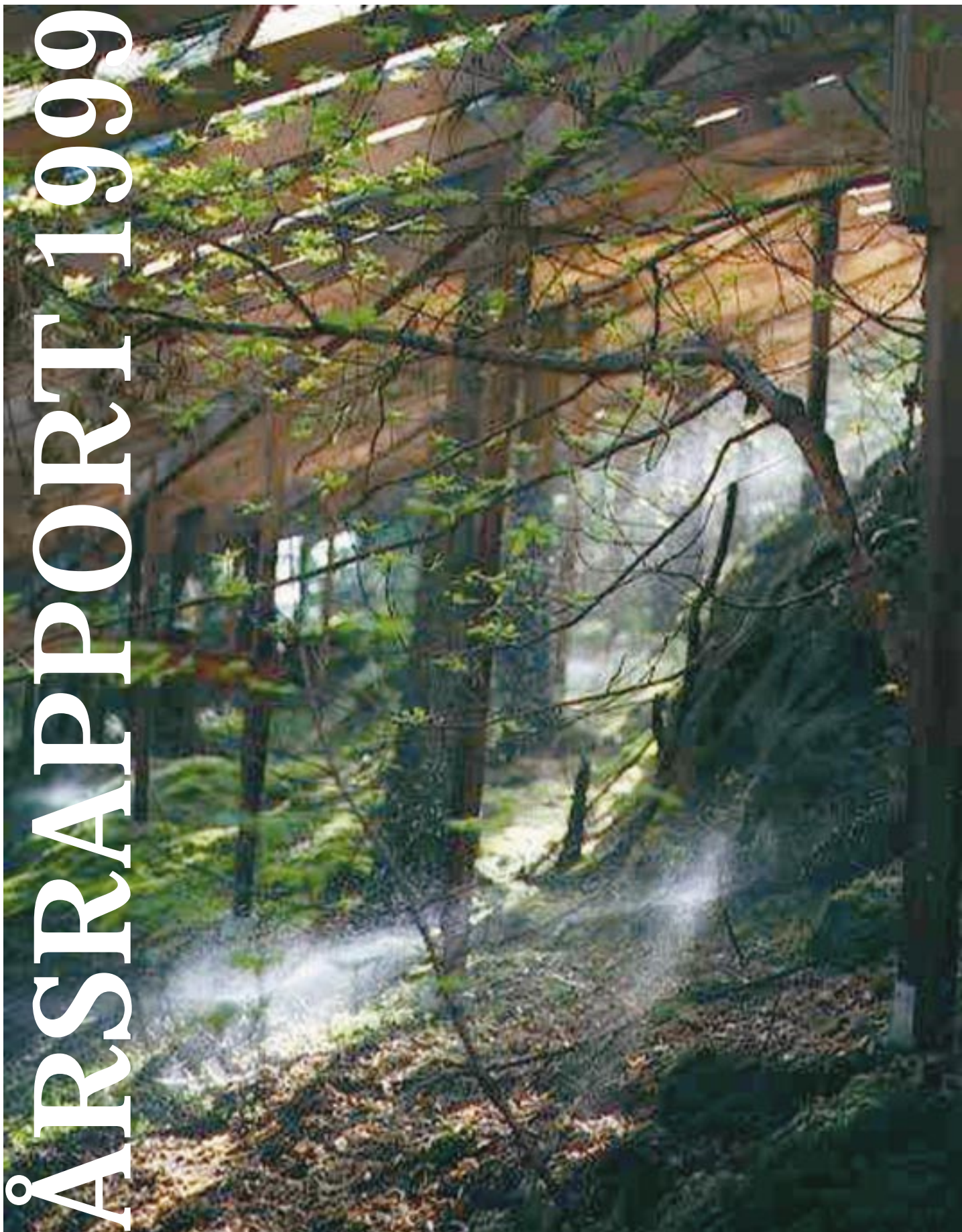


# ÅRSRAPPORT 1999



## Gränsöverskridande Luftföroeningar

ASTA – International and National Abatement Strategies for Transboundary Air Pollution

Ett forskningsprogram finansierat av MISTRA – Stiftelsen för miljöstrategisk forskning



## INNEHÅLL

- 4 Mål
- 5 Programstruktur
- 6 Varför fortsatt forskning kring gränsöverskridande luftföroreningar?  
Lars Lindau, Naturvårdsverket
- 8 Forskningen kring gränsöverskridande luftföroreningar kräver nya koncept.  
Peringe Grennfelt, IVL
- 10 Nationella strategier för bedömning av försurningsutveckling och biobränsleuttag.  
Olle Westling, IVL
- 13 Återhämtning av försurade marker.  
Per Warfvinge och Mattias Alveteg, Lunds universitet och Filip Moldan, IVL
- 16 Kväve i skogsekosystem – ett problem med flera dimensioner?  
Torgny Näsholm, Sveriges Lantbruksuniversitet
- 19 Från halt till upptag – nya grepp i ozonforskningen  
Håkan Pleijel och Per-Erik Karlsson, IVL
- 22 Partiklar och hälsa – en ny drivkraft inom internationellt luftvårdsarbete  
Hans Christen Hansson, ITM, Stockholms universitet
- 25 Forskning och politik inom konventionen för gränsöverskridande luftföroreningar  
Rolf Lidskog och Göran Sundqvist, Göteborgs universitet
- 28 Organisation  
Programstyrelse  
Programråd  
Delprogram och deltagare
- 30 Ekonomisk översikt

# ASTA-programmets mål

Programmets övergripande mål är att ta fram vetenskapligt baserat underlag för internationella åtgärder mot gränsöverskridande luftföroreningar i Europa samt för utveckling av nationella strategier och åtgärder inom olika sektorer där gränsöverskridande luftföroreningar är av betydelse.

ASTA-programmet är inriktat mot försurning, kvävet påverkan på skogsekosystem, marknära ozon, kvicksilver och partiklar. Närliggande miljöfrågor inkluderas, såsom biobränslets försurande inverkan.

Projektet har dessutom till syfte att

---

- stärka och för framtiden säkra svensk kompetens som kan användas inom det internationella förhandlingsarbetet,
- via internationella nätverk skapa samförstånd kring uppnådda resultat,
- informera om och visualisera luftföroreningsproblemet för ökad förståelse hos olika beslutsfattare samt
- uppnå bättre förståelse för samspelet mellan vetenskap och politik.

Programmet skall ta hänsyn till andra internationella initiativ via såväl konventioner och EU-direktiv som förändrade strategier och synsätt hos näringsliv, myndigheter och allmänhet.

# Programstruktur 1999

Den övergripande strukturen för ASTA under 1999 berör tre centrala forskningsområden som är indelade i olika delprogram. Dessa sammanfaller i stort med hela programmets inriktning.

## Integrerade analyser, Programområde A

- Internationellt centrum för utvärdering och syntes (A1)
- Nationell plattform för strategier avseende emissioner och markanvändning (A2)
- Integrerade modeller för internationella åtgärdsstrategier (A3)

## Vetenskapliga processer bakom åtgärdsstrategier, Programområde B

- Ett samhällsvetenskapligt perspektiv (B)

## Naturvetenskapligt underlag för framtida åtgärdsstrategier, Programområde C

- Försurning: Återhämtning från försurning – experiment och modellering (C1)
- Övergödning: Förändringar i kvävebelastade ekosystem – ekofysiologisk respons och vegetationsutveckling (C2)
- Marknära ozon: Effekter på träd och grödor (C3)
- Kvicksilver: Atmosfärskemiska processer (C4)
- Atmosfäriska processer: Partiklar, molnkemi och ozontrender (C5)

## ASTA-programmets struktur 1999-2002



# Varför fortsatt forskning kring gränsöverskridande luftföroreningar?

Lars Lindau, Naturvårdsverket

## Göteborgsprotokollet – sänkta utsläppstak i Europa

I december förra året undertecknade 30 länder "Göteborgsprotokollet" – en internationell överenskommelse mellan Europas länder samt USA och Kanada för att begränsa försurning, eutrofiering och oxidanter. Det bygger på givna mål med avseende på kritiska belastningsgränser i Europa och är baserat på en kostnadseffektiv åtgärdsstrategi för begränsning av SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC och NH<sub>3</sub>. Protokollet innehåller utsläppstak för samtliga länder och medför betydande utsläppsreduktioner för nästan alla länder fram till år 2010. Även efter det att alla åtgärder genomförts kommer man att ha en bra bit kvar till målet som är att nå de kritiska belastningsgränserna. Eftersom protokollet innehåller bestämmelser om en revision kommer troligtvis ett reviderat protokoll med skärpta utsläppskrav till år 2015 att bli verklighet inom en femårsperiod. För att underbygga kraven och möjliggöra initiativ inför revisionen är en fortsatt svensk och nordisk forskning inom olika nyckelområden nödvändig.

Inom Konventionen för långväga gränsöverskridande luftföroreningar (CLRTAP) har under de senaste 15 åren lagts ner stora arbetsinsatser för att klarlägga utsläpp och deposition, kritisk belastning och kostnadseffektiva åtgärdsalternativ. CLRTAP har haft stor vetenskaplig tyngd där svensk och nordisk forskning har därvid gett betydande och viktiga bidrag.

## EU-kommisionens förslag går ännu längre

EU har beslutat om en försurningsstrategi som innebär att man inom EU på lång sikt skall klara de kritiska belastningsgränserna. Man skall stegvis begränsa utsläppen på ett kostnadseffektivt sätt. EU-kommisionen har också lagt ett förslag till EU-rådet som innebär ett utsläppstak för SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC och NH<sub>3</sub> till år 2010. Det är baserat på samma underlag som Göteborgsprotokollet, d.v.s. beräkningar med "RAINS-modellen" (Regional Air

Pollution Information and Simulation Model). Kommissionens förslag är dock mer långtgående än Göteborgsprotokollet och det förhandlas för närvarande i rådet. Ett slutligt beslut kan komma under Sveriges ordförandetid våren 2001.

I Europa finns betydande problem med luftkvaliteten i stora urbana områden. Det finns EU-beslut om maximala högsta tillåtna halter av flera viktiga luftföroreningar som skall nås till år 2005 och 2010. EU-beslutet om högsta tillåtna oxidant- och partikelhalter ligger dock på en nivå som kommer innebära en fortsatt påverkan på den känsligare delen av befolkningen. För att skydda även denna del som omfattar många människor ute i Europa, måste en ytterligare skärpning ske.

Inom EU planerar man för ett långsiktigt program på luftföroreningsområdet, det sk. CAFE-programmet. I detta söker man få till stånd en gemensam samordnad strategi för lokala/urbana luftkvalitetsfrågor, bilavgasfrågor, det s.k. autooil-programmet, försurnings/eutrofiering/oxidant - samt klimatfrågorna. Utgångspunkten är en revidering av direktiven för utsläppstak respektive luftkvalitet.

## Försurningsituationen i Sverige

Depositionen av försurande ämnen överskrider fortfarande belastningsgränserna över stora områden i Sverige. Under 1990 låg man över gränsen i cirka 15 % av ekosystemens yta. Om Göteborgsavtalet följs kommer denna yta att minska till cirka 4 % till år 2010. Det är fortfarande en alltför stor yta och därför uppenbarligen inget slutmål.

## Vad vill vi åstadkomma inom ASTA

Forskningen inom luftvårdsområdet har haft god kontakt med politiker och myndigheter och resultaten har länge använts direkt för problemdimensionering och utveckling av åtgärdsstrategier. Flera länder i Europa samt i Nordamerika har satsat och satsar fortfarande



Lars Lindau



betydande resurser på FoU inom luftvårdsområdet. Erfarenheterna visar att uppbyggnaden av kompetens och produktionen av forskningsresultat är en nyckelfaktor. Det ger förutsättningar för att delta i det internationella FoU-samarbetet, där man kan ta del av och utvärdera resultaten från pågående forskning samt påverka uppläggningsen av det internationella luftvårdsarbetet

För att få till stånd de ytterligare utsläppsbegränsningar som är nödvändiga, krävs ”hårda” data och ett vetenskapligt underlag som accepteras allmänt i forskarvärlden. Det är också viktigt att delta i utvecklingen av ett utökat sektorsansvar inom EU och länderna i Europa. Mycket är vunnet om man kan ställa upp och få accepterat tydliga och uppföljningsbara miljökvalitet- och åtgärds mål för ländernas olika sektorer. Kritisk belastning, luftkvalitet och utsläppstak är exempel på sådana mål. Erfarenheterna visar att man kan uppnå goda resultat i diskussioner länder emellan om man vid rätt tidpunkt får till stånd en allmänt accepterad utvärdering av kunskapsläget på ett nyckelområde. Kan man dessutom få vetenskaplig konsensus är mycket vunnet.

