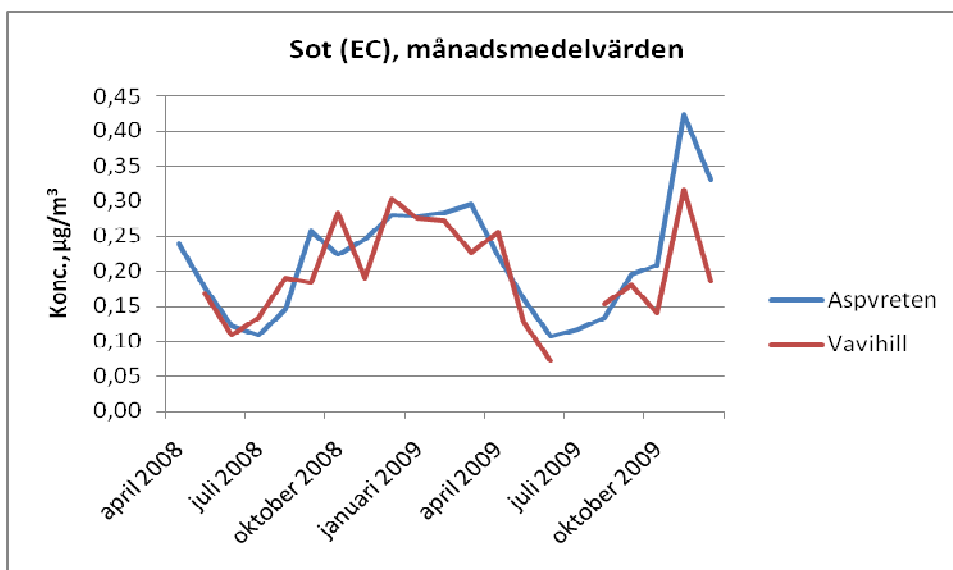
3.4.2.2 Sot

Sot bestäms på flera olika sätt och det mätresultat man erhåller beror på metoden. Beteckningen elementärt kol (EC) används om bestämningen görs med en termo-optisk metod. Om halten bestäms med hjälp av ljusabsorption används beteckningen black carbon (BC), och om halten bestäms med hjälp av ljusreflektion från ett filter med partiklar används ofta uttrycket black smoke (BS). Här presenteras resultat från alla metoder. Om bestämningen görs som EC görs en direkt mätning av partiklarnas kolinnehåll, vid de övriga metoderna måste det uppmätta värdet (ljusabsorption resp. -reflektion) räknas om

till en koncentration med hjälp av olika antaganden. Bestämningen av sot som EC är därför den metod som ger det mest tillförlitliga värdet på mängden elementärt kol.

Halterna av sot som EC har bestämts sedan april 2008 på Aspvreten och Vavihill. Liksom för OC är det andelen EC i PM₁₀-fraktionen som mäts.

Månadsmedelvärdena av partikelbundet elementärt kol vid Vavihill och Aspvreten under 2008 och 2009 visas i Figur 74. Halterna på de båda stationerna överensstämmer väldigt väl med varandra. Halterna är betydligt högre under vinterhalvåret, 0.20 – 0.30 µg/m³, än under sommarhalvåret, 0.10 – 0.20 µg/m³.



Figur 74 Partikelbundet elementärt kol, EC, på Vavihill och Aspvreten. Månadsmedelvärden april 2008 - december 2009

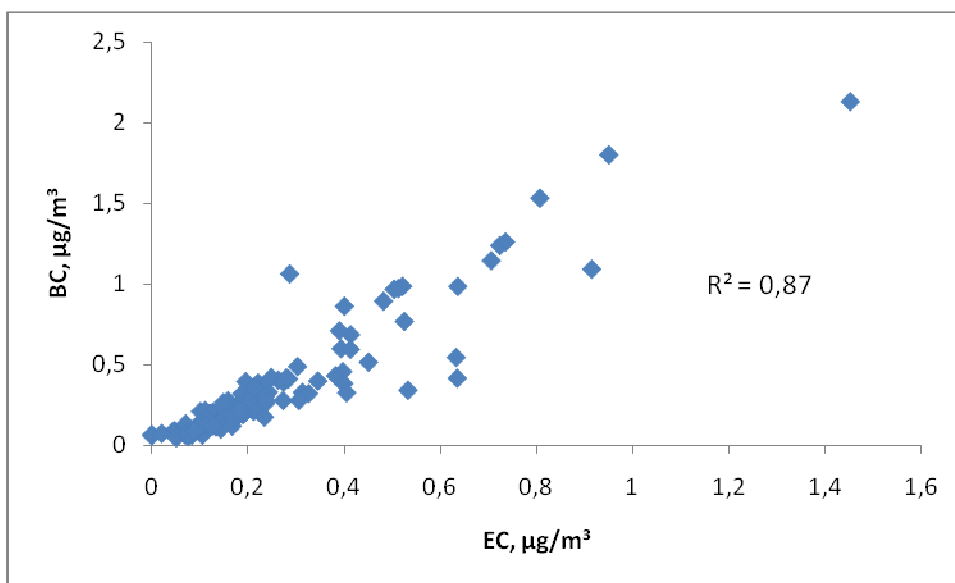
Orsaken till de högre halterna under den kalla årstiden är att den främsta källan till sot är förbränning av olika organiska bränslen. Förbrukningen av dessa för uppvärmning ökar i hela Europa under den kalla årstiden.

Vid Aspvreten, där mätningar gjorts var tredje dag, var det högsta dygnsmedelvärdet 1.45 µg/m³, det lägsta 0.05, d.v.s. 30 gånger lägre.

Vid Aspvreten och Vavihill bestäms också sot som 'black carbon' (BC). Vid Aspvreten visar mätningarna av EC och BC, dvs. två metoder med helt olika principer för att mäta innehållet av sot, mycket god korrelation, se Figur 75.

Sot bestämt som 'black carbon' är alltså en mycket bra indikativ metod för att bestämma partiklarnas innehåll av elementärt kol. Metodens främsta fördel, jämfört med den mer direkta bestämningen med den termo-optiska metoden, är att den är kontinuerlig och kan ge en hög tidsupplösning. Vid Aspvreten och Vavihill sparas resultaten som timmedelvärden, men det finns möjlighet att registrera medelvärden för kortare tidsperioder (vilket skulle kunna vara intressant under tillfällena med höga halter). Man kan därför mer i detalj studera olika processer och episoder.

Vid många av bakgrundstationerna (och i städer) har sot bestämts som 'black smoke' (BS), se ovan, under många år. Denna metod utvecklades under 1960-talet och fungerade bra så länge halterna av svarta partiklar i luften var hög. Idag, och framför allt i den regionala bakgrunden, är metoden alltför okänslig. Under 2009 var t.ex. halterna under detektionsgränsen för metoden under mer än 50 % av årets dagar vid stationerna Råö och Vavihill.

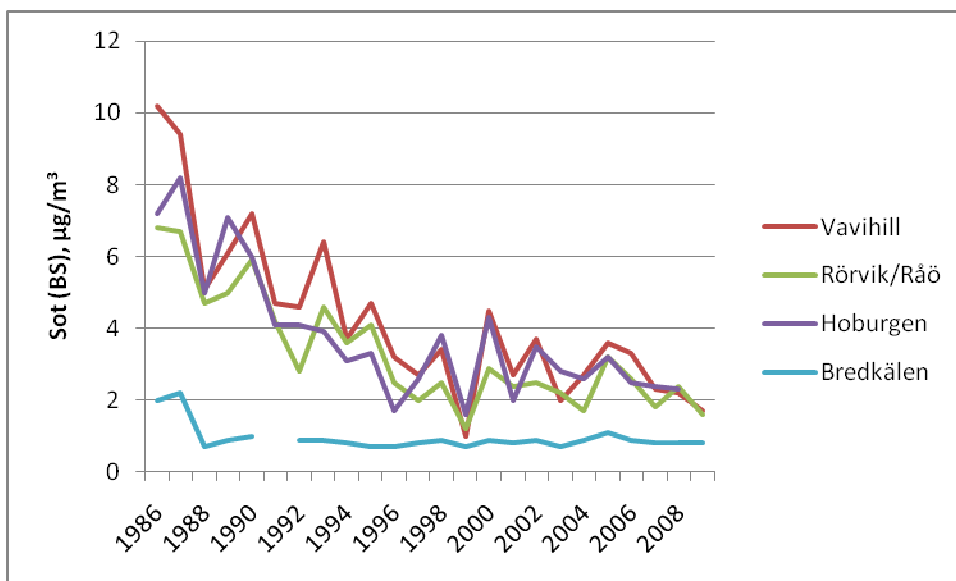


Figur 75 Jämförelse mellan sothalten bestämd som elementärt kol (EC) och 'black carbon' (BC).
Dygnsmedelvärden, Aspvreten 2009

Det är svårt att med säkerhet säga något om trender då halterna är i närheten av detektionsgränsen, vilket under de senaste 10 – 15 åren varit fallet. Medelvärden av sot på bakgrundstationerna under vinterhalvåret², då halterna normalt är högre än under sommaren, från 1986 visas i Figur 74.

Vinterhalvårsmedelvärdena har sjunkit kraftigt sedan mitten av 1980-talet, se Figur 76. Halten sot som BS har vid de sydliga stationerna Vavihill, Rörvik/Råö och Hoburgen minskat från 7 – 10 µg/m³ vid 1980-talets mitt till mellan 2 – 4 µg/m³ under senare år. Minskningen skedde i stort sett från 1986 till mitten av 1990-talet. Vid Bredkålen syns inte någon minskning i samma omfattning. Under de allra första åren av perioden tycks en viss minskning ha skett, men sedan är halterna i stort sett oförändrade. En orsak till detta kan vara att haltnivåerna ligger i närheten av metodens detektionsgräns, vilket gör det svårare att upptäcka eventuella förändringar.

². Med vinterhalvår för t.ex. 2009 menas perioden 1 oktober 2008 till 31 mars 2009

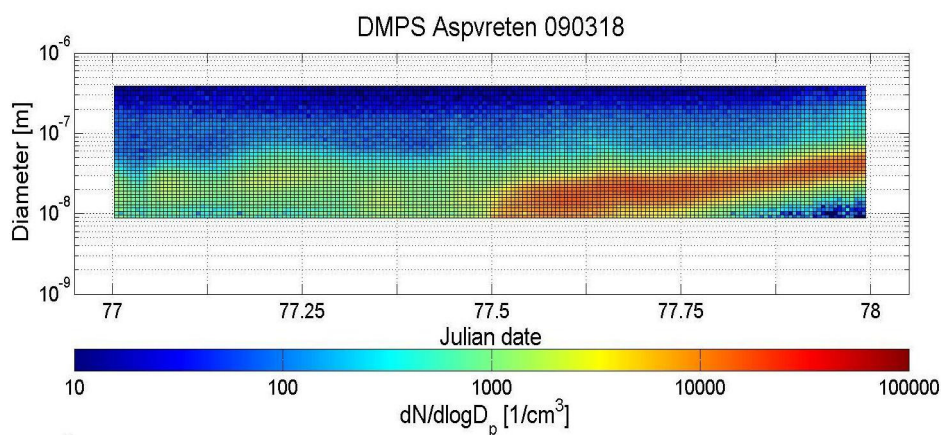


Figur 76 Vinterhalvårsmedelvärden av sot mätt som 'black smoke' (BS) 1986 - 2009 vid några svenska bakgrundsstationer.

3.4.2.3 Partikelantal

Vid mätningen av partikelantal bestäms antalet partiklar i flera olika storleksklasser från cirka 10 nanometer till 500. Detta kan utnyttjas för att t.ex. studera bildning av partiklar i luften genom olika kemiska och fysikaliska processer. Ett exempel på bildning av partiklar visas i Figur 77.

