

För Södermanlands läns Luftvårdsförbund

# Tillståndet i skogsmiljön i Södermanlands län

**Resultat från Krondroppsnätet t.o.m.  
september 2011**

## Krondroppsnätet



Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson<sup>1)</sup>, Sofie Hellsten,  
Veronika Kronnäs & Per Erik Karlsson

B 2037

Juni 2012

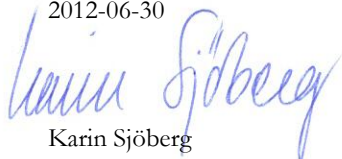
<sup>1)</sup> Lunds universitet



## Innehållsförteckning

|   |    |
|---|----|
| Inledning .....   | 3  |
| Mätningar inom Krondropps nätet .....                                       | 4  |
| Tillståndet i skogsmiljön i Södermanlands län.....                          | 5  |
| Södermanlands läns skogar – en introduktion.....                            | 5  |
| Försurningen i Södermanlands län – fortsatta problem? .....                 | 6  |
| Blir det för mycket kväve i Södermanlands läns skogar? .....                | 12 |
| Framtidsperspektiv .....  | 15 |
| Nytt för i år: mätningar av fosforfall .....                                | 16 |
| Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå ..... | 16 |
| Nya publikationer kopplade till Krondropps nätet.....                       | 18 |
| Aktuella händelser 2012 .....   | 20 |
| Krondropps dag 2013.....  | 20 |
| Krondroppsrapporter 2013 .....  | 20 |
| Krondropps nätet webbplats .....  | 20 |
| Referenser .....  | 20 |
| Bilaga 1. Stationsvis redovisning.....                                      | 22 |
| Bilaga 2. Årets data i tabellform - deposition och markvatten. ....         | 29 |
| Bilaga 3. Ord att förklara .....  | 31 |

Rapporten godkänd  
2012-06-30



Karin Sjöberg  
Enhetschef

|   |   |
|---|---|
| <b>Organisation</b><br>IVL Svenska Miljöinstitutet AB   | <b>Rapportsammanfattning</b>  |
| <b>Adress</b><br>Box 53021<br>400 14 Göteborg   | <b>Projekttitel</b><br>Tillståndet i skogsmiljön i Södermanlands län<br>Resultat från Krondroppsnetet t.o.m. september 2011<br><b>Anslagsgivare för projektet</b><br>Södermanland läns Luftvårdsförbund |
| <b>Telefonnr</b><br>031-725 62 00   |   |
| <b>Rapportförfattare</b><br>Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson, Sofie Hellsten, Veronika Kronnäs & Per Erik Karlsson  |   |
| <b>Rapporttitel och undertitel</b><br>Tillståndet i skogsmiljön i Södermanlands län. Resultat från Krondroppsnetet t.o.m. september 2011.   |   |
| <p><b>Sammanfattning:</b> På uppdrag av Södermanland läns Luftvårdsförbund mäter IVL Svenska Miljöinstitutet nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på två platser i länet. Målet med Krondroppsnetet är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastningen av luftföroreningar och deras effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med fördjupade modellberäkningar på regional nivå som baseras på modellberäkningar på nationell nivå med hög geografisk upplösning. Denna rapport fokuserar på redovisning av mätresultat. Den modellansats som ingår i denna rapport rör kommunvis deposition och försurning av sjöar.</p> <p>Emissionerna av svavel i Europa har minskat med ca 82 % sedan 1990, vilket i Södermanlands län återspeglas i minskande nedfall av svavel till skog vid de båda Krondroppsytorna och minskande halter av svavel i markvattnet vid en av dem. Det sura nedfallet har dock minskat markens buffringkapacitet, och det tar lång tid innan den försurade marken återhämtar sig. Markvattnet vid de två krondroppsytorna är inte försurat, men med tanke på att ca 14 % av sjöarna i länet har försurningsproblem (varav majoriteten är kalkade) bör det finnas marker med försurningsproblem. Sjöarna kan inte förväntas återhämta sig fullt ut förrän marken har återhämtat sig.</p> <p>Emissionerna av kväve har inte minskat i samma takt som svavel, 47 % för kväveoxider och 25 % för ammoniak sedan 1990. Trots minskningen syns inte många tecken på minskat kvävenedfall i länet. Interncirkulationen i trädskronorna gör att det ej går att använda krondroppsdata på samma sätt som för svavel. För kvävenedfall på öppet fält syns ingen signifikant minskning i Södermanlands län och nedfallet överskrider den kritiska belastningen på 5 kg per hektar och år som Sverige har antagit som skydd för vegetationen. Nitralthalterna i markvattnet är låga i länet, oftast under detektionsgränsen, men det förekommer något förhöjda ammoniumhalter, vilket skulle kunna förebåda ökade problem även med nitrat. Om det skulle inträffa innebär det negativa effekter både för övergödning och försurning.</p> <p>I takt med att nedfallet av svavel minskat och biomassaavtalet ur skogen ökat har skogsbrukets bidrag till försurningen ökat. I Södermanlands län har skogsbrukets bidrag beräknats till mellan 50 och 70 % beroende på om enbart stam eller även grenar och toppar (GROT) och stubbar tas ut. Andelen är dock något överskattad eftersom kvävet bidrag till försurningen begränsats till försurningseffekten efter avverkning.</p> <p>Resultaten visar på vikten av att minskningen av svavelemissionerna fortsätter och att åtgärder vidtas för att avsevärt minska kväveemissionerna. Arbete med detta måste bedrivas på lokal och regional nivå såväl som nationellt och internationellt. Vidare är det viktigt att skogsbrukets försurningspåverkan inte ökar. Försurningen vid uttag av GROT kan motverkas genom näringskompensation.</p> |   |
| <b>Nyckelord:</b> Deposition, svavel, kväve, skogsytorna, försurning, övergödning, krondropp, markvatten, lufthalter, Södermanlands län   |   |
| <b>Bibliografiska uppgifter</b><br>IVL Rapport B 2037   |   |
| <b>Rapporten beställs via:</b> Webbplats: <a href="http://www.ivl.se">www.ivl.se</a> , e-post: <a href="mailto:publikationsservice@ivl.se">publikationsservice@ivl.se</a> , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm   |   |

## Inledning

IVL Svenska Miljöinstitutet genomför sedan 1985 samordnade, länsbaserade undersökningar av lufthalter och nedfall av föroreningar till skogsmarken samt analyser av markvattenkemi inom Krondroppsnätet på uppdrag av luftvårdsförbund, länsstyrelser, Naturvårdsverket, kommuner m. fl. Målsättningen är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar uppskatta belastning från luftföroreningar på skogsekosystemen och dess inverkan på växtlighet, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för att möjliggöra ett samlat grepp främst för utvärdering av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* på regional nivå. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondroppsnätet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar*, *Hav i balans* samt *Storslagen fjällmiljö*.



I Södermanlands län finns två aktiva lokaler inom Krondroppsnätet, se kartan till vänster. Södermanlands län är beläget i östra Sverige, i ett område med förhållandevis låga halter av luftföroreningar jämfört med övriga delar av södra Sverige.

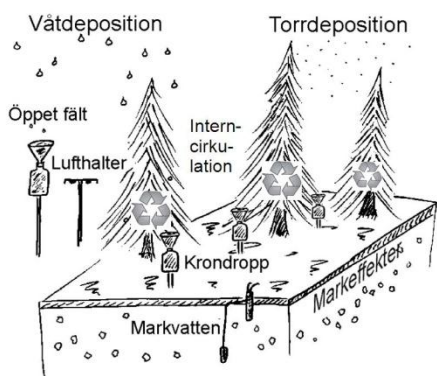
I denna rapport redovisas resultaten från mätningar från perioden januari 2010 till september 2011 och relateras till tidigare års mätningar. Först ges en allmän beskrivning av

mätningarna inom Krondroppsnätet. Därefter sammanfattas mätningarna utifrån de perspektiv på skogsmiljön som är mest relevant för Södermanlands län samt utifrån regionala miljömål. Detta följs av en redovisning av nedfallet av svavel och kväve till respektive kommun inom Södermanlands län, baserat på modellerade värden. Vi redovisar därefter de aktuella publikationer som producerats under året, baserat på Krondroppsnätets aktiviteter, och slutligen blickar vi framåt mot aktiviteter under 2012 och 2013.

I Bilaga 1 och 2 redovisas mätdata från de två aktiva lokalerna inom Södermanlands län i detalj, tillsammans med aktuell information om mätplatserna. I Bilaga 3 förklaras ord och begrepp som används i rapporten.

## Mätningar inom Krondroppsnätet

Mätningarna inom Krondroppsnätet bedrivs i 4-åriga programperioder, och nuvarande ”Program 2011” sträcker sig över perioden 2011-2014. Ett mätår är ett hydrologiskt år som motsvarar perioden 1 oktober till 30 september. Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondroppsnätets webbplats, [www.krondroppsnatet.ivl.se](http://www.krondroppsnatet.ivl.se). De månadsvisa mätningarna av deposition används för att beräkna den årliga depositionen vid mätplatsen, men bidrar även till att visa i vilken utsträckning de nationella modellberäkningarna av depositionen ger rimliga resultat.

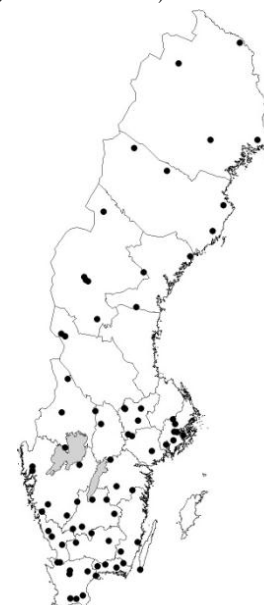


*Principskiss för mätningarna inom Krondroppsnätet. Nedfallet till skogsytorna består av våtdeposition och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i skogsekosystemen, vilket innebär att det som uppmäts i krondroppet är våtdeposition + torrdeposition ± interncirkulation.*

**Deposition av luftföroreningar** mäts månadsvis inom Krondroppsnätet, dels på öppet fält, dels i skogen (krondropp). Mätningarna på **öppet fält**, som skedde vid 30 lokaler 2010/11, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden. **Krondroppsmätningarna**, som skedde vid 61 lokaler under 2010/11, speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädkronorna. För vissa ämnen, exempelvis kväve, finns en betydande interncirkulation inom skogsekosystemen, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den totala depositionen.

**Lufthaltsmätningar** av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon skedde vid 19 lokaler under 2010/11 med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. Lufthaltsmätningarna ger bl.a. underlag för effektbedömningar, trendanalyser och jämförelser med miljömålet *Frisk Luft*.

**Markvattenmätningar** skedde vid 64 lokaler under 2010/11, Figur 1, med undertryckslysimetrar som suger vatten från 50 cm djup via ett fint, keramiskt filter. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år för att representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. Olika parametrar i markvattnet används som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan samt utlakning till grund- och ytvatten, för att se i vilken utsträckning utsläppsminskningar av luftföroreningar leder till förbättringar i miljötillståndet.



**Figur 1.** Krondroppsnätet under 2010/11. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

## Tillståndet i skogsmiljön i Södermanlands län

Svavelemissionerna i Europa har minskat med 82 % sedan 1990, vilket återspeglas i nedfall av svavel till skog vid de två Krondroppsytorna i Södermanlands län. Halten av svavel i markvattnet har minskat på en av två ytor. Det sura nedfallet har minskat markens buffringskapacitet och återhämtningen av marken tar lång tid. Det kvarstår också ett betydande kvävenedfall som även det verkar försurande.

Markvattnet vid de två krondroppsytorna är inte, och har inte, varit försurat, men cirka 14 % av länets sjöar är antropogent försurande, vilket innebär att det också finns försurade marker i länet. Det har skett en betydande återhämtning från försurning hos länets sjöar. Återhämtningen är starkt beroende av storleken på det kvarvarande sura nedfallet och på markens återhämtning - sjöarna kan inte återhämta sig fullt ut förrän marken återhämtats. Dessutom har bortförsel av biomassa från skogen i samband med avverkning en försurande effekt. I takt med att nedfallet av svavel minskat och biomassauttaget ur skogen ökat har skogsbrukets andel av försurningen ökat. I Södermanlands län har skogsbrukets bidrag beräknats till mellan 50 och 70 % beroende på om enbart stam eller även grenar och toppar (GROT) och stubbar tas ut.

