KRONDROPPSNÄTET

Nedfall och effekter av luftföroreningar – för regional övervakning

Program 2011 (mätåren 2011-2014)

Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson*, Sofie Hellsten & Per Erik Karlsson

IVL Svenska Miljöinstitutet

*Lunds universitet

Innehåll

1. Bakgrund 5
2 Mätprogrammets syfte 7
3 Förkortningar 8
3 Utgångspunkt för ett nytt program 8
3.1 Förekomsten av luftföroreningar över Sverige; källor och förändringar över tiden 8
3.2 Ett förändrat lokalklimat över Sverige 9
3.3 Framtida svenskt skogsbruk 12
3.3.1 Produktion och biomassauttag 12
3.3.2. Att binda kol 13
3.4 Kvarstående problem vad gäller luftkvalitén utanför tätorterna 13
4 Krondroppsnätets roll i miljöövervakningen 15
4.1 Miljökvalitetsnormer 15
4.2 Miljökvalitetsmål 15
4.2.1 Bara naturlig försurning 15
4.2.2 Ingen övergödning 16
4.2.3 Frisk luft 16
4.2.4 Övriga mål 17
4.2.5 Miljökvalitetsmålen i framtiden 17
4.3 Mätningar och modellberäkningar för regional fördjupning inom miljömålen ”Bara naturlig försurning” och ”Ingen övergödning” 17
5. Alternativa appliceringar för resultat från Krondroppsnätet 18
5.1 Vattendirektivet 18
5.2 Inverkan på internationellt miljöarbete 18
5.3 Vetenskaplig publicering 19
6 Program 2011 (mätåren 2011-2014) 19
6.1 Mätningar inom programmet 20
6.1.1 Deposition 20
6.1.2 Halter i luft 21
6.1.3 Markvatten 21
6.1.4 Parameterlistor 22
6.1.5 Mätstationer och provtagning 22
6.2 Yttäckande kartläggning av deposition 25
6.3 Modellberäkningar och prognos 26
6.4 Lagring, bearbetning och utvärdering av data 27
6.5 Redovisning 27
7 Referenser 28

1. Bakgrund

Regionala länsbaserade undersökningar av luftföroreningarnas effekter med avseende på försurning, övergödning och marknära ozon genomförs med samordnade metoder inom Krondroppsnätet (http://www.krondroppsnatet.ivl.se). De första undersökningarna startade i Blekinge 1985. Genom åren har olika programperioder med olika fokus avlöst varandra. 1997 inleddes ett treårigt samarbetsprojekt mellan länen, Naturvårdsverket och IVL med syfte att utveckla metoder och redovisningsformer, vilket bl.a. resulterade i Program 2000 som tillämpades mellan 2001 och 2006 med treåriga avtalsperioder.

Inför det nuvarande programmet Program 2007 (avseende perioden 2007-2010) arbetades ett reviderat program fram av en styrgrupp bestående av representanter från Länsstyrelser och Luftvårdsförbund, Skogsstyrelsen, Naturvårdsverket samt IVL. Program 2007 innebar relativt omfattande revideringar. Detta beroende på att nya nationella underlag vad gäller miljötillståndet i mark och vatten och verktyg för yttäckande kartläggning och prognos för framtiden fanns tillgängliga. Vidare utgick EUs bidragssystem inom programmet Forest Focus från och med 2007. Aktiviteterna inom Program 2007, som omfattade bland annat mätningar, modellberäkningar och sammanställningar, finansierades främst av olika Luftvårdsförbund, Länsstyrelser samt Naturvårdsverket.

Eftersom en omfattande genomgång och revidering av Krondroppsnätet genomfördes inför Program 2007 anser vi inte att några betydande revideringar är nödvändiga inför den nya programperioden 2011-2014, utan vi önskar arbeta vidare på den inslagna vägen med några tillägg. Vid arbetet med programutformningen av Program 2011-2014 har alla luftvårdsförbund, länsstyrelser och Naturvårdsverket haft möjlighet att komma med synpunkter. Dessa synpunkter har tagits i beaktande i den slutliga programutformningen.

Händelseutveckling under programperioden 2007-2010:

- Krondroppsnätet har blivit ett s.k. gemensamt delprogram. Naturvårdsverket önskar öka samverkan och samordning mellan nationell och regional miljöövervakning samt öka samverkan mellan olika aktörer, varför man har presenterat ett antal gemensamma delprogram. Inom programområde Luft finns hittills endast två gemensamma delprogram varav Krondroppsnätet är det ena. Detta medförde att i de riktlinjer som Naturvårdsverket utgav inför framtagandet av de regionala miljöövervakningsplanerna för 2009-2014 var Krondroppsnätet högt prioriterat. Skillnaden mellan gemensamma delprogram och nationella delprogram är att Sverige är skyldigt att genomföra nationella delprogram medan gemensamma delprogram är program som Naturvårdsverket anser är bra och som bör genomföras, men som de själva ej har full finansiering till.

- Ett arbete har påbörjats med att noggrant dokumentera Krondroppsytorna med avseende på ytornas egenskaper, läge i terrängen, etc, genom fältbesök.

- Under 2009 bjöds representanter från Krondroppsnätet in till en Krondroppsdag i Göteborg, då resultat och förslag på utvecklingsmöjligheter diskuterades.

- En del av resultaten som har genererats inom Krondroppsnätet har presenterats internationellt och rönt ett stort intresse, inte minst på på grund av dess långa tidsserier samt stora geografiska utbredning. Medel har erhållits av Naturvårdsverket som möjliggör att Krondroppsnätets resultat kommer att publiceras vetenskapligt, vilket även bidrar till att sprida resultaten internationellt.

- Under programperioden har en rad projekt pågått med anknytning till Krondroppsnätet men med finansiering från annat håll. Exempelvis studeras trender i markvattenkemi i förhållande till depositionstrender och markkemi, effekter av stormen Gudrun på nitratutlakning och

förbättrade metoder för att uppskatta totaldepositionen av kväve till skogsmark. Resultaten från dessa projekt kommer att gagna Krondroppsnätet.

- Ett samarbete med Institutionen för Ekologi, Lunds Universitet, har inletts för att öka kunskapen om kol- och kväveomsättning i marken. På Institutionen för Ekologi studerar man kopplingar mellan mykorrhiza (den symbios som finns mellan svampar och träd) och omsättningen av kol och kväve i marken. Mykorrhizaaktiviteten studeras på Krondroppsnätets ytor för att finna eventuella samband mellan mykorrhiza och kväveutlakning. Detta kan bidra till ny kunskap om varför vissa ytor läcker kväve och andra inte. Diskussioner pågår även med andra forskargrupper om hur Krondroppsnätet kan användas i forskningen.

- En målsättning samt beskrivning av Krondroppsnätets styrka har formulerats och återges nedan:

Krondroppsnätets målsättning:

Krondroppsnätet har som målsättning att driva en samordnad, länsvis miljöövervakning av skogsekosystemen i hela Sverige. Övervakningen är inriktad mot lufthalter, nedfall av försurande och övergödande ämnen samt dess inverkan på markvattnets kvalitet. Även nedfallet till skogen av näringsämnen utöver kväve samt vissa tungmetaller övervakas. Resultaten tolkas med koppling till vädersituationer och deras förändring. Samordning görs med skogliga observationer från Skogsstyrelsens observationsytor. Mätmetoder utvecklas och förbättras kontinuerligt. Krondroppsnätet kan beskriva historiska förändringar och nuläge såväl som, genom modelleringar, göra förutsägelser för framtiden, inte minst i perspektivet av pågående klimatförändringar.

Krondroppsnätets styrka:

Krondroppsnätets stora styrka är att det står starkt förankrat på många olika ben. Ett ben är den stora databas vi under årens lopp har samlat inom Krondroppsnätet, där vi kan knyta ihop och jämföra data från hela Sverige i tid och rum. Ett annat ben är Krondroppsnätets starka förankring i forskningen. Våra medarbetare är bland de ledande experterna inom sina respektive områden i Sverige. Krondroppsnätet har tillgång till fördjupade kunskaper via stora experimentella verksamheter, såsom forskningen vid Gårdsjön samt forskningen kring marknära ozon. Krondroppsnätet har även nära koppling till forskningen kring modeller såsom MAGIC, en modell för sjöförsurning, samt FORSAFE, en modell för omsättning av näringsämnen och kol i skogsmark. Ett ytterligare ben är den nära kopplingen som Krondroppsnätet har till den nationella miljöövervakningen. Vi kan jämföra med resultaten från andra miljöövervakningsprogram. Vi har också nära kontakt med beslutande myndigheter och får tidiga besked vad gäller förändringar av målvärden etc.

Krondroppsnätet har via ledande experter nära kontakt med den utveckling som sker av nya material, mätmetoder och utrustning. En styrka med Krondroppsnätet är att hela kedjan kan samordnas och samplaneras, allt från kontakter med provtagare, provtagningsschema för hela landet, med samma utrustning i hela mätnätet och samma analysmetoder och analyslaboratorium för alla prover. Krondroppsnätet har ett starkt kontaktnät med alla Luftvårdsförbund, Länsstyrelser samt även med andra forskare och organisationer i Sverige, exempelvis Skogsstyrelsen, Skogforsk, SLU, Lunds universitet samt övriga universitet.

Krondroppsnätets verksamhet spänner över stora tidsrymder, och vi har bland de längsta mätserierna i hela Europa. Detta gör det möjligt att studera trender på mer än 20 års sikt. Krondroppsnätets omfattande mätningar, med en stor geografisk spridning i landet, ger en bra överblick av nuläget och olika problemställningar i olika delar av landet. Vi kan via modeller göra förutsägelser om framtiden. Krondroppsnätet har entusiastiska medarbetare, med ett stort engagemang och en tro på att det vi gör är viktigt för framtiden. Pågående klimatförändringar kan medföra stora förändringar vad gäller försurnings- och övergödningsproblematiken, inte minst i norra Sverige, och Krondroppsnätet står väl rustat för att övervaka dessa förändringar.

2 Mätprogrammets syfte

Nedfallet av försurande och övergödande ämnen från luften till skogsekosystemen i Sverige måste bedömas utifrån vad mark och vatten långsiktigt tål samt utifrån orsakerna bakom nedfallet och de åtgärder som krävs för att motverka detta nedfall. Lufthalterna och nedfallet av svavel till den svenska skogen har minskat i en takt som följer minskningen av de samlade svavelutsläppen från Europa. Det finns däremot inga tydliga tecken på ett minskande kvävenedfall i Sverige sedan början av 1990-talet. Det pågår en återhämtning från försurning i markvattnet, men det går långsamt och effekterna på pH och den syraneutraliserande förmågan är i många fall ännu små eller obefintliga. Växtligheten i Sverige är helt klart påverkad av rådande kvävenedfall och halterna av nitratkväve i markvattnet har ibland varit förhöjda, framför allt i sydvästra Sverige. Problematiken med nedfall av försurande och övergödande ämnen är därför långt ifrån löst.