På x-skalan visas tid, på y-skalan partikelstorlek. Antalet partiklar av en viss storlek vid en viss tid anges med en viss färg. Blått betyder få partiklar, rött många.

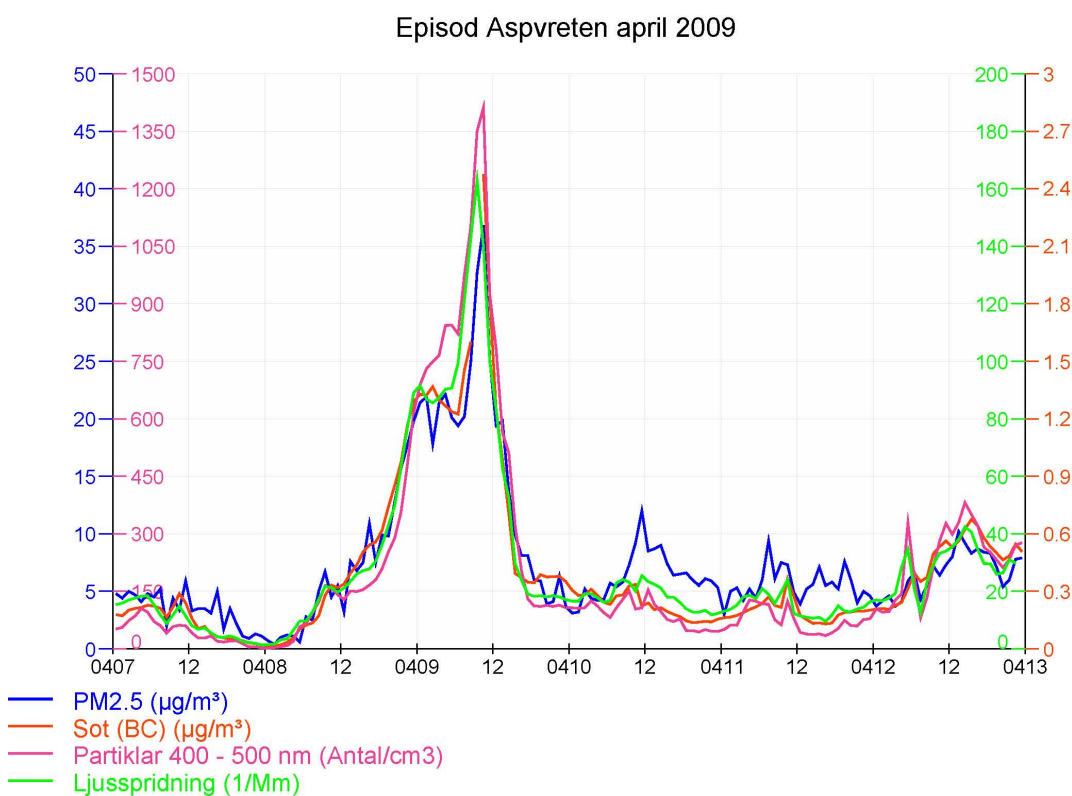


Figur 77 Partikelstorleksfördelning vid Aspvreten den 18 mars 2009.

Vid middagstid den 18 mars 2009 ökar plötsligt antalet små partiklar genom nybildning. Denna process pågår under ett par timmar. Därefter sjunker antalet små partiklar, medan antalet lite större partiklar ökar. Ökningen av antalet lite större partiklar beror på att de små slår ihop sig. Man ser att denna process fortsätter under dagen och antalet partiklar i de större storleksklasserna ökar successivt allteftersom mindre partiklar slås ihop till större.

3.4.2.4 Samvariation mellan olika partikelmått

Halten av PM_{2,5}, sot och antalet partiklar i storleksintervallerna över ungefär 250 nanometer samvarierar oftast väldigt väl. Ett exempel på det visas under en episod vid Aspvreten i april 2009, se Figur 78.



Figur 78 PM_{2,5}, sot (BC), antal partiklar i storleksintervallet 400 - 500 nm och ljusspridning vid Aspvreten 7 - 13 april 2009 (timmedelvärden).

Orsaken till detta är att sotpartiklar ofta är relativt små, under 1 µm, och att en stor del av PM_{2,5}-massan kommer från partiklar i intervallet 200 – 1000 nm (här representerade av 400 – 500 nm partiklar). Ljusspridningen beror också främst på partiklar i samma storleksintervall.

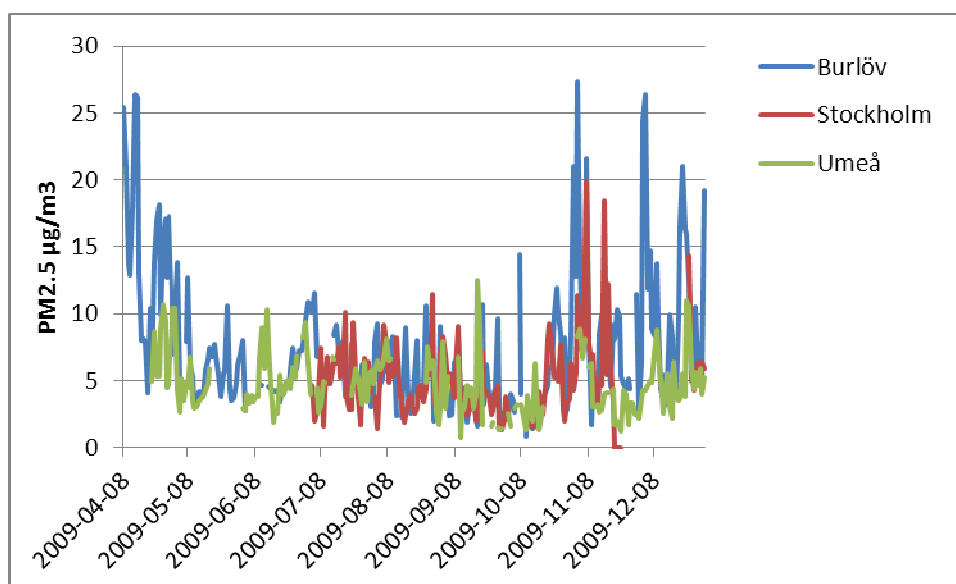
3.4.3 PM_{2.5} i tätort

Mätningarna av PM_{2.5} i urban bakgrundsluft påbörjades under april 2009 i Burlöv (strax utanför Malmö) och Umeå, medan mätstarten i Stockholm skedde först i början av juli 2009. Av Tabell 3 framgår att det högsta medelvärdet observerades i Burlöv, medan den lägsta medelhalten noterades i Umeå. Den beräknade nationella medelhalten uppgick till knappt 6 µg/m³. Det bör dock nämnas att mätperiodens längd varierade mellan mätplatserna och inte i något fall uppfyllde kraven på tidstäckning enligt mätföreskrifterna (NFS 2010:8) för medelvärdesberäkning för ett helt år.

Tabell 3 Medelvärde, lägsta respektive högsta dygnsmedelvärde samt datatillgänglighet avseende PM_{2.5} i urban bakgrundsluft från mätstart t.o.m. december 2009.

Mätplats	Mätstart	Datatillgänglighet	Min – Max PM _{2.5} µg/m ³	Medel 2009 PM _{2.5} µg/m ³
Burlöv	2009-04-08	93%	0.8 - 27.3	7.4
Stockholm	2009-07-04	80%	1.3 - 28.2	5.4
Umeå	2009-04-21	72%	0.7 - 12.5	4.7
Medelvärde Sverige				5.8

Halten av PM_{2.5} var generellt lägst under sommarhalvåret, medan det, framför allt i södra Sverige, uppmättes betydligt högre halter under tidig vår samt i slutet av året, se Figur 79.

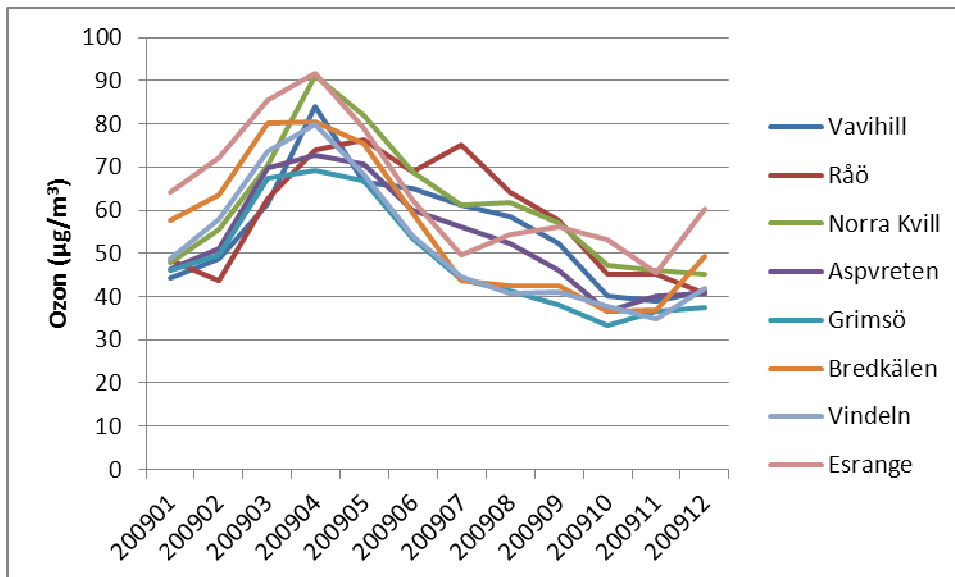


Figur 79 Dygnsmedelhalter av PM_{2.5} under 2009.

3.5 Marknära ozon

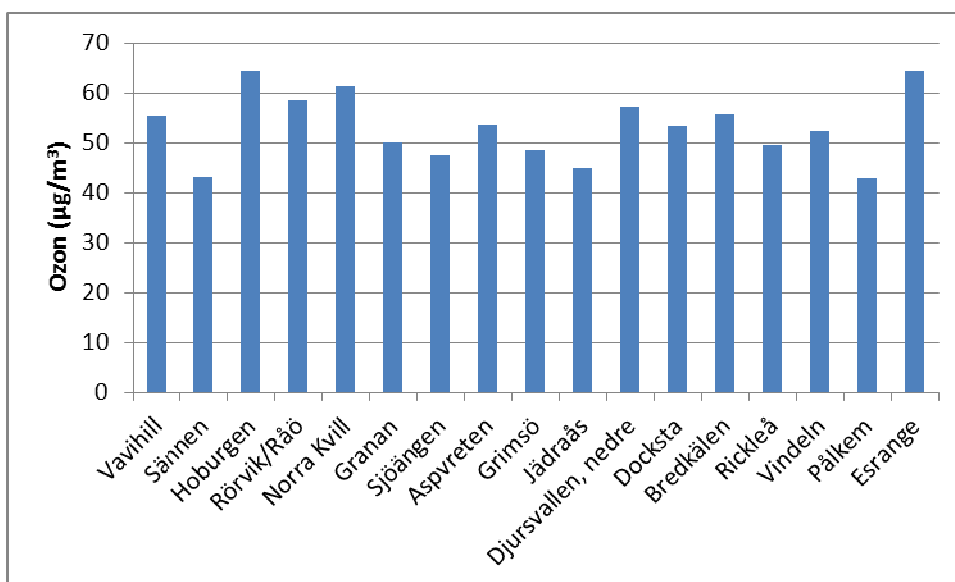
Månadsmedelvärden under 2009 för de åtta platser där marknära ozon mäts på timbasis redovisas i Figur 80. De högsta medelhalterna observerades under våren, där halterna vid Esrange och Norra Kvill uppgick till 90 µg/m³ i april. Miljömålet för timmedelvärdet,

80 µg/m³, överskrids kraftigt vid samtliga mätstationer. Däremot uppmättes under 2009 inga timmedelhalter över informationsnivån, 180 µg/m³.