Kväveemissionerna i Europa har inte minskat i samma takt som svavel, 47 % för kväveoxider och 25 % för ammoniak sedan 1990. För kvävenedfall är det svårare att påvisa tydliga trender. Interncirkulationen i trädkronorna gör att det ej går att använda krondroppsdata på samma sätt som för svavel. För kvävenedfall på öppet fält, som avspeglar nedfallet med nederbörden, syns ingen signifikant minskning i Södermanlands län. Kvävenedfallet till skogen i Södermanlands län ligger något över den kritiska belastningen för kvävenedfall till skydd för förändringar hos växtligheten.

Kvävenedfallet kan på sikt leda till en upplagring av kväve i skogsmarken. I slutändan kan detta medföra att nitrat läcker ut till grundvatten och rinnande ytvatten.

Markvattenmätningarna i länet vid aktiva, och tidigare vid nu nedlagda, ytor visar enstaka förhöjda nitrathalter och förhållandevis många förhöjda ammoniumhalter. Ammonium binds hårdare i marken och läcker inte ut från marken lika lätt som nitrat, men ofta förhöjda ammoniumhalter kan leda till ökad nitrifiering som i sin tur kan leda till nitratutlakning.

## Södermanlands läns skogar – en introduktion

Av Södermanlands läns areal utgörs 54 % av produktiv skogsmark (332 000 ha), vilket är nära genomsnittet för hela Sverige på 55 %. Av länets areal är vidare 25 % jordbruksmark. Endast 2,3 % av länets areal är skyddad natur, vilket är betydligt under riksgenomsnittet på 10 % och även under genomsnittet för Svealand. Skogens åldersfördelning i länet visar på en tydlig brist på gammal skog. Endast 3,5 % av den produktiva skogsmarksarealen är äldre än 120 år. Motsvarande siffra för Svealand är 11 % och för hela landet 13 %. Skogarna utgörs av ca 79 % barrskogar (32 % tallbestånd och 28 % granbestånd) och 7,5 % lövskogar. Tillväxten i skogarna mycket god.

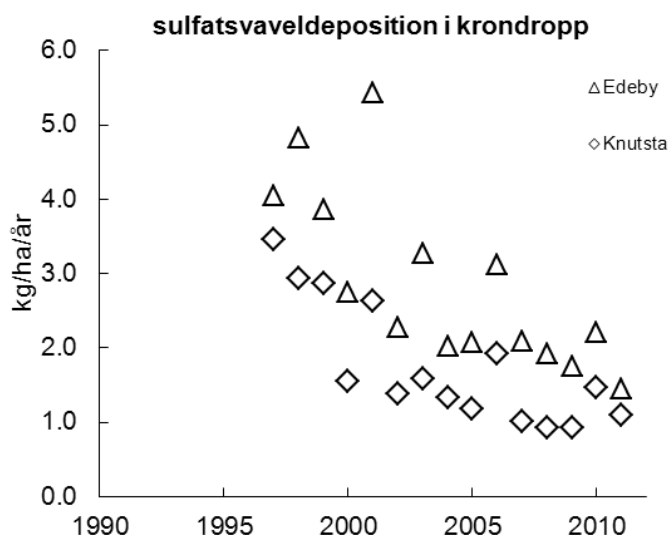
Landskapet i Södermanlands län är mycket blandat, med lövskogar, barrskogar och jordbruksmark om vartannat. Det finns större stråk med mer barrskogar vid Kolmården och från Hjälmarén mot Södertälje, och i det sistnämnda området finns åtminstone en del av sjöarna med försurningsproblematik. Längs Mälarens strand finns ett större sammanhängande jordbruksområde. Allt detta, tillsammans med en sedan länge stark mänsklig påverkan, gör Södermanland till ett mycket rikt och varierat landskap.

## Försurningen i Södermanlands län – fortsatta problem?

### De regionala miljömålen

Det finns ett regionalt miljömål uppsatt för Södermanlands län, att år 2010 skulle högst 5 % av antalet sjöar i Södermanlands län vara drabbade av försurning orsakad av människan. Detta mål anses vara nått.

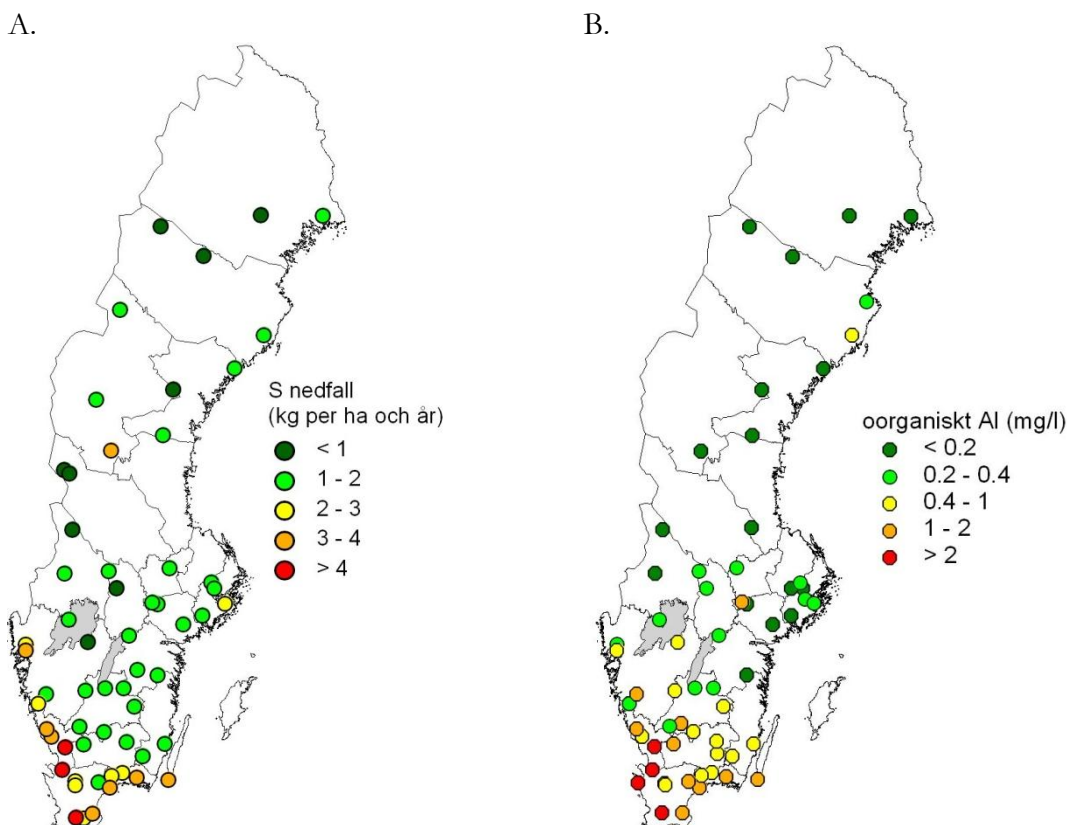
Mätningar av nedfallet av sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$ , bidraget från havssalt frändraget) till skogen som krondropp ger en bild av hur försurningsbelastningen av skogen i Södermanlands län förändrats under de senaste 15 åren. Mätningarna från Krondroppsnetet visar på en minskad svavelbelastning i Södermanlands län i takt med att utsläppen minskat (82 % sedan 1990, EMEP, 2011, gäller utsläppen från EU27, internationell fartygstrafik ej inkluderat). Svavelnedfallet till mätlokaler i Södermanland har minskat signifikant under de senaste 15 åren (Figur 2). Under 2000-talet finns dock ingen statistiskt säkerställd nedgång varken vid Edeby eller vid Knutsta. Det kvarstår ett årligt nedfall runt 1-2 kg svavel/ha. Edeby, som ligger närmare kusten än Knutsta, har alltid haft en högre deposition än Knutsta, ofta ca ett kg högre.



**Figur 2.** Nedfall av sulfatsvavel i krondropp exklusive bidrag från havssalt vid olika platser i Södermanlands län, uppmätt inom Krondroppsnetet.



Försurningssituationen i skogsmarken för landet som helhet visas i Figur 3, dels som svavelnedfall i krondropp under 2010/11 (Figur 3A), dels som halterna av oorganiskt aluminium i markvattnet 2005-2008 (Figur 3B). Gradienten i försurningsproblematiken från sydväst mot nordost framträder tydligt trots att nedfallet minskat betydligt under senare år. Södermanlands län ligger i en gränsszon i mellersta Sverige där försurningen av markvattnet avtar norrut.

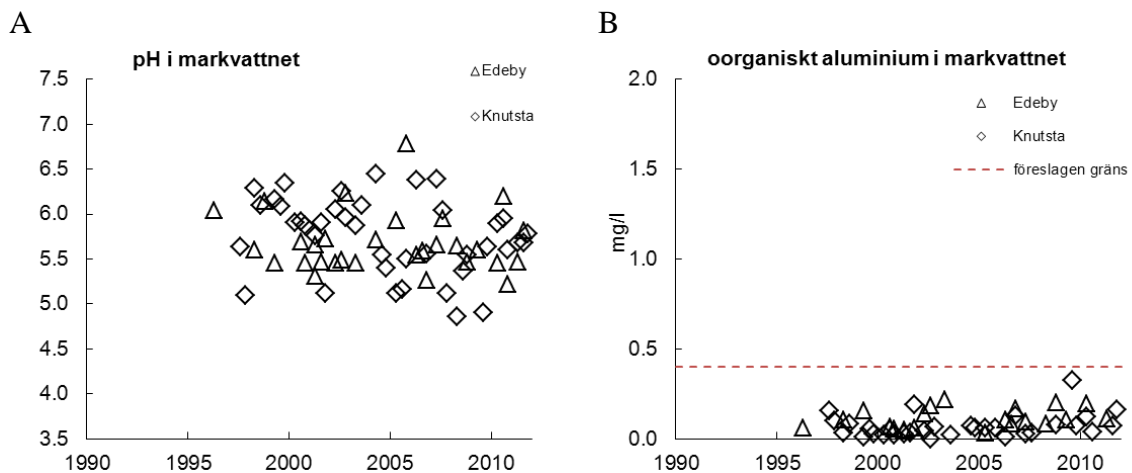


**Figur 3.** Svavelnedfall via krondropp, hydrologisk årsdeposition 2010/11 (A) och oorganiskt aluminium i markvattnet (median för mätningar oktober 2005 – september 2008), som ofta används som indikator på försurningstillståndet (B). Gränsen 0,4 mg oorganiskt aluminium per liter har föreslagits som kritisk gräns.

Markvattnet är det vatten som rör sig i marklagren under rotzonen men ovanför grundvattnet. Det utgör en länk mellan skogsmarken och rinnande ytvatten. Försurning av markvattnet kan beskrivas med hjälp av olika parametrar som alla ger lite olika aspekter på försurningen, såsom pH, syraneutraliserande förmåga och halter av det toxiska ämnet oorganiska aluminium (oorg-Al, Figur 3B). Oorg-Al finns på förslag att ingå som en precisering för uppföljning av miljömålet "Bara naturlig försurning". Den koncentration av oorganiskt aluminium som föreslås som det gränsvärde som inte bör överskridas är 0,4 mg/l (Gustavsson m. fl., 2011).

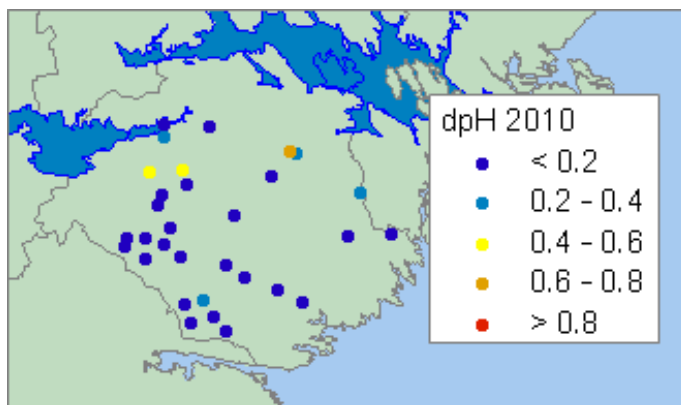
Bedömningen av vid vilket pH som markvattnet kan anses försurat beror till viss del på vilken berggrund som föreligger i området m.m. Ett pH < 4,5 anses dock i de flesta fall

indikera kraftig försurning, medan pH i området 4,5 – 5,0 kan indikera risk för försurning. Ingen av ytorna i Södermanlands län ligger inom riskområdet för försurning. pH i markvattnet är över 5,0 vid alla utom två mätningar vid Knutsta och alltid en bra bit över 5,0 vid Edeby (Figur 4A). Halterna av oorganiskt aluminium ligger inte över det föreslagna gränsvärdet (Figur 4B).



