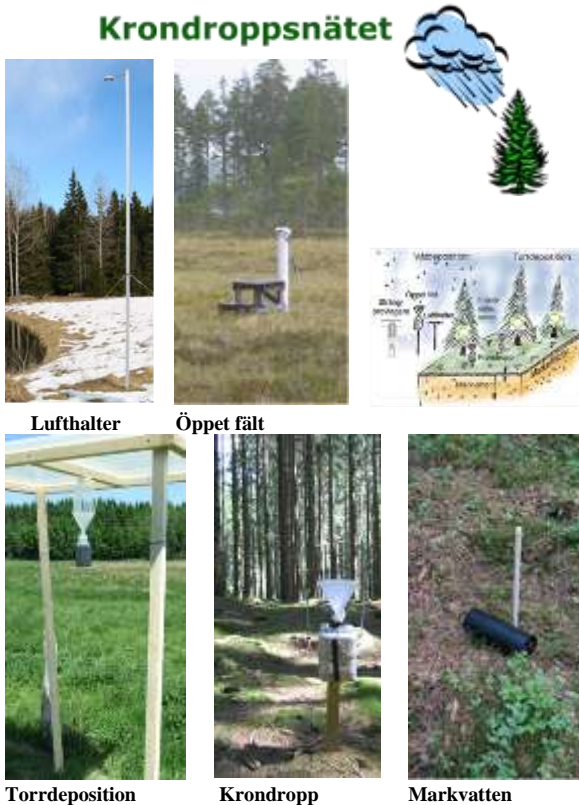


För länsstyrelserna i Dalarnas, Jämtlands,
Västernorrlands, Västerbottens och Norrbottens
län samt Boliden mineral

Tillståndet i skogsmiljön i norra Sverige

**Resultat från Krondroppsnätet t.o.m.
september 2013**

Krondroppsnätet



Lufthalter

Öppet fält



Torrdeposition



Krondropp



Markvatten

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

B 2180

Juni 2014

¹⁾ Lunds universitet

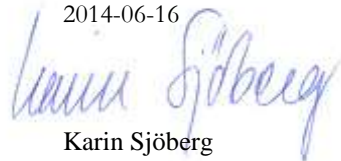
Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 53021 400 14 Göteborg	Projekttitel Krondropps nätet 2013
Telefonnr 031-725 62 00	Anslagsgivare för projektet Länsstyrelserna i Dalarnas, Jämtlands, Västernorrlands, Västerbottens och Norrbottens län samt Boliden mineral
Rapportförfattare Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson, Sofie Hellsten & Per Erik Karlsson	
Rapporttitel och undertitel Tillståndet i skogsmiljön i norra Sverige - Resultat från Krondropps nätet t.o.m. september 2013	
Sammanfattning: <p>Inget län i norra Sverige bedömer i dagsläget att miljö kvalitetsmålet ”Bara Naturlig Försurning” är möjligt att nå till år 2020 med idag beslutade eller planerade styrmedel. När det gäller miljö kvalitetsmålet ”Ingen övergödning” är det endast Norrbottens län som bedömer att det är möjligt att nå målet till 2020.</p> <p>Nästan alla län i norra Sverige har fortfarande problem med försurningen. I många av länen pågår fortsatt kalkning av sjöar. Det finns även områden där sjöar och vattendrag återhämtat sig från försurningen och antalet vatten som kalkas minskar. Svavelnedfallet är lägst i Norrlands inland medan Norrlands kustland generellt har varit mest utsatt för svavelnedfall. Ytorna på hög höjd har på grund av sitt utsatta läge ett relativt högt svavelnedfall trots att de ligger långt från kusten. I norra Sverige varierade svavelnedfallet under 2012/13 mellan 0,3 och 1,6 kg S/ha. Svavelnedfallet har minskat vid flertalet mätplatser i norra Sverige. Det minskade svavelnedfallet återspeglas i signifikant minskande svavelhalter i markvattnet vid de flesta krondroppsytorna i norra Sverige. Ett fåtal mätplatser visar på en återhämtning från försurningen i markvattnet. Vid någon plats visade mätningarna på en försämring ur försurnings synpunkt. Flertalet mätplatser visade dock inte på någon förändring alls. Försurningsstatusen i markvattnet är dock generellt bra i norra Sverige.</p> <p>Generellt finns det i norra Sverige begränsade problem med övergödningen, oftast är de problem som finns relativt lokala. Det mesta av kväveläckage från norra Sveriges skogar är att betrakta som naturligt läckage. Det är dock viktigt att kväveutlakningen från skogsmark inte ökar till följd av mänsklig aktivitet. Under 2012/13 var kvävenedfallet i norra Sverige mellan 1 - 3 kg oorganiskt N/ha med de lägsta halterna längst i norr. Detta innebär att den kritiska belastningsgränsen för kväve i dagsläget inte överskrids i norra Sverige. Tidigare har dock den kritiska belastningsgränsen överskridits, främst i Norrlands kustland, vilket troligen redan medfört vissa förändringar av markvegetationen. Tillväxten i skogar i norra Sverige anses generellt vara kvävebegränsad, och skogsekosystemen har en mycket stor förmåga att lagra upp kväve. Endast vid ett fåtal mätplatser i norra Sverige kan man se något förhöjda nitrat- och ammoniumhalter i markvattnet. Kväveutlakningen är dock låg vilket gör att markvattenmätningarna indikerar att kvävetillgången i dagsläget inte överskrider behovet i skogsekosystemet i norra Sverige.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, övergödning, markvatten, krondropp, lufthalter, Jämtlands, Västernorrlands, Västerbottens, Dalarnas och Norrbottens län	
Bibliografiska uppgifter: IVL Rapport B 2180	
Rapporten beställs via: Webbplats: www.ivl.se , e-post: publikationservice@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 norra Sverige – en översikt.....	7
3.1.	Försurningen i skogslandskapet	8
3.2.	Kvävestatusen i skogslandskapet	17
3.3.	Nedfallsmätningar av fosfor 2012/13.....	24
4.	Rapporter och artiklar 2013.....	25
5.	Möten och konferenser 2013.....	28
6.	Specialprojekt på krondroppsytor.....	29
7.	Pågående policyrelaterat arbete med koppling till Krondropps nätet	33
8.	Krondropps nätet webbplats	40
9.	Referenser.....	40
Bilaga 1.	Stationsvis redovisning.....	42
	Västerbottens län.....	43
	Norrbottens län	53
	Västernorrlands län	63
	Jämtlands län.....	69
	Dalarnas län.....	76
Bilaga 2.	Årets data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	78

