

ÅRSRAPPORT 2003

Underlag för åtgärder



ASTA

INTERNATIONAL AND
NATIONAL ABATEMENT STRATEGIES
FOR TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION

ETT FORSKNINGSPROGRAM
FINANSIERAT AV MISTRA
SAMT SKOGSSTYRELSEN
ENERGIMYNDIGHETEN
OCH NATURVÅRDSVERKET

Innehåll

Inledning	SID 4
Att kommunicera luft: experterna och allmänheten GÖRAN SUNDQVIST OCH MARTIN LETELL	SID 5
Kväve – ett hot mot den biologiska mångfalden i boreala skogar? ANNIKA NORDIN OCH LARS ERICSON	SID 8
På väg mot modellering av miljöeffekter på biodiversitet HARALD SVEDRUP OCH MATS G.E SVENSSON	SID 14
Dynamiska modeller LIISA MARTINSSON OCH FILIP MOLDAN	SID 18
Ozoneffekter på grödor – kvalitet och kvantitet HÅKAN PLEIJEL, HELENA DANIELSSON OCH MOHAMMED BELHAJ	SID 21
Partiklar, dagens viktigaste luftförorening? HANS-CHRISTEN HANSSON	SID 24
ASTA:s nationella program OLLE WESTLING	SID 28



ASTA:s forskning bedrivs i nära samarbete med beslutsfattare. Det är inspirerande men ställer också stora krav när det gäller att generalisera enskilda forskningsresultat till underlag för nationella och internationella beslut. Under 2003 har ASTA i ökad utsträckning arbetat med frågor som rör tillämpning av forskningsresultaten, t ex i det nationella miljömålsarbetet. Vår forskning och våra resultat är av direkt betydelse för utformning och uppföljning av miljömålen frisk luft, bara naturlig försurning och ingen övergödning.

Inom det internationella luftvårdsarbetet kommer ASTA:s resultat att användas i arbetet med den luftvårdsstrategi som EU lägger fram i mitten av 2005. I strategins försurningsdel är nu återhämtning en viktig aspekt och för marknära ozon kommer mer avancerade metoder att uppskatta effekter att tillämpas. ASTA:s forskning har också varit betydelsefull för det kanske viktigaste området i den kommande luftstrategin, partiklars hälsoeffekter. Här har vi bidragit med viktig kunskap kring karakterisering av partiklar och kartläggning av deras ursprung.

Vår forskning innebär också att ASTA:s forskare i ökad utsträckning blivit nyckelpersoner i det internationella arbetet. Inom flera av ASTA:s forskningsområden medverkar vi idag i de internationella expertorgan som tar fram underlagen.

ASTA har under 2003 utvidgat sin verksamhet till att inkludera ekonomiska aspekter av de gränsöverskridande luftföroreningarna. Vi utvecklar metoder för att i ekonomiska termer uppskatta nyttan av minskade utsläpp. De effekter vi i första hand koncentrerar oss på är marknära ozons effekter på grödor och skog samt försurningseffekter.

I årets rapport, som endast publiceras på svenska, har vi speciellt lyft fram hur luftföroreningar påverkar mark och vegetation t ex hur biodiversiteten påverkas. Rapporten illustrerar bl a hur vi söker utveckla underlagen för åtgärder till att ta upp effekter som hittills varit svåra att uppskatta.

Peringe Grennfelt
Programchef

Att kommunicera luft: experterna och allmänheten

GÖRAN SUNDQVIST
OCH MARTIN LETELL

Vem är intresserad av luftföroreningar?

Under senare år har 'luftfrågan' alltmer kommit att uppfattas som 'klimatfrågan'. Ur medial synvinkel är detta tacksamt eftersom frågan då kan dramatiseras på global nivå. Klimatfrågan är av planetariska mått, innefattande dramatiska händelser som torka, stormar och översvämningar, och därmed av avgjort större intresse än en försurad insjö i norra Europas utkant. Viktigt blir därför hur luftfrågans komplexa samband ska tydliggöras och kommuniceras. Luftfrågan innefattar såväl globala klimatförändringar, regionalt försurade skogsmarker, som lokala och urbana hälsoproblem. Vilken roll bör experterna spela i den kommunikativa problematiken att reda ut skillnaderna och samspelet mellan det globala, regionala och lokala, och för att kommunicera luftfrågan till en intresserad allmänhet?

Ett problem som samhällsvetaren urskiljer är att den medborgare som figurerar i de europeiska expertkulturerna är relativt vagt definierad. I detta bidrag vill vi lyfta fram de bilder av medborgaren som hittills formulerats inom det europeiska luftarbetet, särskilt inom LRTAP konventionen och EU kommissionens CAFE-program. Vi avser här inte en reell medborgare, eftersom konventionen i strikt mening inte har några medborgare (till skillnad från EU), utan den bild av allmänheten som förmedlas. Förvisso märker vi här ett ökat intresse, som möjligtvis har att göra med EU:s allt större inflytande, och vars synsätt delvis konvergerar med vad som framhålls inom samhällsvetenskapen. Vad som poängteras är vikten av ökad kommunikation mellan experter, beslutsfattare och allmänhet.

Det kan tyckas orättvist att jämföra konventionen med EU kommissionen. Inte minst mot bakgrund av skillnader i fråga om ekonomiska och organisatoriska resurser. Man kan också fråga sig om konventionen bör ha som ambition att kommunicera med den europeiska allmänheten. Men eftersom vår avsikt är av principiell natur är dessa invändningar av mindre intresse. Låt oss därför i det följande jämföra konventionen med kommissionen och därefter övergå till en samhällsvetenskaplig förståelse av kommunikationen mellan experter och allmänhet.

Konventionens kommunikationsstrategi

LRTAP konventionens arbete med åtgärder kring långväga luftföroreningar har under flera decennier ansetts som framgångsrikt. Idag fokuseras emellertid ett antal kritiska frågor om dess möjligheter att uppnå beslut om fortsatta nedskärningar av utsläppsnivåer. Paradoxalt nog tycks de faktorer som idag uppmärksammas som problem också utgöra orsakerna till den historiska framgången.

Vad som lett till framgång är att forskare och experter insett betydelsen av förenklingar och vikten av att hålla fast vid dessa. Ett expertbaserat kunskapsunderlag har gjorts entydigt och förståeligt för politiska förhandlare. Effekten har blivit att det inom en begränsad krets av forskare och beslutsfattare uppstått ett nära samförstånd. Detta utgör en viktig förklaring till framgången, men också något att varna för. Fördelen är att ett fåtal personer kan enas och driva frågan på ett kraftfullt sätt, också över gränsen mellan forskning och beslut. Nackdelen är att endast ett fåtal är involverade och vet vad som förhandlas och beslutas om. Vidare har det täta samarbetet kritiserats utifrån att det utesluter andra intressenter, och att regleringen nu blivit så komplicerad att inga andra än de ”inom familjen” förstår den.

Vi finner en trevande självkritik inom konventionen, med fokus på en alltför hög grad av slutenhet i relation till omvärlden. En isolerad position är olycklig om intresset från omvärlden minskar. Vissa hävdar att konventionen är en av de bäst bevarade miljöhemligheterna. I syfte att förbättra informationen till olika grupper har konventionen formulerat en kommunikationsstrategi, vilken antogs i juli 2001.

Strategins syfte är att öka medvetenheten om luftproblemen, men också om det arbete som utförts inom konventionen. Transparens poängteras och det talas även om breddat deltagande, ökad visibilitet och effektiviserad kunskapsspridning. I april 2003 hölls en uppföljande workshop i London där viss kritik framfördes av de inbjudna gästerna. Framförallt kritiserades mediakontakterna. Det tycks ibland som om konventionens organisation, dess protokoll och byråkratiska rutiner blir viktigare än de konkreta miljöfrågor som dessa avser att hantera och lösa. Ett sådant synsätt har dåliga förutsättningar att nå ut till en bredare publik. Sammanfattningsvis tycks kommunikationsstrategin handla om att öka konventionens synlighet och effektivisera informationsutbytet på ett traditionellt toppstyrt sätt.

EU kommissionens CAFE-program

I CAFE-programmet är medborgaren tydligare definierad än i konventionens kommunikationsstrategi. Ett av de fem mål som formulerats för CAFE handlar om kommunikation och informationsspridning. Fem specifika påståenden framhålls: i) öppenhet är betydelsefullt, ii) delaktighet ökar med ökad information, iii) Internet är ett kraftfullt verktyg för att åstadkomma ökad delaktighet, iv) delaktighet är relativt enkelt att uppnå och v) medborgarna måste involveras, eller måste åtminstone känna sig mer involverade, eftersom de utgör den yttersta drivkraften.

I CAFE-programmets formuleringar finner vi återverkningar från EU:s arbete för en demokratiserad expertis, med fokus på ökad transparens och medborgarinflytande. Vi finner dock att CAFE tar ganska lätt på dessa frågor, vilket avslöjas i formuleringar som att målet om ökad delaktighet är lätt att uppfylla. Lösningen tycks bestå av ökad informationsspridning genom en utvecklad hemsida. CAFE:s motiv för ökad transparens och medborgarmedverkan kan förstås som en önskan att motverka teknokratiska tendenser, de stängda dörrarnas expertis, vilket uppmärksammats som ett problem inom konventionen. Termen delaktighet används frekvent, men definieras ofta som informationsbehov. CAFE söker acceptans snarare än medverkan och delaktighet.

I kommissionens broschyr ”Ren luft i EU” finner vi en mer självständig medborgare. Vi möter en medborgare som kan agera och ställa krav och detta utifrån en konkret upplevelse av att luften är viktig. I dokument från LRTAP och CAFE formuleras aldrig luftfrågorna som angelägenheter för den enskilde medborgaren. I broschyren hävdas däremot att luftfrågorna är särskilt viktiga för den enskilde medborgaren. Luften är allas intresse och ansvar och medborgare har därför också rätt att ställa krav. Medborgaren uppmanas att lämna bilen hemma, gå, cykla, utnyttja kollektivtrafiken, men också engagera sig genom att ställa krav på nationella och lokala myndigheter.

Samhällsvetenskapens syn på breddat deltagande

Inom samhällsvetenskapen är det allmänt erkänt att vetenskapen inte på egen hand kan lösa miljöproblem. Den vetenskapliga kunskapen behöver kompletteras och berikas med andra kunskapsformer och andra aktörer än experter måste engageras i beslutsprocessen. Begreppet demokratiserad expertis har formulerats i avsikt att förstå ett mer intensifierat och öppet samspel mellan forskning och policy, där expertisen förs närmare medborgarna, insynen ökar och deltagandet breddas. EU har officiellt ställt sig bakom tanken på en demokratiserad expertis som ska genomsyra allt regleringsarbete. I dagens teknologiska samhälle finns ett krav på den enskilde medborgaren att agera aktivt och självständigt i förhållande till vetenskapens och teknikens risker och möjligheter.

Samhällsvetare framför ofta ståndpunkten att trovärdiga beslut i frågor som rör vetenskapsbaserade frågor endast kan åstadkommas om de omfattas av ett brett samhällsstöd. Det handlar då inte bara om medborgarnas samtycke – en passiv acceptans – utan om att besluten har baserats på en deliberativ process som möjliggjort konfronterandet av olika ståndpunkter. Det tycks därför närmast självklart att argumentera för ett ökat deltagande vid beslut om vetenskapliga och tekniska aktiviteter.

Argumenten för utvidgat beslutsfattande har emellertid flera bottenar. Enkelt uttryckt kan medborgaren identifieras som ett potentiellt problem, som ett hinder, eller som en tillgång och positiv kraft. I båda fallen finns motivet att uppnå en mer effektiv användning av forskningsresultat.

Att grunda kommunikationsstrategier på färdiga expertlösningar är otillräckligt. LRTAP:s kommunikationsstrategi har tydliga tendenser av att endast vilja kommunicera och öka uppmärksamheten kring befintliga kunskaper och åtgärder. Det är omgivningen som ska förändras och göras mer uppmärksam och intresserad. Allmänheten ses som en passiv måltavla för enkelriktad information. Inte mycket sägs om hur medborgare aktivt kan bidra med kunskaper och handlingar som utgör en del i arbetet för åtgärder som leder till ”friskare luft”. För att skapa ett ökat intresse bland allmänheten krävs en attityd som tar människors engagemang på allvar och som förändrar bilden av experternas arbete som något avslutat.

Medborgare bör ses som kompetenta aktörer, som har förmåga att utvärdera och bedöma olika förslag från experter. Utmaningen är inte att skapa bättre kanaler för enkelriktad expertinformation utan att utveckla nya relationer mellan experter och medborgare. Det är också detta som uttrycks i EU:s ambition om en demokratiserad expertis. Enligt denna bör samspelet både närmast och stärkas mellan experter, beslutsfattare och allmänhet. Detta innebär också att bredda kunskapsbasen, vilket kan leda till såväl ökat intresse som ökad trovärdighet för slutliga lösningar. Detta är kanske inte den enklaste vägen men i ett längre perspektiv en mer hållbar väg för syftet att skapa såväl bättre som mer legitima och uppmärksammade åtgärder. Inom ASTA:s samhällsvetenskapliga program avser vi att intensifiera studierna av kommunikationsprocesser kring långväga luftföreningar.