Mot bakgrund av ovanstående har Krondroppsnätet som målsättning att fortsatt driva en samordnad, länsvis miljöövervakning av skogsekosystemen i Sverige. Övervakningen är inriktad mot lufthalter, nedfall av försurande och övergödande ämnen samt dess inverkan på markvattnets kvalitet. Även nedfallet av näringsämnen utöver kväve samt vissa tungmetaller övervakas inom Krondroppsnätet. Mätningarna sätts i relation till markanvändningen genom olika modelleringsansatser t ex vad gäller det ökande uttaget av biobränslen ifrån skogen.

Krondroppsnätets stora styrka är att det har, under en mycket lång tid, samlat in data där vi kan knyta ihop och jämföra data från hela Sverige i tid och rum. Krondroppsnätet har en mycket stark förankring i forskningen, men även en stark koppling till den nationella miljöövervakningen. Vi kan jämföra med resultaten från andra miljöövervakningsprogram.

Krondroppsnätets verksamhet spänner över stora tidsrymder, och vi har bland de längsta mätserierna i hela Europa. Detta gör det möjligt att studera långsiktiga trender. Krondroppsnätets omfattande mätningar, med en stor geografisk spridning i landet, ger en bra överblick av nuläget och olika problemställningar i olika delar av landet. Vi kan via modeller göra förutsägelser om framtiden inte minst i perspektivet av pågående klimatförändringar. Klimatförändringarna kan medföra stora förändringar vad gäller försurnings- och övergödningsproblematiken, inte minst i norra Sverige, och Krondroppsnätet står väl rustat för att övervaka detta.

Krondroppsnätets huvudsyfte är att generera underlag till indikatorer för långsiktiga bedömningar inom den regionala miljömålsuppföljningen, vilket bl. a. involverar indikatorerna:
- Nedfall av svavel
- Nedfall av kväve
- Andel försurade sjöar och vattendragssträcka i olika försurningsklasser enligt bedömningsgrunder

Krondroppsnätet avser att löpande producera långsiktiga regionala bedömningar av tillstånden hos skogsekosystemen i Sverige, främst med avseende på försurning, näringstillstånd samt övergödning. Dessa bedömningar kan användas för att motivera fortsatta höga krav på utsläppsminskningar från lokala och regionala verksamheter, såsom trafik och industri, men även för påtryckningar mot regering och riksdag att öka aktiviteterna vad gäller internationella förhandlingar om begränsningar av långdistanstransporterade luftföroreningar. Det finns en begränsning i vad skogsekosystemen tål ifråga om nedfall av försurande och övergödande ämnen, som vi löpande försöker bedöma inom Krondroppsnätet. Om en större andel av detta nedfall upptas av långdistanstransporterade luftföroreningar finns ett mindre utrymme kvar vad gäller nedfall som beror av lokala och regionala källor.

3 Förkortningar

ASTA: International and national abatement strategies for transboundary air pollution. Ett forskningsprogram finansierat av MISTRA. ASTA pågick mellan 1999-2007.

CLEO: Climate Change and Environmental Objectivs. Forskningsprogram som finansieras av Naturvårdsverket.

FORSAFE: Ekosystemmodellen FORSAFE är en dynamisk modell för simulering av markkemi, trädtillväxt och markvegetation under olika depposition-, klimat- och skogsbruksscenarier.

GROT: Grenar och toppar.

IPCC: FN:s klimatpanel (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) är ett organ som etablerades 1988 av två FN-organ, Världsmeteorologiska organisationen (WMO) och FN:s miljöorgan (UNEP), för att fastställa "risken för klimatförändringar orsakade av mänskliga aktiviteter".

LRTAP: Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Luftkonventionen. Startade 1979 inom FN.

MAGIC-modellen: Model of Acidification of Groundwater in Catchments. En dynamisk modell som används för att beskriva utvecklingen av sjöförsurning.

MATCH: Spridningsmodellsystem utvecklat på SMHI, för modellering av deposition av luftföroreningar.

PROFILE-modellen: Markmodellen PROFILE är en markkemisk jämviktsmodell för beräkning av vittring, markkemi och kritisk belastning i skogsmark.

SCARP: Swedish Clean Air Research Program. SCARP är ett forskningsprogram finansierat av Naturvårdsverket med målsättning att stärka det vetenskapliga underlaget rörande luftföroreningar och luftföroreningars effekter och att ge ett stöd till politiska beslut i Sverige och Europa.

SKA: Skoglig konsekvensanalys. Utförs på uppdrag av Skogsstyrelsen.

3 Utgångspunkt för ett nytt program

I avsnitt 3 och 4 diskuteras behovet av miljöövervakning i skogsekosystemen, nu och framtiden, särskilt i relation till förändringar som skett sedan föregående programplanering, 2005-2006 för Program 2007.

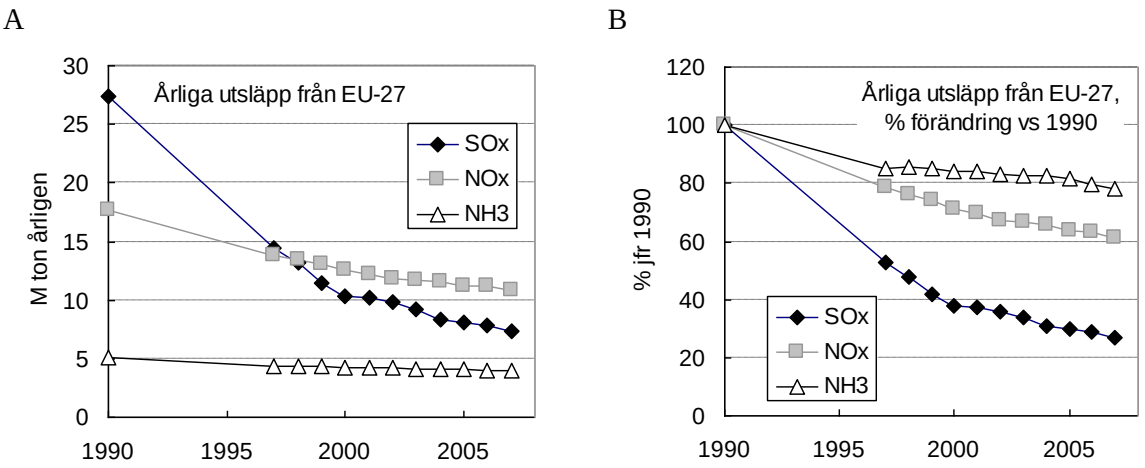
3.1 Förekomsten av luftföroreningar över Sverige; källor och förändringar över tiden

Nedfall av försurande och övergödande substanser till de svenska skogarna, samt skogens exponering för marknära ozon, beror av utsläpp lokalt i Sverige och från kontinentala och södra Europa, men även av utsläpp som transporteras mellan kontinenter över hela norra halvklotet. Långväga transporterade luftföroreningar bidrar med en mycket stor andel av det totala nedfallet av svavel och oxiderat kväve (NO_X). Utsläppen från fartygstrafiken på Nordsjön och Östersjön spelar här en stor roll. Vad gäller landbaserade utsläpp är det Polen och Storbritannien som bidrar mest till svavel- och NO_X-nedfall över Sverige. Nedfallet av reducerat kväve (NH_4) beror till en större del av lokala utsläpp inom Sveriges gränser.

Den långväga transporten av luftföroreningar styrs av luftmassornas rörelser, vilket i sin tur beror av det storskaliga vädret. En förändring av vädermönstret orsakat av en klimatförändring kan ha en stor påverkan på luftföroreningssituationen över Sverige. En klimatförändring påverkar även den lokala

luftföroreningssituationen genom förändringar av nederbördsmängder och lufttemperatur, det sistnämnda t.ex. genom mildare vintrar.

Nedfallet av luftföroreningar över Sverige beror fortfarande till största delen av utsläppen över Europa, även om dessa minskar, Figur 1. Utsläppen av svavel inom EU-27 (alla EU-länder) har minskat kraftigt sedan 1990. Minskningen av kväveutsläppen är mindre tydlig, i synnerhet för reducerat kväve. De senaste åren (fram t. o. m. 2007) har minskningstakten av utsläppen avstannat något.

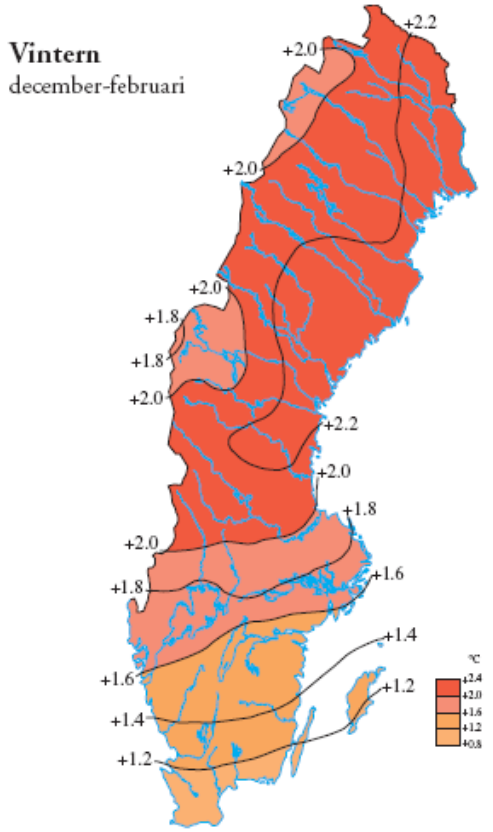


Figur 1. Utsläpp av svavel (SO_X), oxiderat- (NO_X) och reducerat (NH_3) kväve från EU-27 över tiden. Källa: EMEP. A, Absoluta värden; B, Procentuella förändringar jämfört med 1990.

3.2 Ett förändrat lokalklimat över Sverige

Förändringar av Sveriges klimat kan bedömas dels utifrån mätningar och trender över tiden, dels utifrån modelleringsansatser. En jämförelse av meteorologiska mätningar mellan två långa tidsperioder, 1961-1990 och 1991-2005 (Figur 2), tyder på att lufttemperaturerna har ökat, i synnerhet vintertid i norra Sverige. Vintrarna har således blivit avsevärt mildare. Detta får ett tydligt genomslag vad gäller t ex att trädgränsen i alpin terräng flyttar sig uppåt. Nederbördsmängden har ökat sommartid, återigen i synnerhet i norra Sverige, men även i södra Sverige (Figur 3). Även vintertid har nederbördsmängderna ökat i västra Götaland och i fjälltrakterna, medan den har minskat i mellersta Sverige.

