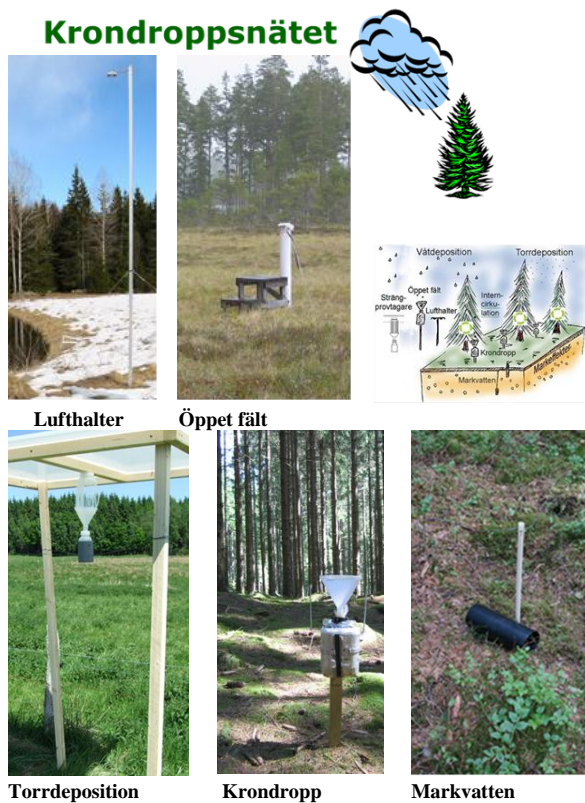


För Länsstyrelsen i Halland

Tillståndet i skogsmiljön i Halland län

Resultat från Krondroppsnätet t.o.m.
september 2013



Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson¹⁾,
Sofie Hellsten & Per Erik Karlsson

B 2178

Juni 2014

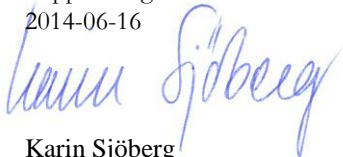
¹⁾ Lunds universitet

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 53021 400 14 Göteborg	Projekttitel Krondropps nätet 2013
Telefonnr 031-725 62 00	Anslagsgivare för projektet Länsstyrelsen i Hallands län
Rapportförfattare Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson, Sofie Hellsten & Per Erik Karlsson	
Rapporttitel och undertitel Tillståndet i skogsmiljön i Hallands län - Resultat från Krondropps nätet t.o.m. september 2013	
<p>Sammanfattning: På uppdrag av Länsstyrelsen i Halland utför IVL mätningar i skogliga provtytor på sex platser i länet. Nedfall av luftföroreningar mäts på fem av dem, och markvattenkemi mäts på samtliga platser. Vid en plats, Timrilt, mäts även lufthalter och nedfall på ett närliggande öppet fält. Den längsta tidsserien finns i tallskogen i Söstared i norra Halland, där mätningar startades 1989. Målet med nuvarande Program 2011 inom Krondropps nätet är att ge kunskap om belastningen av luftföroreningar och deras effekter på vegetation, mark och vatten.</p> <p>Halland är tillsammans med Skåne det län som fått ta emot mest nedfall av svavel och kväve, på grund av det geografiska läget i sydväst. Inget av miljö kvalitetsmålen <i>Bara naturlig försurning</i> och <i>Ingen övergödning</i> bedöms vara möjligt att nå till 2020. Ca 80 % av länets sjöar bedömdes vara försurade år 2010, och andelen mark med hög eller mycket hög surhetsgrad enligt bedömningsgrunderna för skogslandskapet är 50 % i den landsdel som Halland tillhör, sydvästra Sverige.</p> <p>Mätningarna visar på en minskande trend för svavelhalter i luft i Timrilt, samt i svavelnedfall till skogsytorna. Även svavelhalten i markvattnet har minskat signifikant. Detta visar att de senaste decenniernas utsläppsminskande åtgärder har varit lyckosamma. Mätningarna i markvattnet visar dock att marken fortfarande är starkt försurad i stora delar av länet, med generellt lågt pH, och ANC under 0, vilket visar på att det inte finns någon buffrande förmåga i markvattnet. Ett undantag är Söstared, med pH mellan 5,3 och 5,8 och ANC över 0 under 2013. På två platser har ANC ökat signifikant, i Vallåsen och Söstared, medan det inte finns några trender på övriga platser.</p> <p>Lufthalterna av kvävedioxid har minskat i Timrilt, vilket även avspeglas i nedfallet av nitratkväve på öppet fält. För lufthalter av ammoniak och nedfall av ammoniumkväve finns inga signifikanta trender. Minskningen i nedfall av nitratkväve slår igenom även i det totala nedfallet av oorganiskt kväve, som minskat signifikant. Minskningen är dock relativt liten och nedfallet de senaste tre åren har varit mellan 10 och 15 kg per hektar och år, vilket är avsevärt högre än den kritiska belastningen, 5 kg per hektar och år, som baseras på effekter på markvegetation. Förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet är vanligt förekommande i Halland. Detta visar att det finns mer kväve än vad skogsekosystemet kan ta upp, och innebär en potentiell risk för kväveutlakning till ytvatten. Halterna har generellt varit kraftigt förhöjda i Djupeåsen, Timrilt, Vallåsen och Kullahus. I Timrilt ledde stormen Gudrun till ytterligare förhöjning av nitratkvävehalterna, då ytan drabbades av stormfällning. Borgared hade mycket låga halter innan stormen Gudrun, men kraftigt förhöjda halter därefter. Enbart Söstared i norra Halland har haft mycket låga nitratkvävehalter under hela mätperioden.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, övergödning, krondropp, markvatten, lufthalter, Hallands län	
Bibliografiska uppgifter: IVL Rapport B 2178	
Rapporten beställs via: Webbplats: www.ivl.se , e-post: publikationsservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	4
2. Mätningar inom Krondropps nätet	6
3. Miljö tillståndet i skogslandskapet i Hallands län – en översikt	7
3.1. Kvävestatusen i skogslandskapet	7
3.2. Försurningen av skogsmarken	12
3.3. Nedfallsmätningar av fosfor 2012/13	17
4. Rapporter och artiklar 2013	18
5. Möten och konferenser 2013.....	21
6. Specialprojekt på krondroppsytor.....	23
7. Pågående policyrelaterat arbete med koppling till Krondropps nätet	26
8. Krondropps nätet webbplats	33
9. Referenser.....	33
Bilaga 1. Stationsvis redovisning.....	35
Bilaga 2. Årets data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	54

Rapporten godkänd
2014-06-16



Karin Sjöberg
Enhetschef

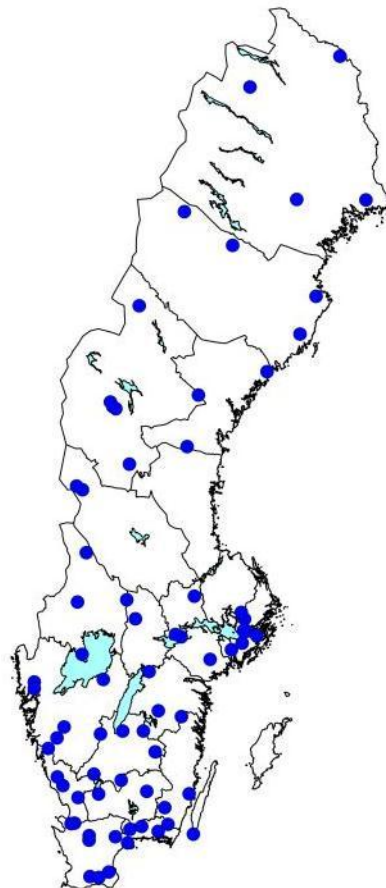
1. Inledning

Inom ramen för Krondropps nätet bedriver IVL sedan 1985 länsbaserade undersökningar med regional upplösning av luftföroreningar och dess effekter med avseende bland annat på försurning, övergödning och marknära ozon. Målsättningen med nuvarande samarbetsprogram, ”Program 2011”(2011-2014), är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på vegetation, mark och vatten.

Under 2012/13 bedrev Krondropps nätet mätningar av nedfall till skog (krondropp), nedfall på närliggande yta på öppet fält, torrdeposition med strängprovtagare, markvattenkemi samt lufthalter på totalt 71 ytor, fördelade relativt jämnt över hela Sverige, Figur 1. Krondropp och markvattenkemi mättes på de flesta av ytorna, medan övriga mätningar genomfördes på ett urval av ytor.

Resultaten från mätningarna analyseras i relation till effekter främst på tillstånd i mark, markvatten, ytvatten, vegetation samt på den brukade skogens långsiktiga näringstillstånd och hälsa. Resultaten används bland annat i arbetet med de svenska miljö kvalitetsmålen, framför allt med underlag till ”Bara Naturlig Försurning”, ”Ingen Övergödning” och *Frisk Luft*. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondropps nätet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*. Resultat från Krondropps nätet används i stor utsträckning inom den länsvisa och den regionala miljöövervakningen. Vidare relateras resultaten på regional nivå till modellresultat från det nationella miljömålsarbetet, bland annat med avseende på kritisk belastning, antropogent försurade sjöar och kväveupplagring i skogsmark samt för att ytterligare fördjupa underlaget för miljömålsuppföljningen.

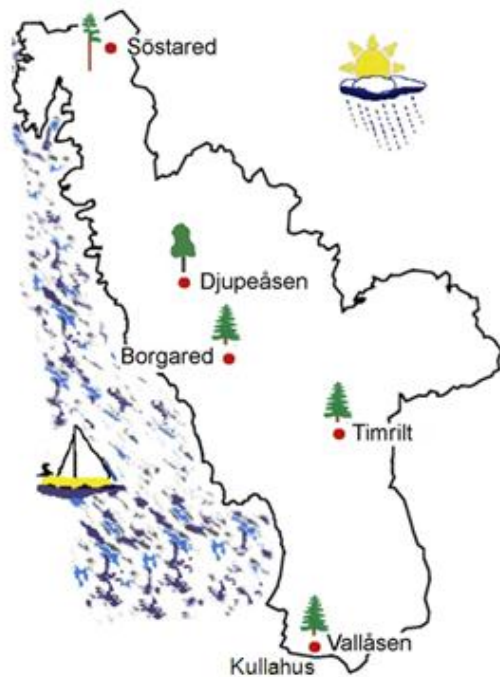
En av styrkorna med Krondropps nätet är att mätningar har bedrivits under långa tidsperioder och med god geografisk täckning över Sverige, vilket möjliggör detaljerade studier av variationen i tid och rum. Krondropps nätet har en stark koppling till den regionala och nationella miljöövervakningen, men är även starkt förankrad i forskningen. Genom att mätningarna inom Krondropps nätet är nationellt samordnade, och bedrivs med samma metoder överallt, kan mätningarna användas för att beskriva tidsutvecklingen vad gäller olika miljöindikatorer såväl regionalt som nationellt. Krondropps nätetts verksamhet



Figur 1. Krondropps nätet under 2012/13. Samordnade mätningar av luftföroreningar i 71 skogliga observationsytor.

spänner över stora tidsrymder, och har bland de längsta mätserierna i hela Europa, vilket möjliggör studier av långsiktiga trender. Data från Krondroppsnetet bidrar till modellutveckling, med målet att kunna förutsäga den framtida utvecklingen, inte minst i perspektivet av pågående klimatförändringar som kan medföra stora förändringar vad gäller försurnings- och övergödningsproblematiken.

Krondroppsnetet har en länsvis förankring och drivs främst med regional finansiering från luftvårdsförbund, länsstyrelser och kommuner, men även från enskilda företag. Även Naturvårdsverket bidrar med viss finansiering, främst vad gäller mätningar av nederbörd och torrdeposition över öppet fält.



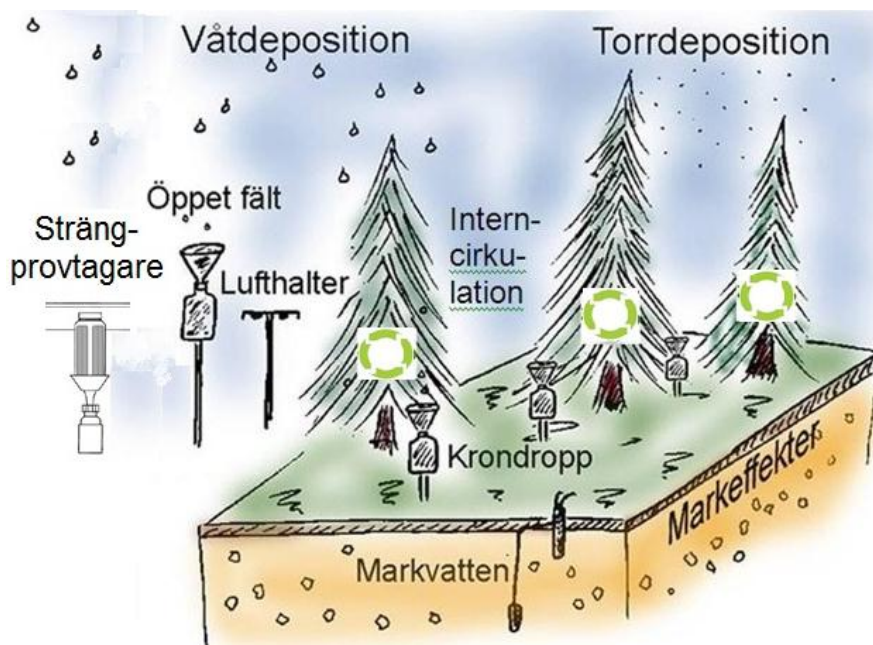
Figur 2. Mätplatser inom Krondroppsnetet i Hallands län, Söstared (tallskog), Djupeåsen (bokskog), Borgared (granskog), Timrilt (granskog), Vallåsen (granskog; endast markvatten) samt Kullahus (granskog).

Inom ramen för Krondroppsnetet utförs mätningar i skogliga provytor på sex platser i länet (Figur 2). Nedfall av luftföroreningar mäts på fem av dem, och markvattenkemi mäts på samtliga platser. Vid en plats, Timrilt, mäts även lufthalter och nedfall på ett närliggande öppet fält. Den längsta tidsserien finns i tallskogen i Söstared i norra Halland, där mätningar startades 1989.

I denna rapport redovisas resultaten från mätningar från perioden januari 2012 till september 2013 och relateras till tidigare års mätningar. Först ges en allmän beskrivning av mätningarna inom Krondroppsnetet. Därefter presenteras mätningarna utifrån de perspektiv på skogsmiljön som är mest relevant för Hallands län. Resultaten relateras främst till miljömålen *Bara Naturlig Försurning* och *Ingen Övergödning*. Vidare redovisas publikationer, möten och konferenser under 2013, samt aktiviteter med koppling till Krondroppsnetet som är på gång under 2014 och framåt. I Bilaga 1 redovisas det senaste årets mätdata från de aktiva lokalerna inom länet i detalj, tillsammans med aktuell information om mätplatserna. I Bilaga 2 redovisas data i tabellform.

2. Mätningar inom Krondroppsnätet

De metoder som används för att mäta lufthalter, deposition samt markvatten illustreras i Figur 3.



Figur 3. Principskiss för mätningarna som bedrivs inom Krondroppsnätet. Lufthalter mäts 3 meter över marken. Nedfallet till skogstorna består av våt- och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronorna, vilket innebär att det som uppmäts i krondroppet är våt- och torrdeposition \pm intern-cirkulation. Strängprovtagare under tak möjliggör en indirekt mätning av torrdepositionen. Markvattnet mäts på 50 cm djup.

Deposition av luftföroreningar mäts inom Krondroppsnätet på månadsbasis, dels på öppet fält, dels i skogen under krontaket (krondropp) och dels med hjälp av strängprovtagare under tak. Mätningarna på **öppet fält**, som bedrevs vid 32 lokaler i landet under 2012/13, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden.

Krondroppsmätningarna, som bedrevs vid 59 lokaler (2012/13), speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädkronorna. **Strängprovtagare** används vid 10 lokaler i landet och används för att uppskatta torrdepositionen av vissa ämnen. **Lufthaltsmätningar** av svavel-dioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon bedrevs vid 21 lokaler (2012/13) med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som ska mätas.

Markvattenmätningar bedrevs vid 62 lokaler 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.

3. Miljö tillståndet i skogslandskapet i Hallands län – en översikt

Halland är tillsammans med Skåne det län som fått ta emot mest nedfall av svavel och kväve, på grund av det geografiska läget i sydväst. Inget av miljö kvalitetsmålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning* bedöms vara möjligt att nå till 2020. Ca 80 % av länets sjöar bedömdes vara försurade år 2010, och andelen mark med hög eller mycket hög surhetsgrad enligt bedömningsgrunderna för skogslandskapet är 50 % i den landsdel som Halland tillhör, sydvästra Sverige. Inom ramen för Krondropps nätet utförs mätningar i skogliga provytor på sex platser i länet. Nedfall av luftföroreningar mäts på fem av dem, och markvattenkemi mäts på samtliga platser. Vid en plats, Timrilt, mäts även lufthalter och nedfall på ett närliggande öppet fält. Den längsta tidsserien finns i tallskogen i Söstared i norra Halland, där mätningar startades 1989. Mätningarna visar på en minskande trend för svavelhalter i luft i Timrilt, samt i svavelnedfall till skogsytorna. Även svavelhalten i markvattnet har minskat signifikant. Detta visar att de senaste decenniernas utsläppsminskande åtgärder har varit lyckosamma. Mätningarna i markvattnet visar dock att marken fortfarande är starkt försurad i stora delar av länet, med generell lågt pH, och ANC under 0, vilket visar på att det inte finns någon buffrande förmåga i markvattnet. Ett undantag är Söstared, med pH mellan 5,3 och 5,8 och ANC över 0 under 2013. På två platser har ANC ökat signifikant, i Vallåsen och Söstared, medan det inte finns några trender på övriga platser. Lufthalterna av kvävedioxid har minskat i Timrilt, vilket även avspeglas i nedfallet av nitratkväve på öppet fält. För lufthalter av ammoniak och nedfall av ammoniumkväve finns inga signifikanta trender. Minskningen i nedfall av nitratkväve slår igenom även i det totala nedfallet av oorganiskt kväve, som minskat signifikant. Minskningen är dock relativt liten och nedfallet de senaste tre åren har varit mellan 10 och 15 kg per hektar och år, vilket är avsevärt högre än den kritiska belastningen, 5 kg per hektar och år, som baseras på effekter på markvegetation. Förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet är vanligt förekommande i Halland. Detta visar att det finns mer kväve än vad skogs ekosystemet kan ta upp, och innebär en potentiell risk för kväveutlakning till ytvatten. Halterna har generellt varit kraftigt förhöjda i Djupeåsen, Timrilt, Vallåsen och Kullahus. I Timrilt ledde stormen Gudrun till ytterligare förhöjning av nitratkvävehalterna, då ytan drabbades av stormfällning. Borgared hade mycket låga halter innan stormen Gudrun, men kraftigt förhöjda halter därefter. Enbart Söstared i norra Halland har haft mycket låga nitratkvävehalter under hela mätperioden.

3.1. Kvävestatusen i skogslandskapet

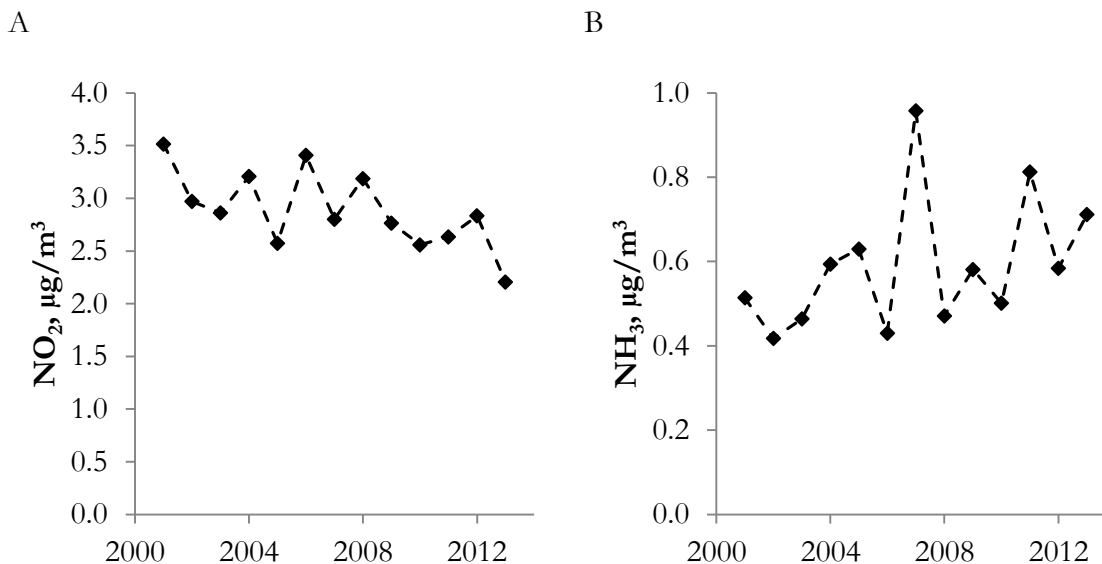
Halland är tillsammans med Skåne det län som har fått ta emot mest nedfall av kväve. Kvävetillförsel har många effekter på ekosystem, det kan öka skogstillväxten men påverkar även artsammansättningen både på land, i ytvatten och i havet. Kväve är tillsammans med fosfor orsaken till övergödning av hav och sjöar. Den senaste regionala miljömåls utvärderingen i länet visar att det inte är möjligt att nå målet ”Ingen övergödning” till 2020, och sammanfattas enligt följande:

”Kustvattendragen i Halland visar en positiv trend avseende kvävetransporten. För fosfor är bilden mer osäker. Det finns en förbättringspotential både vad avser avloppsvattenreningen och åtgärder inom jordbruket. Östersjöplanen kräver fler och resurskrävande förändringar i jord- och skogsbruket.”

