

Mätningar och
modellberäkningar inom
Krondroppsnätet
som underlag för nationell
och regional
miljömålsuppföljning



Per Erik Karlsson, Cecilia Akselsson^{*)}, Veronika Kronnäs,
Sofie Hellsten & Gunilla Pihl Karlsson

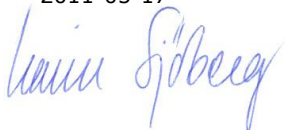
B 1973

Maj 2011

* Lunds Universitet

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 5302 400 14 Göteborg	Projekttitel Krondropps nätet www.krondroppsnetet.ivl.se
Telefonnr 031-725 62 00	Anslagsgivare för projektet Luftvårdsförbund, Länsstyrelser & Naturvårdsverket
Rapportförfattare Per Erik Karlsson (IVL), Cecilia Akselsson (Lunds Universitet), Veronika Kronnäs (IVL), Sofie Hellsten (IVL) & Gunilla Pihl Karlsson (IVL)	
Rapporttitel och undertitel Mätningar och modellberäkningar inom Krondropps nätet som underlag för nationell och regional miljömålsuppföljning	
Sammanfattning Ett viktigt syfte med Krondropps nätet är att skapa underlag för den regionala och nationella miljömålsuppföljningen. Kombinationen av mätningar och modellering, som Krondropps nätet bedriver på regional och nationell nivå, ökar förutsättningarna för att ta fram ett bra underlag för regional och nationell miljömålsuppföljning. Krondropps nätet och angränsande verksamhet kan bidra med uppföljning av miljökvalitetsmålet <i>Bara naturlig försurning</i> genom följande indikatorer: <ul style="list-style-type: none"> • svavelnedfallet i krondropp i granskog. • kvävenedfallet till granskog modellerat av SMHI med MATCH-Sverige-modellen, där mätningar av krondropp, bulkdeposition samt mätningar med strängprovtagare inom Krondropps nätet används för löpande jämförelser och kalibrering av modellerat nedfall. • nedfall av försurande ämnen jämfört med kritisk belastning för försurning av skogsmark. • pH i markvattnet. • uttaget av baskatjoner vid skörd och återförd mängd aska jämfört med rotzonens förråd av utbytbara joner, vilket ger en indikation på skogsbrukets försurande effekt. • antropogent försurade sjöar. Krondropps nätetns verksamhet kan även bidra till uppföljning av miljökvalitetsmålet <i>Ingen Övergödning</i> genom följande indikatorer: <ul style="list-style-type: none"> • kvävenedfallet till granskog (se ovan, samma förslag som under <i>Bara naturlig försurning</i>). • kritisk belastning för kväve (empiriskt och modellerat) • kväveupplagringen till granskog, baserat på beräkningar av kvävebalanser för observationsytor inom Riksinventeringen för skog (RIS). • nitratförekomsten i markvattnet i granskog, baserat på ett klassificeringssystem framtaget inom ramen för Krondropps nätet. 	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Miljömålsuppföljning, indikatorer, <i>Bara naturlig försurning</i> , <i>Ingen övergödning</i> , mätning, modellering, Krondropps nätet	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B 1973	
Rapporten beställs via Webbplats: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Rapporten godkänd
2011-05-17



Karin Sjöberg
Enhetschef

Innehållsförteckning

1. Inledning och syfte.....	2
2. Bakgrund	2
2.1 Mätningar och modellberäkningar inom Krondroppsnetet	2
2.2 Det nya miljömålssystemet	3
3. Krondroppsnetets roll i utformningen av det nya miljömålssystemet.....	12
4. Miljömålet ” <i>Bara naturlig försurning</i> ”.....	13
4.1 Översikt - uppföljning av miljömålet Bara Naturlig Försurning	13
4.2 Deposition av svavel och kväve till skog.....	14
4.3 Markförsurning – kritisk belastning	17
4.4 Markförsurningstrender – pH i markvatten.....	19
4.5 Markförsurning - skogbrukets försurande verkan.....	23
4.6 Antropogent försurade sjöar och vattendrag.....	24
5. Miljömålet ” <i>Ingen Övergödning</i> ”	29
5.1 Översikt – uppföljning av miljömålet Ingen övergödning	29
5.2 Deposition av kväve och kritisk belastning.....	30
5.3 Kväveackumulering i skogsmark	31
5.4 Nitratkväve i markvatten.....	32
6. Sammanfattning av förslag till hur Krondroppsnetet och angränsande verksamhet kan bidra till uppföljning av miljö kvalitetsmålen <i>Bara naturlig försurning</i> och <i>Ingen övergödning</i>	34
7. Referenser.....	35

1. Inledning och syfte

Denna rapport utgör en Temarapport inom Krondropps nätetts verksamhet. Krondropps nätet drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet och finansieras i huvudsak av Luftvårdsförbundet, Länsstyrelser och Naturvårdsverket. Ett viktigt syfte med Krondropps nätet är att skapa underlag för den regionala och nationella miljömålsuppföljningen. Från och med programperioden 2007-2010 har modellering blivit en viktig del av Krondropps nätet, och kombinationen av mätningar och modellering på regional nivå ökar förutsättningarna för att ta fram ett bra underlag för regional miljömålsuppföljning.

Under ledning av Rolf Annerberg genomfördes en utredning av miljömålsarbetet, och förslag togs fram på hur arbetet skulle kunna förbättras (SOU 2009:83). Baserat på denna utredning fattade Riksdagen beslut under sommaren 2010 (2010-06-22, Regeringens proposition 2009/10:155). Arbeta pågår under 2011 för att implementera detta beslut och ta fram metodiken för uppföljning.

I maj 2011 kom Naturvårdsverkets förslag till preciseringar av miljömålen till Regeringen. Dessa preciseringar är inte beslutade av Riksdagen ännu men har kortfattat beskrivits och kommenterats i denna rapport. Enheten för luft och klimat på Naturvårdsverket kommer den 17 maj 2011 starta en fördjupad utvärdering av miljömålen. Med allra största sannolikhet kommer det fortsättningsvis att finnas en eller fler indikatorer till varje precisering. Kraven på indikatorerna är att de ska vara enkla, visa tidsutvecklingen och helst synliggöra den referensnivå som man vill uppnå.

Mot denna bakgrund vill Krondropps nätet med denna rapport bidra med förslag på hur mätdata och modellresultat från Krondropps nätet och angränsande verksamhet skulle kunna utnyttjas, i högre grad än vad som görs nu, för att förbättra uppföljningen av miljömålen.

2. Bakgrund

2.1 Mätningar och modellberäkningar inom Krondropps nätet

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

2.2 Det nya miljömålssystemet

Den 22 juni 2010 beslutade Riksdagen om betydande förändringar av Miljömålssystemet (<http://www.riksdagen.se/webbnav/?nid=3120&doktyp=betankande&bet=2009/10:MJU25>), utifrån regeringens proposition 2009/10:155 ”Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete”. Regeringen proposition grundar sig i sin tur i stor utsträckning på en utredning, genomförd av Rolf Annerberg, som slutredovisades den 30 september 2009 (dnr M2009/848/Mk).

Regeringen gav Naturvårdsverket i uppdrag att göra en samlad översyn av miljö kvalitetsmålen och den 31 mars 2011 lämnade Naturvårdsverket sitt förslag (NV rapport 6420). I maj 2011 kom en ny reviderad rapport över förslagen (NV rapport 6433). Denna Krondropps nätet Temarapport skrevs främst före dessa rapporters tillkomst, varför mest hänsyn har tagit till det som redan är beslutat av Riksdagen.

I denna rapport framgår utdrag ur de Naturvårdsverkets förslag från maj 2011 till Regeringen med en orange ruta. Krondropps nätet respons på dessa förslag finns även redovisade.

2.2.1 En förändring av bedömningsgrunder

Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen i Sverige är lösta. Regeringen anser att miljö kvalitetsmålen inte skall vara formulerade så att de blir omöjliga att nå inom denna tidsram. Man inför därför en förändrad bedömningsgrund som innebär att vid bedömningen av om målen nås tas hänsyn till att naturen har lång återhämtningstid. Med andra ord kan ett miljömål anses vara uppfyllt om tillräckliga åtgärder, nationellt och internationellt, är beslutade och förväntas vara genomförda till 2020. I bedömningen ska det även framgå att man på nationell nivå inte råder över alla de styrmedel och åtgärder som behöver genomföras för att målet ska nås.

2.2.2 En förändring av strukturen för Miljömålssystemet

Regeringen inför en betydande förändring av strukturen för Miljömålssystemet:

- generationsmål anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att nå miljö kvalitetsmålen,
- miljö kvalitetsmål anger det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till,
- etappmål anger steg på vägen till miljö kvalitetsmålen och generationsmålet.

Generationsmålet är mer övergripande än miljö kvalitetsmålen. De tidigare delmålen ersätts av etappmål som anger steg på vägen till miljö kvalitetsmålen och generationsmålet. Generationsmålet formuleras enligt följande:

- ekosystemen har återhämtat sig, eller är på väg att återhämta sig, och deras förmåga att långsiktigt generera ekosystemtjänster är säkrad,
- den biologiska mångfalden och natur- och kulturmiljön bevaras, främjas och nyttjas hållbart,
- människors hälsa utsätts för minimal negativ miljöpåverkan samtidigt som miljöns positiva inverkan på människors hälsa främjas,

- kretsloppen är resurseffektiva och så långt som möjligt fria från farliga ämnen,
- en god hushållning sker med naturresurserna,
- andelen förnybar energi ökar och att energianvändningen är effektiv med minimal påverkan på miljön, och
- konsumtionsmönstren av varor och tjänster orsakar så små miljö- och hälsoproblem som möjligt.

De 16 miljö kvalitetsmålen skall kvarstå. *Preciseringarna* av miljö kvalitetsmålen har som ovan nämnts setts över. *Preciseringarna* är de huvudsakliga kriterier som används för att bedöma möjligheterna att nå miljö kvalitetsmålen. Naturvårdsverket har på Regeringens uppdrag gjort en samlad översyn av miljö kvalitetsmålen preciseringar som kom 31 mars och en ny reviderad version i maj 2011 (NV rapport 6433).

För att underlätta möjligheterna att nå generationsmålet och miljö kvalitetsmålen har regeringen för avsikt att fastställa etappmål inom prioriterade områden. Tidigare fastställda delmål upphör att gälla när nya etappmål beslutas. *Etappmålen* ska i större utsträckning vara målövergripande och mer inriktade på den samhällsomställning som behövs i ett generationsperspektiv.

Indikatorer är stöd för miljömålsuppföljningen och kan ge en snabb och översiktlig bild över miljöutvecklingen och möjligheterna att nå målen. Ett ständigt arbete pågår med att ta fram och kvalitetssäkra information som underlag till att utveckla indikatorer, som i sin tur ska visa på utvecklingen i den nödvändiga samhällsomställningen.

Regeringen anser att det i arbetet med uppföljning och utvärdering av miljö kvalitetsmålen finns behov av en definierad tidpunkt att bedöma måluppnåelsen mot. *År 2020* har utvecklats till praxis i det arbetet, och regeringen anser att detta årtal med fördel kan användas även fortsättningsvis.

2.2.3 Naturvårdsverket ska redovisa uppföljningen av miljö kvalitetsmålen

Naturvårdsverket får ett samlat ansvar för att samordna myndigheternas miljömålsuppföljning, d.v.s. hur miljö tillståndet utvecklas. Naturvårdsverket ska redovisa en årlig uppföljning av miljö kvalitetsmålen och etappmålen till regeringen liksom en fördjupad utvärdering en gång per mandatperiod. Naturvårdsverket ansvarar för att bedömningarna om målen nås görs samordnat och med gemensamma kriterier. Naturvårdsverket har initierat en samverkansgrupp för miljömålsuppföljningen, bestående av myndigheter och organisationer som har information av betydelse för miljömålsuppföljningen.

Uppföljningen av miljö kvalitetsmålen bör vara internetbaserad och visa uppdaterade indikatorer och bedömningstexter av möjligheterna att nå målen. Naturvårdsverket ansvarar för en myndighetsgemensam miljömålportal. Där ska även länsstyrelsernas bedömningar ingå.

2.2.4 Årlig redovisning och fördjupade utvärderingar

Naturvårdsverket ansvarar för att samordna och utarbeta en fördjupad utvärdering en gång per mandatperiod. Den bör innehålla en samlad bedömning av hur miljö tillståndet utvecklas och en prognos över möjligheterna att nå miljö kvalitetsmålen och

generationsmålet. Naturvårdsverket har i uppdrag att ta fram en fördjupad utvärdering till 1 juli 2012.

2.2.5 Regional uppföljning av miljömålen

Regionala miljömål beslutas av regionalt miljömålsansvariga myndigheter efter samråd med länets samverkansorgan eller motsvarande. Länsstyrelserna har ansvar att följa upp och utvärdera de regionala miljömålen och bidra till den samlade miljömålsuppföljningen.

2.2.6 Miljökvalitetsmålet Frisk luft

Enligt riksdagens beslut innebär miljökvalitetsmålet Frisk luft att luften är så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. Regeringen preciserar att miljökvalitetsmålet Frisk luft innebär att halterna av luftföroreningar inte överskrider lågrisknivåer för cancer eller riktvärden för skydd mot sjukdomar eller påverkan på växter, djur, material och kulturföremål.