De frågor som nu står i centrum i Europa är framför

allt hälsoeffekter på grund av förhöjda ozonhalter och partikelnivåer. Ett stort antal människor kommer att påverkas även av de nivåer som man genom förhandlingsarbetet vill nå i Europa år 2010. Andra aktuella frågor är försurning och eutrofiering av mark och vatten.

ASTA-programmet syftar till att flytta fram de svenska positionerna inför de internationella förhandlingar som är aktuella inom några år. Det innehåller därför inte bara forskning utan även insatser för syntes respektive värdering av kunskap och – inte minst – skapa en gemensam kunskapsbas inom Europa.

ASTA-programmet syftar till att flytta fram de svenska positionerna inför de internationella förhandlingar som är aktuella inom några år. Det innehåller därför inte bara forskning utan även insatser för syntes respektive värdering av kunskap och – inte minst – skapa en gemensam kunskapsbas inom Europa.

# Forskningen kring gränsöverskridande luftföroreningar kräver nya koncept

Peringe Grennfelt, IVL Svenska Miljöinstitutet AB Göteborg

När den kritiska belastningen underskrids  
Kritisk belastning har varit ett av de mest framgångsrika koncepten i arbetet med att begränsa internationella miljöproblem. Med hjälp av konceptet och modeller som tar fram de mest kostnadseffektiva åtgärderna har ett underlag skapats varifrån långtgående överenskommelser om utsläppsminskningar träffats.

Kritisk belastning är dock inte längre tillräckligt som en bas för åtgärder mot försurning och andra gränsöverskridande luftföroreningar. När åtgärder drivits så långt att den kritiska belastningen underskrids i stora delar av Europa behövs nya begrepp som inkluderar återhämtningen av försurade områden. Detta är en av utgångspunkterna för ASTA-programmet. Även i en rad andra avseenden behöver den kunskap och det underlag som utgör drivkraften för det internationella åtgärdsarbetet omprövas.

ASTA-programmet har i första hand inriktats mot några av de områden där behovet av ny kunskap är som störst då de internationella protokollen och överenskommelserna inom EU och Konventionen för gränsöverskridande luftföroreningar (CLRTAP) skall omförhandlas om några år.

## Centrum för utvärdering och konsekvensanalys

ASTA har, till skillnad från tidigare svenska forskningsprogram inom området, en stor del inriktad mot modellutveckling och kunskapsstyrning. I programmet ingår inrättandet av ett särskilt centrum för utvärdering och konsekvensanalys.

Detta centrum kommer att identifiera frågor som bedöms vara kritiska för de framtida förhandlingarna och medverka till att dessa blir genomlysta och bearbetade i form av rapporter, workshops etc. Det gäller frågor som den ovan nämnda om kritisk belastning eller hur framtida åtgärdsmodeller skall vara utformade.

## Samspelet mellan vetenskap och politik

En viktig del i programmet utgörs av ett särskilt projekt som

skall belysa samspelet mellan vetenskap och politik inom området gränsöverskridande luftföroreningar. Här hoppas vi kunna få fram kunskap som blir värdefull i det fortsatta förhandlingsarbetet.

## Specifika föroreningars förekomst och effekter

Inom några specifika områden har programmet betydande forskning kring grundläggande frågor om föroreningarnas förekomst och effekter. Varje sådant område har definierats som ett delprogram inom ASTA. Dessa delprogram behandlar de tre huvudfrågorna om återhämtning av försurade områden, kväveeffekter i skogsekosystem samt långdistanstransport av partiklar. Kväveprogrammet är inriktat mot att förbättra underlaget för kritisk belastning för kväveeffekter på skogsekosystem. Partikelprogrammet syftar till att ta fram underlag för att inkludera partiklar i de modeller för storskalig spridning av luftföroreningar som används i det internationella luftvårdsarbetet.

## Nationell plattform

ASTA har också en väsentlig del som är nationellt inriktad. Det är minst lika viktigt att kunskapen om de gränsöverskridande luftföroreningarna tillgodogörs nationellt som internationellt. Programmet innehåller därför ett särskilt program kring vad vi kallar en nationell plattform, i vilken vi avser att ta fram verktyg, modeller, databaser etc. för att kunna värdera sambanden mellan gränsöverskridande luftföroreningar och nationella strategier vad gäller uttag av biomassa, kalkning av skogsmark och sjöar eller ytterligare emissionsbegränsande åtgärder.

ASTA har fått en bred nationell förankring i och med att programmet i tillägg till MISTRA förutsätts få stöd från Elforsk, Energimyndigheten och Skogsstyrelsen. Deras medverkan skapar också en god förutsättning för att resultaten skall komma till användning vid utarbetandet av olika nationella strategier. Från ASTA:s sida förväntar vi oss att flera andra organisationer skall kunna medverka i programmet.



Peringe Grennfelt





Ozonforskningsstationen i Östad. Foto: Svante Hultengren/Naturcentrum AB

# Nationella strategier för bedömning av försurningutveckling och biobränsleuttag

Olle Westling, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Aneboda

## Luftföroreningars effekter på användningen av skog

Miljöproblem som orsakas av gränsöverskridande luftföroreningar har uppmärksammats under lång tid i Sverige. Trots långtgående åtgärder, främst i form av minskade svavelutsläpp i Sverige och Europa, är det uppenbart att många av de skador som uppstått på miljön i Sverige fortfarande finns kvar. Belastningen av luftföroreningar är i många fall för hög och dessutom är återhämtningen från framför allt försurning långsam.

Luftföroreningarna påverkar även möjligheterna att utnyttja skogsmarken för produktion av biobränslen som delvis skulle kunna ersätta fossila bränslen. Åtgärder för att begränsa luftföroreningar blir därför viktiga för bedömningar av uttag av bränslen och för att fastställa behov av åtgärder i form av t.ex. askåterföring eller kalkning.

## Ett nationellt delprogram inom ASTA

För att vi i Sverige skall kunna utforma strategier för emissioner och markanvändning har ett särskilt delprogram utformats kring de nationella frågorna. Det nationella delprogrammet inom ASTA har fokuserat på tre centrala frågor:

- Kommer planerade utsläppsminskningar i Europa till år 2010 leda till en uthållig förbättring av miljötillståndet i hela Sverige?
- Vilka nationella utsläppsbegränsande åtgärder är mest kostnadseffektiva för att uppnå olika miljömål och kan målen för markanvändning och utsläpp av luftföroreningar förenas?
- Vad är potentialen för uttag av biomassa i skogsmark i luftföroreningssdrabbade områden, med utgångspunkt från olika miljömässiga begränsningar i ett uthålligt brukande (tillväxt, hydrologi, näringsstillgång, försurning, behov av återhämtning)?

Integrerad analys av nationella miljömål  
– luftföroreningar och markanvändning

Det nationella delprogrammets syfte är att utveckla ett

verktyg för optimering av nationella åtgärdsstrategier som berör gränsöverskridande luftföroreningar. Utvecklingsarbetet inriktas mot frågor som är aktuella för strategiska beslut inom 3-5 år. Särskilt intresse riktas mot bedömningar av det samtidiga behovet av utsläppsbegränsningar av försurande luftföroreningar och anpassning av markanvändningen mot en uthållig produktion vid utnyttjande av skogen som biobränsleproducent.

Eftersom de försurade områdena i Sverige ofta sammanfaller med skogsområden med hög produktion och stor efterfrågan på bland annat skogsbränslen kan olika konflikter uppstå. Målet för en integrerad analys är att klarlägga handlingsvägar för att uppnå olika miljökvalitetsmål, samtidigt som behovet av vedråvaror tillfredsställs. Frågan är om det är möjligt att förena olika miljömål och vilka av målen som kan komma att bli begränsande? Avvägningen mellan utsläppsbegränsande åtgärder och utformningen av markanvändningen kan påverka sektorernas utvecklingsmöjligheter på ett påtagligt sätt.

## Att ta fram analysystemets strukturer

Projektet påbörjades under 1999 och hittills har stommen till ett system utvecklats. De tänkbara komponenter som kan ingå i systemet är inventerade och de består i huvudsak av dataunderlag och modellverktyg som används redan idag. De olika delarna skall nu sammanfogas till ett system. Arbetet sker i nära kontakt med olika sektorer som har möjlighet att påverka inriktningen samt de olika scenarier som skall användas som *typfall*.

I stora drag är systemet uppbyggt av olika moduler som följer varandra logiskt och det kan sammanfattas på följande sätt: Drivkrafterna i systemet utgörs av sektorernas verksamhet där redan idag åtgärder vidtas som begränsar belastningen på miljön. Trots detta sker en påverkan från utsläpp av luftföroreningar samt från markanvändning. Detta leder fram till en miljöbelastning som förändrar ett tillstånd. Konsekvenserna för miljön jämförs därefter med vad som kan accepteras i form av olika miljökvalitetsmål. Om målen inte uppfylls måste ytterligare åtgärder vidtas, som t.ex. att utnyttja reningsteknik och andra tekniska



Olle Westling



Kommer det att räcka med minskade utsläpp av luftföroreningar eller måste speciella åtgärder sättas in för att miljön skall tillfriskna?

åtgärder eller att ställa krav på förändringar av sektorns verksamhet.

Ambitionen är att anpassa olika moduler till en nationell integrerad analys där även markanvändning ingår. Stommen till det här systemet är hämtad från de modeller som använts i det europeiska förhandlingsarbetet om gränsöverskridande luftföroreningar. Erfarenheter från nationell tillämpning av modeller för integrerad analys i Finland har också utnyttjats. Systemets utformning analyserades vid ett seminarium i november 1999.

#### Insamling av dataunderlag

Samspelet mellan belastning av luftföroreningar och markanvändning är tänkt att analyseras med hjälp av ett GIS-baserat system som omfattar beskrivning av källor, belastning och miljö kvalitet samt åtgärds optimering. Den nationella integrerade analysen kräver att beskrivningen av internationella källor och åtgärder kompletteras med nationella data över emissioner, skogsproduktionens på-

verkan, åtgärds kostnader, tillstånd, belastning och miljö kvalitetsmål.

Utvecklingen av systemet kommer att ske i nära samverkan med en rad institutioner, bland andra Sveriges Lantbruksuniversitet, SMHI och Lunds Tekniska Högskola. Samarbetet omfattar även andra delar av ASTA, samt MISTRA-program med angränsande frågeställningar, främst SUFOR och LUSTRA.

#### Olika scenarier av internationella och nationella åtgärder

Konsekvenserna av nationella strategier är en central del i det nationella delprogrammet. Arbetet koncentreras på att i scenarieform analysera olika frågeställningar. Scenarierna utgörs av olika alternativ för sektorernas (energi, transporter, jord- och skogsbruk) framtida utveckling och påverkan på miljön. Integrerad analys av scenarierna kan visa vad som är stort och smått när det gäller miljö påverkan och konsekvenser av olika sektors verksamhet. Detta

kan ligga till grund för en analys av behov och optimering av åtgärder för att minska effekterna på ett kostnads-effektivt sätt.

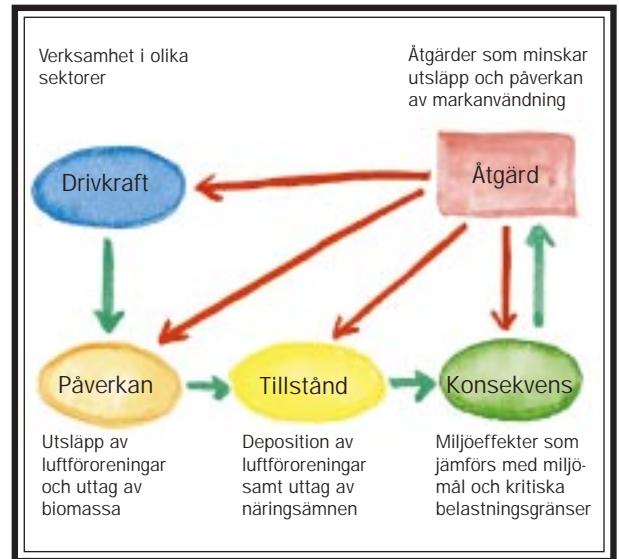
### Uttag av biobränslen – en drivkraft i försurningsarbetet?