Jordbruk är den markanvändning som bidrar mest till förhöjd kväveutlakning, men även skogsbruket påverkar påtagligt. Generellt är det framför allt i hyggesfasen som kväveutlakningen är förhöjd, men i de sydvästra delarna av Sverige, framför allt Halland och Skåne, finns åtskilliga exempel från Krondroppsnetet på skogsytor med förhöjda halter kväve i markvattnet, vilket är en första indikation på att det finns mer kväve än vad skogen kan ta upp, och därmed innebär en uppenbar risk för utlakning. Nedan beskrivs lufthalter och nedfall av kväve i Halland från Krondroppsnetets mätningar, relaterat till kväveemissionerna, följt av ett avsnitt om ”Kväveeffekter i markvatten”. Kvävet effekter på försurningen behandlas i kapitlet ”Försurningen i skogslandskapet”. Resultaten presenteras även stationsvis i diagram (Bilaga 1) och tabeller (Bilaga 2).

Emissioner, lufthalter och nedfall av kväve

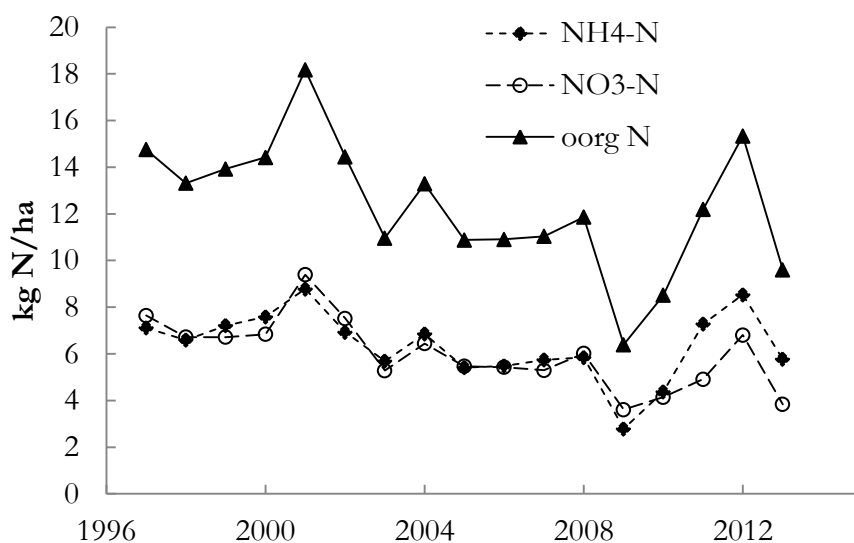
Emissionerna av kväve från EU-27 har minskat sedan de senaste decennierna, med 47 % för kväveoxider och 28 % för ammoniak (1990-2010) (EMEP, 2011, gäller utsläppen från EU-27, internationell fartygstrafik ej inkluderat). Minskningen för kväveoxider återfinns även i lufthalterna, där det finns en statistiskt säkerställd minskning i Timrilt, som är den yta i länet där lufthaltsmätningar görs (Figur 4). För ammoniak finns däremot en tendens till ökande halter, som dock inte är statistiskt säkerställd.



Figur 4. Lufthalter för kvävedioxid, NO₂ (A) och ammoniak, NH₃ (B) i Timrilt.

Kvävenedfall beskrivs oftast baserat på mätningar på öppet fält, eftersom kvävenedfallet via krondropp inbegriper interncirkulation som är svår att kvantifiera. Detta innebär dock att torrdepositionen till skogen inte kommer med. Den totala depositionen till skog kan därför antas var högre än vad som uppmäts på öppet fält. Kvävenedfall på öppet fält har

mätts sedan 1996/97 i Timrilt (Figur 5). För nitratkväve finns en statistisk säkerställd minskning, medan ingen förändring kan påvisas för ammoniumkväve. Minskningen i nitratkväve avspeglas även i en statistiskt säkerställd minskning av totalt oorganiskt kväve. Variationen mellan åren är relativt stor, och de tre senaste hydrologiska åren har det totala nedfallet av oorganiskt kväve varierat mellan 10 och 15 kg. Under 2012/13 var nedfallet knappt 10 kg per hektar, vilket är en av de lägre noteringarna i tidsserien; enbart 2008/09 och 2009/10 var nedfallet lägre. Detta innebär att den empiriska kritiska belastningsgränsen, 5 kg per hektar och år, som har satts med skydd av markvegetation i åtanke, överskrids betydligt, även om inte torrdepositionen medräknas.



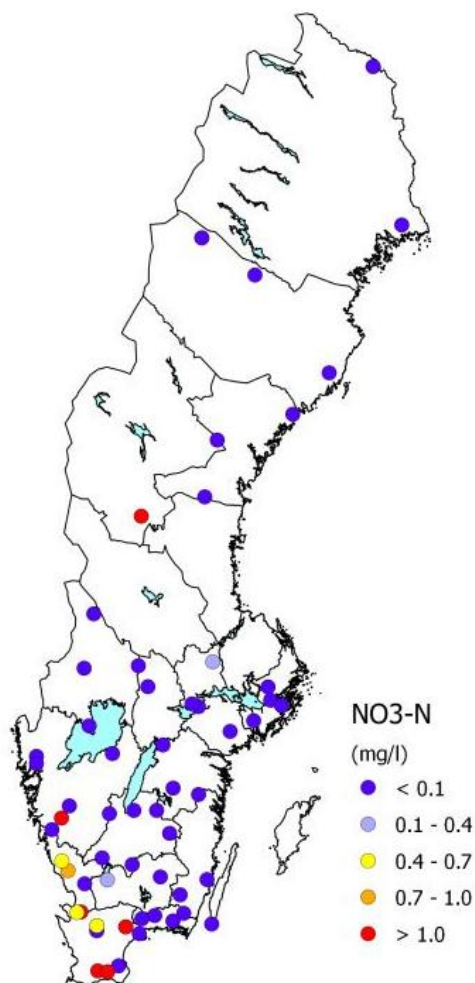
Figur 5. Kvävenedfall (ammoniumkväve, nitratkväve och totalt oorganiskt kväve) på öppet fält i Timrilt.

Kväveeffekter i markvattnet

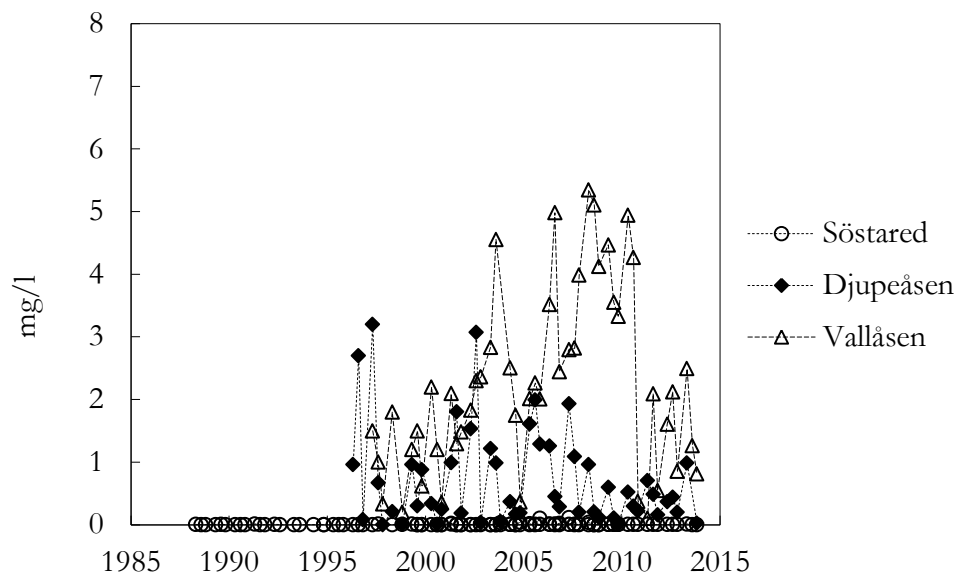
Nitratkvävehalten i markvattnet under rotzonen är ofta mycket låg i skogsmark i Sverige, vilket visar att skogsekosystemet tar upp det ammonium- och nitratkväve som finns tillgängligt, och kväveutlakningen begränsas till utlakning av organiskt kväve, som ofta brukar betraktas som en naturlig bakgrundsutlakning. I Halland och Skåne, som är de delar av Sverige som tagit emot mest kvävenedfall, är det dock vanligt med kraftigt förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet (Figur 6). I Halland finns bara en yta, tallytan i Söstared, som genomgående uppvisar låga nitratkvävehalter (Figur 7). Söstared är den yta som tagit emot minst nedfall av kväve. I Timrilt och Borgared har stormen Gudrun i januari 2005 lett till kraftiga förhöjningar av nitratkvävehalten (Figur 8) på grund av stormfällning. Mer än hälften av träden i provytan i Timrilt föll, och i Borgared föll 15 granar vilket ledde till en lucka i provytan. Stormfällning ger ofta liknande kväveeffekter som kalavverkning; nitratkvävehalterna blir förhöjda under några år eftersom kväveupptaget avbryts. När markvegetation börjar etablera sig sjunker vanligtvis halterna igen. I Timrilt var halterna förhöjda redan innan, men nivåerna steg kraftigt efter stormen, upp till 7 mg/l. I Borgared däremot var halterna mycket låga innan stormen, och ökade till som mest 3 mg/l efter stormen. Granytan i Vallåsen längst i söder, som tagit emot mest kväve av Hallandsytorna,

är också den yta som generellt haft högst halter av nitratkväve i markvattnet, upp till 5 mg/l (Figur 7), om man bortser från de förhöjda halter som uppstått efter stormfällningen i Timrilt. Vallåsen planeras att avverkas och en ersättningsyta, Kullahus, startades 2011. Sedan dess har mätningar i markvattnet gjorts på båda ytorna. Halterna är förhöjda även i Kullahus, även om de inte är riktigt lika höga som i Vallåsen. Länets enda bokyta, Djupeåsen i centrala/norra delen av länet, uppvisar ofta kraftigt förhöjda nitratkvävehalter, som mest över 3 mg/l.

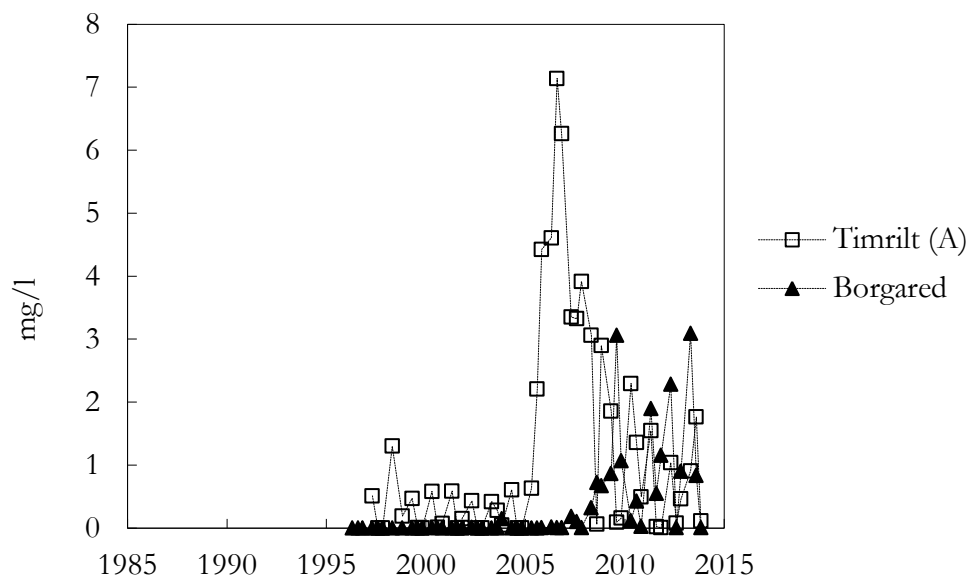
Markvattenmätningarna indikerar att det finns mer kväve än vad skogsekosystemet kan ta upp i Halland, och att kväveutlakning från markens rotzon därmed är utbrett i länet. Detta innebär att skogsmark i länet kan bidra till övergödningen i betydligt större omfattning än i andra delar av Sverige. Resultaten från Timrilt och Borgared visar att stormar kan bidra kraftigt till utlakningen av nitratkväve. Stora stormfällningar i närheten av sjöar, vattendrag och hav kan därmed påverka övergödningen väsentligt. Hur mycket av det kväve som läcker från rotzonen som når ytvattnet beror på läget i avrinningsområdet samt avrinningsområdets hydrologiska egenskaper. Mycket av kvävet som läcker från rotzonen kan tas upp på vägen och når därmed inte ytvattnet. Utlakning från rotzonen i områden nära sjöar, vattendrag och kusten medför större risk för övergödning än utlakning längre upp i avrinningsområden, då vattnet har en längre väg till ytvattnet.



Figur 6. Nitratkväve i markvattnet som median för de tre hydrologiska åren 2010/11-2012/13.



Figur 7. Nitratkväve i markvatten i Söstared, Djupeåsen och Vallåsen. I Söstared flyttades markvattenmätningarna en mycket kort bit år 2000, och mätningar pågår nu parallellt i den gamla ytan, Söstared (A) och den nya ytan (Söstared (B)). Nitratkvävehalterna har generellt varit mycket låga (under detektionsgränsen) för både A-och B-ytan i Söstared och de har därför slagits ihop i figuren.



Figur 8. Nitratkväve i markvatten i Timrilt (A) och Borgared, båda drabbade av stormen Gudrun i januari 2005. I Timrilt startades nya mätningar, Timrilt (B), i en närliggande oskadad yta efter stormen, resultat från dessa mätningar visas i Bilaga 1 och 2.

3.2. Försurningen av skogsmarken

Halland är ett av de län i Sverige som har störst problem med försurning. Den senaste regionala miljömålsutvärderingen i länet visar att det inte är möjligt att nå målet till 2020 och sammanfattas enligt följande:

”Försurningsituationen i länet visar i vissa avseenden en positiv trend med minskande nedfall och ökande pH-värden i ytvatten. Länet har ändå den största andelen försurade sjöar i landet. Genom ökat uttag av skogsbiomassa ökar markförsurningen. Detta måste åtgärdas genom återföring av aska,” (www.miljomal.nu).

Totalt sprids mellan 15 och 16 000 ton kalk varje år i Halland i sjöar, vattendrag och våtmarker. Kostnaden för detta är nästan 9 miljoner kronor.

Försurningen orsakas av försurande nedfall, framför allt svavel, men även kväve samt skogsbruk. Svavelnedfall har en direkt försurande effekt medan kvävenedfall försurar först om skogsekosystemets förmåga att ta upp kväve överskrids, och det börjar läcka nitratkväve. För nitratkvävenedfallet går försurningen till på samma sätt som för svavel, genom att nitratkvävet kan reagera med vatten och bilda en syra. Ammoniumkvävet försurar om det inte tas upp genom att det då kan nitrifieras, vilket frigör vätejoner. Skogsbruket försurar genom bortförsl av buffringskapacitet vid skörd av stammar samt ofta numera även grenar och toppar (grot). Nedan beskrivs lufthalter och nedfall av svavel i Halland från Krondropps nätets mätningar, relaterat till svavelemissionerna, följt av tre avsnitt om ”Försurningseffekter i markvatten”, ”Andra bedömningar av försurning av mark” och ”Försurning i sjöar”. Resultaten presenteras även stationsvis i diagram (Bilaga 1) och tabeller (Bilaga 2).

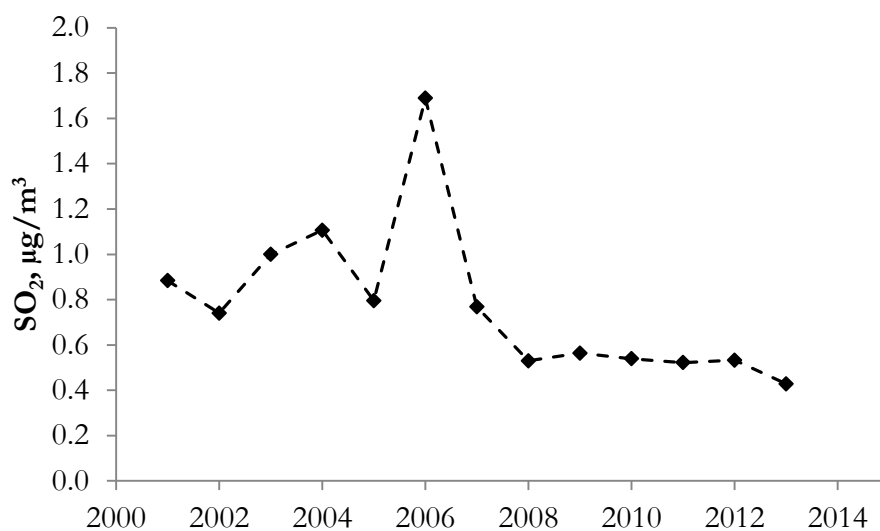
Emissioner, lufthalter och nedfall av svavel

Halland tillhör den del av Sverige som har, och har haft, störst nedfall av svavel. I takt med att de samlade svavelutsläppen från Europa (EU-27) minskat, med 82 % från 1990 till 2010 (EMEP, 2011, gäller utsläppen från EU-27, internationell fartygstrafik ej inkluderat), har även lufthalter och nedfall av svavel i Hallands län minskat.

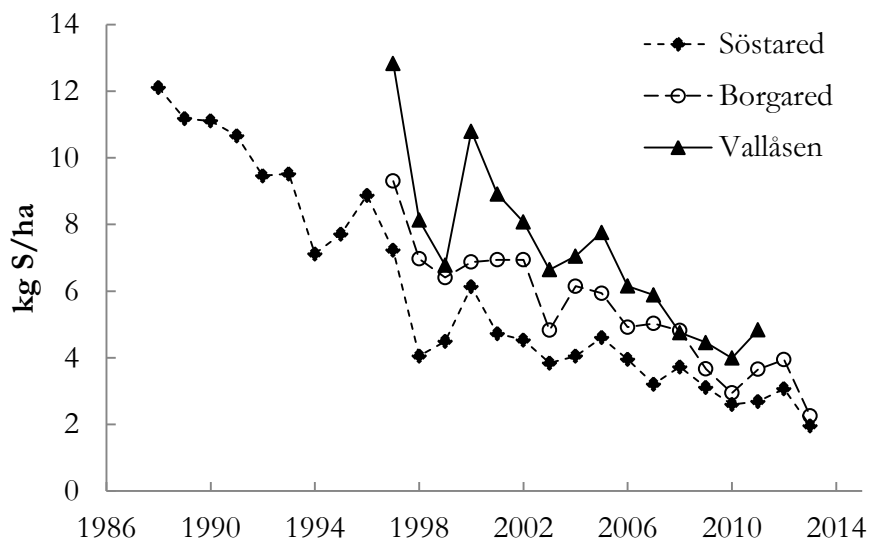
Lufthalter har mätts sedan 2001 vid en krondroppsytta, Timrilt (Figur 9). Variationen mellan åren är tidvis stor, men minskningen av halten är ändå statistiskt säkerställd. Under det hydrologiska året 2012/13 uppmättes den hittills lägsta noteringen, 0,43 µg SO₂/m³.

Nedfall mäts för närvarande på fem platser. Mätningarna visar att minskningen i svavelnedfall har varit mycket kraftig i Halland (Figur 10), liksom i övriga delar av sydvästra Sverige. Granytan i Vallåsen i södra Halland är den yta i Halland som har varit mest utsatt för svavelnedfall, på grund av det utsatta läget på Hallandsåsen. Under det hydrologiska året 1996/97, som var det första i mätserien, uppgick nedfallet till nästan 13 kg svavel (exklusive havssaltbidrag) per hektar. Nedfallet 2010/11 var fortfarande relativt stort jämfört med merparten av ytorna i Sverige, knappt 5 kg. Ytan är nu ersatt av en närliggande yta, Kullahus, som 2010/11 och 2011/12 hade ett svavelnedfall på nästan 5 kg per hektar och år. Det senaste hydrologiska året, 2012/13, var nedfallet lägre, drygt 3 kg per hektar och år. Även på övriga ytor i länet har nedfallet minskat kraftigt, men nivåerna har genomgående varit lägre än i Vallåsen. Tallytan i Söstared i norra Halland har länets längsta

tidsserie, med start det hydrologiska året 1987/88. Svavelnedfallet, exklusive havssaltsbidraget, har där minskat från 12 till 2 kg per hektar och år. Tallskogen i Söstared och bokskogen i Djupeåsen är de provytor i Halland som generellt tagit emot minst svavelnedfall, vilket kan förklaras av att de är de ytor som ligger längst norrut, samt att tall- och lövskog generellt tar emot mindre torrdeposition än granskog. I granytan i Borgared i mellersta Halland har svavelnedfallet generellt varit på en nivå ungefär mitt emellan Vallåsen och Söstared. Granytan i Timrilt, sydöst om Borgared, ligger på ungefär samma nedfallsnivå.



Figur 9. Svavelhalter i luften i Timrilt.



Figur 10. Svavelnedfall i tallskogen i Söstared i norra Halland, i granskogen i Borgared, mellersta Halland, samt i granskogen i Vallåsen på Hallandsåsen i söder.