För vidare läsning:

Lidskog, R. & Sundqvist, G. (2004) "From Consensus to Credibility: New Challenges for Policy-Relevant Science". *Innovation: The European Journal of Social Science Research*.

EU Kommissionen (2001) White Paper on Governance: Report of the Working Group 'Democratising Expertise and Establishing Scientific Reference Systems'. 02.07.2001. Bryssel.

ANNIKA NORDIN
OCH LARS ERICSON

Kväve – ett hot mot den biologiska mångfalden i boreala skogar?

Inom ASTA programmet studerar vi hur kvävenedfallet påverkar den biologiska mångfalden i boreala skogar. Vi utforskar olika mekanismer som styr förändringarna av vegetationens artsammansättning när kvävetillgången ökar. Vi fokuserar på hur kväve ändrar växters biokemi, hur dessa förändringar påverkar olika organismer som angriper och skadar växter, och konsekvenserna av detta för vegetationens artsammansättning. En viktig målsättning med vår forskning är att bestämma vilken kvävebelastning boreala skogar tål utan att den biologiska mångfalden hotas.



Gräs ersätter blåbärsris och lingonris i skogar drabbade av luftburna kväveföroreningar. Eftersom många andra arter är beroende av dessa bärris, utgör kväve ett hot mot den biologiska mångfalden i boreala skogar. Dessutom är den svenska bärindustrin beroende av tillgången på blåbär och lingon.

Forskningens metoder

Kväveforskningen inom ASTA programmet kombinerar studier i fältexperiment med storskaliga inventeringar av skogar över hela landet. Fältexperimenten utförs i områden med mycket lågt kvävenedfall för att göra det möjligt att studera både kortsiktiga och långsiktiga effekter av ökad kvävetillgång. De doser av kväve som årligen tillsätts varierar mellan 3 och 50 kg kväve per hektar. Dessa doser stämmer väl överens med storleken på kvävenedfallet i stora delar Europa. Med syfte att ytterligare belysa sambanden mellan kvävetillgång och vegetationens respons kommer resultaten från dessa studier att inkluderas i en dynamisk modell.

Blåbärsris och lingonris angrips av kvävegynnade skadegörare

Skogsmarksväxter angrips precis som våra jordbruksväxter och trädgårdsväxter av olika skadegörare. En vanlig skadegörare på blåbärsris är bladparasitsvampen *Valdensia heterodoxa*.



Den förorsakar att blåbärrisets blad faller av redan mitt under sommaren. *Eupropolella vaccini* är en annan vanlig parasitsvamp som angriper lingonris. Den förorsakar att hela det angripna skottet dör.

Våra experiment visar att båda dessa parasitsvampar gynnas av ökad kvävetillgång. Detta beror på att biokemin hos blåbärris och lingonris ändras när kvävetillgången ökar. Hos blåbärris ökar till exempel halten aminosyror i bladen när kvävetillgången i skogsmarken ökar. Detta gynnar spridningen av *Valdensia heterodoxa*.

Utbredningen av gräs ökar

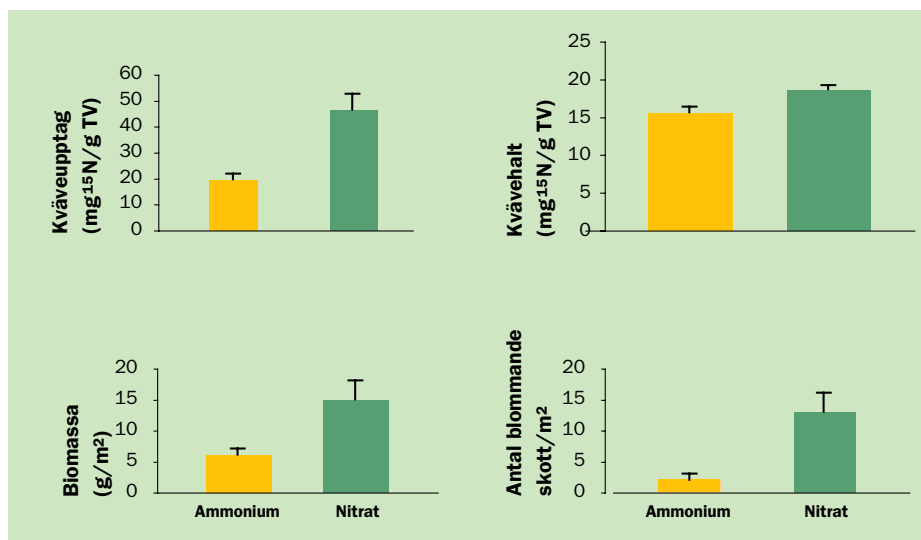
När kvävetillgången ökar i skogen ökar också utbredningen av gräs. Vi har funnit att flera olika mekanismer ligger bakom gräsets expansion. Till exempel kan angrepp av skadegörare som bladparasitsvampen *Valdensia heterodoxa* initiera expansionen av det vanliga gräset kruståtel i blåbärrisdominerad vegetation. Angrepp av *Valdensia heterodoxa* orsakar att blåbärrisbladen faller av i förtid och därmed ökar ljusinsläppet till de små plantor av kruståtel som normalt tynar under det täta blåbärriset. I och med att både ljusstillgången och kvävetillgången ökar skapas goda förutsättningar för gräsets tillväxt. Under de tre första åren av ett kvävegödslingsexperiment fann vi att utbredningen av kruståtel endast ökade i områden där blåbärriset var angripet av *Valdensia heterodoxa*.



En annan faktor som har betydelse för vegetationens utveckling är kvävenedfallets kemiska form. Normalt har skogsmarksväxter främst tillgång till organiskt kväve i form av olika aminosyror, och många växter är väl anpassade att ta upp dessa former av kväve. Kvävenedfall består däremot av oorganiskt kväve i form av ammonium och nitrat. Kvävenedfallet stör alltså den naturliga balansen mellan organiskt och oorganiskt kväve i skogsmarken, då tillgången på ammonium och nitrat ökar. Detta får effekter på vegetationen eftersom bärrisen är väl anpassade att ta upp organiskt kväve, medan de är dåliga på att ta upp oorganiskt kväve, och då speciellt nitrat. Gräs, som till exempel kruståtel, har förmåga att ta upp organiskt kväve, men skiljer sig från bärrisen då det har särskilt stor kapacitet att ta upp nitrat. I och med att organiskt kväve utgör en allt mindre andel av växternas totala kvävetillgång i skogsmark utsatt för kvävenedfall, missgynnas bärrisen medan tillväxten av gräs gynnas.

Inom ASTA programmet utförs fältexperiment med kväve i granskog med blåbärris, tallskog med lingonris och på en myrmark.

*Blåbärris angripet av *Valdensia heterodoxa* och lingonris angripet av *Eupropolella vaccini*.*



Figurerna visar hur gräset kruståtel reagerar på ammonium respektive nitrat. Kväueupptaget, kväuehalten, biomassan och blomningen är större på ytor som behandlats med nitrat än på ytor som behandlats med ammonium. Försöksytorna hade under fyra års tid behandlats med 50 kg kväue per hektar och år som antingen ammonium eller nitrat.

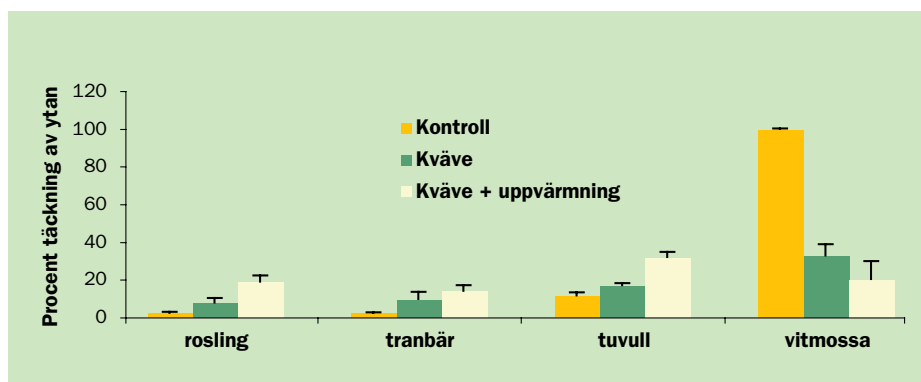
kväuehalt i bladen på ytor som gödslades med nitrat än på ytor som gödslades med ammonium. Växter med god kväuestatus allokera sina resurser till tillväxt och fortplantning och följaktligen hade ytor behandlade med nitrat mer gräs med rikare blomning än ytor som behandlades med ammonium.

Kväuefallet på myrar

Förekomsten av olika vitmossor (*Sphagnum* arter) är karakteristisk för vegetationen på boreala myrar. Vitmossa har stor förmåga att ta upp kväue, och när kväuetillgången ökar till följd av kväuefallet, binds det i mossan. På kort sikt ökar därför inte kväuetillgången för övriga växter. Efter ett antal år av kontinuerligt kväuefallet kommer emellertid mossans kapacitet att binda kväue att avta. Därmed ökar kväuetillgången även för den övriga vegetationen. I ett kväuegödslingsexperiment på en boreal myr tillsattes 30 kg kväue per hektar och år, dels på ytor som samtidigt värmdes upp med hjälp av växthus och dels på ytor som inte värmdes upp. Efter tre år fanns inga synbara effekter på vegetationen av kväuegödslingen. Kväuegödslad vitmossa hade dock höga halter fria aminosyror vilket indikerade att det tillförda kväuet till största delen tagits upp av mossan. Efter ytterligare

Kväuefallets sammansättning av ammonium och nitrat kan variera mellan olika regioner beroende på om jordbruk (ger ammonium) eller förbränning av fossila bränslen (ger nitrat) är den främsta utsläppskällan. Därför är det viktigt att känna till hur vegetationens respons skiljer sig beroende på om kväuefallet består av mest ammonium eller mest nitrat. I ett experiment där vi tillsatte ammonium och nitrat till separata ytor fann vi att kruståtel uppvisade både större kväueupptag och hade högre

sju år av kväuebehandling fanns märkbara förändringar av vegetationens artsammansättning. Utbredningen av vitmossa på kväuegödslade ytor hade då kraftigt minskat och samtidigt hade utbredningen av kärlväxter som tuvull, rosling och tranbär ökat. Speciellt tydlig var ökningen av kärlväxter på kväuegödslade ytor som dessutom värmdes upp med hjälp av växthus med



Figuren visar täckningsgraden av rosling (*Andromeda polifolia*), tranbär (*Vaccinium oxycoccos*), tuvull (*Eriophorum vaginatum*) och vitmossa (*Sphagnum* spp.) på en boreal myr där försöksytorna under tio års tid behandlats med 30 kg kväue per hektar och år, eller med 30 kg kväue per hektar och år i kombination med uppvärmning.

syfte att efterlikna den temperaturhöjning som förväntas av den globala växthuseffekten. De experimentella behandlingarna hade dock inte enbart positiva effekter på kärlväxterna eftersom vi på de behandlade ytorna fann en fördubbling av förekomsten av patogena bladsvampar på dessa växter. Den fortsatta vegetationsutvecklingen kommer alltså vara beroende av hur interaktionen mellan enskilda skadegörare och deras specifika värdväxter påverkas av de olika behandlingarna. Försöket visar dessutom tydligt att effekter på vegetationen av kväuefallet tenderar att förstärkas när även temperaturen ökar.

Mossor är särskilt utsatta för kväuefallet

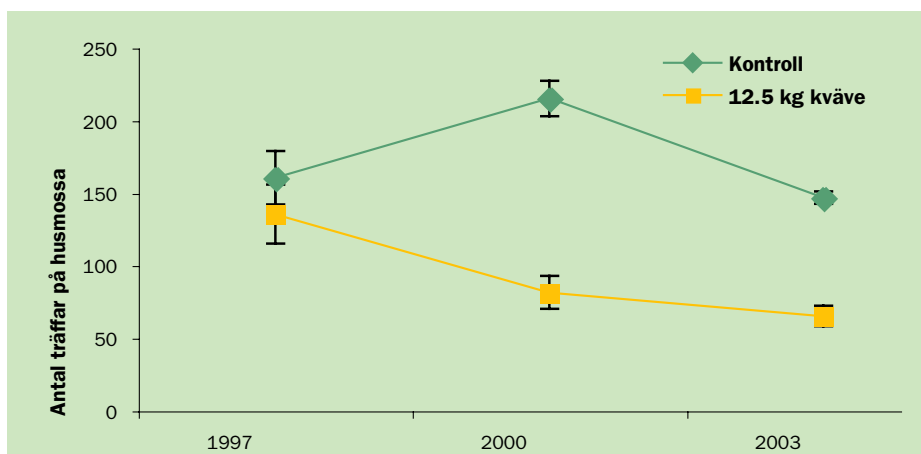
Det finns en stor mångfald av olika mossor i den boreala skogen och mossor bidrar därmed påtagligt till skogens biologiska mångfald. Mossor kan inte ta upp kväue från marken, men är mycket effektiva att ta upp de små mängder av kväue som deponeras på

deras bladytor med nederbörden. På så sätt är de väl anpassade till en normalt mycket låg kvävetillgång. Dock gör denna anpassning dem speciellt känsliga för kvävenedfall. Våra studier har nämligen visat att mossor som utsätts för hög kvävetillgång inte kan begränsa sitt kväueupptag. Mossor som tar upp mer kväve än vad de behöver lagrar detta som aminosyror. För att syntetisera

aminosyror krävs emellertid energi, och studier har visat att tillväxten minskar hos mossor som använder en stor del av sin energi till att bilda aminosyror. I våra studier har vi följaktligen funnit en kraftig tillbakagång av mossor på kvävebehandlade ytor. Mossor har större kapacitet att ta upp ammonium än nitrat, och när vi gödslade separata ytor med samma dos av ammonium eller nitrat, fann vi att mossornas utbredning minskade på ammonium-ytor medan den förblev oförändrad på nitrat-ytor.