De miljömässiga begränsningarna vid ett intensivt utnyttjande av biomassa från skogen är en annan viktig aspekt inom det nationella delprogrammet. En stor del av potentialen för att i framtiden förändra energisystemet mot en hållbar utveckling utgörs av ett ökat uttag av biomassa från skogen. I samspelet med försurande luftföroreningar är det viktigt att veta vilka de miljömässiga begränsningarna är med ett ökat utnyttjande av biobränslen, eftersom ett ökat uttag av biomassa påverkar både försurningsutveckling och näringsstillgång (inklusive kväve) i skogsmarken.

### Systemanalysen kompletteras med kväve

Under år 2000 kommer utvecklingen av systemanalysen att ske med hjälp av ett typfall som behandlar frågor kring kvävetillgången i skogsmark. Miljöeffekterna av kvävedeposition är principiellt intressanta eftersom de både kan vara en tillgång (ökad produktion och kolinbindning) och ett problem (övergödning och försurning). Bland annat SUFOR-programmet har studerat kväveutlakningen från brukad skogsmark och olika möjligheter att med anpassad skogsskötsel minska utlakningen i hyggesfasen. Hyggesfasen är kritisk för kväveutlakning och storleken av utlakningen är beroende av kvävenedfallet.

Inom ramen för det nationella delprogrammet kommer konsekvenserna av olika åtgärdsalternativ att analyseras för att pröva och utveckla systemet för integrerad analys. Åtgärdsalternativen är principiellt olika och omfattar minskade utsläpp av kväveföreningar till luft i Sverige (utöver utsläppsminskningar i andra länder) samt anpassad skogsskötsel med helträdsutnyttjande och skärmställningar (kalavverkning undviks) som kan motverka utlakning av kväve. Kostnad och nytta med åtgärderna kan även jämföras med andra metoder för att minska belastningen av kväve på yt-vatten som kvävereduktion i våtmarker och kommunala reningsverk.



Luftföroreningar och markanvändning. En integrerad systemanalys uppbyggd av olika moduler som påverkar varandra i pilarnas riktning.

Drivkrafter	Påverkan luftföroreningar	Påverkan markanvändning	Tillstånd
<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiproduktion</li> <li>Transporter</li> <li>Industriprocesser</li> <li>Skogsbruk</li> <li>Jordbruk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utsläpp till luft i Sverige (svavel-, kväveoxider, ammoniak och kolväten).</li> <li>Intransport av luftföroreningar från källor i andra länder.</li> </ul>	Markanvändning (skogsbruk) i form av stamveds- och helträdsuttag, energiskogsodling samt produktionsgödsling som bidrar till försurning och övergödning.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Halter i luft och deposition av svavel- och kväveoxider, ammoniak, kolväten samt ozon.</li> <li>Surhets- och näringsstillstånd i skogsmark.</li> </ul>
Konsekvens	Åtgärder och kostnader	Åtgärder och kostnader markanvändning skog	Datakällor
Överskridande av kritisk belastning för försurning och övergödning, försämrad återhämtning, näringsobalans, dålig vattenkvalitet samt effekter av marknära ozon.	Åtgärder som minskar utsläpp av luftföroreningar från förbränning och jordbruk. Nationella kostnadskurvor som beskriver sambandet mellan kostnader och ökande reduktion av utsläpp.	Åtgärder som minskat uttag, kompensationsgödsling, kalkning, vitalisering, minskad produktion samt speciella skötselåtgärder.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissionsdatabaser.</li> <li>Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen.</li> <li>Markkarteringar och vittringsberäkningar.</li> <li>Beräkningar av utlakning.</li> <li>Nationella och regionala mätningar av deposition och halter i luft.</li> <li>Klimatdata.</li> </ul>

Exempel på vad som kan ingå i respektive modul när man gör en nationell systemanalys.

# Återhämtning av försurade marker

Per Warfvinge och Mattias Alveteg, Lunds universitet, Filip Moldan IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg



## Tecken på återhämtning

Många sjöar och vattendrag börjar långsamt återhämta sig från försurningen. Det finns pålitliga data som visar att buffertförmågan i svenska sjöar har ökat det senaste decenniet. Även den biologiska återhämtningen har kommit igång. Bland annat har man sett att försurningskänsliga ryggradslösa bottendjur har börjat återkolonisera vattendrag där vattnets pH-värde har ökat.

## Försurningsforskning inom ASTA

Inom ASTA vill vi ta fram den kunskap som krävs för att politiker både internationellt, nationellt, regionalt och lokalt skall kunna fatta väl underbyggda beslut i framtiden. Trots de minskade utsläppen återstår nämligen flera frågor, bland annat:

- Räcker de avtalade utsläppsminskningarna för att svenska sjöar och vattendrag skall läka i framtiden?
- Hur snabbt blir miljön bättre?
- Måste vi kalka sjöarna lång tid framöver?

Framtidens frågor handlar mycket om tidsaspekterna på återhämtningsförloppet och därför har forskningen om försurning inom ASTA helt inriktats på dessa frågor. Vi arbetar med tre olika delar;

- Takexperimentet i Gårdsjön.
- Analys av miljödata.
- Matematisk modellering.

## Takexperimentet i Gårdsjön – ett titthål in i framtiden

I Gårdsjön någon mil öster om Stenungsund drivs ett unikt experiment. Ett 6300 m<sup>2</sup> stort tak hindrar det sura regnet att nå marken i ett litet avrinningsområde. Istället vattnas marken under taket med rent konstgjort nederbördsvatten, huvudsakligen bestående av avjoniserat vatten och havssalt.

I området med tak har det försurande nedfallet minskat med nära 100 procent från 1991 då taket byggdes. Takexperimentet kan sägas simulera en framtid med ytterligare kraftigt minskat nedfall av försurande ämnen,



Mattias Alveteg



Filip Moldan



Per Warfvinge

och därför kan vi med hjälp av taket se några decennier in i framtiden. Under experimentets första år minskade uttransporten av svavel dramatiskt samtidigt med minskande aluminiumhalter. En ökning av pH inträffade först efter några år men man kan nu se en tydlig, om än långsam trend. Avrinningsvattnets förmåga att neutralisera syra (mätt som ANC = Acid Neutralising Capacity) ökar också vilket är ett tydligt tecken på att en återhämtning har inletts. En fortsatt återhämtning går dock långsammare nu jämfört med de första behandlingsåren. Även om vattenkvaliteten har förbättrats avsevärt är den fortfarande långt från den önskvärda.

Även om all försurande nederbörd tagits bort sedan nio år och avrinningskvaliteten förbättrades redan efter några få månader, är vattnet som rinner ut från det lilla området fortfarande dödligt för fisk. Vattnet innehåller alldeles för höga koncentrationer av giftigt aluminium och har för lågt pH-värde. Efter nio års behandling är marken långt från en jämvikt med det nya, rena nederbördsvattnet. Skogsmarken är så kraftigt försurad och urlakningen av neutraliserande ämnen så omfattande att det kommer att dröja länge innan avrinningsvattnet är av en sådan kvalitet att det kan kallas återhämtat. Detta ger en tydlig indikation att det fortsatta luftvårdsarbetet kräver beslutsamma åtgärder – och mycket tålamod.

I och med dagens minskande nedfallstrender har en viss återhämtning av försurade ekosystem observerats på många olika håll, både inom och utanför Sverige. I Gårdsjöområdet kan man se att det försurande nedfallet minskat med cirka 50 procent under de senaste 10 åren. I kontrollområdet utan tak, har detta visat sig som en tydlig förbättring av kvaliteten på avrinningsvattnet. Halter av oorganisk aluminium i avrinningen minskar i takt med att halterna av sulfat minskar. Samtidigt ökar vattnets buffringsförmåga och på senare år har även vattnets pH stigit något. Förändringarna följer alltså samma trend som i takexperimentet, om än i långsammare takt.

### Svenska miljödata – en oundgänglig resurs

Sverige har satsat på övervakning av miljön under många år. Inom ASTA kommer vi att utvärdera mätningarna av kemin i svenska sjöar och vattendrag. Speciellt viktigt är det att använda tillgängliga långa mätserier för att analysera hur vattnets kemi har förändrats under de senaste decennierna. Det gäller både långsiktiga trender och frekvensen av s.k. surstötter. Analysen kan ge värdefull information om såväl försurningsförloppet som hur återhämtningen fortskrider i den svenska miljön.

### Matematiska modeller – vår enda prognosmetod

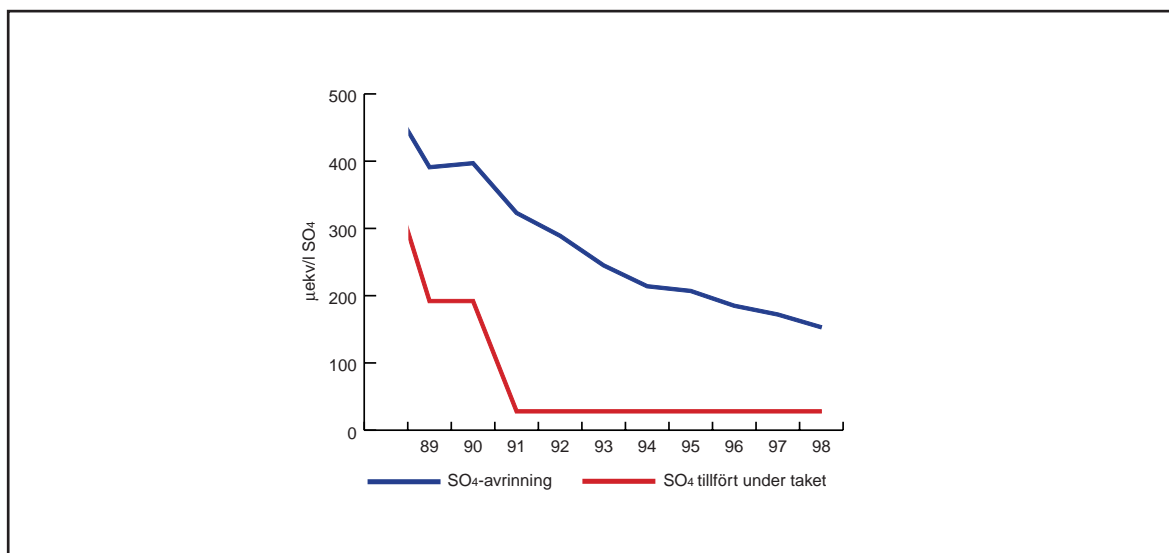
Modelleringsverksamheten inom ASTA syftar till att göra prognoser över den framtida försurningsutvecklingen. Parallellt med detta skall vi även ta fram metoder som tar

hänsyn till tidsaspekterna i det internationella luftvårdsarbetet. Det kan ge argument för att minska utsläppen av försurande ämnen ännu mer.

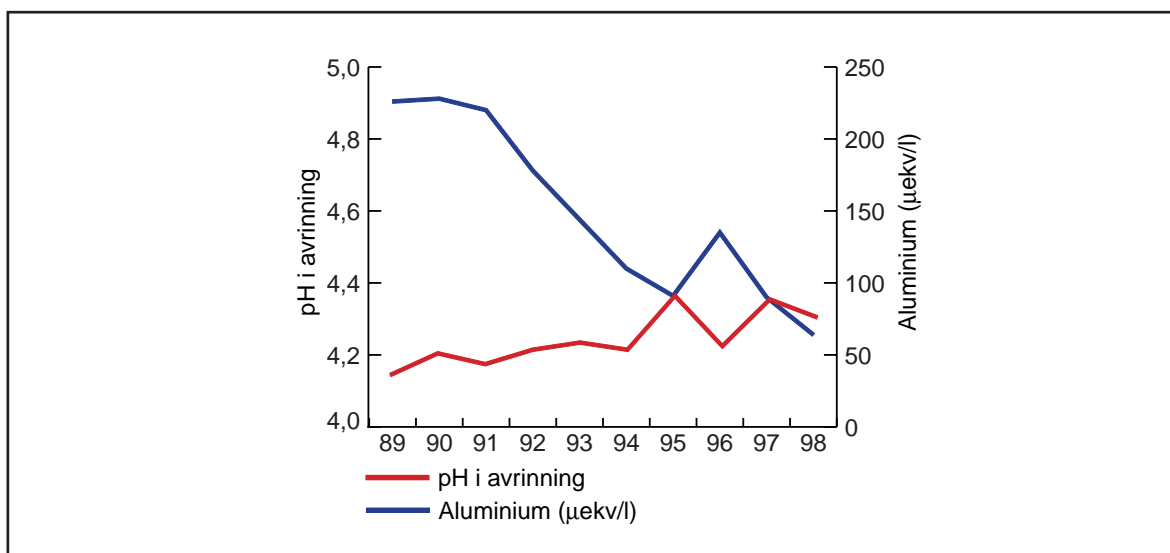
De mest aktuella prognoserna inger både förhoppningar och oro. Modellerna visar precis som i experimentet att utsläppsminskningar ger vissa positiva effekter mycket snabbt. Ändå kommer inte ens på lång sikt miljön att återhämta sig fullständigt i de mest försurade områdena. Markens buffertförmåga, basmättnaden, kommer inte nödvändigtvis att återställas, åtminstone inte i alla försurningsdrabbade områden. Det gör att vattnet i sjöar och vattendrag inte kan bli fullt återhämtade från försurningen. Beräkningarna visar att återhämtningen går långsammast i de områden i sydvästra Sverige som drabbats hårdast av försurande nedfall.