**Figur 4.** pH (A) och halten oorganiskt aluminium (oorg-Al) (B) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser i Södermanlands län, uppmätt inom Krondroppsnetet.

Försurad skogsmark, orsakad av försurande nedfall, kan leda till sjöförsurning om avrinningen till sjön till stor del kommer från skogsmark. Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket, 2007) är sjöar antropogent försurade om deras pH-värde minskat med minst 0,4 enheter sedan förindustriell tid. Olika skattningar av sjöförsurning har gett varierande resultat, men enligt den senaste skattningen är knappt 5 % av länets sjöar antropogent försurade och okalkade, och ytterligare cirka 9 % av länets sjöar skulle varit försurade om de inte hade kalkats (Fölster m.fl., 2012, Figur 5). Under 2009 spreds knappt någon kalk i vattendrag i Södermanlands län. Det har skett en betydande återhämtning från försurning hos länets sjöar, men återhämtningen kan t.o.m. riskera att avstanna, då den är starkt beroende av storleken på det kvarvarande sura nedfall som fortfarande sker till skogen samt även av hur stort uttag av biomassa som sker från skogen.

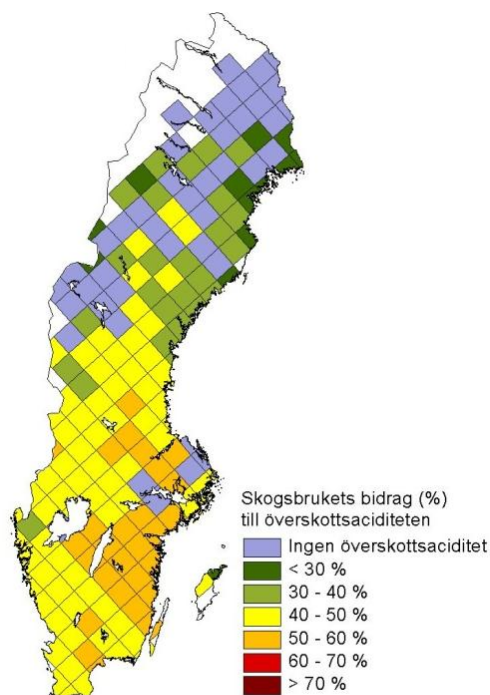


**Figur 5.** pH-förändring sedan förindustriell tid (dpH) i sjöar 2010, baserat på MAGIC-biblioteket. En sjö räknas som antropogent försurad om pH som årsmedian har sjunkit med minst 0,4 enheter sedan förindustriell tid (dpH > 0,4), vilket markeras med gula, orange och röda symbolerna på kartan. Analysen inkluderar kalkade försurade sjöar baserat på beräknad vattenkemi om man inte hade kalkat.

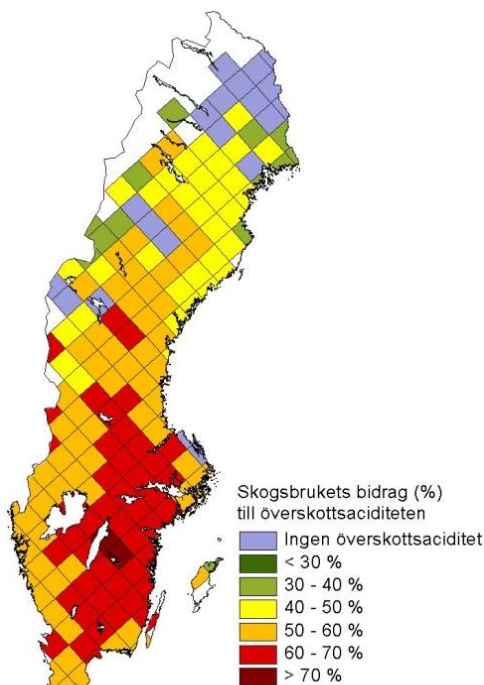
När det sura nedfallet har minskat blir den försurande inverkan av uttaget av biomassa från skogen en betydelsefull faktor. Beräkningar av storleken på denna försurande verkan i relation till försurningen orsakad av surt nedfall visas i Figur 6 (Akselsson m. fl., 2012). Beräkningarna är starkt förenklade, exempelvis antas att skogen tar upp allt kväve så att enbart det kväve som läcker i hyggesfasen verkar försurande. Därmed underskattas sannolikt nedfallets bidrag. Man kan ändå dra slutsatsen att redan dagens skogsbruk sannolikt påverkar försurningssituationen i Södermanland och att denna påverkan kommer att öka avsevärt om uttaget av biomassa från skogen ökar, t ex i form av uttag av GROT (grenar och toppar) och stubbar. Beräkningarna visar på de konflikter som kan uppstå med ett för stort uttag av biomassa från skogen och vikten av att dessa faktorer övervakas framöver.

Beräkningar av ett kritiskt uttag av baskatjoner (främst förknippat med biomassauttag) skulle kunna användas som en indikator för hur mycket biomassa som kan tas ut från skogen, på samma sätt som kritisk belastning för försurande nedfall används som ett mått på hur mycket nedfallet måste begränsas (Akselsson m. fl., 2012). Om den mängd baskatjoner som bortförs från skogsekosystemen via uttaget av biomassa vid avverkning överskrider det kritiska uttaget finns det risk för att skogsbruket i längden inte är hållbart. De första beräkningarna visar att det kritiska uttaget av baskatjoner överskrids i Södermanlands län om GROT tas ut (Akselsson m. fl., 2012).

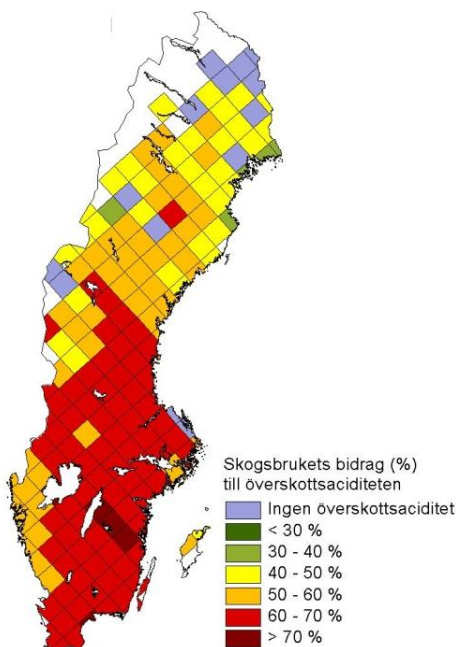
a. Stamvedsuttag i granskog



b. Stamveds- och grotuttag i granskog



c. Stamveds-, GROT- och stubbuttag i granskog

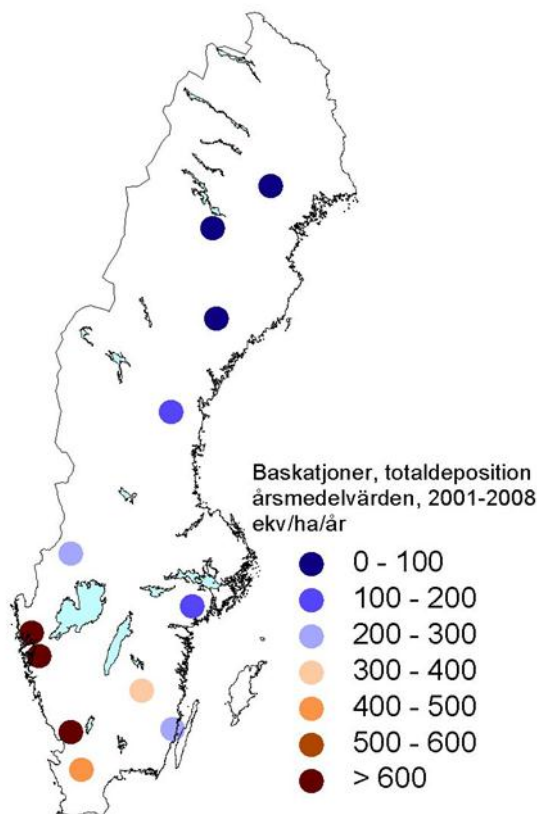


**Figur 6.** Skogsbrukets bidrag till försurningen i granskog vid olika uttagsscenarier: vid endast stamvedsuttag (a), vid uttag av stamved och GROT (b) samt vid uttag av stamved, GROT och stubbar (c). Skogsbrukets bidrag till försurningen har beräknats på beståndsnivå genom att jämföra aciditetstillskottet från försurande nedfall med aciditetstillskottet som kommer av nettoupptaget av baskatjoner i träden. Från Akselsson m.fl. (2012).

Mot försurningen verkar som nämnts ovan tillgången på s.k. baskatjoner (ex. kalcium, magnesium, kalium). Baskatjoner tillförs skogsmarken genom vittring och nedfall från luften, medan läckage till grundvatten och ytvatten tillsammans med uttag av biomassa från skogen bidrar till bortförsl av baskatjoner från skogsekosystemen. Försurningen av skogsmarken har medfört, och medför, ett omfattande läckage av baskatjoner från skogsmarken till avrinningen. Vittringen en mycket långsam process och återställandet av baskatjoner i skogsmarken går därför långsamt. Dessutom förutses ett framtida ökat uttag av biomassa från skogen. Nedfallet av baskatjoner till skogen blir därför en viktig faktor för skogsekosystemen i Södermanlands län så väl som i övriga Sverige.

Nedfallet av baskatjoner till skogen är svårt att mäta på grund av att det sker ett omfattande läckage av baskatjoner ut från trädskronorna som en del av en intern cirkulation inom skogsekosystemen. Beräkningar av nedfallet av baskatjoner måste därför grunda sig på nedfallsmätningar till öppet fält i kombination med ett antagande för torrdepositionen till skogen. Liksom vad gäller kväve (se nedan) har det inom Krondropps nätet bedrivits en metodutveckling för att kunna beräkna andelen torrdeposition av det totala nedfallet av baskatjoner till skogen.

Det samlade nedfallet av baskatjoner vid Edeby har beräknats till strax under 200 ekv/ha/år (Figur 7). Detta nedfall bidrar till att neutralisera försurningen av skogsmarken, men även till att förbättra näringsbalanserna för skogsekosystemen i Södermanlands län. Dock är nedfallet av baskatjoner till skogen i Södermanlands län litet jämfört med det som beräknats för västkusten och för Skåne.



**Figur 7.** Det beräknade årliga nedfallet av baskatjoner (Ca, Mg, K) till granskog vid olika platser i Sverige. Nedfallet har beräknats som summan av torr- och våtdeposition, baserat på mätningar i krondropp, nederbörd på öppet fält samt med s.k. strängprovtagare (Karlsson m. fl., 2012). Den blå punkten i Södermanlands län representerar Edeby.

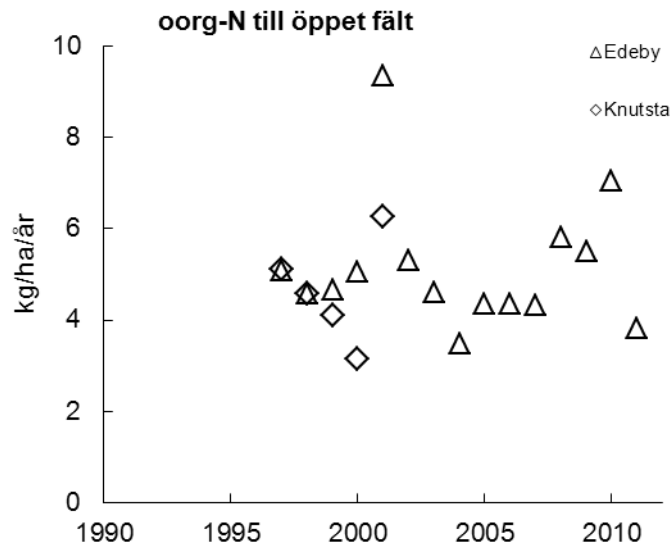
## Blir det för mycket kväve i Södermanlands läns skogar?

Runt 1950 började nedfallet av kväve till skogen i Sverige öka kraftigt för att nå sin kulmen troligen i slutet av 1990-talet. Utsläppen av oxiderat (kväveoxider) och reducerat (ammoniak) kväve från Europa har minskat med respektive 47 och 25 % sedan 1990 (EMEP, 2011, gäller utsläppen från EU27, internationell fartygstrafik ej inkluderat). Trots det har det varit svårt att påvisa att kvävenedfallet till den svenska skogen har minskat. Detta beror delvis på att det är svårt att mäta kvävenedfall till skogen eftersom kvävet kan tas upp direkt till trädskronorna. Det kan delvis även bero på att det försiggår kemiska interaktioner i atmosfären mellan kväve och andra luftföroreningar, vilket påverkar hur mycket av kvävet i luften som faller ner till skogen.