Riktvärden inom *Frisk Luft* av relevans för Krondropps nätet är att halten av:

- marknära ozon inte överstiger 70 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett åttatimmarsmedelvärde, 80 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett timmedelvärde och 10 000 mikrogram per kubikmeter luft under en timme beräknat som ett AOT40-värde under perioden från och med april till och med september,
- kvävedioxid inte överstiger 20 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett årsmedelvärde och 60 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett timmedelvärde (98-percentil), och
- svaveldioxid inte överstiger 5 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett årsmedelvärde.

2.2.7 Miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning ändras

Miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* omformuleras och föreslås få följande lydelse: ”De försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen ska inte heller öka korrosionshastigheten i markförlagda tekniska material, vattenledningssystem, arkeologiska föremål och hållristningar”.

Regeringen preciserar att Miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* i ett generationsperspektiv innebär att:

- depositionen av försurande ämnen inte överskrider den kritiska belastningen för mark och vatten.
- den onaturliga försurningen av marken begränsas så att den naturgivna produktionsförmågan, arkeologiska föremål och den biologiska mångfalden bevaras.
- markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet.

Naturvårdsverkets förslag på preciseringar av miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* till Regeringen, maj 2011 (Naturvårdsverket rapport 6433):

Förslag till precisering 1:

Påverkan genom atmosfäriskt nedfall

Nedfallet av luftburna svavel- och kväveföreningar från svenska och internationella källor överskrider inte den kritiska belastningen för försurning av mark och vatten i någon del av Sverige.

INNEBÖRD/FÖRTYDLIGANDE

Kritisk belastning är den mängd försurande ämnen som kan tillföras mark eller vatten och buffras så att den inte negativt påverkar levande organismer; kritisk belastning är således ett mått på försurningskänsligheten hos ekosystemen. Den kritiska belastningen varierar med markens och vattnens buffringsförmåga och kan variera avsevärt också mellan näraliggande områden, eftersom den beror av variabler som växtlighet, jordlagrets tjocklek, markanvändning, kalkhalt, skogsbruk och nederbörds mängder. Lågst kritisk belastning har områden med tunna jordar eller jordar med naturligt låg vittring. Både svavel- och kväveföreningar kan orsaka försurning, men i olika grad. Det är därför inte möjligt att använda absoluta nivåer av svavel- och kvävenedfall, till exempel kilo svavel per kvadratkilometer och år, för att beskriva hur stor försurningspåverkan miljön tål. Därför används begreppet ”kritisk belastning” i preciseringen. Den kritiska belastningen beräknas med hjälp av numeriska modeller och uttrycks som försurningskvivalenter.

MOTIVERING TILL NY ELLER ÄNDRAD PRECISERING

Den nuvarande preciseringen anger att ”depositionen av försurande ämnen inte överskrider den kritiska belastningen av mark och vatten”. Preciseringen har ändrats för att tydliggöra att nedfallet härrör från både svenska och internationella källor. Mycket av arbetet mot försurningen sker inom det internationella samarbetet på luftvårdsområdet och inom EU. En geografisk precisering har gjorts genom tillägget ”i någon del av Sverige”. ”Nedfall” är ett enklare och mer lättförståeligt begrepp än ”deposition” som det står i den gamla preciseringen.

UPPFÖLJNING AV PRECISERINGEN

Preciseringen följs upp genom data på nedfall och deposition av försurande svavel och kväveföreningar från svensk miljöövervakning (data hämtas från MATCHmodellen samt Luft- och nederbörds kemiska nätet). Därefter beräknas överskridandet av den kritiska belastningen för skogsmark och sjöar i olika delar av landet. Indikatorer finns för nedfall av svavel och kväve till skog, men en indikator för överskridande av kritisk belastning för sjöar och mark behöver tas fram. Skalan för beräkningarna behöver dessutom definieras. Kritisk belastning för skog täcker in försurningskänsligheten även hos andra landecosystem. Fjällmiljön kan ha större känslighet, men den är i praktiken inte styrande, eftersom nedfallet är högst i södra Sverige och det är dessa ekosystem som blir begränsande. Utsläpp från sjöfart bidrar substantiellt till det försurande nedfallet. Metodiken för att följa upp den internationella sjöfartens andel av nedfallet är under utveckling.

KOMMENTARER

Preciseringen har koppling till miljömålen *Ingen övergödning* och *Frisk luft*. Alla tre miljömålen berör lufttransporter av ämnen och är starkt beroende av samarbete inom EU och övrigt internationellt luftkvalitetsarbete.

Krondropps nätets kommentarer till Naturvårdsverkets förslag, precisering 1:

Torrdepositionen av svavel och kväveföreningar är fortfarande betydande i södra Sverige. Mätningar inom Luft- och nederbörds kemiska nätet inkluderar inte torrdeposition. Modelleringar av torrdepositionen med MATCH-Sverige-modellen behöver löpande utvärderas och kalibreras av mätningar. Sammantaget har mätningar av svavelnedfall som krondropp och kvävenedfall som kombination av mätningar över öppet fält, krondropp och mätningar med strängprovtagare en mycket viktig roll att fylla för att ta fram robusta data på nedfall av försurande svavel och kväveföreningar till skogen i Sverige.

Förslag till precisering 2:

Påverkan genom skogsbruk

Skogsbrukets försurningspåverkan understiger den nivå som rådde under perioden 2000-2005 och i känsliga områden motverkas den försurning som orsakas genom uttag av biomassa utöver stamved.

INNEBÖRD/FÖRTYDLIGANDE

Skogsbrukets försurande påverkan definieras av den förlust av mineralämnen, så kallade baskatjoner, som sker vid biomassauttag. Den totala försurningen beror också av naturliga processer som vittring och naturlig deposition av baskatjoner. Den sammanlagda försurningspåverkan, som ibland kallas överskottsaciditet, innebär framför allt försurning av marker. Indirekt påverkar den också vatten. Preciseringen innebär att denna försurande påverkan ska begränsas både på nationell och på regional nivå samt att konkreta åtgärder har störst betydelse i försurningskänsliga och försurade områden i södra Sverige. Preciseringen omfattar försurning som beror på ökat uttag av grenar och toppar (GROT) samt stubbar, men även ökad försurning på grund av intensivskogsodling ingår i preciseringen. Preciseringen omfattar dock inte uttag av stamved. Det beror på att den försurande effekten av traditionellt skogsbruk, med enbart uttag av stamved, ingår i beräkningen av kritisk belastning. Denna försurande effekt inkluderas således i precisering 1. Kompenserande åtgärder inom skogsbruket omfattar främst återföring av aska och andra åtgärder för att på beståndsnivå eller regional nivå begränsa uttaget av biomassa och förbättra markens baskatjonbalans. Preciseringen innebär att en viss försurningspåverkan från skogsbruket är acceptabel, men att den måste begränsas och inte får öka utöver den nivå som rådde under perioden 2000-2005. Det är i dagsläget svårt att ange en mer exakt nivå. Uttag av skogsbränsle är en viktig åtgärd för att minska växthusgasutsläppen och det är i praktiken omöjligt att kompensera för denna försurningspåverkan till fullo.

MOTIVERING TILL NY ELLER ÄNDRAD PRECISERING

Markanvändningens, särskilt skogsbrukets, påverkan är en viktig del av miljö kvalitetsmålet. Den ändrade formuleringen innebär en ytterligare avgränsning jämfört med nuvarande precisering (som säger att "markanvändningen ska motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet"). Det är framför allt i försurade områden i södra Sverige som skogsbruket har en negativ påverkan, men preciseringen undantar ingen del av landet. Syftet är främst att underlätta den naturliga återhämtningen från försurning i södra Sverige och att förhindra en försämring av marktillståndet i norra Sverige.

UPPFÖLJNING AV PRECISERINGEN

Uppföljning sker genom beräkning av regionala balanser mellan tillförsel och förlust av baskatjoner för skogsmark. En ny indikator behöver utvecklas för detta. Det krävs också förbättrad årlig statistik vad gäller uttag av grenar och toppar (GROT) och på sikt eventuellt även stubbar. Samma sak gäller statistiken för askåterföring. Detta avgör i vilken skala uppföljningen kan ske. Även metodiken för att beräkna den försurande påverkan av intensivskogsbruk behöver utvecklas.

KOMMENTARER

Ny forskning har visat att olika metoder för beräkning av vittringens storlek varierar ganska mycket vilket ger en osäkerhet kring beräkningen. Preciseringen kopplar till miljö kvalitetsmålen *Levande skogar* och *Levande sjöar och vattendrag*.

Krondropps nätets kommentarer till Naturvårdsverkets förslag, precisering 2:

Beräkningar av regionala balanser mellan tillförsel och förlust av baskatjoner för skogsmark kräver en god kännedom om nedfallet av baskatjoner från luften. Nedfallet som våtdeposition kan mätas inom Luft- och nederbördskemiska nätet. Torrdepositionen täcks dock inte in genom dessa mätningar. Det modelleras inte heller med MATCH-Sverige-modellen. Mätningar inom Krondropps nät med en kombination av mätningar över öppet fält, krondropp och mätningar med strängprovtagare kan ge bra mätningar av torrdepositionen av baskatjoner till skogen.

Förslag till precisering 3:

Tillstånd i sjöar och vattendrag

Sjöar och vattendrag uppnår oberoende av kalkning minst god status med avseende på försurning enligt vattenförvaltningsförordningen (SFS 2004:660).

INNEBÖRD/FÖRTYDLIGANDE

Detta är en ny precisering. Den kan sägas vara uppnådd när ytvattenstatusen är ”god” eller bättre, med avseende på antropogen försurning enligt vattenförvaltningens regler (det vill säga bedömt med de bedömningsgrunder som är föreskrivna i vattenförvaltningsförordningen 2004:660). Detta innebär inte nödvändigtvis att den ekologiska statusen uppnår nivån ”god” för motsvarande vatten, eftersom andra kvalitetsmoment än försurning kan dra ner klassningen. Vattenförekomster som bedöms vara fysiskt påverkade ska i stället för status, på motsvarande sätt, klassificeras utifrån potential. Enligt vattenförvaltningsförordningen finns möjlighet till undantag vid fastställandet av kvalitetskrav i form av miljökvalitetsnormer. Detta måste beaktas vid bedömningen av om miljökvalitetsmålet kan anses som uppfyllt eller inte. Preciseringen bör kunna bedömas som uppfyllt även om det skulle finnas enskilda vattenförekomster som med stöd av undantaget ”mindre stränga kvalitetskrav” inte behöver nå god status avseende försurning. Ett mera frekvent användande av undantaget kommer dock att resultera i att preciseringen inte bedöms vara uppfyllt. I nuläget finns inga vatten med miljökvalitetsnormer i form av mindre stränga kvalitetskrav på grund av försurning än god status.

MOTIVERING TILL NY ELLER ÄNDRAD PRECISERING

Försurningstillståndet i sjöar och vattendrag är en viktig komponent i miljökvalitetsmålet. Ett tidigare delmål var formulerat som att en högsta andel sjöar och vattendrag fick vara försurningspåverkade vid en viss tidpunkt. Det går inte att göra en motsvarande precisering för miljökvalitetsmålet, eftersom det skulle innebära att en viss andel vatten med kvarvarande försurning kunde accepteras när målet är uppnått. Det skulle inte överensstämma med vattenförvaltningens bedömningar av vilka vatten som bör ha en miljökvalitetsnorm som är lägre än god status. Grundvatten ingår inte i preciseringen, eftersom det inte finns någon bedömningsgrund för att bedöma försurningsstatus på grundvatten enligt vattenförvaltningsförordningen och tillämpliga föreskrifter. Försurning av grundvatten täcks däremot in av en precisering i miljökvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* (se även avsnitt ”Andra generella kommentarer” ovan.)

UPPFÖLJNING AV PRECISERINGEN

Preciseringen följs upp årligen genom analys av data från de nationella omdrevssjöarna och kalkningens målobjektsundersökningar, och vart sjätte år inom vattenförvaltningen. En bedömningsgrund för försurning orsakad av människan är framtagen och föreskriven enligt NFS 2008:1.

KOMMENTARER

Preciseringen är kopplad till miljökvalitetsmålet *Levande sjöar och vattendrag* eftersom god status med avseende på försurning är nödvändig även för att det målet ska kunna uppnås.

Kalkningen är en uppehållande åtgärd för biologisk mångfald men den påverkar inte försurningen. Det bör därför vara tydligt att den inte ingår i förutsättningarna för att uppnå preciseringen.

Krondroppsnetets kommentarer till Naturvårdsverkets förslag, precisering 3:

Bedömningen av försurningspåverkan av sjöar och vattendrag inom EU's vattendirektiv och vattenförvaltningsförordningen är i Sverige kopplat till användningen av MAGIC-modellen för att avgöra antropogen påverkan och skilja den från ”naturligt” låga pH-värden. Som indata till MAGIC-modellen krävs bl.a. värden för deposition av svavel, kväveföreningar och baskatjoner. Detta knyter an till kraven på bra uppskattningar av deposition som beskrivits ovan.

Förslag till precisering 4: är ej relevant för Krondroppsnetet.

2.2.8 Miljö kvalitetsmålet Ingen övergödning

Enligt riksdagens beslut innebär miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* att halterna av gödande ämnen i mark och vatten inte har någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningarna för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten.