A

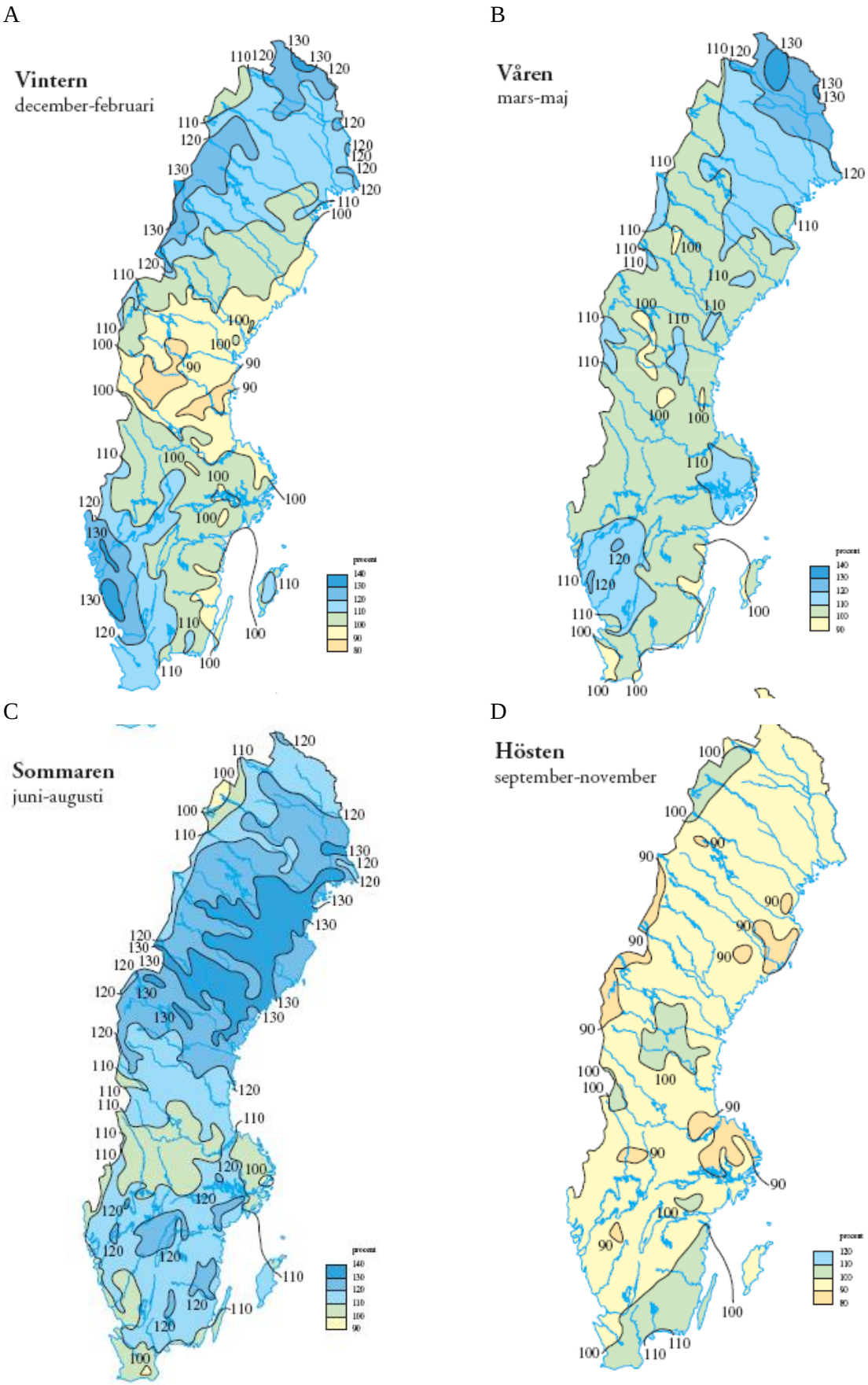


B

C

D

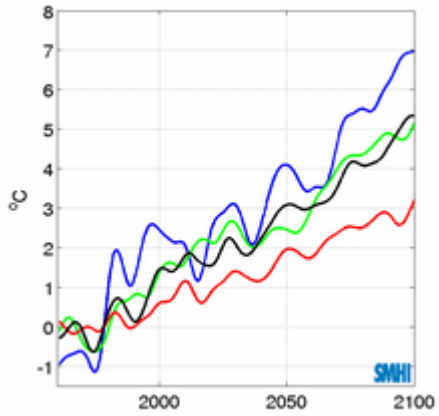
Figur 2. Temperaturförändringar från perioden 1961-1990 till 1991-2005. Källa: SMHI. Faktablad nr 29. Oktober 2006



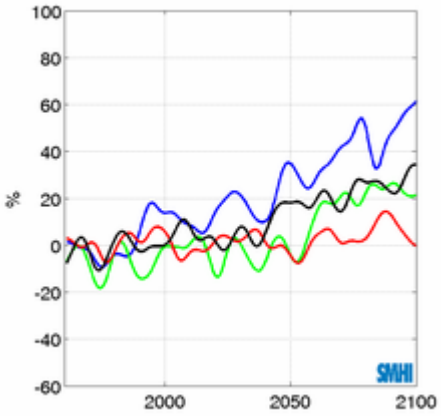
Figur 3. Nederbördsförändringar från perioden 1961-1990 till 1991-2005. Källa: SMHI. Faktablad nr 29. Oktober 2006.

Ett framtida klimat baserat på IPCC´s olika scenarier har modellerats av SMHI och Rossby Center. Det värsta scenariet enl. IPCC (scenario A2, Bernes, 2003) resulterar i dramatiskt förhöjda luft-temperaturer på 100 års sikt, både i norra och södra Sverige (Figur 4). Nederbörden vintertid förutsägs öka med uppemot 50% i större delen av både södra och norra Sverige, medan förändringen för övriga årstider blir mindre. I sydöstra Götaland kan det dock bli mindre nederbördsmängder.

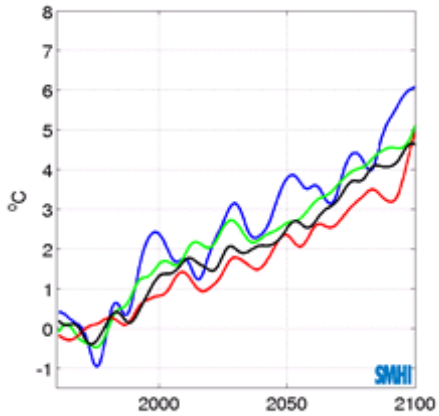
A. N Norrlands inland. Lufttemperaturer



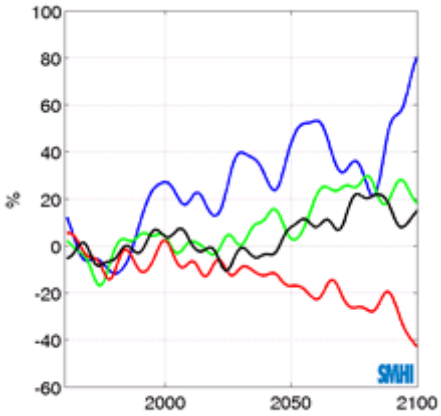
B. N Norrlands inland. Nederbörd



C. NV Götaland. Lufttemperaturer



D. NV Götaland. Nederbörd



Figur 4. Beräknade temperaturförändringar (A,C) och nederbördsförändringar (B,D) mellan 1961 och 2100 jämfört med medelvärdet 1961-1990, beräknade separat för varje årstid för IPCC scenario A2 (se Bernes, 2003). Vinter, blå; vår, grön; sommar, röd; höst, svart. Källa: SMHI.

3.3 Framtida svenskt skogsbruk

Eftersom markanvändningen spelar stor roll för försurning och kväveupplagring i skogsmarken behöver Krondroppsnätets övervakningsprogram anpassas även till förändringar av skogsbruket.

3.3.1 Produktion och biomassauttag

Efterfrågan på skogsråvara har ökat kraftigt i Sverige på senare år, vilket kan utläsas i Riksskogs-taxeringens statistik över tillväxt och avverkning. Efter att avverkningen under lång tid legat runt 80 % eller under, jämfört med tillväxten, har avverkningens andel på senare tid ökat. Vedråvaran skall användas bl. a. för skogsindustrins produktion och som biobränsle. Efterfrågan på förnybar energi innebär dessutom att en större del av biomassan kommer att tas ut i många skogar, d.v.s. inte bara stammar utan även grenar och toppar (GROT) och kanske även stubbar. Detta innebär kraftigt ökade näringsförluster från systemet, och minskad buffringskapacitet i marken, vilket leder till att åter-hämtningen från försurning påverkas negativt.

Skogsstyrelsen producerar regelbundet s.k. skogliga konsekvensanalyser (SKA), vilka innehåller bedömningar av nuvarande och framtida skogsbruk. I den senaste bedömningen, SKA-VB 2008 (Skogsstyrelsen, 2008), förutsägs att Sveriges framtida skogsbruk kommer att diversifieras i så motto att en betydande del av skogsarealen kommer att ha en utpräglad inriktning mot intensiv produktion, medan annan areal kommer att avsättas för ett mindre intensivt skogsbruk genom frivilliga avsättningar eller reservat. SKA-VB 08 pekar även på större möjligheter att ta ut GROT och stubbar. Om detta sker kommer det att kunna medföra förändringar av Krondroppsnätets provytor om man önskar att alla dessa typer av skogsbruk skall representeras.

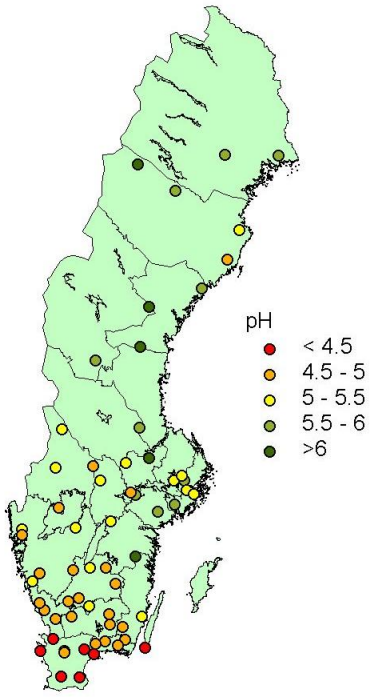
3.3.2. Att binda kol

Den svenska skogen binder årligen in kol motsvarande i storleksordningen 20-30 M ton CO_2-ekvivalenter. Detta skall jämföras med Sveriges årliga utsläpp av växthusgaser, runt 60 M ton CO_2-ekvivalenter (NIR, 2009). Kolinbindningen till skogen är således av stor betydelse på medellång sikt, i Sverige såväl som globalt (Trumper m fl., 2009). Kolinbindningen sker i huvudsak till den levande biomassan och beror till största delen på att avverkningen i den svenska skogen är lägre än tillväxten. I slutändan beror kolinbindningen till skogen på en hållbar hög tillväxthastighet genom att kolinbindningen är skillnaden mellan tillväxt och avverkning.