Effekterna av kvävenedfallet till skogen i Södermanlands län är svårare att påvisa, jämfört med svavelnedfallet, men de är icke desto mindre betydelsefulla. Kvävenedfallet kan leda till en upplagring av kväve i skogsmarken om nedfallet är större än det kväve som förs bort vid avverkning. I slutändan kan detta leda till att nitrat läcker ut till grundvatten och rinnande ytvatten. En kanske viktigare aspekt för Södermanlands län är att kvävenedfallet kan leda till förändringar vad gäller artsammansättningen hos skogens undervegetation. Olika gräsarter kan öka på bekostnad av olika ris, t ex blåbär. Den kritiska belastningen för kvävenedfall till skydd för förändringar hos växtligheten har inom Europa fastställts till mellan 5 och 10 kg N/ha/år. Sverige har på grund av sina känsliga ekosystem antagit den lägre gränsen 5 kg N/ha/år.

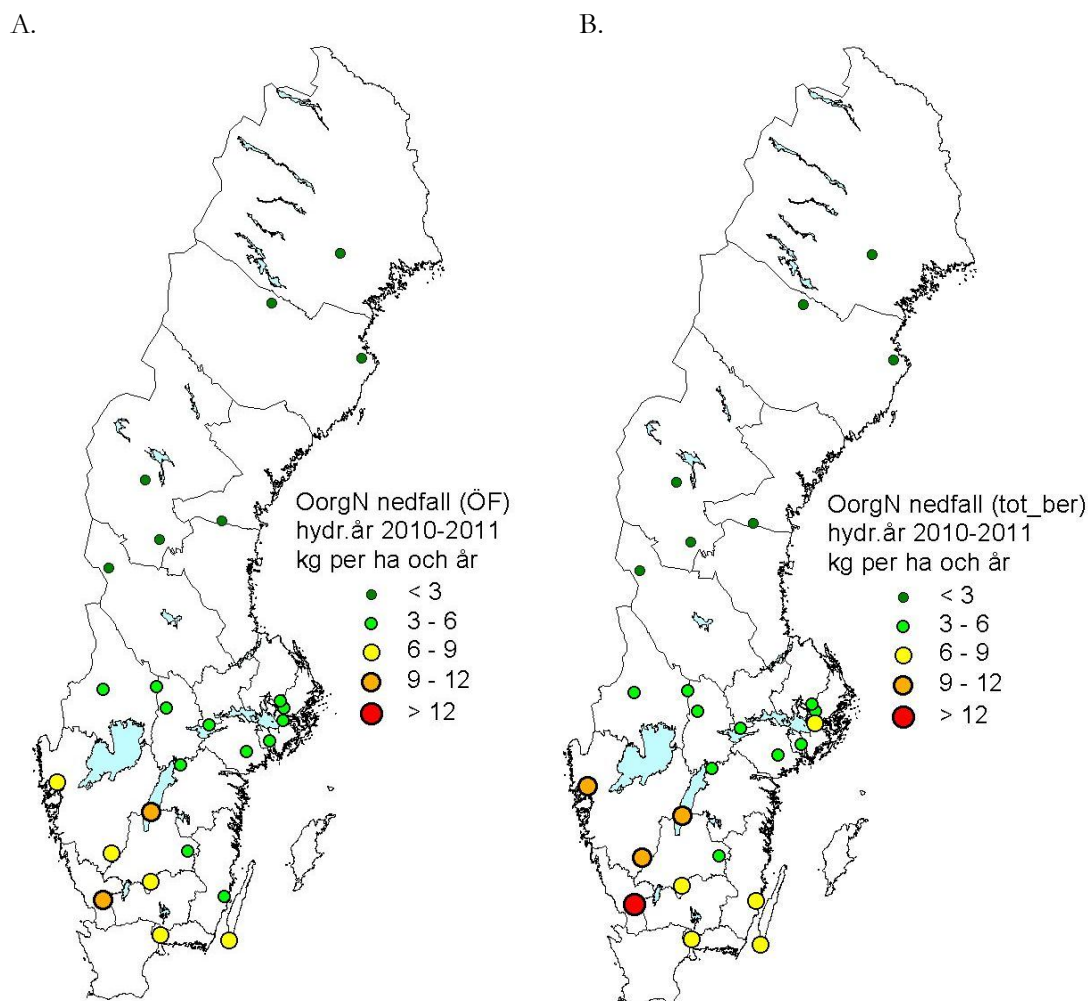
Kvävenedfallet i Sverige sker huvudsakligen i form av oorganiskt kväve, som nitrat ( $\text{NO}_3$ ) och ammonium ( $\text{NH}_4$ ), men det sker även ett visst nedfall av organiskt kväve. Nedfallet av kväve till skogen är svårt att mäta direkt på grund av att kvävet kan tas upp direkt till trädskronorna. Krondroppsämätningar kan därför inte användas på samma sätt som för svavel utan man får istället använda mätningar av våtdeposition på öppet fält och därefter lägga till ett uppskattat bidrag från torrdepositionen.

Kvävenedfallet med nederbörden till öppet fält har inte förändrats i någon större utsträckning sedan 1997 (Figur 8). Det årliga nedfallet både vid Edeby och vid Knutsta, när det mättes där, har genom åren varierat kring ca 5 kg N/ha för att under 2010/11 var runt 4kg/ha. Beräkningar av torrdepositionen av kväve utifrån surrogatytor, så kallade strängprovtagare, har indikerat att andelen torrdeposition av den totala oorganiska kvävedepositionen till skogen ligger kring 14 % i Södermanlands län. Det samlade årliga kvävenedfallet till skogen i Södermanlands län skulle således under 2010/11 vara strax under 5 kg N/ha. Kvävenedfallet till skogen i Södermanlands län ligger således med stor sannolikhet på den kritiska belastningsgränsen för kväve, med risk för skador på vegetationen.



**Figur 8.** Nedfall av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ) med nederbörden till öppet fält vid Edeby och Knutsta i Södermanlands län, uppmätt inom Krondroppsnetet.

I Figur 9A visas nedfallet av oorganiskt kväve till öppet fält för landet som helhet, som ett medelvärde för de två senaste hydrologiska åren, 2009/10 samt 2010/11. I Figur 9B visas en uppskattning av det totala oorganiska kvävenedfallet över Sverige, inklusive torrdeposition. Grunddata från Figur 9A har multiplicerats med en uppskalningsfaktor baserat på analyser från Karlsson m.fl. (2011a). Observera att i denna uppskattning är inte det organiska kvävet medräknat. Eftersom mätningarna till öppet fält i Skåne flyttades under 2010 finns data för Skåne inte med i denna analys.

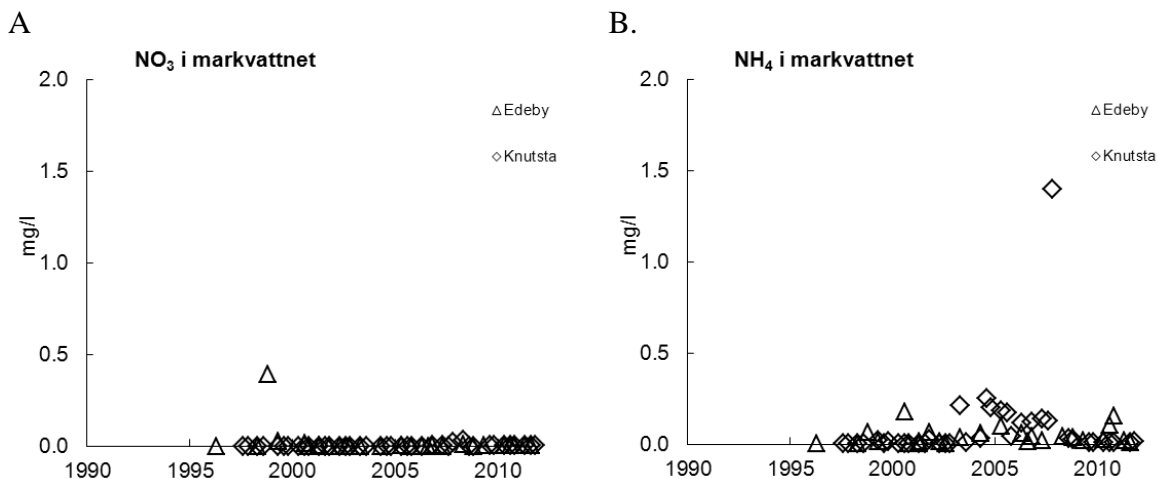


**Figur 9.** A) Oorganiskt kvävenedfall på öppet fält (medelvärde för de hydrologiska åren 2009/10 & 2010/11). B) Beräknad totaldeposition av oorganiskt kväve till skog (medelvärde för de hydrologiska åren 2009/10 & 2010/11), baserat på figur A, multiplicerat med en uppskalningsfaktor baserat på analyser från Karlsson m.fl. (2011a).

Tillväxten i skogar i Sverige anses generellt vara kvävebegränsad, och dessa skogsekosystem har en mycket stor förmåga att lagra kväve. Förhöjda halter av nitrat uppträder därför sällan i markvattnet i dessa system. Mätningar av halter av nitrat i markvattnet inom Södermanlands län uppvisar inte halter över detektionsgränsen annat än i sällsynta fall (Figur 10). Övergripande visar markvattenmätningarna i länet således ännu inte på något begynnande läckage av nitrat från skogsmarken i Södermanlands län. Det finns exempel från andra krondroppsytor i södra Sverige på att när trädens upptag av kväve från skogsmarken på något sätt begränsas, såsom vid avverkning eller vid stormskador, kan halterna av nitrat i markvattnet stiga kraftigt på kort tid. Någon liknande situation har ännu ej uppstått vid någon yta i Södermanlands län. Dock har både Knutsta och nu nedlagda ytor haft förhöjda halter av ammonium i markvattnet. Ammonium binds hårdare i marken



än nitrat och förekommer normalt inte i så höga halter. Ammonium läcker inte ut i avrinningen i någon större utsträckning. Ofta förekommande höga ammoniumhalter kan dock stimulera nitrifieringen i marken och så på sikt leda till nitratutlakning,



**Figur 10.** Halterna av nitrat (A) och ammonium (B) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser i Södermanlands län, uppmätt inom Krondroppsnätet.

## Framtidsperspektiv

Skogsmarken i Södermanlands län har historiskt sett varit utsatt för en betydande försurning. Nedfallet av svavel har dock minskat dramatiskt, medan kvävenedfallet, som också verkar försurande, ligger kvar på en betydande nivå. Markvattnets kemiska egenskaper vid de två nu aktiva Krondroppsytorna har inte varit försurade, men 14 % försurade sjöar visar att det finns försurad skogsmark på flera håll i länet. Försurningen har dessutom medfört förluster av näringsämnen från skogsmarken, såsom baskatjonerna kalcium kalium och magnesium. Detta måste ersättas genom vittring samt med nedfallet av baskatjoner från luften.

Skogen i Södermanlands län är mycket produktiv, och ett ökat uttag av biomassa från skogen kan medföra fortsatta förluster av näringsämnen från skogsekosystemen. Därför är det viktigt att näringstillstånden i skog och vatten övervakas framgent, dels med provtagningar, dels med näringsbalansberäkningar. Det sistnämnda kompliceras dock av svårigheter med att beräkna vittringshastigheter.

Kvävenedfallet till skogarna i Södermanlands län är fortsatt högt, omkring den kritiska gräns som satts för att reducera riskerna för att skogarnas undervegetation påverkas.

Man bör därför sträva efter att fortsatt reducera lokala utsläpp av svavel och kväve inom länets gränser samt att genom internationella förhandlingar påverka Europas länder att fortsatt minska sina utsläpp, för att därigenom minska påverkan från långdistanstransporterade luftföroreningar på Södermanlands skogar. Arbete med detta måste bedrivas på lokal och regional nivå såväl som nationellt och internationellt.

- Nedfallet till skogen och de kemiska egenskaperna hos markvattnet behöver fortsatt övervakas, minst med nuvarande två Krondroppsytor inom länet.
- Lokala utsläpp måste minska (kväve) alternativt fortsatt hållas låga (svavel).
- Uttaget av biomassa från den sörmländska skogen måste hållas på en hållbar nivå.