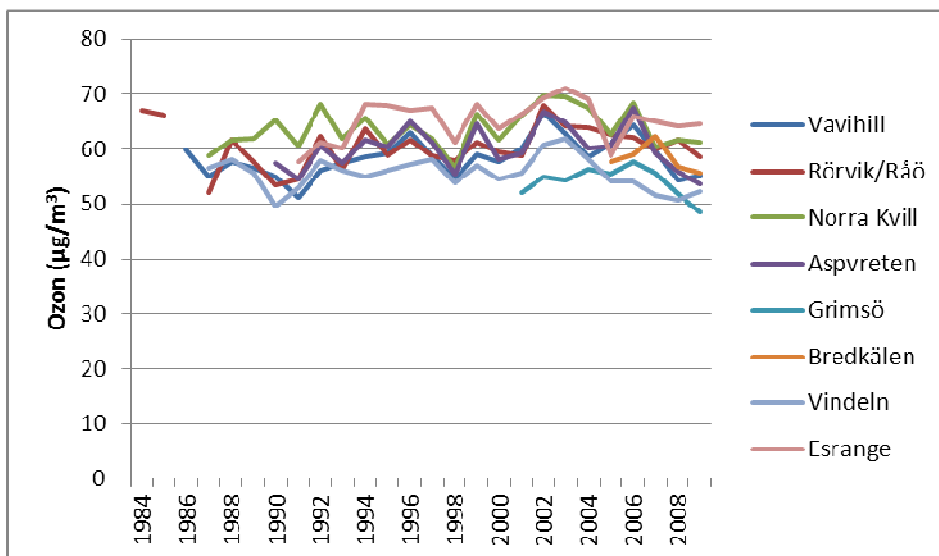
Figur 80 Månadsmedelhalter, baserat på mätningar på timbasis, vid de svenska bakgrundsstationerna under 2009.

I Figur 81 visas medelbelastningen av ozon i form av årsmedelhalten i bakgrundsluft under 2009 vid samtliga de 17 mätstationer som ingår i den nationella övervakningen. Haltnivån varierade mellan 43 och 64 µg/m³. Till skillnad från många andra luftföroreningskomponenter finns det ingen tydlig geografisk haltgradient över landet.



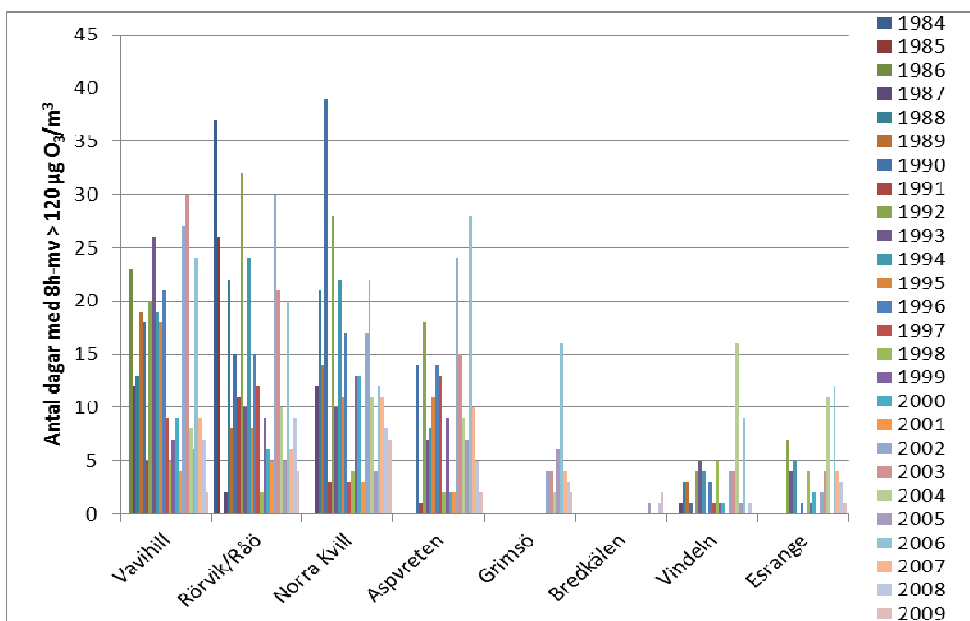
Figur 81 Årsmedelhalter i svensk bakgrundsluft under 2009, från mätningar på både tim- och månadsbas.

Det finns heller ingen tydlig trend i medelhaltbelastningen, utan det är framför allt meteorologin som har stor inverkan på haltnivåerna. I Figur 82 redovisas utvecklingen avseende årsmedelhalten vid de åtta EMEP-stationerna.



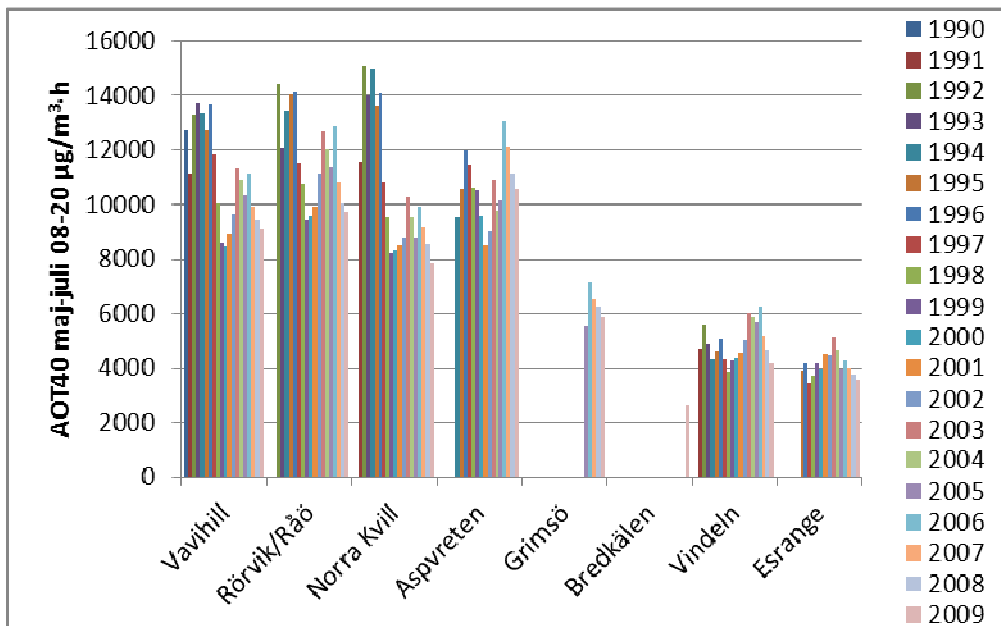
Figur 82 Årsmedelvärden av ozon, baserat på mätningar på timbas, i svensk bakgrundsluft mellan åren 1984 till 2009.

Antalet dygn då det glidande 8-timmarsmedelvärdet är högre än $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ varierar också främst i förhållande till meteorologin, se Figur 83. Här syns dock en tydlig gradient, där antalet höghaltstillfällen är betydligt fler i södra än i norra Sverige. Nuvarande MKN för människors hälsa överskrids varje år vid flertalet av stationerna. Under 2009 noterades den högsta frekvensen (7 dygn) vid Norra Kvill.



Figur 83 Antalet dygn med glidande 8-timmarsmedelvärden $> 120 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$ mellan åren 1984 och 2009.

Samma mönster som för normen till skydd för människors hälsa, en högre ozonbelastning i södra Sverige, ses även för normen för växtlighet, AOT40. Den belastningsnivå (18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ som 5-årsmedelvärde) som skall eftersträvas från 2010 har aldrig överskridits. Däremot ligger nivån långt över det värde (6 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) som gäller från 2020.



Figur 84 AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) för ozon mellan maj – juli, kl. 08-20, som rullande 5-årsmedelvärden mellan åren 1986 och 2009. Redovisat år anger slutår i medelvärdesberäkningen.

4 Sammanfattande bedömning

Det har generellt sett skett en avsevärd förbättring avseende såväl halter i luft som deposition i bakgrundsmiljö för flertalet av de luftföroreningskomponenter som övervakas inom den nationella miljöövervakningen sedan mätningarna startade för mellan 10 och 30 år sedan. Utvecklingen har dock varierat i något olika utsträckning beroende på komponent och lokalisering i landet. Föroreningsbelastningen är oftast lägre ju längre norrut man kommer.

För de flesta de ämnen som det finns MKN respektive miljömål för ligger halterna avsevärt lägre än angivna gräns- och målvärden. Halterna av O₃ överskrider i dagsläget MKN för hälsa. För såväl O₃ som bensen (i urban bakgrund) och eten finns risk för haltnivåer som överstiger miljömålen.

Försurande och övergödande ämnen

Luft

En jämförelse mellan uppmätta halter i luft av SO₂-S på 1980-talet och 2000-talet visar att årsmedelhalterna har minskat med 80-90 % på EMEP-stationerna. Den regionindelade jämförelsen visar att halterna under 2000-talet varit högst i Götaland-kust och Skåne samt Svealand-Stockholmsregionen och lägst i Norrland-västra. Årsmedelhalter i luft av SO₄-S, som mäts på EMEP-stationerna, har minskat med 60-70 % mellan 1980-talet och 2000-talet.

En jämförelse mellan uppmätta halter i luft av NO₂-N på 1980-talet och 2000-talet visar att årsmedelhalterna minskat med 40-70 % på flertalet av EMEP-stationerna. Vid Hoburgen (södra Gotland) har haltnivåerna varit i stort sett oförändrade sedan 1982. Den regionindelade jämförelsen visar att halterna under 2000-talet varit absolut högst i Svealand-Stockholmsregionen och lägst i Norrland-västra. Årsmedelhalter i luft av NO₃-N, som mäts vid EMEP-stationerna, under 1986-2009 visar en tendens till att ha minskat något i södra Sverige och ökat något i norra Sverige mellan 1980-talet och 2000-talet. För NH₄-N-halten i luft har årsmedelvärdet minskat med 20-30 % under motsvarande tidsperiod vid samma stationer.

Halter i luft av HCl-Cl, Na, Mg, Ca och K har mätts vid EMEP-stationerna endast under 2009. Generellt var halterna högst vid Råö (Hallands län) och lägst vid Bredkälen (Jämtlands län).

Nederbörd

Uppmätta halter av olika ämnen i nederbörd över öppet fält består till c:a 90 % av våtdeposition och till c:a 10 % av torrdeposition i södra Sverige. Ju längre norrut i Sverige desto lägre torrdepositionsandel. Den statistiska analysen har för nederbörd har koncentrerats till 2000-2009 uppdelat på sex olika områden i Sverige.

När det gäller nederbörds mängderna syns ingen statistisk säkerställd trend i något område i Sverige. Svaveldepositionen har minskat med ca 50 % under 2000-talet i västra samt mellersta Norrland och i hela södra Sverige. Vid Norrlandskusten samt i Svealand syns ingen statistiskt säkerställd förändring för svavel under 2000-talet.

Depositionen av oorganiskt kväve har minskat med ca 30 % i sydvästra Sverige under 2000-talet. I övriga Sverige finns inga statistiskt säkerställda förändringar vad gäller oorganiskt kväve. Om man delar upp det oorganiska kvävet på nitrat respektive ammoniumkväve visar dock den statistiska analysen på en minskning på ca 30 % för nitrat i sydvästra Sverige och en minskning på ca 50 % i de västra fjällnära områdena för ammoniumkväve under 2000-talet.