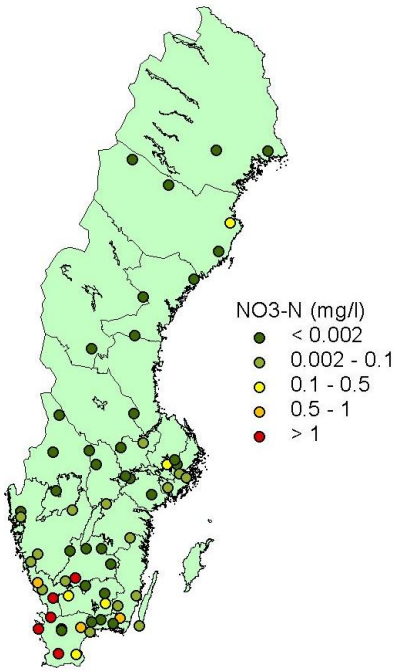
3.4 Kvarstående problem vad gäller luftkvalitén utanför tätorterna

Utsläppsbegränsande åtgärder har genomförts i Europa. Trots detta kvarstår många negativa effekter i luft, mark och markvatten. Svavelnedfallet till skogen i södra Sverige ligger vid flera platser över vad marken tål. Återhämtningen i marken går långsamt och markvattnet i mineraljorden uppvisar i södra Sverige pH-värden under 4,5 (Figur 5) och förhöjda halter av oorganiskt aluminium. Fyra procent av sjöarna är fortfarande antropogent försurade, med en särskild koncentration till sydvästra Sverige (Figur 6). Kvävenedfallet leder i stora delar av Sverige till en upplagring i skogsmarken (Figur 7) och förhöjda nitrathalter förekommer redan i markvattnet vid flera platser i främst södra Sverige (Figur 5).

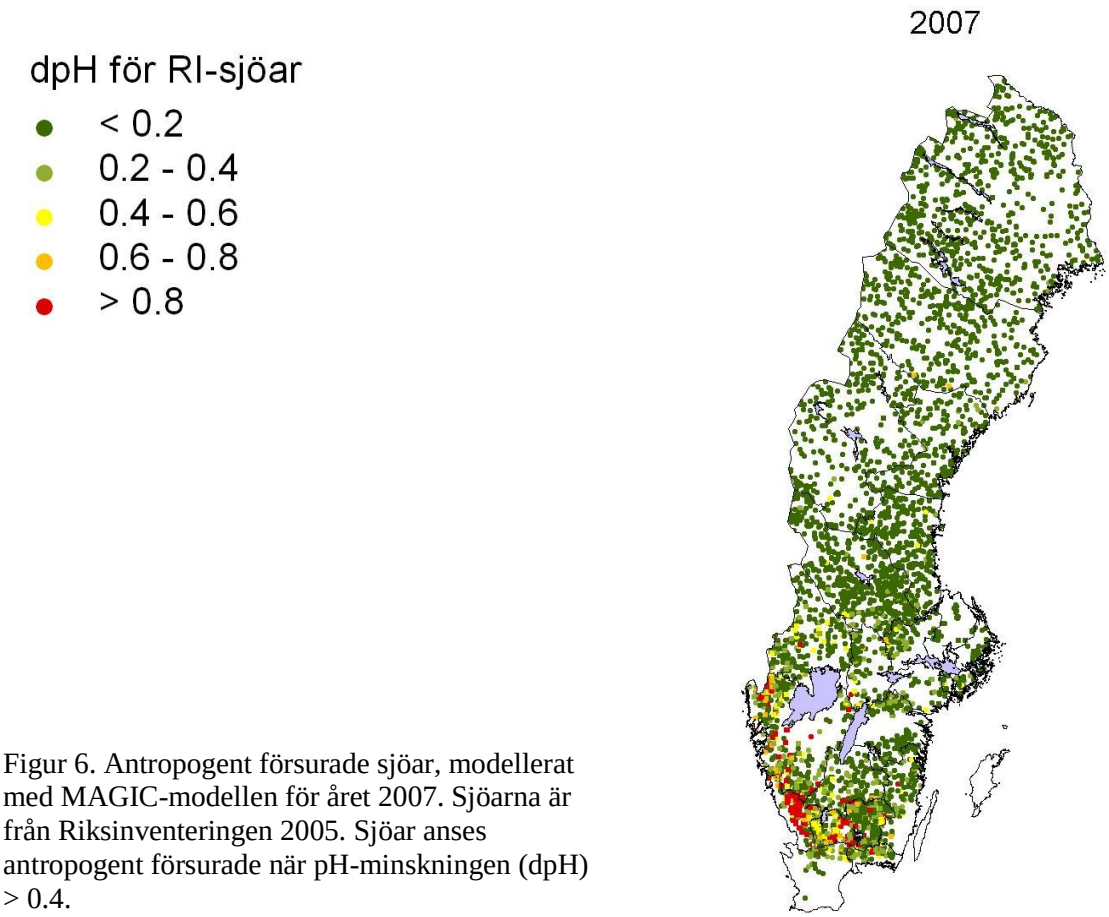
A



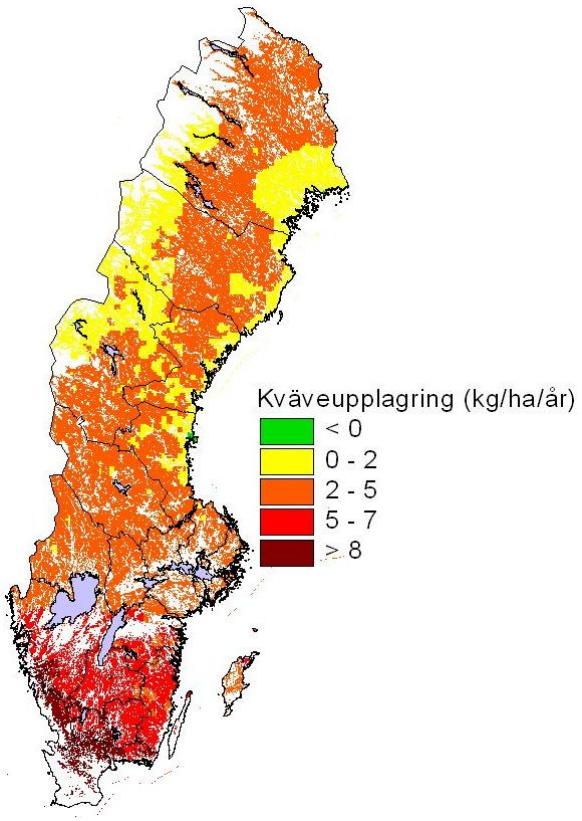
B



Figur 5. Markvattenkemi vid krondroppsytorna 2008. A, pH; B, nitrathalter. Provtagning från 50 cm djup i mineraljorden. Medelvärde från tre provtagningar; före, under och efter tillväxtsäsongen.



Figur 6. Antropogent försurade sjöar, modellerat med MAGIC-modellen för året 2007. Sjöarna är från Riksinventeringen 2005. Sjöar anses antropogent försurade när pH-minskningen (dpH) > 0.4.



Figur 7. Beräknad kväveupplagring i skogsmarken. Scenario: endast stamavverkning. Beräkningarna har gjorts genom en metod baserad på massbalanser.

4 Krondroppsnätets roll i miljöövervakningen

Ett kostnadseffektivt åtgärdsarbete kräver information om miljötillstånd och prognos om framtida utveckling, med scenarier för olika åtgärdsnivåer. Uppföljningen av de svenska miljökvalitetsmålen är inriktade mot att föreslå åtgärder med stor nytta. Bedömningen av nyttan kräver underlag med stor precision och geografisk upplösning samt med långa tidsserier för att möjliggöra uppföljningen av såväl åtgärder som förändrad påverkan från t.ex. klimat eller markanvändning. Program 2011 för Krondroppsnätet kommer, liksom Program 2007, att vara nära kopplat till nationellt forsknings- och utvecklingsarbete, bl. a. inom de av NV finansierade forskningsprogrammen SCARP och CLEO. Forskningsresultat och modeller avseende t.ex. N-processer i skogsmark och klimatpåverkan kan därmed tillämpas i Krondroppsnätet för fördjupade utvärderingar med avseende på belastning av luftföroreningar och effekterna på mark och vatten på regional nivå. Programmet möjliggör därmed ett kostnadseffektivt utnyttjande av nationella underlag. Inriktningen avses variera i olika delar av landet beroende på vilka miljömål som är svårast att nå.

4.1 Miljökvalitetsnormer

Miljökvalitetsnormerna för luftkvalitet är grundade på EU-lagstiftning och i huvudsak inriktade på tätortsmiljön. Normerna har därför en begränsad tillämpning för själva skogsekosystemen. Mätningarna inom Krondroppsnätet har dock en viktig roll att fylla som referensmätningar till tätortsmätningarna. Detta ger möjlighet att särskilja bidragen från långdistanstransporterade luftföroreningar och lokala utsläpp.

4.2 Miljökvalitetsmål

Den regionala fördjupningen inom Krondroppsnätet omfattar främst miljökvalitetsmålen *Bara naturlig försurning, Ingen övergödning* samt *Frisk luft*. Dessa miljömål påverkas starkt av luftföroreningar, men även annan påverkan har betydelse, främst markanvändning i form av jord- och skogsbruk. Markanvändning kan både öka och minska miljöeffekterna som orsakas av luftföroreningar. Detta gör att effekter på miljön av luftföroreningar i vissa fall måste jämföras med påverkan på miljön från pågående markanvändning. Fördjupningen bör anpassas till de specifika förhållandena i de olika länen samt prioriterade regionala miljökvalitetsmål och åtgärdsbehov.

Krondroppsnätet genererar underlag till indikatorer för miljömålsuppföljningen, bl. a. indikatorerna:

- Nedfall av svavel
- Nedfall av kväve
- Andel försurade sjöar och vattendragssträcka i olika försurningsklasser enligt bedömningsgrunder

Andra data från Krondroppsnätet som kan vara användbara vid miljömålsuppföljningen är markvattenkemi och modellerad kritisk belastning för skogsmark.