Som underlag för utsläppsbegränsande förhandlingar kommer fokus att ligga på förlopp och tidsperspektiv av försurnings återhämtning över hela Sveriges yta. Detta kan uppskattas med hjälp av dynamiska försurningsmodeller och olika metoder för regionalisering av modellresultat. Inom ASTA-programmet innebär det tre viktiga arbetsmoment; modellutveckling, utnyttjande av detaljerade experimentella data (typ takexperimentet i Gårdsjön) för modelltestning och modelltillämpning med hjälp av regionala data från miljöövervakningsprogrammen.

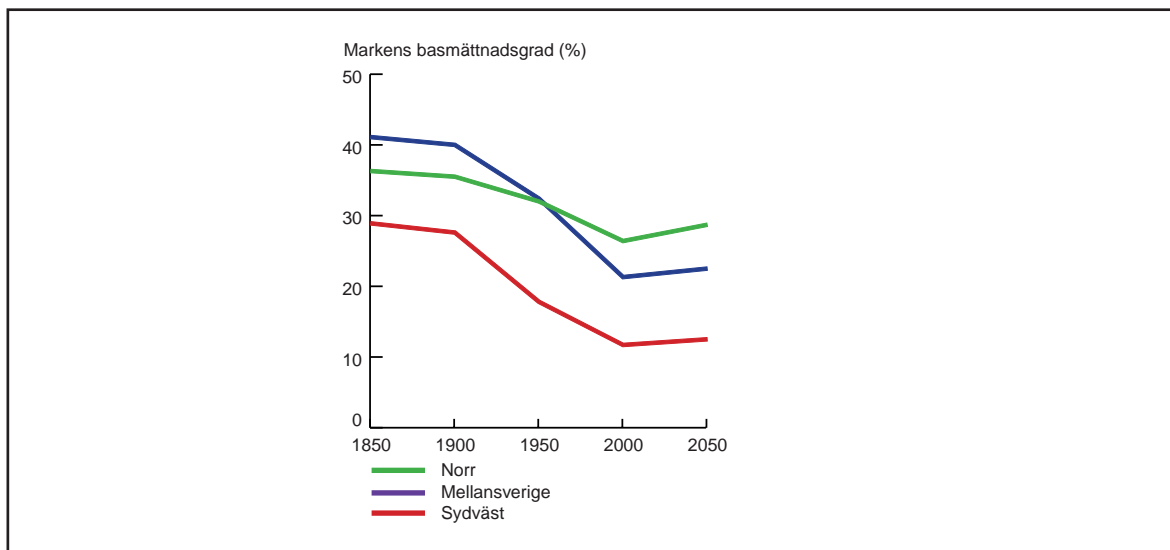
Den långsiktiga målsättningen med försurningsforskningen inom ASTA är att ta fram experimentella resultat och modeller som kan användas som underlag till fortsatta internationella och nationella överenskommelser om begränsningar av utsläpp av försurande ämnen. Forskningen har också starka kopplingar till andra viktiga frågor i samhället som kalkning av sjöar och vattendrag och framtida ökat utnyttjande av skogsråvara framför allt under de senaste åren.



Sulfat i avrinningen från takområdet i Gärdssjön började minska omedelbart efter att taket byggdes i 1991. Halterna har sjunkit successivt sedan.



Halten av oorganiskt aluminium från takområdets avrinning sjönk kraftigt under de första åtta åren efter att taket byggts. Halterna är dock fortfarande höga och därmed är avrinningsvattnet fortfarande giftigt för fisk. Vattnets pH värde har stigit något, framför allt under de senaste åren.



Modellberäknad basmättnadsgrad i marken i tre olika delar av Sverige. Även om man förutsätter en kraftig minskning av försurande nedfall skulle det sannolikt inte leda till kraftigt ökning av basmättnadsgraden i något område.

# Kväve i skogsekosystem – ett problem i flera dimensioner?

Torgny Näsholm Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå

Kvävenedfall orsakar en rad negativa effekter på naturliga ekosystem. Förändringar av den naturliga floran uppträder redan vid relativt låga kvävenivåer. Kunskap om de processer som leder till att vegetationen förändras vid kvävenedfall behövs för att kunna förstå vilken effekt dagens kvävenedfall har på vegetationen. Nästa steg är att kunna upprätta prognoser över hur vegetationen kommer att utvecklas till följd av framtida kvävenedfall.

## Mer gräs och mindre ris vilka mekanismer ligger bakom?

Inom ASTA-programmet studerar vi hur kvävenedfall påverkar naturliga ekosystem, framför allt skogsekosystem. Målsättningen med våra studier är att besvara både växtekologiska och växtfysiologiska frågor relaterade till kvävenedfall samt att ta fram underlag för att bestämma kritisk belastning. Programmet innehåller tre projekt varav två har varit aktiva under 1999 och det tredje startade 1 januari 2000. I de två projekt som löpt under 1999 har vi simulerat ökat kvävenedfall i en norrländsk barrblandskog genom att tillföra kväve. På så sätt har vi kunnat studera hur markvegetationen i en skog tidigare opåverkad av höga nivåer av kvävenedfall reagerar när kvävenedfallet ökar. Den opåverkade skogens markvegetation domineras av blåbär och lingon med inslag av ett fåtal örter och gräs. Tillförsel av kväve i relativt små mängder (12 kg kväve per hektar och år i den lägre kvävebehandlingen) leder till att bärrisens dominans bryts och ersätts av det vanliga skogsgräset krustätel (*Deschampsia flexuosa*).

Denna övergång mot ett ökat inslag av gräs är en välkänd effekt av skogsgödning, och har registrerats i ett flertal försök. Våra studier inriktas framförallt mot att förstå vilka mekanismer som verkar vid ett sådant vegetationsomslag. Ekologiska studier har tidigare föreslagit att kvävenedfall leder till förändrad vegetation när konkurrensförhållandena mellan arter ändras. Arter som förmår att öka sitt kväveupptag och växa snabbare när kvävetillgången ökar, skulle konkurrera ut arter som inte har samma förmåga att ta upp mer kväve och växa snabbare.

## Interaktion mellan växter och deras naturliga fiender

Genom att vara bättre på att konkurrera om kväve skulle alltså gräs och örter kunna ersätta blåbär- och lingonris i svenska skogar när kvävenedfallet ökar. Tvärtemot denna uppfattning pekar resultaten från våra experiment på att konkurrensen om kväve mellan arter inte har någon större betydelse för ett sådant vegetationsomslag. Istället är konkurrensen om ljus avgörande för vilken art som skall få övertaget. Hur kan ökad kvävetillgång leda till en förändrad ljuskonkurrens mellan arter? Våra studier har avslöjat följande samband.

Innan kvävenedfallet orsakat några synliga effekter på markväxterna sker biokemiska förändringar inuti växterna. Bland annat ökar mängden fria aminosyror i blåbärsbladen kraftigt efter kvävetillförsel. Speciellt ökar halterna av glutamin, den aminosyra som blåbärsväxten använder för att transportera kväve från rötter och rhizom till skott och blad. Halten glutamin ökar både i bladen och på bladens ytor.

Detta skapar grogrund för en av blåbärets naturliga fiender, en parasitsvamp som heter *Valdensia heterodoxa*. Parasitsvampen angriper blåbärsriset under försommaren och kraftiga angrepp leder till att blåbärsbladen faller av redan i mitten av juli. Genom att tillföra glutamin till blåbärsplantor som inte kvävegödslats har vi också kunnat visa att det är just detta ämne som ger förutsättningen för att parasitsvampen skall kunna angripa. Vidare har vi funnit att svampen angriper sin värd, blåbäret, i fläckar av några kvadratmeters storlek. Genom att studera vegetationens utveckling inuti och utanför dessa fläckar har vi kunnat visa att gräs (*Deschampsia flexuosa*) breder ut sig enbart där parasitsvampen angriper blåbäret. Slutligen har vi funnit att svampens roll i denna process helt är kopplad till den ökade ljustillgången som följer på svampens angrepp.

Genom att simulera svampangrepp med och utan samtidig tillförsel av kväve har vi kunnat visa att gräsets tillväxt är kopplad till den ökade ljustillgången som följer i



Torgny Näsholm



angreppets spår och inte till den ökade tillgången av kväve. Den orsakskedja som vi arbetar efter ser därför ut så här:



### Förklaringsmodell – både bakåt och framåt i tiden

Att förstå denna process är värdefullt för att förutsäga (och rekonstruera) vilka effekter kvävenedfall har (och har haft) på skogsmarksvegetation. Om vi jämför tidigare förklaringsmodeller med vår modell kan vi säga att vår modell, som bygger på att interaktionen mellan växterna och deras naturliga fiender är viktig för vegetationens utveckling, medför att vegetationsförändringar kan ske dramatiskt och vara svåra att förutsäga. Vår modell pekar på att interaktionen mellan växter och deras naturliga fiender är mycket viktig för vegetationens utveckling när kvävetillgången i ett ekosystem ökar. Kvävenedfallet ger enligt denna modell en viktig förutsättning för att vegetationsförändringar skall starta, men andra förutsättningar (som klimat, marktillstånd osv) måste troligtvis också uppfyllas. Vi har ännu inte tillräcklig kunskap för att kunna teckna det kompletta sambandet mellan nedfall och risk för vegetationsomslag. Det är också möjligt att risken förändras trappstegsvis och att vi i så fall skulle kunna identifiera sådana biologiska tröskelvärden för ökad risk.

Kunskapen om de processer som verkar vid kväveinducerade vegetationsförändringar ger också andra fördelar. Från retro-

spektiva studier vet vi idag att vegetationen har förändrats under de senaste decennierna och att en mer kvävegynnad flora har etablerats i många ekosystem. Vad vi inte känner är vilken roll just kvävedepositionen har haft i denna förändring. Genom att utnyttja olika ämnen (som t ex glutamin) som biokemiska markörer för kvävepåverkan kan vi kanske bättre avgöra vilken roll kvävenedfallet haft för en viss vegetationsförändring.

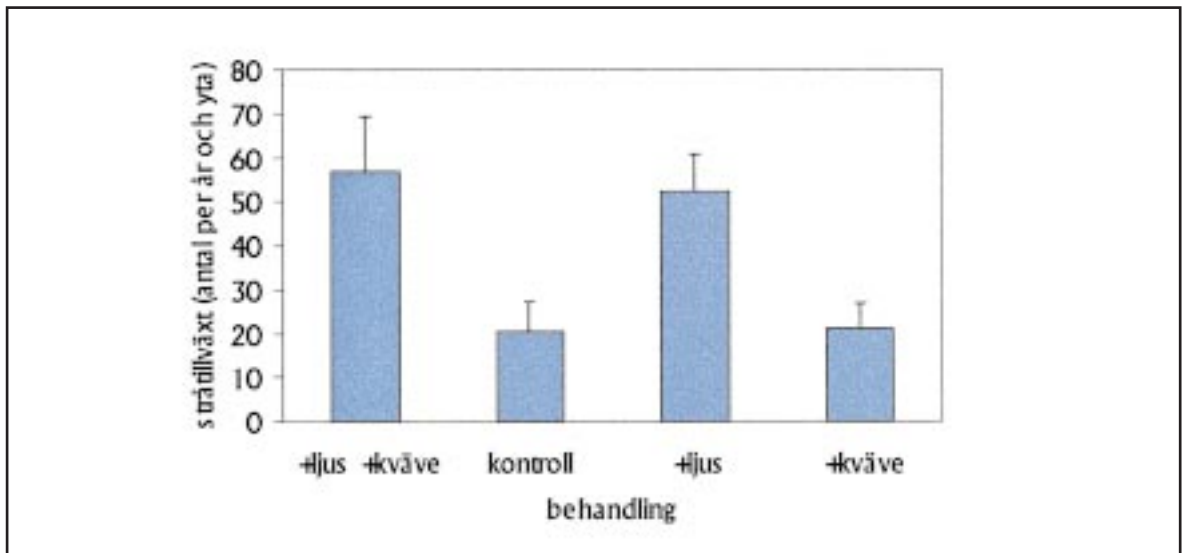
### Ammonium eller nitrat – hur påverkas ekosystemen av kvävet form?