Regeringen preciserar att Miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* innebär att:

- nedfallet av luftburna kväveföreningar inte överskrider den kritiska belastningen gällande övergödning av mark och vatten någonstans i Sverige,
- grundvatten inte bidrar till ökad övergödning av ytvatten,
- sjöar och vattendrag när det gäller närsaltshalter uppfyller kraven på God status enligt definitionen i EG:s ramdirektiv för vatten,
- näringsförhållandena i kust och hav i stort motsvarar det tillstånd som rådde under 1940-talet och tillförsel av näringsämnen till havet inte orsakar någon övergödning,
- svenska kustvatten när det gäller närsaltshalter uppfyller kraven på God status enligt definitionen i EG:s ramdirektiv för vatten,
- skogsmark har ett näringstillstånd som bidrar till att bevara den naturliga artsammansättningen och att högst 5 procent av skogsmarken har en upplagring av kväveföreningar som överskrider 5 kg kväve per hektar och år, och
- jordbruksmark har ett balanserat näringstillstånd som bidrar till att bevara en gynnsam ekologisk status i mark, odlingslandskapets biotoper och den omgivande miljön.

Den nya preciseringen som beslutats av Riksdagen för kväveupplagring i skogsmark är av mycket hög relevans för Krondropps nätet. Nedfallet anges i propositionen som den huvudsakliga orsaken till upplagringen. Om nedfallet reduceras till nära naturliga nivåer skapas förutsättningar att nå ett naturligt näringstillstånd på sikt. Den naturliga upplagringen uppskattas enligt Naturvårdsverket motsvara ca 1–2 kg kväve per hektar och år, medan dagens upplagring motsvarar mellan 1 och 12 kg kväve per hektar och år. I propositionen anges dock inte vidare hur denna precisering skall följas upp.

Naturvårdsverkets förslag på preciserings av miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* till Regeringen, maj 2011 (Naturvårdsverket rapport 6433):

Preciseringen om skogsmark är borttagen från Naturvårdsverkets liggande förslag.

Förslag till precisering 1: är ej relevant för Krondropps nätet

Förslag till precisering 2:

Påverkan på landekosystemen

Nedfallet av luftburna kväveföreningar från svenska och internationella källor, samt påverkan från skogsbruk genom gödsling, medför inte att den kritiska belastningen för övergödning av landekosystemen överskrider i någon del av Sverige.

INNEBÖRD/FÖRTYDLIGANDE

Den kritiska belastningen anger den exponering av en eller flera föroreningar under vilken inga väsentliga skadliga effekter på känsliga delar av miljön uppstår enligt nuvarande kunskap. Den kritiska belastningen varierar över landet och kan också skilja sig mellan närliggande områden på grund av naturliga lokala och regionala variationer. Anledningen till att det inte har lagts in några konkreta värden i preciseringen är huvudsakligen att metodiken för bestämning av kritisk belastning är under utveckling och kan komma att justeras.

MOTIVERING TILL NY ELLER ÄNDRAD PRECISERING

Vatten tas bort från formuleringen på grund av att det saknas möjlighet till uppföljning av kritisk belastning för övergödning av vatten. Dessutom tillgodoses vattenaspekten i andra preciseringar. Mark ändras till landekosystem för att tydliggöra att det inte är enbart marken utan ekosystemet som helhet som inte får överskrida den kritiska belastningen. Analysen görs dock i skogsmark, som på så vis används som en indikator. Det har även tillkommit skrivningar om skogsbruket. Syftet är att kunna följa upp påverkan från användning av kvävegödselmedel, en metod som har ökat inom skogsbruket under de senaste åren. Slutligen finns även tydliggöranden dels om att preciseringen gäller för hela landet dels att påverkan kan härröra från såväl nationella som internationella källor, inklusive internationell sjöfart.

UPPFÖLJNING AV PRECISERINGEN

Preciseringen följs upp genom att mäta nedfall och deposition av kväve i skogsmark. Data kommer från Svensk miljöövervakning (MATCH-modellen) samt Luft- och nederbördskemiska nätet. Därefter kan eventuellt överskridande av kritisk belastning i skogsmark beräknas. För att beräkna skogsgödslingens påverkan används länsvis statistik över gödselanvändningen. Underlaget till detta tas fram av Skogsstyrelsen. Kritisk belastning för skog fångar även upp övergödningskänsligheten hos myrar, hedar och naturbetesmarker. Fjällmiljön kan ha större känslighet, men är i praktiken inte styrande på grund av att nedfallet är så pass lågt här.

KOMMENTARER

Preciseringens uppfyllelse är delvis beroende av miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* och i viss mån även *Grundvattnen av god kvalitet, Begränsad klimatpåverkan, Frisk luft och Levande sjöar och vattendrag*.

Krondropps nätet kommentarer till Naturvårdsverkets förslag, precisering 2:

Liksom vad gäller det sura nedfallet som diskuterats ovan är torrdepositionen av kväveföreningar betydande i södra Sverige. Mätningar inom Luft- och nederbördskemiska nätet inkluderar inte torrdeposition. Modelleringar av torrdepositionen med MATCH-Sverige-modellen behöver löpande utvärderas och kalibreras mot mätningar. Sammantaget har mätningar av kvävenedfall som kombination av mätningar över öppet fält, krondropp och mätningar med strängprovtagare har en mycket viktig roll att fylla för att generera korrekta mätvärden vad gäller nedfallet av kväveföreningar till skogen i Sverige.

Utifrån mätningar och beräkningar inom Krondropps nätet föreligger en betydande risk för en pågående upplagring av kväve i den svenska skogen. Denna risk är dock starkt knuten till skogbruksmetoder och verkar i viss mån synergistiskt med miljömålet *Begränsad klimatpåverkan*, eftersom uttag av GROT minskar riskerna för kväveupplagring. Preciseringen om kväveupplagring i skogsmark skulle belysa den kombinerade effekten nedfall och skogsbruk på ett bra sätt, men är borttagen i Naturvårdsverkets förslag.

Kritisk belastning för övergödning av landekosystemen spelar en viktig roll i denna precisering. Metodik för beräkningar av denna kritiska belastning är ännu under utveckling. Krondropps nätet kan spela en viktig roll i denna utveckling.

Förslag till precisering 3:

Tillstånd i sjöar och vattendrag

Sjöar och vattendrag uppnår minst god status för näringsämnen enligt vattenförvaltningsförordningen (SFS 2004:660).

INNEBÖRD/FÖRTYDLIGANDE

Målet är uppnått när ytvattenstatusen klassificeras som ”god” eller bättre med avseende på kvalitetsfaktorn näringsämnen enligt vattenförvaltningens regler (det vill säga bedömd enligt i vattenförvaltningsförordningen 2004:660), Detta innebär inte nödvändigtvis att den ”ekologiska statusen” för motsvarande vatten uppnår nivån ”god”, eftersom andra kvalitetsmoment än näringsämnen kan dra ner klassningen. Vattenförekomster som bedöms vara fysiskt påverkade ska i stället för status på motsvarande sätt klassificeras utifrån potential. Samtliga kvalitetsfaktorer ska som ett minimum uppnå god status eller god potential till 2015, såvida inga undantag är beslutade. Detta måste beaktas vid bedömningen av om preciseringen kan anses som uppfylld eller inte. Preciseringen bör kunna bedömas som uppfylld trots att det finns enskilda vattenförekomster som med stöd av undantaget ”mindre stränga kvalitetskrav” inte behöver nå god status avseende näringsämnen. Ett mera frekvent användande av undantaget kommer dock att resultera i att preciseringen inte bedöms vara uppfylld. I nuläget finns endast ett fåtal vatten med miljö kvalitetsnormer i form av mindre stränga kvalitetskrav än god status på grund av övergödning.

MOTIVERING TILL NY ELLER ÄNDRAD PRECISERING

Preciseringen har ändrats i enlighet med vattenförvaltningsförordningen.

UPPFÖLJNING AV PRECISERINGEN

Preciseringen följs upp med hjälp av data från miljöövervakningens trendstationer för sjöar, vattendrag och flodmynningar samt omdrevsstationer för sjöar (även typområden för jordbruksmark samt stationer inom samordnad recipientkontroll, SRK, kan ingå). Uppföljning sker även inom vattenförvaltningen vart sjätte år. Preciseringen skulle även kunna följas upp med hjälp av de beräkningsmodeller som tagits fram inom den svenska vattenförvaltningen där modellerna kan ge indikation på platser där tillståndet är otillfredsställande. Nuvarande bedömningsgrunder för näringsämnen i sjöar och vattendrag behöver utvecklas för att bättre fånga upp tillståndet i små grunda sjöar.

KOMMENTARER

Preciseringens uppfyllelse är delvis beroende av miljö kvalitetsmålen *Ett rikt odlingslandskap, Bara naturlig försurning, Levande skogar, Grundvatten av god kvalitet, Begränsad klimatpåverkan, Levande sjöar och vattendrag, Hav i balans samt levande kust och skärgård, God bebyggd miljö, Ett rikt växt- och djurliv* samt *Frisk luft*. Om möjligheten att utnyttja undantaget ”mindre stränga kvalitetskrav” används i stor utsträckning (vilket för närvarande inte verkar vara fallet) riskerar det att urholka ambitionsnivån på preciseringen.

Krondropps nätets kommentarer till Naturvårdsverkets förslag, precisering 3:

Ett första tecken på kväveutlakning från skogsmark är förhöjda nitrathalter i markvattnet under rotzonen. Förhöjda halter i markvattnet innebär en risk för utlakning till mindre vattendrag. Krondropps nätets mätningar av markvatten kemi kan ge information om kväveutlakning från skogsmark.

Förslag till precisering 4: ej relevant för Krondropps nätet

2.2.9 Övriga miljö kvalitetsmål

I propositionen anges under en rad andra miljö kvalitetsmål preciseringar och andra aspekter av relevans för Krondropps nätet. Detta redovisas dock inte vidare här.

3. Krondropps nätetts roll i utformningen av det nya miljömålssystemet

Inom ramen för Krondropps nätet finns en omfattande erfarenhet av såväl regional som nationell miljöövervakning av skogsekosystemen i relation till gällande miljömål. Vi har tillgång till en stor databas omfattande lufthalter, nedfallsmätningar samt markvattenkemi i skogsekosystem, fördelat över hela landet och med de längsta tidsserierna överstigande 20 år. Vi har även tillgång till kraftfulla analysverktyg såsom modellerna MAGIC, PROFILE och ForSAFE-Veg. Dessa tre modeller används för att räkna på hur näringsämnen och försurande ämnen rör sig i mark och vatten. MAGIC är inriktad på försurningspåverkan på mark- och ytvatten (Cosby m.fl. 1985 och Cosby m.fl. 2001), PROFILE på att beräkna kritisk belastning för framför allt försurning men även övergödning av markekosystem (Sverdrup och Warfvinge, 1995) och ForSAFE-Veg hanterar försurning och övergödning i mark, inklusive effekter av kväve på markvegetation (Wallman m.fl., 2005; Belyazid m.fl., 2010). Krondropps nätet är vidare nära kopplat till nationellt forsknings- och utvecklingsarbete, bl. a. inom de av NV finansierade forskningsprogrammen ASTA (avslutat), SCARP och CLEO. Samverkan mellan Krondropps nätet och MATCH-Sverige-modellen har presenterats i en ny rapport (Hellsten m fl, 2010).

Bedömningen av försurande och övergödande nedfall till skogsmark måste göras i relation till vad marken tål, respektive vad träd och mark kan lagra upp, vilket kräver modelleringsansatser. Att kombinera resultat från mätningar och modellberäkningar har många fördelar. Mätningar har en viktig roll för att beskriva tillståndet i skogsekosystemen, följa utvecklingen av lufthalter och nedfall, studera återhämtningsförloppen och på ett tidigt stadium upptäcka förhöjda halter i luft eller markvatten. Mätningar som är samlokaliserade med Skogsstyrelsens observationsytor ger tillgång till mycket data om bestånds- och markegenskaper. Modeller kan användas för att få större geografisk täckning och för att göra bedömningar av den framtida utvecklingen under olika scenarier. Nationella underlag, i form av yttäckande kartläggningar av kritisk belastning för försurning i skogsmark, antropogent försurade sjöar samt kväveupplagring i skogsmark, kan anpassas till regional nivå och diskuteras mot bakgrund av miljömålen.

Krondropps nätet kan bistå arbetet med att förändra miljömålssystemet på flera sätt. Vi kan utifrån vår erfarenhet ge synpunkter på preciseringar av olika miljö kvalitetsmål med tillämpning både på nationell och på regional nivå. Framförallt kan vi föreslå relevanta indikatorer som kan användas för att följa upp miljö kvalitetsmålen preciseringar på bästa sätt för att ge information om utvecklingen av miljö tillståndet i relation till miljö kvalitetsmålet.

De miljö kvalitetsmål där Krondropps nätet har störst potential att bidra är ”*Bara naturlig försurning*” samt ”*Ingen övergödning*”, men Krondropps nätet kan även bidra vad gäller målen ”*Frisk Luft*”, ”*Levande sjöar och vattendrag*”, ”*Grundvatten av god kvalitet*”, ”*Levande skogar*”, ”*Storslagen fjällmiljö*” samt ”*Ett rikt växter och djurliv*”.

I det följande ger vi exempel på preciseringar och indikatorer som Krondropps nätet skulle kunna bidra med till det nya miljömålssystemet för miljö kvalitetsmålen ”*Bara naturlig försurning*” samt ”*Ingen övergödning*” med tillämpning på både regional och nationell nivå.