4.2.1 Bara naturlig försurning

”De försurande effekterna av nedfall och markanvändning skall underskrida gränsen för vad mark och vatten tål….”

Nationellt arbete
Bedömningen av försurande nedfall till *skogsmark* måste göras i relation till vad marken tål, vilket kräver modelleringsansatser. För detta används begreppet kritisk belastning, som sedan några år tillbaka modelleras på alla Riksskogstaxeringens ytor.

För *sjöar* har ett helt nytt koncept utarbetats för att bedöma referenstillstånd, nuvarande påverkan och prognos för framtida tillstånd. Det bygger på dynamiska modellberäkningar i ett stort antal sjöar. Bland annat har alla sjöar (ca 3000) i Riksinventeringen bedömts (referenstillstånd, påverkan och prognos). Minskningen av pH relaterar till risken för oönskade förändringar av art- och individsammansättningen av flora och fauna i vattendragen.

Regional fördjupning i detta program

Regional fördjupning av miljömålet ”*Bara naturlig försurning*” beskrivs nedan under avsnitt 4.3.

4.2.2 Ingen övergödning

” Halterna av gödande ämnen i mark och vatten skall inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten.”

Nationellt arbete

Kvävedepositionen minskar endast långsamt och kommer därför under lång tid framöver att bidra till övergödning. Den absoluta merparten av kväveutlakningen från markanvändning kommer från jordbruksmark eftersom skogsmarken i dagsläget tar upp merparten av kvävet. Det nationella arbetet (inom forskningsprogrammen ASTA och SCARP) kopplat till skogsmark har främst omfattat studier av risken för att upplagringen av kväve blir så stor i skogsmark att utlakningen kan komma att öka i framtiden. Klimatförändringen kommer att påverka en rad ekosystemprocesser, och det finns risk att ökade temperaturer kan öka utlakningen från skogsmark i delar av Sverige, eftersom nedbrytningshastigheten ökar. En utbredd ökning av den normalt låga utlakningen av kväve kan allvarligt förvärra övergödningen av sjöar och marin miljö.

Regional fördjupning i detta program
En regional fördjupning av miljömålet ”*Ingen övergödning*” beskrivs nedan under avsnitt 4.3.

4.2.3 Frisk luft

Nationellt arbete
Det nationella arbetet vad gäller luftkvalitet är i hög grad reglerat av EUs regelverk, som implementerats i svensk lagstiftning i form miljökvalitetsnormer för luft. Många av luftkvalitetsproblemen är hälsorelaterade och inte minst partiklar i luft i tätorter har ägnats stor uppmärksamhet, utöver andra luftföroreningar som kväveoxider, tungmetaller och kolväten. Även marknära ozon har varit föremål för omfattande studier där den skadliga effekten på grödor och skog varit i fokus, utöver hälsoaspekter. Även om det finns lokala bidrag av luftföroreningar som ger upphov till ozonbildning, så bidrar långdistanstransport ofta med en betydande andel, även inne i tätorter. Som underlag för lokalt åtgärdsarbete krävs därför bakgrundsmätningar av luftföroreningar.

Lufthalterna av SO_2, NO_2 samt NH_3 utgör givetvis en förutsättning för nedfallet av svavel och kväveföreningar. Det är därför viktigt att vidmakthålla ett visst nätverk av lufthaltsmätningar för att förklara och förutsäga förändringar av svavel- och kvävenedfall.

Regional fördjupning i detta program
Förekomsten av marknära ozon i landsbygdsmiljön i södra Sverige övervakas, utöver de mätningar som sker inom den nationella miljöövervakningen, främst genom det nystartade ”Ozonmätnätet i södra Sverige”. För de län som ingår i detta nätverk finns inte anledning till ytterligare mätningar av marknära ozon inom Krondroppsnätet. Vad gäller de län som inte ingår i ovan beskrivna nätverk, kan

Krondroppsnätet fortfarande fungera som ett övervakningssystem för marknära ozon, tillsammans med den nationella övervakningen. Detta är angeläget i synnerhet i norra Sverige, där månadsmedelvärdena för ozonhalter under våren kan vara bland de högsta i hela landet.

Vad gäller lufthalterna av SO_2, NO_2 samt NH_3 i landsbygdsmiljön är dessa i de flesta fall låga och den nuvarande omfattningen av mätningar inom Krondroppsnätet fyller sin funktion att ge information som underlag för analyser av svavel- och kvävenedfall. I vissa regioner, såsom i Stockholmsområdet och i de sydligaste länen, kan lufthalterna fortfarande vara förhållandevis höga och det kan finnas anledning att utvärdera om nuvarande mätningar är tillräckligt omfattande. Av särskilt intresse är emissionerna från fartygstrafiken i Östersjön, vilka kan avsevärt påverka kustområdena i söder. Om man inom den internationella sjöfarten nu kommer överens om utsläppsbegränsningar kan det vara av stort värde att kunna följa upp om lufthalterna i kustnära områden minskar.

4.2.4 Övriga mål

Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondroppsnätet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*. Det finns även tydliga kopplingar till övervakning av klimatfrågor (*Begränsad klimatpåverkan*) och biologisk mångfald i skogsmark och andra naturliga ekosystem (*Ett rikt växt- och djurliv*). Detta regionala program är primärt inte inriktat mot dessa frågor, men kan bidra med underlag både med avseende på modellberäkningar och mätningar. Det är önskvärt, och sannolikt kostnadseffektivt, att vissa delar av en nationell övervakning inriktad mot klimatfrågor och mångfald samordnas med undersökningarna i skogsytor i detta program.

4.2.5 Miljökvalitetsmålen i framtiden

Nyligen har en utredning av miljömålssystemet, ledd av Rolf Annerberg, publicerats (SOU 2009:83). Alla 16 miljökvalitetsmålen föreslås kvarstå. Man föreslår dock en förskjutning av tyngdpunkten till generationsmålen och mindre vikt på delmålen. För att betona detta föreslår man att delmålen istället benämns etappmål. Detta kan få en betydelse för Krondroppsnätet, eftersom generationsmålen inom målen ”*Bara naturlig försurning*” och ”*Ingen övergödning*” i stor utsträckning måste bedömas genom olika modelleringsansatser, där Krondroppsnätet står väl rustat.

Man föreslår vidare att tidpunkten för när generationsmålet skall vara uppnådda, eller i varje fall ha förutsättningar att uppnås, flyttas fram till 2025. Naturvårdsverket föreslås få ett ännu större ansvar för utvärdering av miljökvalitetsmålen och även ett större ansvar för de data som behövs för dessa utvärderingar. Man föreslås producera årliga rapporter till regering och riksdag. Ansvaret för regionala utvärderingar ligger kvar på länsstyrelserna.

4.3 Mätningar och modellberäkningar för regional fördjupning inom miljömålen ”Bara naturlig försurning” och ”Ingen övergödning”

Att kombinera resultat från mätningar och modellberäkningar har många fördelar. Mätningar har en viktig roll för att beskriva tillståndet i skogsekosystemen, följa utvecklingen i lufthalter och nedfall, studera återhämtningsförloppen och på ett tidigt stadium upptäcka förhöjda halter i luft eller markvatten. Vidare ger integrerade mätningar som inkluderar hela kedjan luft - deposition - markvatten, samt i många fall även skogliga data och markkemi, en unik möjlighet att studera effekter av nedfall i skogar med olika beståndsegenskaper. Modeller kan användas för att få större geografisk täckning och för att göra bedömningar av den framtida utvecklingen under olika scenarier. Vidare kan de användas för parametrar som är svårare att mäta, till exempel nedfall av kväve och baskatjoner.

Under programperioden 2007-2010 utnyttjades resultat från modellering i betydligt större utsträckning än tidigare inom Krondroppsnätet. Modellberäknad deposition har i vissa fall ersatt mätningar på öppet fält. Kommunvis deposition för svavel och kväve beräknades från SMHI:s ”MATCH-Sverige”-modellsystem. Nationella underlag, i form av yttäckande kartläggningar av kritisk belastning för försurning i skogsmark, antropogent försurade sjöar samt kväveupplagring i skogsmark, anpassades till regional nivå och diskuterades mot bakgrund av miljömålen. Parallellt med detta gjordes en mer noggrann analys av tidstrender vad gäller lufthalter, deposition och markvattenkemi på ytorna. Ambitionerna för fortsättningen är att fördjupa syntesen av modellresultat och mätresultat på regional nivå för att ytterligare förbättra underlaget för regional miljömålsuppföljning. Mätningar bör även fortsättningsvis prioriteras på Skogsstyrelsens observationsytor där det finns mycket data om beståndsegenskaper. Den integrerade analysen av resultat från mätningar och modellkörningar skall användas för att:

- ta fram bästa möjliga uppskattningar av depositionstrender och depositionsgradienter för svavel, kväve och baskatjoner i skog och på öppet fält, samt ta fram prognoser på regional nivå för depositionsutvecklingen fram till 2020 (eller 2025).
- fortsätta utveckla såväl mätmetodik som modellbeskrivningar för deposition, baserat på jämförande studier mellan mätresultat från Krondroppsnätet och modellresultat från MATCH-Sverige-modellen, samt även baserat på jämförelser med data från Nederbördskemiska nätet och data från EMEP-modellen.
- bedöma försurningstillståndet samt göra prognoser för den framtida utvecklingen av försurning av mark och vatten med hjälp av beräkningar av kritisk belastning samt mätningar av markvattenkemi i rotzonen.
- följa kvävehalterna i markvatten, framför allt i de områden som i modelleringen av kväveupplagring identifierats som riskområden för kväveupplagring.

5. Alternativa appliceringar för resultat från Krondroppsnätet

5.1 Vattendirektivet

Införandet av vattendirektivet, internationell rapportering av kritisk belastning för försurning samt fördjupad utvärdering av miljökvalitetsmålet om försurning har medfört ett omfattande utvecklingsarbete med nya kriterier för påverkan samt nya dataunderlag med hög upplösning och förbättrad kvalitet.

Under den nya programperioden kommer arbete att påbörjas för att undersöka möjligheten att koppla resultaten till avrinningsområdesnivå. Tanken med detta utvecklingsarbete är att underlätta arbetet för vattenmyndigheterna, genom att bistå med användbart dataunderlag. En fördel med yttäckande depositionsdata på avrinningsområdesnivå är att man utgår från naturens egna vattengränser istället för administrativa gränser, som kommun och länsnivå. Se även stycke 6.2. för mer information.