Försurningseffekter i markvatten

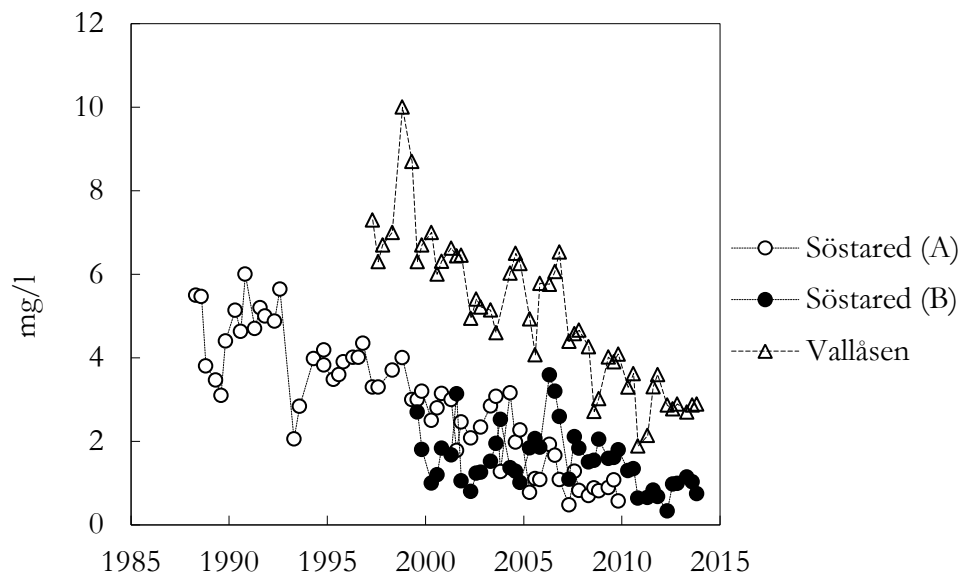
Det minskade svavelnedfallet återspeglas i signifikant minskande svavelhalter i markvattnet på samtliga krondroppsytor i länet. I Vallåsen återfinns som väntat den största minskningen, från mellan 6 och 10 mg/l de två första åren, 1997 och 1998, till under 3 mg/l vid samtliga mätningar de två senaste åren, 2012 och 2013. I tallskogen i Söstared, som är den som haft lägst svavelbelastning, har halterna minskat från omkring 5 mg/l i slutet av 80-talet till omkring 1 mg/l de senaste åren (Figur 11).

Markvattnets pH, ANC (syranutraliserande förmåga) och halten oorganiskt aluminium används ofta för att beskriva markvattnets försurningsstatus. Under 2013 var pH i Söstared relativt högt, 5,3-5,8. På övriga ytor var pH under 5, förutom vid ett tillfälle på de stormdrabbade ytorna Timrilt (maj) och Borgared (september) då pH uppmättes till omkring 6. Lägst pH uppmättes i Vallåsen, 4,2-4,5. För pH finns statistiskt säkerställda ökning i Söstared och Djupeåsen, men inte i Borgared, Timrilt och Vallåsen.

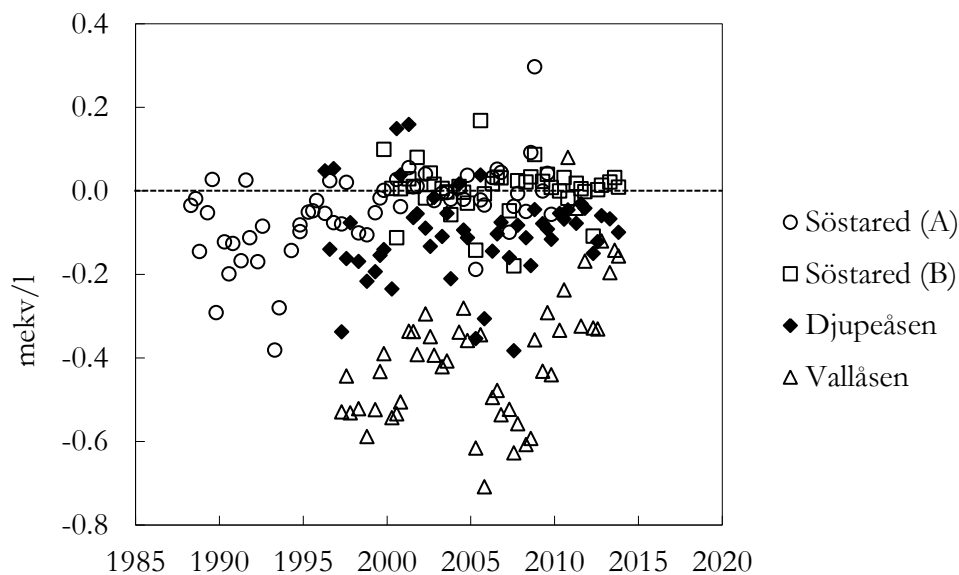
ANC är ett mått på markens syranutraliserande förmåga. Om värdet är negativt, vilket det kan bli av surt nedfall och försurning från skogsbruk, finns ingen förmåga att neutralisera syra. Det finns ett framtaget förslag till att komplettera miljömålsindikatorn *Försurad skogsmark* med ANC i markvatten. I Halland var ANC negativt 2013 förutom i Söstared samt vid ett tillfälle i Timrilt (Figur 12 och 13). Precis som för pH är det lägst i Vallåsen, -0,2 - -0,14 mekv/l. Halten av oorganiskt aluminium, som är giftigt för djur och växter, har varit hög i Vallåsen, 1,6-1,9 mg/l, medan Söstared har uppvisat relativt låga värden, som högst 0,13 mg/l.

Precis som för pH visar ANC och oorganiskt aluminium en säkerställd förändring i Söstared; ökning av ANC och minskning av oorganiskt aluminium. Djupåsen visar dock ingen signifikant förändring, däremot uppvisar Vallåsen ökande ANC och minskande halter av oorganiskt aluminium.

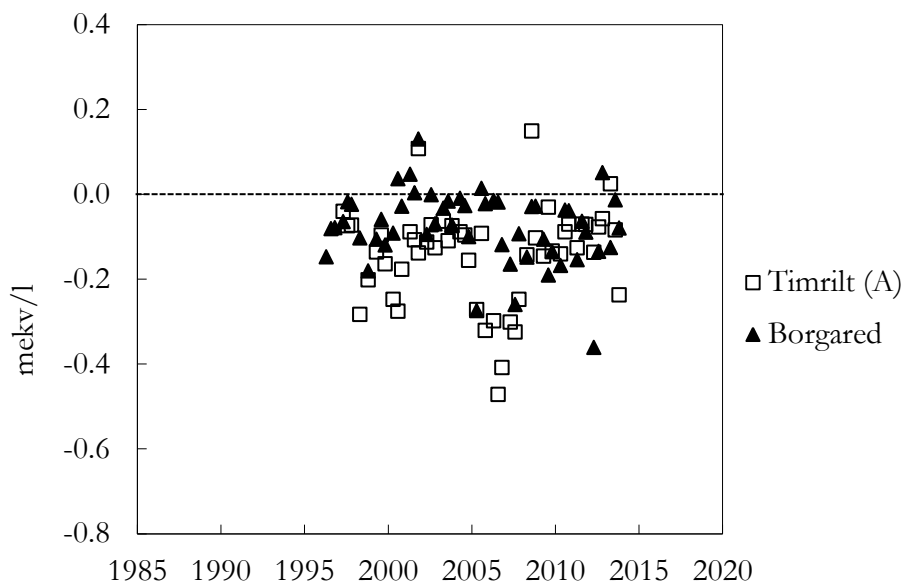
Variationerna över tiden av försurningsstatusen i markvattnet påverkas av utvecklingen i svavelnedfallet, som avspeglas i svavelhalterna i markvattnet, frigörelsen av nitratkväve som sker via nitrifiering, som är en försurande process, samt havssaltsepisoder, som i områden med försurad mark kan leda till surstötter (Akselsson m.fl., 2013).



Figur 11. Sulfatsvavel i markvatten i Söstared och Vallåsen. I Söstared flyttades markvattenmätningarna en mycket kort bit år 2000, och mätningar pågår nu parallellt i den gamla ytan, Söstared (A) och den nya ytan, Söstared (B).



Figur 12. ANC i markvatten i Söstared, Djupeåsen och Vallåsen. I Söstared flyttades markvattenmätningarna en mycket kort bit år 2000, och mätningar pågår nu parallellt i din gamla ytan, Söstared (A) och den nya ytan, Söstared (B).



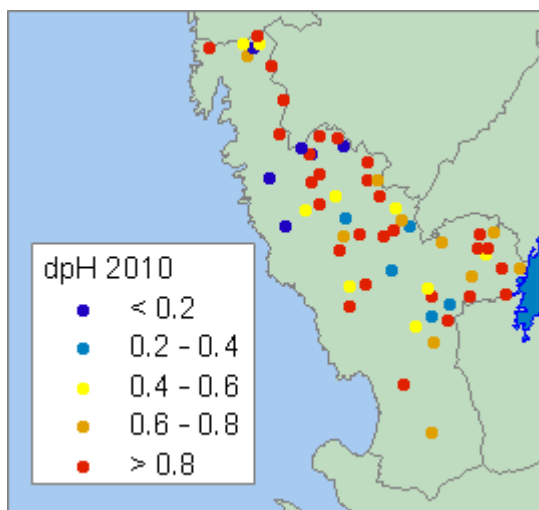
Figur 13. ANC i markvatten i Timrilt (A) (gamla ytan) och Borgared.

Andra bedömningar försurning – mark och sjöar

Data från markinventeringen används för uppföljning av indikatorn *Försurad skogsmark*. Uppföljningen görs nationellt och uppdelat i landsdelar. I den del som Halland tillhör, sydvästra Sverige, är andelen mark med hög eller mycket hög surhetsgrad enligt bedömningsgrunderna för skogslandskapet 50 %. Trots att det sura nedfallet minskat kraftigt är försurningstillståndet i skogsmarken relativt oförändrat.

Kritisk belastning för skogsmark har traditionellt beräknats med PROFILE-modellen, och kvoten mellan koncentrationen av baskatjoner och oorganiskt aluminium har använts som kemiskt kriterium. De senaste nationella beräkningarna (från 2014) visar på att den kritiska belastningen överskrids på 11% av skogsmarken i Sverige. Vi har dock valt att inte presentera resultat på länsnivå de senaste åren. I modellberäkningen finns inte det historiska nedfallet med, och när nedfallet minskat kraftigt kan resultatet bli missvisande, till exempel i Halland där den kritiska belastningen enligt beräkningarna enbart överskrids på en liten andel av skogsmarken, i och med att svavelnedfallet minskat kraftigt och baskatjonnedfallet är relativt stort. Den historiska försurningen av marken gör dock att mark, markvatten och ytvatten fortfarande är surt. Vi förespråkar därför en övergång till dynamisk modellering med ForSAFE-modellen. Det finns ett framtaget förslag på metodik för detta.

Indikatorn *Försurade sjöar* följs upp genom en bedömning av andel antropogent försurade sjöar, på länsnivå, där antropogent försurade sjöar definieras som sjöar vars pH-värde minskat med 0,4 enheter sedan förindustriell tid. Enligt detta kriterium var 80 % av sjöarna i Halland försurade under 2010 (Fölster & Valinia, 2012) (Figur 14).

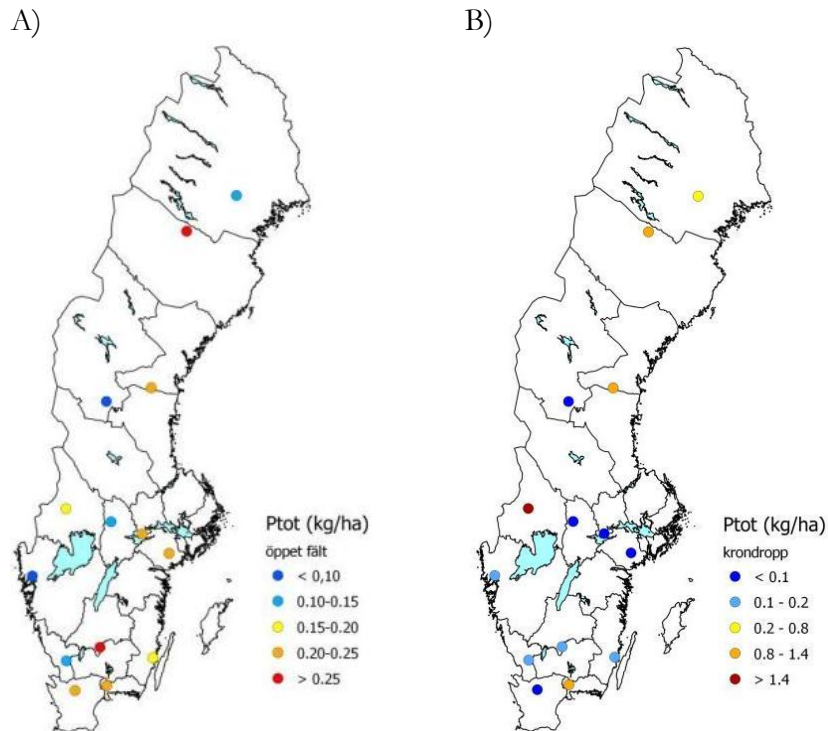


Figur 14. pH-förändring sedan förindustriell tid (dpH) i sjöar 2010, baserat på MAGIC-biblioteket. En sjö räknas som antropogent försurad om pH som årsmedian har sjunkit med minst 0,4 enheter sedan förindustriell tid (dpH>0,4), vilket markeras med gula, orange och röda symboler på kartan. Analyserna inkluderar kalkade, försurade sjöar, genom att sjölkemin i frånvaro av kalkning beräknats.

3.3. Nedfallsmätningar av fosfor 2012/13

Sedan 2011 mäts nedfallet av fosfor inom Krondroppsnätet. Mätningarna startade mot bakgrund av det bristande underlaget vad gäller fosfordnedfall, och ett ökat fokus på fosfor som en potentiellt begränsande faktor för tillväxt. Det ämne som vanligtvis begränsar skogstillväxten på våra breddgrader är kväve, men i kväverika områden med små mängder fosfor mineral i marken kan fosfor bli det begränsande ämnet. Vid stora uttag av näringsrika grenar och toppar (grot) ökar risken för fosforbrist. Vid fosforbrist blir tillväxten lägre vilket i sin tur kan innebära en ökad risk för kväveutlakning, eftersom träden inte längre kan ta upp lika mycket kväve, vilket i sin tur kan påverka både övergödning och försurning. I sjö- och havsekosystem är i stället ett överskott av fosfor, främst från jordbruket, ett stort problem.

För det hydrologiska året 2012/13 mättes fosfordnedfallet vid 14 ytor, och resultaten visade att fosfordnedfallet varierade inom landet, se Figur 15. Baserat på mätningarna från 2011/12 drogs slutsatsen att det är vanligare med högre nedfall av fosfor i södra Sverige, framförallt över öppet fält (Pihl Karlsson m.fl. 2013). Resultaten från 2012/13 visar inte detta lika tydligt. Nedfallet över öppet fält var i nivå med föregående års mätningar, 0,18 kg/ha som genomsnitt jämfört med 0,20 kg/ha under det hydrologiska året 2011/12 för de 14 lokalerna.



Figur 15. Årligt nedfall av totalfosfor för hydrologiska året 2012/2013 vid olika platser i Sverige, mätt som A) nedfall med nederbörden till öppet fält, samt B) via krondropp.

Det förefaller inte finnas några lika tydliga geografiska gradienter för fosfordnedfall som för svavel och kväve. Värdena vad gäller krondroppsmätningarna av fosfor var generellt sett högre i norra jämfört med övriga Sverige under 2012/13, se Figur 15 B. Nedfallet via krondropp var i nivå med föregående års mätningar, 0,46 kg/ha som genomsnitt jämfört med 0,45 kg/ha föregående år, för de 13 lokaler som fanns representerade under båda dessa år.

Våtdepositionen av fosfor beskrivs på ett bra sätt med mätningarna, men fortsatt arbete krävs för att kunna tolka resultaten från krondropp – hur mycket som är torrdeposition och hur mycket som är interncirkulation.

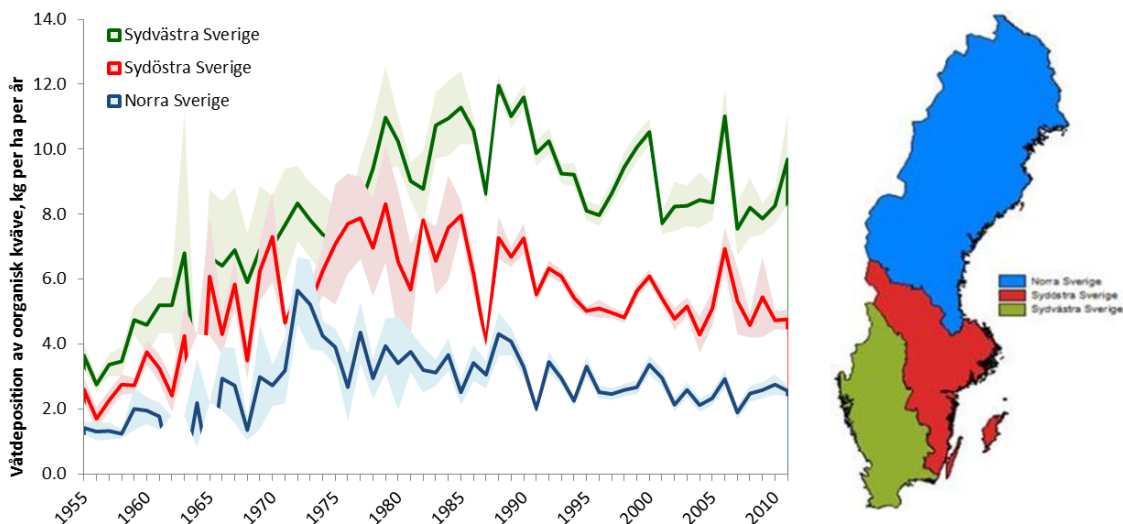
4. Rapporter och artiklar 2013

Kvävetrendrapport

Kvävenedfallet till öppet fält i sydvästra Sverige är i dagsläget runt 10-15 kg N/ha/år och avtar till ca 1-2 kg N/ha/år längst i norr. I sydligaste Skåne kan kvävenedfallet nå över 20 kg N/ha/år. På senare år har mycket diskussioner pågått kring huruvida det finns några tidstrender för kvävenedfall eller inte. Detta föranledde två projekt om trender i kvävenedfall finansierade av Naturvårdsverket (Pihl Karlsson m.fl., 2012, Hansen m.fl., 2013).

Rapporten som blev klar i november 2013 blev även en temarapporten från Krondroppsnetet för 2013 (Hansen, m.fl. 2013). I temarapporten redovisades alla månadsdata som hittills producerats inom Krondroppsnetet vad gäller atmosfäriskt nedfall av kväve med nederbörden till öppet fält. Dessutom användes en del data från Krondroppsnetet avseende kvävenedfall som krondropp. Dessa data användes tillsammans med data från Meteorologiska Institutionen Stockholms Universitet (MISU), Luft och nederbördskemiska nätet och EMEP. I rapporten analyserades trender i kvävedepositionen med nederbörden i Sverige sedan mitten av 1950-talet och framåt. Detta ställdes bl.a. i relation till rapporterade utsläpp av kväve från olika källor i Europa. Dessutom jämfördes med modellerade värden för kvävenedfall från SMHI:s MATCH-modell. I rapporten delades Sverige in i tre områden, Figur 16. Det är samma områden som används i den fördjupade utvärderingen av miljömålet *Bara naturlig försurning*.

Temarapportens övergripande slutsatser visar att kvävenedfallet med nederbörden har ökat sedan mitten av 1950-talet för att kulminera runt 1980-1990.



Figur 16. Nedfallet av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) med våtdepositionen (kg/ha/år) i tre regioner (se karta) för åren 1955-2011. Utöver våtdepositionen finns ett litet inslag av torrdeposition från provtagningsutrustningen i provet. Linjerna visar årsvisa medelvärden från de lokaler som det finns mätdata från det aktuella året. Det färgade området kring linjerna visar medelfelet i data (Standard Error). Det är olika antal stationer olika år. Man ser att variationen i data minskade efter det att Krondroppsnetet startade 1985 främst på grund av att antalet mätstationer ökade. Efter 2003 har antalet mätplatser återigen minskat. Källa: IVL, 2013; Hansen m.fl., 2013.

Analys av de senaste 20 årens månadsvisa data visar på olika mönster vid olika platser, men en sammanvägning visar att kvävenedfallet med nederbörden generellt inte minskat i sydvästra samt norra Sverige på ett statistiskt säkerställt sätt. Dock har kvävenedfallet med nederbörden minskat på ett statistiskt säkerställt sätt i sydöstra Sverige. Resultaten stämmer relativt väl överens med en tidigare studie, där årsdata från Krondroppsnetet och Luft- och Nederbördskemiska nätet användes (Pihl Karlsson m.fl., 2012). I analysen med årsdata

erhölls inte någon statistiskt säkerställd förändring av kvävenedfallet med nederbörden under de senaste 20 åren i något område.

Det finns olika förklaringar till att kvävenedfallet inte minskar som förväntat då utsläppen i Europa (EU-27) minskat. Utsläppsinventeringar är behäftade med stora osäkerheter, samtidigt som alla utsläpp från hela EU-27 ej når Sverige. Utsläppen från vissa länder har större betydelse för nedfallet över Sverige än andras. Emissionerna från internationell sjöfart är inte heller med i emissionsberäkningen från EU-27. Vidare har det skett betydande förändringar av atmosfärens kemiska sammansättning vilket kan medföra att norra Europa i större utsträckning påverkas av det kväve som släpps ut i kontinentala och södra Europa.