4. Miljömålet "Bara naturlig försurning"

Utsläppsbegränsande åtgärder avseende luftföroreningar har genomförts, och genomförs fortfarande, i Europa. Trots detta kvarstår många negativa effekter i luft, mark och markvatten. Svavelnedfallet till skogen i södra Sverige överskrider på många platser den kritiska belastningsgränsen för skog. Återhämtningen i marken går långsamt och markvattnet i mineraljorden uppvisar ofta pH-värden omkring 4,5 i södra Sverige och förhöjda halter av oorganiskt aluminium. Fyra procent av sjöarna är fortfarande antropogent försurade, med en särskild koncentration till sydvästra Sverige.

4.1 Översikt - uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig Försurning*

En stor del av verksamheten inom Krondroppsnätsprogrammet kopplar till miljömålet *Bara naturlig försurning*. Mätningarna av nedfall av svavel och kväve i skog och på öppet fält följer upp hur våt- och torrdepositionen av försurande ämnen utvecklas, som en effekt av emissionsbegränsande åtgärder, medan mätningarna av markvattnets försurningsstatus följer upp effekterna i marken. Vidare har Krondroppsnätsprogrammets data och samlade kompetens under de senaste programperioderna använts för att samla ihop och regionalisera resultat från modellering av svavel- och kvävenedfall, av kritisk belastning i skogsmark samt av antropogent försurade sjöar. Detta har gjorts för att öka möjligheterna att bedöma det totala nedfallet till skog på regional nivå, och för att öka fokus på effektkriterier som kan användas inom miljömålsarbetet.

En översikt över mätningar och modelleringar inom Krondroppsnätet och angränsande verksamhet som kan användas för uppföljning av miljömålet "Bara naturlig försurning" visas i Tabell 1. Dessa kan användas för att följa upp befintliga preciseringar samt troligen många kommande indikatorer. De befintliga preciseringarna har redovisats ovan och är:

- *depositionen av försurande ämnen överskrider inte den kritiska belastningen för mark och vatten.*
- *den naturliga försurningen av marken begränsas så att den naturgivna produktionsförmågan, arkeologiska föremål och den biologiska mångfalden bevaras.*
- *markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet*

Tabell 1. Översikt över mätningar och modelleringar som kan användas för uppföljning av miljömålet "Bara naturlig försurning".

Mätning/modellering	Upplösning
Uppmätt och modellerad deposition av svavel och kväve	nationell, län, kommun
Modellerat överskridande av kritisk belastning i skogsmark	nationell
Mätning av markvattenkemi	nationell, län
Skogsbrukets försurande verkan	nationell, län
Antropogent försurade sjöar	nationell, län
Antropogent försurade vattendrag	nationell

I det följande jämförs den uppföljning av miljömålen, gamla delmål och gamla och nya preciseringar och indikatorer som redovisas på Miljömålsportalen (2011-03-03) med de motsvarande möjligheter som finns för uppföljning inom Krondropps nätet.

4.2 Deposition av svavel och kväve till skog

I de gamla delmålen anges att ”de försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål.”

Hitills har använts två indikatorer som relaterar till surt nedfall; nedfall av svavel och nedfall av kväve.

I regeringens proposition preciseras att ”depositionen av försurande ämnen inte överskrider den kritiska belastningen för mark och vatten”.

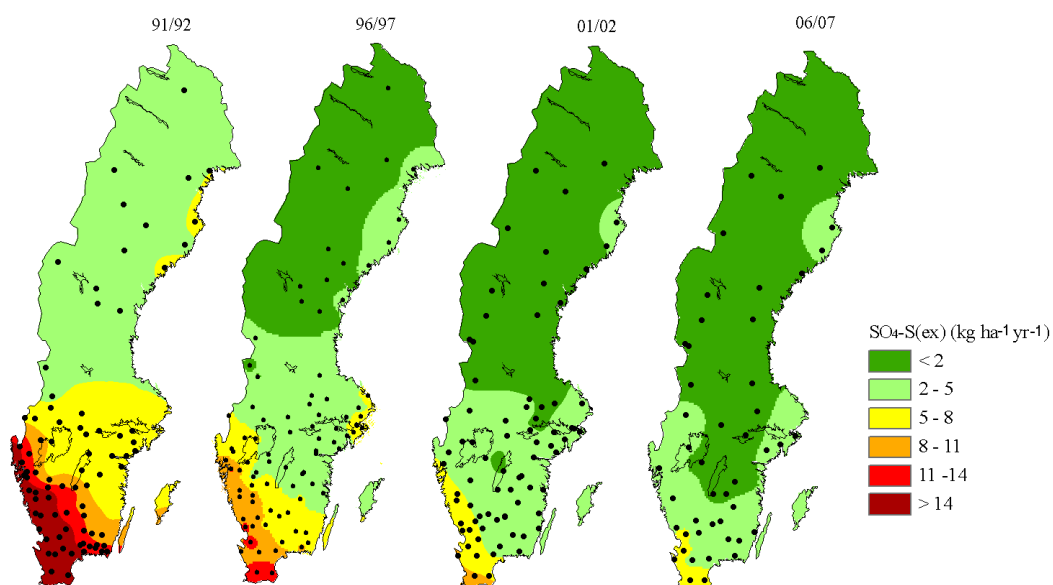
Vilket nedfall av försurande ämnen som kan tillåtas beror på markens beskaffenhet, vilket skogsbruk som bedrivs etc. Därför måste modellverktyg användas som modellerar markens försurningsgrad och övriga kemiska egenskaper. Detta behandlas i kapitel 4.3 nedan. Information avseende enbart nedfall av svavel och kväve, utan direkt koppling till vad marken tål, är dock också användbart, bland annat för att följa upp tidstrender.

Mätningar av depositionen till skog i Sverige bedrivs inom Krondropps nätet, som är ett gemensamt delprogram, och inom nätverket ”Integrerad Miljöövervakning”. Det sistnämnda verkar inom Naturvårdsverkets ”Programområde skog”, och verksamheten ingår i ett internationellt samarbete inom luftkonventionen LRTAP (Long-Range Transboundary Air pollution). Nedfallet med nederbörden (våtdepositionen) över öppet fält övervakas även inom Luft- och Nederbördskemiska nätet.

4.2.1 Svavelnedfall på nationell nivå

Tidsutvecklingen för nedfallet av svavel till det svenska landskapet redovisas för närvarande på Miljömålsportalen som nedfall över öppet fält från Nederbördskemiska nätet. Detta ger i viss mån en missvisande bild eftersom torrdepositionen (som endast delvis ingår i öppet-fält mätningar) till skogen har minskat i större utsträckning än våtdepositionen (Karlsson m. fl., 2010a). Redovisning av den geografiska fördelningen för svavelnedfallet baseras på krondroppsdata från Krondropps nätet och inkluderar således både torr- och våtdeposition.

Krondropps nätet omfattande databas ger en möjlighet att beskriva förändringar av svavelnedfallet till den svenska skogen (torr+våt deposition) över tid och geografiskt i gemensamma kartor, såsom visas i Figur 1 nedan.



Figur 1. Förändringar av det årliga nedfallet av svavel till granskog i Sverige för olika år med fem års mellanrum, interpolerat från krondropps­mätningar. Nedfallet mäts i form av krondropp, som för svavel ger en bra uppskattning av det samlade nedfallet inkluderande både torr- och våtdeposition. De svarta prickarna indikerar de mätplatser som har funnits under respektive år, och som har använts för interpoleringen. Det har varierat mellan olika år beroende på att skogen vid vissa platser avverkats och mätplatser antingen ersätts med en ny eller avvecklats. Årliga värden baseras på hydrologiska år, 1 oktober – 30 september.

4.2.2 Svavelnedfall på regional nivå

På miljömålsportalen redovisas svavelnedfall på regional nivå för olika län. För t.ex. Hallands län visas tidsutvecklingen för svavelnedfallet baserat på krondropp i granskog som medelvärde för länets mätlokaler. Den geografiska fördelningen diskuteras utifrån SMHI:s modelleringar. I dessa regionala bedömningar används således redan data från Krondroppsnetet.

Vi föreslår att svavelnedfallet i krondropp i granskog används som en indikator för uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig Försurning*, både på nationell och på regional nivå. Mätningarna av krondropp inkluderar både torr- och våtdepositionen av svavel och krondropps­mätningarna har en god geografisk täckning, både regionalt och nationellt.

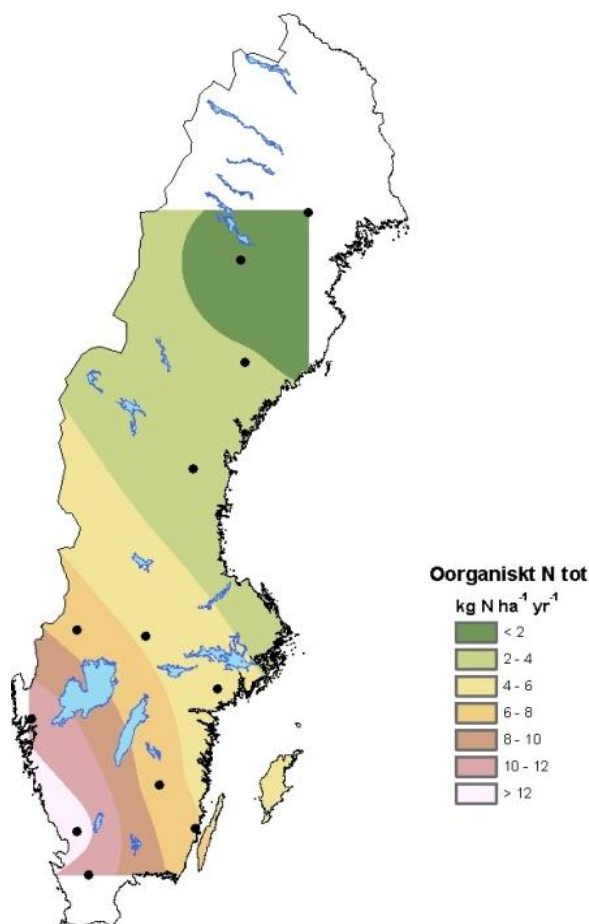
4.2.3 Kvävenedfall på nationell nivå

Tidsutvecklingen för kvävenedfallet till det svenska landskapet redovisas baserat på mätningar över öppet fält från Nederbördskemiska nätet. Detta beror sannolikt på att det funnits metodproblem med att mäta totaldepositionen till skogen som krondropp, eftersom en del kväve tas upp direkt i träd­kronorna och ej når uppsamlarna för krondropp.

En nyligen utförd studie baserat på mätningar av torrdepositionen av kväve till en surrogatyta, s.k. strängprovtagare, har visat att torrdepositionen av kväve i sydvästra Sverige i nuläget kan utgöra upp till 40 % av den totala depositionen till skogen (Karlsson m. fl., 2010b, Figur 2). Sannolikt har torrdepositionen av kväve minskat sedan början av 1990-talet i större utsträckning än våtdepositionen.

Den geografiska fördelningen av kvävenedfallet över Sverige redovisas på miljömålportalen med hjälp av uppskattade värden från SMHI:s MATCH-Sverige-modell. Modellerade värden inkluderar summan av torr- och våtdeposition. Analyser av torr- och våtdepositionen baserat på strängprovtagare visade på ett avsevärt högre nedfall av kväve i sydvästra Sverige, jämfört med vad som beräknats med MATCH-Sverige-modellen (Karlsson m. fl., 2010b). För Halland visar MATCH-Sverige-modellen på ett nedfall på knappt 11 kg N/ha och år, medan beräknade värden baserat på strängprovtagare visar på värden upp mot 16 kg N/ha och år. Analyserna omfattar visserligen något olika tidsperioder, men skillnaden är betydande.

Figur 2. Det årliga nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog över Sverige, beräknat med en metod baserat på strängprovtagare. Nedfallet utgör ett medelvärde över en längre period, 4-7 år, i de flesta fall perioden 2003-2007. Kartan är ett resultat av interpolering av beräknade data för 12 platser över landet, vilka illustreras med svarta punkter. Metoden kan endast interpolera värden inom det område där det finns numeriska värden. Därför lämnas en stor del av norra Norrland och södra delen av Skåne utanför det område som interpoleringen täcker.



4.2.4 Kvävenedfall på regional nivå

Tidsutvecklingen för kvävenedfallet till skogen på regional nivå för t.ex. Blekinge län redovisas på Miljömålsportalen som årligt nedfall över öppet fält. Som diskuterats ovan inkluderar dessa mätningar inte torrdepositionen av kväve till skogen och medför därför en underskattning men även förmodligen en felaktig bild av utvecklingen över tiden.

Det finns i nuläget inte tillräckligt många mätplatser inom Krondropps nätet som är utrustade med s.k. strängprovtagare, vilket är en förutsättning för att beräkna torrdepositionen av kväve. Därför kan data från Krondropps nätet inte bidra till att ge en detaljerad bild av det totala kvävenedfallet till skogen, i synnerhet inte regionalt. Istället måste detta göras med en modellansats, t.ex. med SMHI:s MATCH-Sverige-modell, som dock behöver kalibreras utifrån Krondropps nätet mätningar.

Vi föreslår att kvävenedfallet till granskog modellerat med MATCH-Sverige-modellen används som en indikator för uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig Försurning*, både på nationell och på regional nivå.