Tungmetaller

Halterna av tungmetaller i luft och nederbörd, med viss reservation för kvicksilver, är lägre i Sverige än i många andra jämförbara EU-länder, främst till följd av vår nordliga position och våra förhållandevis låga inhemska emissioner. Årsmedelvärden av partikelhalter av nickel, kadmium och arsenik i södra Sverige är 8 till 16 gånger lägre än de tröskelvärden som anges i EU-direktivet. Eftersom kvicksilver huvudsakligen uppträder som en gas, med lång uppehållstid i atmosfären, har metallen ett delvis annorlunda spridningsmönster än övriga tungmetaller. Numera är halterna av kvicksilver i luft och nederbörd i södra Sverige och i stora delar av Europa ungefär lika höga.

Organiska miljögifter

Under perioden 2006 till 2009 var den atmosfäriska koncentrationen av PAH och PCB högre i södra Sverige jämfört med norra Finland, medan α -HCH låg på ungefär samma nivå vid samtliga stationer.

Under 2009 har pesticiderna aldrin och heptaklor samt det perfluorinerade ämnet PFOA inte kunnat bestämmas i detekterbara halter i några luftprover från Råö. Sedan starten av mätningarna har den atmosfäriska koncentrationen av BDE (47, 99, 100) vid Pallas minskat för att nu ligga i samma storleksordning som vid Råö. Under 2009 uppmättes lägre halter dioxiner/furaner på den svenska västkusten jämförts med östkusten, medan halten klorparaffiner var högre vid Aspvreten jämfört med vid Råö.

Pesticiderna aldrin, heptaklor, atrazin, isoproturon och diuron som mättes vid Råö 2009 kunde inte påvisas i några depositionsprover, medan övriga POP detekterades i depositionsprover från alla tre stationerna (Råö, Pallas och Aspvreten).

Växtskyddsmedel (pesticider)

Resultaten visar att en rad vanligt använda pesticider förekommer regelbundet i depositionen i södra Sverige. Flera av dessa är inte tillåtna i Sverige, vilket indikerar att även pesticider som inte ansetts vara långlivade i atmosfären uppvisar en gränsöverskridande transport. Vissa pesticider som förbjudits inom EU under senare år uppvisar minskande deposition. Halterna i nederbörden överskrider i vissa fall de riktvärden som tagits fram till skydd för ytvatten och även EU:s dricksvattengränsvärde på 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$, men i huvudsak ligger halterna på ng/l-nivå. Depositionen uppvisar en säsongsvariation med störst deposition under försommars och sen höst, vilket också sammanfaller med den mest

besprutningsintensiva perioden både i Sverige och på kontinenten, men resultaten visar också att pesticider förekommer i depositionen under hela året. En av de substanser som deponeras i störst omfattning (pendimetalin) är klassad som en endokrin störande substans.

VOC

VOC-halterna är för de flesta av de uppmätta ämnena högst under november till mars, d.v.s. under den kallaste tiden av året. Ingen årstidsspecifik variation av fördelningen mellan mer eller mindre flyktiga VOC påvisades för 2009 då mätningar utfördes utspritt under året, de mest volatila ämnena stod för den största andelen under alla årstider.

MKN för bensen är $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett aritmetiskt årsmedelvärde som inte skall överskridas från år 2010. Med ledning av 12 veckomätningar av bensen vid bakgrundsstationen Råö och 6 veckomedel av uppmätta bensenhalter i urban bakgrundsluft i Göteborg, på taknivå sju våningar upp, överskreds sannolikt inte MKN på dessa platser under 2009.

För eten och bensen finns nationella miljömål som för båda är $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmedelvärde. Årsmedelvärdet av de drygt 1000 uppmätta timmedelhalterna, vid samma mätstation i Göteborg som för bensen ovan, från 2009 var för eten $0.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för bensen $0.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket indikerar att det finns risk att miljömålen överskrids.

PAH i tätortsluft

Under mätperioden 2005-2009 överskred inte något halvårsmedelvärde MKN på $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ för benso(a)pyren i urban bakgrundsluft i de tätorter som studerades. Tillgängliga halvårsmedelvärden är uppmätta under den kalla årstiden med högre PAH-halter, därmed bör helårsmedelvärdet för samtliga orter hamna under uppmätta halvårsmedelvärden.

Det nationella delmålet på $0.3 \text{ ng}/\text{m}^3$ för benso(a)pyren på helårsbasis överskreds i Ljusdal 2005/2006, i Sollefteå 2005-2007 och i Jokkmokk 2007/2008 för uppmätta halvårsmedelvärden, men då PAH-halten minskar under den varma årstiden överskreds de troligen inte som helårsmedelvärden.

Partiklar

Halten av PM_{10} i den regionala bakgrunden är $13 - 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i södra Sverige (Vavihill och Råö), ungefär 8 i Mellansverige (Aspvreten) och 4 i norra Sverige (Bredkålen). Halten av $\text{PM}_{2.5}$ i den regionala bakgrunden är $6 - 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i södra och mellersta Sverige (Vavihill, Råö och Aspvreten) och 2 - 3 i norra delen av landet (Bredkålen). I den urbana bakgrunden startade mätningar av $\text{PM}_{2.5}$ under 2009. Inte vid någon av stationerna (Burlöv, Stockholm och Umeå) genomfördes mätningar under hela året varför några säkra slutsatser om halterna inte kan dras. Resultaten tyder dock på att de är i samma storleksordning som i den regionala bakgrunden.

Vid Aspvreten i Mellansverige, där mätningar av både PM_{10} och $\text{PM}_{2.5}$ har pågått relativt länge har halten av PM_{10} sjunkit från nästan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1990 till 8 i dag. $\text{PM}_{2.5}$ har sedan 1998 sjunkit från $11 - 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ till cirka $6 - 8$ idag. Vid övriga stationer har mätningarna pågått för kort tid eller så fattas för mycket data för att något skall kunna sägas om någon trend.

Halten av sot mätt som organiskt kol (OC) i PM₁₀-fraktionen är i södra och mellersta delen av Sverige (Vavihill och Aspvreten) ungefär 1.5 µg/m³ utan någon tydlig årstidsvariation. Halten av elementärt kol är cirka 0.2 – 0.3 µg/m³ under vintern och 0.1 – 0.2 under sommarhalvåret. Mätningar har gjorts sedan april 2008. Inga mätningar görs i norra Sverige.

Sot har mätts med en indirekt metod som 'black smoke' (BS) under vinterhalvåret på flera bakgrundsstationer sedan mitten av 1980-talet. Sedan dess har halten i södra Sverige minskat från 7 – 10 µg/m³ till 2 – 4 idag.

Marknära ozon

Halten av ozon styrs i stor utsträckning av de meteorologiska förutsättningar, och för medelbelastningen av ozon finns det varken någon tydlig tidsmässig trend eller någon geografisk gradient över landet. Antalet höghaltstillfällen är dock betydligt fler i södra än i norra Sverige, vilket återspeglas i såväl 8-timmarsmedelvärdet (MKN för hälsa) och AOT40 (MKN för växtlighet). Under 2009 uppmättes inga timmedelhalter över informationsnivån, 180 µg/m³. Däremot överskreds såväl miljömålet för timme, 80 µg/m³, som MKN för 8-timmarsmedelvärdet, 120 µg/m³ vid flera av de 8 mätstationerna i bakgrundsluft.

5 Tack

Vi vill också rikta ett stort tack till all enskild provtagningspersonal ute i landet som genom sitt arbete möjliggjort denna rapport.

6 Referenser

Areskoug H., (2007). Bestämning av PM10 – En jämförelse av de vanligaste mätmetoderna använda i Sverige och den europeiska referensmetoden. ITM rapport 168. (www.itm.su.se/reflab/dokument/ITM_Rapport_168.pdf)

Boström C-E., Gerde P., Hanberg A., Jernström B., Johansson C., Kyrklund T., Rannug A., Törnqvist M., Victorin K. och Westerholm R., (2002): "Cancer Risk Assessment, Indicators, and Guidelines for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air" *Environmentam Health Perspectives* Vol 110 suppl 3.

Bradl H. HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT: ORIGIN, INTERACTION AND REMEDIATION. Elsevier Ltd. ISBN-13: 978-0-12-088381-3. MAR-2005.

Brorström-Lundén E., Lindskog A and Mowrer J. (1994): "Concentrations and Fluxes of Organic Compounds in the Atmosphere of the Swedish west coast". *Atmos. Environ.* 28, 36053615.

Bylin G, Cotgrave I, Gustafsson L, Nyberg F, Pershagen G, Sundell J, Viktorin K & Zuber A. (1996). Health risk evaluation of ozone. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 22 suppl 3.

EMEP Status Report 2/08 "Heavy Metals: Transboundary Pollution of the Environment" Joint MSC-E & CCC & CCE Report.

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/107/EG av den 15 december 2004 om arsenik, kadmium, kvicksilver, nickel och polycykliska aromatiska kolväten i luften.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/50/EG av den 21 maj 2008 om luftkvalitet och renare luft i Europa.

Fridén U., (2010): "Sources, emissions, and occurrence of chlorinated paraffines in Stockholm, Sweden". Doktorsavhandling ITM, Stockholm Universitet.

Hansson K., Palm Cousins A., Brorström-Lundén E., IVL och Leppanen S., Finnish Meteorological Institute, FMI, Finland (2006): "Atmospheric concentrations in air and deposition fluxes of POPs at Råö and Pallas, trends and seasonal and spatial variations", Statusrapport, IVL U1967.

Heck WW, Tingey DT, Taylor OC. (Eds) (1988) Assessment of crop loss from air pollutants. Elsevier Applied Science, London.

IMM-rapport (1992): Hälsorelaterad miljöövervakning - ett programförslag, rapport nr 7/92.

Iverfeldt Å., Munthe J., Brosset C., Pazyna J. 1995. Long term changes in concentration and deposition of atmospheric mercury over scandinavia. *Water, Air, and Soil Pollution* 80, 227-233.

Johansson C., Hedberg E., Olivares G., Gidhagen L., Karlsson H., Wideqvist U., Vesely V., Swietlicki E., Kristensson A., Zhou J., Rissler J., Brohammer P., Brorström-Lundén E., Petersson K., Remberger M., Potter A., Junedahl E., Persson K., Sjöberg K., Sellin-Lindgren E., Jacobsson J., Tranefors C., Andersson L., Eltahir E., Omstedt G., Lagner J., Foltescu V., Pettersson M., Ahlinder R., Sjövall B., Norberg B. och Burman L.,(2004) "Mätningar och beräkningar av vedeldningens påverkan på luftföroreningshalter, Del I. Lycksele" Delredovisning av resultat från programmet Biobränsle, hälsa och miljö. ITM-rapport 124.

Karlsson P.E., Pleijel H., Belhaj M., Danielsson H., Dahlin B., Andersson M., Hansson M., Munthe J. & Grennfelt P. (2005). Economic assessment of the negative impacts of ozone on crop yields and forest production. A case study of the estate Östads säteri in southwestern Sweden. *Ambio* Vol 34, No 1.

Kindbom, K; Svensson, A; Sjöberg, K. & Pihl Karlsson, G. (2001). Trends in air concentration and deposition at background monitoring sites in Sweden - major inorganic compounds heavy metals and ozone. IVL Report B1429.

NFS 2010:8. Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet. Beslutade den 23 juni 2010.

Palm Cousins A., Hansson K. och Brorström-Lundén, IVL, Schlabach M., NILU (2006). "Dioxins in the Swedish atmosphere - Results from monitoring activities in 2004 and 2005", IVL Rapport U1969.