Rapporten godkänd

2014-06-16



Karin Sjöberg
Enhetschef

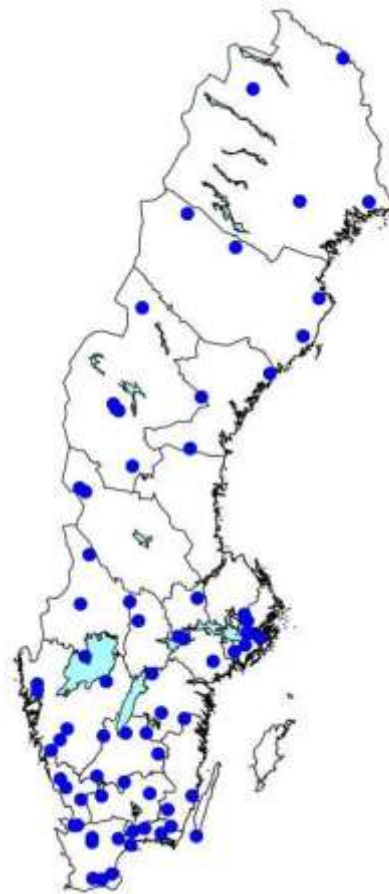
1. Inledning

Inom ramen för Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetet även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*. Resultat från Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetet 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. Krondroppsnetet har en stark koppling till den regionala och nationella miljöövervakningen, men är även starkt förankrad i forskningen. Genom att mätningarna inom Krondroppsnetet är nationellt samordnade, och bedrivs med samma metoder överallt, kan mätningarna användas för att beskriva tidsutvecklingen vad gäller olika miljöindikatorer såväl regionalt som nationellt. Krondroppsnetets verksamhet



Figur 1. Krondroppsnetet 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.



Mätplatser inom Krondroppsnetet i norra Sverige:

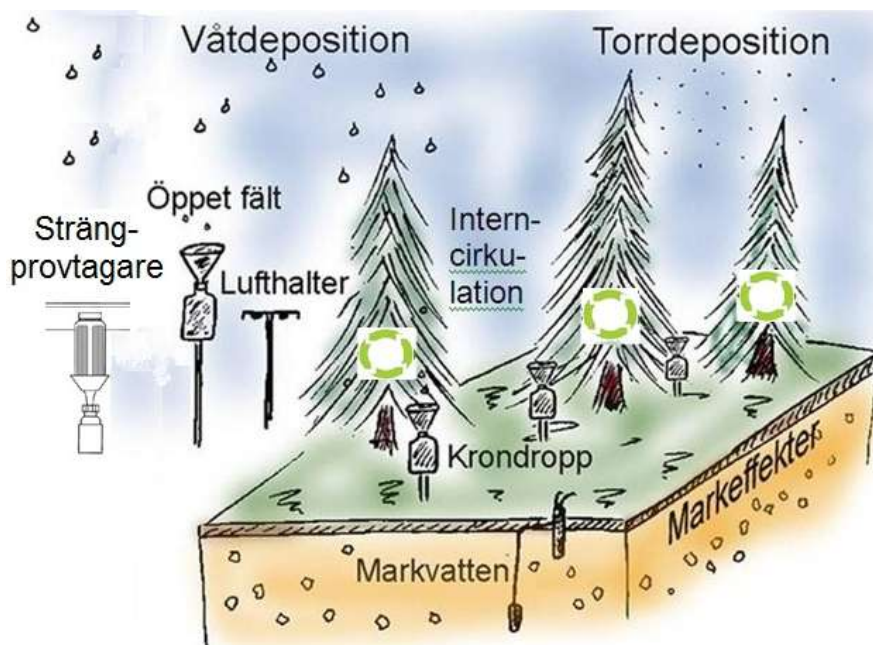
*Norbottens län: Palovaara (tallskog), Nikkaluokta, Gammalgården (granskog) och Myrberg (granskog).
 Västerbottens län: Ammarnäs (granskog), Högrännan (granskog), Holmsvatten (granskog) och Bäcköv (granskog).
 Jämtlands län: Fiskåfjället (gran/hög höjd), Hundshögen (gran/hög höjd), Nymyran (granskog) och Sör-Digertjärnen (tallskog).
 Västernorrlands län: Lakamark (granskog) och Storulvsjön (granskog).
 Dalarnas län: Branten (gran/hög höjd) och Fulu fjäll (granskog).*

I norra Sverige finns sexton aktiva lokaler inom Krondroppsnetet, se kartan till vänster. I Jämtlands och Dalarnas län bedrivs specialmätningar på hög höjd. Belastningen från luftföroreningar är avsevärt lägre i norra Sverige jämfört med övriga Sverige. Det finns dock betydande gradienter, framför allt från kusten mot inlandet och fjällvärlden.