5.2 Inverkan på internationellt miljöarbete

Värdet av lokal och regional övervakning av effekter av luftföroreningar kan i vissa fall ifrågasättas, när åtgärderna för att minska dessa luftföroreningar ligger på en internationell, europeisk och global nivå. Den bedömning av kritisk belastning för svavel och kväve som används för svensk skogsmark inom det europeiska luftvårdsarbetet härrör från omfattande modelleringsansatser. Dessa modeller förbättras och kalibreras mot mätdata, där Krondroppsnätets data under årens lopp har spelat en stor roll. Regionala mätningar av nedfall och markvattenkemi utgör därför ett väsentligt bidrag till underlag för arbetet med fortsatta utsläppsbegränsningar av svavel och kväve på Europanivå.

Vad gäller marknära ozon ligger värdet av regionala ozonmätningar i detta sammanhang i att utifrån det regionala luftvårdsarbetet påverka regering och riksdag att intensifiera Sveriges ansträngningar inom olika fora för internationella förhandlingar för att ytterligare begränsa utsläpp av ozonbildande ämnen. Förhandlingar sker f. n. inom luftkonventionen LRTAP samt inom EU. Bl.a. skall det s.k. Göteborgsprotokollet inom LRTAP omförhandlas inom en snar framtid.

5.3 Vetenskaplig publicering

Krondroppsnätets samlade mätdata, sedan starten 1985, representerar i internationellt perspektiv och i kraft av sin omfattning, en unik informationskälla vad gäller lufthalter, nedfall och markvattenkemi under en tidsperiod då luftföroreningsbelastningen minskat. Under programperioden 2007-2010 har vi därför, med finansiellt stöd från Naturvårdsverket, börjat publicera resultaten från Krondroppsnätet i internationella vetenskapliga tidsskrifter. Det är viktigt att betona att detta inte belastar Krondroppsnätets ordinarie budget. Vi anser att den vetenskapliga publiceringen är viktig utifrån att verifiera den vetenskapliga kvalitén i vårt arbete, men även för att låta miljöforskningen i andra, främst nordeuropeiska, länder dra nytta av den samlade erfarenhet som skapats inom Krondroppsnätet under årens lopp. Vi avser att under programperioden 2011-2014 fortsätta med vetenskaplig publicering finansierad med medel utanför ordinarie Krondroppsnätsbudget.

6 Program 2011 (mätåren 2011-2014)

Program 2011 utgör en fortsättning på Program 2007 med några tillägg.

Det nya programmet omfattar sammanfattningsvis följande förändringar:

- Gamla provtagare över öppet fält avses att bytas ut till nya. Under 2009/2010 har den nya provtagaren testats med parallellmätningar vid 13 platser i landet. Resultat från detta projekt kommer att presenteras under slutet av 2010. Medel för att byta ut utrustningen över öppet fält kommer att sökas separat.
- Under Program 2011 kommer organiskt kväve att mätas vid alla lokaler som mäter krondropp och markvatten, förutsatt att provmängden är tillräckligt stor. Mätning av organiskt kväve krävs för att få en helhetsbild över hela kvävedynamiken. Ett förändrat klimat innebär att detta är viktigare än tidigare. Förändrad temperatur och förändrade nederbördsmönster kan påverka markens förmåga att binda kol och kväve, vilket i sin tur påverkar koncentrationerna av organiskt kol och kväve i markvattnet. Detta har konsekvenser för kolinbindning i skogsekosystemet och kan även påverka miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning* och *Bara Naturlig försurning*.
- Under Program 2011 kommer baskatjoner att mätas vid alla lokaler som mäter krondropp. Nedfallet av baskatjoner har en stor betydelse för bedömningen av risken för försurning av skogsmarken. Dessutom är den av stor betydelse för att beräkna näringsbalanser för skogsmarken med avseende på försurningsorsakad näringsutlakning samt näringsförluster genom biobränsleuttag från skogen. Baskatjondepositionen har modellerats med Sverigemodellen (MATCH) för några år, men modelleringar görs inte årligen som för svavel och kväve. Dessutom är osäkerheterna i modellresultaten stora, bland annat eftersom det är svårare att specificera källorna. Det är därför viktigt att årligen följa upp baskatjondepositionen med hjälp av mätningar.
- En bättre anknytning till klimatdata möjliggörs genom att Krondroppsnätets databas kompletteras med månadsvis meteorologisk information såsom temperatur, luftfuktighet, vindriktning och vindhastighet m.m. Genom att studera mellanårsvariationer vad gäller sambanden mellan nedfall och vädersituationer ges ett underlag för att förutsäga hur framtida klimatförändringar kan inverka på nedfallet av försurande och övergödande ämnen. Medel för att komplettera databasen med meteorologisk information kommer dock att sökas separat.
- Ozonmätnätet i södra Sverige startades 2009, vilket medfört att för de lokaler som finns i de län som deltar i mätprogrammet utgår ozonmätningarna.

- Naturvårdsverket har tagit över finansieringen av ett stort antal ”öppet fält”-ytor i länen jämfört med föregående program. Detta är möjliggjorts genom att strängprovtagningen har upphört. Detta medför att i dagsläget finansierar Naturvårdsverket mätningar över öppet fält vid en lokal per län som deltar i Krondroppsnätet.
- Utökade mätningar av lufthalter föreslås vid två lokaler samt utökade mätningar över öppet fält vid en lokal. Detta beroende på att vi önskar kunna följa hela kedjan från lufthalter via nedfall till markvatten vid de nationella ytorna.
- Under Program 2011 kommer även mätningar av fosfor på öppet fält samt i krondropp att genomföras vid de lokaler som har öppet fältmätningar finansierade av Naturvårdsverket. Kostnaden för fosformätningarna belastar då endast länen för krondroppsmätningen.

  Fosfordynamiken i skogsmark är en viktig pusselbit för förståelsen av skogekosystemens näringdynamik, för att öka kunskapen om försurnings- och återhämtningsförlopp samt för att göra prognoser för framtida utlakning av kväve och andra näringsämnen från mark till ytvatten. Mycket tyder på att försurade marker kvarhåller fosfor vilket förhindrar fosfor från att tillföras till sjöar och vattendrag, och därmed ökar utarmningen av ekosystemen och leder till näringsbrist samt minskad produktion och biologisk mångfald. Ett intensifierat skogsbruk ökar fosforförlusterna. En betydande fosforbrist kan, i områden med god kvävetillgång, leda till att fosfor blir det näringsämne som begränsar skogstillväxten, vilket ökar risken för förhöjd kväveutlakning och därmed påverkar både *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. Fosfordepositionen till skog är dåligt känd men utgör ett viktigt underlag för att kartlägga forsfordynamiken.

Programmet omfattar följande moment:

1. Mätningar inom programmet
2. Yttäckande kartläggning av deposition
3. Modellering och prognos
4. Lagring, bearbetning och utvärdering av data
5. Årlig redovisning

6.1 Mätningar inom programmet

6.1.1 Deposition

Syftet med de månadsvisa **depositionsmätningarna** är främst att beräkna den årliga depositionen av främst svavel, kväve och baskatjoner i de skogsytor där mätningar utförs. Nedfall av svavel och kväve används som indikatorer för uppföljning av ett flertal miljömål; *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*. Mätningarna bidrar även till att visa om modellberäkningarna av deposition ger rimliga resultat. Depositionsmätningar inom Krondroppsnätet har, och har även haft, stor betydelse för utvecklingen av de modellverktyg som används i Sverige och Europa.

Mätmetoden bygger på att nederbörd provtas med insamlare med en känd area. Genom att mäta mängden nederbörd och koncentrationen av föroreningar beräknas depositionen per tidsperiod och ytenhet för varje analyserat ämne. På en öppen yta samlas nederbörden in med hjälp av en trattförsedd dunk, placerad på en stolpe 1,5 m över marken. Under vintern ersätts tratten med en meterlång snösäck. Nedfallet på öppet fält består huvudsakligen av våtdeposition. Under Program 2011 avser vi byta ut den tidigare ”öppet fält”-utrustningen mot en nyligen utvecklad utrustning. Denna nya utrustning ger betydligt bättre överensstämmelse vad gäller nederbördsmängd med SMHI-kannan.

Summan av våt- och torrdeposition mäts inne i skogen, i skogsytor som vanligen är 30*30 m^2. Trädkronorna fungerar som provtagare och filtrerar torra partiklar, gaser och aerosoler från luften. För

vissa ämnen finns det dock en betydande interncirkulation i trädkronorna, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den totala depositionen. Ett pågående utvecklingsprojekt, finansierat av Naturvårdsverket, skall möjliggöra en förbättrad metodik för beräkningar av den totala kvävedepositionen till skogen. Från trädkronorna sköljs föroreningarna ner av nederbörden och samlas upp i tio trattförsedda dunkar per skogsyta. Dessa tio delprov slås samman till ett generalprov. Under vinterperioden ersätts dunkar och trattar av hinkar för snöinsamling. Provinsamlarna är placerade på förutbestämda platser. Den exakta placeringen kan variera mellan olika kategorier av provytor.

För att minska inverkan av fältskikt och snödrev är samtliga insamlare placerade på stolpar, minst 0,5 meter ovan mark. För att minimera effekten av ljusinstrålning är samtliga dunkar försedda med aluminiumfolie som reflekterar solstrålarna och håller temperaturen i proverna nere. Dessutom används plastpåsar av livsmedelskvalitet i dunkarna och syftet är att inte behöva diska dunkarna vid varje provtagningstillfälle. Dessa påsar byts vid varje provtillfälle.

Nedfallsinsamlarna på öppet fält och i skogsytorna töms och analyseras en gång i månaden. Exponeringstid, antal trattar, trattradie, volym och eventuella anmärkningar noteras. Depositionen i insamlarna beräknas genom att multiplicera uppmätt volym med koncentration av olika ämnen. Därefter omräknas nedfallet i insamlarna till deposition i kilo per hektar, och nedfallet kan summeras för önskad tidsperiod.

6.1.2 Halter i luft

Syftet med **lufthaltsmätningarna** är bl.a. att ge underlag för effektbedömningar, trendanalyser, jämförelser med miljömålet *Frisk Luft* samt beskrivning av eventuella skillnader mot luftföroreningssituationen i stort. Lufthalter av svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon ingår som indikatorer för uppföljning av miljömålet *Frisk luft*. Lufthalterna mäts med hjälp av diffusionsprovtagare, så kallade "passiva provtagare". Detta innebär att gasen genom diffusion fångas upp på ett filter, impregnerat med en kemikalie som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. Resultat redovisas som medelhalt per månad. Mätningarna inom grundprogrammet omfattar svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon under tolv månader per år.