Persson, Karin (2010). Luftkvaliteten i Sverige 2009 och vintern 2009/2010 – Resultat från mätningar inom Urbanmätnätet. IVL Rapport B1940.

Pleijel H., Ojanperä K., Mortensen L. (1997). Effects of tropospheric ozone on the yield and grain protein content of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Nordic countries. *Acta Agric. Scand. Sect B. Soil and Plant Sci.* 47:20-25.

Potter, A., Junedahl, E., Persson, K., Brorström-Lundén E. (2006). Mätningar av flyktiga organiska ämnen (VOC) och polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i tätorter. Sakrapport till Naturvårdsverket. IVL Rapport U1968.

Rådets direktiv 91/414/EEG om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden.

SFS 2010:477. Luftkvalitetsförordning. Utfärdad den 27 maj 2010.

Slemr F., Brunke E-G., Ebinghaus R., Temme C., Munthe J., Wängberg I., Schroeder W., Steffen A., Berg T. 2003. Worldwide trend of atmospheric mercury since 1977. Geophys Res. Lett. Vol 30, NO. 10, 1561.

Aktuella hemsidor

<http://chm.pops.int/default.aspx>

<http://www.ivl.se>

<http://www.krondroppsstatet.ivl.se>

<http://www.miljomal.nu>

<http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Metoder/Undersokningstyper/>

<http://www.slu.se>

Bilaga 1 Beskrivning av mätprogram

EMEP

I Tabell 1:1 nedan redovisas aktuellt övervakningsprogram för mätningarna av luft respektive nederbörd inom EMEP-verksamheten. Observera att verksamheten nu indelats i 3 olika delprogram; Frisk luft, Marknära ozon samt Partiklar och sot.

Förändringarna i mätprogrammet från januari 2009 jämfört med 2008 omfattade:

- Flytt av mätningar (S- och N-komponenter i luft på dygnsbas) från Hoburgen till Aspvreten
- Etablering av nederbörds-mätningar vid Aspvreten
- Mätningar avseende gas/partikelfördelning av kvävekomponenter vid Vavihill
- Analys av baskatjoner i luft vid Vavihill, Aspvreten, Råö och Bredkålen
- Dygnsprovtagning istället för veckoprovtagning av nederbörd vid Bredkålen
- Månadsprovtagning istället för veckoprovtagning av nederbörd vid Vavihill
- Mätningar av PM₁₀ och PM_{2,5} vid Bredkålen
- Mätningar av PM_{2,5} i urban bakgrund i 3 tätorter för uppföljning av exponeringsminskningsmålet

Tabell 1:1 Aktuellt mätprogram från 2009 avseende EMEP (exkl. tungmetaller)

Delprogram	Parameter	Frekvens	Stationer
Frisk Luft			
Luft	Oorganiska komponenter: SO ₂ , SO ₄ , NO ₃ +HNO ₃ , NH ₄ +NH ₃ , HCl, Na, K, Ca, Mg, NO ₂	Dygn	Vavihill; Aspvreten; Råö; Bredkålen
Gas/partikel fördelning	NH ₃ , NH ₄ , HCl, HNO ₃ , NO ₃	Månad	Vavihill
Nederbörd	Oorganiska komponenter SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , pH, Na, K, Ca, Mg, Cl, konduktivitet, nederbörsmängd	Dygn	Råö; Bredkålen
		Månad	Vavihill; Aspvreten

Tabell 1:1 *forts.*

Delprogram	Parameter	Frekvens	Stationer
Marknära ozon			
Luft	O ₃	Timme	Vavihill; Råö; Norra Kvill; Grimsö; Aspvreten ¹⁾ ; Bredkålen; Vindeln; Esrange
	O ₃	Månad	Djursvallen, nedre; Docksta; Granan; Jädraås; Pållem; Rickleå; Sjöängen; Sännen; Hoburgen
	NO ₂	Månad	Norra Kvill; Grimsö; Vindeln; Esrange
Partiklar och sot			
	PM ₁₀	Timme	Vavihill ¹⁾ ; Aspvreten ¹⁾
		Dygn	Råö; Bredkålen
	PM _{2.5}	Timme	Vavihill ¹⁾ ; Aspvreten ¹⁾
		Dygn	Råö; Bredkålen
	OC/EC	Dygn	Aspvreten ¹⁾ (kampanjvis)
		Vecka	Vavihill ¹⁾
	Sot	Dygn	Vavihill; Råö; Bredkålen
PM _{2.5} i tätort	Dygn	Burlöv; Stockholm; Umeå	

¹⁾ Drivs av ITM

Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN)

Inom LNKN utförs mätningar av bland annat svavel- och kväveföreningar och basketjoner i nederbörd samt svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon i luft på månadsbasis. Mätprogrammet för 2009 redovisas i Tabell 1:2 och aktiva stationer i Tabell 1:3.

Förändringarna i mätprogrammet från januari 2009 jämfört med 2008 innebar att dygnsmätningarna av lufthalter vid Hoburgen flyttades till Aspvreten. För att inte bryta den långa trend med data som finns från Hoburgen startades månadsmätningar av SO₂, NO₂ och O₃ vid Hoburgen och stationen flyttades till LNKN.

Det finns många olika syften med mätningarna och användningsområden för data från LNKN. Ett användningsområde är att fungera som underlag vid utvärdering av de svenska miljömålen.

Deposition av svavel och kväve är den viktigaste orsaken till att stora delar av Sveriges skogar, fjällområden och sjöar är försurade. Enligt miljömålet *Bara naturlig försurning* skall miljöeffekterna av nedfall inte överskrida gränsen för vad mark och vatten tål av försurande ämnen. Resultat från undersökningstypen kan därför användas som ett mått på om nationella och internationella utsläppsstrategier har effekt i form av minskade mängder nedfall av svavel- och kväveföreningar.

Enligt miljömålet *Ingen övergödning* skall halterna av gödande ämnen i mark och vatten inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten. Övergödning av mark och vatten orsakas av höga halter av kväve- och fosforföreningar. Dessa näringsämnen hamnar i

miljön bl.a. genom nedfall från luften av kväveoxider från trafik och kraftverk. Resultat från undersökningstypen kan användas för att utvärdera om miljömålet *Ingen övergödning* uppnås, alltså om utsläppen av bland andra olika kväveföreningar minskar.

Av miljö kvalitetsmålet *Friske luft* framgår att luften, inom tidsrymden av en generation, skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. Miljö kvalitetsmålet delmål för svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon i luft anges som högsta tillåtna halter i form av bland annat års- och sommarhalvårsmedelvärden, vilka är direkt mätbara med metoden.

Tabell 1:2 Mätprogram inom Luft- och nederbördskemiska nätet 2009.

	Parameter	Enhet	Frekvens
Nederbörd	Nederbördsmängd	(mm/mån)	Månad
Nederbörd	pH	-	Månad
Nederbörd	Halt av sulfat-svavel (SO ₄ -S)	(mg/l)	Månad
Nederbörd	Halt av nitrat-kväve (NO ₃ -N)	(mg/l)	Månad
Nederbörd	Halt av ammonium-kväve (NH ₄ -N)	(mg/l)	Månad
Nederbörd	Halt av klorid (Cl)	(mg/l)	Månad
Nederbörd	Halt av natrium (Na)	(mg/l)	Månad
Nederbörd	Halt av magnesium (Mg)	(mg/l)	Månad
Nederbörd	Halt av kalcium (Ca)	(mg/l)	Månad
Nederbörd	Halt av kalium (K)	(mg/l)	Månad
Nederbörd	Konduktivitet	(mS/m)	Månad
Luft	Halt av svaveldioxid (SO ₂)	(µg/m ³)	Månad
Luft	Halt av kvävedioxid (NO ₂)	(µg/m ³)	Månad
Luft	Halt av marknära ozon (O ₃)	(µg/m ³)	Månad

Tabell 1:3 Aktiva stationer inom Luft- och nederbördskemiska nätet. Observera att startdatum anger den månad då mätningar påbörjades på stationen. I många fall mättes inte samtliga parametrar från startdatum, utan parametrar har tillkommit efter hand.

Station	Halter i luft	Halter i nederbörd
Ammarnäs	-	198301 - 200912
Djursvallen, nedre	199601 - 200912	198801 - 200912
Docksta	199603 - 200912	198301 - 200912
Esränge	-	199009 - 200912
Granan	199401 - 200912	198309 - 200912
Hoburgen	200901 - 200912	-
Jädraås	199401 - 200912	199408 - 200912
Majstre	-	198709 - 200912
Norra Kväll	-	198301 - 200912
Pålkem	199601 - 200912	198301 - 200912
Rickleå	199408 - 200912	198301 - 200912
Ryda Kungsgård	-	199211 - 200912
Sandnäset	-	198301 - 200912
Sjöängen	199408 - 200912	199408 - 200912
Sännen	199601 - 200912	198301 - 200912
Tandövala	-	198801 - 200912
Tyresta	-	198801 - 200912

Krondroppsnätet

Krondroppsnätet är ett gemensamt delprogram ”Nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet i skog”. Den del av Krondroppsnätet som finansieras av Naturvårdsverket utgörs främst av mätningar i nederbörden över öppet fält vid 18 stationer (2009). Nedan följer en beskrivning av hela Krondroppsnätet.

IVL Svenska Miljöinstitutet AB genomför sedan 1985 länsbaserade undersökningar med regional upplösning av luftföroreningar och dess effekter med avseende bland annat på försurning, övergödning och marknära ozon. Grundtanken är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för att kunna ta ett samlat grepp främst för utvärdering av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* på regional nivå. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondroppsnätet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*.

Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondroppsnätets webbplats, www.krondroppsnatet.ivl.se. Mätningarna av deposition används för att beräkna den årliga depositionen vid mätplatsen, men bidrar även till att visa i vilken utsträckning de nationella modellberäkningarna av depositionen ger rimliga resultat. **Deposition av luftföroreningar** mäts månadsvis inom Krondroppsnätet, dels över öppet fält, dels i skogen (krondropp). Mätningarna över **öppet fält**, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden ner. **Krondroppsmätningarna**, speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädkronorna. För vissa ämnen finns en betydande interncirkulation i trädkronorna, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den totala depositionen. **Lufthaltsmätningar** av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon sker med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. Lufthaltsmätningarna ger bl.a. underlag för effektbedömningar, trendanalyser och jämförelser med miljömålet *Frisk Luft*. **Markvattenmätningar** sker med undertryckslysimetrar som suger vatten från 50 cm djup via ett fint, keramiskt filter. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år för att representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. Olika parametrar i markvattnet används som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan, samt utlakning till grund- och ytvatten, för att se i vilken utsträckning utsläppsminskningar av luftföroreningar leder till förbättringar i miljö-tillståndet.

Krondroppsnätet bedrivs främst på uppdrag av Luftvårdsförbund, Länsstyrelser och Naturvårdsverket. De stationer som ingår i den nationella miljöövervakningen inom Krondroppsnätet som finansieras av Naturvårdsverket redovisas i Tabell 1:4.

Tabell 1:4 Stationer inom Krondropps nätet som ingår i den nationella miljöövervakningen, finansierade av Naturvårdsverket.

Stationskod	Namn
S 22 A-0	Blåbärskullen
L 07 A-0	Västra Torup
Y 07 A-0	Storulvsjön
BD02 A-0	Myrberg
AC04 A-0	Högbränna
O 35 A-0	Hensbacka
N 13 A-0	Timrilt
H 03 B	Rockneby
D 11 A-0	Edeby
F 23 A-0	Fagerhult
W 90 A-0	Fulufjäll
A 35 A-0	Farstanäs
E 22 A-0	Höka
Z 04 A-0	Sör-Digertjärn
K 11 A-0	Komperskulla
U 04 A-0	Kvisterhult
H 01 A-0	Ottenby
T 02 A-0	Greckssundet
G 22 A-0	Tagel

De parametrar som mäts över öppet fält inom Krondropps nätet inom den nationella miljöövervakningen är: nederbördsmängd, pH, alkalinitet, SO₄-S, Cl, NO₃-N, NH₄-N, konduktivitet, Ca, Mg, Na, K, Mn, Kj-N samt vid 10 stationer även TOC.