I denna rapport redovisas resultaten från mätningar från perioden januari 2012 till september 2013, vilka 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 relevanta för norra Sverige. 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 länen 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 2.



Figur 2. 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 bedrivs vid 32 lokaler i landet under 2012/13, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden.

Krondroppsmätningarna, som bedrivs 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 bedrivs vid 21 lokaler (2012/13) med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som ska mätas.

Markvattenmätningar bedrivs 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. Miljötilståndet i skogslandskapet i norra Sverige – en översikt

Skogslandskapen i norra Sverige har, i och med det stora avståndet till kontinentala Europa, begränsade problem vad gäller atmosfäriskt nedfall, jämfört med de södra delarna av Sverige. Trots det bedömer ingen av länen i norra Sverige att miljökvalitetsmålet ”Bara Naturlig Försurning” är möjligt att nå till år 2020 med idag beslutade eller planerade styrmedel, se tabell nedan:

Bara naturlig försurning

	Möjligt att nå målet	Nära att nå målet	Inte möjligt att nå målet
Norrbottnen		X	
Västerbottnen			X
Jämtland			X
Västernorrland			X
Dalarna		X	

När det gäller miljökvalitetsmålet ”Ingen övergödning” är det endast Norrbottens län som bedömer att det är möjligt att nå målet till 2020, se tabell nedan:

Ingen övergödning

	Möjligt att nå målet	Nära att nå målet	Inte möjligt att nå målet
Norrbottnen	X		
Västerbottnen		X	
Jämtland		X	
Västernorrland			X
Dalarna			X

Nästan alla län i norra Sverige har fortfarande problem med försurningen. Andelen antropogent försurade sjöar året 2010 bedömdes vara 9 % för Dalarnas län, 2 % för Jämtlands län, 4 % för Västernorrlands län, 6 % för Västerbottens län samt 0 % för Norrbottens län. I många av länen pågår fortsatt kalkning av sjöar och i vissa sjöar och vattendrag kommer det sannolikt ta mycket lång tid innan de återhämtat sig helt. Det finns dock även områden där sjöar och vattendrag redan återhämtat sig från försurningen och där kalkningsåtgärderna minskar. Försurningen orsakas av försurande nedfall, framförallt svavel, samt skogsbruk, främst genom att buffrande ämnen förs bort vid avverkning.

Under det hydrologiska året 2012/13 uppmättes de hittills lägsta svavelhalterna i luften vid samtliga lokaler i norra Sverige. I norra Sverige finns förutom en nord-sydlig gradient för nedfallet även en gradient från kusten mot fjällen. Generellt har Norrlands kustland varit mest utsatt för svavelnedfall medan nedfallet varit lägst i Norrlands inland. Ytorna på hög höjd har på grund av sitt utsatta läge ett relativt högt svavelnedfall trots att de ligger långt från kusten. Under det senaste hydrologiska året, 2012/13, var svavelnedfallet exklusive havssalt i hela Sverige generellt lägre jämfört med tidigare år. I Norrlands kustland varierade svavelnedfallet under 2012/13 mellan 1,3 och 1,6 kg S/ha. Motsvarande nedfall i Norrlands inland varierade mellan 0,3 och 0,8 kg S/ha och vid hög-höjdytorna mellan 0,5 - 0,6 kg S/ha. Det minskade svavelnedfallet återspeglas i signifikant minskande svavelhalter i markvattnet vid de flesta krondroppsytorna i norra Sverige. Detta visar att de senaste decenniernas utsläppsminskande åtgärder har varit positiva även för norra Sverige. Ett fåtal

stationer visade på en återhämtning från försurningen i markvattnet, mätt utifrån olika försurningsindikatorer, såsom pH, ANC och halten oorganiskt aluminium. Vid någon plats visade dock dessa indikatorer även på en försämring ur försurningssynpunkt. Flertalet platser visade dock inte på någon förändring alls. De flesta lokaler i norra Sverige har dock en relativt god försurningsstatus och sedan 2010 har ANC vid samtliga mätplatser varit positivt undantaget vid en lokal där ANC var negativ under 2012/13. Halten oorganiskt aluminium har ofta varit låg i Norrlands inland. Dock har halten oorganiskt aluminium varit relativt hög vid några lokaler i Norrland kustland.

Nedfallet av kväve till skogsmarken i norra Sverige har varit relativt lågt, men övervakningen av kvävenedfallet är ändå av betydelse, då skogsekosystemen i norra Sverige utgör en betydelsefull del av de kvarvarande arealerna i Europa som ännu är relativt opåverkade av kvävenedfall. De problem som finns med övergödning i norra Sverige är oftast relativt lokala. Exempelvis har man iakttagit att myrar växer igen med träd snabbare än tidigare. Jordbruk är den markanvändning som bidrar mest till förhöjd kväeutlakning, men även skogsbruket påverkar påtagligt. Det mesta av kväveläckaget från norra Sveriges skogar är att betrakta som naturligt läckage. Det är dock viktigt att kväeutlakningen från skogsmark inte ökar till följd av mänsklig aktivitet.