## Nytt för i år: mätningar av fosfornedfall

Fosfor förekommer i alla djur och växter. I olika former är fosfor oumbärlig för kroppens funktioner. Fosforföreningar rör sig i luften främst genom partikeltransport. Damm och aerosoler, fina luftburna partiklar, som innehåller fosfor kan transporteras långa sträckor. Organiska substanser, t.ex. pollen, innehåller alltid fosfor. Minerogena partiklar kan innehålla varierande mängd fosfor beroende på ursprung. Antropogena fosforutsläpp tros vara störst via jorderosion, men även förbränningsprocesser kan ge betydande utsläpp. Andra fosforkällor till atmosfären är vulkaner, meteoriter samt havet.

Fosfordynamiken i skogsmark är en viktig pusselbit för förståelsen av skogecosystemens näringsdynamik, 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. Därmed ökar utarmningen av ekosystemen, vilket 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 fosfordynamiken. Detta var orsaken till att vi från januari 2011 började mäta fosfor vid 15 ytor i Sverige där både öppet fält samt krondropp mäts. I Södermanlands län mäts fosfor vid Edeby. Resultaten från dessa mätningar kommer att presenteras i nästa årsrapport då det ännu inte finns mätningar för ett helt hydrologiskt år.

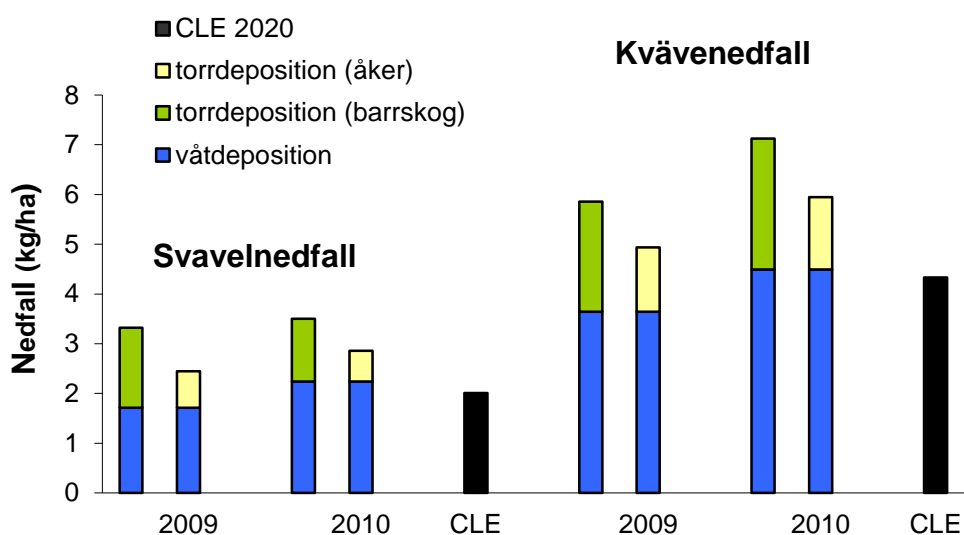
## Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå

Inom Krondroppsnetet modellberäknas deposition på regional nivå som ett komplement till mätningarna. Detta kan ge en mer omfattande geografisk täckning jämfört med vad mätningarna ger. Modellberäkningar ger dessutom möjlighet att utvärdera andra parametrar än de som mäts. Ytterligare en fördel är att modeller kan användas för att beräkna framtida trender vid olika utsläppsscenarier.

I detta kapitel presenteras modellberäknat nedfall av svavel och kväve baserat på beräkningar med det s.k. ”MATCH-Sverige”-modellsystemet som SMHI driver på uppdrag

av Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning (Persson m.fl., 2004). I MATCH-modellen anpassas de modellberäknade halterna av föroreningar i luft och nederbörd till atmosfärskemiska mätdata från de svenska och norska EMEP-stationerna samt Luft- och nederbördskemiska nätet med hjälp av s.k. Optimal Interpolation i gridrutor på 20 x 20 km.

Länsvis och kommunvis deposition för svavel och kväve i barrskog och på åkermark har tagits fram genom att beräkna medelvärdet för de depositionsrutor som ingår i respektive län/kommun (en viktning med kommunens/länets andel av arean för respektive depositionsruta). Nedfallet redovisas på länsnivå i Figur 11 och på kommunnivå i Tabell 1. Där redovisas också en beräkning för år 2020 enligt depositionsscenarioet CLE, Current legislation. Detta är ett slags basscenario som utgår från dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa. För CLE-scenariet har ett medelvärde beräknats för de markanvändningsslag som ingår i länet/kommunen, och det finns därmed ingen uppdelning på barrskog och åkermark så som det gör för årsberäkningarna.



**Figur 11.** Modellberäknat nedfall av antropogent svavel och oorganiskt kväve (kg per hektar och kalenderår) i Södermanlands län, fördelat på våt- respektive torrdeposition under 2009-2010 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen. De nedre staplarna anger våtdepositionen och de övre staplarna anger torrdepositionen (till barrskog eller åkermark).

Det modellerade totala svavelnedfallet (utan havssalt) i Södermanlands län beräknades till omkring 3,3 - 3,5 kg per hektar och år i barrskog och 2,4 - 2,9 kg per ha på åkermark under 2009-2010. Kvävenedfallet beräknades till omkring 5,9 - 7,1 kg per hektar och år i barrskog och 4,9 - 6,0 kg på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 2,0 kg svavel och 4,3 kg kväve per hektar till år 2020.

**Tabell 1.** Totalt svavelnedfall (utan havssalt) och kvävenedfall på kommunnivå i Södermanlands län under 2009-2010 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

| Kommun                   | Svavelnedfall (kg/ha) |            |            |            | CLE*       | Kvävenedfall (kg/ha) |            |            |            | CLE*       |
|--------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|
|                          | barrskog              |            | Åkermark   |            |            | barrskog             |            | åkermark   |            |            |
|                          | 2009                  | 2010       | 2009       | 2010       | 2020       | 2009                 | 2010       | 2009       | 2010       | 2020       |
| Eskilstuna               | 3.0                   | 3.3        | 2.3        | 2.7        | 1.9        | 6.0                  | 7.0        | 4.9        | 5.7        | 4.2        |
| Flen                     | 3.2                   | 3.3        | 2.5        | 2.8        | 2.0        | 6.1                  | 7.3        | 5.1        | 6.1        | 4.6        |
| Gnesta                   | 3.4                   | 3.4        | 2.5        | 2.8        | 2.1        | 5.5                  | 6.7        | 4.8        | 5.6        | 4.5        |
| Katrineholm              | 3.3                   | 3.5        | 2.6        | 3.0        | 1.9        | 6.5                  | 7.8        | 5.5        | 6.5        | 4.3        |
| Nyköping                 | 3.5                   | 3.8        | 2.5        | 3.0        | 2.2        | 5.7                  | 7.3        | 4.9        | 6.2        | 4.4        |
| Oxelösund                | 3.8                   | 4.1        | 2.6        | 3.1        | 2.4        | 5.2                  | 7.0        | 4.5        | 6.0        | 3.9        |
| Strängnäs                | 3.1                   | 3.3        | 2.2        | 2.6        | 1.9        | 5.3                  | 6.4        | 4.4        | 5.2        | 4.2        |
| Trosa                    | 3.3                   | 3.5        | 2.3        | 2.7        | 2.3        | 5.1                  | 6.3        | 4.5        | 5.5        | 4.9        |
| Vingåker                 | 3.4                   | 3.5        | 2.7        | 3.0        | 1.9        | 6.9                  | 8.0        | 5.7        | 6.6        | 4.2        |
| <b>Södermanlands län</b> | <b>3.3</b>            | <b>3.5</b> | <b>2.4</b> | <b>2.9</b> | <b>2.0</b> | <b>5.9</b>           | <b>7.1</b> | <b>4.9</b> | <b>6.0</b> | <b>4.3</b> |

\* Ett basscenario baserat på dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa (medelvärde för de mark-användningslag som ingår i kommunen).

## Nya publikationer kopplade till Krondropps nätet

Under året har ett antal rapporter skrivits där data från Krondropps nätet ingått. Ett urval av dessa rapporter beskrivs kortfattat nedan. Det bör observeras att nedan presenterade rapporter ofta har haft andra finansörer än Krondropps nätet, exempelvis har Naturvårdsverket finansierat flertalet övriga rapporter. I denna rapport redovisas ej vilka forskningsprojekt som Krondropps nätet nu samarbetar med, för detta hänvisas till tidigare rapporter.

Krondropps nätet har även bidragit med underlag till den nya fördjupade utvärderingen av miljömålen som presenterades den 14 juni 2012 (Naturvårdsverket, 2012). I den fördjupade utvärderingen presenteras förslag till fokusområden för den framtida miljöpolitiken. Vart fjärde år görs en fördjupad utvärdering av Sveriges 16 miljö kvalitetsmål. I år ingår för första gången en analys av generationsmålet.

### Klara publikationer:

- **Förbättrad modellering och mätning av belastningen från luftföroreningar - samverkan mellan Krondropps nätet och MATCH-modellen, IVL Rapport B 1951.** Rapport som kom ut i november 2010 där ett antal förslag till utvecklingsprojekt som kan bidra till att förbättra både mätningar och modellering av nedfallet av luftföroreningar över Sverige tagits fram (Hellsten m.fl., 2010)
- Som nämndes i förra årets rapport har en vetenskaplig publikation skrivits och publicerats i Environmental Pollution i juni 2011. Artikeln: **Reduced European Emissions Of S And N Effects On Air Concentrations, Deposition And Soil**

**Water Chemistry In Swedish Forests** uppmärksammades av EU-kommissionens nyhetstjänst för beslutsfattare inom miljöområdet. Artikeln baseras på resultat från 20 års mätningar inom Krondroppsnetet (Pihl Karlsson m.fl., 2011a). Artikeln blev utvald att vara med i "Science for Environment Policy" som är en nyhetssajt utformad för att hjälpa beslutsfattare att hålla sig uppdaterade om den senaste miljöforskningen och går ut till 13 500 läsare. Nyhetsbrevet kan läsas här: [http://www.krondroppsnetet.ivl.se/download/18.3175b46c133e617730d800012145/KD\\_Artikel+p%C3%A5+DG\\_Env.pdf](http://www.krondroppsnetet.ivl.se/download/18.3175b46c133e617730d800012145/KD_Artikel+p%C3%A5+DG_Env.pdf)

- **Mätningar och modellberäkningar inom Krondroppsnetet som underlag för nationell och regional miljömålsuppföljning, IVL Rapport B 1973.** Temarapport inom Krondroppsnetet som utkom i maj 2011. Rapporten handlar om hur mätningar och modellering inom Krondroppsnetet kan användas för uppföljning av miljö kvalitetsmål och miljö kvalitetsnormer på ett bättre sätt än vad som sker idag. Förslag på nya indikatorer där Krondroppsnetets mätningar och modelleringar kan användas presenteras ingående i rapporten (Karlsson m.fl., 2011 b).
- **Totaldeposition av kväve till skog, IVL Rapport B 1952.** Rapport som utkom i september 2011 och där det totala nedfallet av oorganiskt kväve, d.v.s. summan av våt- och torrdepositionen, har beräknats med en nyligen utvecklad metod baserad på torrdepositionen till strängar av teflon placerade under tak, samt på nettokrondroppet av natrium. De antaganden som ligger till grund för metoden är att depositionen av natrium inte påverkas av interaktioner (upptag och/eller läckage) med träd kronorna samt att den relativa fördelningen av torrdepositionen av olika ämnen är densamma till teflontrådarna som till träd kronorna. Uppskattningar av nedfallet av kväve till skogen dras med vissa metodproblem eftersom en viss andel av det kväve som deponeras på träd kronorna tas upp direkt av bladen och barren och därmed inte når insamlarna för krondropp (Karlsson m.fl., 2011a).
- **Totaldeposition av baskatjoner till skog, IVL Rapport B 2058.** Rapport som kommer att publiceras under sommaren 2012, där det totala nedfallet av baskatjoner uppskattas med en likande metod som beskrivits i IVL Rapport B 1952 ovan. Med hjälp av strängprovtagare samt nedfallsmätningar på öppet fält och i krondropp beräknas den partikelbundna torrdepositionen av baskatjoner för 12 platser i landet under en period av 8 år (Karlsson m.fl., 2012).
- **Kvävedepositionen till Sverige. Jämförelse av depositionsdata från Krondroppsnetet, Luft- och nederbördskemiska nätet samt EMEP, IVL Rapport B 2030.** Rapport som utkom i januari 2012 och som innefattar en studie av trender för nedfallet av kväve med nederbörden över Sverige inom de tre mätnäten Luft- och Nederbördskemiska nätet (LNKN), EMEP samt Krondroppsnetet. Analyserna gäller bulkdeposition. Metod föreslås för att möjliggöra en rutinmässig övervakning även av torrdepositionen av kväve, något som ej genomförs i något av ovan nämnda mätnät i Sverige idag. En omfattande analys av medelvärden för ett flertal mätplatser, uppdelat på tre olika regioner, norra, sydöstra och sydvästra området, och på två olika tio-årsperioder, 1990-1999

och 2000-2010, har genomförts. Resultat från de två mätnäten Krondropps nätet och LNKN har använts tillsammans i analysen (Pihl Karlsson m.fl., 2012).