6.1.3 Markvatten

Syftet med **markvattenmätningarna** är att utnyttja olika parametrar i markvattnet som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan samt utlakning till grund- och ytvatten. Markvattendata kan användas i samband med uppföljning av miljömålen *Bara naturlig försurning, Levande skogar, Levande sjöar och vattendrag, Hav i balans, Levande kust och skärgård, Ingen övergödning, Grundvatten av god kvalitet* samt *Myllrande våtmarker*. Med dagens kunskap går det inte att ersätta mätningarna med modellberäkningar, även om arbetet med dynamiska modellberäkningar av försurningsutveckling har utvecklats mycket de senaste åren. Därför är det viktigt att långsiktigt undersöka markvattnets sammansättning som indikator på om utsläppsminskningar av luftföroreningar ger en förväntad förbättring av miljötillståndet. Detta gäller i synnerhet med tanke på att skogsmarkens återhämtning från försurning är en långsam process och att kritiska belastningsgränser fortfarande överskrids framförallt i södra Sverige.

Markvatten är nederbörd som rör sig nedåt i markprofilen, i den omättade zonen, mot grundvattenytan. På fuktiga marker, i sluttningar eller utströmningsområden kan markvattnet även röra sig i sidled. Markvattnets kvalitet påverkas av atmosfärisk deposition, biologisk aktivitet i marken samt markens kemiska egenskaper. Även mängden nederbörd kan påverka markvattnets koncentration av olika ämnen.

Markvatten provtas med hjälp av undertryckslysimetrar som suger vatten via ett fint, keramiskt filter (P 80). Keramikkroppen är placerad på 50 cm djup, under den egentliga rotzonen. I varje skogsyta finns 5 lysimetrar som vid provtagning suger markvatten under 2 dygn. Vattnet slås sedan samman till ett generalprov från ytan. Analyserade parametrar framgår av Tabell 1. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år och de olika provtagningstillfällena skall representera förhållandena före, under, respektive efter vegetationsperioden.

6.1.4 Parameterlistor

Tabell 1 Parameterlista för depositions- och markvattenprover.

Analys	**Deposition, typ av yta**		**Markvatten**	**Lufthalter[3)]**
	Öppet fält	**Krondropp**	**Alla ytor**	
pH, surhetsgrad	x	x	x	-
alkalinitet, buffertkapacitet	x	x	x	-
konduktivitet, ledningsförmåga	x	x	-	-
SO_4-S sulfatsvavel	x	x	x	-
Cl, klorid	x	x	x	-
NO_3-N, nitratkväve	x	x	x	-
NH_4-N, ammoniumkväve	x	x	x	-
Kj-N, Kjeldahl-kväve	x	x	x	-
TOC, totalt organiskt kol	x [1)]	x [1)]	x	-
Ca, kalcium	x	x	x	-
Mg, magnesium	x	x	x	-
Na, natrium	x	x	x	-
K, kalium	x	x	x	-
Fe, järn	-	-	x	-
Mn, mangan	x	x	x	-
TAl, totalt aluminium	-	-	x	-
ToAl, totalt organiskt aluminium	-	-	x	-
ooAl, oorganiskt aluminium	-	-	x	-
Tot. P	x [1)]	x [1)]	-	
NO_2, kvävedioxid	-	-	-	x
SO_2, svaveldioxid	-	-	-	x
O_3, ozon	-	-	-	x
NH_3, ammoniak	-	-	-	x

[1)] Mäts endast vid de nationella ytorna

6.1.5 Mätstationer och provtagning

Inför och under Program 2007 genomfördes noggranna studier om vilka lokaler som är viktigast att provta vid. Vi avser därför endast göra smärre förändringar i Program 2011. I kartan på nästa sida (Figur 8) presenteras lokalerna som skall ingå i Program 2011. Bredvid kartan finns en liten karta där alla mätpunkter som på något vis är knutna till Krondroppsnätet, främst med egen finansiering, är med. I Tabell 2 anges vilka stationer som ingår i förslaget samt vilken typ av provtagning som bör genomföras vid respektive station. Redovisningen nedan omfattar inte regionalt finansierade specialmätningar, till exempel på hög höjd i fjällen. Dock ingår alla krondroppsrelaterade ytor i den lilla kartan till höger, Figur 9. Ej heller redovisas mätningar som ej ingår i resultatsammanställningen inom Krondroppsnätet. Stationer som är angivna med fetstil i Tabell 2 är de ursprungliga nationella ytorna. Dessa kartor kan komma att revideras lite till den slutgiltliga programmet efter det att avtalen är klara utifrån om lokaler flyttats etc.

Figur 8. Förslag på mätstationer inom ”Program 2011”.
,

Figur 9. Alla mätpunkter med olika finansiering inom Krondroppsnätet

Tabell 2. Provytor samt provtagningstyp som ingår i Program 2011.

Län	**Provkod**	**Namn**	**Provtagning**
Stockholms län	A 01	Bergby	ÖF, KD, MV, (LH)
Stockholms län	A 05	Sticklinge	MV, (LH)
Stockholms län	A 21	Alby	MV
Stockholms län	A 35	Farstanäs	ÖF, KD, MV, (LH)
Stockholms län	A 40	Lämshaga	KD, MV
Stockholms län	A 44	Gladö	MV
Stockholms län	A 92	Arlanda	ÖF, KD, MV
Stockholms län	A 94	Ulriksdal	ÖF, ÖF lock, (LH)
Västerbottens län	AC04	**Högbränna**	ÖF, KD, MV, LH
Västerbottens län	AC30	Bäcksjö	KD, MV
Västerbottens län	AC34	Ammarnäs	KD, MV
Norrbottens län	BD 15	Nikkaloukta	LH
Norrbottens län	BD 16	Palovare	LH
Norrbottens län	BD01	Gammelgården	KD, MV
Norrbottens län	BD02	**Myrberg**	ÖF, KD, MV, LH
Södermanlands län	D 11	**Edeby**	ÖF, KD, MV, LH
Södermanlands län	D 14	Knutsta	KD, MV
Östergötlands län	E 21	Solltorp	KD, MV
Östergötlands län	E 22	Höka	ÖF, KD, MV, LH
Jönköpings län	F 12	Värnvik	KD, MV
Jönköpings län	F 18	Mellby	KD, MV
Jönköpings län	F 22	Bordsjö	KD, MV
Jönköpings län	F 23	**Fagerhult**	ÖF, KD, MV, LH
Kronobergs län	G 09	Knapanäs	KD, MV
Kronobergs län	G 21	Attsjö	KD, MV
Kronobergs län	G 22	Tagel	ÖF, KD, MV
Kronobergs län	G 23	Angelstad	KD, MV
Kalmar län	H 01	Ottenby	ÖF, KD, MV, LH
Kalmar län	H 03	**Rockneby**	ÖF, KD, MV, LH
Kalmar län	H 21	Risebo	KD, MV, LH
Kalmar län	H 22	Alsjö	KD, MV
Blekinge län	K 03	Hjärtsjömåla	KD, MV
Blekinge län	K 07	Ryssberget	KD, MV
Blekinge län	K 10	Kallgårdsmåla	MV
Blekinge län	K 11	Komperskulla	ÖF, KD, MV
Blekinge län	K 13	Vång	KD, MV
Skåne län	L 05	Arkelstorp	KD, MV
Skåne län	L 18	**Hissmossa**	ÖF, KD, MV, LH
Skåne län	L 12	Kampholma	KD, MV
Skåne län	L 15	Maryd	KD, MV
Skåne län	M 17	Baldringe	KD, MV
Skåne län	M 16	Stenshult	ÖF, KD, MV
Hallands län	N 01	Söstared	KD, MV
Hallands län	N 12	Borgared	KD, MV
Hallands län	N 13	**Timrilt**	ÖF, KD, MV, LH
Hallands län	N 14	Djupeåsen/Ästad	KD, MV
Hallands län	N 17	Vallåsen	KD, MV
Västra Götalands län	O 01	Åboland	KD, MV
Västra Götalands län	O 05	Klippan	KD, MV
Västra Götalands län	O 35	**Hensbacka**	ÖF, KD, MV, LH
Västra Götalands län	P 93	Humlered	KD, MV
Västra Götalands län	R 09	Stora Ek	KD, MV
Värmlands län	S 05	Södra Averstad	*ÖF*, KD, MV, *LH*
Värmlands län	S 22	**Blåbärskullen**	ÖF, KD, MV, LH
Värmlands län	S 23	Transtrandsberget	KD, MV

Forts. Tabell 2. Provytor samt provtagningstyp som föreslås ingå i Program 2011

Län	Provkod	Namn	Provtagning
Örebro län	T 02	Greckssundet	ÖF, KD, MV
Örebro län	T 03	Örlingen	ÖF, KD, MV
Västmanlands län	U 04	Kvisterhult	ÖF, KD, MV, LH
Västmanlands län	U 06	Hyttskogen	KD, MV, LH
Västmanlands län	U 07	Mortorpsmossen	MV, LH
Västmanlands län	U 08	Skästa	MV, LH
Dalarnas län	W 90	Fulufjäll	ÖF, KD
Dalarnas län	W 92	Branten	KD
Västernorrlands län	Y 03	Lakamark	KD, MV
Västernorrlands län	Y 07	**Storulvsjön**	ÖF, KD, MV, LH
Jämtlands län	Z 04	Sör-Digertjärn	ÖF, KD, MV
Jämtlands län	Z 05	Nymyran	KD, MV

Depositions- och markvattenmätningarna sker huvudsakligen i provytor som Skogsstyrelsen i respektive län etablerat för undersökningar av skogsskador, så kallade observationsytor. Skogen utgörs av medelålders till gammal granskog, tallskog samt lövskog. Lokalerna är i allmänhet valda så att inverkan från lokala störningskällor undviks.

Urvalet baseras främst på Skogsstyrelsens observationsytor. De ytorna är i regel väl dokumenterade och intresse finns att de kan fungera även i framtiden inom skoglig miljöövervakning. Möjligheterna att använda vissa ytor för mätningar för jämförelse med yttäckande karteringar och modellberäkningar har i första hand setts i ett nationellt perspektiv. För att öka precisionen i bedömningarna inom län har kompletteringar av andra provplatser skett.

Skogen på nuvarande provytor har börjat åldras. Vi kommer under den innevarande och nästa programperiod ta upp detta till diskussion om hur och när vi bör behandla detta. Vi har emellertid ansett att detta inte omedelbart behöver åtgärdas inför den föreslagna programperioden 2011-2014, utan detta får anstå till efter den analys som skall utföras.