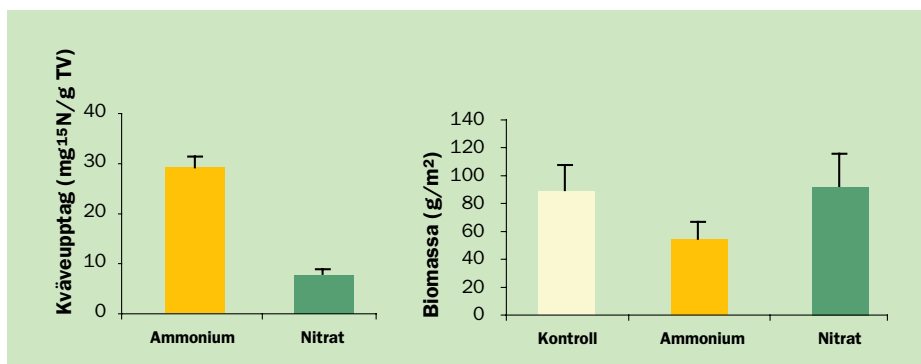


Husmossa
(*Hylocomium splendens*)



Figuren visar att förekomsten av husmossa (*Hylocomium splendens*) minskar på ytor som behandlats med 12.5 kg kväve per hektar och år varje år sedan 1996, jämfört med kontrolltytor som inte behandlats med kväve. Förekomsten av husmossa inventerades på fasta ytor med punkt-frekvens metoden.

Vi har även funnit att mossor har svårare än den övriga vegetationen att återhämta sig om kvävebelastningen skulle minska. I ett kvävegödslingsexperiment avslutat för 50 år sedan var förekomsten av husmossa på tidigare gödslade ytor fortfarande mindre än på kontrolltytor. På tidigare kvävegödslade ytor förekom istället kväveälskande mossarter som normalt är ovanliga i skogsmark.

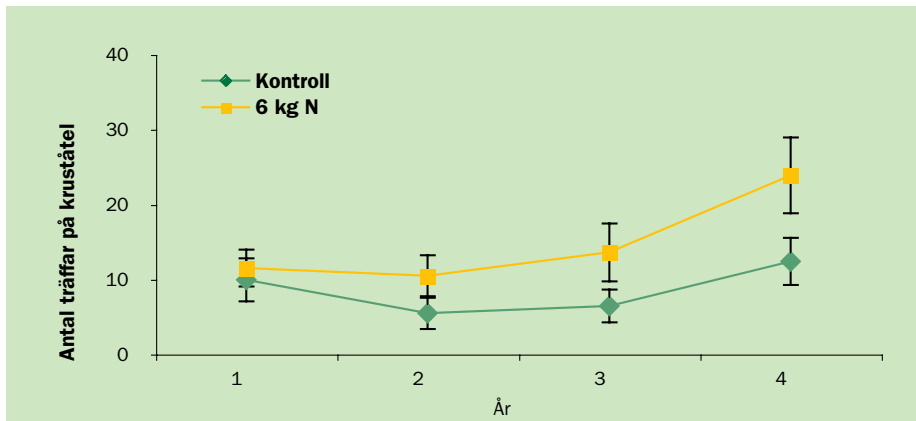


Figuren visar hur mossa reagerar på ammonium respektive nitrat. Kväueupptaget är större på ytor som behandlats med ammonium än på ytor som behandlats med nitrat. Samtidigt minskar biomassan på ammonium-ytorna. Försöksytorna hade under fyra års tid behandlats med 50 kg kväve per hektar och år som antingen ammonium eller nitrat.

Hur mycket kväve tål skogen utan att den biologiska mångfalden hotas?

En viktig målsättning för kväveforskningen inom ASTA programmet är att bestämma den kritiska belastningen av kväve för den biologiska mångfalden i boreala skogar. Den kritiska belastningen är den mängd kvävenedfall skogen tål utan att skadliga effekter uppstår. Många tidigare studier av dos – respons relationen för kväve i boreala ekosystem har varit korrelativa och alltså inte resulterat i några insikter om de bakomliggande mekanismer som styr vegetationens respons på en viss dos av kväve. För att kunna göra en så korrekt

bedömning som möjligt av den kritiska belastningsgränsen för kväve i boreal skog anser vi att det är nödvändigt att inkludera även kunskap om de mekanismer som styr vegetationsförändringar. Sådana mekanismer kan vara komplicerade att studera då de normalt involverar händelseförlopp som står under inflytande av en mängd olika faktorer. En styrka med den forskning som vi bedriver inom ASTA programmet är att den är tydligt fokuserad på att öka kunskapen om dessa mekanismer. Vi uppnår detta genom att kombinera kunskaper inom växtbiokemi och växtfysiologi med kunskaper inom växtekologi och växtpatologi. Dessutom kombinerar vi studier i kontrollerade experiment med storskaliga inventeringar av skogar över hela landet.



Figuren visar att förekomsten av kruståtel ökar på ytor behandlade med 6 kg kväve per hektar och år under fyra års tid, jämfört med förekomsten på kontrolltytor. Förekomsten av kruståtel inventerades på fasta ytor med punkt-frekvens metoden.

per hektar och år. Nya resultat från vår forskning pekar emellertid på att denna gräns kan vara betydligt lägre. I våra experiment har vi efter fyra års behandling funnit en signifikant ökning av kruståtel vid en så låg kvävedos som 6 kg kväve per hektar och år.

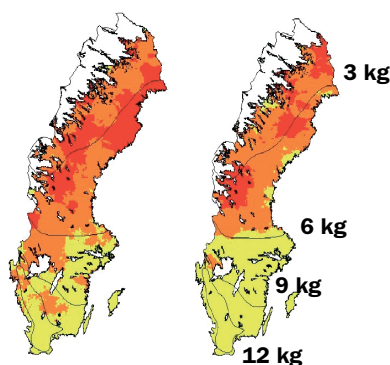
Vid en storskalig inventering av förekomsten av blåbärsris och lingonris i skogar över hela landet fann vi även en minskad förekomst av bärris i områden där kvävenedfallet översteg 6 kg kväve per hektar och år. Dessutom var blåbärsris i områden med högt kvävenedfall i större utsträckning angripet av bladparasitsvampen *Valdensia heterodoxa* än vad det var i områden med lågt kvävenedfall.

Resultaten från vår forskning indikerar alltså att om biodiversiteten i boreala skogar ska bevaras bör den kritiska belastningsgränsen för kvävenedfallet vara ungefär 6 kg kväve per hektar och år. Eftersom kvävenedfallet på de flesta håll i Europa överstiger denna gräns innebär det att kväve för närvarande utgör ett hot mot den biologiska mångfalden i skogar i

Figuren visar förekomsten av (a) blåbärsris och (b) lingonris med kvävenedfallsgränserna för 3, 6, 9 och 12 kg kväve per hektar och år. Färgen återspeglar andelen ytor med växten ifråga:

- 0 – 0.3
- 0.3 – 0.7
- 0.7 – 1

Från vit yta finns inga data.



stora delar av Europa. Då reduktionen av kväveutsläpp från jordbruk och trafik i Europa är förenade med stora kostnader kommer det emellertid krävas ytterligare forskning för att med större säkerhet fastställa denna gräns. Vid den senaste revisionen av de kritiska belastningsgränserna för kväve i Europa identifierades ett antal kritiska kunskapsluckor. Dels påtalades behovet av långtidsexperiment med låga doser i områden med mycket lågt kvävenedfall, eftersom det är svårt att isolera just effekterna av en ökad kvävetillgång i experiment som utförs i områden som redan har en hög kvävebelastning. Dels behövs experiment där man jämför effekter av ammonium och nitrat, eftersom det i framtiden kan bli aktuellt att sätta upp separata kritiska belastningsgränser för dessa två kväveformer. Norra Skandinavien lämpar sig väl för fortsatta fältexperiment med kväve eftersom detta område har det lägsta kvävenedfallet i hela Europa. Kunskap om hur kvävenedfallet påverkar den biologiska mångfalden i naturliga ekosystem är bakgrund för de förhandlingar som sker inom EU om hur stora kväveutsläpp som i framtiden ska tillåtas inom Europa. Dessutom har kunskapen betydelse för hur vi i framtiden väljer att bruka våra skogar, då speciellt angående lämpligheten av skogsgödsling.

2002 hölls i Bern en vetenskaplig konferens med syfte att revidera då aktuella empiriska kritiska belastningsgränser för kvävenedfall i Europa. Underlaget för revisionen var forskning inom området som tillkommit efter den tidigare revisionen 1996. För att bevara den biologiska mångfalden i boreala skogar rekommenderade mötet en övre belastningsgräns på 10 till 15 kg kväve

Läs mer om vår forskning!

Nordin, A., Näsholm, T. & Ericson, L. 1998. Effects of simulated N deposition on understorey vegetation of boreal coniferous forest. *Functional Ecology* 12: 691–699.

Nordin, A. & Gunnarsson, U. 2000. Amino acid accumulation and growth of *Sphagnum* under different levels of N deposition. *Ecoscience* 7: 474 – 480.

Nordin, A., Högberg, P. & Näsholm, T. 2001. Soil nitrogen form and plant nitrogen uptake along a boreal forest productivity gradient. *Oecologia* 129: 125 – 132.

Nordin, A., Strengbom, J. and Ericson, L. Ammonium and nitrate have different effects on boreal forest understorey vegetation. Submitted to *Functional Ecology*.

Persson, J. & Näsholm, T. 2001. Amino acid uptake: a wide spread ability among boreal forest plants. *Ecology Letters* 4: 434 – 438.

Persson, J. & Näsholm, T. 2002. Regulation of amino acid uptake in conifers by exogenous and endogenous nitrogen. *Planta* 215: 639 – 644.

Persson, J. & Näsholm, T. 2003. Regulation of amino acid uptake by carbon and nitrogen in *Pinus sylvestris*. *Planta* 217: 309 – 315.

Persson, J., Högberg, P., Ekblad, A., Högberg, M.N., Nordgren, A. & Näsholm, T. 2003. Nitrogen acquisition from inorganic and organic sources by boreal forest plants in the field. *Oecologia* 137: 252 – 257.

Strengbom, J., Nordin, A., Näsholm, T. & Ericson, L. 2001. Slow recovery of boreal forest ecosystem following decreased nitrogen input. *Functional Ecology* 15, 451–457.

Strengbom, J., Nordin, A., Näsholm, T. & Ericson, L. 2002. Parasitic fungus mediates change in nitrogen-exposed boreal forest vegetation. *Journal of Ecology* 90: 61–67.

Strengbom, J., Walheim, M., Näsholm, T. & Ericson, L. 2003. Regional differences in the occurrence of understorey species reflect nitrogen deposition in Swedish forests. *Ambio* 32: 91–97.

Strengbom, J., Näsholm, T. & Ericson, L. 2004. Light, not nitrogen triggers expansion of the grass *Deschampsia flexuosa* in boreal forests. *Canadian Journal of Botany*, in press.

På väg mot modellering av miljöpåverkan på biodiversitet

Utveckling av verktyg för förutsägelse av integrerade effekter av luftföroreningar, klimatförändringar och skogsbruk på biodiversitet i markskiktsvegetation i södra Sverige.

Varför bry sig om biodiversitet alls?

Försämring av biodiversitet är en komplicerad ekologisk effekt av luftföroreningar, klimatförändringar och människans förändring av landskapet. Att upprätthålla dagens status är mindre viktigt än att bibehålla komplex och divergerande dynamik i skogsekosystemet. Biodiversitet är ett av de svåraste miljöproblemen att förutsäga och beskriva på ett sätt som tillåter utveckling och planering av åtgärdsstrategier. Att upprätthålla biodiversitet och att bedriva uthålligt skogsbruk är globala målsättningar satta i många internationella resolutioner (European Commission, 1995). Följdaktligen har frågan om att integrera miljövärderingar och skogens nyttoaspekter i praktisk skogsvård rönt stort intresse.