Mätningar inom Krondropps nätet med bulkprovtagning på öppet fält, krondropp samt mätningar med strängprovtagare bör användas för löpande jämförelser och kalibrering av modellerat kvävenedfall från MATCH-Sverige-modellen, vilket redan görs i viss utsträckning. Detta är viktigt för utvärdering och osäkerhetsanalys av modellerade data.

Med kombinationen av MATCH-Sverige-modellen och Krondropps nätet mätningar uppnås en god geografisk täckning samtidigt som mätningarna ger en validering av att modellen korrekt beskriver torr- och våtdepositionens eventuella förändringar över tiden.

4.3 Markförsurning – kritisk belastning

I den tidigare miljömålsformuleringen specificeras att: ”... de försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål.”

I regeringens proposition preciseras att ”depositionen av försurande ämnen inte överskrider den kritiska belastningen för mark och vatten”.

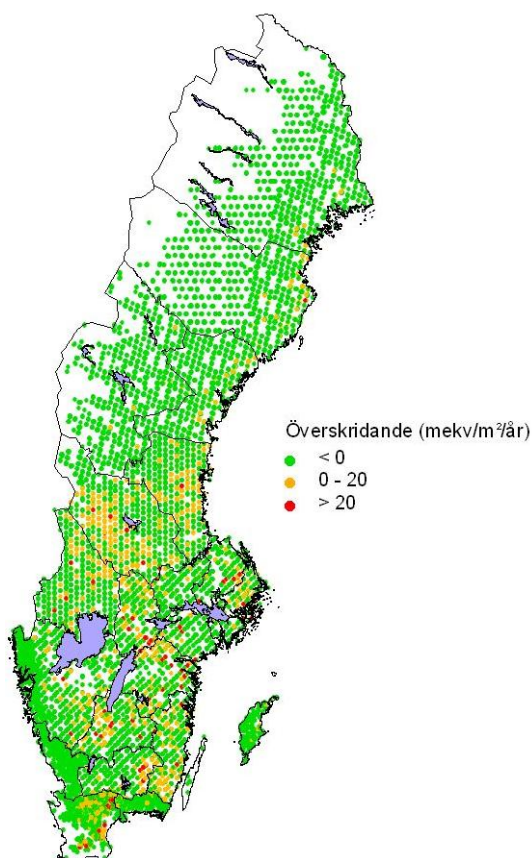
Mätning och modellering av nedfall av svavel och kväve ger viktig information om mängden deposition i olika delar av landet och hur nedfallet förändras över tiden. Det ger dock ingen information om nivåerna i förhållande till känsligheten hos olika ekosystem och kan därmed inte ensamt besvara frågan om den kritiska belastningen överskrids. Hur allvarlig en nedfallsnivå är beror på hur känsligt ett ekosystem är, och detta varierar kraftigt på olika skalor, mycket beroende på markegenskaper. För att väga in detta i bedömningen används begreppet kritisk belastning, som definieras som ”den högsta deposition av försurande ämnen som inte kommer att förorsaka kemiska förändringar som leder till långsiktiga skadliga effekter på strukturen och funktionen i ett ekosystem” (Nilsson och Grennfelt, 1988). I skogsmark har träd använts som indikatorer, och i beräkningarna har bedömningar gjorts baserat på kvoten mellan baskatjonerna kalcium, magnesium och

kalium samt oorganiskt aluminium i markvattnet. Kvoter under 1 har, baserat på olika studier, antagits medföra förhöjd risk för skador på trädens rötter.

Kritisk belastning för skogsmark har beräknats på skogliga miljöövervakningsytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) sedan 1980-talet med PROFILE-modellen. PROFILE-modellen är en statisk modell, vilket innebär att kritisk belastning beräknas utifrån nuvarande nedfall, och ingen försurningshistorik finns därmed med. Modellering av kritisk belastning har varit ett viktigt hjälpmedel i arbetet med att minska utsläppen. Modellering av kritisk belastning visar att den kritiska belastningen överskrids på 13 % av skogsmarken i Sverige 2003-2005 och att andelen kommer att minska till 1 % till 2020 om villkoren i CLE-scenariet uppfylls (Figur 3, Pihl Karlsson m fl, 2008). I länsvisa rapporter från 2008 (t.ex. Pihl Karlsson m. fl., 2008) redovisade Krondropps nätet beräkningar av kritisk belastning och överskridande på regional nivå med PROFILE-modellen. Som exempel var slutsatsen i Blekinge, där 342 ytor från RIS modellerats, att den kritiska belastningen överskrids på 12 % av skogsmarken, vilket är i nivå med genomsnittet för landet.

I takt med att nedfallet har minskat har fler ytor fått ett nedfall som ligger nära den kritiska belastningen. Då kan även mindre osäkerheter i beräkningarna spela stor roll för om modellerade ytor hamnar över eller under gränsen för överskridande. Osäkerheten i uppskattningarna på regional nivå blir då större än när nedfallet var högre och för många ytor låg långt över den kritiska belastningen. Vi föreslår därför att det används som ett grovt mått för skogsmark på nationell nivå, men inte på regional nivå.

Även om modelleringen visar att försurningen nu är på en nivå som innebär att risken för att skador på rötterna ska uppstå till följd av låga kvoter mellan baskatjoner och aluminium är liten, är det viktigt att komma ihåg att resultaten enbart kopplar till denna risk, och att det till exempel inte säger något om det avrinnande vattnets kvalitet. Både modellering och mätningar har visat att avrinnande vatten ofta är mycket surt även om kvoten mellan baskatjoner och aluminium är över 1. Det är därför av stor vikt att följa utvecklingen i markvatten samt i mindre och större vattendrag och sjöar.



Figur 3. Överskridande av kritisk belastning av aciditet i skogsmark, baserat på kriteriet BC/Al-kvot (kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium) och den kritiska gränsen 1. Nedfallsdata som används är ett medelvärde från åren 2003-2005. Från Pihl Karlsson m. fl., 2008.

Vi föreslår att uppmätt nedfall av försurande ämnen i relation till modellerad kritisk belastning för försurning av skogsmark används som indikator för uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig försurning* på nationell nivå. Tidigare har kritisk belastningen funnits med i formuleringen av generationsperspektivet.

4.4 Markförsurningstrender – pH i markvatten

Tidigare delmål: Före år 2010 ska trenden mot ökad försurning av skogsmarken vara bruten i områden som försurats av människan och en återhämtning ska ha påbörjats.

I regeringen proposition preciseras att ”den onaturliga försurning av marken begränsas så att den naturgivna produktionsförmågan ... bevaras”.

pH i markvattnet har hittills inte används i Miljömålssystemet, varken som precisering eller indikator.

Inte heller i Naturvårdsverkets nya förslag finns några preciseringar baserade på markvattenkemin.

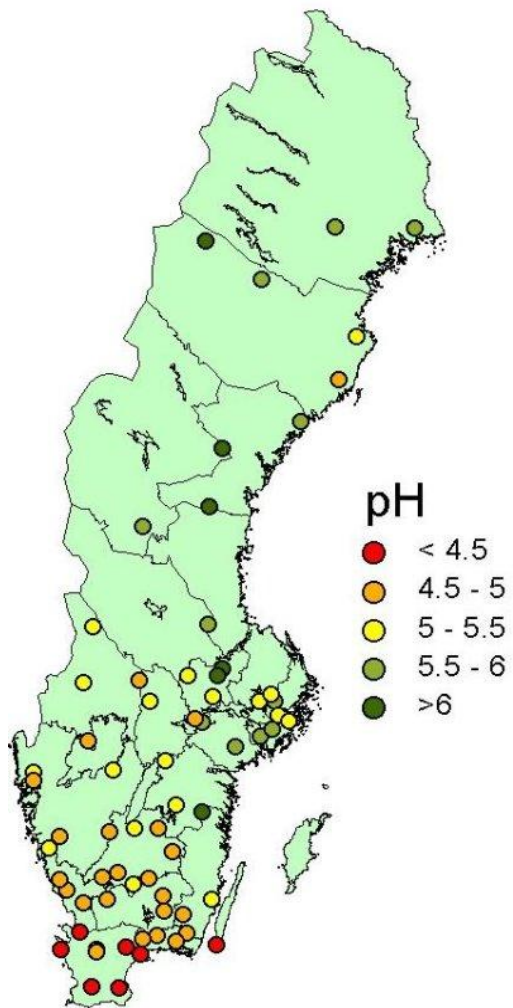
Vad gäller försurning av skogsmark på nationell nivå, redovisas detta för närvarande på miljömålsportalen baserat på data från Ståndortskarteringen. Där visas dels geografisk fördelning genom länsvisa värden för andel skogsmark med hög surhetsgrad, dels tidsutvecklingen för summerade värden för landsdelar. På nationell nivå dras slutsatsen att delmålet är uppnått redan idag, trenden mot ökad försurning av skogsmark är bruten och en återhämtning från försurning har påbörjats i försurade områden.

Många län gör även egna bedömningar av om mål för försurning är uppfyllda. Blekinge län har t.ex. bedömt uppfyllelse av målet ”Före år 2010 skall trenden mot ökad försurning av skogsmarken vara bruten i områden som försurats av människan och en återhämtning skall ha påbörjats.”. Bedömningen av måluppfyllelsen av detta mål har även länet gjort utifrån data från ståndortskarteringen, och slutsatsen blev att ”Tillgängliga data visar inte på en fortsatt markförsurning i landet, utan snarare en tendens till förbättring under den senaste 10-årsperioden”, men man konstaterar även ” På grund av en avvikelse i analysresultaten de senaste åren råder det nu en osäkerhet om den fortsatta utvecklingen. Ytterligare utredningar krävs för att utreda om avvikelsen är verklig eller beror på metodmässiga fel.”.

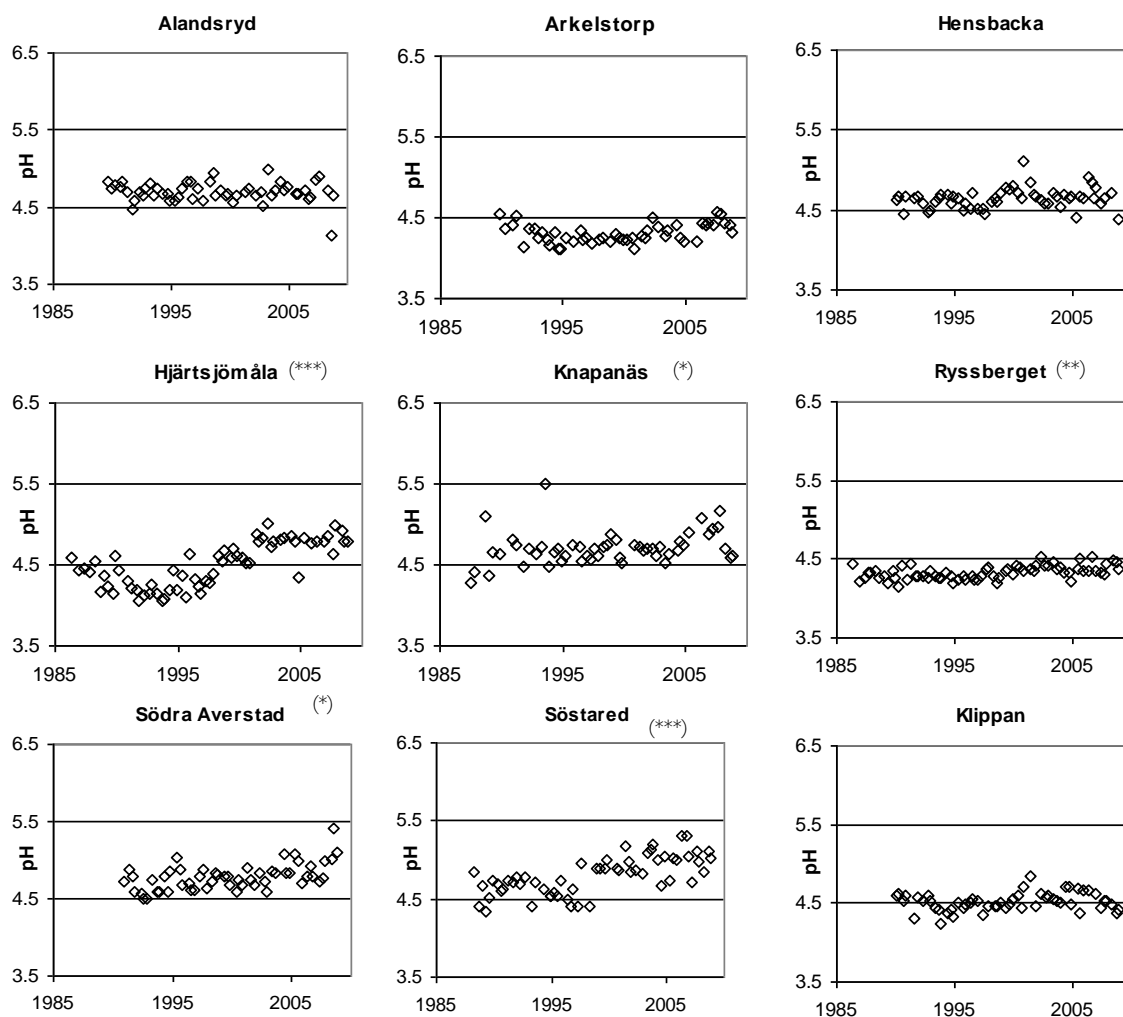
Försurnings- och återhämtningsförlopp är ett samspel mellan kemin hos markpartiklar och hos markvatten. För närvarande används främst markkemin, utifrån jordprovtagning, för att utvärdera trender för försurning, men för att få en fullständig bild över vad som händer krävs även mätningar av markvattenkemin. Markvatten precis under rotzonen ger en indikation på vad som transporteras ut till mindre vattendrag. Sambandet mellan markvattenkvalitet och ytvattenkvalitet blir svagare ju större vattendragen är, eftersom ett större vattendrag får sitt vatten från ett stort område med varierande markvattenkvalitet.