I norra Sverige finns ingen statistiskt signifikant minskning av kvävedioxidhalterna i luften. Kvävenedfallet med nederbörden har inte minskat över norra Sverige under den senaste 20-årsperioden. Under 2012/13 var kvävenedfallet mellan 1 – 3 kg oorganiskt N/ha i norra Sverige. Detta innebär att i dagsläget överskrids inte den kritiska belastningsgränsen för kväve i norra Sverige. Tidigare har dock den kritiska belastningsgränsen överskridits, främst i Norrlands kustland, vilket troligen redan medfört vissa förändringar av markvegetationen.

Kvävehalten 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. Tillväxten i skogar i norra Sverige anses generellt vara kvävebegränsad, och skogsekosystemen har en mycket stor förmåga att lagra upp kväve. Om man undantar lokalen Sör-Digertjärn i Jämtlands län, som kvävegödslades 2012 finns det något förhöjda nitrat- och ammoniumhalter i markvattnet vid ett fåtal mätplatser i norra Sverige.

3.1. Försurningen i skogslandskapet

I Västerbottens, Jämtlands och Västernorrlands län bedöms inte miljö kvalitetsmålet ”*Bara Naturlig Försurning*” vara möjligt att nå till år 2020 med idag beslutade eller planerade styrmedel, i Norrbotten och Dalarnas län bedöms miljö kvalitetsmålet vara nära att nås.

Norra Sverige har, i och med det stora avståndet till kontinentala Europa, begränsade problem vad gäller atmosfäriskt nedfall, jämfört med de södra delarna av Sverige.

Dock har nästan alla län i norra Sverige fortfarande problem med försurningen. Många av Norrbottens skogssjöar har en låg buffertkapacitet och Länsstyrelsen anger att det finns försurade sjöar i länet. I Västerbottens län finns avsevärda problem med försurning i länets östra delar, där sjöar och vattendrag fortfarande kalkas. Ungefär hälften av vattnen i Västerbottens läns östra delar är fortfarande så påverkade att det medför betydande problem för fisk och andra vattenlevande djur. Det finns även problem med försurning i

Jämtland, där ett betydande antal sjöar och vattendrag fortfarande kalkas. Sedan år 2008 har läget i Jämtland försämrats enligt länets egna bedömningar, utifrån biologisk och kemisk status hos sjöar och vattendrag. Situationen har framför allt försämrats i delar av länets fjällvärld. Även i Västernorrland finns problem med försurning i länets mellersta och nordöstra delar, där ett betydande antal sjöar och vattendrag fortfarande kalkas. I Dalarna bedömer Länsstyrelsen att situationen är något bättre. Flera sjöar och vattendrag i Dalarna har återhämtat sig från försurningen och antalet vatten som kalkas minskar. Det finns dock fortfarande problem med försurning som medför att vissa sjöar och vattendrag sannolikt inte kommer att nå god status utan kalkning på flera decennier.

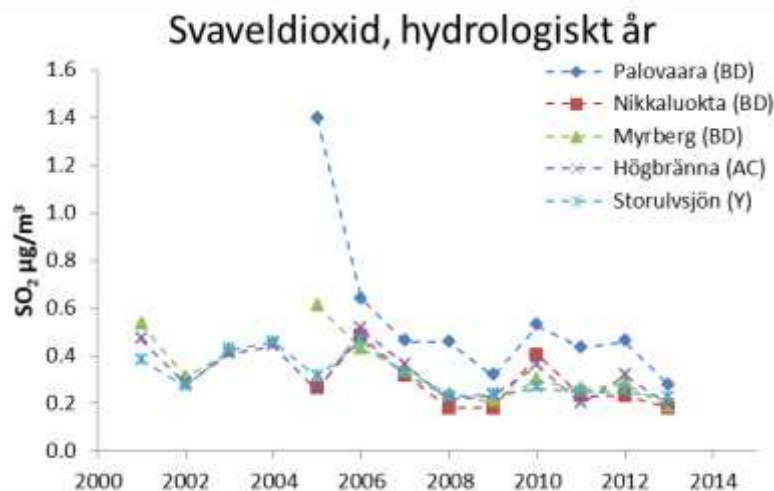
Försurningen orsakas av försurande nedfall, framförallt svavel, samt skogsbruk. Skogsbruket bidrar till försurningen genom att buffrande ämnen förs bort från skogsekosystemen vid avverkning av stammar samt även grenar och toppar (grot). Beräkningar tyder på att skogsbruket i norra Sverige kan stå för mindre än 30 % upp till 60 % om endast stammar tas ut vid avverkning och upp till 70 % om även grot tas ut vid avverkning. Mest bidrar skogsbruket i Dalarnas län och minst i Norrbottens län. Även nedfall av kväve kan bidra till försurningen. Dock försurar kvävenedfallet först när skogsekosystemens förmåga att ta upp kväve överskrids. Vilket gör att detta i dagsläget inte är ett problem i norra Sverige utan framförallt endast i sydvästra Sverige.