För att bevara specifika karakteristiska egenskaper i ett ekosystem måste lämpliga strategier för markanvändning utvecklas. I detta sammanhang kan modellsimuleringar användas som substitut för experiment. Modeller kan användas för att undersöka vilken alternativ markansvänningsstrategi som är mest sund och uthållig. Effekter av flera storskaliga miljöproblem orsakade av utsläpp från förbränning av fossila bränslen är av betydelse för Sverige. Fram tills idag har dessa problem, framför allt försurning och klimatpåverkan, studerats separat. Flera viktiga processer som påverkar flödet av ämnen genom ekosystem påverkas både av försurning och klimatförändringar varför en integrering är nödvändig. Projektet genomförs för att kunna analysera förändringar i markvegetation vid nedfalls-scenarier för svavel och kväve motsvarande en fullständig implementering av Göteborgsprotokollet. Detta förutsätter en utveckling av en integrerad modell som sammankopplar omsättningen av svavel, kväve och kol med skogsvård och tillväxt. Den största utmaningen är att integrera återkopplingsmekanismer mellan markförsurning, kväveeutrofiering, klimatförändringar och utveckling av markvegetation, speciellt brukad skog, genom integrering av befintliga matematiska modeller.

Arbetet syftar till att utveckla och tillämpa verktyg för utvärdering av kombinerade effekter av klimatförändringar, försurning, kväveeutrofiering och biodiversitet i skogsekosystemet. Med detta modellsystem kan beslutsstöd för LRTAP, Klimatkonventionen, den Europeiska biodiversitetskonventionen och svensk landskapsvård göras.

Miljörelevansen är hög!

Förlust av biodiversitet är kopplat till nästan alla andra miljöproblem. Tillgängliga bevis visar en minskande trend i diversitet inom ekosystem, habitat och specier i EU (EEA, 1996). Framtida klimatscenarier för de Nordiska länderna, presenterade av SWECLIM,

förutsäger en ökning av årsmedeltemperaturen med 4°C (intervall 1.5-6°C) och nederbördsökningar med upp till 30% till år 2100. Växtsäsongen förväntas bli betydligt längre (SWECLIM 2000). Klimatförändringar, försurande ämnen och näringskväve förväntas individuellt ha signifikanta effekter på biodiversiteten. Göteborgsprotokollet från 1999 kommer att innebära en kraftig minskning av svavel- och kväveoxidemissioner vid fullständig implementering (UN/ECE 1999). För närvarande har kritiska belastningsgränser som beräknas regionalt för kvävenedfall en alltför svag koppling till biodiversitet på grund av en avsaknad av riktiga modeller som sammankopplar deposition med respons i biodiversitet. Modeller finns inte heller tillgängliga att kombinera effekter av klimatförändringar med deposition av svavel och kväve. Inom UN/ECE kommer LRTAP att återutvärderas och revideras under 2005. Modeller för förutsägelser av föroreningars effekter på biodiversitet kommer att stärka Sveriges argumentationsbas och stärka Sveriges arbete för en striktare efterföljning av effekt-baserade kritiska belastningsgränser, inte bara för producerande skog utan även för mångfald i ekosystemen.

Arbetet är inriktat mot kunskapsbehov inom UN/ECE LRTAP men även Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen, Länsstyrelser, samt intressenter inom biobränsle- och energisektorerna. Europeiska "National Focal Centres" för kartläggning av kritisk belastning för svavel och kväve inom LRTAP har också visat ett stort intresse för en modell som bättre sammankopplar kritisk belastning med ekologiska effekter på biodiversitet.

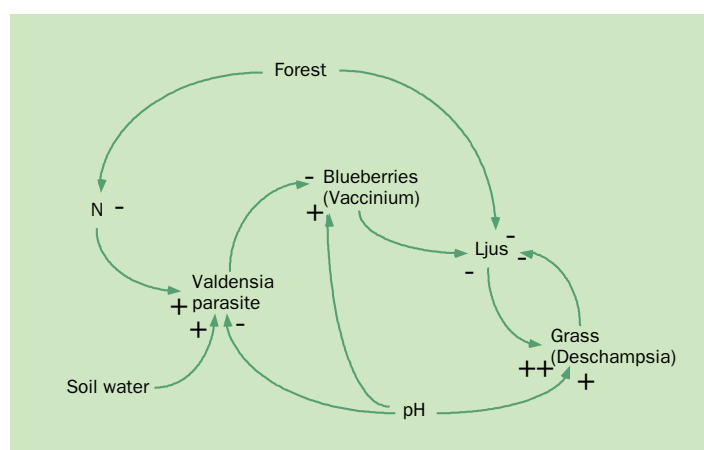
Behovet av systemanalys i biodiversitet

Det finns behov av ett användbart ramverk för att bedöma terrestra ekosystem från lokal till nationell skala och att definiera vilken roll GIS och miljömodellering ska spela i arbetet med att bevara biodiversitet. Informationsbehovet tolkas ofta som en enkel resursinventering. Att veta vad som finns var är dock endast det första steget. Först behövs en förståelse av kasuala processer som leder till det observerade mönstret. Från detta kan man bygga kapaciteten att förutsäga vad som händer vid en given förändring i markanvändning och föroreningsförhållanden. För biodiversitet är problemet inte i första hand en avsaknad av data utan snarare en brist på konsistent systemanalys, testbara modeller och praktiska verktyg för förutsägelser. Vi arbetar efter övertygelsen att det är nödvändigt att syntetisera dagens kunskap i modeller, även om dessa blir okompleta och förenklade. Genom att börja konstruera modeller som kan testa vår förståelse kan debatten fokuseras på vad som är mer eller mindre viktigt för biodiversitetens dynamik och modeller kan även vara ett instrument för en kritisk utvärdering av vilka komponenter som används för att mäta biodiversitet i landskapet.

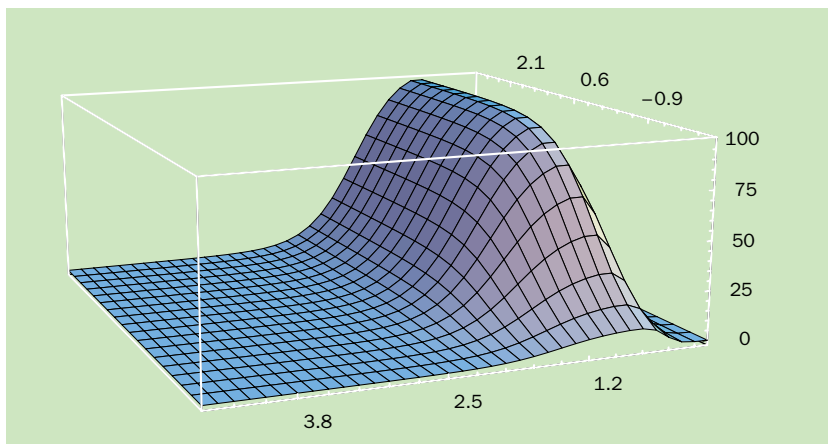
Metoder

Den grundläggande metoden är att genomföra en systemanalys för kasuala kopplingar och att kvantifiera dessa i en dynamisk modell. Effekter på biodiversitet i en rumsskala modelleras genom en kombination av mark-, vegetations och klimatmodeller inklusive hydrologi. De arbetsmoment vi genomför i projektet inkluderar:

- Utöka och anpassa en modell för respons hos markvegetation genom att utvärdera ekologiska responsytor för variabler som relaterar till klimatförändringar, markförsurning, eutrofiering av kväve och uttorkning för ett mindre antal arter sorterade i funktionella grupper.
- Kalibrera och validera modellen för effektutvärdering och det integrerade modellverktyget på ett flertal ytor med data från Riksskogstaxeringen, ASTA:s forskningsområden, Integrated Monitoring ytor och andra regionala data.
- Undersöka effekter av möjliga scenarier för klimatförändringar och nedfall av försurande ämnen på markens biogeokemi, skogstillväxt och vegetationsförändringar.



Figur 1. Figuren visar ett "causal loop" diagram som framtaget i samarbete med forskargruppen i Umeå. Diagrammet visar mekanistiska kopplingar och används för att klarlägga hur delstegen i modellen ska utformas.



Figur 2. Exempel på responsyta för en grupp växter (gräs) avseende markförsurning och markkväve.

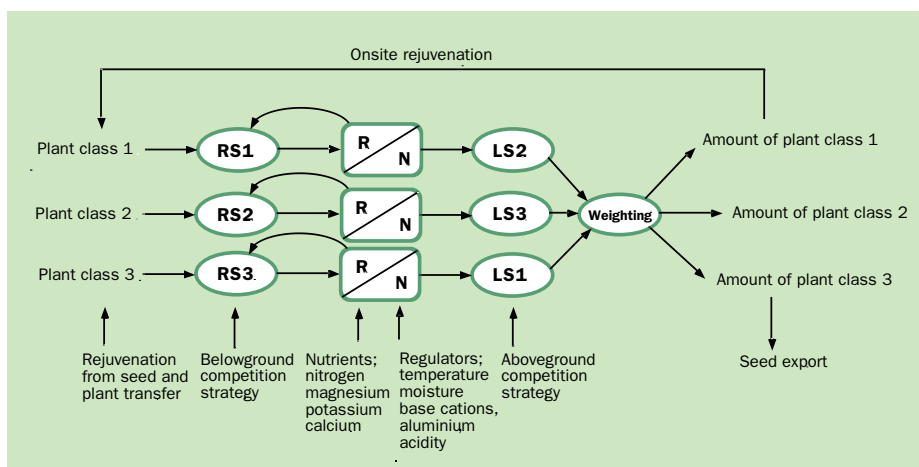
Exempelvis kommer sannolikheten att återfinna utvalda växttyper (funktionella grupper) beräknas vid regionens miljöbelastning och förändringar. Arters responsytor kommer att användas för att utvärdera ekologiska trösklar för klimatförändringar, försurning, uttorkning och eutrofiering genom en riskbedömning. Ett exempel på en responsyta återges i Figur 2.

Regional integrering av biodiversitetsbevarande och skogsproduktion kräver en planerad markanvändning baserad på en

balans mellan ekologiska faktorer och jordbrukets/skogsbrukets behov. Ett antal egenskaper behöver parametreras och kodas för att inkluderas i en modell-intern databas för vegetationsegenskaper;

- Utred responsfunktioner för försurande ämnen (Sverdrup and Warfvinge 1993, Ellenberg 1992, Falkengren-Grerup 1992), kväve (Ellenberg 1992), temperatur och vatten.
- Utred grundläggande konkurrensstrategier för näringsämnen i mark och tillämpa på de etablerade växtklasserna. Utred därefter de grundläggande konkurrensstrategierna ovan mark i ett blandat bestånd (Lambers et al 1998) och tillämpa dem på de etablerade växtklasserna.
- Etablera ett praktiskt antal växtklasser som kan parametreras och som är tillräckligt relevant för att kunna användas som indikatorer på biodiversitet i ett helt ekosystem.

Figur 3. VEG-modellens ungefärliga layout. Konkurrensfilter verkar på näringsupptaget, fukt och temperatur har en reglerande funktion. Konkurrensen av varje växtgrupp verkar i två steg, ett för näringsämnen och ett för ljus, enligt principen för konkurrensstrategierna under mark betecknade RS1, RS2, RS3 och konkurrensstrategierna ovan mark för ljus betecknade LS1, LS2, LS3. Viktigt feedback mellan regulatorer och strategierna kommer utvärderas och möjligen inkluderas. Detta ger slutligen växtgruppens andel av ytan som i nästa steg bestämmer startpunkten för förnygring och överförs till andra geografiska lokaliteter.



Vi lägger samman växtspecier i ett antal grupper baserat på deras responsuppträdande. Grupperna kan komma att innehålla triviala växter och rödlistade arter. Detta har delvis genomförts i modellen VEG men är fortfarande under utveckling. VEG innehåller sex svenska växtgrupper med responsytor för försurning och kväve. Ett större antal relevanta vegetationsklasser behöver bestämmas. Den interna modelldatabasen för växtegenskaper kommer att innehålla både parametrar typiska för svensk markvegetation och mellaneuropeiska parametrar för markvegetationsekosystem tillämpbara på Nederländerna.

De existerande biogeokemiska modeller vi avser använda (FORSAFE) har validerats och tillämpats framgångsrikt för de geokemiska delarna i ett regionalt perspektiv och kommer att sammankopplas med VEG modellen (Hansson 1995) för att kunna ge samtliga förutsägelser av klimatförändring, markförsurning och eutrofiering med vegetationsförändringar och skogstillväxt. FORSAFE är en biogeokemisk modell baserad på tidigare koncept. S, N, baskatjoner och vatten, upptag av växter, klimatparametrar och markegenskaper, mineralogi alternativt vittringshastighet, i vissa fall med vertikal upplösning.

Modellresultat är markkemi, nedbrytningshastigheter, massflöden och vittringshastighet för olika marktyper. Vegetationsmodellens resultat kommer att valideras med hjälp av svenska data från Universiteten i Umeå och Lund. Data från såväl experiment på enstaka ytor som semi-regionala kartläggningar kommer att användas. För regional validering finns data från ståndortskarteringen tillgänglig. Regionala databaser krävs men dessa måste kompletteras för en fullständig nationell utvärdering senare.