I naturen finns kväve i en mängd former, såväl organiska som oorganiska. Då vi i dagligt tal pratar om kvävenedfall avses vanligen nedfallet av oorganiskt kväve. Det kväve som för närvarande deponeras över Sverige består i genomsnitt av lika delar ammonium och nitrat. Längre har det tagits för givet att effekten av detta nedfall enbart var kopplat till mängden kväve som deponerades. Det finns emellertid aktuell forskning som visar att formen av kväve som finns tillgänglig för växter är av stor betydelse. Inom ASTA-programmet har vi därför initierat studier av vilken betydelse kväveformerna har för nedfallets effekter. Dessa kvalitativa effekter har två dimensioner.

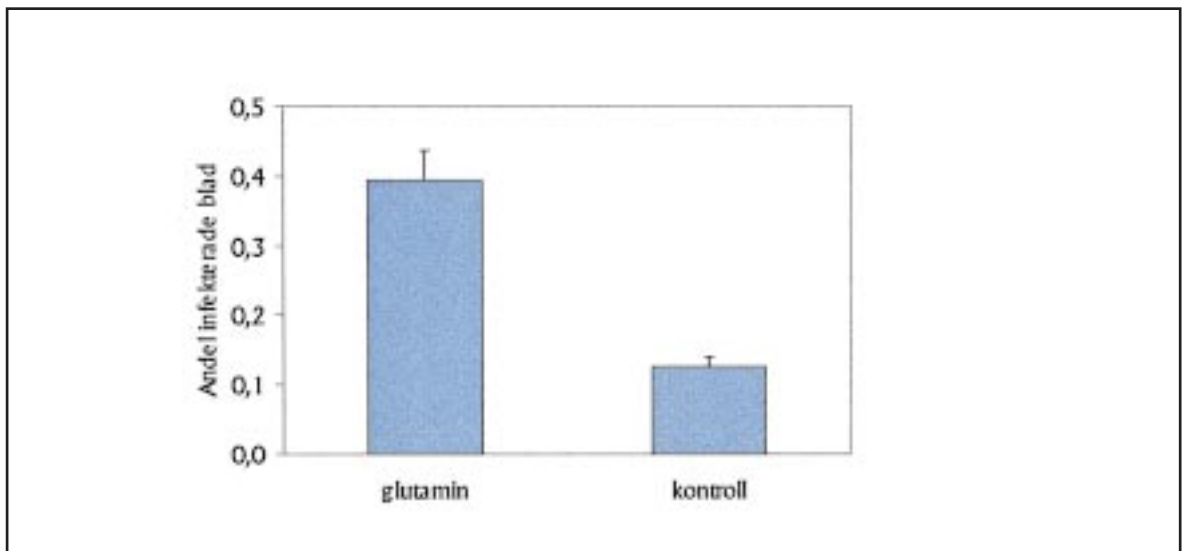
För det första vill vi förstå om, och i så fall hur, effekten av ammonium skiljer sig från effekten av nitrat. Detta har stor betydelse eftersom de prognoser för kväveutsläpp som utarbetats visar på en fallande trend för oxiderade kväveföreningar men inte för reducerade kväveföreningar. Ammoniumkväve kommer alltså successivt att bidra med en allt större andel av kvävenedfallet.

För det andra vill vi förstå vilken effekt en ökad inblandning av oorganiskt kväve har i skogsekosystem där kvävet i marken normalt domineras av organiska kväveformer. Det finns för närvarande endast begränsad kunskap om vilken betydelse organiskt kväve har för olika skogsväxter. Vi anser dock att den forskning som finns inom området stöder vår hypotes om att just den kvalitativa övergången, från organiska till oorganiska kväveformer, som kvävenedfall medför, kan ha stor betydelse för vilka effekter på vegetationen som senare uppstår. Vi har därför initierat studier för att undersöka hur bärrisen och kruståtel tar upp olika former av kväve, såväl organiska som oorganiska.

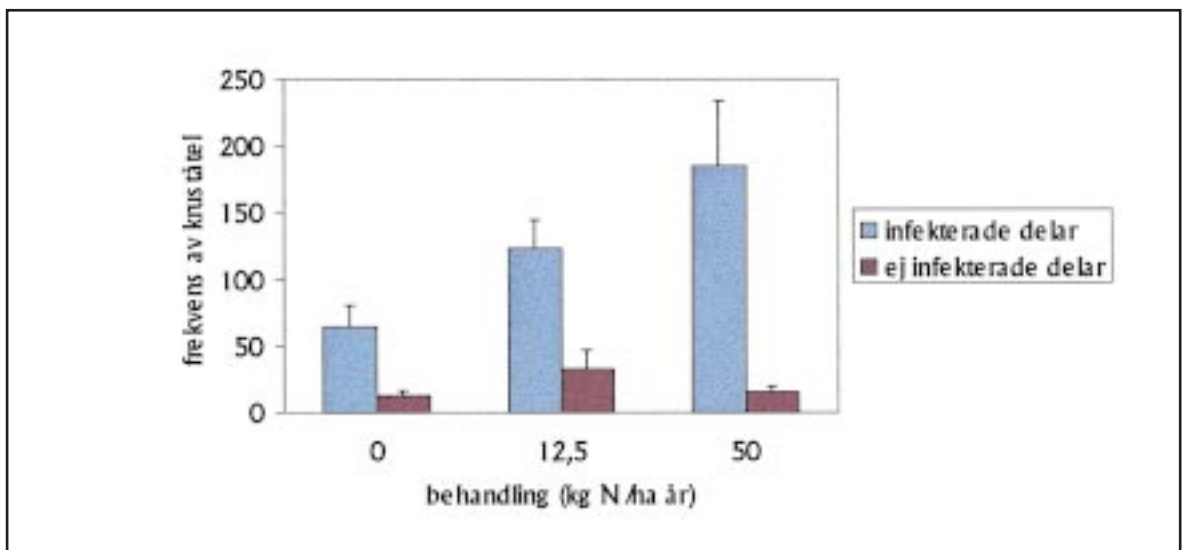
För att utforska om ammonium och nitrat har olika effekter på vegetationen har vi etablerat ett försök där dessa kväveformer tillförs i separata behandlingar. Ett intressant resultat från denna studie visar att effekterna av de olika kväveformerna skiljer sig åt när det gäller blomningsfrekvensen hos *Deschampsia flexuosa*. Tillförsel av nitrat leder till att gräset bildar fler blommor än vid tillförsel av ammonium eller ammoniumnitrat. Än återstår att visa vilken effekt detta får på vegetationens utveckling.



Tillväxt av krustätel (antal strån per år och yta) i ytor som behandlats med kväve samt ökat ljus genom att blåbärsriset böjts undan från ytan.



Angrepp av parasitsvamp på blåbär som sprayats med glutaminlösning.



Förekomst av krustätel inom respektive utanför fläckar där blåbärsriset angripits av parasitsvamp.

# Från halt till upptag – nya grepp i ozonforskningen

Håkan Pleijel och Per Erik Karlsson IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg



Ozonskadade blad av subklöver (*Trifolium subterraneum*). Foto: Håkan Pleijel.



Håkan Pleijel



Per Erik Karlsson

## Marknära ozon åter i fokus

Under 1990-talet har marknära ozon alltmer kommit i fokus inom det internationella luftvårdsarbetet. Effekter av marknära ozon på växter och människors hälsa var en av de drivande frågorna bakom Göteborgsprotokollet om gränsöverskridande luftföroreningar i Europa. Kunskapen om ozons effekter på växter har under 1990-talet använts för att utveckla samband mellan dos och effekt, som sedan använts i formuleringen av så kallade kritiska nivåer för ozon. Inom ASTA-programmet ingår ett projekt som syftar till att generera effektsamband med hjälp av existerande experimentella data för att kunna uppskatta effekter av ozon i jordbruks- och skogsekosystem. Målet är att det skall användas inom det internationella samarbetet om gränsöverskridande luftföroreningar.

## Utvecklingen av kritiska nivåer för ozon

Principerna bakom nu gällande kritiska nivåer för ozon utvecklades i början av 1990-talet. I stället för enbart halter infördes ett exponeringsindex som kallas AOT40 (Accumulated exposure Over the Threshold 40 ppb ozone). Detta innebär att man summerar, timme för timme, överskridandet av halten 40 ppb. Till en början infördes indexet endast för grödor men senare har det även införts för skog och naturlig vegetation.

Inom luftvårdsarbetet finns det en efterfrågan på ekonomiska uppskattningar av ozonrelaterade skador på vegetation. För att kunna göra denna typ av uppskattningar behöver man arbeta fram nya kritiska nivåer som tar hänsyn till det verkliga ozonupptaget i växten, inte bara till luftens halt av ozon. Verksamheten inom ASTA-

tet kommer att ha betydande inverkan på detta utvecklingsarbete. Inom projektet finns stor erfarenhet av tidigare arbete med kritiska nivåer för ozon, samt ett väl utvecklat kontaktnät till de övriga aktörer som verkar inom detta område. Vidare har vi en stor databas innehållande resultat från experiment med exponering/respons-förhållanden för både jordbruksgrödor och skogsträd. Vi har också en betydande erfarenhet av simuleringsmodeller för stomatakonduktans (gasgenomsläpplighet via klyvöppningar) en faktor som är avgörande för att göra beräkningar av ozonupptag till växter.

### Från halt till upptag – nya vindar i ozonforskningen

De nya kritiska nivåerna för ozon som är under utveckling benämns "Level II" och de skall vara anpassade till den variation i ozonkänslighet som finns hos olika arter inom skilda geografiska områden. En annan viktig del i arbetet med "Level II" är att inkludera de faktorer som modifierar upptaget av ozon genom klyvöppningarna till bladet/barret under olika klimatförhållanden. Riktlinjerna för arbetet med "Level II" diskuterades vid ett UN-ECE möte i Gerzensee, Schweiz, april 1999.

Arbetet med "Level II" har startat med några projekt som är speciellt intressanta utifrån svenskt perspektiv. Det ena är att ta fram metoder för ekonomiska uppskattningar av ozonrelaterade skador. Hittills finns övergripande skisser på olika tillvägagångssätt för ekonomiska uppskattningar på skogsekosystem. Ett annat projekt inriktas mot de geografiska variationer som visat sig finnas för ozonhalt kontra ozonupptag. I en studie jämfördes ozonhalten mätt som AOT40, med ozonupptaget mätt som det samlade upptaget av ozon (Cumulative Uptake of Ozone, CUO<sub>3</sub>) för vete respektive bok som växte på fyra olika platser i Europa. Under tillväxtsåsongen är AOT40 två till tre gånger så hög i centrala Europa jämfört med Sverige. Beräknat ozonupptag är emellertid i stort sett lika på alla de fyra platser man jämfört. Även om ozonhalterna således generellt är lägre i Norden gynnas upptaget av ozon av det nordiska klimatet under sommarhalvåret med långa ljusa dagar och hög fuktighet i luft och mark. En övergång från en koncentrationsbaserad dos till en upptagsbaserad får därför en betydande inverkan på uppskattningen av växters ozonbelastning i Norden, jämfört med centrala Europa.

För en rad svenska ozonförsök med vete har jämförelser gjorts av dels sambandet mellan skörd och det haltbaserade dosmättet AOT40 och dels med sambandet mellan skörd och det beräknade ozonupptaget hos bladen CUO<sub>3</sub>. Det visade sig att variationen i ozonrespons mellan åren var betydligt mindre om det upptagsbaserade måttet användes. Det beror troligtvis på att ozonupptaget är mindre under torra år än under fuktiga eftersom klyvöppningarna tenderar att hållas stängda vid torra för-

hållanden. CUO<sub>3</sub> antas därför relatera bättre till det verkliga upptaget av ozon än vad AOT40 gör. Resultaten av detta arbete presenterades vid Gerzensee-mötet 1999.