Nedan beskrivs lufthalter och nedfall av svavel i norra Sverige från Krondroppsnätets mätningar, relaterat till svavelemissionerna, följt av två avsnitt om ”Försurningseffekter i markvatten” och ”Försurning i sjöar”. Resultaten presenteras även stationsvis i diagram (Bilaga 1) och tabeller (Bilaga 2).

Emissioner, lufthalter och nedfall av svavel

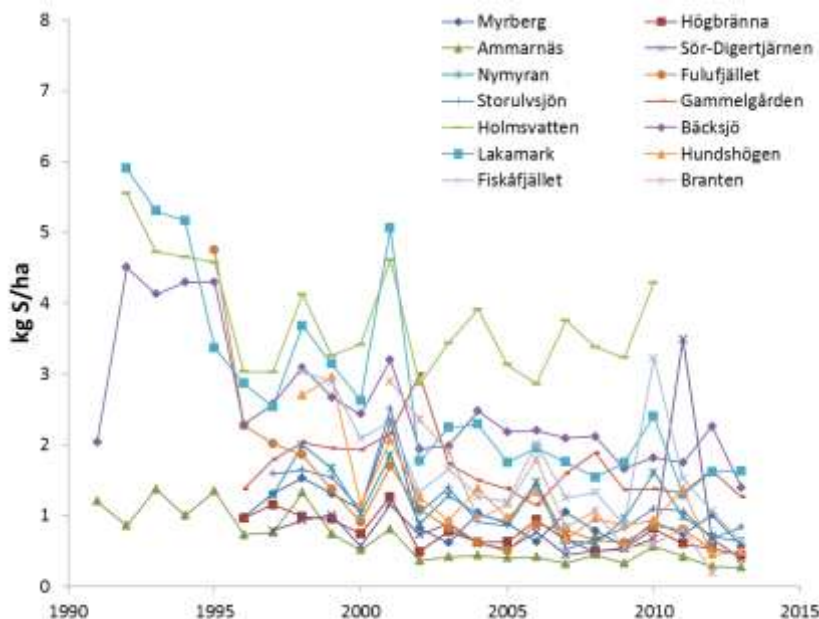
De rapporterade, samlade svavelutsläppen från Europa har minskat med mer än 80 % sedan 1990, (EMEP, 2011, gäller utsläppen från EU27, internationell fartygstrafik ej inkluderat). Motsvarande minskning sedan 1999 är ca 60 %.

Svavelhalterna i luften har minskat något sedan 2001 vid ytorna i norra Sverige (Figur 3). Minskningen av svavelhalten är statistisk säkerställd vid alla lokaler förutom vid Nikkaluokta. Under det hydrologiska året 2012/13 uppmättes de hittills lägsta noteringarna vid samtliga lokaler, halterna varierade mellan 0.2-0,3 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Runt år 2007 skedde en minskning av svavelhalterna i fartygsbränsle från 1.5 % till 1.0 % vilket kan ha bidragit till att svavelhalterna minskat.



Figur 3. Svavelhalter, SO₂, i luften i Palovare, Nikkaluokta, Myrberg, Högbränna och Storulvsjön i norra Sverige. Minskningen av svavelhalten är statistisk säkerställd vid alla lokaler förutom vid Nikkaluokta enligt Mann-Kendall analys.

Nedfall via krondropp mäts för närvarande på 13 platser i norra Sverige. Mätningarna visar att svavelnedfallet minskat signifikant vid samtliga mätplatser förutom vid två, Sör-Digertjärn samt Holmsvattnet (Figur 4).



Figur 4. Svavelnedfall i norra Sveriges skogar. Följande förändringar är statistiskt säkerställda med Mann-Kendal-analys: Svavelnedfallet har minskat signifikant vid Myrberg, Gammelgården, Ammarnäs, Högbränna, Fiskåfjället, Bäcksjö, Lakamark, Nymyran, Hundshögen, Storulvsjön, Branten och Fulufjäll. Vid Holmsvattnet och Sör-Digertjärn fanns ingen signifikant minskning av svavelnedfallet.

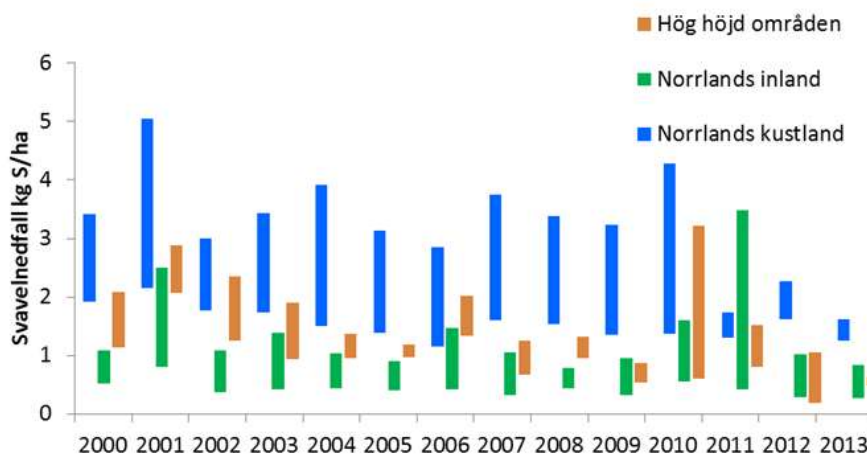


Då det, förutom en nord-sydlig gradient i nedfallet, även finns en gradient från kusten mot fjällen har de nordliga platserna delats in i tre kategorier, Höghöjd, Norrlands inland och Norrlands kustland, se kartan till vänster. De lokaler som ingår i Norrlands kustland är: Gammelgården, Holmsvattnet, Bäcksjö och Lakamark. De lokaler som ingår i Höghöjd är Fiskåfjället, Hundshögen samt Branten. Resterande lokaler ingår i Norrlands inland.