Referenser

Dennis, P., Downie, I.S., Milligan, A.L., Murphy, K.J., McCracken, D.I., Milne, J.A., Foster, G.N., Waterhouse, A. & Furness, R.W. (1999) Modelling the contribution of land cover and crop heterogeneity to biodiversity in a Scottish river catchment. In: *Heterogeneity in Landscape Ecology: Pattern and Scale*, eds. M. Maudsley & E.J.P. Marshall, 31-40. International Association for Landscape Ecology (UK Region), Long Ashton Research Station, Bristol.

Ellenberg, H. , (1992); Zeigerwerte von Pflanzen in mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18.

European Commission, (1995). *Europeans and the Environment*, Brussels.

Falkengren-Grerup, U. (1992). mark och floraförändringar i sydsvensk ädellövskog. Naturvårdsverket Rapport 4061.

Green, D.G. and N.I. Klomp (1996) Ecosystem connectivity and its implications for managing biodiversity. In: *Setting Conservation Priorities* (ed. by R. Crozier and S. Lawler). Cambridge University Press.

Hansson, J. Experimenting with modeling of biodiversity as a function of soil acidity and nitrogen. Report in *Ecology and Environmental Engineering* 3: (1995), Chemical Engineering II, University of Lund, Lund, Sweden

Lambers, H, Stuart Chapin, E and Pons, T. (1998) *Plant physiological ecology*. Springer Verlag Berlin

Latour, J.B., R. Reiling and W. Slooff (1994): Ecological limit values for eutrophication and desiccation: perspectives for a risk assessment. *Water Air and Soil Pollution*. Vol 78: 265-277.

Nilsson, S. G. (1997). Forests in the temperate-boreal transition: natural and man-made features. *Ecol. Bull.* 46: 117-139.

Roberts, A. Gilliam, R. (1995). Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems: Implications for forest management. *Ecol Appl.* 5(4): 969-977.

Schulze, E.-D., Mooney, H. A. (eds) (1993). *Biodiversity and Ecosystem Function*. Ecological Studies 99. Springer-Verlag: New York.

Scott, J.M., David F, Csuti B., Noss R., Butterfield B., Groves C., Anderson H., Caicco S., D'erchia F, Edwards Jr. T.C., Ulliman J., and Wright R.G. (1993) *Gap Analysis: A geographic approach to protection of biological diversity*. Wildlife Monographs, No 123. The Wildlife Society, Inc. 1993. Blacksburg, VA 24061.

Sverdrup, H. and Warfvinge, P., (1993). The effect of soil acidification on the growth of trees, grass and herbs as expressed by the (Ca+Mg+K)/Al ratio, Reports in *Ecology and Environmental Engineering* 2:1993, Chemical Engineering II, University of Lund, Lund, Sweden,

Tilman, D. (1994). Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology* 72: 2-16.

Dynamiska modeller

Varför behövs dynamiska modeller?

Det är ganska enkelt att ta prover i mark och vatten och på sätt bedöma om marken eller vattnet är försurat just nu. Om man däremot vill bedöma hur dagens och framtidens nedfall av försurande ämnen kommer att påverka kvaliteten i mark och vatten på sikt måste man använda sig av modellverktyg.

Dynamiska markkemiska modeller är matematiska modeller. De beskriver de kemiska processer i mark och vatten som är viktiga för försurning och återhämtning över tiden. Modellerna är utvecklade för att vara så pass generella att de kan användas för att bedöma försurning och återhämtning i geografiskt skilda områden. Dynamiska modeller kan användas till att undersöka försurning och återhämtningsprocesser på enskilda ytor men även för att göra prognoser för hur olika utsläppsscenarier påverkar kemin i mark och vatten för regioner.

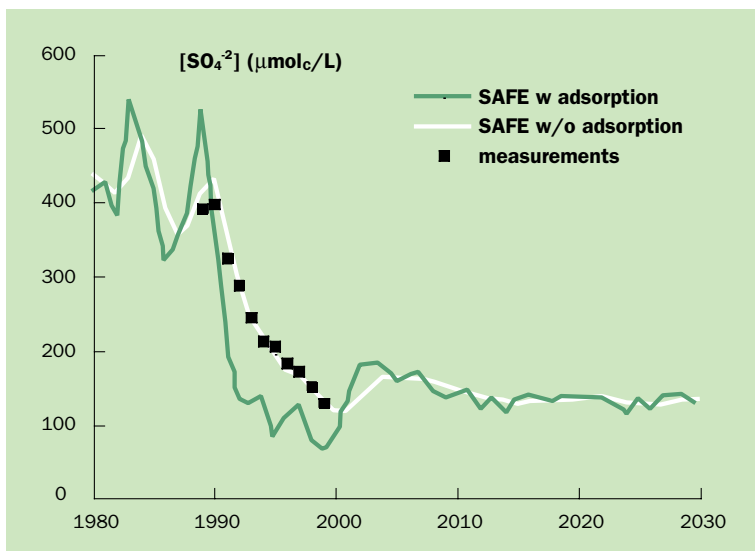
Figur 1. Ett exempel på modellförbättring. När sulfatadsorption inkluderades i SAFE förbättrades den modellerade sulfatkonzentrationen i avrinning i Gårdsjön jämfört med mätningar. Figuren visar modellresultat med och utan sulfatadsorption jämfört med mätdata.

Nyligen har dynamiska modeller fått ett nytt och viktigt användningsområde inom miljökonventionsarbete. Inför omförhandlingen av Göteborgsprotokollet kommer resultat från dynamiska modeller för första gången att användas som underlag vid bestämning av framtida utsläpp. Göteborgsprotokollet (1999) är det senaste protokollet inom konventionen för långväga gränsöverskridande luftföroreningar (CLRTAP) inom FN:s ekonomiska kommission för Europa (UN/ECE).

Dynamiska modeller inom ASTA

Inom ASTA arbetar vi med dynamiska modeller på olika sätt. Dels arbetar vi med modellutveckling genom att lägga till markkemiska processer eller förbättra beskrivningen av

redan inkluderade processer. Detta gör vi för att förbättra precisionen vid bedömningen av återhämtning. För att utvärdera hur väl modellerna överensstämmer med mätningar appliceras modellerna på välstuderade ytor, t.ex. takprojektet i Gårdsjön, där det finns mycket data tillgängligt. Ett exempel på modellförbättring är hur modellbeskrivningen av återhämtning med avseende på sulfatkonzentration i marklösning förbättrades när den markkemiska processen sulfatadsorption implementerades i SAFE. Sulfatadsorption är en viktig process vid modellering av försurning och återhämtning eftersom den fördröjer både försurnings- och återhämtningsförloppet. När modellen applicerades på takprojektet i Gårdsjön, kan man se att utan en beskrivning av sulfatadsorp-



tion i modellen minskade den modellerade sulfatkoncentrationen mycket snabbare än den uppmätta, och när processen inkluderades blev överensstämmelsen mycket god (Figur 1).

ASTA har också varit starkt delaktiga i att ta fram det koncept, target loads functions, som ska användas i policyssammanhang. Det var på ASTA:s initiativ man för snart fem år sedan bildade Joint Expert Group on Dynamic Modelling (JEG) som har blivit ett viktigt internationellt forum där den bästa strategin för att nyttja dynamiska modeller för Konventionens arbetet sammanfattas diskuteras och föreslås till Working Group on Effects i form av rapporter från JEG möten. ASTA har under alla år varit med och organiserat JEG årliga möten och en ASTA-representant är vice-ordförande för JEG.

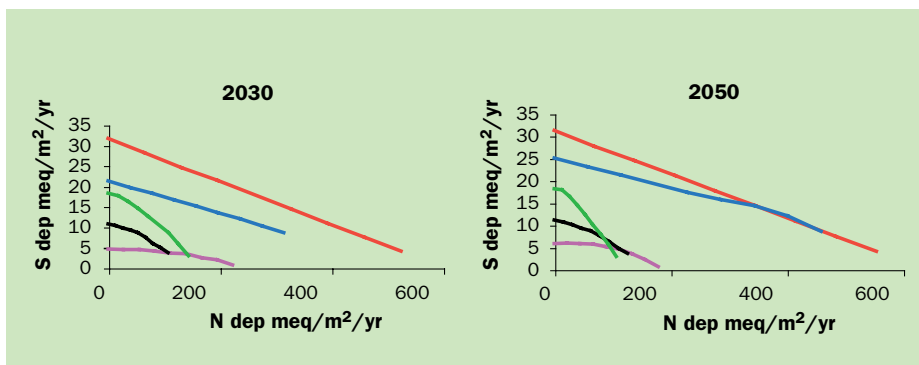
Dynamiska modeller används också för att göra prognoser för återhämtning. Inom ASTA använder vi oss av två markkemiska modeller, MAGIC och SAFE. MAGIC används främst för sjöar och SAFE för mark. Baserat på överensstämmelse mellan modell och mätdata på välstuderade ytor, t.ex. Gårdsjön, kan vi applicera modellerna på många ytor regionalt, och på så sätt göra prognoser för återhämtning från försurning i Sverige.

Resultat från dynamiska modeller i policyarbetet-target loads

Inför omförhandlingen av Göteborgsprotokollet som beräknas ske under 2004 eller 2005 kommer resultat från dynamiska modeller att för första gången användas som underlag vid beslutsprocessen om framtida utsläpp av försurande ämnen. Tidigare har beräkningarna varit baserade på kritisk belastningsgräns (critical loads). Kritisk belastningsgräns beskriver vilka utsläppsnivåer som krävs för återhämtning, men inte när återhämtningen kommer att ske. Genom komplettering med target loads functions, beräknade med dynamiska modeller, kan man säga något om när återhämtning beräknas ske. Target load functions beskriver den kombination av svavel- och kvävedeposition vid ett visst år, tex 2010 (implementeringsår), som krävs för att ett område ska återhämta sig till ett specificerat år, tex 2030 eller 2050 (target years).

Med hjälp av target loads kan man således besvara frågor som:

När, och hur mycket måste utsläppen minskas idag för att kunna uppnå återhämtning vid ett visst år, tex 2050? Om man i stället väljer att minska utsläppen först år 2015, hur mycket måste de då minskas för att uppnå återhämtning till 2050?



Dynamisk modellering av 16 svenska skogsytor

I ett projekt inom ASTA har data från 16 svenska skogsytor sammanställts och modellerats med SAFE och MAGIC. Markvattendata finns tillgängligt på alla 16 ytor och kan användas för att utvärdera resultatet från våra modeller på varje enskild yta. Tidsserier av mätningar av markkvatten är ganska ovanligt för regionala modellapplikationer för mark på så många ytor, däremot vanligt vid modellstudier av vatten. Studien bildar på så vis en länk mellan detaljerade modellapplikationer för mark på enskilda välstuderade ytor (tex Gårdsjön) och det stora antalet ytor (ca 600) som används för att ta fram dynamiska resultat för mark på nationell nivå. De 16 ytorna är belägna i olika delar av landet och det försurande nedfallet varierar kraftigt. Medeldeposition av svavel och kväve för åren 1997-2001 var 1.3 kg S/ha/år och 1.5 kg N/ha/år i norr och 12 kg S/ha/år och 27 kg N/ha/år i söder. Vi har god kännedom om skogsbruket på de olika ytorna samt scenarier för framtida skogsavverkning.

Figur 2. Ett exempel på Target Load Functions (TLFs) beräknad med MAGIC modellen för fem sjöar i Sverige för två target years - 2030 och 2050. Varje färg representerar en sjö och linjerna på diagrammen representerar det högsta tillåtna nedfallet av S och N år 2010 (implementation year) som kan accepteras om buffringsförmågan i vattnet (ANC) skall vara $>20\mu\text{eq/l}$ år 2030 resp 2050. Man kan se att för vissa sjöar är skillnaden mellan target year 2030 och 2050 liten (de röda och svarta linjerna) och att sjön som representeras med den blåa linjen tillåter lägre nedfall om $\text{ANC} > 20\mu\text{eq/l}$ skall nås fortare (d.v.s. år 2030 jämfört med 2050). Man kan också konstatera att det kan blir tvärt om (den gröna och den lila), att dessa sjöar kräver lägre nedfall 2010 om man tittar på target year 2050 jämfört med 2030 särskilt med hänsyn till kvävedeposition. Anledningen är att för dessa sjöar förutser modellen ett kväveläckage som kommer att förvärras ju längre tiden går.

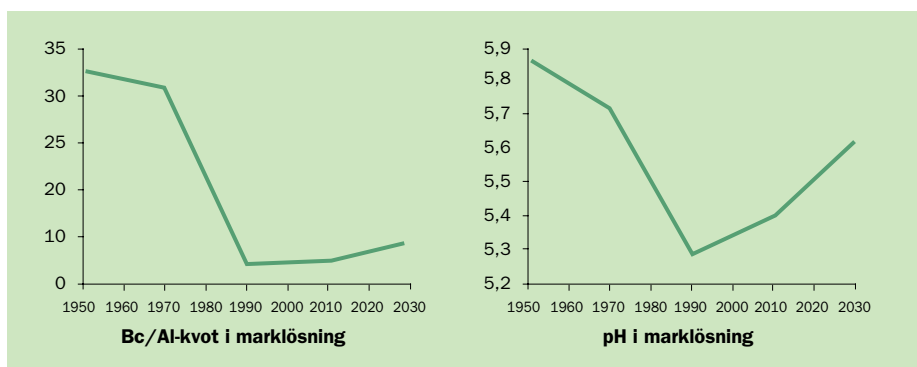


Figur 3.
De 16 svenska skogsytor

Figur 4. Medianvärdet av Bc/Al-kvoten och pH i markvatten på 50 cm djup för de 16 ytor. pH värdet ökar betydligt när det försurande nedfallet minskar, medan ökningen i Bc/Al-kvot är långsam.