Förslag till nytt program

Ett förslag till nytt program för en ny mätperiod 2015-2020 har tagits fram. Programförslaget skickades på remiss till alla deltagare i början på december 2013. Inför den nu föreslagna programperioden 2015-2020 får alla medverkande luftvårdsförbund och länsstyrelser tillsammans med Naturvårdsverket möjlighet att ge synpunkter och kommentarer. Dessa synpunkter kommer att utgöra underlag för den slutliga utformningen av Program 2015. Programförslaget innebär en optimering utifrån aktuella frågeställningar och rådande ekonomiska ramar. I sin helhet anses antalet mätplatser inom programmet vara något i underkant. Därför har en besparing skett på bekostnad av antal analysparametrar i stället för antal mätplatser. En ambition inför Program 2015 är att ytterligare samordna och samredovisa resultaten mellan olika mätplatser, oavsett länstillhörighet.

Totaldeposition av baskatjoner till skog

Arbete med att uppskatta totaldepositionen av olika baskatjoner pågår då krondroppsmätningar, på grund av en intern cirkulation av dessa ämnen, inte ger ett fullständigt mått på totaldepositionen. Under 2013 publicerades en rapport där det totala nedfallet av baskatjoner uppskattas 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. 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.

Per Erik Karlsson, Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pibl Karlsson, Karin Hansen. 2013a. Totaldeposition av baskatjoner till skog. IVL B2058.

Tre nya vetenskapliga publikationer:

Under 2013 publicerades tre vetenskapliga publikationer där data från Krondroppsnätet ingick.

- Akselsson, C., Hultberg, H., Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., 2013. Acidification trends in south Swedish forest soils 1986-2008 – slow recovery and high sensitivity to sea-salt episodes. *Science of the Total Environment* 444, 271-287.
- Bahr, A., Ellström, M., Akselsson, C., Ekblad, A., Mikusinska, A., Wallander, H., 2013. Growth of ectomycorrhizal fungal mycelium along a Norway spruce forest nitrogen deposition gradient and its effect on nitrogen leakage. *Soil Biology and Biochemistry* 59, 38-48.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Tømmervik, H., Hole, L.R., Pihl Karlsson, G., Ruoho-Airola, T., Aas, W., Hellsten, S., Akselsson, C., Nørgaard Mikkelsen, T., Nihlgård, B. 2013b. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution* 176, 71–79.

Publiceringen av ovan nämnda artiklar finansierades av Naturvårdsverkets miljömålsarbete, forskningsprogrammet CLEO, forskningsprogrammet LUCCI, FORMAS samt av Nordiska Ministerrådet.

5. Möten och konferenser 2013

Havs- och vattenforum, HaV. Den 16 april medverkade Cecilia Akselsson vid Havs- och vattenforum i Göteborg, arrangerat av HaV. Hon ledde tillsammans med Christer Ågren, Luftförorenings- och klimatsekretariatet, en workshop om försurningspåverkan från luftutsläpp och skogsbruk, och presenterade då bland annat resultat från Krondroppsnätets nedfalls- och markvattenkemimätningar.

Krondroppsdagarna 2013. Den 24-25 april 2013 genomfördes Krondroppsdagarna 2013. Senast Krondroppsdagarna genomfördes var 2009, varför det återigen var viktigt att samlas och diskutera verksamheten. Syftet med dessa dagar var att presentera resultat, ge en överblick över verksamheten samt få synpunkter på och diskutera hur Krondroppsnätet ska utvecklas i framtiden. 30 personer deltog i mötet och många intressanta frågeställningar diskuterades, allt ifrån situationen i norra Sverige och fjällen, meteorologiska mätningar, RUS, modellering och nya indikatorer i miljömålsuppföljningen baserade på markvatten till kopplingen skogsbruk-markvatten-ytvatten. Utöver föredragen om resultat från Krondroppsnätet hölls även föredrag av representanter från Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen, Havs- och vattenmyndigheten, Luftförorenings- och klimatsekretariatet samt Göteborgs universitet.



IUFRO-konferens om effekter på vegetation av klimatförändring och luftföroreningar. Den 1-6 september anordnade IUFRO, "International Union of Forest Research Organizations", konferensen "Vegetation Response to Climate Change and Air Pollution – Unifying Evidence and Research from Northern and Southern Hemisphere" i Ilhéus i Brasilien. Cecilia Akselsson höll ett föredrag, "Can increased weathering rates due to future warming compensate for base cation losses at whole-tree harvesting?". I presentationen ingick resultat från Krondropps nätets nedfalls- och markvattenkemimätningar.

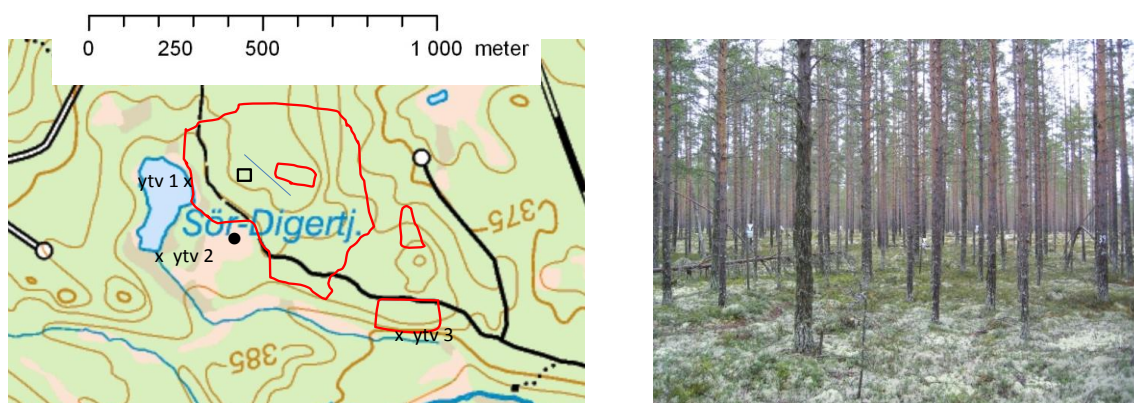
Seminarium på KSLA om skogsbruk i ett förändrat klimat. Den 16 oktober 2013 arrangerades ett seminarium på KSLA i Stockholm, "Skogsbruk i ett förändrat klimat – Hur påverkas mångfald och miljö?". Arrangörer var forskningsprogrammen BECC, Mistra-SWECIA och CLEO tillsammans med KSLA. Data från Krondropps nätet ingick i tre presentationer, av Cecilia Akselsson, Håkan Wallander och Salim Belyazid, Lunds universitet.

Seminarium vid ICOS workshop. Forskningsprogrammet ICOS (Integrated Carbon Observation Systems) arrangerade en workshop med temat "The role of the boreal ecosystems for the regional carbon cycle" i Ultuna 21-22 oktober 2013. Per Erik Karlsson presenterade där metodiken för att bestämma torrdepositionen till skog med hjälp av s.k. "strängprovtagare".

6. Specialprojekt på krondroppsytor

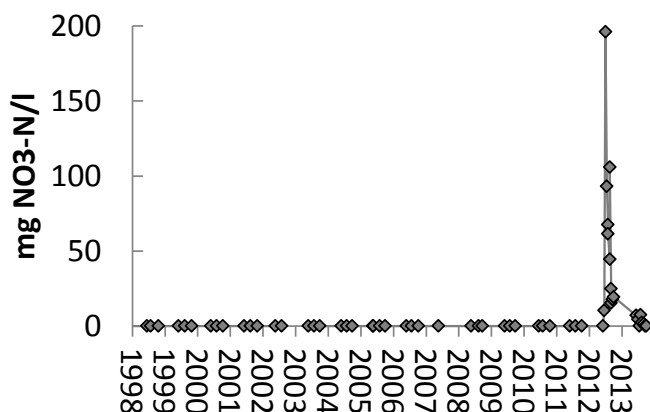
Kvävegödsling av en krondroppsyta i Jämtland

Ökad kvävegödsling är ett sätt att öka tillväxten i den svenska skogen. Skogsstyrelsen ser för närvarande över sina allmänna råd vad gäller kvävegödsling på skogsmark. I norra Sverige är det tillåtet att kvävegödsla skogsmarken 2 alternativt 3 gånger med 150 kg N per skogsgeneration. Kvävegödsling av skogsmark är i nuläget inte tillåtet i sydvästra Sverige och tillåtet i mycket begränsad omfattning i sydöstra Sverige (Skogsstyrelsen, 2007) till stor del beroende på att det atmosfäriska nedfallet av kväve till skogen i dessa områden är så pass hög att det finns en risk för överskott av kväve, vilket kan leda till kväveutlakning (Zetterberg m.fl., 2006). Det förs diskussioner om att minska något på restriktionerna bland annat vad gäller gödsling av tallskog i sydöstra Sverige. Resultat från mätningar av markvatten vid krondroppsytor kan bidra med viktig information vad gäller risker för kväveläckage, t.ex. i samband med störningar som stormar eller insektsangrepp, eller vid olika typer av skogsbruksåtgärder, t.ex. skogsgödsling eller gallring.



Figur 17. Karta över området vid Sör-Digertjärn som gödslades 2012, markerat med en röd linje. En svart fyrkant i figuren markerar krondroppsytan. En tunn blå linje öster om KD-ytan markerar den uppskattade vattendelaren vad gäller avrinningen mot sjön. Tre platser för provtagning av ytvatten, ytv 1, ytv 2, samt ytv 3, är markerade. Till höger, ett fotografi av krondroppsytan, taget mot nordost.

En provyta inom Krondroppsnätet med tallskog i Jämtlands län, Sör-Digertjärn, gödslades i juni 2012 med 150 kg N/ha (Figur 17). Genom finansiering från C.F. Lundströms Stiftelse, samt från Länsstyrelsen i Jämtlands län och från Havs- och vattenmyndigheten, intensifierades pågående mätningar av markvattenkemi. Dessutom startades nya mätningar av ytvattenkemi i en närbelägen tjärn och även i dess utlopp (Figur 17), för att kunna följa upp gödslingseffekterna på mark- och ytvatten. Tidigare mätningar av markvattenkemi vid provytan sedan 1997 har inte visat några förhöjda halter av nitrat eller ammonium. Mätningar under 2012 och 2013 visade att skogsgödslingen vid Sör-Digertjärn redan efter tre veckor resulterade i mycket höga halter av både nitrat- och ammoniumkväve i markvattnet. Även under 2013 har halterna av nitratkväve i markvattnet varit klart förhöjda, medan halterna av ammoniumkväve återgått till samma låga nivå som före gödslingen. I Figur 18 visas nitralthalterna i markvattnet.



Figur 18. Halterna av nitrat i markvatten från 50 cm djup vid krondroppsytan Sör-Digertjärn.

Det finns ännu inga tecken på ökade halter av kväve i ytvattnet i Sör-Digertjärn eller nedströms i den avrinnande bäcken som ett resultat av gödningen. Tolkningen av dessa resultat försvåras dock av att det saknas jämförbara mätningar i ytvattnet från tidigare år. Eftersom den gödslade ytan ligger på en moränås är det möjligt att huvuddelen av kväveöverskottet gick ner i grundvattnet. Tyvärr genomfördes inga grundvattenmätningar.

Det är angeläget att följa halterna av nitrat- och ammoniumkväve i ytvatten under ytterligare några år samt i samband med en framtida avverkning. Då först kan en samlad bedömning göras av effekterna av skogsgödningen på ett lågproduktivt tallbestånd i norra Sverige.

Dynamisk modellering på krondroppsytor

Under 2010 initierades FORMAS-projektet "Kväveomsättning i skogsmark – vilka faktorer påverkar kväveutlakningen och hur kan vi förbättra de dynamiska modellerna?", som finansierade en omfattande provtagning av de då aktiva krondroppsytorerna, bland annat med avseende på trädegenskaper som höjd och diameter och markegenskaper i olika markskikt. Många av ytorna ingår i Skogsstyrelsens nät av skogliga observationsytor, vilket innebär att det finns tidigare mätningar, bland annat av traddiameter och trädhöjd, som i sin tur gör att tillväxtberäkningar kan göras.

De kartlagda krondroppsytorerna utgör underlag för dynamisk ekosystemmodellering med ForSAFE-modellen i ett flertal projekt vid Lunds universitet. ForSAFE behöver indata i form av tidsserier för klimat, nedfall och skogsbruk, samt totalkemi i marken, kornstorleksfördelning och densitet, och kan då modellera vittring, nedbrytning, trädutväxt samt halter av kol, kväve och baskatjoner i fast mark och i markvatten. Krondroppsnätets ytor är optimala som underlag för ForSAFE-modellering, eftersom indata är av bra kvalitet, och eftersom det även finns bra tidsserier på markvattenkemi och trädutväxt för utvärdering av modellresultaten.

Modellering på krondroppsytor kan tjäna olika syften. Det kan bidra till ökad processförståelse och modellutveckling, vilket till exempel utnyttjas i ovan nämnda FORMAS-projekt, där modellresultat från en nyligen avverkad krondropsyta vid Västra Torup i

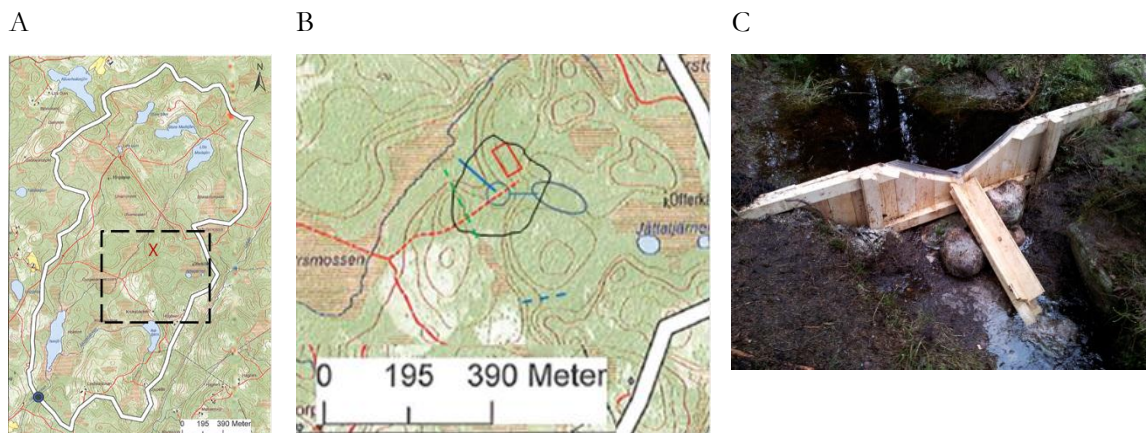
Skåne (Zanchi m.fl., 2014), kommer att jämföras med modellresultat från den närliggande nystartade ytan Hissmossa. Båda är granskogar, men markvattenkemin skiljer sig mycket åt. I Västra Torup var nitratkvävehalterna mycket låga ända tills skogen avverkades, medan halterna i Hissmossa har varit förhöjda vid samtliga tillfällen sedan mätstarten i slutet av 2010. Modelleringen i Västra Torup fångar in ökningen i kvävehalt i markvattnet efter avverkning. Modelleringen i Hissmossa kommer att visa om modellen kan prediktera de förhöjda kvävehalterna i markvattnet som uppmäts där, och studien kommer att vara en bra grund för ökad förståelse av kväveprocesser i marken.

Modellering vid krondroppsytorna kan även utnyttjas för framtidssimuleringar av markvattenkemi och tillväxt vid olika klimat-, skogsbruks- och depositionsscenarier. Arbete med detta pågår inom CLEO-programmet (se sid 31).

Zanchi, G., Belyazid, S., Akselsson, C., Yu, L., 2014. Modelling the effects of management intensification on multiple forest services: a Swedish case study. Ecological Modelling 284, 48–59.

Från markvatten till bäckvatten

Mellan markvatten och de mindre vattendragen finns en bäcknära zon som har en betydande inverkan på vattenkemin. Fördelen med att övervaka markvattenkemi i skogsmarken ligger i att få en tidig varning om förändringar av skogsmarken innan de har blivit så genomgripande att de syns ända ut i vattendragen. Nackdelen ligger i svårigheten att bedöma konsekvenserna i ytvattnet av förändringarna i markvattnet. Krondropps nätet har som en målsättning att förbättra kunskaperna vad gäller samband mellan mark- och bäckvatten, genom att etablera nya krondroppsytor i väl definierade avrinningsområden och att få till stånd provtagning och analys av bäckvattnet som kommer ut från dessa områden. En första etablering av en ny krondroppsyta, Storskogen, inom ett lämpligt avrinningsområde (Sågebäcken) finns nu i Västra Götalands län (Figur 19) mellan Alingsås och Borås. Provtagning av avrinningen ut från området har genomförts av Länsstyrelsen i Västra Götalands län sedan slutet av 1990-talet. Bäckvattnet är fortfarande kraftigt försurat och transporten av oorganiskt aluminium ut från området är hög (Länsstyrelsen VG län: 2012:02).



Figur 19. A, Avrinningsområdet Sägebäcken. Avrinningsområdet avgränsas av den breda vita linjen. ● Befintliga ytvattenmätningar i Sägebäcken som avvattnar hela avrinningsområdet (finansierat av Länsstyrelsen i Västra Götaland). B, En uppförstoring (från figur A) av ett mindre delavrinningsområde i anslutning till krondroppsytan. En svart oregelbunden linje indikerar avgränsningen för delavrinningsområdet. En tjockare blå linje visar bäcken där provtagningen av bäckvatten sker. En tjock röd rektangel visar krondroppsytan. Blå cirklar indikerar sankmarker. C, Ett foto av den nyanlagda dammen (2014-04-10).

Med finansiellt stöd från HaV-myndigheten etablerades under våren 2014 en damm för provtagning av bäckvattnet i bäcken nedanför, väster om krondroppsytan (Figur 19 B & C). Dessutom kommer två grundvattenrör att placeras ut i slutningen mellan krondroppsytan och provtagningsbäcken. Provtagning av bäck och grundvatten kommer att ske månadsvis året runt. Tillsammans med nedfallsmätningar på öppet fält samt mätningar av torrdeposition med strängprovtagare finns möjlighet till beräkningar av totalbudgetar för olika ämnen för avrinningsområdet Sägebäcken om mätningar med öppet fält och strängprovtagare startas. Mätningarna i mark-, grund- och bäckvatten kommer bl.a. att kunna användas som underlag för att utveckla modellen ForSAFE till att kunna beskriva markkemiska förändringar vid lateralt vattenflöde från mark till bäckvatten. Inom Krondroppsnetet finns målsättningen att starta liknande provtagningar även i andra län där det finns möjlighet att etablera nya krondroppsytor i lämpliga avrinningsområden.

7. Pågående policyrelaterat arbete med koppling till Krondroppsnetet

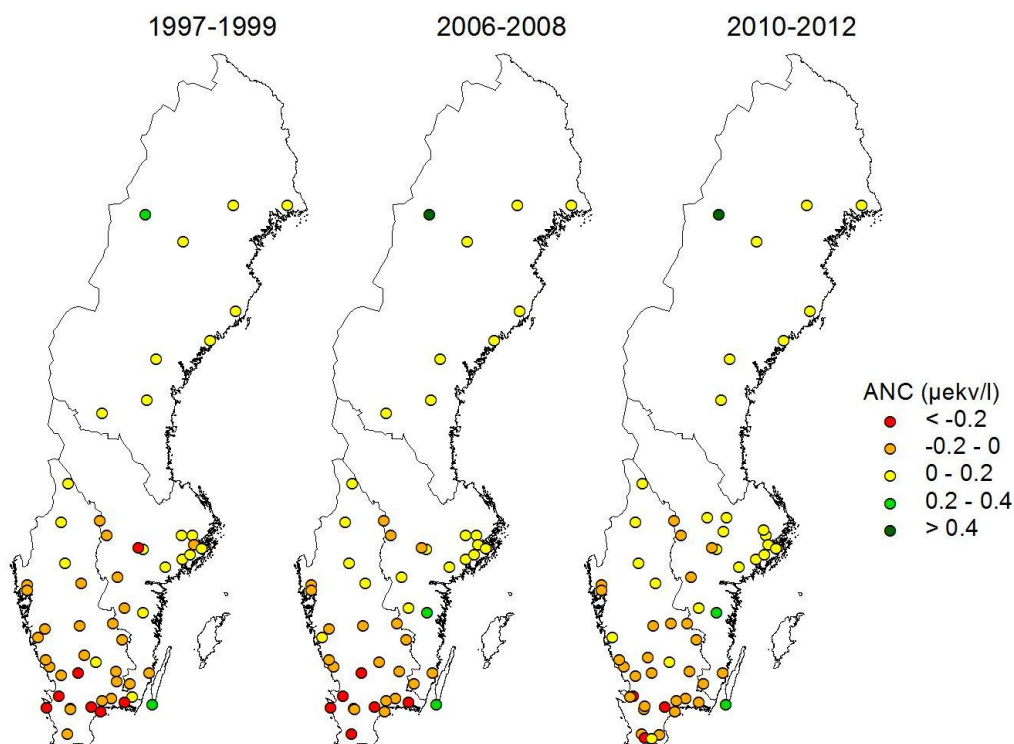
Fördjupad utvärdering och förslag på nya indikatorer

Under 2014 pågår arbete med fördjupade utvärderingar av de 16 miljö kvalitetsmålen. Utvärderingarna ska vara klara 1 september 2015. Data från krondroppsytorna används i flera sammanhang i arbetet med att ta fram underlag för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*.

Förslag på att inkludera ANC i markvatten i indikatorn "Försurad skogsmark"

Markkemi från Markinventeringen har hittills använts för att utvärdera indikatorn *Försurad skogsmark*. Krondroppsnetets projektledningsteam förespråkar att indikatorformuleringen ändras så att även markvattenkemi, från Krondroppsnetet, ingår tillsammans med markkemi från Markinventeringen. Markvattenkemin skulle med sina goda förutsättningar för trendanalys på ett bra sätt komplettera Markinventeringen, som i sin tur ger en bra geografisk täckning. Ett färdigt förslag på hur markvattenkemin skulle kunna användas har tagits fram och testats under 2012-2013. Indikatorformuleringen lyder: "Andel krondroppsytor med $ANC < 0$ i markvattnet".