Inom Krondropps nätet finns markvattenkemi från under rotzonen på drygt 60 skogsytor. Markvattnets pH varierar mellan knappt 4,5 och drygt 6. Generellt är pH lägst i sydvästra Sverige och högst i Norrlands inland (Figur 4). Om markvattnets pH understiger 4,5 kan det bedömas vara starkt försurat. Detta kan innebära att små bäckar i området också är kraftigt försurade. Även ytor med pH-värden mellan 4,5 och 5,0 kan vara starkt påverkade av försurande nedfall, men i detta intervall är det svårt att särskilja nedfallets effekt från skogens påverkan.

Trots att nedfallet av försurande ämnen har minskat kraftigt under de senaste decennierna har pH i markvatten ofta bara ökat marginellt eller inte alls (Figur 5). För markkemin har det däremot funnits en tydlig trend mot minskande försurning (Naturvårdsverket, 2007). För att få en fullständig bild av återhämtningsförloppet krävs att mark- och markvattentrender studeras tillsammans.



Figur 4. Markvattnets pH i skog under rotzonen, på 50 cm djup (median för mätningar oktober 2006 – september 2008) på Krondroppsnetets ytor.



Figur 5. Tidsutvecklingen för pH i markvatten på nio av Krondropps nätets ytor i södra Sverige: Arkelstorp i Skåne, Hjärtsjömåla och Ryssberget i Blekinge, Alandsryd och Knapanäs i Småland, Söstared i Halland, Hensbacka och Klippan i Västra Götalands län samt Södra Averstad i sydligaste Värmland. I de fall då ökningen av pH är statistiskt signifikant finns signifikansnivån angiven inom parentes. * signifikansnivå $p < 0.05$, ** signifikansnivå $p < 0.01$, *** signifikansnivå $p < 0.001$

Vi föreslår att pH i markvattnet används som en indikator för uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig Försurning*, med en gräns för pH i markvattnet i mineraljorden på ca 50 cm markdjup på 4,5. Vi föreslår även att trender för mark- och markvattenkemi studeras tillsammans för att få en tydligare bild av återhämtningsförloppet. Markvattendata har tidigare inte används inom miljömålsuppföljningen, men skulle komplettera mark- och ytvattendata samt leda till ökad förståelse mellan kopplingen mellan mark och vatten.

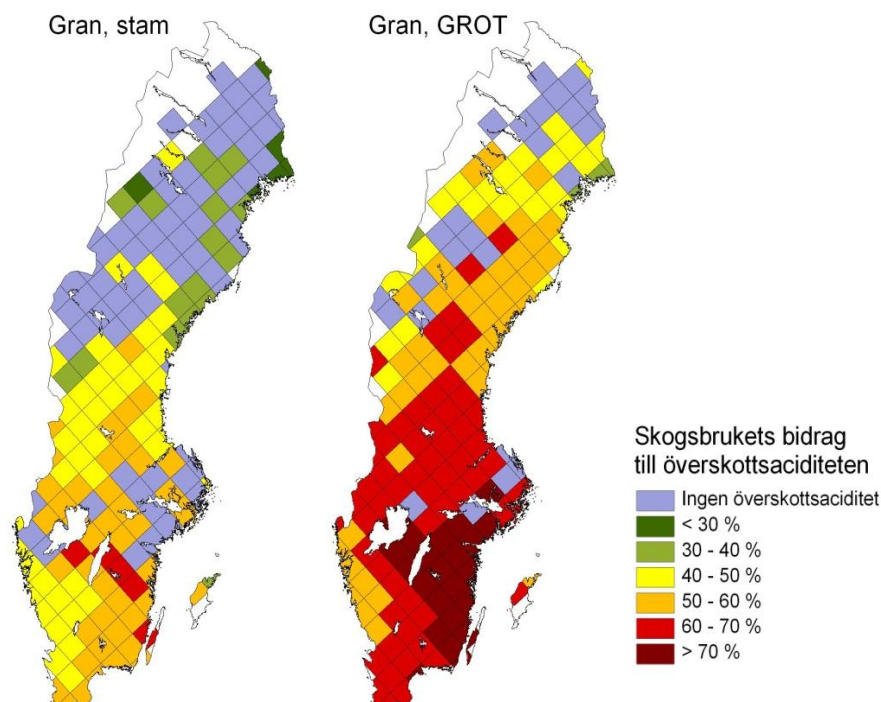
4.5 Markförsurning - skogsbrukets försurande verkan

I regeringens beslutade proposition fanns en precisering: ”markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet”.

I Naturvårdsverkets nya förslag anges att skogsbrukets försurningspåverkan skall understiga den nivå som rådde under perioden 2000-2005 och i känsliga områden skall den försurning som orsakas genom uttag av biomassa utöver stamved motverkas.

När skogen tar upp näringsämnen från marken, främst i form av positivt laddade joner, sker en tillförsel av vätejoner till marken. Detta innebär att marken försuras kontinuerligt medan trädet växer. I naturliga system, där ingen biomassa skördas, sker så småningom nedbrytning av biomassan som leder till neutralisering av syran som orsakades av tillväxten. Vid skörd av biomassa (t.ex. stammar, grenar, toppar, barr och stubbar), blir däremot försurningen bestående.

Inom den fördjupade utvärderingen för miljömålet "*Bara naturlig försurning*" (Naturvårdsverket, 2007) har skogsbrukets bidrag till försurningen kvantifierats och jämförts med bidraget från försurande nedfall. Detta gjordes på drygt 10 000 gran- och talltytor inom Riksinventeringen för skog (RIS). Enbart kvävenedfallet, som inte tas upp av skogsekosystemet utan lakas ut, antogs vara försurande. Beräkningarna visar att skogsbrukets bidrag vanligtvis är mellan 30 och 70 % (Figur 6). Den högre siffran gäller då inte bara stam utan även grenar och toppar skördas, vilket leder till större baskatjonförluster. Både depositionen och skogsbruket försurar mer i söder än i norr, eftersom både nedfallet och tillväxten är högre i söder. Skogsbrukets bidrag är störst i sydost, där tillväxten är hög och nedfallet lägre än i sydväst.



Figur 6. Skogsbrukets bidrag till överskottsaciditeten (%) i granbestånd vid stamveds- och helträdsuttag.

För att följa upp ovanstående målprecisering, ”att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet” behövs två komponenter, dels måste skogens försurande verkan beräknas, dels måste detta sättas i relation till markens försurningskänslighet. Metodik för detta finns inom Krondroppsnetet och angränsande verksamheter.

Vi föreslår att uttaget av baskatjoner vid skörd och återförd mängd aska jämförs med rtonzonens förråd av utbytbara joner för att värdera skogsbrukets försurande effekt.

4.6 Antropogent försurade sjöar och vattendrag

I de tidigare delmålen angavs att ”År 2010 ska högst 5 % av antalet sjöar och högst 15 % av sträckan rinnande vatten i landet vara drabbade av försurning som orsakats av människan.”.

I regeringens proposition anges att ”depositionen av försurande ämnen inte överskrider den kritiska belastningen för mark och vatten”. Det finns i regeringens proposition inga andra preciseringar som gäller andelen försurade sjöar eller vattendrag.

I Naturvårdsverkets nya förslag anges preciseringen att ”sjöar och vattendrag uppnår oberoende av kalkning minst god status med avseende på försurning enligt vattenförvaltningsförordningen”.

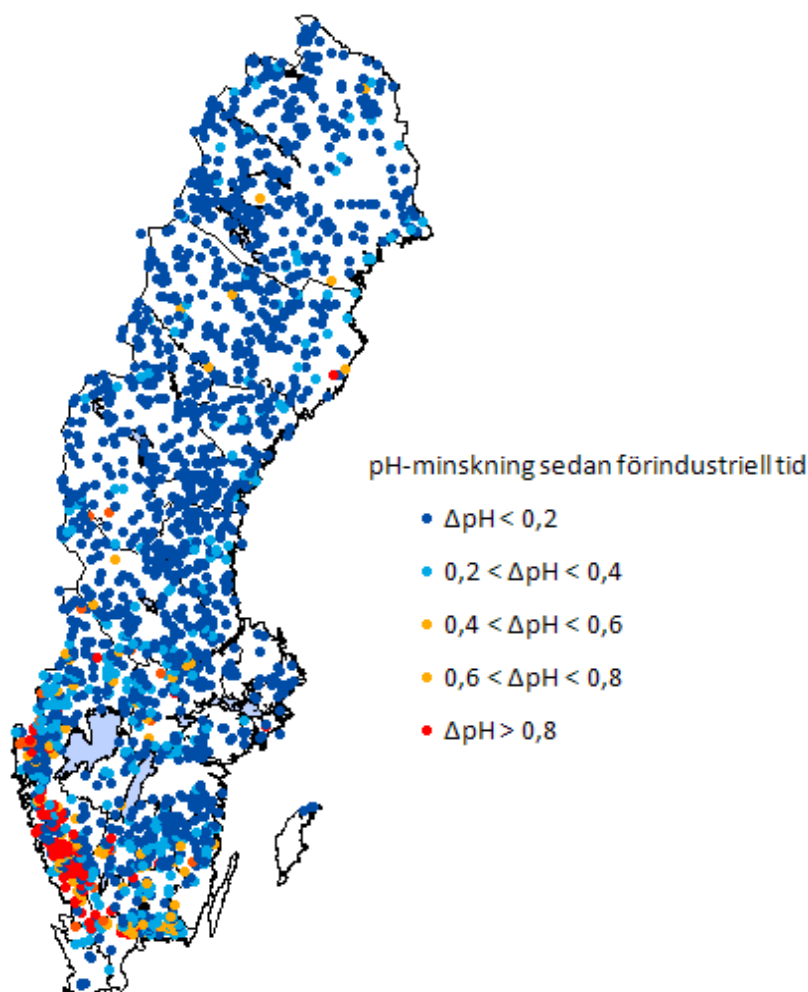
De första tecknen på försurning hittades för flera decennier sedan i sjöar, och mycket av uppföljningen av målet *Bara naturlig försurning* handlar om sjöar. Vad gäller vattendrag finns mycket mindre data och mindre konsensus kring hur stort ett vattendrag ska vara för att räknas. Det har därför varit svårare att avgöra hur stor del av Sveriges rinnande vatten som är drabbat av försurning. Vattendragen är dock inte oviktiga och mycket av kalkningen sker för vattendragens skull. Antropogent försurade sjöar är en indikator som använts för tidigare delmål. Antropogent försurade sjöar definieras som sjöar med en av människan orsakad pH-förändring. Här presenteras resultat på länsnivå från beräkningar av antropogent försurade sjöar baserat på Riksinventeringen 2005, RI05.

Antalet sjöar som ingick i RI05 var ursprungligen 1 974. Av dessa uteslöts 26 på grund av att de saknade viktiga data, vilket innebär att 1 938 sjöar kvarstår och ingår i bedömningen (Tabell 2, Figur 7). Bedömningen har skett med hjälp av det s.k. MAGIC-biblioteket (www.ivl.se/magicbibliotek), som bygger på modellering av sjöar och vattendrag med MAGIC. 1 080 av RI05-sjöarna är modellerade med MAGIC och bedömningen utgår från MAGIC-modelleringen. Dessutom ingår de som underlag i MAGIC-biblioteket. 789 sjöar bedömdes med MAGIC-biblioteket. För 69 av RI05-sjöarna gav MAGIC-biblioteket ingen matchning. Detta innebär att dessa sjöar inte är lika någon sjö som är modellerad med MAGIC. De kan exempelvis vara starkt påverkade av havssalt eller gruvdrift. För dessa 69 sjöar har IVL utgått ifrån vattenkemi och gjort en individuell bedömning av om de ska räknas som antropogent försurade. Vid försurningsbedömningen uppskattas pH-förändringen sedan förindustriell tid, och sjön klassificeras efter storleken på pH-minskningen i en av fem klasser. En pH-minskning på mindre än 0,4 pH-enheter räknas som ej försurningspåverkat (klass 1 och 2). En pH-förändring på mer än 0,4 pH-enheter räknas som försurningspåverkat (klass 3: pH har minskat med mellan 0,4 och 0,6; klass 4: pH har minskat med mellan 0,6 och 0,8 och klass 5: pH har minskat med mer än 0,8).

Andelen försurade sjöar för varje län totalt har uppskattats med hjälp av vikter för sjöarna i RI05 (Tabell 2). Vikten anger hur representativ sjön är för alla sjöar i respektive län. Andelen försurade sjöar i länen anges både för alla sjöar större än ett hektar och för alla sjöar större än fyra hektar, då en del län har en miljömålsformulering som baseras på sjöar större än ett hektar, medan andra målvärden baseras på sjöar större än fyra hektar. Resultaten i Tabell 2 kan direkt jämföras med målvärdena på länsnivå.