### Effekter av ozon på grödor

De mest kända skadorna av ozon är karaktäristiska synliga skador som vissa växter får redan vid måttlig ozonexponering. Skadorna yttrar sig i att bladvävnaden fläckvis dör och brunfärgas.

En annan typ av ozonskador är de som kan beskrivas som för tidigt eller påskyndat åldrande av bladen. Sannolikt är denna typ av effekt viktigare ur ekonomisk synpunkt än de synliga, akuta skadorna. Hos många grödor är nämligen tillväxtperiodens längd avgörande för hur stor skörden blir. Det gäller till exempel vete, där man kunnat påvisa dels ett tydligt samband mellan ozonexponering och bladens åldrande, dels en tydlig koppling mellan bladens livslängd och skördens storlek.

Forskningsuppgiften inom ASTA-programmet handlar om att relatera upptaget av ozon till skördebortfallet för några viktiga grödor som stråsäd och potatis. Uppskattningen av ozonupptaget kräver att de faktorer som påverkar klyvöppningarnas öppningsgrad analyseras och omräknas till en responsfunktion. Dessutom måste transporten av ozon i atmosfären beaktas. De experiment som används har utförts i fältkammare och de skillnader som projektföreligger i ozontransport mellan fältkammaren och den verkliga atmosfären måste beaktas vid beräkningarna av skördebortfall.

### Ozonupptag och effekter på skogsträd

Arbetet med att utveckla kritiska nivåer för ozon för skogsträd bedrivs inom tre linjer:

- Vidareutveckling av en simuleringsmodell för stomatakonduktans (klyvöppning) som skall användas för att beräkna ozonupptag till blad och barr hos träd.
- Upprättande av en databas för sambandet mellan ozonupptag och respons från experiment med främst unga träd.
- Översättning av ozoneffekter från unga till vuxna träd i bestånd.

En simuleringsmodell för ozonupptag hos gran utvecklades i fältkammarexperiment för unga granar vid Östads Säteri. Beräkningar med modellen visar den stora skillnad som föreligger mellan ozonindexen AOT40 och CUO<sub>3</sub>. Inom ASTA-projektet skall det upprättas en databas med ytterligare resultat från litteraturen som kommer göra simuleringsmodellen mer generaliserbar. Resultaten från ett annat experiment kommer att utvärderas vidare bl.a. med användning av det ovan beskrivna upptagsindexet CUO<sub>3</sub>. Det handlar om ett fyraårigt experiment vid Östads säteri där över 500 unga granar exponerats för två olika nivåer av ozon och därefter skördats för bestämning av biomassa. I parallella försök utsat

tes granarna även för en kraftig torkstressbehandling samt reducerad tillgång till fosfor i näringslösningen. Ett annat tvåårigt experiment kommer att kunna ge information om ozons inverkan på tillväxten hos björk, baserat på både AOT40 och  $\text{CUO}_3$ .

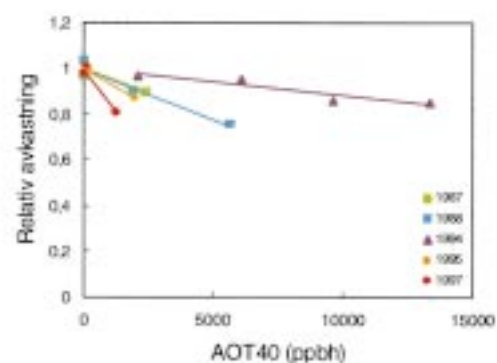
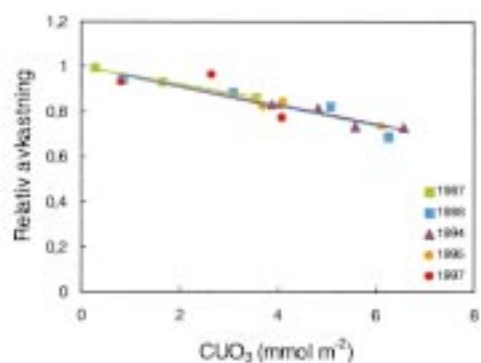
### Ozons inverkan på vuxna träd

Arbetet med att utvärdera ozons inverkan på vuxna träd i bestånd är uppdelat i två projekt. Det ena är epidemiologiska studier av sambanden mellan stamtillväxt och ozonexponering hos vuxna träd i bestånd. Arbeten med epidemiologiska studier har påbörjats genom en bearbetning av ett datamaterial från ASA försökspark, där man har mätt stamtillväxt, meteorologi samt ozonhalter veckovis sedan 1993. Genom utarbetandet av en metodik för att beräkna lokala ozonkoncentrationen planeras detta arbete att utvidgas till att omfatta ett stort antal skogliga observationsytor inom ICP Forest i Sverige.

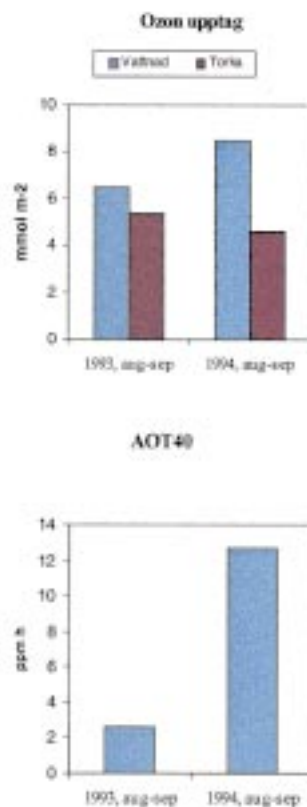
Inom det andra projektet används processbaserade modeller som simulerar ozons inverkan på tillväxten utifrån kunskaper om ozons inverkan på olika metaboliska och fysiologiska processer. Arbetet med processbaserade modeller har startat med en inventering av kunskapsläget och kommer sannolikt att utvecklas under de närmaste åren.



Fältkammarexperiment vid ozonforskningsstationen i Östad utanför Alingsås.



Variationen i respons är betydligt mindre om ozonexponeringen uttrycks som det upptagsbaserade måttet  $\text{CUO}_3$  jämfört med det haltbaserade AOT40. Detta är en sammanställning av svenska fältkammarexperiment med vete under sex år med ganska varierande väderleksförhållanden.



Jämförelse av de två ozonindexen AOT40 och  $\text{CUO}_3$  för unga granar i ett fältkammarexperiment vid Östads säteri. Jämförelsen gäller för två perioder där aug-sept 1993 var en period med relativt låga ozonhalter och fuktigt väder, och aug-sept 1994 var en period med höga ozonhalter och torrt och soligt väder.

# Partiklar och hälsa – ny drivkraft inom internationellt luftvårdsarbete

Hans Christen Hansson Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet



Hans Christen  
Hansson



## Utsläppstrender och effekter

På 1950-talet orsakade den s.k. Londonsmogen hälsoeffekter i form av en stor överdödlighet och många akuta sjukdomsfall. Luften innehöll mycket höga koncentrationer av partiklar, mer än 100 gånger dagens gränsvärde. Sedan dess har koncentrationerna minskat kraftigt och förekomsten av partiklar i luft har snarare kommit att förknippas med nedsmutsning och sikt försämring än hälsoeffekter. I tidigare studier har man funnit att emissioner från dieselmotorer och vedeldning troligen är de nationellt dominerande källorna till partiklar i städer i Sverige, men att även långdistanstranporterade partiklar ger ett väsentligt bidrag. Inom ASTA-programmet kommer detta att undersökas närmre.

Ungefär hälften av partiklars massa utgörs av svavel, ammonium och nitrat – föroreningar som är av intresse inom det internationella luftvårdsarbetet. Åtgärder mot utsläppen av svaveldioxid och kväveoxider har medfört att halterna av åtminstone sulfat har minskat. Minskningarna i sulfathalter i luft är dock mindre än emissionsminskningarna. Man har på senare tid funnit

att partiklarna skulle kunna inverka på klimatet genom att reflektera tillbaka solstrålningen till rymden samt genom att partiklarna påverkar molnens reflektivitet. Det finns beräkningar som antyder att den totala effekten kan vara i samma storleksordning som effekten av växthusgaser men med motsatt tecken. Dessa bedömningar är dock osäkra.

## Utsläppsminskningen korrelation till partikelfördelningen

Totalt sett har de kända effekterna av partiklar, nedsmutsning och siktminskning uttryckta i masshalten partiklar minskat i svenska städer med nära en faktor tio. Antalet mätningar som utförts är dock begränsade vilket gör det svårt att avgöra hur andra partikelmått har förändrats t.ex. antalet partiklar, fördelningen mellan submikrona (partiklar med en storlek mindre än 1 mikrometer) och supermikrona (större än 1 mikrometer) partiklar och halterna av organiska föreningar. Antalet partiklar kan faktiskt ha ökat trots att den totala partikelmassan har minskat. Ett skäl till en sådan

ökning kan vara att antalet källor (främst antalet bilar) har ökat.

## Hälsoeffekter och gränsvärden

Under 1990-talet har en rad olika forskningsrapporter från kliniska och epidemiologiska medicinska studier visat att partiklar, speciellt submikrona partiklar, har ett samband med överdödlighet och ökat sjukhusintag. Det tolkas som att partiklar kan ha allvarliga effekter på människan vid förvånansvärt låga partikelmasshalter. Man har även funnit att partiklar kan ha en fysiskt effekt, cancer kan induceras av kemiskt inerta partiklar i samma utsträckning som av dieselpartiklar innehållande toxiska komponenter. Framför allt förmedlar dessa rapporter att hälsoeffekterna kan vara betydligt större än vad som tidigare antagits.

De indikationer som framkommit om partiklarnas hälsovådlighet har snabbt resulterat i förslag till nya lågnivågränsvärden, alltså gränsvärden som tar hänsyn till alla grupper i samhället. Inom EU föreslås successivt lägre gränsvärden för masshalten av partiklar som är mindre än 10 mikrometer, s.k. PM10. Det värde man syftar till att nå inom 10 år är en halvering av dagens värde. Man diskuterar också att införa ett nytt lågnivågränsvärde för partikelmassan som relaterar specifikt till fina partiklar, nämligen PM2.5. I USA har EPA lagt ett förslag på 15 mikrogram/m<sup>3</sup> för PM2.5. Dessa föreslagna gränsvärden ligger väsentligt under de halter som regelmässigt observeras i dag i stora delar av Europa. Även i svenska städer och tätorter har jämförelsevis oroande höga halter uppmätts.

## Partiklar – ett gränsöverskridande miljöproblem

Åtgärder för att minska emissionerna av partiklar i Centraleuropa kommer också att påverka halterna av partiklar i Sverige. Nuvarande EMEP-modell har dock visat sig ha begränsad förmåga att korrekt beskriva i vilken grad åtgärderna mot svavel- och kväveföreningar i Europa påverkar halterna av sulfater och nitrater i atmosfären över Norden. Detta beror främst på att bildningen av partiklar inte i första hand beror på de totala emissionerna av svavel och kväveföreningar utan av de kemiska processer som bildar partiklarna i atmosfären under transporten. Sambanden mellan åtgärder mot svavel- och kväveföreningar och partikelbildning behöver kartläggas såväl för att kunna belysa hälsoeffekterna som för att kunna bestämma hur åtgärderna påverkar det sura nedfallet. En aktiv medverkan i denna kartläggning är ett viktigt mål för partikelprojektet i ASTA.

I projektet ingår att ta fram en sammanhållen bild av aerosolens alla delar. Framför allt undersöks de komponenter som har betydelse för när och var försurande nedfall förekommer. Dessutom undersöks olika övergripande

partikelmått som t.ex. massa och antal som är av potentiell betydelse för hälsoeffekter. Detta delprojekt av ASTA inbegriper följaktligen en rad olika delmoment som ska ge en EMEP-modell som nöjaktigt beskriver sambanden mellan emissioner i Europa och halterna över Norden vad gäller partiklar, men även partiklarnas innehåll av olika kemiska komponenter. De olika delmomenten är modellutveckling, en noggrann experimentell bestämning av viktiga parametrar samt en kartläggning av PM2.5 och PM10 i hela Norden för validering av modellen.