ANC (syraneutraliserande förmåga) i markvattnet för tre olika tidsperioder (medianvärde) visas i Figur 20. Andel krondroppsytor med $ANC < 0$ tenderar att minska något från första perioden till sista. I den sydvästra regionen minskade andelen från 83 % till 77 %. I den centrala/sydöstra delen var motsvarande minskning från 47 % till 30 %. I den norra delen har ingen provyta haft $ANC < 0$ under någon av tidsperioderna. ANC i markvatten kommer att tas upp i den fördjupade utvärderingen, men det är ännu inte klart om det kommer att ingå i indikatorn *Försurad skogsmark*.



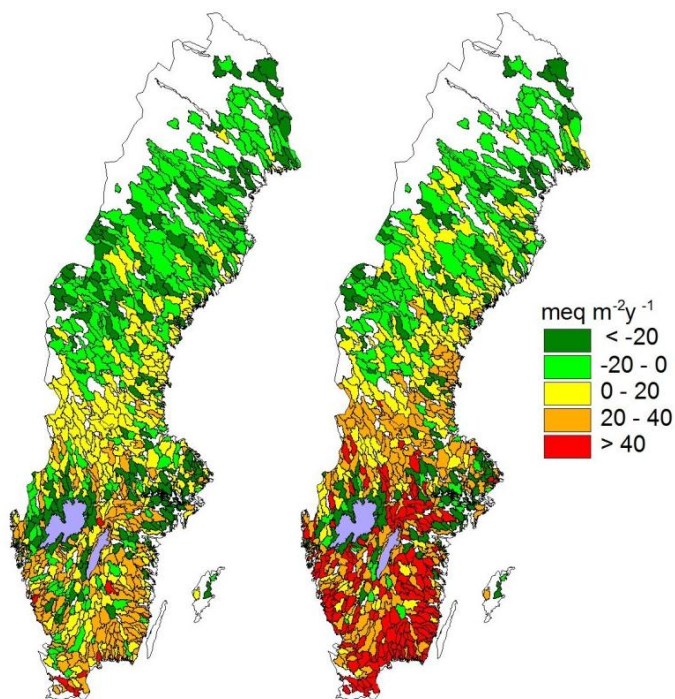
Figur 20. ANC i markvatten på 50 cm djup på krondroppsytor, medianvärde för varje yta från tre olika treårsperioder. Gränserna för de tre försurningsregionerna är utmärkta på kartan.

Förslag på ny indikator för skogsbrukets försurningspåverkan

Svavelnedfallet har minskat kraftigt under de senaste decennierna, och därmed har försurningspåverkan på skogsmark från luftföroreningar minskat. Försurningspåverkan från

skogsbuket har däremot ökat, då efterfrågan på förnybar energi ökat frekvensen av helträdsuttag, det vill säga uttag av grenar och toppar (grot) utöver stamuttaget. Detta har gjort att försurningspåverkan från luftföroreningar och skogsbruk nu troligen är i samma storleksordning, och skogsbrukets betydelse kan förväntas öka i framtiden. För miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* finns indikatorer på nedfall av försurande ämnen, men ingen indikator som hanterar skogsbrukets försurning. Mot bakgrund av skogsbrukets ökade roll är det motiverat att tillföra en sådan indikator, och ett förslag på indikatorformulering, "Överskridande av kritiskt baskatjonuttag i granskog", har tagits fram.

Kritiskt baskatjonuttag bygger på samma princip som kritisk belastning, som använts under många år i arbetet med att begränsa emissionerna av svavel och kväve. Skillnaden är att i stället för att beräkna det högsta nedfall som kan tillåtas utan att en kritisk gräns överskrids, då baskatjonuttag och övriga parametrar hålls konstanta, beräknas det högsta baskatjonuttag som kan tillåtas utan att en kritisk gräns överskrids, då nedfall och övriga parametrar hålls konstanta. Arbete pågår för närvarande med att finlipa metodiken för att utvärdera indikatorn. Några frågor som diskuteras är vilket nedfall som ska användas, vilken kritisk gräns som ska sättas samt hur askåterföringen ska vägas in. I Figur 21 visas överskridande av kritiskt baskatjonuttag i granskog, med antagandet att enbart det kväve som läcker från systemet som nitratkväve försurar, med ANC=0 som kritisk gräns, och utan att hänsyn tagits till askåterföring. Gul, orange samt röd färg indikerar överskridanden.



Figur 21. Överskridande av kritiskt baskatjonuttag i granskog vid stamuttag (a) och uttag av stam och grot (b).

Utvärdering av förändring i markkemi på krondroppsytor

Under åren 1995-1998 provtogs Skogsstyrelsens skogliga observationsytor med avseende på markkemi. Prover togs från humuslagret, 0-5 cm samt 5-10 cm i mineraljorden. Under

2010-2011 upprepades provtagningen av markkemi på de av observationsytorna som då fortfarande var aktiva krondroppsytor. Provtagningen och analyserna finansierades av FORMAS, med bidrag från Naturvårdsverket. Syftet med provtagningen var att ta fram ett underlag för studier av återhämtning i mark på väl undersökta ytor, där det även finns tidsserier för markvattenkemi.

Inför den fördjupade utvärderingen av *Bara naturlig försurning* kommer återhämtning från försurning studeras på de 46 ytorna genom att jämföra data från de två tidpunkterna, till exempel för pH och basmättnad, i de tre lager där mätningar gjorts. Det översta mineraljordsskiktet är av särskilt intresse då det används i bedömningsgrunden för markförsurning. Resultaten kommer även att jämföras med tidsserierna för markvattenkemi på samma platser. Detta kan bidra till kunskapen om interaktionen mellan mark och markvatten vid återhämtning från försurning, och kan vara till hjälp vid tolkning av resultat från tidsserieanalys av markkemi från Markinventeringen och markvattenkemi från Krondroppsnätet.

Förslag till reviderad luftvårdspolitik inom EU

Det finns ett nytt förslag till revidering av ett EU-direktiv som är ute på remiss i Sverige. Det gäller Europaparlamentets och rådets direktiv om minskning av nationella utsläpp av vissa luftföroreningar och om ändring av direktiv 2003/35/EG. Om förslaget går igenom kan mätningarna i Krondroppsnätet i flera fall användas för uppföljningen av direktivet framöver.

Syftet med direktivet är bland annat att fastställa gränser för medlemsstaternas utsläpp till luften av försurande och övergödande föroreningar, ozonbildande ämnen, primära partiklar och utgångsämnen för bildning av sekundära partiklar och andra luftföroreningar. Direktivet inför krav på att nationella luftvårdsprogram utarbetas, antas och genomförs samt krav på att utsläpp av föroreningar och **deras effekter övervakas** och rapporteras.

Enligt artikel 8 ska medlemsstaterna om möjligt **övervaka luftföroreningars negativa effekter på** akvatiska och **terrestra ekosystem**, i enlighet med bestämmelserna i bilaga V till direktivförslaget.

Ur BILAGA V framgår: "Övervakning av föroreningars effekter i miljön

21. Medlemsstaterna ska se till att deras nät av övervakningsstationer är representativt för sötvattensystem, naturliga och halvnaturliga ekosystem samt **skogsekosystem**.

22. Medlemsstaterna ska se till att övervakningen baseras på följande obligatoriska indikatorer vid alla stationer i det nät som avses i punkt 1:

(f) **För terrestra ekosystem: bedömning av markens surhetsgrad, förlust av näringsämnen i mark, kvävestatus och kvävebalans samt förlust av biologisk mångfald:**

i) huvudindikatorn markens surhetsgrad: utbytbara fraktioner av baskatjoner (basmättnad) och utbytbar aluminium i mark vart tionde år

samt stödindikatorerna pH, sulfat, nitrat, baskatjoner, aluminiumhalter i marklösningen varje år (i tillämpliga fall).

ii) huvudindikatorn nitratutlakning i marken (NO_3 , leach) varje år.

iii) huvudindikatorn kol-kvävekvot (C/N) och stödindikatorn totalkväve i marken (N_{tot}) vart tionde år.

iv) huvudindikatorn näringsämnesbalans i blad och barr (N/P, N/K, N/Mg) vart fjärde år.”

Beträffande de förslag som ges i Bilaga V, vad gäller övervakning av föroreningars effekter i miljön, har Krondropps nätets projektledningsteam följande synpunkter:

- Det är bra att det i förslaget inkluderas övervakningsstationer representativa för skogsekosystem. I Sverige är en överväldigande del av skogsarealen brukad skog och det finns konflikter mellan ett intensifierat uttag av biomassa från skogen i samband med avverkningen och den pågående återhämtningen av skogsmarken från försurningspåverkan.
- Det är bra att mätningar av markkemi kombineras med kemiska mätningar i marklösningen, för att följa upp effekter av minskat atmosfäriskt nedfall till följd av minskade emissioner i Europa. Markvattenmätningar har fördelen att de ger en första indikation på risken för påverkan på ytvatten.
- De parametrar som föreslås som stödindikatorer för att beskriva en försurningspåverkan i markvatten, pH, sulfat, nitrat, baskatjoner och aluminiumhalter, är adekvata.
- Vad gäller huvudindikatorn nitratutlakning i marken (NO₃, leach) antar vi att man här syftar på halterna av NO₃ i marklösningen. Detta är i så fall en adekvat parameter för att indikera kvävestatus och kvävebalans för skogsmarken.
- Implementeringen av förslaget underlättas av att det sedan 1985 finns ett för Sverige geografiskt heltäckande, väl fungerande övervakningssystem med långa tidsserier (Krondropps nätet) som tre gånger årligen mäter ovan nämnda kemiska egenskaper i marklösningen i representativa skogsekosystem med olika trädslag i brukad skog.
- Det finns sedan 1995 ett övervakningssystem med skogliga observationsytor som drivits av Skogsstyrelsen, där provtagning av blad/barrkemi har bedrivits med regelbundna intervall, med 2-4 års mellanrum. Detta övervakningssystem är nu under avveckling, men skulle kunna tas i bruk igen för att möjliggöra övervakning av den föreslagna huvudindikatorn näringsämnesbalans i blad och barr (N/P, N/K, N/Mg). Dessa mätningar genomförs i många fall på samma ytor som övervakas inom Krondropps nätet.

Analys av synergier och konflikter mellan miljömål i CLEO-programmet

CLEO-programmet (CLimate change and the Environmental Objectives) är ett forskningsprogram finansierat av Naturvårdsverket, som löper 2010-2015. Fyra miljökvalitetsmål hanteras i CLEO, *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning*, *Giftfri miljö* och *Frisk luft*.

Krondropps nätets ytor används på olika sätt i ett av CLEO:s delfogram, om synergier och konflikter kopplat till ett intensifierat skogsbruk.

Dynamisk modellering på krondroppsytorna

Som beskrivits ovan används krondroppsytorna tillsammans med kompletterande mätningar för modellering med den dynamiska ekosystemmodellen ForSAFE. Syftena med

ForSAFE-modelleringen i CLEO är dels att utvärdera effekten av klimatförändring och förändrat skogsbruk på försurning och kväveutlakning, dels att identifiera synergier och konflikter vid olika klimat- och skogsbruksscenarioer, kopplat till försurning, kväveutlakning och kolinbindning.

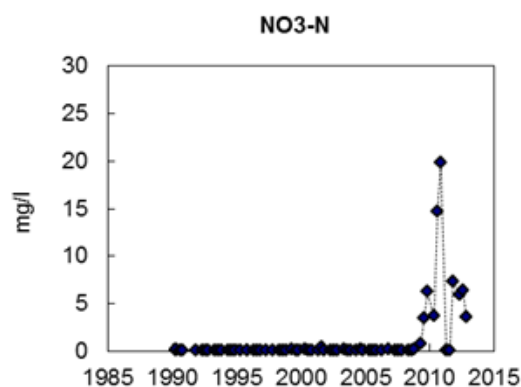
Detaljerade massbalansberäkningar

Inom CLEO har massbalansberäkningar för baskatjoner och kväve gjorts i nationell skala, med 2000 sammanslagna delavrinningsområden (SMED-områden; www.smed.se) som bas. Detta ska kompletteras med beräkningar på krondroppsytor, där mycket mer detaljerade data finns att tillgå. Olika scenarier för biomassaavgång och nedfall kommer att testas, och osäkerhetsanalyser av vittringsuppskattningar kommer att göras i samarbete med FORMAS-programmet QWARTS, om vittring kopplat till uthålligt skogsbruk. Resultatet av osäkerhetsanalysen kommer att vägas in vid tolkningen av resultaten. Massbalansberäkningarna i SMED-områdena, de mer detaljerade beräkningarna i krondroppsytorna och den dynamiska modelleringen på krondroppsytorna kommer tillsammans att ge ett mer robust underlag till bedömningen av försurning och övergödning i olika delar av landet och vid olika scenarier. Vilket kommer att utgöra viktig input till analysen av synergier och konflikter mellan miljömål vid olika skogsbruksscenarioer.

Extrema händelser

Ett förändrat klimat kan komma att leda till flera extrema situationer i skogen som kan påverka försurning och kväveutlakning. Ett intensifierat skogsbruk kan också påverka försurning och kväveutlakning, till exempel om gödsling ökar i omfattning.

Det stora antalet provytor inom Krondroppsnetet innebär att relativt ovanliga händelser, t.ex. stormfällan och angrepp av granbarkborre (Figur 22) samt skogsgödsling, ändå inträffar med en viss regelbunden frekvens. Data från sådana extrema händelser inom Krondroppsnetet kommer att användas som underlag för att testa hur väl modellen ForSAFE kan användas för att beskriva påverkan på markvattnet från dylika händelser vad gäller försurning och kväveutlakning.



Figur 22. Halter av nitrat i markvattnet på 50 cm djup vid krondroppsytan Klippan, belägen i Västra Götalands län, strax öster om Göteborg. År 2008 rapporterades första gången att granarna på provytan var angripna av granbarkborre. Träden stod dock i stor utsträckning kvar upprätta. Längst till höger visas ett foto från ytan taget 2010-08-26.

Utvärdering av miljöövervakning på Skogsstyrelsens observationsytor

Under 2014 pågår en utvärdering av miljöövervakningen som pågått under 30 år vid Skogsstyrelsens observationsytor (obsytenätet). Miljöövervakningen startade 1984, men dagens nät av observationsytor etablerades mellan 1995 och 1998 och samordnades delvis med regionala mätningar av deposition och markvattenkemi inom Krondropps nätet. Huvudsyftet med programmet var att dokumentera utbredningen av skogsskador och förklara orsakssambanden. På senare år har resurserna till miljöövervakningen minskat kraftigt, mycket på grund av att finansieringen från EU upphörde 2006. Ytor har fallit bort sedan mätningarna startade, på grund av storm- och insektsskador samt avverkning. Allt fler ytor kommer upp i en ålder som gör att slutavverkning blir aktuellt. För att kunna fortsätta mätningarna på ett bra sätt hade därför en revidering av ytsystemet behövts. På grund av bristande resurser har Skogsstyrelsen beslutat att i stället lägga ner obsytenätet.

Mot bakgrund av detta har Skogsstyrelsen tillsatt en utvärdering för att få en bra dokumentation av den genomförda verksamheten, för att insamlade data ska kunna utnyttjas på bästa sätt och för att ha som grund för diskussioner om framtida skoglig miljöövervakning i brukad skog. Utvärderingen utförs av Lunds universitet i samarbete med IVL och kommer att slutrapporteras i december 2014. Ett öppet seminarium planeras till hösten 2014.

Analys av ozonets inverkan på träd tillväxt

Under 2013 startade ett nytt forskningsprogram, finansierat av Naturvårdsverket, ”Frisk Luft och Klimat” (SCAC, Swedish Clean Air and Climate Research Program). SCAC ska producera underlag till stöd för Naturvårdsverkets internationella och nationella förhandlingsarbete om klimat och luftkvalitet. En del av programmet handlar om kortlivade klimatgaser, s.k. ”short lived climate forcers” (SLCF).

Ozon räknas som en SLCF, dels därför att den är en växthusgas i sig, dels därför att ozon nära marken verkar begränsande för växtlighetens tillväxt och därmed begränsande för det upptag av koldioxid som sker till växtligheten, främst vad gäller skogen. I dagsläget tar den globala terrestra växtligheten upp ca 25 % av de antropogena utsläppen av CO₂. Ozonets negativa inverkan på unga träd under experimentella förhållanden är relativt väl känd. Däremot har det varit svårare att påvisa ozonets inverkan på vuxna träd i bestånd.

Ett sätt att studera ozonets inverkan på tillväxten hos träd är att korrelera den årliga stamtillväxten med ozonexponeringen för samma år. Svårigheten ligger i att många andra faktorer som styr tillväxten varierar samtidigt. Det krävs därför att även alla andra faktorer som påverkar tillväxten kvantifieras och att alla data analyseras med en avancerad statistisk modell, ett s.k. epidemiologiskt angreppssätt (Karlsson m.fl., 2006). Detta gör det särskilt lämpligt att använda Krondropps nätet försöksytor i denna typ av studier. Med finansiering från SCAC kommer den historiska, årliga träd tillväxten att mätas vid ca 20-30 krondroppsytor genom att borrhår tas från trädstammarna, s.k. dendrokronologi. Förutom faktorer som ozonexponering, atmosfäriskt nedfall, meteorologi inklusive nederbörds mängder, markförhållanden, beståndskaraktärer m.m., kommer årlig markfuktighet att modelleras.

Alla dessa data kommer att sammanställas i en databas som sedan med hjälp av statistisk expertis kommer att analyseras.

Med hjälp av denna statistiska analys kommer ozonets negativa inverkan på trädutväxten förhoppningsvis att påvisas tillsammans med inverkan från alla övriga faktorer.

8. Krondroppsnetets webbplats

Krondroppsnetets webbplats (www.ivl.krondroppsnetet.se) kommer att kompletteras med en engelsk version där den viktigaste informationen, samt nedladdning av data kommer att finnas med. Den engelska versionen planeras finnas tillgänglig under hösten 2014.

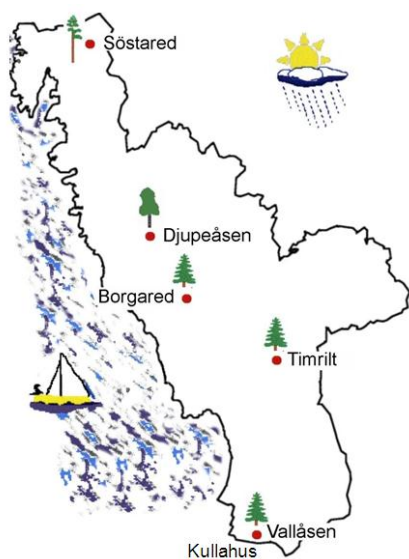
9. Referenser

- Akselsson, C., Hultberg, H., Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., 2013. Acidification trends in south Swedish forest soils 1986-2008 – slow recovery and high sensitivity to sea-salt episodes. *Science of the Total Environment* 444, 271-287.
- Bahr, A., Ellström, M., Akselsson, C., Ekblad, A., Mikusinska, A., Wallander, H., 2013. Growth of ectomycorrhizal fungal mycelium along a Norway spruce forest nitrogen deposition gradient and its effect on nitrogen leakage. *Soil Biology and Biochemistry* 59, 38-48.
- EMEP (2011): Klein, H., Gauss, M., Nyíri, Á., Steensen, B.M. (2011). Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM. Norwegian Meteorological Institute, Data Note 2011, ISSN 1890-0003.
- Fölster, J. and S. Valinia 2012. Förurningsläget i Sveriges ytvatten 2010. Komplettering till rapport 2011:24. Underlag till utvärdering av miljömålet ”Bara naturlig förurning. Rapport 2012:5, Institutionen för vatten och miljö, SLU.
- Hansen, K., Pihl Karlsson, G., Ferm, M., Karlsson, P.E., Bennet, C., Granat, L., Kronnäs, V., von Brömssen, C., Engardt, M., Akselsson, C., Simpson, D., Hellsten, S. & Svensson, A. 2013. Trender i kvävedeposition över Sverige 1955-2011. IVL Rapport B 2119.
- IVL, 2013. Opublicerat.
- Karlsson, P.E., Örlander, G., Langvall, O., Uddling, J., Hjorth, U., Wiklander, K., Areskoug, B., Grennfelt, P. 2006. Negative impact of ozone on the stem basal area increment of mature Norway spruce in south Sweden. *Forest Ecology and Management* 232, 146-151.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Hultberg, H., Hellsten, S., Akselsson, C., Pihl Karlsson, G. & Hansen, K. 2013a. Totaldeposition av baskatjoner till skog. IVL B2058.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Tømmervik, H., Hole, L.R., Pihl Karlsson, G., Ruoho-Airola, T., Aas, W., Hellsten, S., Akselsson, C., Nørgaard Mikkelsen, T., Nihlgård, B.

- 2013b. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution* 176, 71–79.
- Länsstyrelsen VG län: 2012:02. Regional övervakning av avrinningen från brukad skogsmark i Västra Götalands, Hallands och Jönköpings län. Utvärdering av perioden 1996-2009.
- Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P.E. Akselsson, C., & Ferm, M. 2012. Kvävedepositionen till Sverige - Jämförelse av depositionsdata från Krondropps nätet, Luft- och nederbördskemiska nätet samt EMEP. IVL Rapport B 2030.
- Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E., Akselsson, C., Kronnäs, V. & Hellsten, S. 2013. Krondropps nätetns övervakning av luftföroreningar i Sverige – mätningar och modellering. IVL Rapport B 2095.
- Skogsstyrelsen, 2007. Kvävegödsling av skogsmark. Skogsstyrelsen. Meddelande 2 • 2007.
- Zanchi, G., Belyazid, S., Akselsson, C., Yu, L., 2014. Modelling the effects of management intensification on multiple forest services: a Swedish case study. *Ecological Modelling* 284, 48–59.
- Zetterberg, T., Hellsten, S., Belyazid, S., Karlsson, P.E. och Akselsson, C. 2006. Regionala förutsättningar och miljörisker till följd av skogsmarksgödsling vid olika scenarier för skogsskötsel och kvävedeposition – modellerade effekter på kväveupplagring, biomassa, markkemi. IVL Rapport B 1691.