Tabell 2. Andel försurningspåverkade sjöar (påverkansklass 3-5) i länen några olika år.

Län		sjöar över 1 ha			sjöar över 4 ha		
		2010	2020	2050	2010	2020	2050
Stockholms län	AB	6 %	6 %	6 %	0 %	0 %	0 %
Västerbottens län	AC	4 %	4 %	3 %	5 %	5 %	2 %
Norrbottnens län	BD	1 %	1 %	1 %	2 %	2 %	1 %
Uppsala län	C	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Södermanlands län	D	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Östergötlands län	E	2 %	2 %	2 %	3 %	3 %	3 %
Jönköpings län	F	13 %	12 %	10 %	13 %	10 %	8 %
Kronobergs län	G	21 %	18 %	15 %	20 %	17 %	11 %
Kalmar län	H	9 %	8 %	8 %	11 %	10 %	10 %
Gotlands län	I	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Blekinge län	K	29 %	27 %	25 %	35 %	33 %	30 %
Skåne län	M	25 %	15 %	11 %	22 %	13 %	13 %
Hallands län	N	49 %	36 %	35 %	59 %	49 %	47 %
Västra Götalands län	O	39 %	34 %	33 %	40 %	37 %	35 %
Värmlands län	S	15 %	15 %	12 %	7 %	7 %	7 %
Örebro län	T	10 %	8 %	7 %	13 %	11 %	9 %
Västmanlands län	U	8 %	8 %	11 %	1 %	1 %	6 %
Dalarnas län	W	3 %	3 %	3 %	5 %	5 %	5 %
Gävleborgs län	X	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Västernorrlands län	Y	1 %	1 %	1 %	0 %	0 %	0 %
Jämtlands län	Z	0 %	0 %	0 %	1 %	1 %	0 %
Hela Sverige	Sverige	5,5 %	4,9 %	4,2 %	6,1 %	5,5 %	4,5 %

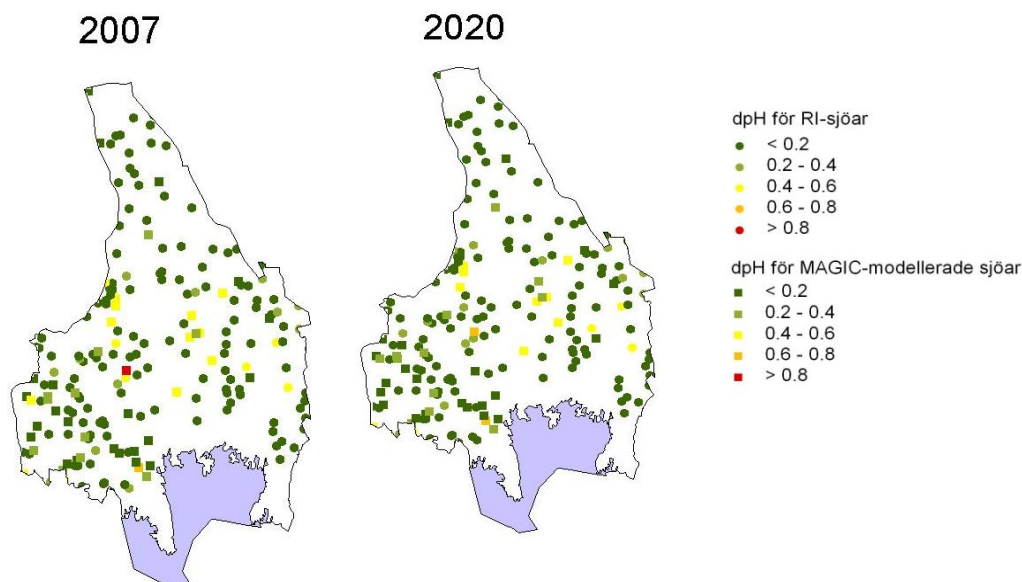


Figur 7. Sjöar (> 1 ha) i olika påverkansklasser för år 2005, utifrån deras bedömda pH-minskning sedan förindustriell tid. De 69 expertbedömda sjöarna finns inte med, då dessa inte delats upp i olika påverkansklasser. Blåmarkerade sjöar bedöms ej vara försurningspåverkade.

Det finns även här regionala uppföljningar av delmålet för försurning. Ett av de regionala delmålen för Värmlands län i *Bara naturlig försurning* lyder: ”År 2010 ska högst 5 % av antalet sjöar i Värmlands län som är större än 4 hektar och högst 15 % av sträckan rinnande vatten med tillrinningsområden som överstiger 15 km², vara drabbade av försurning som orsakats av människan. (Regionaliserat mål)”. Värmlands län konstaterar att målet inte kommer att nås. Visserligen har olika uppskattningar fått ganska olika resultat vad avser andelen försurningspåverkade sjöar (8-23 %), men alla uppskattningar ligger över målvärdet på 5 %.

I 2007 års länsvisa rapporter inom Krondroppsnetet gjordes en förstudie med bedömningar av antropogent försurnade sjöar för varje län. Detta skedde med en äldre version av MAGIC-biblioteket med mycket färre modellerade sjöar än vad som nu ingår. Både sjöar från RI05 och från den föregående, större, Riksinventeringen 2000, bedömdes var för sig. Försurningsbedömningarna av de två riksinventeringarna gav ganska olika resultat, beroende bland annat på att år 2000 var ett ovanligt blött år, det blötaste sedan

1860, på de flesta platser i Sverige. Många sjöar bedömdes därför som mer försurade år 2000 än år 2005. I Värmland var förhållandet istället tvärtom, sjöarna år 2000 bedömdes som mindre försurningspåverkade än sjöarna år 2005. Andelen försurningspåverkade sjöar predikterades för år 2007 och år 2020 (Figur 8).



Figur 8. Bedömning av andelen antropogent försurade sjöar i Värmlands län. pH-förändring sedan förindustriell tid (dpH) i sjöar 2007 och 2020 (enligt CLE-scenariet), baserat på MAGIC. Fyrkanterna är sjöar modellerade med MAGIC-modellen, medan cirklarna är sjöar inom Riksinventeringarna som är bedömda enligt MAGIC-biblioteket. Från Pihl Karlsson m. fl., 2008.

Andelen antropogent försurade sjöar i Värmland år 2007 beräknades till 8 % baserat på Riksinventeringen 2000 och 15 % baserat på Riksinventeringen 2005, vilket ligger över målvärdet på 5 %. År **2020** beräknades antalet försurade sjöar ha minskat till 6 respektive 11 %, vilket fortfarande ligger **över gränsen för delmålet**. Krondroppsnetets bedömning med det nya starkt utökade MAGIC-biblioteket (Tabell 2) är att 7 % av sjöarna över fyra hektar är försurningspåverkade både år 2010 och framåt. Fortfarande är alltså bedömningen att målet inte nås.

Vi föreslår att andel antropogent försurade sjöar används som indikator även i fortsättningen, och att utvärderingen utförs med MAGIC och MAGIC-biblioteket.

5. Miljömålet "Ingen Övergödning"

Miljömålet "ingen övergödning" definieras sedan tidigare som att "halter av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten".

I sin beslutade proposition beskriver regeringen miljömålet utifrån ett antal preciseringar varav några är:

- nedfallet av luftburna kväveföreningar överskrider inte den kritiska belastningen gällande övergödning av mark och vatten någonstans i Sverige,
- sjöar och vattendrag uppfyller, när det gäller närsaltshalter, kraven på god status enligt definitionen i EG:s ramdirektiv för vatten,
- skogsmark har ett näringstillstånd som bidrar till att bevara den naturliga artsammansättningen och högst 5 procent av skogsmarken har en upplagring av kväveföreningar som överskrider 5 kg kväve per hektar och år.

5.1 Översikt - uppföljning av miljömålet *Ingen övergödning*

Krondropps nätet kan ha en viktig roll även i uppföljningen av miljömålet *Ingen övergödning* (Tabell 3). Nedfall av kväve är centralt för övergödningens problematik, även om nedfall av kväve hittills inte används som indikator inom detta miljömål. Nedfall av kväve har dock använts som en indikator i både tidigare utvärderingarna om miljömålen och finns även på miljömålsportalen men som indikator bland annat för miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*. Nedfall av kväve uppskattas, som tidigare nämnts, både med hjälp av mätningar och modellering. Nedfallet kan relateras till kritisk belastning för kväve med olika metoder. Halten nitratkväve i markvatten under rotzonen är ett direkt mått på hur mycket av kvävet som träd, markvegetation och mikroorganismer inte kan ta upp, och ger därför en bra indikation på den potentiella kväveutlakningen från skogsmark. Vidare har massbalansberäkningar för kväve regionaliserats i Krondropps nätet regi, med syftet att bredda underlaget för den regionala miljömålsuppföljningen.

Tabell 3. Översikt över mätningar och modelleringar som kan användas för uppföljning av miljömålet "Ingen övergödning".

Mätning/modellering	Upplösning
Uppmätt och modellerad deposition av kväve	nationell, län, kommun
Modellerat överskridande av kritisk belastning i skogsmark	nationell, län
Kväveackumulering i skogsmark	nationell, län
Nitratkväve i markvatten	nationell, län

I kapitel 5.2-5.4 beskrivs de olika mät- och modelleringsinsatser inom Krondropps nätet som kopplar till miljömålet *Ingen övergödning* (Tabell 3). En diskussion förs kring hur de

används eller skulle kunna användas inom miljömålsuppföljningen på ett optimalt sätt. En jämförelse görs med uppföljningen av nuvarande (gamla) delmål, preciseringar och indikatorer, så som de förekommer på Miljömålsportalen (2011-03-03).

5.2 Deposition av kväve och kritisk belastning

Miljömålet ”*Ingen övergödning*” definieras sedan tidigare som att ”halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten”. Det finns inga delmål eller indikatorer som inkluderar kvävenedfallet från luften.

I sin beslutade proposition preciserar regeringen miljömålet utifrån ett antal preciseringar varav en är:

- nedfallet av luftburna kväveföreningar överskrider inte den kritiska belastningen gällande övergödning av mark och vatten någonstans i Sverige.

Kvävenedfallet har vi behandlat i kapitel 4.2 ovan. Det fanns sedan tidigare inga delmål eller indikatorer för *Ingen övergödning* som inkluderar kvävenedfallet från luften och inte heller vad gäller kväveupplagring i skogsmarken eller inverkan på undervegetation. I sin nya proposition anger emellertid regeringen en precisering som omfattar kvävenedfallet och som sätter detta i relation till den kritiska belastningen.

Att använda kvävenedfallet till skogen i Sverige som en indikator ger värdefull information om risken för effekter på undervegetation och för kvävemättnad. I kapitel 4.2. ovan har vi ingående redogjort för problematiken med att direkt mäta det totala kvävenedfallet till skogen. Vi föreslår därför att en indikator för kvävenedfall baseras på en kombination av modellerande data med SMHI:s MATCH-Sverige-modell och mätningar av kvävenedfall inom Krondropps nätet med mätningar på öppet fält, krondropp och strängprovtagare.

Den empiriska kritiska belastningen för kväve i boreala skogar har inom LRTAP-arbetet fastställts till 5-10 kg per hektar och år (U.N. Economic and Social Council, 2010) och Sverige har valt att använda den lägre gränsen vid den senaste rapporteringen till CCE (Coordination Centre for Effects), i mars 2011. Intervallet baseras bland annat på experiment av Nordin m. fl., (2005) där kvävetets effekt på växtsammansättningen hos undervegetationen i skogen studerats. Den kritiska belastningen för övergödande kväve har även modellerats med PROFILE. I dessa modelleringar har den kritiska gränsen satts till 0.3 mg kväve per liter i markvatten, vilket motsvarar övre gränsen i Sveriges bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Beräkning av kritisk belastning av kväve gör att nedfallets storlek kan relateras till ekosystemens känslighet.

Beräkningar av kritisk belastning för kvävenedfall till skog är ännu under utveckling. Krondropps nätet kan spela en viktig roll i denna utveckling.

Vi föreslår att kvävenedfallet till granskog modellerat med MATCH-Sverige-modellen används som en indikator för uppföljning av miljömålet *Ingen övergödning*, både på nationell och på regional nivå. Nedfallet bör sättas i relation till framtagna kritiska belastningar för kvävenedfall till skog.

Mätningar inom Krondroppsnetet med bulkprovtagning på öppet fält, krondropp samt mätningar med strängprovtagare används för löpande jämförelser och kalibrering av MATCH-Sverige-modellen.

Vi föreslår även att kritisk belastning för kväve används som indikator på nationell och regional nivå.