All provtagning på provstationerna utförs i regel av lokal personal. Alla provtagare har utbildats under pågående programperioden. Alla provtagare har tillgång till provtagningsmanualer, fältprotokoll samt speciella kontaktpersoner för rådgivning och information. Kontaktpersonerna förser även provtagarna med nödvändig utrustning för provinsamling, inklusive utbyte av skadade delar i den fast monterade utrustningen i fält, från ett centralt lager. Undantaget från detta är 3-liters plastpåsar av livsmedels-kvalitet, avjoniserat vatten samt trästolpar för provtagningsutrustning. Detta inhandlas lämpligen lokalt. Trästolparna behöver bytas med några års mellanrum, hur ofta beror bland annat på virkets kvalitet.

6.2 Yttäckande kartläggning av deposition

SMHI utför yttäckande beräkningar av våt- och torrdeposition av svavel och kväve till olika markslag med upplösningen 20 x 20 km^2 inom den nationella miljöövervakningen med den så kallade Sverige-modellen (MATCH). I programmet för Krondroppsnätet 2004-2006 ersatte modellberäkningar i vissa fall mätningar på öppet fält. Erfarenheter har dock visat på svårigheter med att ersätta mätningarna med modellberäkningar rakt av. En begränsning med de modellberäknade depositionsvärdena är att de representerar en stor yta (20x20 km), som inte nödvändigtvis behöver representera depositionen vid krondroppslokalen. Ytterligare en begränsning är att modellerade depositionsdata endast finns tillgängliga på årsbasis och därför inte kan representera hydrologiskt år. Vidare är den modellberäknade våtdepositionen inte direkt jämförbar med depositionen på öppet fält. I det nya programmet kommer därför modellberäkningarna att användas som komplement till mätningarna i form av en yttäckande depositionsberäkning på kommunnivå, uppdelat på våt- och torrdeposition för barrskog och åkermark. Dessutom har antalet ”öppet fält”-ytor inom Krondroppsnätet ökat med ytterligare 9 stationer sedan

förslaget till Program 2007, för att förstärka den geografiska representativiteten, med hjälp av finansiering från Naturvårdsverket.

Tidigare konverterades den modellberäknade depositionen till en högre upplösning (5 x 5 km) genom att differentiera depositionen med hjälp av markanvändning. Denna depositionsberäkning ger alltså inget mervärde i form av ökad upplösning med avseende på den faktiska depositionen till olika markanvändningstyper (skog, åkermark osv.). Således föreslås denna differentiering att utgå i det nya programmet.

Inom programmet bör följande arbete utföras när de ordinarie beräkningarna som SMHI utför på uppdrag av Naturvårdsverket finns tillgängliga för åren 2011 - 2014:

- Modellberäknad deposition till kommuner och län bör liksom tidigare beräknas, men med ett års eftersläpning. Tidigare har den kommunvisa depositionen redovisats för totaldepositionen till barrskog och åkermark, men redovisningen bör fortsättningsvis göras uppdelat på våt- och torrdeposition för att göra det lättare att jämföra modellberäkningarna med mätningarna i länet.
- Ovanstående data används för att beskriva förväntad depositionsutveckling till 2020.
- Under den nya programperioden kommer arbete att påbörjas för att titta på möjligheten att koppla den modellberäknade depositionen till avrinningsområdesnivå, för att underlätta arbetet för vattenmyndigheterna. Se även stycke 5.1.

För närvarande pågår även ett samarbetsprojekt med SMHI för att studera hur Krondroppsnätets data bäst kan användas för utveckling och validering av MATCH-modellen.

6.3 Modellberäkningar och prognos

Under Program 2007 som täcker mätperioden 2007-2010 gjordes regionala bedömningar för miljömålen *Bara naturlig försurning, Ingen övergödning* och *Frisk luft* baserat på befintligt nationellt underlag. Syftet var att ta fram ett fördjupat underlag för den regionala miljömålsbedömningen. De frågor som belystes var:

Försurning

- Hur förväntas depositionen av försurande ämnen på kommunnivå att minska till 2020 som följd av redan beslutade åtgärder (det så kallade base-line-scenariot i EUs luftvårdsstrategi)?
- Hur varierar kritisk belastning i skogsmark i länet och vad är överskridandet med nuvarande deposition av svavel och kväve samt år 2020 enligt base-line-scenariot?
- Hur stor andel av sjöarna är antropogent försurade i dagsläget, samt år 2020 enligt base-line-scenariot?
- I vilken utsträckning bidrar skogsbruket till försurningen?

Övergödning

- I vilken utsträckning förväntas depositionen av kväve på kommunnivå att minska till 2020 som följd av redan beslutade åtgärder (det så kallade base-line scenariot i EUs luftvårdsstrategi)?
- Hur varierar upplagringen av kväve i skogsmark över landet och var finns störst risk för ökad utlakning i framtiden (vilket påverkar både övergödning och försurning)?

Under programperioden 2011-2014 kommer troligen detta underlag att uppdateras inför den förväntade fördjupade utvärderingen av miljökvalitetsmålen. Modelldata avses att liksom föregående programperiod innefatta depositionsdata från MATCH-Sverigemodellen, kritisk belastning för skogsmark från PROFILE-modellen, antropogent försurade sjöar från MAGIC-modellen samt kväveupplagring från massbalansberäkningar av kväve. Vi syftar till att ständigt arbeta med de mest

relevanta modellerna för Krondroppsnätet och vi avser, om ekonomiska medel erhålls från annat håll, att utvärdera om det finns andra modeller att använda som bättre uppfyller Krondroppsnätets syften.

Stort fokus kommer att läggas på att ytterligare integrera resultat från modellering med data från mätningar inom Krondroppsnätet, för att få ett så robust underlag på regional nivå som möjligt. Modellerad och uppmätt deposition kommer att användas tillsammans för att ge en samlad bild över tidsutveckling och geografiska variationer för deposition. Försurning och återhämtning kommer att bedömas både med hjälp av markvattenkemiska mätningar och försurningsmodellering för sjöar och skogsmark. Risken för kväveutlakning kommer att baseras på markvattenkemiska mätningar och modellering av kväveupplagring i skogsmark

Beträffande utvärdering av miljömålen för marknära ozon kommer detta, för de län som deltar, att utvärderas med delvis nyframtagen metodik inom ”Ozonmätnätet i södra Sverige”. Vad gäller de län som inte deltar i detta nätverk kommer bästa möjliga utvärdering att göras gentemot miljömålen vad gäller marknära ozon.

6.4 Lagring, bearbetning och utvärdering av data

Data från mätningarna inom Krondroppsnätet inklusive vissa uppgifter från Skogstyrelsens mätningar och SMHI samlas i en relationsdatabas med applikationer för kvalitetskontroll, statistik, datauttag och kartframställning. Databasen kan vid behov byggas ut till att omfatta även andra relevanta data för uppföljning av miljötillstånd och miljökvalitetsmål. Data lagras hos IVL, som bl.a. är nationell datavärd för Luft .

För att möjliggöra en mer ingående analys av sambanden mellan nedfall, markvattenkemi och ett förändrat klimat kommer vi att komplettera Krondroppsnätets databas med månadsvis meteorologisk information. Detta kommer vi även att göra retroaktivt. Vi avser att utnyttja meteorologisk information från närliggande mätstationer som drivs av SMHI. Vid behov kommer vi att göra kampanjvisa mätningar för att verifiera representativiteten hos SMHIs mätstationer för en viss provyta. Vi kommer att genomföra denna aktivitet successivt under programperioden, och i första hand prioritera de mätintensiva nationella provytorna, fördelat över hela landet.

6.5 Redovisning

Resultaten från Program 2011, som omfattar deposition i bakgrundsmiljö samt effekter på försurning, övergödning och marknära ozon, redovisas årligen från IVL. Rapporteringen i detta program omfattar:

- Rapportering 2011 (våren 2012): Resultat av mätningar och yttäckande kartläggning redovisas på hemsida samt i länsvisa/områdesvisa rapporter under våren. Som tidigare hålls en sida i länsrapporterna tillgängliga för intressant information inom området från Naturvårdsverket respektive Skogsstyrelsen.
- Rapportering 2012 (våren 2013): Resultat av mätningar och yttäckande kartläggning redovisas på hemsida samt i en gemensam nationell rapport under våren. Dessutom produceras en mer temainriktad rapport, som levereras som pdf-fil, innan 31 december 2013, liknande det som rapporterades under 2009. Som tidigare hålls en sida i länsrapporterna tillgängliga för intressant information inom området från Naturvårdsverket respektive Skogsstyrelsen.
- Rapportering 2013 (våren 2014): Resultat av mätningar och yttäckande kartläggning redovisas på hemsida samt i länsvisa/områdesvisa rapporter under våren. Som tidigare hålls en sida i länsrapporterna tillgängliga för intressant information inom området från Naturvårdsverket respektive Skogsstyrelsen. I rapporterna redovisas även förslag till nytt program för perioden 2015-2018.

- Rapportering 2014 (våren 2015): Resultat av mätningar och yttäckande kartläggning redovisas på hemsida samt i länsvisa/områdesvisa rapporter under våren. Dessutom produceras en mer temainriktad rapport, som levereras som pdf-fil, innan 31 december 2015, liknande det som rapporterades under 2009. Som tidigare hålls en sida i länsrapporterna tillgängliga för intressant information inom området från Naturvårdsverket respektive Skogsstyrelsen.

De länsvisa/områdesvisa rapporterna under våren 2012, 2014 och 2015 samt den nationella rapporten våren 2013 kommer att skickaselektroniskt till alla kunder samt skriftligt i 5 exemplar till de kunder som önskar detta

Exempelvis kan en temainriktad rapport behandla kopplingen till klimatfrågan.

För att stärka kontakterna mellan avnämarna avser vi under programperioden 2011-2014 anordna en Krondroppsdag liknande den som genomfördes under våren 2009. Då denna dag genomförs begränsas våra möjligheter att delta i årsmöten. Alla andra år avser vi om möjligt att delta vid årsmöten då önskemål om detta föreligger. Deltagande kan eventuellt ske via videolänk där detta är möjligt och lämpligt, för att undvika resor och därigenom klimatpåverkan.

7 Referenser

Bernes, C. 2003. En varmare värld. Monitor 18. Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2009), *Sweden's National Inventory Report 2009*. Insänd till Klimatkonventionen (United Nations Framework Convention on Climate Change).

SKA (2008), *Skogliga konsekvensanalyser 2008.* Skogsstyrelsen. Rapport 25/2008. ISSN 1100-0295.

SOU 2009:83. Miljömålen i nya perspektiv.

Trumper, K., Bertzky, M., Dickson, B., van der Heijden, G., Jenkins, M., Manning, P. June 2009. The Natural Fix? The role of ecosystems in climate mitigation. A UNEP rapid response assessment. United Nations Environment Programme, UNEPWCMC, Cambridge, UK. ISBN: 978-82-7701-057-1.