Bilaga 1. Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna tillsammans med tidigare års mätningar. För deposition redovisas data som årssumma för hydrologiskt år (oktober-september). För markvattendata visas de tre senaste årens mätningar. De tre markvattenprovtagningarna som genomförs varje kalenderår avses representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. Lufthaltsdata redovisas halvårsvis.



I Hallands län finns sex aktiva lokaler inom Krondroppsnetet (Tabell B1:1). Söstared är den yta i länet som har längst mätserie, 25 år. Timrilt är den enda lokal i länet där alla typer av mätningar som ingår i Krondroppsnetet görs; nedfallsmätningar över öppet fält och i skogen samt mätningar av markvattenkemi och lufthalter. I Vallåsen har mätningar utförts sedan 1997, och på grund av förestående avverkning har en ny yta, Kullahus, startats. Kullahus ligger endast 3-4 km från Vallåsen (och indikeras därför på samma plats som Vallåsen i kartan till vänster). Nedfallsmätningar gjordes parallellt i de två ytorna 2010/11, varefter mätningarna i Vallåsen avslutades. Markvattenkemi mäts dock fortfarande både i Vallåsen och i Kullahus.

Mätningar med strängprovtagare startades i juni 2013.

Resultat från dessa mätningar presenteras i nästa års rapport.

Tabell B1:1. Aktiva ytor i Hallands län 2012/13.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten	Lufthalter			
					SO ₂	NO ₂	NH ₃	O ₃
Söstared (N 01)	Tall		X	X				
Borgared (N 12)	Gran		X	X				
Timrilt (N 13)	Gran	X	X	X	X	X	X	*
Djupeåsen (N 14)	Bok		X	X				
Vallåsen (N 17)	Gran		X	X				
Kullahus (N 19)	Gran		X	X				

* ingår i Ozonmätandet i södra Sverige från och med 2009.

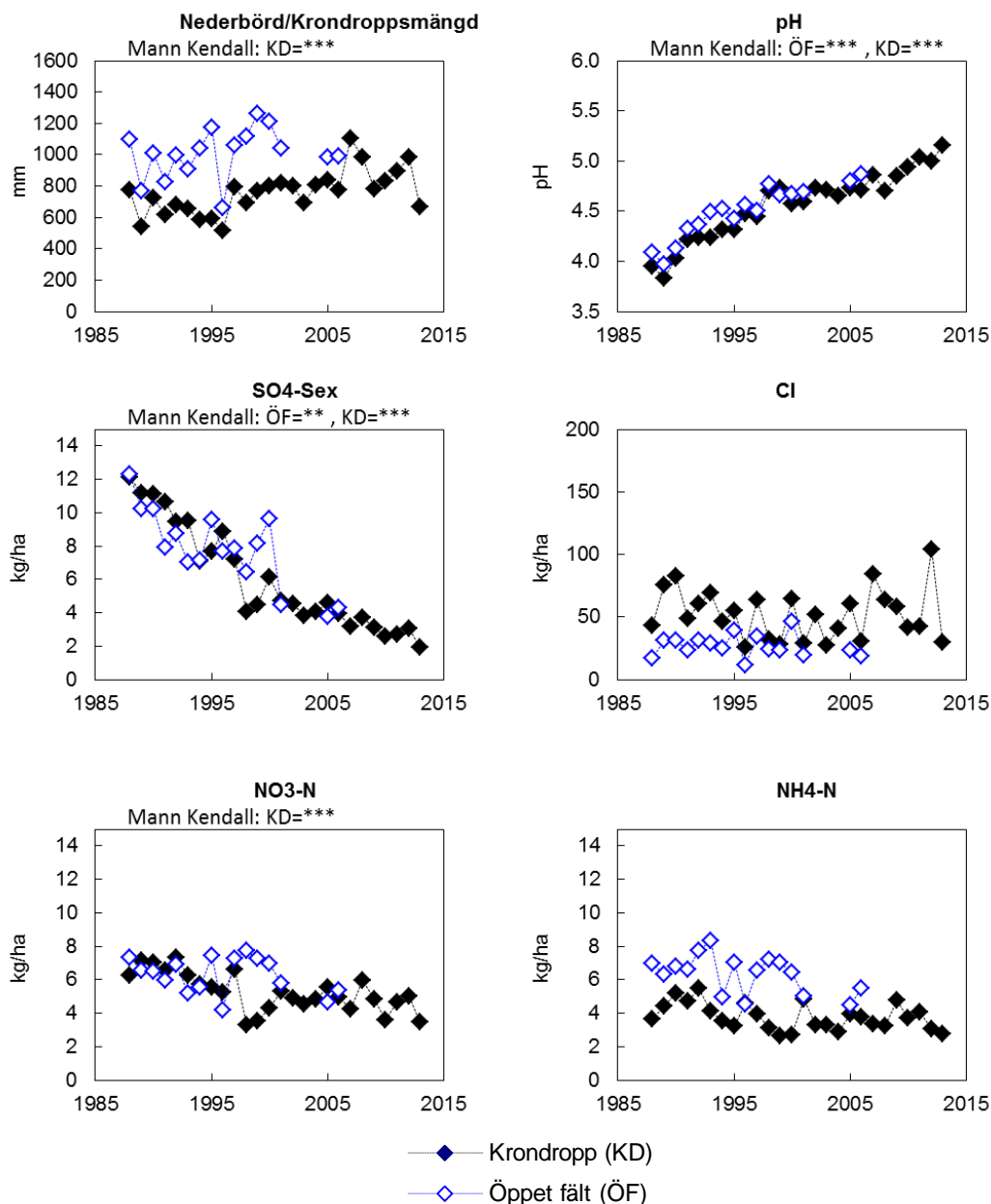
Undersökningarna i Hallands län är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Villy Klevedalen, Magnus Gunnarsson samt Hans Schibli. På IVL har K. Koos och P. Andersson skött kontakter med provtagare medan främst L. Björnberg, P. Bengtsson, P. Andersson, S. Kuikka, S. Honkala och V. Andersson 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 samt G. Pihl Karlsson.

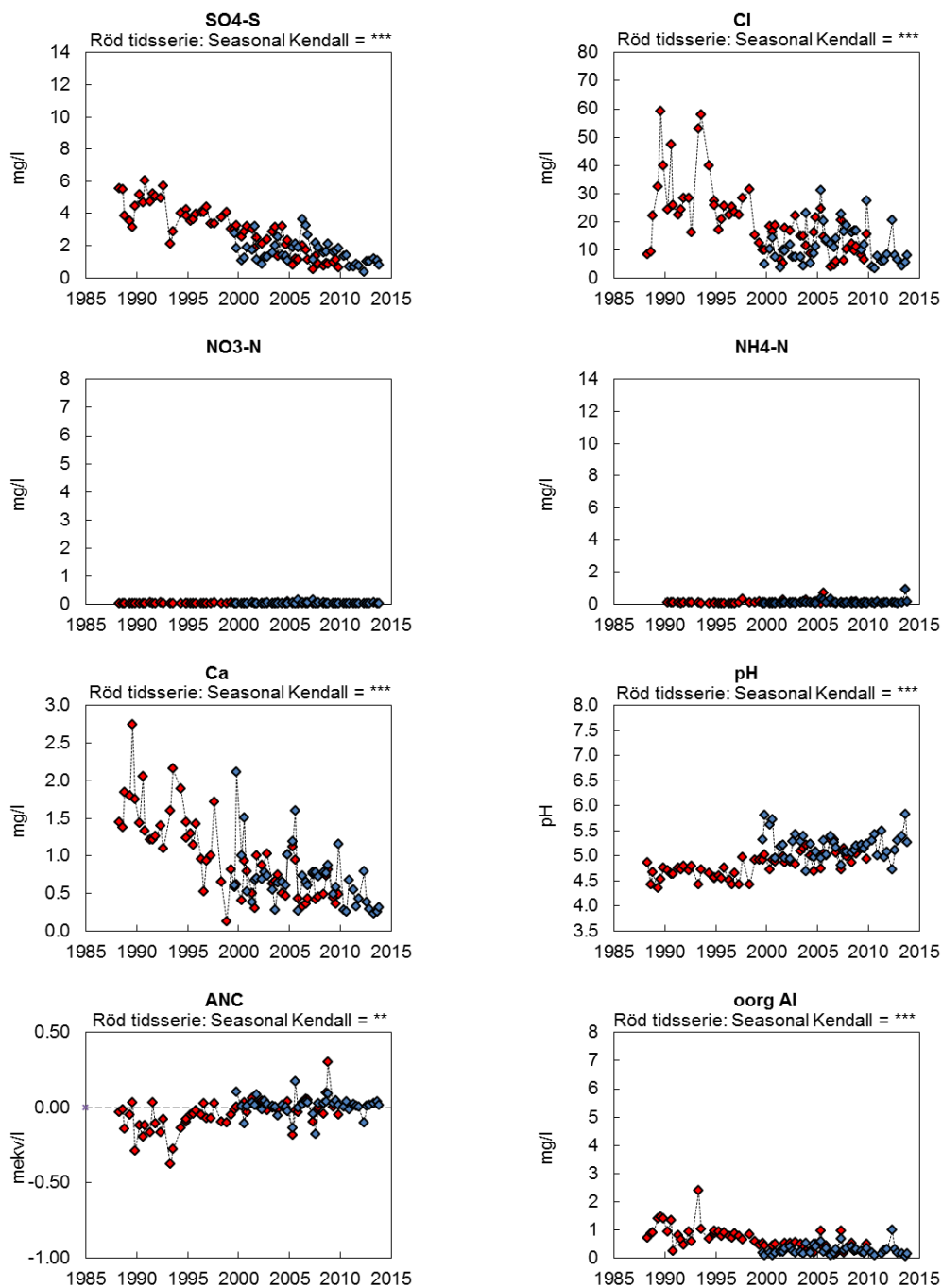
Söstared (N 01): En 90-årig ganska gles tallskogsyta, ståndortsindex T24, där det växt upp en tät föryngring av främst gran under huvudbeståndet. Ytan är belägen i den nordöstra delen av Kungsbacka kommun. Beståndet är uppkommet efter en skogsbrand 1923. Ytan anlades 1984 och strax därefter genomgallrades beståndet i sin helhet (inklusive själva provytan). Deposition och markvatten har undersökts sedan hösten 1987. Markvattenprovtagningarna flyttades 2000 en mycket kort bit och parallella mätningar gjordes under många år. Numera mäts deposition i skogsytan (krondropp), samt markvattenkemi. Stormen Gudrun påverkade ytan i Söstared förhållandevis lite genom att endast en tall blåste ned.



Foto från krondropsytan i Söstared



Figur B1:1. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Söstared, N 01**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: pH; sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N) samt kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

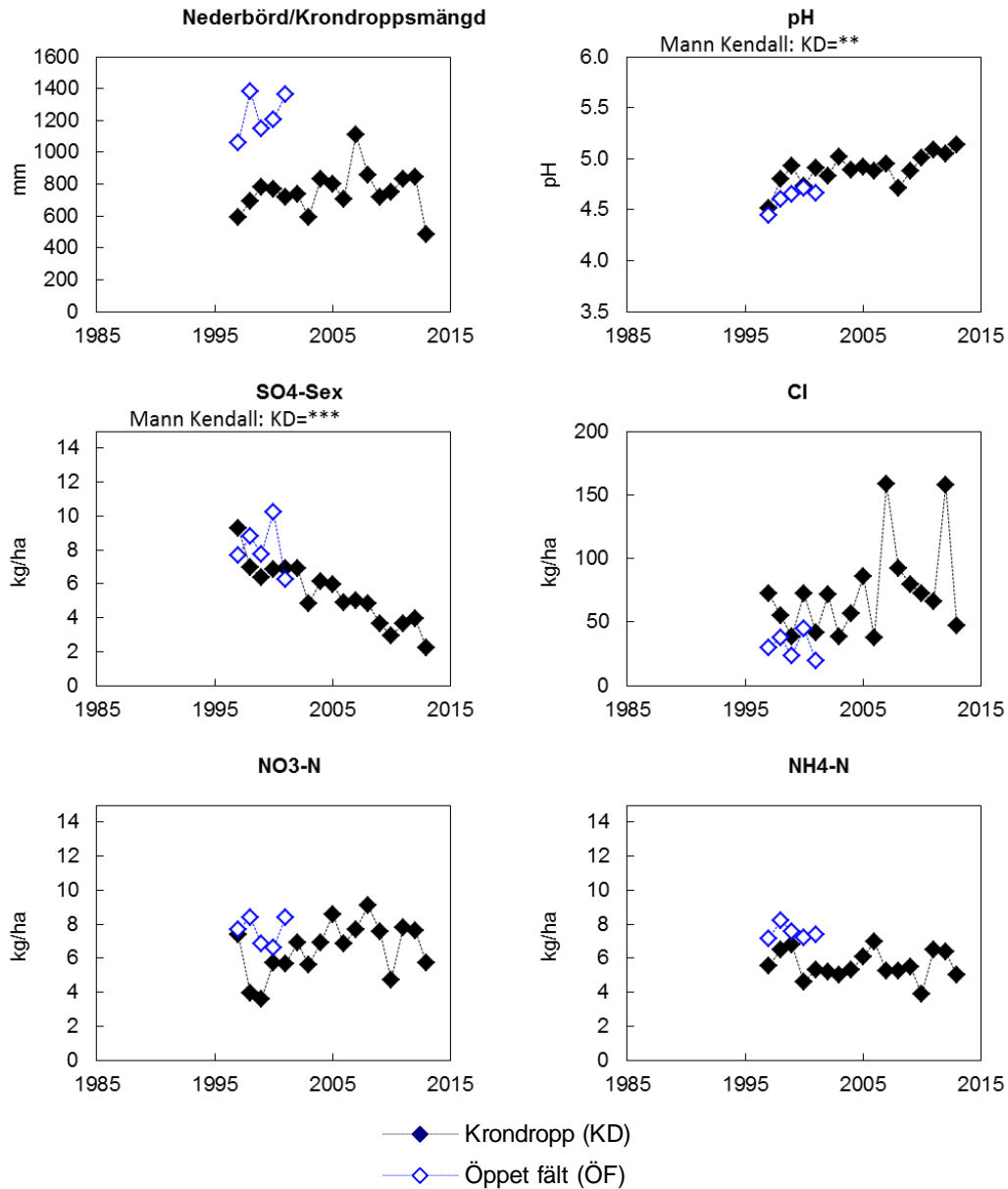


Figur B1:2. Markvattenkemi vid **Söstared, N 01**: sulfatsvavel (SO₄-S); klorid (Cl); nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); kalcium (Ca²⁺); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Markvattenprovtagningarna flyttades 2000 en mycket kort bit och parallella mätningar har sedan gjorts, den äldre ytan anges med röd symbol och den nyare ytan anges med blå symbol. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats. I de fall där statistiskt signifikanta trender erhållits gäller de enbart mätningar vid den nya ytan.

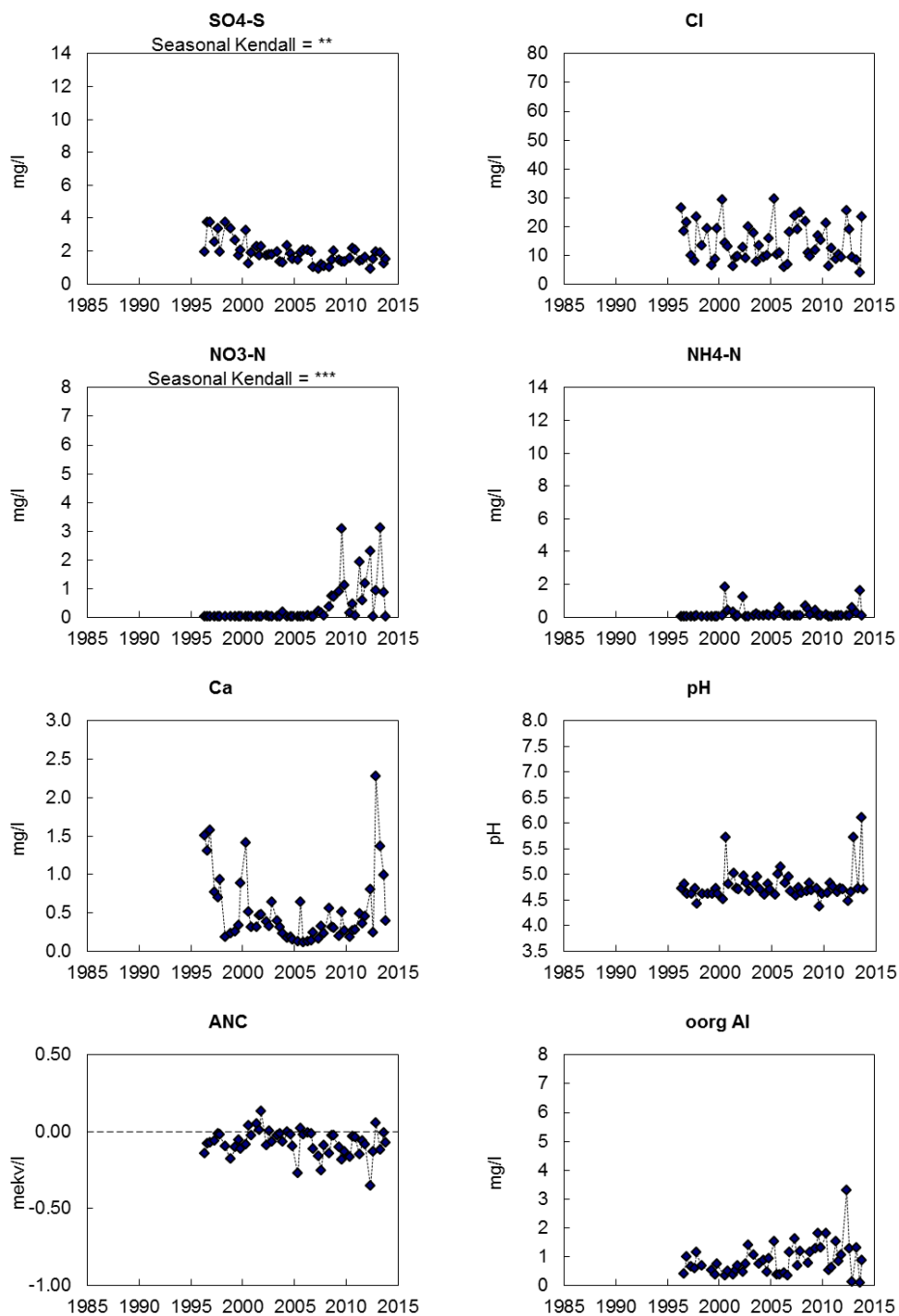
Borgared (N12): En granskogsyta på 75 år (ståndortsindex, G30) mellan Falkenberg och Torup. Ytan ligger i ett 3 hektar stort skogsområde där omgivande skog har avverkats. Sannolikt är det första generationens granskog på gammal betesmark. Markvegetationen består av hakmossor, vårfryle, kvastmossor, vågig sidenmossa, gräsmossa och cypressfläta. Mätning av deposition och markvatten startade 1996. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001, och idag mäts nedfall i skog (krondropp) och markvattenkemi. Stormen Gudrun påverkade ytan i Borgared mycket då 15 granar föll och bildade en lucka i provytan.