5.3 Kväveackumulering i skogsmark

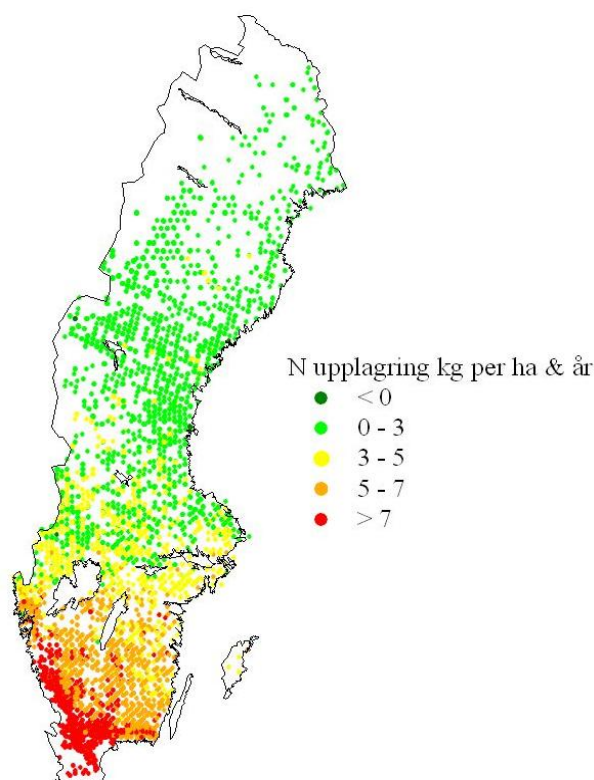
I regeringens proposition finns en precisering av miljömålet *Ingen Övergödning* som lyder: ”högst 5 procent av skogsmarken har en upplagring av kväveföreningar som överskrider 5 kg kväve per hektar och år.”

Denna typ av precisering har uteslutits i Naturvårdsverkets nya förslag från maj 2011.

Boreala skogar är normalt kvävebegränsade, vilket innebär att det kväve i form av nitrat och ammonium som når marken via deposition tas upp av träd, markvegetation eller mikroorganismer, och endast en liten del av kvävet lakas ut från rotzonen. Studier i Europa och USA har dock visat att i boreala skogar med kraftigt förhöjt kvävenedfall kan skogsekosystemet bli kvävemättat, vilket innebär att en del av kvävet läcker ut från rotzonen. Kväveackumulering till skogsmark kan ge en viss indikation om risken för kväveutlakning i olika regioner.

Kväveackumuleringen i Sverige är högst i sydväst och minskar mot norr, i enlighet med kvävedepositionsgradienten (Figur 9). Mycket talar för att det är i den södra, och framför allt sydvästra delen där risken för förhöjd kväveutlakning är som störst (Akselsson m.fl., 2010). Bland annat finns mätdata från markvatten inom Krondroppsnetet som visar just detta (se avsnitt 5.4 nedan). På lokal nivå finns det dock en rad faktorer som styr huruvida det läcker kväve eller ej, både markegenskaper och skogliga egenskaper.

Vi föreslår att kväveupplagringen till granskog utgör en indikator för miljömålet ”*Ingen Övergödning*”, både på nationell och regional nivå, och att detta baseras på beräkningar av kvävebalanser för ytor inom Riksinventeringen för skog. Kvävenedfallet baseras på kalibrerade MATCH-Sverige-modellerade data enligt ovan samt aktuella scenarier vad gäller uttag av biomassa från skogen i samband med avverkning.



Figur 9. Kväveackumulering i granskog vid ett skogsbruksscenario utifrån enbart stamvedsuttag, baserat på kvävenedfall från åren 2003-2005 (medelvärde).

5.4 Nitratkväve i markvatten

Halter av nitrat i markvattnet har ännu inte använts i miljömålsarbetet.

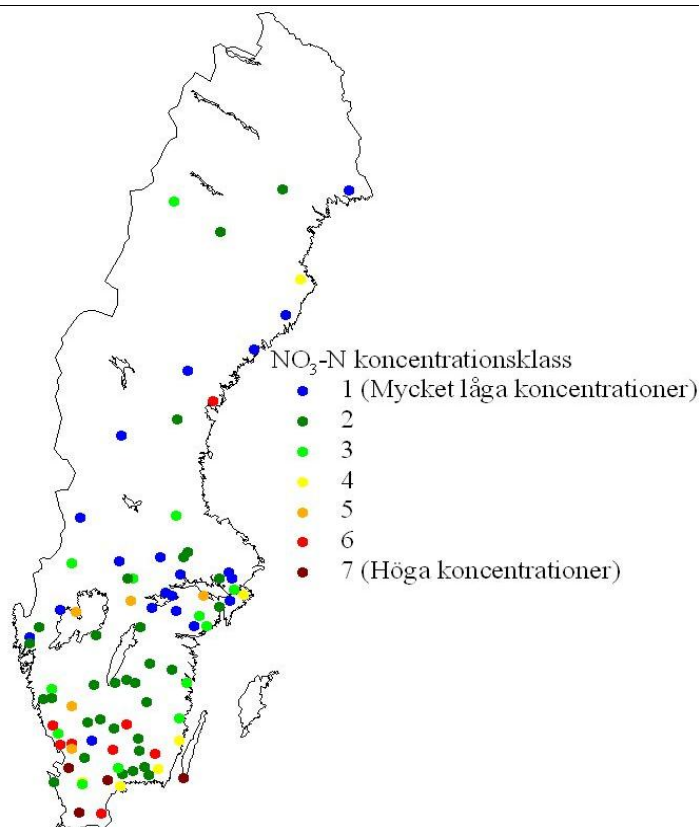
Beräknad kväveackumulering i skogsmark ger endast en indikation på risken för utlakning av kväve från rotzonen. För att visa på faktisk utlakning av kväve från rotzonen krävs mätningar av halter i markvatten. Förhöjda halter av nitratkväve i markvatten visar att det finns mer kväve i marken än vad träd, markvegetation och mikroorganismer kan ta upp. Halterna är vanligtvis mycket låga, och så pass låga halter som 0,1 mg per liter kan därmed anses vara förhöjda. Från rotzonen till ytvatten sker kväveretention i större eller mindre utsträckning, beroende på egenskaper i avrinningsområdet och i den bäcknära zonen. Halter från under rotzonen ger därmed enbart ett mått på den potentiella utlakningen till ytvatten.

I Akselsson m.fl. (2010) klassificerades 88 pågående eller nyligen avslutade krondroppsytor enligt ett klassificeringsschema med sju klasser (Tabell 4, Figur 10). Kartläggningen visade att frekvensen av ytor i klass 4-7, det vill säga där halten nitratkväve överskridit 0,1 mg per liter vid mer än ett tillfälle, var högst i sydvästra delen. Halten nitratkväve i markvattnet kan vara en användbar indikator för miljömålet *Ingen övergödning*, och 0,1 mg per liter skulle

kunna vara en lämplig gräns. Det krävs dock en del arbete för att fastställa hur den kraftiga variationen i halter i tid och rum ska hanteras vid miljömålsuppföljning.

Tabell 4. Klassificeringschema baserat på halter av nitratkvävehalter i markvatten. Klassningen baseras på data från samtliga provtagningsstillfällen vid respektive yta. Vid varje provtagningsstillfälle har ett sammelprov från fem lysimetrar analyserats.

Klass	Kriterium
1	Maxkoncentration < 0.01 mg per liter
2	Maxkoncentration mellan 0.01 och 0.1 mg per liter
3	En koncentration > 0.1 men < 0.5 mg per liter
4	Flera koncentrationer > 0.1 men < 0.5 mg per liter
5	En koncentration > 0.5 mg per liter
6	Minst två koncentrationer > 0.5 mg per liter
7	Medelkoncentration > 1 mg per liter



Figur 10. Klassificering av Krondroppsytorna i sju klasser, enligt Tabell 4, baserat på nitratkvävehalter i markvattnet.

Vi föreslår att nitratförekomsten i markvattnet i granskog utgör en indikator för miljömålet ”Ingen Övergödning”, både på nationell och regional nivå, och att detta baseras på provtagningar inom Krondroppsnetet. Det krävs ytterligare arbete för att ta fram en metodik för uppföljning.

6. Sammanfattning av förslag till hur Krondropps nätet och angränsande verksamhet kan bidra till uppföljning av miljökvalitetsmålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*.

“Bara naturlig försurning”

FÖRSLAG:

- Att svavelnedfallet i krondropp i granskog används som en indikator för uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig Försurning*, både på nationell och regional nivå.
- Att kvävenedfallet till granskog modellerat av SMHI med MATCH-Sverige-modellen används som en indikator för uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig Försurning*, både på nationell och på regional nivå.
- Att mätningar inom Krondropps nätet med bulkprovtagning på öppet fält, krondropp samt mätningar med strängprovtagare används för att löpande jämförelser och kalibrering av MATCH-Sverige-modellen.
- Att uppmätt nedfall av försurande ämnen i relation till modellerad kritisk belastning för försurning av skogsmark används som indikator för uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig försurning* på nationell nivå.
- Att pH i markvattnet används som en indikator för uppföljning av miljömålet *Bara Naturlig Försurning*, med en gräns för pH i markvattnet i mineraljorden på ca 50 cm markdjup på 4,5, samt även att trender för mark- och markvattenkemi studeras tillsammans, för att få en tydligare bild av återhämtningsförloppet.
- Att uttaget av baskatjoner vid skörd och återförd mängd aska jämförs med rotzonens förråd av utbytbara joner för att värdera skogens försurande effekt.
- Att andel antropogent försurade sjöar används som indikator även i fortsättningen.

“Ingen Övergödning”

FÖRSLAG:

- Att mätningar inom Krondropps nätet med bulkprovtagning på öppet fält, krondropp samt mätningar med strängprovtagare används för löpande jämförelser och kalibrering av MATCH-Sverige-modellen.
- Att kritisk belastning för kväve används som en indikator på nationell och regional nivå.
- Att kväveupplagringen till granskog utgör en indikator för miljömålet *“Ingen Övergödning”*, både på nationell och regional nivå, och att detta baseras på

beräkningar av kvävebalanser för observationsytor inom Riksskogstaxeringen. Kvävenedfallet baseras på kalibrerade MATCH-Sverige-modellerade data enligt ovan samt aktuella scenarier vad gäller uttag av biomassa från skogen i samband med avverkning.

- Att nitratförekomsten i markvattnet i granskog utgör en indikator för miljömålet ”Ingen Övergödning”, både på nationell och regional nivå, baserat på provtagningar inom Krondropps nätet. Metodiken för utvärderingen behöver utvecklas ytterligare.

7. Referenser

- Akselsson, C., Belyazid, S., Hellsten, S., Klarqvist, M., Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E. och Lundin, L., 2010. Assessing the risk of N leaching from Swedish forest soils across a steep N deposition gradient in Sweden. *Environmental Pollution* 158, 3588-3595.
- Annerberg, R. (2009). Utredning till regeringen, som slutredovisades den 30 september 2009 (dnr M2009/848/Mk).
- Belyazid, s., Kurz, D., Braun, S., Sverdrup, H., Rihm, B. & Hettelingh, J-P., 2010. A dynamic modelling approach for estimating critical loads of nitrogen based on plant community changes under a changing climate. *Environmental Pollution* 159, 789-801.
- Cosby BJ, Hornberger GM, Galloway JN, Wright RF (1985). Modeling the effects of acid deposition: assessment of a lumped parameter model of soil and streamwater chemistry. *Water Resour Res* 21:51-63
- Cosby BJ, Ferrier RC, Jenkins A, Wright RF (2001) Modelling the effects of acid deposition: refinements, adjustments and inclusion of nitrogen dynamics in the MAGIC model. *Hydrol Earth Syst Sci* 5:499-517
- Sofie Hellsten S, Persson C, Pihl Karlsson G, Akselsson C, Karlsson P E & Södergren H. (2010) Förbättrad modellering och mätning av belastningen från luftföroreningar - samverkan mellan Krondropps nätet och MATCH-modellen. IVL Rapport B1951.
- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Hellsten, S. & Pihl Karlsson, G. (2010a): Krondropps nätet — Tidsutveckling för lufthalter, nedfall och markvattenkemi i relation till förändringar av Europas emissioner, IVL Rapport B1896.
- Karlsson PE, Ferm M, Hultberg H, Hellsten S, Akselsson C & Pihl Karlsson G. (2010b). Totaldeposition av kväve till skog, Preliminär. IVL Rapport B1952.
- Naturvårdsverket. Miljömålen på ny grund. (maj 2011) Naturvårdsverket rapport 6433. Reviderad utifrån Naturvårdsverket rapport 6420.
- Nilsson, J. och Grennfelt, P-I., 1988. Critical Loads for Sulphur and Nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden, 19-24 March, 1988. Miljörapport 1988:15.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, j., Näsholm, T., Ericsson, L. 2005. Nitrogen deposition and the biodiversity of boreal forests: implications for the nitrogen critical load. *Ambio* 34, 20-24.

Naturvårdsverket, 2007. *Bara naturlig försurning*. Bilagor till underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålen. Naturvårdsverket Rapport 5780.

Pihl Karlsson, G., Nettelbladt, A., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P-E., Kronnäs, V. & Malm, G. 2008. Övervakning av luftföroreningar i Hallands län – mätningar och modellering. Resultat till och med september 2007. IVL Rapport B 1779. Samt flera liknande årsvisa länsrapporter från Krondropps nätet (www.krondroppsnetet.ivl.se).

SOU 2009:83

Sverdrup, H. & Warfvinge, P., 1995. Critical loads od acidity for Swedish forest soils. *Ecological Bulletins* 44, 75-89.

Regeringens proposition 2009/10:155

U.N. Economic and Social Council, 2010. Empirical critical loads and dose-response relationships. Economic Commission for Europe, Executive Body for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Working Group on Effects. ECE/EB.AIR/WG.1/2010/14.

Wallman, P., Svensson, M., Sverdrup, H., Belyazid, S., 2005. ForSAFE - An integrated process-oriented forest model for long-term sustainability assessments. *Forest Ecology and Management* 207, 19-36.