Staplarna i Figur 5 visar spannet mellan det högsta samt lägsta svavelnedfallet för de olika kategorierna sedan år 2000. Figuren visar att generellt har Norrlands kustland varit mest utsatt för svavelnedfall sannolikt på grund av emissioner från fartygstrafiken samt från kustnära industrier och att nedfallet varit lägst i Norrlands inland. Under 2000-talet har svavelnedfallet i Norrlands kustland varierat mellan 1,2 och 5,1 kg S/ha. Motsvarande nedfall i Norrlands inland har varierat mellan 0,3 och 3,5 kg S/ha. Ytorna

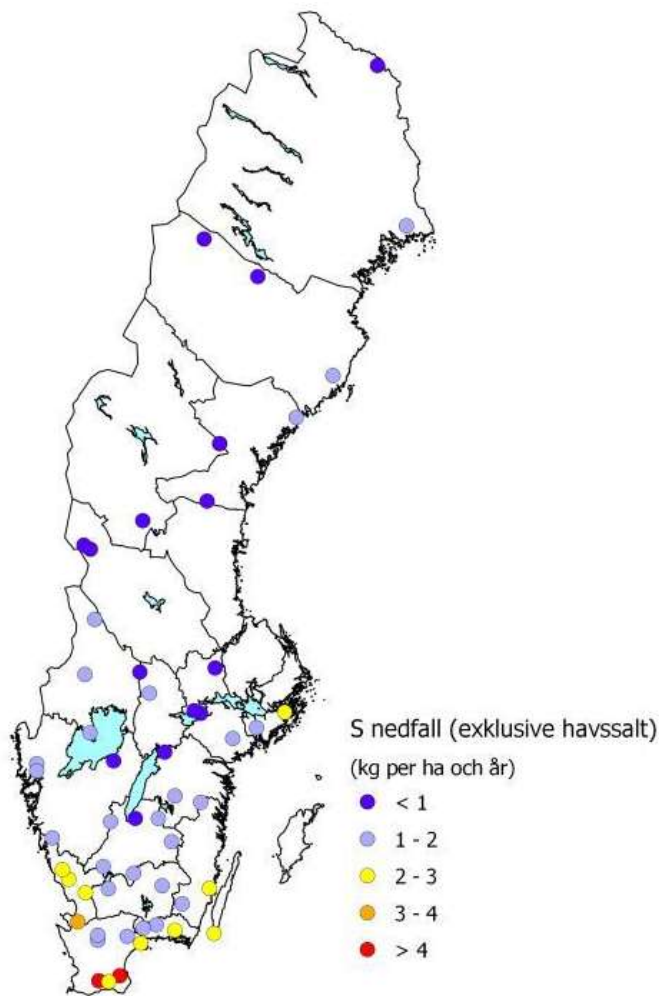
på hög höjd har på grund av sitt utsatta läge ett relativt högt svavelnedfall trots att de ligger långt från kusten. Svavelnedfallet har under 2000-talet vid höghöjdytorna varierat mellan 0,2 - 3,2 kg S/ha och år, Figur 5.

Under det senaste hydrologiska året, 2012/13, var nedfallet generellt lägre än tidigare år i hela Sverige. I norra Sverige var svavelnedfallet exklusive havssalt 2012/13 mellan 0,3-1,6 kg S/ha. Tallskogar och även lövskogar tar generellt emot mindre svavelnedfall jämfört med granskogar, vilket kan förklaras av att de tar emot mindre torrdeposition.



Figur 5. Spannet av svavelnedfall under 2000-talet till norra Sveriges skogar uppdelat på tre kategorier: Höghöjd-områden, Norrlands inland samt Norrlands kustland.

Svavelnedfall i krondropp 2012/13 visas för landet som helhet i Figur 6. Gradienten i försurningsproblematiken från sydväst mot nordost framträder tydligt.