SAFE-modellering på de 16 ytorna visar vissa tecken på återhämtning. Med ett framtidsscenario baserat på Göteborgsprotokollet kan man bl a se en ökning av pH (Figur 4). Bc/Al-kvoten, som används som kemiskt kriterium för återhämtning i det internationella luftvårdsarbetet, ökar också, men betydligt långsammare. Skogsbrukets inverkan på återhämtning, genom bortförsel av baskatjoner, är tydlig. Med de detaljerade skogsbruksscenarierna i den här studien och utan framtida utsläppsminskningar utöver Göteborgsprotokollet, visar modellresultaten att många av ytorna fortfarande kommer att vara försurade år 2100.

Ett komplett dataset, såsom de 16 ytor, kommer att kunna användas i många olika sammanhang. Dels kommer vi att jämföra resultaten från de båda modellerna för att på så vis förvissa oss om att våra modeller stämmer. Dessutom kan vi undersöka hur modellresultat påverkas av de förenklingar som krävs för regionala studier. När man behandlar mycket data med modeller, som vid regionala modellapplikationer för Sverige med de 600 ytor, kan man inte behandla varje yta för sig utan man är tvungen att göra vissa generaliseringar. Genom att behandla data från de 16 ytor på samma sätt som vi gör när vi applicerar SAFE på de 600 ytor kan vi bedöma hur modellresultaten påverkas av generaliseringar och förenklingar. Detta är mycket viktig information för tolkningen av de dynamiska modellresultat som vi tar fram för att användas i policysammanhang.



Ozoneffekter på grödor – kvalitet och kvantitet

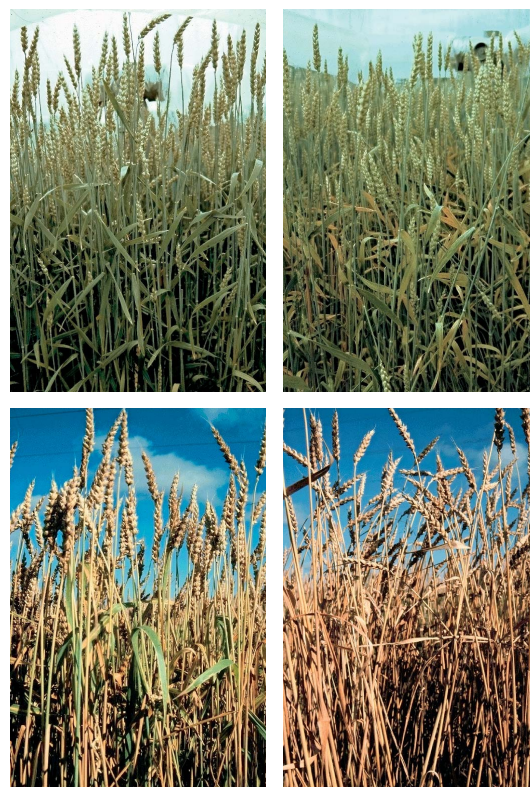
HÅKAN PLEIJEL,
HELENA DANIELSSON
OCH MOHAMMED BELHAJ

En viktig del i ASTA:s forskning om marknära ozon handlar för närvarande om att försöka uppskatta de ekonomiska effekterna av ozon i jordbruket. Naturligtvis har effekter på avkastningen storlek per hektar stor betydelse i detta sammanhang. Visserligen påverkas skördens storlek i ett område, t ex ett land, också i hög grad av hur stor yta som odlas. Dessutom gör subventioner av jordbruket att det inte är självklart vad som blir den samhällsekonomiska effekten av ett minskat skördeutbyte, även om den företagsekonomiska effekten av en minskad skörd är negativ för odlaren. Ändå måste ozons effekt på avkastningens storlek ses som en minskad produktivitet – den avkastning som genereras per investerad krona i bränsle, gödsel och mantimmar blir mindre vid ökad ozonhalt. Under 2004 kommer ASTA att redovisa de första kvantitativa uppskattningarna av ozons effekter på grödor.

För en fullständig ekonomisk bedömning av ozonets effekter på grödor måste även kvalitativa aspekter beaktas. Negativa effekter på kvalitet utgör ett problem, oavsett hur stor avkastningen blir. Men är effekten av ozon på grödors kvalitet alltid negativ? Som en del av arbetet med ekonomiska aspekter på marknära ozon arbetar vi just nu med att ta fram dos-respons-samband för ozons effekter på kvalitet hos vete och potatis. Några av de resultat som uppnåtts redovisas i det följande.

Redan i en tidigare studie (Pleijel m fl, 1998) har vi visat att proteinhalten hos vete blir högre vid högre ozonbelastning. Denna effekt kan förklaras genom principen om utspädning genom tillväxt. Vid en given tillgång på kväve i marken (gödsling + det som finns lagrat) får man en lägre halt i vetekärnorna ju högre tillväxten är. Kolhydraterna från fotosyntesen, som lagras i form av stärkelse i de växande kornen, späder ut kvävet, som främst föreligger i form av protein. Omvänt, om skörden minskar, t ex vid ozonexponering, så fördelas det tillgängliga kvävet på en mindre biomassa och proteinhalten i vetekärnorna kan därför bli högre. Detta påverkar priset per kilo producerat vete i positiv riktning. Det är dock tydligt utifrån våra studier, baserad på data från fyra länder i Europa, att proteinavkastningen per hektar blir mindre vid ökad ozonexponering. Ökningen i proteinhalt väger alltså inte till fullo upp minskningen i biomassa. Växternas kväueupptag blir trots allt mindre effektivt vid ozonexponering.

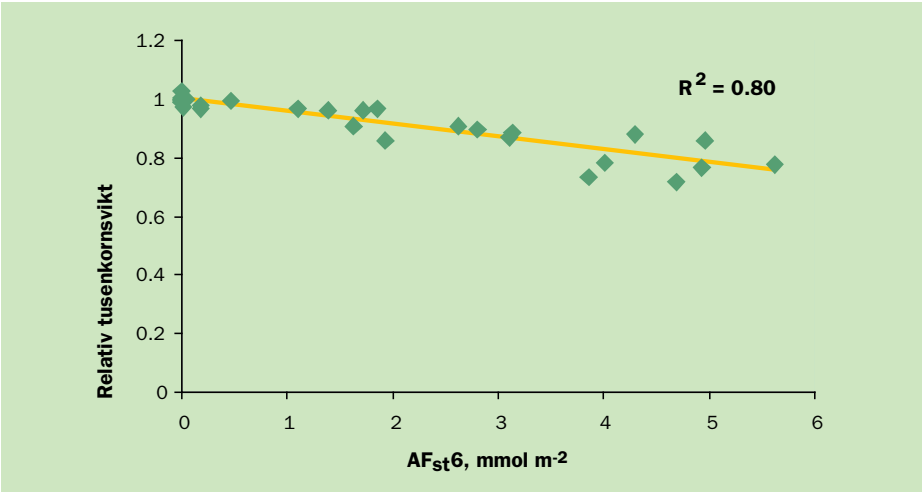
En kvalitetsaspekt hos vete som påverkas entydigt negativt av ozonexponeringen är tusenkornsvikt. Detta är inte särskilt förvånande eftersom det sedan tidigare är väl belagt att en av ozons viktigaste effekter på vete är att förkorta tillväxtperiodens längd. Den tid under vilken bladen är gröna (se Figur 1) och därmed produktiva, och följaktligen den tid som vetekärnorna i axen fylls med stärkelse, blir kortare vid ozonexponering. Figur 2 visar



Figur 1. Högre ozonhalt, som visas i bilderna till höger, ger kortare livslängd hos bladen hos vete. Det börjar synas redan tidigt under säsongen (bilderna upptill) och kan fortfarande skönjas en kort tid innan skörd (bilderna nertill). Kortare tillväxtperiod ger mindre korn och därmed en lägre tusenkornsvikt.

sambandet mellan tusenkornsvikt och ozonupptaget (AFst6, det ackumulerade ozonupptaget genom växternas klyvöppningar över en viss tröskel) baserat på svenska och finska data. Sambandet med ozonupptag är nästan lika starkt för tusenkornsvikt som för effekten på skördebortfallet. Närmare bestämt avgörs ozoneffekten på skördens storlek hos vete till 90% av att kornen är lättare. Den återstående delen av effekten på skörden förklaras av att antalet korn blir något mindre vid ozonexponering.

Vi avser att under 2004 försöka komplettera sambandet med data från ytterligare minst ett europeiskt land för att få ett samband som är mer generaliserbart. Ett negativt samband finns även med volymvikten som också påverkar priset på vete, men den effekten är knappt hälften så stark som effekten på tusenkornsvikt.



Figur 2. Samband mellan tusenkornsvikt och ozonupptag hos vete i försök utförda i Sverige och Finland. Tusenkornsvikten anges relativt det värde som kan förväntas vid exponeringen noll.

Hos potatis blir knölarna mindre vid ökad ozonbelastning, vilket i sig är en negativ kvalitetsaspekt. Å andra sidan visar studier av data från Sverige och Finland att det finns en tydlig tendens till lägre halter av de enkla sockerarterna glukos och fruktos vid ozonexponering (Persson m fl, in press). Detta är positivt, t ex vid tillverkning av chips eller pommes frites, eftersom sockerarterna lätt blir ”brända” i den så kallade Maillard-reaktionen. När det gäller halten organiska syror i potatisknölarna går resultaten isär. Äppelsyra ökar vid högre ozonhalt medan citronsyra minskar.

Eftersom ozon utgör en stress för växterna, och förekomsten av för människan toxiska glykoalkaloider, t ex solanin, i potatis kan vara relaterad till stress, finns det anledning att fråga sig om ozon kan ge upphov till förhöjda halter av dessa ämnen. Detaljerade studier av data från Sverige och Finland utförda 1998 och 1999 visar att ingen förhöjning av glykoalkaloider till följd av ozon kan skönjas. Däremot fanns en ganska betydande mellanårsvariation och framförallt en betydligt högre halt av glykoalkaloider på den finländska försökslokalen. Detta kan vara ett resultat av att potatisodling varit vanlig under en lång följd av år på denna lokal, medan potatis inte odlats på mycket länge på den svenska lokalen. Parasittrycket mot potatis är därför troligen mindre på lokalen i Sverige. Glykoalkaloider i potatis är ett försvar mot olika former av angrepp.

Miljöeffekter på kvalitet hos grödor och säkerhet hos råvaror till föda är troligen ett viktigt forskningsområde för framtiden. Hittills har det fått ganska lite uppmärksamhet jämfört med rent kvantitativa effekter, trots av kvalitetsaspekterna kan vara väl så viktiga ur ekonomisk och politisk synpunkt. I många fall är ozons effekter negativa i detta avseende, men det finns också aspekter där ozon har en positiv inverkan och i vissa fall har ozon ingen betydelse alls.

Preliminär ekonomisk beräkning

Baserat på preliminära ozondata (8 år och 5 regioner) från både Östad experiment och EMEP-rutor har vi skattat den relativa skördeförlusten på nationell skala, beräknat enligt upptags- och AOT-metoderna. Tabellen nedan redovisar resultaten för vårvete.

Tabell 1. Relativ skördeförlust för vårvete

Beräkningsdata (O ₃)/metod	Procentuell skördeförlust (%)			Ekonomiskt bortfall (mKr)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Östad/upptags	8,4	3	14,8	16,5	5,9	29,1
EMEP/AOT 40	4	7,8				

Genom att använda av ozondata från Östad uppskattas den relativa skördeförlusten i genomsnitt till 8,4 procent, beräknat med upptags-metoden. Den minimala relativa förlusten blir 3 procent och den maximala 14,8 procent. Detta skulle motsvara en ekonomisk förlust på 16,5 miljoner SEK (medelvärde) beräknat med relevanta priser för vete. Med en beräkning enligt AOT40 metoden uppskattas den relativa skördeförlusten till 3 procent.

Genom att använda sig av EMEP data och AOT40 uppskattas den relativa skördeförlusten preliminärt till 4 procent eller 7,8 miljoner SEK av den totala årliga vårveteskorde. Om resultaten för vårvete skulle appliceras på övrig spannmål och genom att anta ett 8 procentigt bortfall skulle den totala svenska skördeförlusten orsakat av ozonskador motsvara 431 miljoner kronor år 2001.

Resultaten skulle förstås vara mer intressanta om socio-ekonomiska variabler hade inkluderats. De socio-ekonomiska data vi hade tillgång till var simulerade och omöjliggjorde konsistenta skattningar. Under 2004 kommer bättre data både för ozonupptag och AOT samt socio-ekonomiska variabler att ligga till grund för att uppskatta ozoneffekter där både statiska och dynamiska modeller kommer att användas. Ambitionerna är också att göra uppskalning till övriga Europa.