Foto från krondroppsytan i Borgared



Figur B1:3. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Borgared, N 12**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: pH; sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N) samt kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1:4. Markvattenkemi vid **Borgared, N 12**: sulfatsvavel (SO₄-S); klorid (Cl); nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); kalcium (Ca²⁺); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

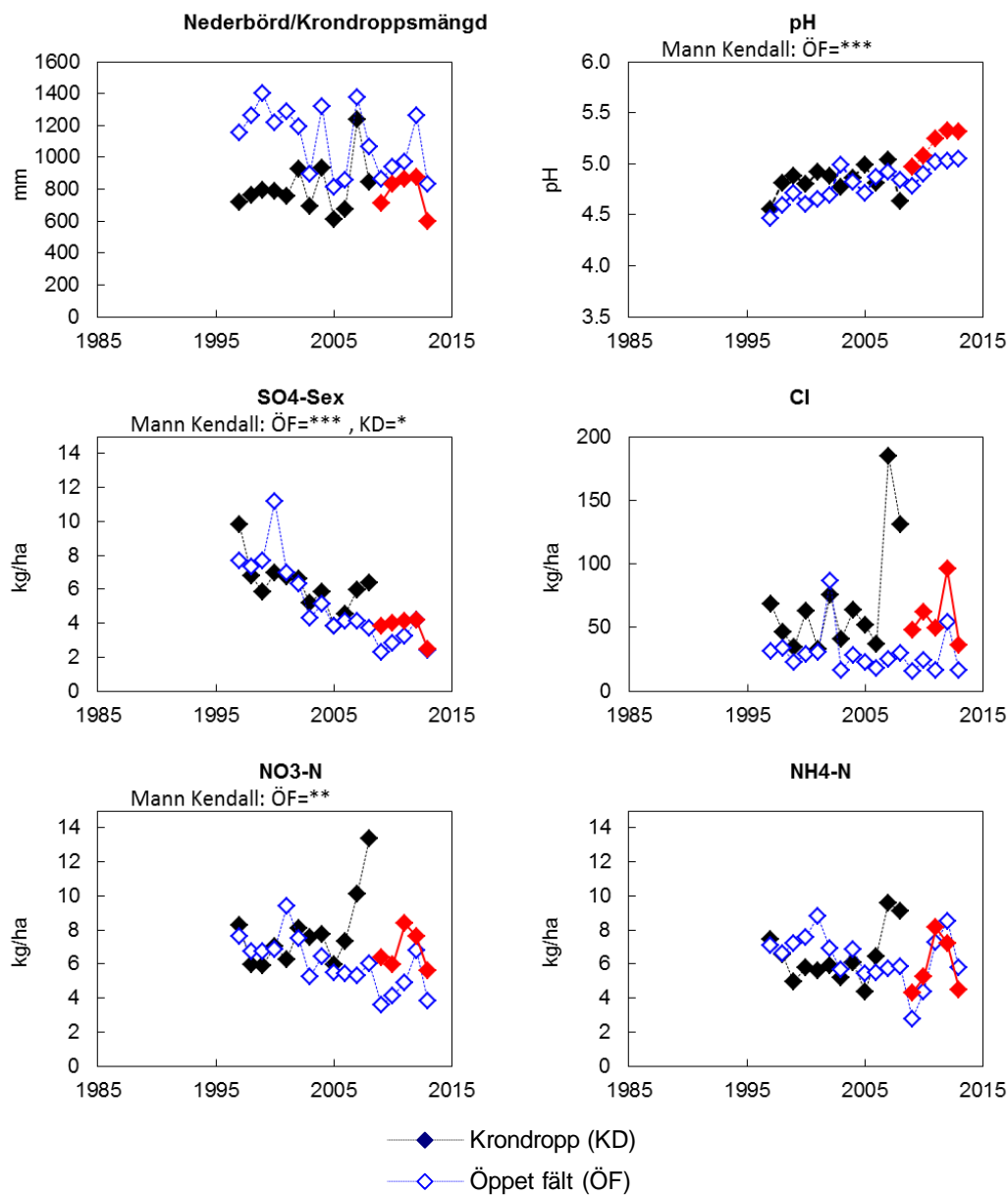
Timrilt (N 13): En 58-årig granyta (ståndortsindex G32) som är belägen mellan Simlångsdalen och Oskarström. Ytan ligger i nedre delen av en mindre sluttning. Beståndet och ytan gallrades säsongen 2001/02. Markvegetationen består endast av mossvegetation, cypressfläta, gräs-, vägg-, kvast-, vågig siden-, blå- samt lite vitmossa. På samma sätt som i Borgared startade mätning av deposition och markvatten 1996. Sedan hösten 2000 mäts även halter av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2) och ammoniak (NH_3) i luft. Skogsbeståndet skadades kraftigt 2005 av stormen Gudrun då mer än hälften av alla träd blåste ner, och har därefter skadats ytterligare i påföljande stormar. Under hösten 2008 flyttades därför krondropps- och markvattenmätningarna till en ny närliggande yta. Parallella markvattenmätningar har dock fortsatt i den stormskadade ytan i Timrilt.



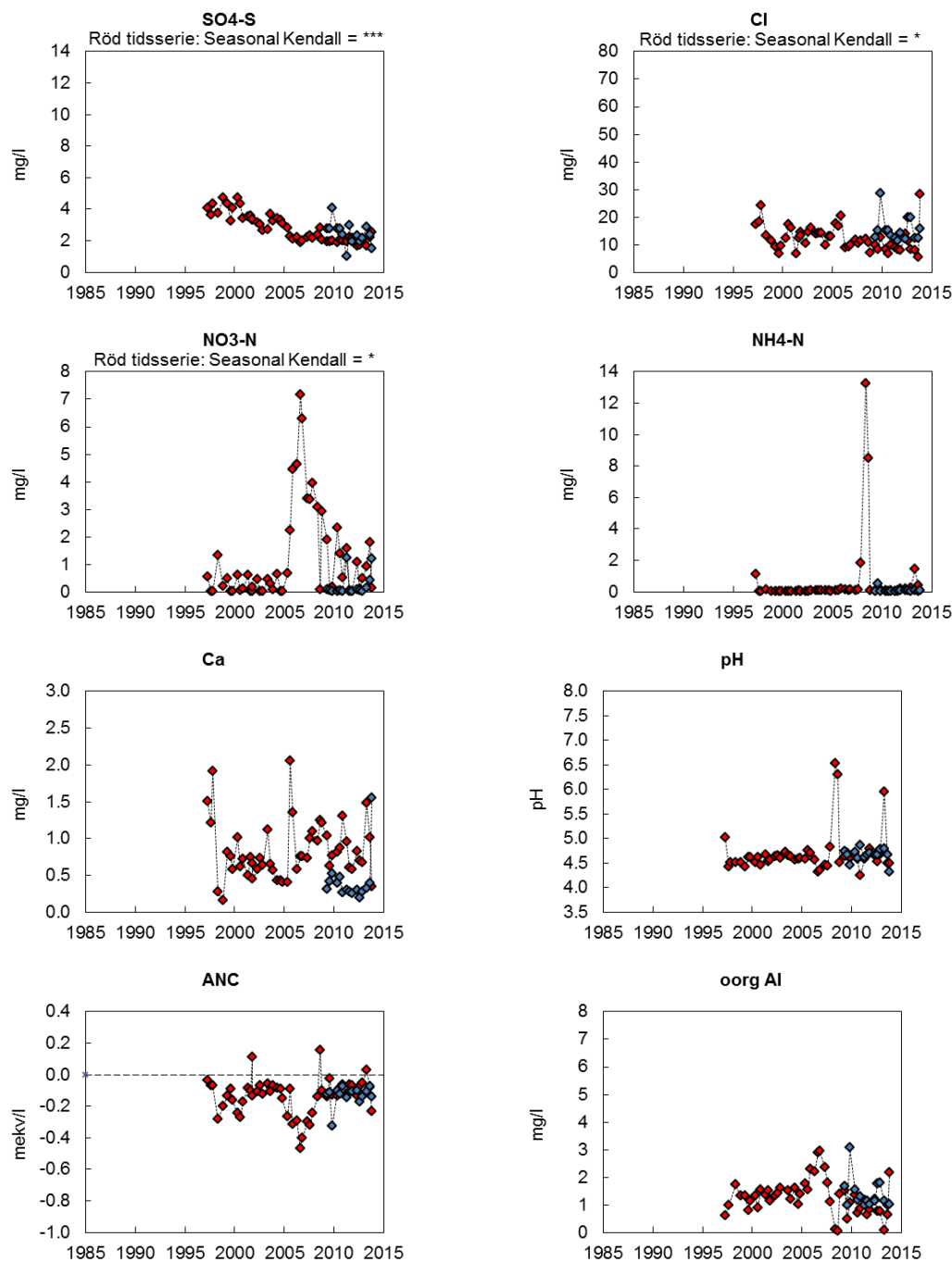
Foto från den nya krondroppsytan i Timrilt



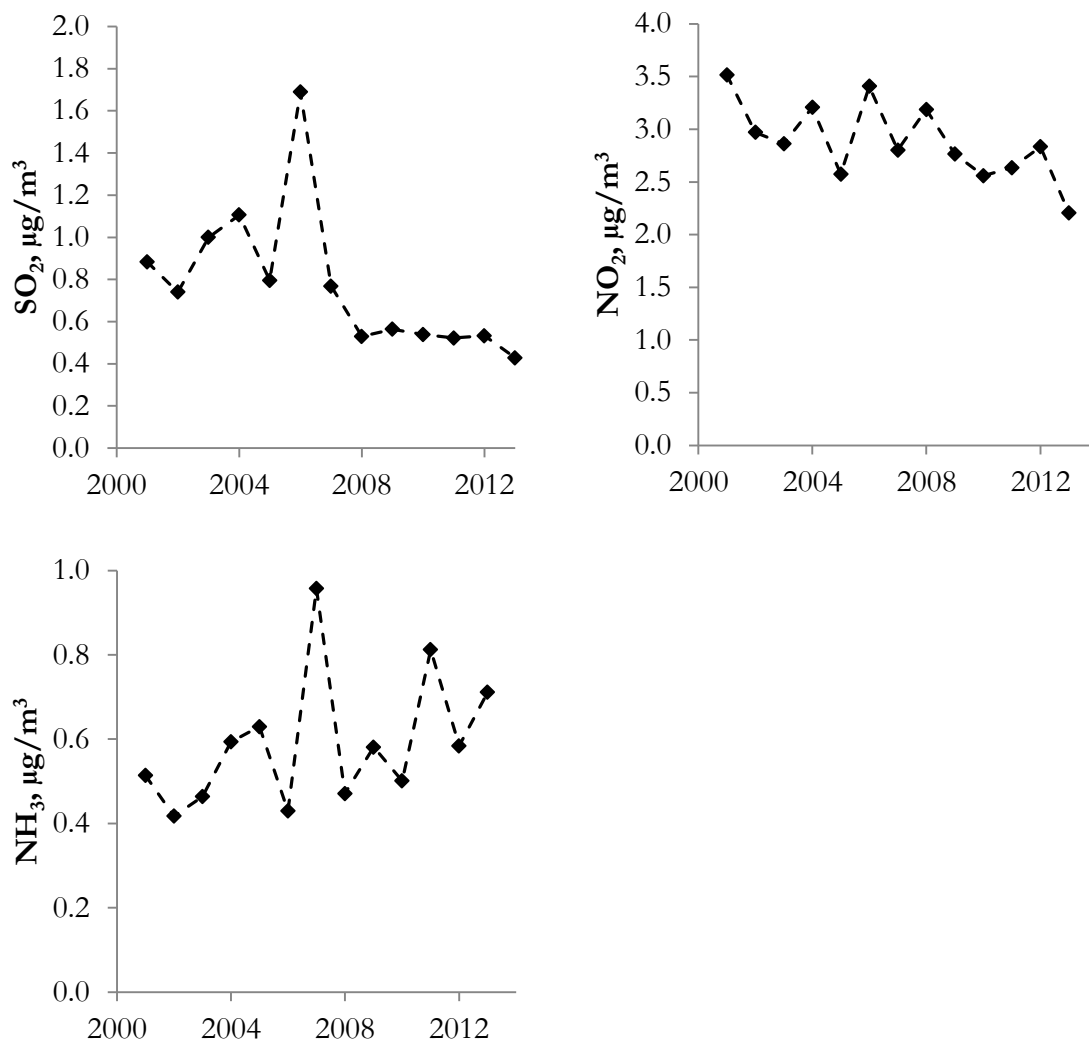
Foto från mätningarna över öppet fält



Figur B1:5. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Timrilt, N 13**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex); pH; nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N) samt kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. När det gäller krondroppsmätningarna så flyttades de i oktober 2008 varför senare mätningar av krondropp anges med en röd symbol. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram. I de fall där statistiskt signifikanta trender erhållits i krondropp gäller de enbart mätningar vid den gamla ytan.



Figur B1:6. Markvattenkemi vid **Timrilt, N 13**: sulfatsvavel (SO₄-S); klorid (Cl); nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); kalcium (Ca²⁺); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Markvattenmätningarna flyttades i oktober 2008 varför senare mätningar anges med en röd symbol i diagrammen. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats. I de fall där statistiskt signifikanta trender erhållits gäller de enbart mätningar vid den gamla ytan.

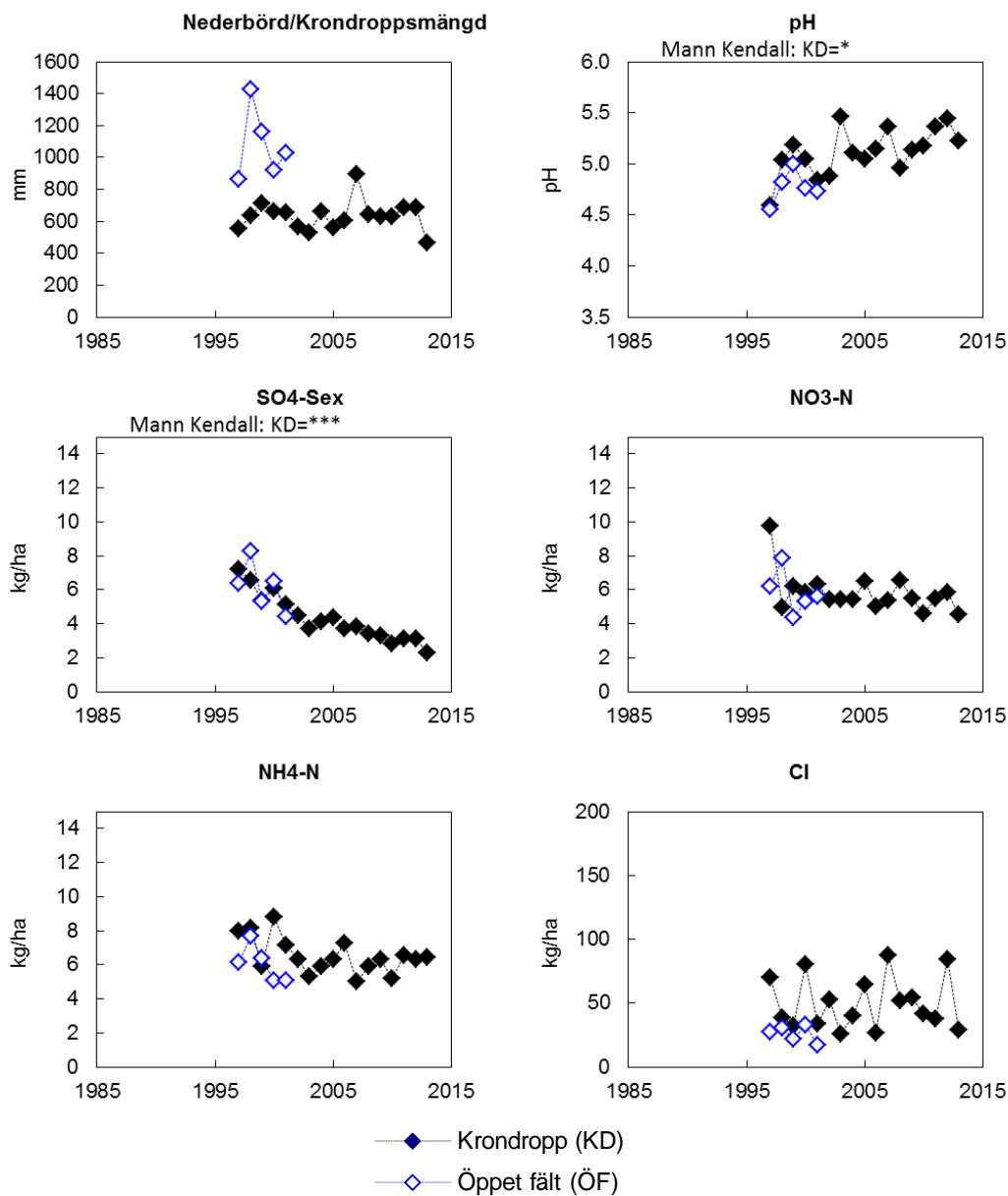


Figur B1:7. Lufthalter vid **Timrilt (N 13)**. Värden anges för svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂) och ammoniak (NH₃).

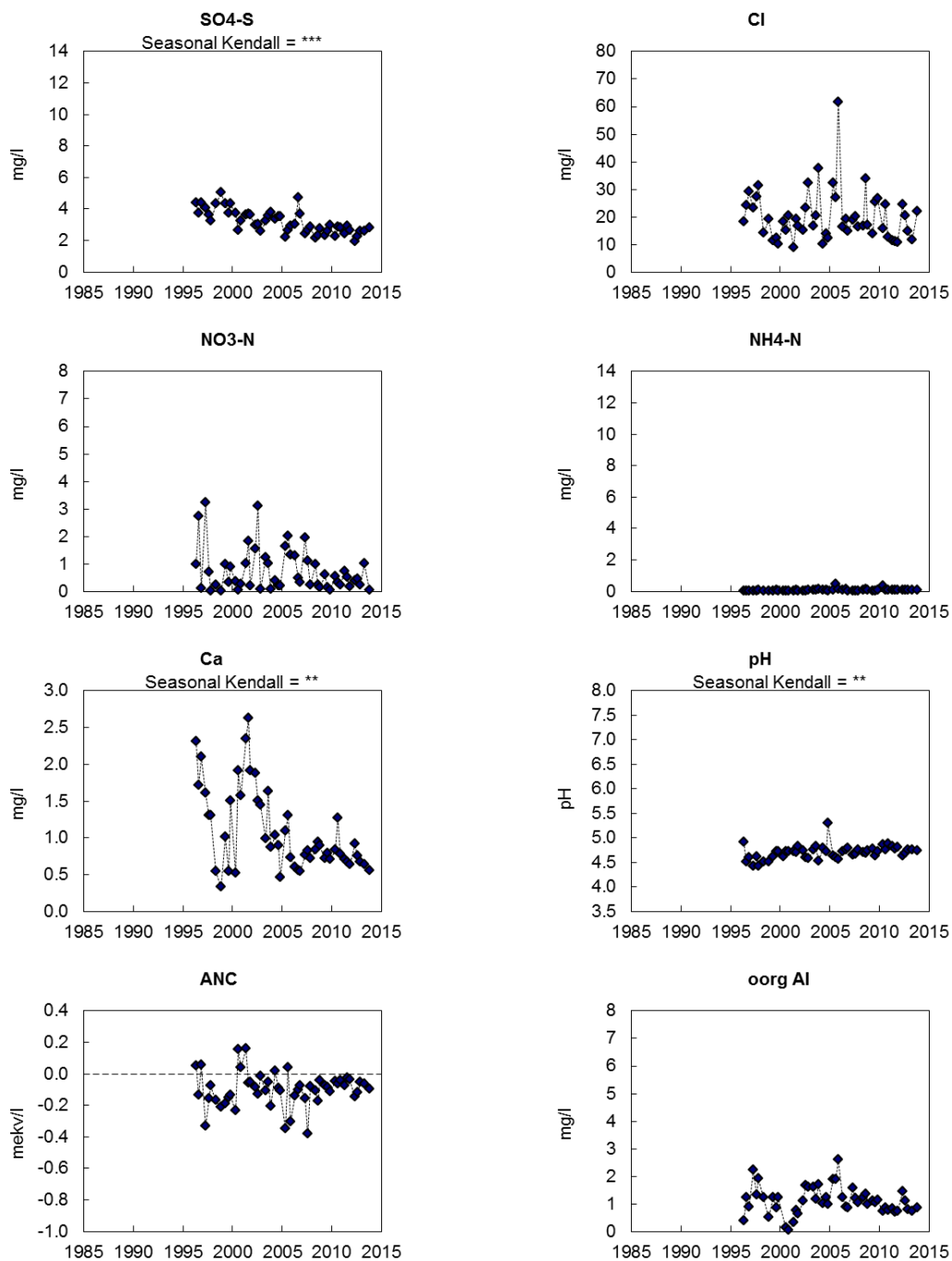
Djupeåsen (N14): En försöksyta i en 93-årig bokskog (ståndortsindex, F28) som är belägen mitt i det centralhalländska bokskogsområdet i gränsområdet mellan Varbergs och Falkenbergs kommuner. Själva ytan ligger i övre delen av en sluttning mot sydost. Marken innehåller en del grönsten och är därigenom mycket bördig. Markvegetation saknas i stort sett helt vilket är vanligt i bokskog. Mätning av deposition och markvatten startade 1996. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001.



Foto från krondroppsytan i Djupeåsen



Figur B1:8. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Djupeåsen, N 14**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: pH; sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-Sex); nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N) samt kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1:9. Markvattenkemi vid **Djupeåsen, N 14:** sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$); klorid (Cl); nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); kalcium (Ca^{2+}); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Vallåsen (N17) / Kullahus (N 19):

Vallåsen N 17: En sluten 76-årig granskog, utan markvegetation, på östra delen av Hallandsåsen. Ytan är placerad på ett krön och är därigenom starkt exponerad. Ståndortsindex är G34. Markvegetationen består av cypressfläta, kvastmossa, kruståtel samt björnmossa och ormbunke i det öppnare blötare området där även tåg, fryle och skogskovall finns. Mätning av deposition och markvattenkemi startade 1996. Nederbörds-kemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2000, och numera mäts nedfallet i skogsytan (krondropp) och markvattenkemi. Granytan skadades relativt kraftigt i stormen Gudrun 2005 då 13 granar blåste ner. I närmaste omgivning har beståndskanter kommit närmare ytan och luckor har bildats. Det finns även körskador i området. Det har aviserats att ytan kommer att avverkas, och därför avslutades nedfallsmätningarna efter det hydrologiska året 2010/11, medan markvattenmätningarna fortgår för att följa effekten av avverkningsytan. Ersättningsyta för Vallåsen är Kullahus.