Integrerad miljöövervakning (IM)

Integrerad miljöövervakning i naturekosystem (IM) bedrivs som ett delprogram (ICP-IM) inom FN:s luftkonvention LRTAP (Long-Range Transboundary Air Pollution). Det ingår i Miljöövervakningens Programområde Skog. Programmet startade i Sverige 1981 och internationellt 1989. Sedan 1996 bedrivs IM:s forskning i Sverige vid fyra små avrinningsområden. I områdena mäts in- och utflöde av föroreningar och näringsämnen samt deras effekter i ekosystemet.

Integrerad miljöövervakning bedrivs i små avrinningsområden. Ett sådant område är som en skål med ett helt ekosystem, där man kan mäta in- och utflöde av föroreningar och näringsämnen samt deras effekter i ekosystemet.

IM-programmet finansieras av Naturvårdsverket. I övervakningen deltar, förutom Institutionen för vatten och miljö vid SLU också Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) samt IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Deposition över öppet fält mäts vid alla de 4 IM-stationerna i Sverige inom IM: Gammtratten, Kindlahöjden, Aneboda samt Gårdsjön.

Organiska miljögifter och metaller

Tungmetaller inom EMEP

Med start januari 2009 genomförs övervakning av tungmetaller enligt Tabell 1:5 nedan. Tungmetaller mäts med filterprovtagare (PM₁₀) på månadsbasis med 50 % tidstäckning. Tidigare mättes Pb, Cd, Ni och As endast på Råö-stationen. Filterprov på månadsbasis samlades då in med open-face provtagare med en tidstäckning av 25 %.

Totalt gasformigt kvicksilver i luft (TGM) mättes tidigare endast vid Råö och Pallas. Vid Råö och Pallas tas två dygnsprov per vecka med manuell guldfälla. Mätningar vid Vavihill och Bredkålen sker på samma sätt men med en frekvens av ett dygnsprov per vecka. Partikulärt kvicksilver (TPM) mäts vid Råö (två dygnsprov per vecka) samt vid Pallas (kontinuerliga veckoprov) med hjälp av TPM-minifälla.

För provtagning av tungmetaller (exkl. Hg) i nederbörd samlas månadsvisa trippelprov in med bulkprovtagare. Totalkvicksilver (Hgtot) i nederbörd mäts månadsvis med bulkprovtagare, där dubbelprov samlas in. Samtliga analyser av kvicksilver genomförs vid IVL. Övriga metallanalyser utförs av NILU i Norge.

Tabell 1:5 Aktuellt mätprogram från 2009 avseende tungmetaller inom EMEP.

Delområde	Parameter	Frekvens	Stationer
<i>Metaller</i>			
Luft	As, Cd, Ni, Pb, Co, Cr, Cu, Zn, Mn, V	Månadsvis (på PM ₁₀ -filter), 50%-ig tidstäckning	Vavihill; Råö; Aspvreten; Bredkålen
	Gasformigt totalkvicksilver (TGM)	1-2 dygn per vecka	Vavihill; Råö; Bredkålen; Pallas
	Partikulärt kvicksilver (TPM)	1-2 dygn per vecka	Råö; Pallas
Nederbörd	As, Cd, Ni, Pb, Co, Cr, Cu, Zn, Mn, V	Månadsvis trippelprov	Vavihill; Råö; Aspvreten; Bredkålen
	Totalkvicksilver (tot-Hg)	Månadsvis dubbelprov	Vavihill; Råö; Bredkålen; Pallas

Organiska miljögifter

IVL Svenska miljöinstitutet genomför på uppdrag av Naturvårdsverket mätningar inom den nationella miljöövervakningen av organiska ämnen i luft och nederbörd vid totalt fyra stationer. I Tabell 1:6 visas stationsnätet, startår för mätningarna, mätfrekvensen (2009) och ämnen som ingår i delprogrammet.

Tabell 1:6 Mätprogram – organiska miljögifter i luft och nederbörd.

Grupp	Parameter	Frekvens	Stationer			
			Råö	Pallas	Aspvreten	Vavihill
1	PAH	Månad	1994	1996	1995	2009
2	PCB	Månad	1994	1996	1995	
2	HCB	Månad	2009	2009	2009	
3	Pesticider HCH, klordaner, DDE	Månad	1996	1996	1995*	
3b	Endosulfan (α , β)	Månad	2009	2009		
3d	aldrin, heptaklor, atrazin, diuron, isoproturon	Månad	2009			
4	Bromerade flamskyddsmedel PBDE	Månad	2001	2003	2009	
4	BDE-209, HBCD	Månad	2009	2009		
5	PFAS (PFOS, PFOA)	Månad	2009			
6 (endast luft)	VOC ink bensen (diffusionsprovtaga re)	1 v/månad	2009			
	Dioxiner/furaner och klorparaffiner	4 månader/år	2009		2009	

* ej klordaner

År 2009 utökades den nationella miljöövervakningen av organiska ämnen i luft och nederbörd med flertal nya ämnen. Ämnen som har tillkommit är:

- pesticiderna: α - och β -endosulfan, aldrin, heptaklor, atrazin, diuron och heptaklor
- bromerade flamskyddsmedel: deca-BDE (BDE-209) och hexabromcyklododekan (HCBDD)
- PBDE (47, 99 och 100) tillkom vid stationen Aspvreten
- perflourinerade ämnen (PFAS) i luft och nederbörd, perfloroktansulfat (PFOS) och perfloroktansyra (PFOA) mäts vid Råö.

I syfte att kartlägga betydelsen av atmosfärisk deposition som källa till havsområden påbörjades år 2009 mätningar av dioxiner/furaner samt klorparaffiner vid Råö (Västkusten) och Aspvreten (Östkusten).

Programmet har även utökats med en station, Vavihill, där månadsvisa PAH-mätningar i luft och deposition genomförs.

Från 2009 genomför man alla mätningar på månadsbasis.

Volatila organiska ämnen (VOC)

VOC mäts sedan 2004 i luft inom miljöövervakningsprogrammet. Mätningarna omfattar bland annat provtagning och analys av 30 olika VOC vilka utförs på timbas med en frekvens av en vecka per månad under sex av årets månader (*Potter, A.(2005). Analysis Method for Ozone Precursor Volatile Organic Compounds. IVL Rapport U1121*). Med undantag av formaldehyd och totalkolväte mäts de VOC som rekommenderas för mätning inom Luftkvalitetsdirektivet 2008/50/EG, se Tabell 1:7.

För närvarande mäts VOC på timbas på en plats belägen i centrala Göteborg. Mätplatsen ligger på taknivå, sju våningar upp, och används av Göteborgs miljöförvaltning som där mäter andra relevanta parametrar såsom exempelvis ozon, kväveoxider, vindriktning, vindstyrka och temperatur. Placeringen i taknivå medför att mätplatsen till viss del representerar urban bakgrund vilket också stämmer överens med ozondirektivets kriterier för mätplatsen

Tabell 1:7 De VOC som rekommenderas för mätning inom ozondirektivet.

Etan	trans-2-Buten	n-Hexan	m+p-Xylen
Eten	cis-2-Buten	Isohexan	o-Xylen
Etyl	1,3-Butadien	n-Heptan	1,2,4-Trimetylbensen
Propan	n-Pentan	n-Oktan	1,2,3-Trimetylbensen
Propen	Isopentan	Isooktan	1,3,5-Trimetylbensen
n-Butan	1-Penten	Bensen	
Isobutan	2-Penten	Toluen	Formaldehyd
1-Buten	Isopren	Etylbensen	Totalkolväte

PAH i tätort

I delprogrammet PAH i tätort har det mäts på 10-14 orter regionalt spridda i Sverige. Mätplatsen i Göteborg där VOC mätningarna utförs har också används för mätning av PM₁₀ och PAH. För att få en kostnadseffektiv provtagning har de övriga orterna valts ut bland de kommuner som ingår i Urbanmätnätet. Detta medför att mätplatserna ibland byts ut inför nya mätsäsonger p.g.a. att kommunerna valt ett nytt mätprogram där PM₁₀ inte längre ingår.

Orterna har valts ut för att ge en så god geografisk spridning som möjligt över Sverige. Urvalet är också tänkt att visa på olika typer av haltbidrag, t ex från trafik eller från vedeldning och för att kunna bedöma betydelsen av atmosfärisk långdistanstransport.

Mätningarna skall visa belastningen av PAH i urban bakgrundsmiljö varför provtagningsstationen bör väljas så att direktpåverkan från lokala källor undviks. Provtagningsplatsen skall dock representera ett belastat område i tätorten, där ett stort antal människor vistas. Dessa kriterier uppfylls väl då de flesta mätplatserna ingår i Urbanmätnätet och därmed är placerade i urban bakgrund. En annan fördel med att använda mätplatser från Urbanmätnätet är att det finns möjlighet att få tillgång till andra variabler såsom PM₁₀, sot, NO₂ och SO₂. De orter som ingått i delprogrammet PAH i tätort under åren 2005-2009 presenteras nedan i Tabell 1:8.

Tabell 1:8 Valda orter från Urbanmätnätet 2005-2009

Mätsäsong			
2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Trelleborg	Trelleborg	Trelleborg	Trelleborg
Landskrona	Landskrona	Landskrona	Landskrona gaturum
Landskrona Gaturum	Landskrona gaturum	Landskrona gaturum	Värnamo
Hässleholm	Kristianstad	Kävlinge	Göteborg
Värnamo	Värnamo	Kalmar	Jönköping
Västervik	Värnamo gaturum	Värnamo	Kalmar
Göteborg	Göteborg	Göteborg	Örebro
Tidaholm	Tidaholm	Tranås	Uppsala
Karlskoga	Karlskoga	Uppsala	Sunne
Uppsala	Uppsala	Timrå	Timrå
Ljusdal	Falun	Kramfors	Östersund
Östersund	Östersund	Östersund	
Sollefteå	Timrå	Boden	
Övertorneå	Sollefteå	Jokkmokk	

De enskilda PAH:er som mäts i programmet och ingår i summa-PAH redovisas i Tabell 1:9.

Tabell 1:9 PAH:er som rapporteras i mätprogrammet

3-4 ringar	5 -6 ringar
Fenantren	Benso(b)flouranten
Antracen	Benso(k)flouranten
Flouranten	Benso(a)pyren
Pyren	Dibenso(ah)antracen
Benso(a)antracen	Benso(ghi)perylen
Krysen	Indeno(1,2,3-cd)pyren

Växtskyddsmedel (pesticider) i luft och nederbörd

Miljöövervakning av pesticider i deposition genomförs av SLU på uppdrag av Naturvårdsverket vid två stationer, vid Vavihill i Skåne sedan 2002 och vid Aspvreten i Södermanland sedan 2009. I Tabell 1:10 har resultaten från Vavihill sammanställts. Provtagningen omfattar insamling av nederbörd (bulkdeposition) och är händelsestyrd (d.v.s. är avhängig på hur mycket det regnar) med som mest 14 dagar mellan start av nederbördsinsamling och uttag av prov för analys. Proverna samlas i ett kylskåp (+4 °C) under insamlingsperioden. Insamlingen har huvudsakligen skett under två perioder, maj-juni och september-oktober, med 10-13 prover per år, men sedan 2008 har provtagningssäsongen förlängts vid Vavihill och omfattar numera hela perioden april-oktober. Vinterprovtagning har genomförts vid ett tillfälle (2008/2009). Vid Aspvreten pågår insamlingen under perioden maj-oktober. Sedan 2009 ingår även insamling av luftprover vid Vavihill under perioden maj-oktober.