Referenser:

Pleijel, H., Mortensen, L., Fuhrer, J., Ojanperä, K. & Danielsson, H. (1998). Grain protein accumulation in relation to grain yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in open-top chambers with different concentrations of ozone, carbon dioxide and water availability. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 72, 265-270.

Persson, K., Vorne, V., Ojanperä, K. & Pleijel, H. Potato tuber sugars, starch and organic acids in relation to ozone exposure. *Potato Research*, in press.

Partiklar, dagens viktigaste luftförorening?

I forskningslitteraturen, myndigheternas rapporter och i tidningarna framstår i dag ofta partiklar i luftföroreningar som den viktigaste föroreningen att åtgärda. Bakgrunden är främst att ohälsa, ofta mätt som mortalitet och olika sjukdomar, visar ett starkt samband med halten av partiklar i omgivningsluften. Sambandet är känt sedan London smogens dagar, men till mitten av 90-talet antogs dagens halter vara långt under de nivåer som kunde ge mätbara effekter. Dock har det visat sig att effekterna är med dagens mått mycket stora. Uppskattningarna visar på uppåt 100 000 förtida dödsfall per år i Europa orsakas av partikulära luftföroreningar. Man uppskattar livstidsförkortningen för hela populationen till att vara från månader till mer än 1 år. Svårigheten med att bedöma dessa uppgifter är att det ännu inte är känt vad det är för egenskaper hos partiklarna som ger funna effekter. Det är även okänt genom vilka mekanismer i kroppen som människan påverkas.

Nya riktlinjer för god luftkvalitet inom EU

Clean Air For Europe (CAFE) är ett initiativ från den Europeiska Kommissionen för att åtgärda partikulära luftföroreningar just pga funna hälsoeffekter. Under det gångna året har en arbetsgrupp inom CAFE tagit fram ett sk Position Paper, vilket beskriver den nuvarande situationen, försöker uppskatta utvecklingen och effekten av olika tänkbara åtgärder. Rapporten inbegriper även en rapport från WHO, i vilken medicinsk expertis gjort en genomgång av de senaste forskningsrönen och ger råd angående vilka föroreningar som bör regleras. Rapporten föreslår att PM_{2.5}, dvs partikelmassan för partiklar mindre än 2.5 mikrometer, skall bli det mått som reglering av partikelutsläpp främst skall utgå ifrån. Detta innebär att man på sikt antagligen kommer att gå ifrån det mått som gäller nu, PM₁₀, dvs partikelmassan för partiklar mindre än 10 mikrometer.

Partikulära luftföroreningar ansågs länge vara ett lokalt problem främst förknippat med storstäder. Dock visar rapporten att partikulär luftföroreningar är i högsta grad ett regionalt problem. Exempelvis partikelhalterna i gatunära platser i centrala Berlin utgörs av mer än 60% av långdistanstransporterade luftföroreningar. Detta är ännu mera uttalat för städerna belägna nedström i den europeiska luftföroreningsplymen, som t.ex. Stockholm, när det gäller fina partiklar som t.ex. avgaspartiklar.

Nuvarande miljökvalitetsmått inbegriper partiklar upp till 10 mikrometer, PM₁₀. De större partiklarna kommer huvudsakligen från uppvirvlat damm. I de nordiska städerna har det visat sig vara ett dominerande källa pga användningen av dubbdäck och sandning av gator. WHO hävdar att grova partiklar, som uppvirvlat damm troligen inte är så skadliga för hälsan som fina partiklar. Grova partiklar verkar endast finnas i betydande mängder i Norden och södra Europa, speciellt Spanien, där på grund av närheten till Sahara och ett torrt varmt klimat.

Med PM_{2.5} kommer tyngdpunkten att läggas på fina partiklar som domineras av förbränning, vilket oftast är motoremissioner. Dessa partiklar har en lång överlevnadstid i atmosfären, troligen en vecka, där de då följer vindarna. Detta beror på att de är så små att fallhastigheten mot marken är försumbar jämfört med luftförelserna. Partiklar i denna storlek deponeras huvudsakligen med nederbörd, dock inte pga att regndropparna fångar partiklarna i fallet, utan pga att dessa partiklar kan bilda molndroppar, som i sin tur bildar regndroppar.

Lämplig gränsvärdesnivå håller nu på att utredas genom en fördjupad studie där effekter och åtgärdskostnader vägs mot varandra genom sk integrerad åtgärdsmodellering (integrated assessment modeling). Man bedömer som intervallet 12 – 20 mikrogram/m³ som lämpligt för bedömning.

Partiklar förändras vid transport

Partiklarna i atmosfären kommer dels direkt från antropogena eller naturliga emissioner men de bildas även i atmosfären, då kondenserbara gaser bildas. Kondenserbara gaser är svavelsyra, ammoniak och tyngre organiska föreningar. Dessa gaser bidrar även till att redan existerande partiklar växer till. Tillväxten kan vara betydande och öka partiklarnas storlek från några nm till 100 nm i diameter, vilket kan ske på några dygn. Tillväxten sker även genom att partiklar kolliderar och därigenom minskar antalet medan storleken på de kvarvarande ökar.

För att en molndroppe skall kunna bildas behövs en partikel för vattnet att kondensera på. Partiklarnas kemiska sammansättning och storlek är avgörande för deras förmåga att bilda en molndroppe, vilket ger partiklar en avgörande inverkan på antal molndroppar och deras storlek.

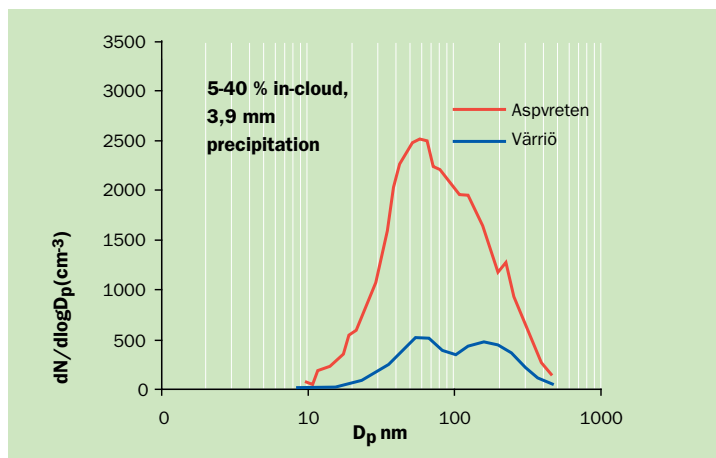
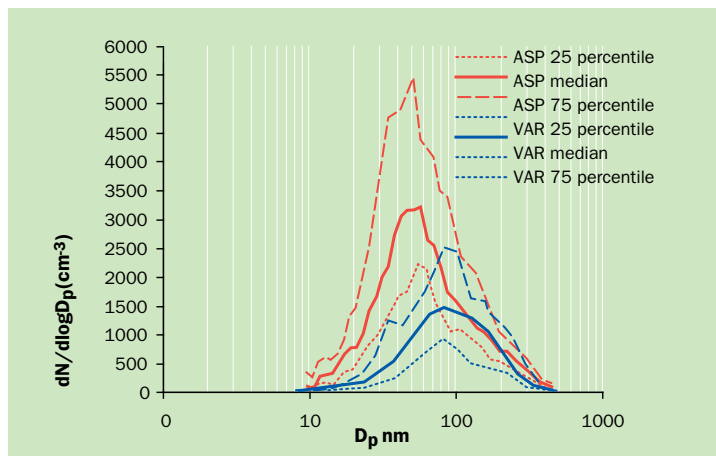
En molndroppe har en diameter som är cirka 100 ggr större än den ursprungliga partikeln, vilket innebär en volymtillväxt på ca 1 miljon gånger. Volymen består i huvudsak av vatten i vilken relativt stora mängder vattenlösliga gaser på kort tid kan absorberas och oxideras, t.ex. svaveldioxid till sulfat. Sulfat avdunstar inte med vattnet när droppen torkar och återgår till en partikel. Gaser kan på så sätt via molnvattnet snabbt ge en betydande tillväxt av partiklar, eftersom molndroppar vanligen inte regnar ner utan torkar och återbildas till partiklar. Partiklarna kan växa tiotals nanometer under endast en molncykel, vilken tar ca 10-20 minuter.

Dessa studier ger alltså direkt möjlighet att studera de olika processerna i atmosfären och kvantitativt bestämma deras inverkan. Eftersom mätningarna sker kontinuerligt med en tidsupplösning på 10 minuter fås hundratals mätningar per år under samma meteorologiska förhållande varvid man även får en kvantitativ uppskattning av variationen vid en klart definierad luftmassa under en typisk transportsituation. Sådan kunskap är essentiell för att med nöjaktigt noggrannhet kunna beskriva partikelhalter i olika partikelstorleksfraktioner över såväl lokal som regional skala.

Små punktkällor i ogynnsam meteorologi

Inom ett samlingsprojekt kallat Biobränsle- Hälsa – Miljö, BHM, finansierat av Energimyndigheten, har småskalig biobränsleanvändnings inverkan på luftkvalitet och

Nedan visas hur partiklarna tillväxer i snitt under en transport från mellan Sverige (Aspvreten) till norra Finland (Värriö) vid klart väder. Partiklarnas diameter dubblas under transporten som tar i snitt 42 timmar. Partikelstorleksfördelningarna påverkas dessutom av deposition till mark och vegetation.



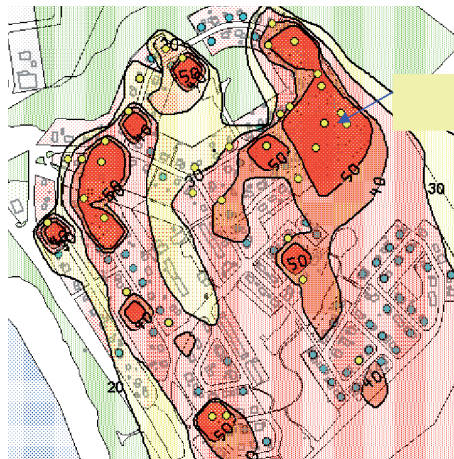
Ovan visas hur partiklars storleksfördelning förändras under transport från Aspvreten till Värriö då luftmassan varit i moln under 5 – 40 % av transporttiden och 3.9 mm hade fallit under transporten. Vi ser en grupp partiklarna växa betydligt mera än vid klart väder. Inverkan av molnen ses speciellt genom det växer fram en tydlig gruppering av större partiklar i storleksfördelning. Antalet partiklar minskar även betydligt beroende på nederbörden.

hälsa studerats. Detaljerade studier av Lycksele och Växjö har visat en stark inverkan av den lokala meteorologin på luftkvaliteten. På grund av mycket mera förekommande markinversion, som kännetecknas av stillastående luft oftast förekommande vid snötäckt mark och kallt väder, fås betydligt högre årsmedelvärde i Lycksele än i Växjö med samma antal vedpannor av samma kvalitet.

Främst märks fenomenet på att man får betydligt fler överskridande av miljökvalitetsnormen (MKN) i Lycksele än i Växjö. MKN för PM10 är 50 mikrogram/m³. Den får endast överskridas 35 ggr per år, dvs 90 percentilen får ej ligga över 50 mikrogram/m³. I figuren nedan visas 90 percentilen för ett bostadsområde i Lycksele, där vi ser en kraftig förhöjning till bortåt 50 mikrogram/m³ vid varje guldpunkt, som markerar en icke miljögodkänd panna.



Beräknade PM10 halter i Furuvik, Lycksele. Den vänstra figuren visar 90-percentiler av dygnsmedelhalter och den högra figuren visar 98-percentiler av dygnsmedelhalter. Beräkningarna avser år 2001.



Blå punkter markera miljögodkända eller pannor med mindre eller motsvarande emissioner. Vid dessa återfinns en begränsad förhöjning av partikelhalterna.

Av detta framgår att överskridande skulle undvikas ifall de icke miljögodkända pannorna ersätts av miljögodkända.

Överskridande av luftkvalitetsnormer och uppskattade hälsoeffekter i Sverige

Luftkvaliteten i Sverige, vad avser partiklar, är beroende av i huvudsak tre källor. Främst är det långdistanstransport av luftföroreningar från kontinenten som ger en kraftigt förhöjd bakgrundshalt. Det är endast två typer av lokala emissioner som ger signifikanta bidrag, vägdamm och emissioner från icke miljögodkänd småskalig biobränsle användning. Långdistanstransport ger åldrade partiklar dominerad av kondenserade gaser, oorganiska som sulfater, nitrater och ammonium, och organiska föreningar, troligen huvudsakligen från biogena källor. Dessa partiklar är fina dvs mindre än 1 mikrometer i diameter. Vägdamm domineras av ämnen från finfördelat berg, men även bindmedel som bitumen ingår. Laboratorietester visar att dessa partiklar inte blir mindre än 0.5 mikrometer och domineras av partiklar större än 1 mikrometer. Partiklar från icke miljögodkända vedpannor domineras av fina partiklar mindre än 1 mikrometer bestående av aska och organiska föreningar.