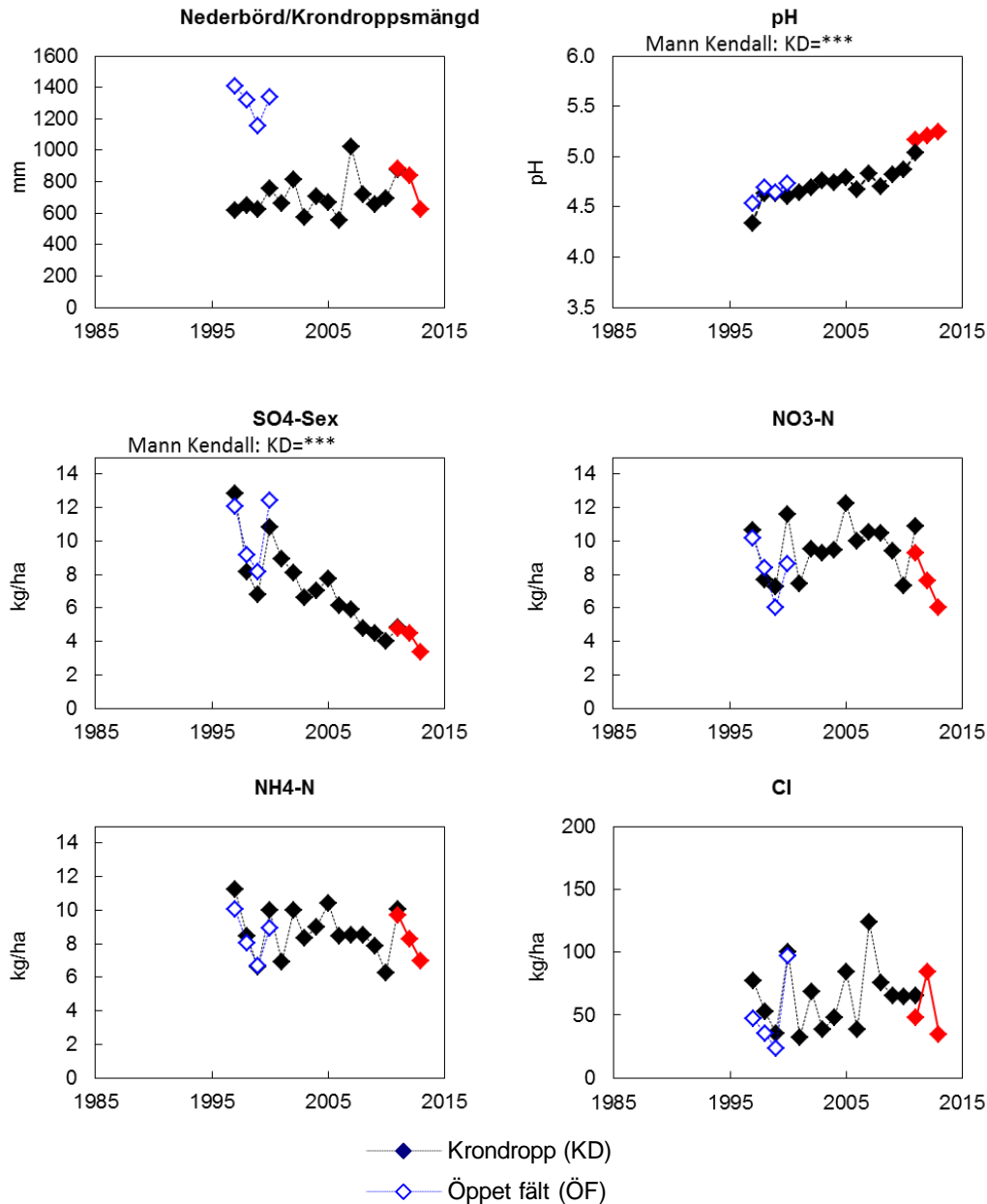


Foto från krondroppsytan i Vallåsen.

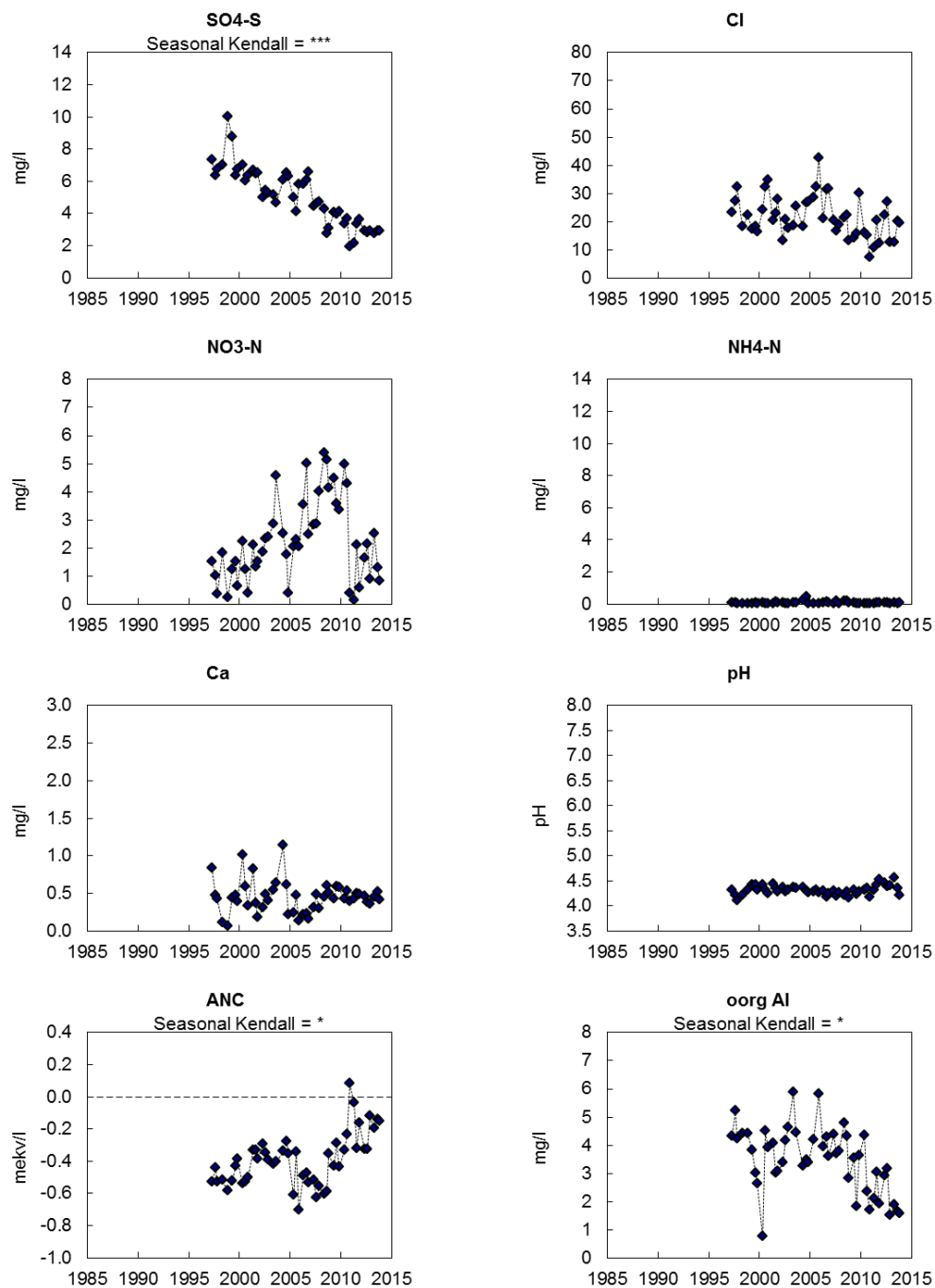
Kullahus (N 19): Ytan är en nystartad yta där mätningar av krondropp och markvattenkemi startades under 2010. Ytan är tänkt ska ersätta Vallåsen, då denna kommer att läggas ner på grund av avverkning. Kullahus ligger därför endast 3-4 km från Vallåsen. Parallella mätningar av nedfall pågick under det hydrologiska året 2010/11. Markvattenmätningar har pågått parallellt i ytorna sedan 2011.



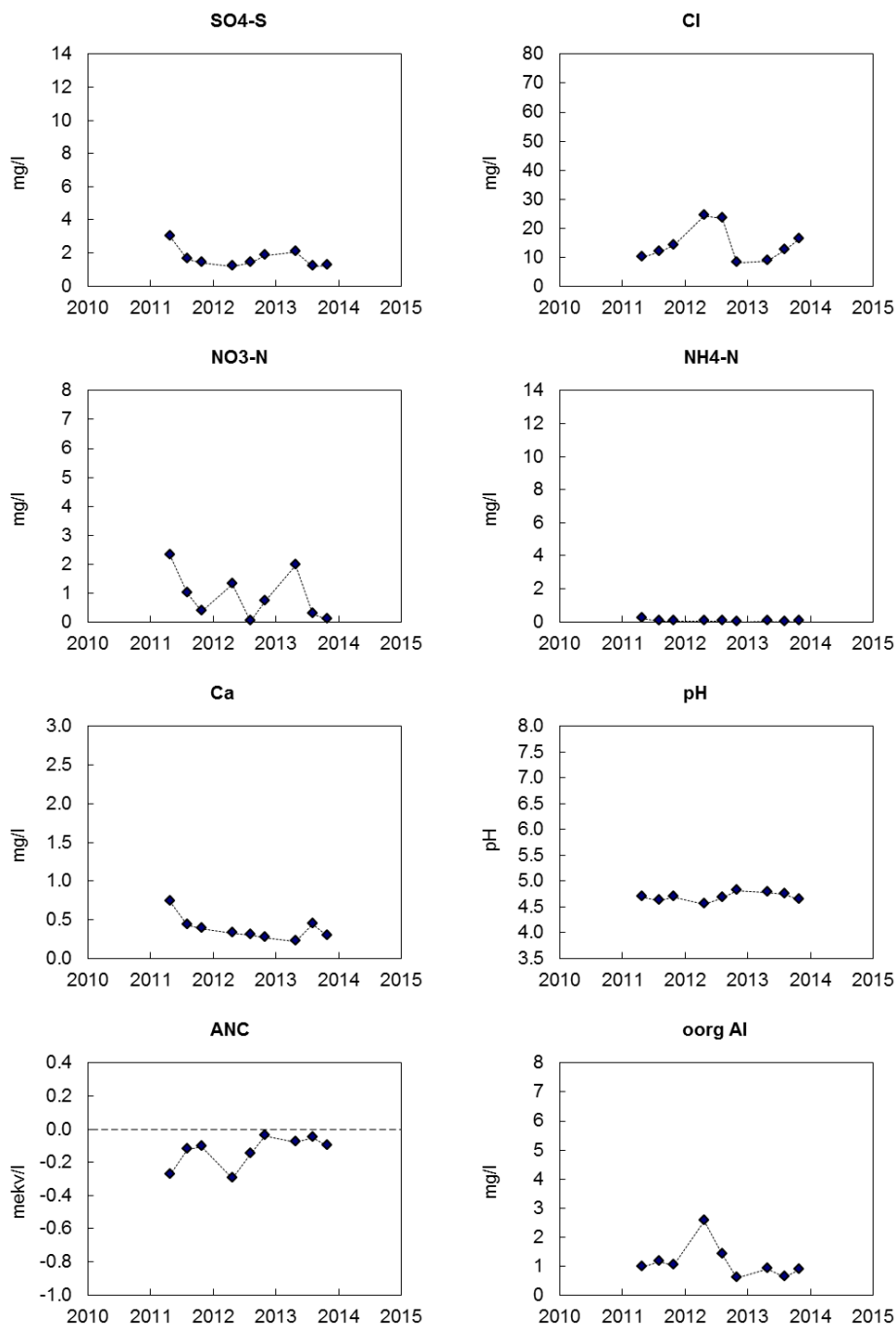
Foto från krondroppsytan i Kullahus.



Figur B1:10. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid Vallåsen, N 17. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: pH; sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. När det gäller krondroppsmätningarna så avslutades de i oktober 2011 varför senare mätningar av krondropp vid en nystartad närliggande lokal Kullahus, N 19 anges med en röd symbol. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram. I de fall där statistiskt signifikanta trender erhållits i krondropp gäller de enbart mätningar vid Vallåsen, N 17.



Figur B1:11. Markvattenkemi vid Vallåsen, N 17: sulfatsvavel (SO₄-S); klorid (Cl⁻); nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); kalcium (Ca²⁺); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1:12. Markvattenkemi vid **Kullahus, N 19**: sulfatsvavel (SO₄-S); klorid (Cl); nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); kalcium (Ca²⁺); pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Bilaga 2. Årets data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.

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

Lokal	Period	Nedb mm	H ⁺ kg/ha →	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Timrilt	12/13	832	0,08	3,2	2,4	16,5	3,8	5,8	1,3	1,3	9,8	1,8	0,17
Timrilt	2012	1211	0,09	4,8	3,6	26,5	6,2	8,0	2,4	2,2	15,7	2,2	0,18

Tabell B2:2. Öppet fältdata från Hallands län där organiskt kväve analyserats, komplett hydrologisk årsdeposition samt kalenderårsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N).

Lokal	Period	Nedb mm	oorg N kg/ha →	org N
Timrilt	12/13	832	9,6	
Timrilt	2012	1211	14,2	1,8

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

Lokal	Period	Nedb mm	H ⁺ kg/ha →	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Söstared	12/13	667	0,05	3,3	2,0	29,4	3,5	2,8	3,8	3,1	16,3	14,0	0,99
Borgared	12/13	487	0,04	4,4	2,3	47,1	5,7	5,0	4,2	4,2	26,1	14,7	0,63
Timrilt	12/13	598	0,03	4,2	2,5	36,4	5,6	4,5	3,8	3,6	19,4	18,3	0,41
Djupeåsen	12/13	466	0,03	3,6	2,3	29,0	4,6	6,5	4,3	3,0	15,3	10,5	0,63
Kullahus	12/13	626	0,04	5,0	3,4	34,8	6,1	7,0	3,6	2,9	19,2	15,8	0,37
Söstared	2012	947	0,07	5,0	2,7	50,6	4,3	2,7	4,6	4,5	28,9	13,9	1,17
Borgared	2012	840	0,06	6,8	3,1	79,3	6,4	5,3	5,6	6,2	44,4	18,8	0,89
Timrilt	2012	864	0,05	5,9	3,4	53,0	6,5	5,2	4,6	4,5	29,0	21,5	0,58
Djupeåsen	2012	703	0,02	5,0	2,9	47,0	5,7	6,1	5,6	4,1	25,0	11,3	0,86
Kullahus	2012	885	0,05	6,5	4,1	51,9	7,3	7,8	4,5	3,9	28,8	18,4	0,52

Tabell B2:4. Krondroppsdata från Hallands län för ytor där organiskt kväve analyserats, komplett hydrologisk årsdeposition samt kalenderårsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N).

Lokal	Period	Nedb mm	oorg N kg/ha	org N →
Söstared	12/13	667	6,3	2,7
Borgared	12/13	487	10,8	3,3
Timrilt	12/13	598	10,1	4,8
Djupeåsen	12/13	466	11,0	2,6
Kullahus	12/13	626	13,0	3,6
Söstared	2012	947	7,0	3,0
Borgared	2012	840	11,6	3,7
Timrilt	2012	864	11,7	3,6
Djupeåsen	2012	703	11,8	2,1
Kullahus	2012	885	15,1	3,7

Tabell B2:5. Lufthalter årsmedelvärden samt sommarhalvårsmedelvärden i Hallands län, diffusionsprovtagning, µg/m³.

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Timrilt (N 13 A)					
Mv hydr. år	1210-1309	0,4	2,2	-	-
Mv kal. år	1201-1212	0,5	2,7	-	-
Mv sommar	1304-1309	-	-	0,8	61

Tabell B2:6. Markvattendata från Hallands län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2012 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2013. Median beräknad för de senaste tre åren. n = antalet mätvärden som använts i medianvärdet.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l →	mg/l →														
Söstared (N 01 A)	2012-11-07	5,3	-	0,014	0,99	6,04	<0,010	<0,030	0,28	0,35	4,60	0,14	<0,030	0,004	0,143	0,261	2,9	4,7
	2013-05-06	5,4	-	0,021	1,15	4,00	0,012	<0,030	0,22	0,29	3,91	<0,10	<0,030	0,006	0,120	0,230	3,0	4,2
	2013-09-03	5,8	0,062	0,031	1,03	5,21	<0,010	0,873	0,25	0,29	4,56	0,32	<0,030	<0,010	0,030	0,170	3,3	24
	2013-11-05	5,3	-	0,009	0,75	7,78	<0,010	0,089	0,30	0,37	5,18	0,17	<0,030	<0,010	0,130	0,240	3,0	5,6
	median	5,2		0,009	0,82	6,04	<0,01	<0,03	0,32	0,37	4,56	0,14	<0,03	0,005	0,142	0,261	2,9	4,2
<i>n</i> =	9		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Borgared (N 12 A)	2012-11-07	5,7	-	0,051	1,90	9,06	0,898	0,509	2,26	0,82	6,75	0,61	<0,030	0,006	0,073	0,457	6,1	39
	2013-05-06	4,7	-	-0,126	1,82	8,10	3,091	0,204	1,35	0,97	6,56	0,19	0,045	0,009	1,271	1,551	4,7	1,7
	2013-09-03	6,1	0,046	-0,013	1,20	3,56	0,833	1,555	0,98	0,44	2,92	0,36	<0,030	0,014	0,060	0,800	7,3	23
	2013-11-05	4,7	-	-0,079	1,44	23,01	<0,010	<0,030	0,38	1,04	12,59	0,32	0,041	0,017	0,840	1,200	6,9	1,9
	median	4,7		-0,089	1,44	9,06	0,898	<0,03	0,48	0,8	6,56	0,32	0,042	0,009	1,026	1,27	5,1	1,3
<i>n</i> =	9		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Timrilt (N 13 A)	2012-11-06	4,7	-	-0,058	2,00	8,07	0,462	0,190	0,66	0,61	5,41	0,36	0,091	0,023	0,738	0,944	5,4	1,9
	2013-05-08	5,9	0,078	0,025	1,60	7,67	0,906	1,428	1,47	1,08	4,69	1,50	0,102	0,006	0,040	0,420	10,0	81
	2013-09-04	4,5	-	-0,084	2,19	5,36	1,763	0,376	1,01	0,75	4,62	0,64	0,061	0,011	0,630	0,800	4,2	3,1
	2013-11-06	4,5	-	-0,237	2,52	28,12	0,114	<0,030	0,33	0,89	14,43	0,15	0,053	0,043	2,130	2,400	5,8	0,6
	median	4,6		-0,077	2	8,07	0,462	0,13	0,68	0,74	4,94	0,4	0,071	0,015	0,75	0,944	4,5	1,9
<i>n</i> =	9		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Timrilt (N 13 B)	2012-11-06	4,8	-	-0,147	2,10	19,72	<0,010	<0,030	0,27	0,49	11,14	0,12	0,109	0,173	1,773	1,950	4,6	0,5
	2013-05-08	4,8	-	-0,112	2,85	12,20	0,108	<0,030	0,32	0,34	8,47	0,19	0,035	0,024	1,108	1,258	5,0	0,7
	2013-09-04	4,7	-	-0,077	2,36	11,98	0,404	<0,030	0,39	0,32	8,89	0,18	<0,030	0,021	0,960	1,100	6,8	0,8
	2013-11-06	4,3	-	-0,144	1,48	15,48	1,167	<0,030	1,54	1,03	6,51	0,96	0,103	0,024	0,990	1,300	6,9	2,9
	median	4,7		-0,112	2,1	12,2	0,039	<0,03	0,28	0,34	8,35	0,17	0,044	0,024	1,108	1,28	5	0,7
<i>n</i> =	9		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabell B2:6 (forts.). Markvattendata från Hallands län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2010 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2011.

n = antalet mätvärden inom tidsserien.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
				mekv/l →	mg/l →													
Djupeåsen (N 14 A)	2012-11-07	4,7	-	-0,059	2,53	14,47	0,199	0,016	0,67	0,88	9,52	<0,10	0,168	0,004	0,770	1,000	3,7	1,9
	2013-05-06	4,7	-	-0,067	2,57	11,30	0,987	<0,030	0,62	0,94	8,51	0,13	0,107	0,004	0,720	0,900	3,4	2,2
	2013-09-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-11-05	4,7	-	-0,099	2,75	21,63	0,026	<0,030	0,55	1,02	13,16	<0,10	0,069	<0,010	0,820	1,000	3,4	1,9
	median	4,7		-0,072	2,55	12,88	0,404	<0,03	0,66	0,96	9,1	<0,1	0,11	0,005	0,783	0,985	3,5	1,9
n=	8			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Vallåsen (N 17 A)	2012-11-06	4,4	-	-0,120	2,89	12,29	0,856	<0,030	0,34	0,79	8,49	0,65	<0,030	0,076	1,486	2,110	12,3	1,0
	2013-05-08	4,5	-	-0,196	2,70	12,53	2,494	<0,030	0,45	0,97	8,68	0,93	0,043	0,025	1,871	2,211	5,7	1,1
	2013-09-04	4,3	-	-0,143	2,86	19,73	1,264	<0,030	0,51	1,00	12,56	1,12	0,046	0,047	1,600	2,040	8,8	1,4
	2013-11-06	4,2	-	-0,156	2,89	19,33	0,813	<0,030	0,41	0,90	11,73	0,89	0,058	0,110	1,560	2,400	15,9	1,2
	median	4,4		-0,168	2,86	19,33	1,264	<0,03	0,45	0,97	10,18	0,89	0,043	0,041	1,884	2,4	8,6	1,0
n=	9			9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Kullahus (N 19 A)	2012-11-06	4,8	-	-0,040	1,85	8,07	0,696	<0,030	0,27	0,45	6,60	0,59	<0,030	0,018	0,580	0,913	5,7	1,9
	2013-05-08	4,8	-	-0,080	2,03	8,66	1,967	<0,030	0,22	0,38	8,80	0,26	<0,030	0,011	0,884	1,084	4,5	0,8
	2013-09-04	4,7	-	-0,050	1,21	12,30	0,261	<0,030	0,44	0,39	7,45	0,53	0,032	0,018	0,620	0,890	7,1	1,8
	2013-11-06	4,6	-	-0,099	1,22	16,21	0,070	<0,030	0,29	0,51	8,65	0,29	0,032	0,011	0,880	1,100	5,9	1,1
	median	4,7		-0,107	1,43	12,3	0,696	<0,03	0,33	0,68	7,45	0,47	0,032	0,012	0,969	1,23	5,4	1,3
n=	9			9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