Strategin var inledningsvis att samla in prov under den mest besprutningsintensiva perioden i Sverige, d.v.s. under försommar och höst. Sedan 2008 är dock provperioden utökad till hela sommarhalvåret (april-oktober), dels med tanke på att besprutningssäsongen på kontinenten både börjar tidigare och slutar senare än i Sverige och dels då många grödor (både i Sverige och i våra grannländer) behandlas under hela sommarsäsongen (främst fungicider och insekticider). Variabler som analyserats är aktiva substanser av bekämpningsmedel (pesticider) som främst används inom jordbruket och trädgårdsnäringen. De utvalda substanserna framgår av Tabell 1:11 och inkluderar tre grupper av pesticider: 1) pesticider som är förbjudna inom EU; 2) pesticider som är förbjudna i Sverige men används inom andra EU-länder; 3) pesticider som är tillåtna i Sverige. Listan inkluderar samtliga prioriterade pesticider inom EG:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG), även om alla utom en numera är förbjudna i Sverige. Sammanlagt ingår för närvarande cirka 80 substanser i nederbördsanalyserna och cirka 70 substanser i luftanalyserna, samt några nedbrytningsprodukter, varav flertalet också ingår i den nationella miljöövervakningen av pesticider i yt- och grundvatten, samt sediment.

Tabell 1:10 Sammanställning över resultat från pesticidprovtagning vid Vavihill, 2002-2009.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Antal månader	4	4	4	4	4	4	6	7
Antal prov	10	12	12	13	12	12	17	23
Antal analyserade substanser	79	81	85	86	74	73	82	84
Antal detekterade substanser	31	36	34	38	38	33	46	37
varav förbjudna*	8 (+3)	11 (+3)	9 (+3)	12 (+2)	13 (+3)	11 (+4)	16 (+2)	9 (+3)
Högsta halt av en enskild substans (µg/l)	0,3	0,4	0,08	0,8	2,0	1,6	2,1	2,4
Högsta deposition, enskild substans (µg/m ²)	6,6	25,4	5,4	43,4	75,9	76,3	169,3	183,1
Summa deposition, perioden (µg/ m ²)	30	87	42	95	142	105	224	225

* Antal substanser som inte är registrerade för användning i Sverige (+ antalet nedbrytningsprodukter till ej registrerade substanser inom parentes).

Tabell 1:11 Växtskyddsmedel (pesticider) som ingår i analyserna av nederbörd och luft (2009).

Substans	Typ [#]	Grupp*	Regn	Luft	Substans	Typ [#]	Grupp*	Regn	Luft
aklonifen	H	C	X	X	hexaklorbensen	F,N	A	X	X
alaklor	H	A	X	X	imazalil	F	C	X	
aldrin	I	A	X	X	imidakloprid	I	C	X	
alfacypermetrin	I	C	X	X	iprodion	F	B	X	X
atrazin	H	A	X	X	isoproturon	H	C	X	X
DEA	N		X	X	karbofuran	I	A		X
azoxystrobin	F	C	X	X	klopyralid	H	C	X	
benazolin	H	A	X		klordan-alfa	I	A		X
bentazon	H	C	X		klordan-gamma	I	A	X	X
betacyflutrin	I	C	X	X	klorfenvinfos	I	A	X	X
bitertanol	F	C	X	X	kloridazon	H	C	X	
cyanazin	H	A	X	X	klorpyrifos	I	B	X	X
cyflutrin	I	C	X	X	kvinmerak	H	C	X	
cypermetrin	I	C	X	X	lambda-cyhalotrin	I	C	X	X
cyprodinil	F	C	X	X	lindan (HCH-gamma)	I	A	X	X
2,4-D	H	B	X		HCH-alfa	N		X	X
DDT-p,p	I	A		X	HCH-beta	N		X	X
DDE-p,p	N			X	HCH-delta	N		X	X
deltametrin	I	C	X	X	linuron	H	B	X	X
diflufenikan	H	C	X	X	MCPA	H	C	X	
dikamba	H	B	X		mekoprop	H	C	X	
diklobenil	H	B	X	X	metalaxyl	F	C	X	X
diklorprop	H	C	X		metamitron	H	C	X	X
dimetoat	I	C	X	X	metazaklor	H	C	X	X
diuron	H	B	X	X	metribuzin	H	C	X	X
α-endosulfan	I	A	X	X	pendimetalin	H	B	X	X
β-endosulfan	I	A	X	X	penkonazol	F	C	X	X
endosulfansulfat	N		X	X	permetrin	I	C	X	X
epoxikonazol	F	B	X	X	pikoxystrobin	F	C	X	X
esfenvalerat	I	C	X	X	pirimikarb	I	C	X	X
etofumesat	H	B	X	X	procymidon	F	A	X	X
fenarimol	F	A	X	X	prokloraz	F	C	X	X
fenitrotion	I	A	X	X	propikonazol	F	C	X	X
fenmedifam	H	C	X		propyzamid	H	C	X	X
fenoxaprop-P	H	C	X		prosulfokarb	H	C	X	X
fenpropimorf	F	C	X	X	quinoxifen	F	B	X	X
flamprop	H	A	X		simazin	H	A	X	X
fludioxonil	F	C	X	X	tau-fluvalinat	I	C	X	X
fluroxipyr	H	C	X		terbutryn	H	A	X	X
flurtamon	H	C	X	X	terbutylazin	H	B	X	X
flusilazol	F	B	X	X	DETA	N		X	X
flutriafol	F	B	X	X	tolklofosmetyl	F	C	X	X
fuberidazol	F	C	X	X	trifluralin	H	A	X	X
heptaklor	I	A	X	X	vinklozolin	F	A	X	X

[#] = H – herbicid; F – fungicid; I – insekticid; N – nedbrytningsprodukt (alt. biprodukt).

* = A – förbjuden inom EU; B – förbjuden i Sverige, men godkänd inom EU; C – godkänd för användning i Sverige. Anger läget 2010.

Vid revideringen av programmet 2007 föreslogs att programmet skulle inkludera sju nya angelägna substanser (epoxikonazol, fenarimol, flusilazol, flutriafol, linuron, procymidon och quinoxifen). Ingen av pesticiderna är registrerade i Sverige, samtliga är förhållandevis persistenta i miljön och flertalet uppvisar hormonstörande och/eller reproduktionsstörande egenskaper. Två av substanserna (fenarimol och procymidon) har sedan dess förbjudits inom EU, medan övriga är fortsatt godkända för användning på kontinenten.

Aktuella direktiv, konventioner, miljömål mm

Ramdirektivet för vatten (2000/60/EU), med tillhörande lista över prioriterade substanser (2455/2001/EC). I direktivet anges även att substanser som ”släpps ut i betydande mängd” ska kontrolleras.

Miljökvalitetsmålet Giftfri miljö.

EG:s direktiv 91/414/EEG som reglerar villkoren för registrering av växtskyddsmedel inom EU. Direktivet kommer att ersättas av en ny gemensam EG förordning, nr 1107/2009, i juni 2011.

Tematisk strategi för en uthållig användning av växtskyddsmedel - EU direktiv 2009/128.

Prioriterad ämnesgrupp inom HELCOM, OSPAR och FNs miljögiftskonvention (Stockholmskonventionen).

Handlingsprogrammet (Rapport 2002:7 från Jordbruksverket och KEMI) om riskminskning vid användning av växtskyddsmedel.

Hälsoaspekterna har börjat uppmärksammas alltmer. Det pågår arbete i Kalifornien med att ta fram hälsorelaterade gränsvärden för växtskyddsmedel i luft.

Bilaga 2 Miljökvalitetsnormer och miljömål

Tabell 2:1 Miljökvalitetsnorm för NO_2 i utomhusluft, värden som inte får överskridas.

Medelvärdestid	Värde	Anmärkning
För skydd av människors hälsa:		
1 timme	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Värdet får inte överskridas mer än 175 timmar per år (98-percentil)
1 dygn	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Värdet får inte överskridas mer än 7 dygn per år (98-percentil)
1 år	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aritmetiskt medelvärde
För skydd av vegetation:		
1 år	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aritmetiskt medelvärde av NO_x

Tabell 2:2 Miljökvalitetsnormer för SO_2 i utomhusluft, värden som inte får överskridas.

Medelvärdestid	Värde	Anmärkning
För skydd av människors hälsa:		
1 timme	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Värdet får inte överskridas mer än 175 timmar per år (98-percentil)
1 dygn	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Värdet får inte överskridas mer än 7 dygn per år (98-percentil)
För skydd av ekosystem:		
1 vinterhalvår	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aritmetiskt medelvärde
1 år	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aritmetiskt medelvärde

Tabell 2:3 Miljökvalitetsnormer för PM_{10} i utomhusluft, värden som inte får överskridas.

Medelvärdestid	Värde	Anmärkning
1 dygn	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Värdet får inte överskridas mer än 35 dygn per år (90-percentil)
1 år	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aritmetiskt medelvärde

Tabell 2:4 Miljökvalitetsnormer för $\text{PM}_{2.5}$ i utomhusluft, värden som ska eftersträvas till och med den 31 december 2014 (gäller endast det aritmetiska medelvärdet) och inte får överskridas från och med den 1 januari 2015.

Medelvärdestid	Värde	Anmärkning
1 år	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aritmetiskt medelvärde
3 år	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nationell nivå för genomsnittlig exponering ¹⁾

¹⁾ Sammanlagda medelvärdet för koncentrationen av $\text{PM}_{2.5}$ på urbana bakgrundsplatser (nationella stationer) under en treårsperiod (2013, 2014 och 2015).

Tabell 2:5 Miljökvalitetsnormen för **bensen** i utomhusluft, värden som inte får överskridas.

Medelvärdestid	Värde	Anmärkning
1 år	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aritmetiskt medelvärde

Tabell 2:6 Miljö kvalitetsnormen för **kolmonoxid** i utomhusluft, värden som inte får överskridas.

Medelvärdestid	Värde	Anmärkning
8 timmar	10 mg/m ³	högsta halt som glidande medelvärde

Tabell 2:7 MKN för **ozon** i utomhusluft, värden som ska eftersträvas.

Medelvärdestid	Värde	Anmärkning
<i>För skydd av människors hälsa:</i>		
8 timmar	120 µg/m ³	högsta halt som glidande medelvärde under ett dygn
timmedelvärde	180 µg/m ³	tröskelvärde för information
timmedelvärde	240 µg/m ³	tröskelvärde för larm
<i>För skydd av växtlighet:</i>		
AOT40 ¹⁾	18 000 µg	t.o.m. 31 december 2019, genomsnittligt värde under en femårsperiod
AOT40 ¹⁾	6 000 µg	fr.o.m. 1 januari 2020

1) Exponeringsindex AOT uttrycks i µg/m³ för en viss tidsperiod och avser värde för summerade överskridanden av en viss halt ozon. AOT40 beräknas under perioden 1 maj – 31 juli, för varje timme mellan kl. 08-20 bestäms ett timmedelvärde som skillnaden mellan den koncentration av ozon som överstiger 80 µg/m³ och 80 µg/m³. Skillnaderna summeras till en totalsumma för hela perioden.

Tabell 2:8 MKN för **arsenik, kadmium, nickel och benso(a)pyren** som inte får överskridas efter den 31 december 2012. MKN för **bly** som ej får överskridas.