Överskridande sker endast i miljöer med ett starkt lokalt bidrag som adderas till den förhöjda bakgrunden. I södra Sverige inträffar markinversion sällan, dvs ventilationen är så god att de lokala källorna späds ut fort och därmed blir det lokala bidraget till den i sig kraftiga inverkan av långdistanstransporterade luftföroreningar relativt litet och MKN överskrids inte. Vägdamm blir däremot en betydande källa under torra perioder under vintern och våren. Emissionfaktorer som når 0.5 g per fordonskilometer har uppmätts i Stockholm under vårmånaderna, vilket är 20 ggr mer än vad som emitteras genom avgasröret. MKN har visats överskridas längs gator med mer än 15000 bilar per dygn i Stockholms innerstad och längs öppna vägar i Stockholms regionen med mer än 50-60000 fordon per dygn. Detta innebär att överskridandena begränsas till storstadsregionerna i Sverige. I norra Sverige är markinversioner betydligt mera förekommande, vilket innebär att jämförelsevis små emissioner kan ge överskridande av MKN. Icke miljögodkända vedpannor ger så höga emissioner att överskridande fås i utsläppens omedelbara närhet.

Populationsmässigt utsätts betydligt flera för långdistanstransporterade luftföroreningar då hela Sveriges befolkning exponeras för förhöjda partikelhalter. Om den naturliga bak-

grunden uppskattas till 6 mikrogram/m³ blir bidraget till bakgrundskoncentrationerna ungefär 2 – 11 mikrogram/m³ med de högre halterna i söder och de lägre i norr. Utifrån de riskuppskattningar som WHO använder fås att ca 3-4000 personer avlider i förtida död. Livstidsförkortningen beräknas till från någon till 6 månader. Det finns inga specifika uppskattningar av hälsoeffekterna av damm från vägarna, medan beräkningar för totala massan partiklar som då har gjorts för Stockholm och Göteborg, gav att ca 230 respektive 100 personer per år avled i förtid. Eldning av ved med icke miljögodkända pannor har uppskattats till att orsaka ca 90 – 330 förtida dödsfall. Cirka hälften kommer från en högexponerad grupp som får en livstidsförkortning på ca 0.5 till 1.5 år medan de från den lågexponerade gruppen får en livstidsförkortning på någon månad.

Sammanfattningsvis framstår långdistanstransporterade luftföroreningar som en betydande hälsorisk i jämförelse med de lokal föroreningskällorna. Dock skall framhållas att speciellt eldning med icke miljögodkända anläggningarna verka ge kraftigare effekter men då på en betydligt mindre population. Det bör också framhållas att dessa beräkningar bygger på att hälsorisken är oberoende av partiklarnas kemi och storlek, vilket många olika studier ifrågasätter. Dock har man ännu inte tillräcklig kunskap för att värdera inverkan av partiklarnas kemi och storlek.

ASTA:s nationella program

ASTA:s nationella delfprogram beskriver de nationella konsekvenserna av belastningen av luftföroreningar samt internationella åtgärder i relation till de svenska miljökvalitetsmålen och åtgärdsstrategier inom energiområdet. Metoder och scenarier utvecklas för att kartlägga och bedöma kritiska miljöaspekter i samspelet mellan luftföroreningar och skogsbruk, som även omfattar uttag av skogsbränslen.

Kväveomsättning i skogsmark

Tillgången på kväve i skogsmarken är viktig för skogens produktionsförmåga, men stora överskott kan leda till en upplagring i marken som medför risker för ökad utlakning och

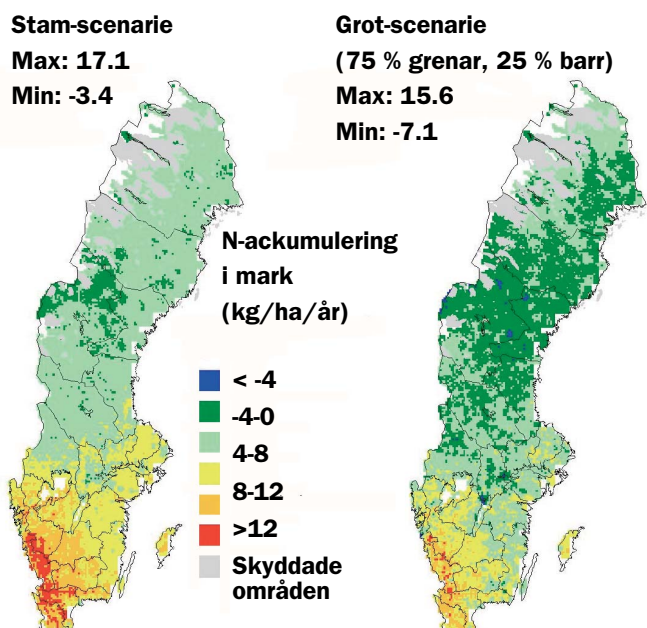
andra övergödningseffekter. Nationella beräkningar av skogsmarkens nuvarande kväveomsättning med scenarier för deposition och olika intensitet i skogsbruket har utförts under 2003. Förändringen av kväveförråden beror på balansen mellan tillförsel i form av nedfall och biologisk fixering, samt bortförseln genom utlakning skörd av biomassa. Beräkningsmetoden har använts för ett prognosverktyg som ASTA utvecklat. Studierna visar att både deposition och biomassuttaget har stor betydelse för kväveflödena, men de regionala skillnaderna är stora. Ett exempel på resultat av beräkningarna visas i figur 1.

Södra Sverige uppvisar upplagring trots hög skogsproduktion och nuvarande uttag av stamved. Ett scenario med stort uttag av skogsbränslen i form av toppar och grenar minskar upplagringen påtagligt enligt beräkningarna. Det nuvarande skogsbruket i södra Sverige ligger mitt i mellan de båda scenarierna i figuren. Situationen i norra Sverige, med väsentligt lägre kvävenedfall, är annorlunda. I stort sett råder balans mellan tillförsel och bortförsel av kväve på de

flesta ståndorter, men en intensivare skogsbruk kan leda till att tillgången minskar på sikt i vissa områden.

ASTA:s nationella databas

ASTA:s nationella databas med upplösningen 5*5 km har färdigställts för beräkningar av nationella och regionala massbalanser, samt kritiska belastningsgränser och överskridande. Den nuvarande databasen omfattar skogliga parametrar, markanvändning, deposition och hydrologi. Med information från databasen är det möjligt att beräkna baskatjonbalanser såväl som kritisk belastning och överskridande med en upplösning som är anpassad till att beskriva regionala skillnader inom ett län.



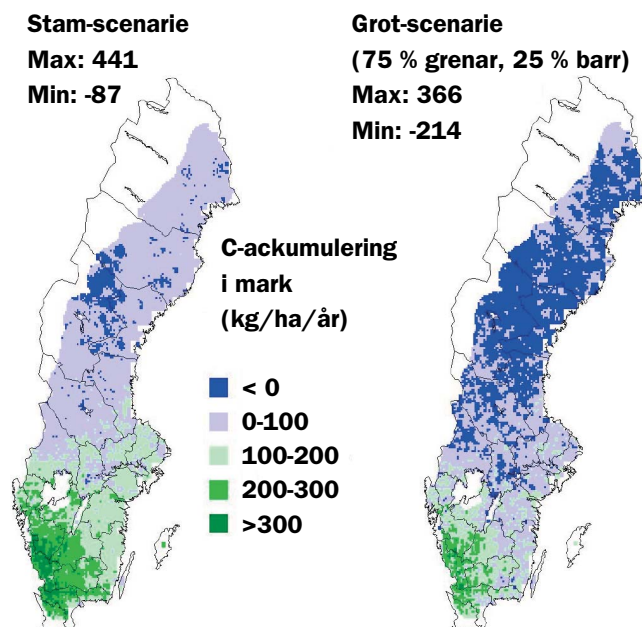
Figur 1. Upplagring av kväve i skogsmark baserat på två scenarier: 1) nuvarande deposition av kväve och skörd av stamved. 2) nuvarande deposition av kväve och praktiskt möjligt uttag av grenar och toppar, utöver stamved.

Kolupplagring i skogsmark

Omsättningen av kväve och kol i skogsmark är starkt sammankopplad. Med en upplagring av kväve följer också en upplagring av kol. Detta under förutsättning att inte kvoten mellan de två ämnena håller på att förändras, vilket det inte finns någon tydlig indikation på i Sverige.

Förändringarna av kolförrådet bygger på beräkningarna av kväveomsättning.

De nationella beräkningar av skogsmarkens kväveomsättning samt data på kol/kvävekvote i Sverige har utnyttjats för att beräkna kolupplagring med olika scenarier för skogsbruk (Figur 2). Beräkningarna indikerar att biomassauttaget har relativt stor betydelse för upplagringen av kol i marken. Samma scenarier som i beräkningarna av kvävebalanser visar att det för närvarande sker en upplagring av kol i mark i större delen av landet med enbart skörd av stamved. Intensiv skörd av skogsbränslen kan leda till nettoförluster av kol i marken enligt beräkningarna. Generellt är dock den nuvarande upplagringen av kol i mark relativt liten, jämfört med upplagringen i skog som inte avverkas. Skörd av skogsbränslen kan visserligen minska upplagringen av kol i skogen, men producerar samtidigt ett förnybart bränsle som har stor kapacitet att ersätta fossila bränslen.



Figur 2. Upplagring av kol i skogsmark med samma scenarios som i figur 1.

Organisation

ASTA:s programledningen består av programchef, biträdande programchef och programsekreterare. Dessutom en styrgrupp bestående av programledning, koordinatorena för de fyra temaområdena och ytterligare 4 forskare som deltar i den övergripande planeringen och ledningen av programmet. Temakoordinatorerna är ansvariga för det löpande arbetet, administration, projektekonomi samt rapportering inom respektive tema. En styrgrupp bestående av nationella finansiärer och avnämare är knutet till det nationella temaområdet.

ASTA:s styrelse

Lars Lindau	Ordförande, Naturvårdsverket
Gunnar Hovsenius	ELFORSK
Anton Eliassen	DNMI, Norge
Hillevi Eriksson	Skogsstyrelsen
Anna Lundborg (adj)	Energimyndigheten
Eva Thörelöf (adj)	MISTRA

ASTA:s deltagare i Fas II

Namn	Funktion
Peringe Grennfelt	Programchef
John Munthe	Biträdande programchef
Jenny Arnell	Programsekreterare
Håkan Pleijel	Koordinator Tema 1
John Munthe	Koordinator Tema 2
Peringe Grennfelt	Koordinator Tema 3
Olle Westling	Koordinator Tema 4
Annika Nordin	Styrgrupp
Göran Sundqvist	Styrgrupp
Hans Christen Hansson	Styrgrupp
Harald Sverdrup	Styrgrupp
Catarina Sternhufvud	Forskare
Erik Swietlicki	Forskare
Filip Moldan	Forskare
Gun Lövblad	Forskare
Gunilla Pihl Karlsson	Forskare
Helena Danielsson	Forskare
Joakim Langner	Forskare
Kevin Bishop	Forskare
Lars Ericsson	Forskare
Mattias Alveteg	Forskare
Mohammed Belhaj	Forskare
Per-Erik Karlsson	Forskare
Rolf Lidskog	Forskare
Torgny Näsholm	Forskare
Veronika Kronnäs	Forskare
Adam Kristensson	Doktorand
Cecilia Akselsson	Doktorand
Liisa Martinsson	Doktorand
Martin Letell	Doktorand
Peter Tunved	Doktorand

Förkortningar

LRTAP, (CLRTAP)	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.
CAFE	Clean Air For Europe, EU:s program för luftkvalitet i Europa.
UN/ECE	United Nations Economic Commission for Europe.
EEA	European Environment Agency, Europeiska miljöbyrån.
SWECLIM	Swedish Regional Climate Modelling Programme, det svenska regionala klimatmodelleringsprogrammet.
GIS	Geografiska informationssystem.
FORSAFE	En dynamisk modell för beräkning av skogstillväxt.
SAFE	Ett dynamiskt markkemiskt modelleringsprogram.
MAGIC	Dynamisk datamodell.
WHO	World Health Organization.



ASTA-programmet
c/o IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Box 5302 · 400 14 Göteborg
Tel. 031 725 62 00 · Fax 031 725 62 90
Hemsida: <http://asta.ivl.se>

Ekologi och geovetenskap
Umeå Universitet
901 87 Umeå
Tel. 090 786 50 00

Avdelningen för Teknik- och vetenskapsstudier
Göteborgs Universitet
Box 510
405 30 Göteborg
Tel. 031 773 10 00

Institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi
Sveriges Lantbruksuniversitet
901 83 Umeå
Tel. 090 786 58 81

Avdelningen för tillämpad miljövetenskap
Göteborgs Universitet
Box 461
405 30 Göteborg
Tel. 031 773 10 00

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

Institutet för Tillämpad Miljövetenskap (ITM)
Stockholms Universitet
106 91 Stockholm
Tel. 08 674 70 00

Institutionen för Kemiteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 124
221 00 Lund
Tel. 046 222 70 10

SMHI – Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
Folkborgsvägen 1
601 76 Norrköping
Tel: 011 495 80 00

Avdelningen för kärnfysik
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund
Tel. 046 222 70 10

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Box 5302
400 14 Göteborg
Tel. 031 725 62 00