## Aktuella händelser 2012

Under 2012 kommer mätutrustningen som används för provtagning över öppet fält att bytas ut till en mer stabil provtagare som samlar in nederbörden på ett mer korrekt sätt i synnerhet vad gäller snö. Vid ett flertal platser finns redan den nya utrustningen som skall användas i framtiden. I samband med dessa besök kommer även all övrig utrustning att ses över och provtagningspersonalen kommer att utbildas.

## Krondropps dag 2013

Under våren 2013 planerar vi att liksom 2009 ha en Krondropps dag där vi skall presentera resultat, diskutera olika typer av frågor med varandra, men även hur vi vill lägga upp arbetet med Krondropps nätet i framtiden från 2015 då en ny programperiod börjar.

## Krondroppsrapporter 2013

Under 2013 kommer resultaten från 2011/2012 att redovisas i en nationell rapport, enligt programbeskrivningen för Krondropps nätet 2011-2014 (Pihl Karlsson m.fl. 2011b). Dessutom kommer en temarapport att ges ut som eventuellt inriktas på länens emissioner i förhållande till nedfallet av luftföroreningar i länet.

## Krondropps nätet webbplats

På Krondropps nätet webbplats ([www.krondroppsnetet.ivl.se](http://www.krondroppsnetet.ivl.se)) presenteras överskådligt information om hur vi arbetar inom Krondropps nätet när det gäller provtagning, analyser och databearbetning. På webbplatsen redovisas resultat från mätningarna och modellberäkningarna i form av mätdata, kartor och rapporter. Webbplatsen uppdateras kontinuerligt med ny information. Om ni har önskemål och funderingar på dess utformning kontakta oss gärna via e-post genom: [gunilla@ivl.se](mailto:gunilla@ivl.se)

## Referenser

- Akselsson, C., Hellsten, S., Belyazid, S. 2012. Underlag till FU Bara naturlig försurning 2012 - Kritisk belastning för skogsmark, trender i markvatten och skogsbrukets påverkan. Rapport till Naturvårdsverket.
- EMEP, 2011. European Monitoring and Evaluation Programme ([www.emep.int](http://www.emep.int)). Emissionsdata hämtat 2012-06-26.

- Fölster, J. and Valinia, S. (2012). Försurningsläget i Sveriges ytvatten 2010. Komplettering till rapport 2011:24. Underlag till utvärdering av miljömålet ”Bara naturlig försurning. Rapport 2012:5, Institutionen för vatten och miljö, SLU.
- Gustafsson, J-P., Karlton, E., Lundström, U., Westling, O. (2001). Urvalskriterier för bedömning av markförsurning. Temaserie Markförsurning och motåtgärder. Skogsstyrelsen, Rapport 11D.
- 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 Krondroppsnätet och MATCH-modellen. IVL Rapport B1951.
- Karlsson, P. E., Ferm, M., Hultberg, H., Hellsten, S., Akselsson, C. & Pihl Karlsson, G. (2011a). Totaldeposition av kväve till skog, IVL Rapport B 1952.
- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Kronnäs, V., Hellsten, S. & Pihl Karlsson, G. (2011b). Mätningar och modellberäkningar inom Krondroppsnätet som underlag för nationell och regional miljömålsuppföljning, IVL Rapport B 1973.
- Karlsson, P. E., Ferm, M., Hultberg, H., Hellsten, S., Akselsson, C., Pihl Karlsson, G. & Hansen, K. (2012). Totaldeposition av baskatjoner till skog, IVL Rapport B 2058.
- Naturvårdsverket, 2007. Bilaga A till handbok 2007:4 Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. ISBN 978-91-620-0148-3, ISSN 1650-2361
- Naturvårdsverket (2012). Steg på vägen. Länk till fördjupad utvärdering: [http://www.miljomal.se/Global/24\\_las\\_mer/rapporter/malansvariga\\_myndigheter/2012/fordjupad-utvardering-2012-webb.pdf](http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/malansvariga_myndigheter/2012/fordjupad-utvardering-2012-webb.pdf)
- Persson C, Ressonner E. och Klein T. (2004). Nationell miljöövervakning - MATCH-Sverige modellen 1999-2002. Rapportserie: SMHI Meteorologi, Nr 113.
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. and Karlsson, P E. (2011a). Reduced European emissions of S and N – effects on air concentrations, deposition and soil water chemistry in Swedish forests. *Environmental Pollution* 159, 3571-3582.
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P. E. (2011b). KRONDROPPSNÄTET. Nedfall och effekter av luftföroreningar – för regional övervakning. Program 2011 (mätåren 2011-2014). [www.krondroppsnatet.ivl.se](http://www.krondroppsnatet.ivl.se)
- Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P. E., Akselsson, C. & Ferm, M. (2012). Kvävedepositionen till Sverige. Jämförelse av depositionsdata från Krondroppsnätet, Luft- och nederbördskemiska nätet samt EMEP, IVL Rapport B 2030.
- Nyhetsbrevet från "Science for Environment Policy" kan läsas här: [http://www.krondroppsnatet.ivl.se/download/18.3175b46c133e617730d800012145/KD\\_Artikel+p%C3%A5+DG\\_Env.pdf](http://www.krondroppsnatet.ivl.se/download/18.3175b46c133e617730d800012145/KD_Artikel+p%C3%A5+DG_Env.pdf)

Krondroppsnätets webbplats: [www.krondroppsnatet.ivl.se](http://www.krondroppsnatet.ivl.se)

## Bilaga 1. Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna tillsammans med tidigare års mätningar. För deposition redovisas data som medelvärde för hydrologiskt år. För markvattendata visas alla mätningar som genomförts. De tre markvattenprovtagningarna som genomförs varje kalenderår avses representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden.



I Södermanlands län finns två aktiva lokaler inom Krondroppsnetet (Tabell B1:1). Krondropp och markvattenkemi mäts både i granytan i Edeby och i tallytan i Knutsta sedan 14 år. I Edeby mäts dessutom nedfall över öppet fält.

Södermanlands län i östra Sverige är beläget i ett område med lågt nedfall av luftföroreningar för att vara i södra Sverige.

Tabell B1:1. Aktiva ytor i Södermanland län 2010/11.

| Lokal          | Dominerande trädslag | Öppet fält | Krondropp | Markvatten |
|----------------|----------------------|------------|-----------|------------|
| Edeby (D 11)   | Gran                 | X          | X         | X          |
| Knutsta (D 14) | Tall                 |            | X         | X          |

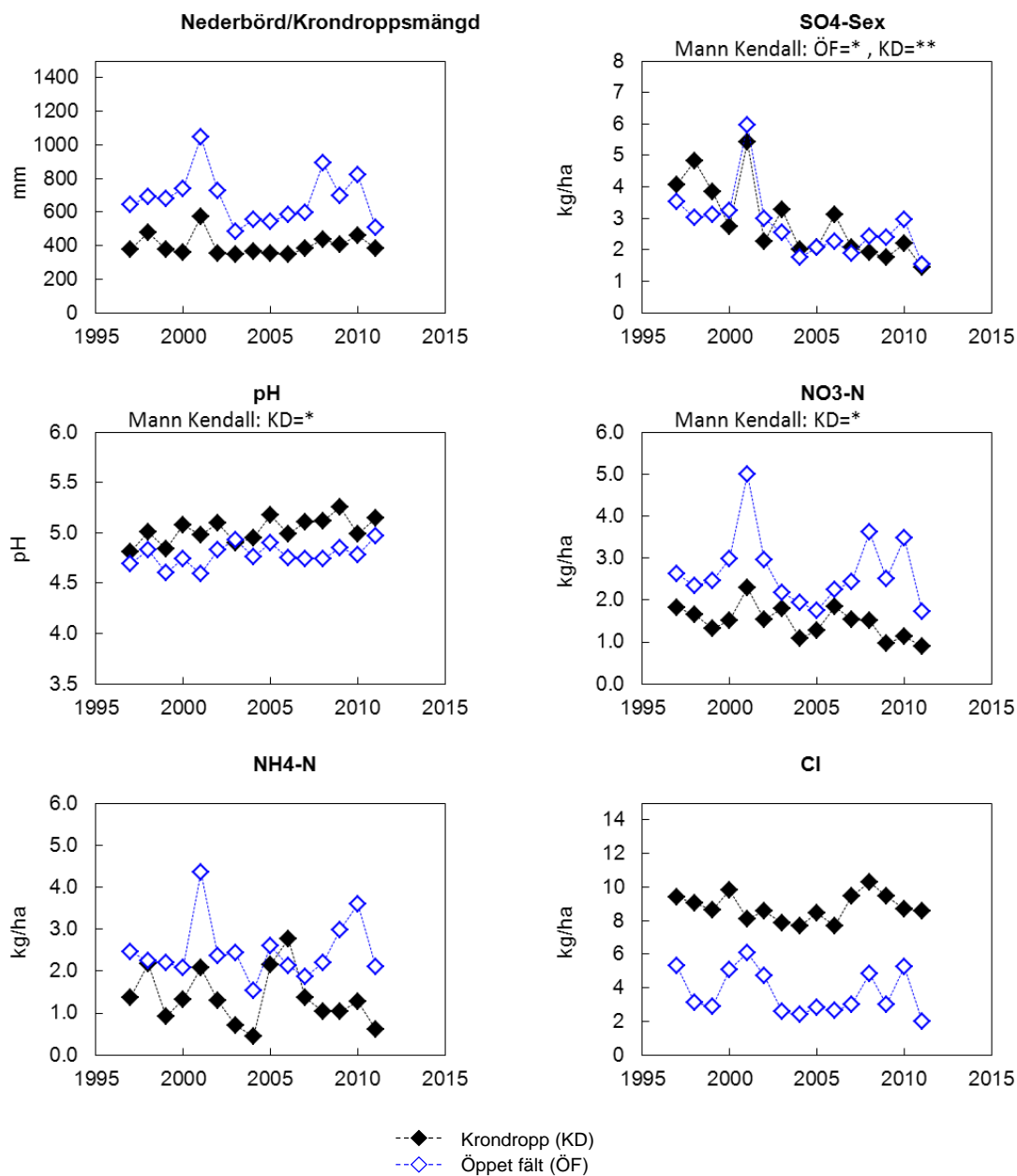
Undersökningarna i Södermanlands län är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Peter Urstad, Eskilstuna kommun och Ingemar Brunell, Länsstyrelsen. På IVL har K. Koos skött kontakter med provtagare medan främst L. Björnberg, P. Bengtsson, P. Andersson, S. Honkala, V. Andersson och M. Lidqvist har analyserat proverna. Granskning av data har huvudsakligen utförts av P. E. Karlsson, S. Hellsten och G. Pihl Karlsson. Databasen sköts av G. Malm. Databehandling och rapportering av resultaten har utförts av C. Akselsson, S. Hellsten, P. E. Karlsson, V. Kronnäs samt G. Pihl Karlsson.