	Målvärde (för totalinnehållet i PM ₁₀ -fraktionen som medelvärde under ett år)
Arsenik	6 ng/m ³
Bly	0.5 µg/m ³
Kadmium	5 ng/m ³
Nickel	20 ng/m ³
PAH (med Benso(a)pyren som indikator)	1 ng/m ³

Tabell 2:9 Miljömål för luftföroreningar i Sverige.

Ämnesgrupp (avser skydd av människors hälsa om ej annat anges)	Svenskt miljömål (år då mål skall nås)	
	Delmål	Generationsmål
<u>Kvävedioxid (NO₂)</u> NO ₂ Timme ¹⁾ NO ₂ År	60 µg/m ³ (2010) 20 µg/m ³ (2010)	
<u>Svaveldioxid (SO₂)</u> År (kulturvärden)	5 µg/m ³ (2005)	
<u>Ozon (O₃)</u> Timme 8-timmarsmedel ²⁾ Sommarhalvår (växtlighet) ³⁾	120 µg/m ³ (2010)	80 µg/m ³ (2020) 70 µg/m ³ (2020) 50 µg/m ³ (2020)
<u>Partiklar (PM₁₀, PM_{2,5})</u> PM ₁₀ Dygn ⁴⁾ PM _{2,5} Dygn ⁵⁾ PM ₁₀ År PM _{2,5} År ⁶⁾	35 µg/m ³ (2010) 20 µg/m ³ (2010) 20 µg/m ³ (2010) 12 µg/m ³ (2010)	30 µg/m ³ (2020) 15 µg/m ³ (2020)
<u>Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)</u> Benso(a)pyren År ⁷⁾	0,0003 µg/m ³ (2015)	0,0001 µg/m ³ (2020)
<u>Lättflyktiga organiska ämnen (VOC)</u> Bensen År Eten År Formaldehyd Timme		1 µg/m ³ (2020) 1 µg/m ³ (2020) 10 µg/m ³ (2020)

1) Får överskridas högst 175 gånger per år (98-percentil, timme) förutsatt att föroreningsnivån inte överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår (99,8-percentil). Normen är strängare än EU:s gränsvärde. Det nya svenska delmålet för kvävedioxid per timme får överskridas högst 175 timmar per år och delmålet skall i huvudsak underskridas år 2010.

2) Gäller skydd för människors hälsa. EU har samma målvärde men tillåter att halten överskrids högst 25 gånger per år (avser högsta rullande 8-timmars medelvärde per dygn) som ett medeltal under tre år i rad. Normen är strängare än EU:s målvärde.

3) AOT 40 (uttryckt i µg/m³ * h) beräknas genom att summera skillnaden mellan timmedelhalter över 80 µg/m³ (=40 ppb) och 80 µg/m³ för värden uppmätta mellan kl. 08-20 medeleuropeisk tid varje dag under perioden 1 maj till 31 juli varje år.

4) Normen för PM₁₀ för dygn får överskridas högst 35 gånger per år (90-percentil, dygn). Delmålet får överskridas högst 37 gånger per år.

5) Delmålet för PM_{2,5} för dygn får överskridas högst 37 dygn per år. Naturvårdsverket har föreslagit regeringen att en miljökvalitetsnorm för PM_{2,5} på 25 µg/m³ (90-percentil) som dygnsmedelvärde införs för år 2007.

6) EU-förslag till gräns- eller riktvärde för PM_{2,5} finns.

7) EU har beslutat om ett målvärde på 0,001 µg/m³ som årsmedelvärde som skall nås senast år 2012. EU:s målvärde kommer att vara underlag för miljökvalitetsnorm i Sverige. Det svenska delmålet skall i huvudsak underskridas år 2015.

Bilaga 3 Mätstationsindelning för utvärdering av lufthalter

Indelning av mätstationer i sex regioner för redovisning av halter i luft av SO₂-S och NO₂-N 2001-2009.

Region	Station	Mät nät
Norrland – västra	Pålkem Myrberg Högbränna Bredkålen Djursvallen, nedre	LNKN Krondropps nätet Krondropps nätet EMEP LNKN
Norrland – östra	Gammtratten Rickleå Docksta Storulvsjön Jädraås	IM LNKN LNKN Krondropps nätet LNKN
Svealand utan Stockholmsregionen	Blåbärskullen Onsjö ¹⁾ Kindlahöjden Kvisterhult	Krondropps nätet Krondropps nätet IM Krondropps nätet
Svealand – Stockholmsregionen	Sticklinge Ulriksdal ¹⁾ Farstanäs	Krondropps nätet Krondropps nätet Krondropps nätet
Götaland – inlandet	Granån Sjöängen Höka Risebo Fagerhult Aneboda	LNKN LNKN Krondropps nätet Krondropps nätet Krondropps nätet IM
Götaland – kust och Skåne	Hensbacka Gårdsjön Rörvik/Råö Timrilt Rockneby Hoburgen Vavihill Västra Torup Sännen Ottenby	Krondropps nätet IM EMEP Krondropps nätet Krondropps nätet EMEP EMEP Krondropps nätet LNKN Krondropps nätet

1) Mätdata finns endast för NO₂-N

Bilaga 4 Statistisk analys

Den statistiska analysen som genomförts för nedfallsmätningarna har utförts med Mann-Kendall-analys. Mann-Kendall är en utvärderingsmetod för att påvisa signifikanta monotona trender (Mann, 1945) utan att göra antaganden om någon fördelning för värdena. Mann-Kendall kan användas för att analysera flera platser samtidigt och på så små dataset som fyra värden per plats. Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att ett fåtal eventuella kraftigt avvikande värden inte påverkar resultatet i någon större utsträckning. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör Mann-Kendall till en robust metod som passar för utvärdering av nedfallsmätningarna.

Signifikans anges i tre olika nivåer;

$p < 0.05 = *$ signifikans; $p < 0.01 = **$ signifikans; $p < 0.001 = ***$ signifikans.

Grupp	Parameter	Statistisk signifikans	Total procentuell förändring över hela perioden
Område 1	Neb_mm		-14
Område 2	Ned_mm		-23
Område 3	Ned_mm		-16
Område 4	Ned_mm		9
Område 5	Ned_mm		-2
Område 6	Ned_mm		-6
Område 1	H+_kggha	*	-39
Område 2	H+_kggha		-38
Område 3	H+_kggha		-34
Område 4	H+_kggha		-17
Område 5	H+_kggha		-31
Område 6	H+_kggha		-52
Område 1	SO ₄ -Sex_kgha	**	-51
Område 2	SO ₄ -Sex_kgha	*	-54
Område 3	SO ₄ -Sex_kgha		-42
Område 4	SO ₄ -Sex_kgha		-33
Område 5	SO ₄ -Sex_kgha	*	-47
Område 6	SO ₄ -Sex_kgha	**	-50
Område 1	NO ₃ -N_kgha		-25
Område 2	NO ₃ -N_kgha		-31
Område 3	NO ₃ -N_kgha		-18
Område 4	NO ₃ -N_kgha		-4
Område 5	NO ₃ -N_kgha		-15
Område 6	NO ₃ -N_kgha	*	-31

Grupp	Parameter	Statistisk signifikans	Total procentuell förändring över hela perioden
Område 1	NH ₄ -N_kgha	*	-51
Område 2	NH ₄ -N_kgha		-34
Område 3	NH ₄ -N_kgha		-44
Område 4	NH ₄ -N_kgha		-16
Område 5	NH ₄ -N_kgha		8
Område 6	NH ₄ -N_kgha		-19
Område 1	Oorg_N_kg/ha		-36
Område 2	Oorg_N_kg/ha		-29
Område 3	Oorg_N_kg/ha		-34
Område 4	Oorg_N_kg/ha		-8
Område 5	Oorg_N_kg/ha		3
Område 6	Oorg_N_kg/ha	*	-27
Område 1	Cl_kgha		-30
Område 2	Cl_kgha		9
Område 3	Cl_kgha		-14
Område 4	Cl_kgha		6
Område 5	Cl_kgha		20
Område 6	Cl_kgha		19
Område 1	Ca_kgha		88
Område 2	Ca_kgha		16
Område 3	Ca_kgha		-1
Område 4	Ca_kgha		14
Område 5	Ca_kgha		8
Område 6	Ca_kgha		16
Område 1	Mg_kgha		-10
Område 2	Mg_kgha		17
Område 3	Mg_kgha		6
Område 4	Mg_kgha		32
Område 5	Mg_kgha		36
Område 6	Mg_kgha		43
Område 1	Na_kgha		-8
Område 2	Na_kgha		40
Område 3	Na_kgha		7
Område 4	Na_kgha		20
Område 5	Na_kgha		27
Område 6	Na_kgha		33

Grupp	Parameter	Statistisk signifikans	Total procentuell förändring över hela perioden
Område 1	K_kgha		-27
Område 2	K_kgha		31
Område 3	K_kgha		-17
Område 4	K_kgha		20
Område 5	K_kgha		52
Område 6	K_kgha		10

Referens

Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend: *Econometrica* v. 13, p. 245–259.

Bilaga 5 Analysmetoder

Nedan ges en kortfattad beskrivning av analysmetoder för de ämnen och ämnesgrupper under delprogrammet ”Organiska miljögifter i luft och nederbörd”, för vilka metodbeskrivningar i Undersökningstyper och sakrapporten från 2006 (Hansson et al., 2006) saknas.

PFAS

En månads luftprovtagning ger 4 st filter. Ett av filtren spikades med isotopmärkt internstandard (¹³C-PFOS och ¹³C-PFOA). Alla fyra filtren extraherades i ett och samma Falconrör med metanol. Provets volym reducerades sedan till 1 ml med hjälp av rullindunstning och kvävgas. Slutligen renades prover med grafitiserat kol och analyserades sedan med HPLC-MS/MS.

Deca-BDE, HBCD

Pesticidfraktionerna (fraktion 2 och 3) från PCB upparbetningen användes för vidare analys av deca-BDE och HBCD. Analyserna genomfördes med GC-ECD.

Atrazin, diuron, isoproturon

Proverna soxhletsextraherades i aceton och en del av extraktet togs ut för analys av atrazin, diuron och isoproturon. Acetonextrakten koncentrerades och späddes i metanol. Analys gjordes med LC-MS-MS med elektrospRAY i positiv mod för atrazin och isoproturon, och i negativ mod för diuron.

Aldrin, heptaklor

En del av det extrakt som upparbetats för analys av PCB, men som ej behandlats med svavelsyra, analyserades med GC-MS-NCI med metan som reaktionsgas.

Endosulfan

Vid fraktionering av extrakt för analys av PAH uttogs ytterligare en fraktion innehållande mer polära komponenter som analyserades med GC-MS-NCI med metan som reaktionsgas. Som internstandard användes deutererad alfa- och beta-endosulfan.

Dioxiner

Proverna soxhletsextraherades i aceton i 24 timmar. Luftfiltren efterextraherades i toluen. De båda extrakten slogs ihop och provet spikades med en internstandard. Prover genomgick därefter flera uppretningssteg och analyserades med en högupplösande GC-MS. Provbearbetningen och analysen gjordes på NILU, Norge.

Klorparaffiner

Proverna soxhletsextraherades i aceton i 24 timmar och spikades med en internstandard. Proverna genomgick därefter flera uppretningssteg och analyserades med en högupplösande GC-MS. Provbearbetningen och analyserna genomfördes på NILU, Norge.

Referenser

Hansson K., Palm Cousins A., Brorström-Lundén E., IVL och Leppanen S., Finnish Meteorological Institute, FMI, Finland (2006): ”Atmospheric concentrations in air and deposition fluxes of POPs at Råö and Pallas, trends and seasonal and spatial variations”, Statusrapport, IVL U1967.