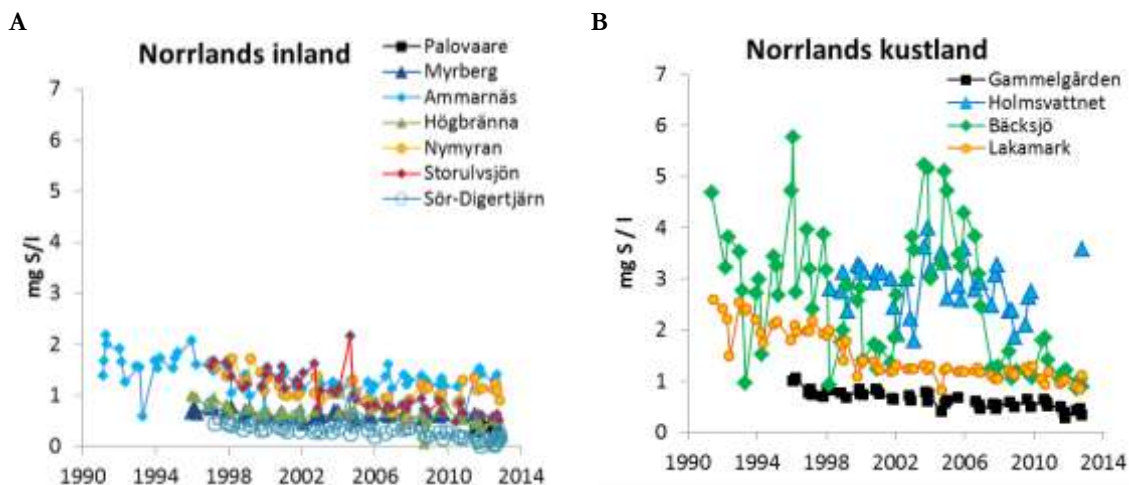
Figur 6. Nedfall av sulfatsvavel (exklusive bidraget från havssalt) som krondropp under det hydrologiska året 2012/2013 vid olika platser inom Krondroppsnetet.

Försurningseffekter i markvatten

Markvattnet är det vatten som rör sig i marklagren under rotzonen, men ovanför grundvattnet. Det utgör en länk mellan skogsmarken och rinnande ytvatten.

Det minskade svavelnedfallet återspeglas i signifikant minskande svavelhalter i markvattnet på samtliga krondroppsytor i norra Sverige. I Norrlands kustland återfinns som väntat den största minskningen, från runt 4 mg/l i början av 1990-talet till runt 1 under 2012/13.

Holmsvattnet som också är en kustnära lokal utgör ett undantag då svavelhalterna i markvattnet fortfarande är ca 3,5 mg/l. Vid Holmsvattnet har svavelhalterna i markvattnet inte minskat under mätperioden. Under de senare åren har svavelhalterna varit ungefär på en liknande nivå mellan inlandet och de kustnära lokalerna. Under 2012/13 varierade svavelhalterna i markvattnet mellan 0,1-1,2 mg/l i Norrlands kustland och mellan 0,3-3,6 mg/l i Norrlands kustland (Figur 7A, B).



Figur 7. Halterna av sulfatsvavel $\text{SO}_4\text{-S}$ i markvattnet på 50 cm djup vid platser i Norrlands inland (A) och Norrlands kustland (B). Följande förändringar är statistiskt säkerställda: $\text{SO}_4\text{-S}$ har minskat signifikant vid Myrberg, Ammarnäs, Högbränna, Nymyran, Storulvsjön, Gammelgården, Bäcksjö samt Lakamark.

Försurning av markvattnet kan beskrivas utifrån olika parametrar, som alla ger lite olika aspekter på försurningen, såsom pH, syraneutraliserande förmåga (ANC) och halter av det toxiska ämnet oorganiska aluminium (oorg-Al). Bedömningen av vid vilket pH som markvattnet kan anses försurat beror till viss del på vilken berggrund som föreligger i området, halterna av organiska ämnen m.m. Ett $\text{pH} < 4,5$ anses dock i de flesta fall indikera kraftig försurning, medan pH i området $4,5 - 5,0$ kan indikera risk för försurning.

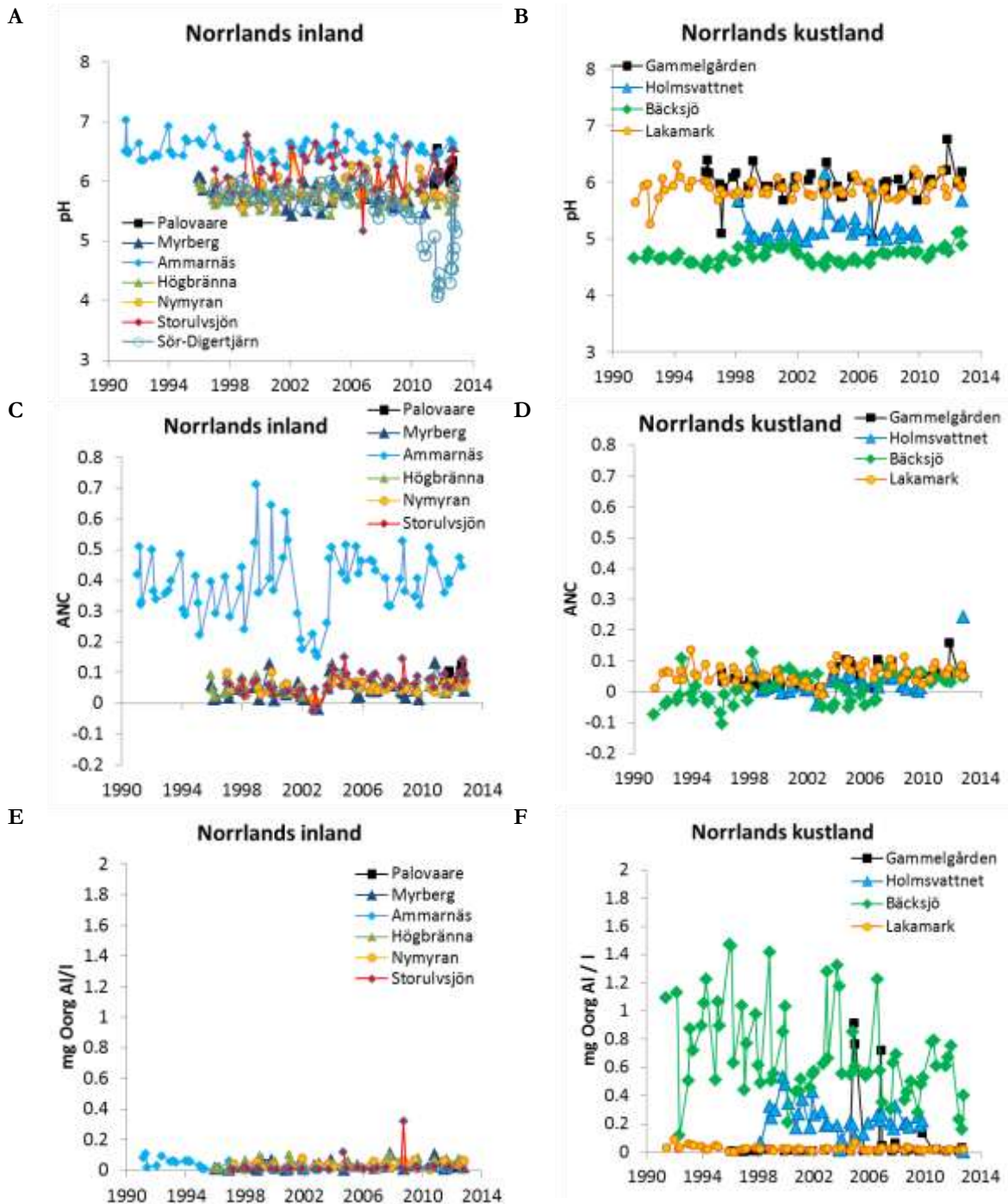
Under 2013, liksom tidigare år, var pH vid de flesta lokaler i norra Sverige klart över 5 (Figur 8 A, B). Endast vid Bäcksjö låg pH på en nivå som kan indikera risk för försurning. Dock har pH ökat vid Bäcksjö sedan mätstarten. Vid Sör-Digertjärn var pH var mycket lågt, runt 4, vilket i huvudsak är ett resultat av den kvävegödsling som skedde vid platsen under 2012.