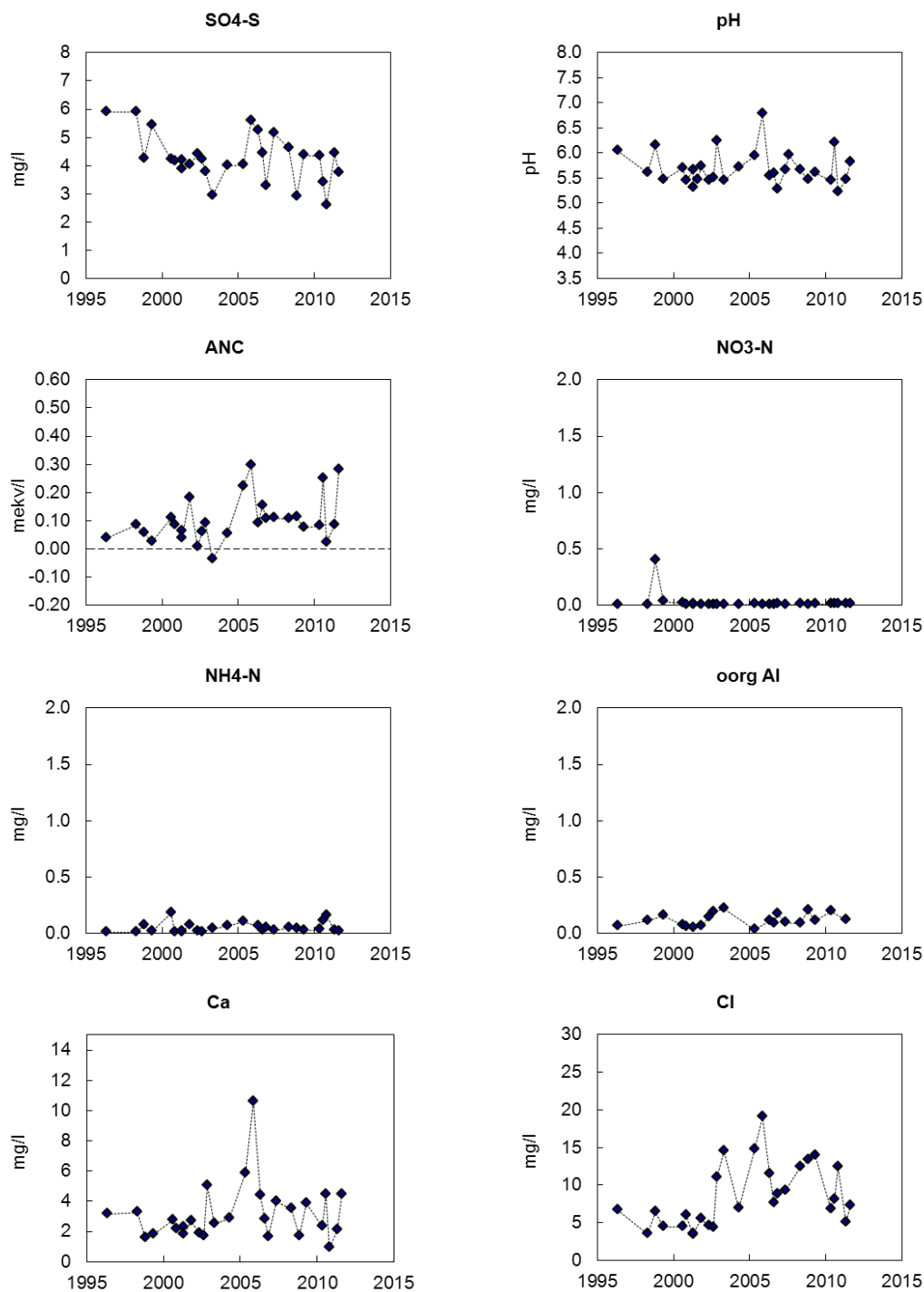
**Edeby (D 11):** Granyta med 81-årig skog. Lokalen ligger i nedre delen av en sluttning i en svacka mellan höjder och kalspolade hållar. Markfuktigheten i de centrala delarna är frisk-fuktig och markvegetationen består av husmossa, väggmossa och blåbär. Jordmånen är av övergångstyp utbildad på mjällig lera. Mätning av deposition och markvatten startade 1996. Lokalen är en av de ytor i landet, som sedan 2001 ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning av deposition till skog. Lufthaltsmätningarna avslutades i december 2006. För närvarande mäts nedfall till skogsytan och till ytan över öppet fält samt markvattenkemi.



Foto från krondroppsytan i Edeby



**Figur B1:1.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid Edeby, D 11. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO<sub>4</sub>-S ex), pH; nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N); ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N); kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann- Kendall metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

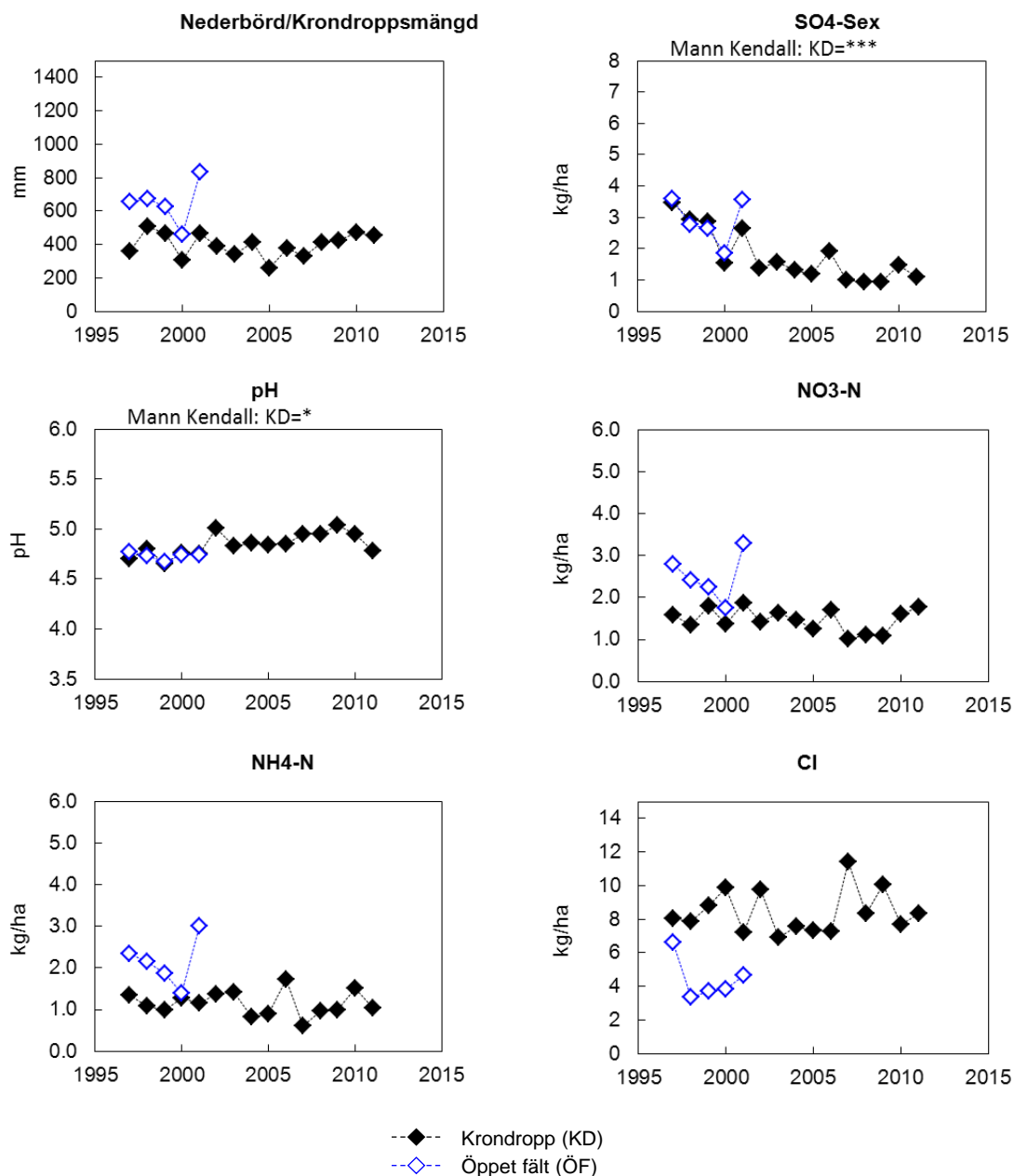


**Figur B1:2.** Markvattenkemi vid Edeby, D 11. Sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC); nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ); ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ); oorganiskt aluminium (oorg Al); kalciumhalt ( $\text{Ca}^{2+}$ ); kloridhalt (Cl). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

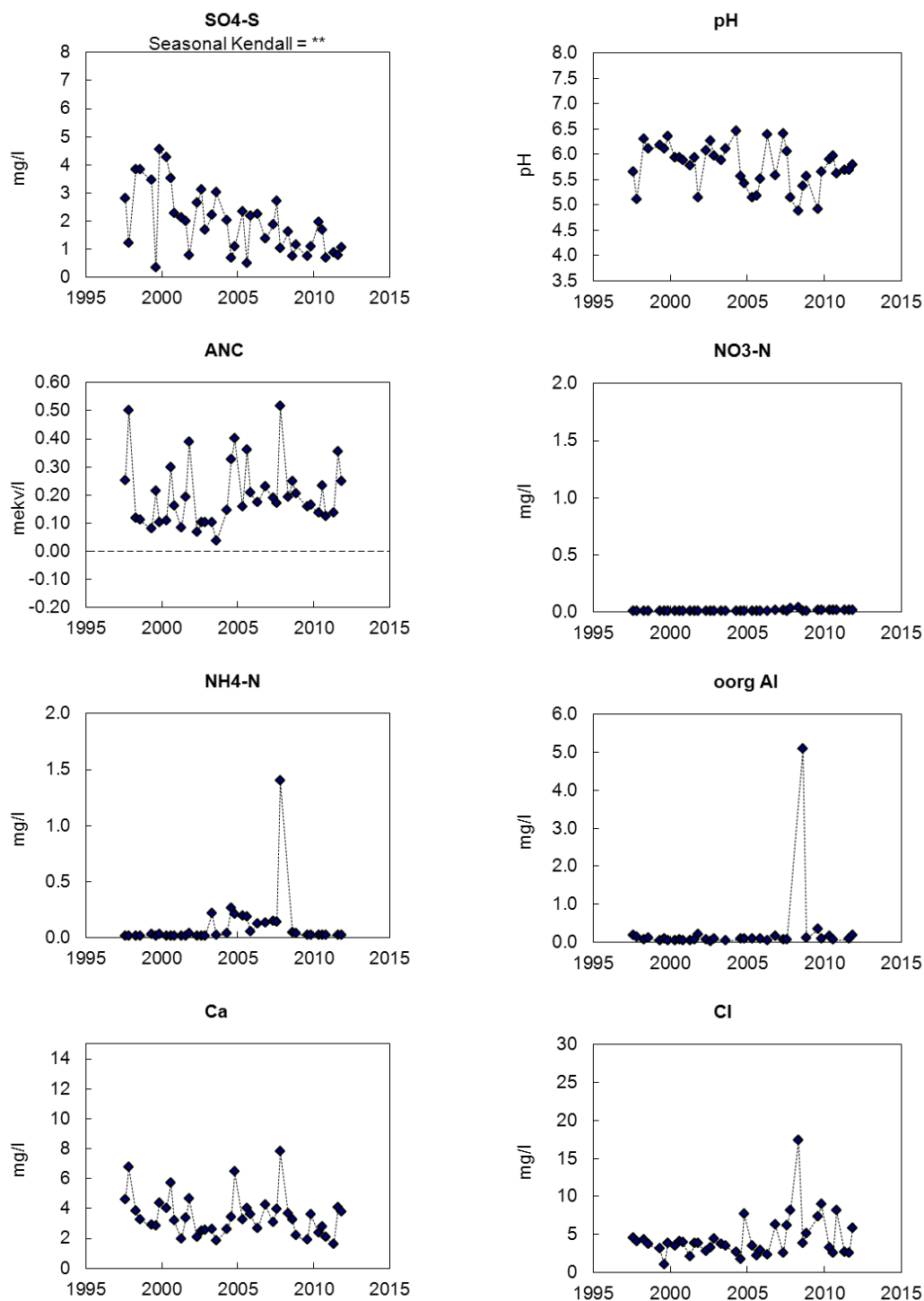
**Knutsta, Öja socken (D 14):** 78-årig tallskogsyta med viss inblandning av gran. Lokalen ligger på sluttningen av en rullstensås och har ett fältskikt av blåbär. Markfuktigheten är frisk, jordmånen är järnpodsol och jordarten isälvssand. Från och med december 2001 mäts enbart deposition via krondropp samt markvattenkemi i skogsytan.