## Utveckling av modeller

Utvecklingen av EMEP-modellen sker inom ett till ASTA-programmet kopplat nordiskt projekt ”Long-range transport of particulate matter in Nordic countries”. Där samarbetar vi med bl.a. Norges Meteorologiska Institut, Helsingfors Universitet, Finska Meteorologiska Institutet, Norska Institutet för Luftforskning och Lunds Tekniska Högskola. Inom projektet skall den direkta emissionen av partiklar kartläggas, mekanismerna för bildning av partiklar i atmosfären parameteriseras och inkluderas i befintliga modeller. Slutligen skall modellen utvärderas mot mätningar.

## Mätningar av kemiska och fysikaliska parametrar

Det delmoment som finansieras genom ASTA är en experimentell bestämning av viktiga parametrar hos partiklarna i omgivningsluft. Det kommer att göras vid två stationer i Sverige; Vavihill på Söderåsen i Skåne och Aspveten i Sörmland. Delprojektets specifika uppgift är att mäta viktiga parametrar som partikelstorleksfördelning, dominerande partikeltyper och deras kemiska sammansättning. Dessutom skall partiklarnas ursprung bestämmas genom så kallad käll-receptoranalys.

Syftet med mätningarna är att få kunskap om partiklarnas fysik och kemi och hur dessa parametrar påverkas av källområde, transportavstånd, säsong och andra meteorologiska förhållanden. Detta kommer sedan att jämföras med hur modellen återger liknande förhållanden. Käll-receptormodellering utförs som en oberoende värdering och komplettering till den traditionella källinventeringen. Två platser i Sverige ger en alldeles för begränsad täckning, men genom det nordiska projektet har liknande mätprojekt initierats i de andra nordiska länderna vars data kommer att vara tillgängligt för utvärdering av modellen.

## Kartläggning av PM2.5 och PM10

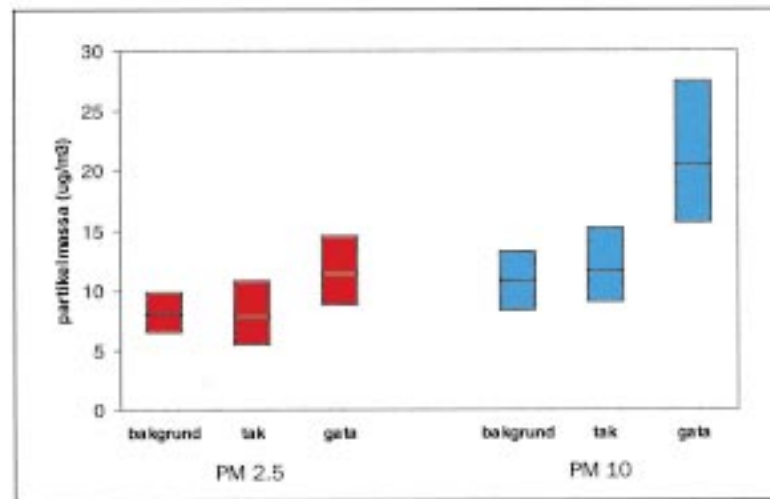
Ett tredje delmomentet är ett kartlägningsprojekt av PM2.5- och PM10- halter i Sverige som bekostas av Naturvårdsverket, Vägverket och Energimyndigheten. Mätningar har redan påbörjats och de utförs i bakgrundsmiljö, mindre tätorter och i större städer. Syftet är att

kartlägga vilka halter människor exponeras för och vilka de huvudsakliga källorna är. Mätningarna har pågått sedan våren 1999 i fyra stora städer; Malmö, Göteborg, Stockholm och Umeå där mätningarna görs i gatumiljö och på tak. Två mindre städer, Växjö och Lycksele, undersöks också för att klargöra inverkan av vedeldning. Där utförs mätningar i gatu/bostadsmiljö.

För att följa inverkan av långdistanstransport av partiklar görs också mätningar på bakgrundsstationerna Vavihill och Aspvreten. Kompletterande filtermätningar för kemisk analys av partiklarna görs i Vavihill, Göteborg och Lycksele. I tillägg till mätningarna pågår ett intensivt samarbete med de övriga nordiska länderna vad avser interkalibreringar samt datautbyte för att på så sätt få en större databas som täcker ett större geografiskt område.

Varje delmoment ingår i ett nätverk av nordiska projekt. Tillsammans skall de ge en tillförlitlig modell som dels kan beskriva spridningen av försurande komponenter bättre än idag och dels kan beskriva hur partikelhalter som PM<sub>2.5</sub> och PM<sub>10</sub> varierar geografiskt. Modellen skall även ge information om kemiska huvudkomponenter och partikelstorleksfördelning för att senare bilda ett underlag vid bedömning av hälsoeffekter.

Så här långt visar mätningarna att inverkan av långdistanstransport är avgörande, även vid gatu-mätningarna i storstäderna. I slutändan förväntas modellen ge ett ordentligt underlag inför förhandlingsarbetet så till vida att olika förslag kan bedömas både utifrån belastning på ekosystem såväl som hälsorisker.



Preliminära resultat från kartläggningsprojektet. 24-timmarsvärden av PM<sub>2.5</sub> (röda staplar) och PM<sub>10</sub> (turkosa staplar) i tre olika miljöer där intervallet i varje stapel motsvarar 25- resp. 75-persentiler under resp. över medianvärdet. Det framgår att gatuvärden är ungefär två gånger högre än bakgrundsvärden, samt att takhalter endast är svagt förhöjda i jämförelse med bakgrundshalter.



# Forskning och politik inom konventionen för gränsöverskridande luftföroreningar

Rolf Lidskog och Göran Sundqvist, Avdelningen för Humanteknologi och vetenskapsstudier, Göteborgs universitet



## Vetenskapens roll i miljöpolitiken

Spelar vetenskapen någon roll i internationella förhandlingar om miljön? Eller är det främst ekonomiska och politiska faktorer som är avgörande när nationalstater utvecklar internationella överenskommelser om hur man ska begränsa långväga luftföroreningar? FN-Konventionen för långväga gränsöverskridande luftföroreningar (CLRTAP) anses vara ett lyckat exempel på hur forskare och beslutsfattare kan samarbeta för att skapa en effektiv reglering av ett internationellt miljöproblem. Inom ASTA:s samhällsvetenskapliga del analyseras forskningens och experternas roll inom denna konvention.

## En lyckosam konvention med smarta protokoll

I detta delprogram studeras vetenskapens roll inom CLRTAP. Tillsammans med dess organisation i form av arbetsgrupper och gemensamma mätning- och forskningsprogram, ses denna konvention ofta som lyckad och effektiv. Ett av skälen till detta är det täta och kreativa samarbetet mellan forskare och beslutsfattare.

Användandet av ekosystemkriterier – kritisk belastning – har gjort åtgärdsregleringen starkt beroende av vetenskaplig kunskap. I december 1999 undertecknades i Göteborg det senaste protokollet inom konventionen.

Detta protokoll har karakteriserats som ett "smart" protokoll, som det mest sofistikerade och mest vetenskapsbaserade som någonsin undertecknats på miljöområdet.

## Internationella regimer

Den samhällsvetenskapliga forskningen om internationell miljöpolitik utgår ofta från begreppet *regim*. En *regim* innefattar regler, normer och beslutsprocedurer kring vilka parterna fokuserar sina förväntningar och kring vilka en bred enighet kan uppnås. Internationella regimer erbjuder en form för samarbete mellan självständiga stater och syftar till att undvika att dessa endast agerar utifrån nationella egenintressen i frågor som överskrider nationsgränser.

Regimer är svaga institutioner i den meningen att de endast är baserade på en normativ ordning mellan nationalstater. De saknar därför de sanktionsmöjligheter som finns inom en nationalstat. Frågor kring hur regimer trots denna brist kan uppnå sina mål på ett effektivt sätt står ofta i fokus för dagens regimforskning. Bland viktiga faktorer för effektivitet nämns ofta: etablerandet av organisatoriska fora med tillgång till instrument för övervakning och samordning; förekomsten av regimer inom angränsade områden; draghjälp från andra organisationer inom den ekonomiska och politiska världsordningen;



Rolf Lidskog



Göran Sundqvist

och förekomst av historiska (symboliska) möten.

Flera forskare poängterar vikten av att de frågor som fokuseras inom en regim bör vara begränsade till sitt omfång. Därför rekommenderas ofta att regimer skapas för enskilda frågor. Vidare poängteras ofta betydelsen av tillgång till erkänd vetenskaplig kunskap om orsaker, effekter och relevanta lösningar. I många fall leder bristen på erkänd och säker kunskap till svårigheter vad gäller både utveckling och implementering av en regim.

### Kunskapens roll

Inom ramen för studiet av regimer förs en debatt om kunskapens betydelse. Vissa forskare tonar ned kunskapens roll och väljer att studera regimer som ett förhandlings-spel mellan de ingående nationalstaterna. Dessa förstås och analyseras som rationella aktörer, involverade i internationella förhandlingar, främst syftande till att tillfredsställa sina egna nationella intressen. Enligt detta synsätt har kunskapen mycket begränsade möjligheter att förändra parternas intressen och påverka förhandlingsprocessen.

Andra forskare tilldelar kunskapen en avgörande roll. Dessa hävdar att tillgång till en gemensam kunskapsbas om vilken det råder enighet är helt avgörande för att kunna skapa effektiva regimer. Här hävdas inte att det är nationalstaternas intressen som formar regimen, utan tvärtom att det är samstämmig kunskap som skapar staternas intressen.

Termen kunskapsamfund (epistemic community) har här introducerats för att förstå vetenskapens roll vid bildandet och utvecklandet av regimer. Ett sådant samfund skall förstås som ett internationellt kunskapsbaserat nätverk av professionella aktörer som innehar politisk makt genom kognitiv auktoritet. Det som förenar medlemmarna inom ett sådant samfund är att de innehar en gemensam bas av kunskaper, gemensamma värden och en gemensam policy, det vill säga en övertygelse om *hur* det aktuella tillståndet kan förbättras.

Vetenskapens roll vid formeringen, utvecklingen och implementeringen av miljöregimer är således omstridd. Konflikten handlar om huruvida vetenskaplig kunskap är i stånd till att skapa och utveckla regimer, eller om den endast har marginell roll i en förhandlingsprocess som styrs av nationalstaternas politiska intresse.

### En okritisk syn på vetenskapen

Oavsett om man tilldelar vetenskapen en begränsad eller helt avgörande roll i skapandet av regimer, så förenas dessa ståndpunkter i en outvecklad och okritisk syn på vetenskapen. Sällan diskuteras i någon mer kvalificerad mening vad som avses med vetenskap och varför vetenskapen faktiskt får den roll och betydelse som den tillskrivs. Det ena synsättet riskerar att undervärdera vetenskapens betydelse med sin betoning på stabila och entydiga nationsintressen. Det andra synsättet riskerar det motsatta, att övervärdera vetenskapens roll genom att hävda

att vetenskaplig kunskap kan skapa en ny enighet bland nationalstaternas många och divergerande intressen.

### En vetenskaps sociologisk ansats

Inom den moderna vetenskaps sociologin poängteras samspelen och det ömsesidiga beroendet mellan vetenskap och politik. Utifrån detta synsätt betraktas inte vetenskapen som en extern faktor som i vissa fall kan få visst inflytande över en regims utveckling. Inte heller kan vetenskaplig kunskap, framburen av kunskapsamfund, forma regimer om den inte anpassas till regimens politik. För att skapa en effektiv regim krävs att ett ömsesidigt förhållande etableras mellan den vetenskapliga kunskapen och den politiska verkligheten. Av det skälet är det av största vikt att vetenskaps sociologiska studier görs av hur regimernas parter uppfattar och bedömer kunskap som auktoritativ, användbar och nyttig. Vetenskapens eventuella sociala och politiska styrka måste förklaras och kan inte tas för given.