Foto från krondroppsytan i Knutsta



**Figur B1:3.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Knutsta, D 14**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO<sub>4</sub>-S ex); pH; nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N); ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N); kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



**Figur B1:4.** Markvattenkemi vid **Knutsta, D 14**. Sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC); nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N) samt ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N), oorganiskt aluminium (oorg Al); kalciumhalt (Ca<sup>2+</sup>), samt klorid (Cl). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal- Kendall metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

## Bilaga 2. Årets data i tabellform - deposition och markvatten.

**Tabell B2:1.** Medelvärde under **hydrologiskt år samt kalenderår** från mätningar över **öppet fält** i Södermanlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

| Lokal  | Period | Nedb | kg/ha →        |                    |                                  |                 |                    |                    |                  |                  |                 |                |                  |
|--------|--------|------|----------------|--------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
|        |        |      | H <sup>+</sup> | SO <sub>4</sub> -S | SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub> | Cl <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Mn <sup>2+</sup> |
| Edeby  | 10/11  | 507  | 0,05           | 1,6                | 1,5                              | 2,0             | 1,7                | 2,1                | 1,0              | 0,2              | 1,2             | 1,1            | 0,07             |
| (D 11) | 2010   | 606  | 0,07           | 1,9                | 1,7                              | 3,0             | 2,0                | 2,2                | 1,1              | 0,2              | 2,0             | 1,7            | 0,14             |

**Tabell B2:2. Öppet fältdata** från Södermanlands län för ytan där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, komplett **hydrologisk årsdeposition** samt **kalenderårsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N) och (orgN = Kj-N - NH<sub>4</sub>-N)

| Lokal  | Period | Nedb | kg/ha → |       |     |
|--------|--------|------|---------|-------|-----|
|        |        |      | oorg N  | org N | TOC |
| Edeby  | 10/11  | 507  | 3,8     | 1,3   |     |
| (D 11) | 2010   | 606  | 4,3     | 2,0   | 22  |

**Tabell B2:3. Krondroppsdata** från Södermanlands län, komplett **hydrologisk årsdeposition** samt **kalendetårsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

| Lokal   | Period | Nedb | kg/ha →        |                    |                                  |                 |                    |                    |                  |                  |                 |                |                  |
|---------|--------|------|----------------|--------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
|         |        |      | H <sup>+</sup> | SO <sub>4</sub> -S | SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub> | Cl <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Mn <sup>2+</sup> |
| Edeby   | 10/11  | 382  | 0,03           | 1,8                | 1,4                              | 8,6             | 0,9                | 0,6                | 2,8              | 1,2              | 2,9             | 16,9           | 0,87             |
| (D 11)  | 2010   | 437  | 0,05           | 2,1                | 1,8                              | 7,2             | 1,0                | 1,2                | 2,8              | 1,3              | 2,7             | 17,1           | 0,98             |
| Knutsta | 10/11  | 454  | 0,07           | 1,5                | 1,1                              | 8,3             | 1,8                | 1,0                | 3,8              | 1,1              | 4,4             | 6,4            | 0,36             |
| (D 14)  | 2010   | 446  | 0,06           | 1,7                | 1,4                              | 5,6             | 1,7                | 1,5                | 2,5              | 1,0              | 2,9             | 8,1            | 0,52             |

**Tabell B2:4. Krondroppsdata** från Södermanlands län för ytor där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, komplett **hydrologisk årsdeposition** samt **kalenderårsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N) och (orgN = Kj-N - NH<sub>4</sub>-N)

| Lokal   | Period | Nedb | kg/ha → |       |     |
|---------|--------|------|---------|-------|-----|
|         |        |      | oorg N  | org N | TOC |
| Edeby   | 10/11  | 382  | 1,5     | 2,1   | 87  |
| (D 11)  | 2010   | 437  | 2,2     | 2,4   | 202 |
| Knutsta | 10/11  | 454  | 2,8     | 1,8   |     |
| (D 14)  | 2010   | 446  | 3,2     | 1,9   |     |

**Tabell B2:5.** Markvattendata från Södermanlands län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2010 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2011. n = antalet mätvärden inom tidsserien.

| Lokal    | Datum         | pH         | Alk      | ANC          | SO <sub>4</sub> -S | Cl <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Mn <sup>2+</sup> | Fe <sup>2+/3+</sup> | ooAl         | tAl          | TOC        | BC/ooAl   |
|----------|---------------|------------|----------|--------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|---------------------|--------------|--------------|------------|-----------|
|          |               |            | mekv/l → | →            | mg/l →             | →               | →                  | →                  | →                | →                | →               | →              | →                | →                   | →            | →            | →          | →         |
| Edeby    | 2010-10-20    | 5,2        | -        | 0,020        | 2,57               | 12,42           | <0,010             | 0,155              | 0,90             | 2,15             | 6,46            | 1,10           | <0,100           | 0,029               | -            | 0,622        | -          | -         |
| (D 11 A) | 2011-04-26    | 5,5        | 0,012    | 0,085        | 4,42               | 4,98            | <0,010             | 0,020              | 2,07             | 1,71             | 5,26            | 1,09           | <0,100           | 0,037               | 0,114        | 0,517        | 14,1       | 36        |
|          | 2011-07-25    | 5,8        | -        | 0,280        | 3,75               | 7,26            | <0,010             | <0,020             | 4,45             | 1,63             | 6,82            | 2,61           | <0,100           | -                   | -            | -            | -          | -         |
|          | 2011-10-26    | -          | -        | -            | -                  | -               | -                  | -                  | -                | -                | -               | -              | -                | -                   | -            | -            | -          | -         |
|          | <b>median</b> | <b>5,6</b> |          | <b>0,084</b> | <b>4,21</b>        | <b>7,07</b>     | <b>&lt;0,01</b>    | <b>0,026</b>       | <b>2,71</b>      | <b>1,95</b>      | <b>5,74</b>     | <b>1,1</b>     | <b>&lt;0,1</b>   | <b>0,027</b>        | <b>0,106</b> | <b>0,39</b>  | <b>9,7</b> | <b>57</b> |
|          | <i>n=</i>     | <i>30</i>  |          | <i>28</i>    | <i>28</i>          | <i>28</i>       | <i>28</i>          | <i>26</i>          | <i>28</i>        | <i>28</i>        | <i>28</i>       | <i>28</i>      | <i>28</i>        | <i>24</i>           | <i>20</i>    | <i>24</i>    | <i>23</i>  | <i>20</i> |
| Knutsta  | 2010-10-25    | 5,6        | -        | 0,120        | 0,63               | 8,00            | <0,010             | <0,020             | 2,00             | 0,88             | 3,02            | 3,21           | <0,100           | -                   | -            | -            | -          | -         |
| (D 14 A) | 2011-05-02    | 5,7        | -        | 0,134        | 0,85               | 2,49            | <0,010             | -                  | 1,59             | 0,53             | 2,78            | 0,55           | <0,100           | -                   | -            | -            | -          | -         |
|          | 2011-07-27    | 5,7        | 0,095    | 0,352        | 0,73               | 2,39            | <0,010             | <0,020             | 4,03             | 1,13             | 3,03            | 1,56           | <0,100           | 0,306               | 0,070        | 1,360        | 33,2       | 72        |
|          | 2011-10-24    | 5,8        | 0,048    | 0,244        | 1,03               | 5,72            | <0,010             | <0,030             | 3,74             | 1,18             | 3,15            | 1,94           | <0,100           | 0,298               | 0,160        | 1,270        | 28,4       | 32        |
|          | <b>median</b> | <b>5,8</b> |          | <b>0,168</b> | <b>1,89</b>        | <b>3,65</b>     | <b>&lt;0,01</b>    | <b>&lt;0,02</b>    | <b>3,23</b>      | <b>0,92</b>      | <b>3,45</b>     | <b>0,7</b>     | <b>&lt;0,1</b>   | <b>0,15</b>         | <b>0,058</b> | <b>0,632</b> | <b>19</b>  | <b>72</b> |
|          | <i>n=</i>     | <i>40</i>  |          | <i>40</i>    | <i>40</i>          | <i>40</i>       | <i>40</i>          | <i>38</i>          | <i>40</i>        | <i>40</i>        | <i>40</i>       | <i>40</i>      | <i>40</i>        | <i>35</i>           | <i>33</i>    | <i>35</i>    | <i>34</i>  | <i>33</i> |



## Bilaga 3. Ord att förklara

|  |  |
|--|--|
| <p><b>ANC:</b> "Acid Neutralising Capacity" (syra-neutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner (<math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Mg}^{2+}</math>, <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{K}^+</math>) minus starka syrors anjoner (<math>\text{SO}_4^{2-}</math>, <math>\text{NO}_3^-</math>, <math>\text{Cl}^-</math>) räknat i ekvivalenter. Positivt värde utgörs av syrabuffrande vätekarbonat och organiska anjoner. Negativt värde uttrycker aciditet.</p> <p><b>Antropogent:</b> Orsakad av människan.</p> <p><b>Baskatjoner:</b> Positiva joner av alkalimetaller med ursprung i syraneutraliserande föreningar; kalcium, magnesium, kalium och natrium.</p> <p><b>Deposition:</b> Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.</p> <p><b>EMEP</b> (<i>European Monitoring and Evaluation Programme</i>): Europeiskt samarbete avseende gränsöverskridande luftföroreningar för kontroll av luftens och nederbördens sammansättning samt beräkningar av transport av luftföroreningar.</p> <p><b>Hydrologiskt år:</b> Omfattar oktober till september, baseras på vattnets cirkulation i naturen.</p> <p><b>Interncirkulation i trädkronan:</b> Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronan, vilket innebär att det som uppmäts i krondropp inte överensstämmer med totaldepositionen. Exempel på ämnen som interncirkuleras är kväve som främst tas upp till barr/blad och kalcium, magnesium och kalium som främst utsöndras via barr/blad.</p> <p><b>Jordart:</b> Sönderkrossade och vittrade bergarter bildar jordarter med olika kornstorlekar och sorteringsgrad. De vanligaste jordarterna är morän, olika sediment och torv.</p> <p><b>Jordmån:</b> Övre delen av marken som påverkas av markorganismer, klimat och vegetation. Vanligaste jordmåner i skog på fastmark är podsoler, övergångsjordar och brunjordar.</p> <p><b>Kritisk belastning:</b> Den högsta deposition som inte bedöms förorsaka långsiktiga skadliga effekter på strukturen och funktionen i ett ekosystem. Kritisk belastning beräknas bland annat för aciditet (försurande ämnen – svavel och kväve) och för övergödande kväve.</p> <p><b>Krondropp:</b> Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på totaldeposition i skog av ämnen som inte påverkas nämnvärt av interncirkulation, som svavel och klorid, men är ett sämre mått för t.ex. kväve, som i områden med låg eller måttlig belastning visar högre värden på öppet fält än i krondropp. I kraftigt kvävebelastade områden visar krondroppsmätningar högre deposition än mätningar på öppet fält.</p> | <p><b>Lufthalter:</b> Luftens innehåll av svaveldioxid (<math>\text{SO}_2</math>), kvävedioxid (<math>\text{NO}_2</math>), ammoniak (<math>\text{NH}_3</math>) och ozon (<math>\text{O}_3</math>) mäts i dessa undersökningar som månadsmedelvärde med hjälp av diffusionsprovtagare.</p> <p><b>Mann-Kendall:</b> Statistisk metod för att beskriva trender.</p> <p><b>Markvatten:</b> Vatten i markens omättade zon, oftast på väg nedåt mot grundvattnet. Provtas i dessa undersökningar med lysimetrar, 50 cm ner i mineraljorden. Suger vatten via ett fint, keramiskt filter (typ P 80).</p> <p><b>MATCH-Sverige:</b> Spridningsmodellsystem utvecklat på SMHI, för modellering av deposition av luftföroreningar.</p> <p><b>pH-värde:</b> Mått på surhetsgrad. Ju lägre pH-värde, desto mer vätejoner och surare förhållanden.</p> <p><b>Sammelprov:</b> Samlingsprov</p> <p><b>Seasonal-Kendall:</b> Statistisk metod för att beskriva säsongsvisa trender.</p> <p><b>SO<sub>4</sub>-Sex:</b> Mängd antropogent svavel i form av sulfatjoner. Svavel från havssalt har räknats bort med hjälp av uppmätt kloridhalt. Används vid jämförelse med miljö kvalitetsmål.</p> <p><b>Ståndortsindex:</b> För att uppskatta ståndortens virkesproducerande förmåga används ett ståndortsindex (H100) som uttrycker den övre höjden vid totalåldern 100 år för ett givet trädslag. G = gran och T = tall.</p> <p><b>Torrdeposition:</b> Gaser och partiklar som deponeras. Dessa fastnar exempelvis på trädkronor och sköljs ned med nederbörden mot marken. För svavel och havssalt beräknas torrdeposition i dessa undersökningar som nedfall via krondropp minus nedfall på öppet fält.</p> <p><b>Totaldeposition:</b> Summan av våt- och torrdeposition, se "Krondropp".</p> <p><b>Våtdeposition:</b> Deposition via nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbördskemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (MATCH-Sverige-modellen).</p> <p><b>Öppet fält:</b> Öppet område där nederbördskemi och/eller lufthalter mäts.</p> |
|--|--|