Den samhällsvetenskapliga delen av ASTA-programmet avser att kritiskt och konstruktivt analysera vetenskapens roll i de internationella förhandlingarna inom CLRTAP-regimen. Att det rör sig om en regim där vetenskapen haft betydelse kan illustreras med följande nedslag i dess historia:

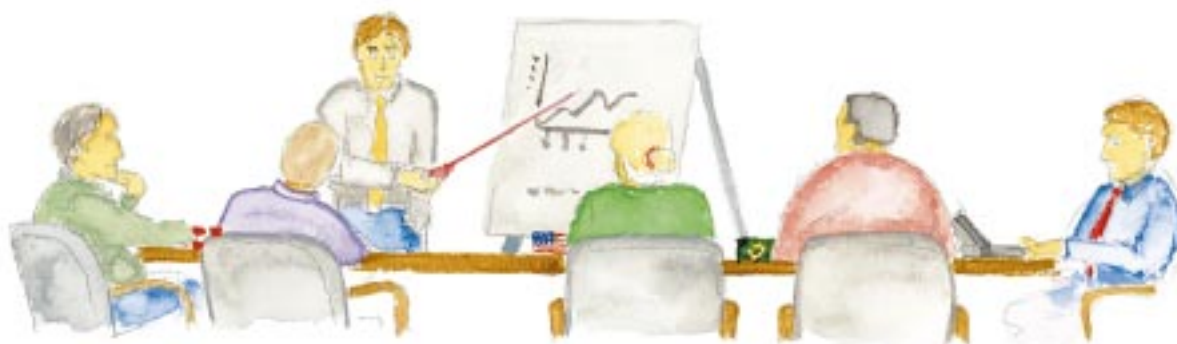
### Faktasamordning viktig startpunkt

Inom CLRTAP togs tidigt initiativ om ett gemensamt mättnings- och utvärderingssystem – EMEP. Härigenom skapades en mekanism för data- och forskningsutbyte – utsläppsdata kunde effektivt utbytas mellan de deltagande länderna. Detta innebar också framväxandet av ett gemensamt synsätt och det gav också regimen ett viktigt samordningsinstrument. Vissa regimforskare beskriver detta system för mätning och utbyte av data som CLRTAP-regimens viktigaste mekanism.

### Enande begrepp – kritisk belastning

Det åtgärdsarbete som tog sin början 1994 då det andra svavelprotokollet undertecknades, har ytterligare förstärkt CLRTAP:s forskningsberoende. Arbetet utgår från kritiskt belastning och därmed krävs detaljerad kunskap om ekosystemens känslighet (sjöar, jordar och grödor). Utifrån den uppmätta känsligheten har differentierade kartor över Europa skapats och modelleringar utförs i syfte att få fram den mest kostnadseffektiva utsläppsreduktionen i Europa. Detta mättnings- och modellerings-system, som byggts upp under 1990-talet är idag den enhet kring vilken hela regimen är knuten.

Kritisk belastning är ett så kallat robust begrepp som är tillräckligt tåligt för att ges mening för såväl forskare, politiker som allmänhet. På en och samma gång formar det både vetenskapen och politiken och skapar gemensam kunskap och gemensamma värden.



Två modeller över vetenskapens roll vid internationella miljöförhandlingar

Vid undertecknandet av Göteborgsprotokollet i december 1999 uttryckte ordföranden i CLRTAP:s styrelse Jan Thompson det ömsesidiga beroendet mellan vetenskap och politik på följande sätt:

”The secret behind the Convention’s achievements lies in its flexible framework for joint initiatives, in the political backing it has enjoyed, but first and foremost, in the close interplay between science and policy. The development of new instruments builds on a serial scientific foundation generated by an international network of experts and on interaction between policy makers and scientists with a shared perception of where to go and how to get there.”

Som vi såg ovan har regimforskare betonat risken med att inbegripa alltför många frågor och betonat att en effektiv regim kännetecknas av att vara koncentrerad till ett avgränsat område. Det samma har också hävdats vad gäller mängden av involverade aktörer. CLRTAP-regimen har hittills dominerats av ett fåtal länder, där ursprungligen Sverige och Norge, och senare även Tyskland, Holland och Storbritannien, varit huvudaktörer. Det är också dessa länder som satsat stort på forskning inom området. En vetenskapsbaserad regim, som CLRTAP, utesluter därför många länder, vilka helt enkelt inte kvalificerar sig vetenskapligt för ett aktivt deltagande i regimens utveckling.

Den nuvarande situationen inom CLRTAP-regimen,

baserad på en tydlig och bred konsensus och ett intimt samarbete mellan forskning och offentlig politik, ger utrymme för ett politiskt manövrerande under skydd av trovärdig vetenskap. Åtgärdsarbetet baserat på kritisk belastning innefattar stora krav på att forskningen skall kunna uppfylla de förväntningar som detta koncept ställer. Osäkerheterna kan ibland bli betydande vad gäller urskiljande av känslighet och därmed i förlängningen av vilka de kostnadseffektiva åtgärderna är. De valda åtgärdsstrategierna är i grunden ett val av offentlig politik, och bör förstås och analyseras som sådana.

### Vetenskapen vilar på värderingar

Ett vetenskaps sociologiskt synsätt säger oss att vetenskapligt arbete alltid vilar på värderingar. Det är därför inte tillfredsställande att utgå ifrån att en vetenskapsbaserad miljöregim innebär avsaknad av politiska val. Tvärtom är en vetenskapsbaserad regim resultatet av en social ordning som inbegriper såväl politiska förhandlingar som vetenskapliga praktiker.

I och med Göteborgsprotokollet har CLRTAP blivit en alltmer komplex regim, innefattande tydliga krav på att integrera allt fler substanser inom en ram som också innefattar ekonomi och hälsa. Vad som i framtiden händer med CLRTAP-regimen – inte minst i frågan om vetenskapen – återstår för oss att följa under de närmaste åren.

# Organisation

## Programstyrelse 1999

---

Lars Lindau, Naturvårdsverket, Stockholm (ordförande)  
 Kerstin Lövgren, Forskningsstiftelsen MISTRA, Stockholm  
 Anton Eliassen, Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Oslo  
 Gunnar Hovsenius, Elforsk, Stockholm  
 Martin Lindell, Skogsstyrelsen, Jönköping  
 Karsten Pedersen, Göteborgs universitet (till 990901)  
 Peringe Grennfelt, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg (programchef)  
 Håkan Pleijel, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg (vice programchef\*)

## ASTA:s vetenskapliga programråd

---

Programrådets deltagare är ansvariga för respektive delprogram.

Peringe Grennfelt	(A1)	peringe.grennfelt@ivl.se
Olle Westling	(A2)	olle.westling@ivl.se
Göran Sundqvist	(B)	goran.sundqvist@ctv.gu.se
Per Warfvinge	(C1)	per.warfvinge@chemeng.lth.se
Torgny Näsholm	(C2)	torgny.nasholm@genfys.slu.se
Håkan Pleijel	(C3)	hakan.pleijel@miljo.gu.se
John Munthe	(C4)	john.munthe@ivl.se
Hans Christen Hansson	(C5)	hc.hansson@itm.su.se

\*Fr o m år 2000: John Munthe, IVL Svenska Miljöinstitutet AB

# Delprogram och deltagare under 1999

## A. INTEGRERADE ANALYSER

**Internationellt centrum för utvärdering och syntes samt integrerade systemanalyser.** Peringe Grennfelt (IVL) (ansvarig), Filip Moldan (IVL), John Munthe (IVL), Per Warfvinge (Kem. inst. LU), Harald Sverdrup (Kem. inst. LU), Catarina Sternhufvud (IVL), Håkan Pleijel (IVL) och Mattias Alveteg (Kem. inst. LU).

**Nationell plattform för strategier för emission och markanvändning.** Olle Westling (IVL i Aneboda) (ansvarig)

## B. VETENSKAPLIGA PROCESSER BAKOM ÅTGÄRDSSTRATEGIER

**Ett samhällsvetenskapligt perspektiv.** Göran Sundqvist och Rolf Lidskog (Avd. för humanteknologi och vetenskapsstudier, GU) (båda ansvariga).

## C. NATURVETENSKAPLIGT UNDERLAG FÖR FRAMTIDA ÅTGÄRDSSTRATEGIER

**Återhämtning från försurning – experimentell studie av återhämtning och biogeokemiska processer i takexperimentet i Gårdsjön.** Filip Moldan (ansvarig), Hans Hultberg och John Munthe (samtliga IVL).

**Modellering av återhämtningsprocesser i mark och vatten.** Mattias Alveteg (Kem. inst. LU) (ansvarig), Filip Moldan (IVL), Kevin Bishop (Inst. för miljöanalys, SLU), Liisa Martinsson (Kem. inst., LU) och John Munthe (IVL).

**Förändringar i kvävebelastade ekosystem – ekofysiologi** Torgny Näsholm (ansvarig), Jörgen Persson och Margareta Zetherström (samtliga Genetik och växtfysiologi, SLU).

**Förändringar i kvävebelastade ekosystem – vegetationsutveckling.** Lars Ericson (ansvarig) och Joachim Strengbom (båda Ekologi och geovetenskap, UmU).

**Marknära ozons effekter på träd och grödor.** Håkan Pleijel och Per-Erik Karlsson (båda ansvariga) samt Gunnilla Pihl Karlsson och Helena Danielsson (samtliga IVL, Håkan Pleijel nås på Avd. för tillämpad miljövetenskap GU från feb. 2000)

**Kvicksilver - atmosfärskemiska processer.** John Munthe (IVL) (ansvarig).

**Partikulära luftföroreningar – halter, transport och källor.** Hans Christen Hansson (ansvarig), Hans Areskoug, Erik Swieltlicki, Adam Christensson, Hans Karlsson och Torbjörn Alesand (samtliga ITM).

**Molnprocesser – interaktioner mellan aerosoler och spår-gaser.** Hans-Christen Hansson (ITM) (ansvarig), Bengt Martinsson, Göran Frank, Martin Karlsson och Jingchuan Zhou (samtliga Inst. för kärnfysik, LU).

**Ozontrender – utvärdering av svenska ozondata med avseende på trender.** Hans-Christen Hansson (ITM) (ansvarig) och Anne Lidskog (IVL).

## D. PROGRAMLEDNING

**Vetenskaplig ledning av ASTA-programmet.** Peringe Grennfelt och Håkan Pleijel (IVL) (båda ansvariga)

**Information från ASTA-programmet.** Peringe Grennfelt, Håkan Pleijel (båda ansvariga) och Eva Engström (samtliga IVL).

**Ekonomisk/administrativ ledning.** Peringe Grennfelt, Håkan Pleijel (båda ansvariga) och Helena Danielsson (samtliga IVL).

# Ekonomisk översikt

## Beviljade intäkter (tkr):

---

För 1999 hade ASTA-programmet följande anslag att disponera:

MISTRA	4000
Skogsstyrelsen	200
Elforsk (Svenska elföretagens forsknings- och utvecklings AB)	500
SIVL (Stiftelsen IVL) matchning	700
Avgår till SIVL-fond (7%)	-98

---

Total: 5302

Den ursprungliga budgeten för 1999 justerades efter programmets start p.g.a. förändrade intäkter.

## Kostnader (tkr):

---

Under 1999 har medel använts till olika verksamheter enligt följande:

	Löner och administrativa omkostnader	Resor, material och övrigt	Totalt
A. Integrerade analyser	365	98	463
B. Vetenskapliga processer bakom åtgärdsstrategier	69	31	100
C. Naturvetenskapligt underlag för framtida åtgärdsstrategier	2 823	443	3 266
D. Programledning information	580	128	708
<b>Totalt</b>	<b>3 837</b>	<b>700</b>	<b>4 537</b>



**Ekologi och geovetenskap** Umeå universitet  
90 187 Umeå, Tel. 090-786 50 00

**Genetik och växtfysiologi** Sveriges Lantbruksuniversitet  
901 83 Umeå, Tel. 090-786 58 00

**Institutionen för miljöanalys** Sveriges Lantbruksuniversitet  
Box 7050 750 07 Uppsala Tel. 018-67 10 00

**Kemiska institutionen** Lunds universitet  
Box 124 221 00 Lund Tel. 046-222 70 10

**Institutionen för kärnfysik** Lunds universitet  
Box 117 221 00 Lund Tel. 046-222 70 10

**IVL Svenska Miljöinstitutet AB**  
Box 470 86 402 58 Göteborg Tel. 031-725 62 00

**IVL Svenska Miljöinstitutet AB**  
Aneboda 360 30 Lammhult Tel. 0472-26 20 75

**Avd. för tillämpad miljövetenskap** Göteborgs universitet  
Box 461 405 30 Göteborg Tel. 031-773 10 00

**Avd. för humanteknologi och vetenskapsstudier** Göteborgs universitet  
Box 700 405 30 Göteborg Tel. 031-773 10 00

**Institutet för tillämpad miljövetenskap (ITM)** Stockholms universitet  
106 91 Stockholm Tel. 08-674 70 00