ANC är ett mått på markens syraneutraliserande 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 med ANC i markvatten. I norra Sverige har ANC sedan 2010 varit positivt vid samtliga lokaler (Figur 8 C,D), undantaget Sör-Digertjärn då ANC var -4 under 2012/13 vilket även det är en effekt av gödslingen (Figur 9A). Tidigare var ANC ofta negativt vid framförallt Bäcksjö men även vid Holmsvattnet.

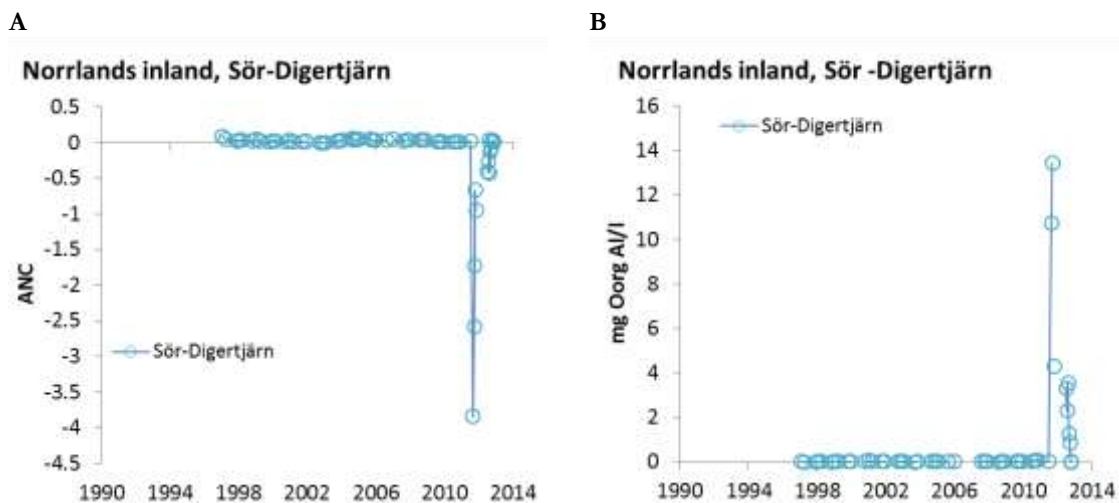
Halten oorganiskt aluminium, som är giftigt för djur och växter, har ofta varit låg i Norrlands inland (Figur 8E). Vid Norrlands kustland har halten oorganiskt aluminium varit relativt hög framförallt vid Bäcksjö och Holmsvattnet, men även periodvis vid Gammelgården (Figur 8F). Även halten oorganiskt aluminium påverkades av kvävegödslingen vid Sör-Digertjärn, Figur 9B. Under 2012/13 var det dock endast vid Bäcksjö som det uppmättes förhöjda halter av oorganiskt aluminium.

Den enda statistiskt signifikanta förändringen av pH var att pH ökade vid Bäcksjö. Vid Storulvsjön och Bäcksjö ökade ANC signifikant och endast vid Bäcksjö och Lakamark

visade en Mann-Kendall analys signifikant minskande halter av oorganiskt aluminium. Vid Högrännna ökade halterna oorganiskt aluminium statistiskt signifikant.



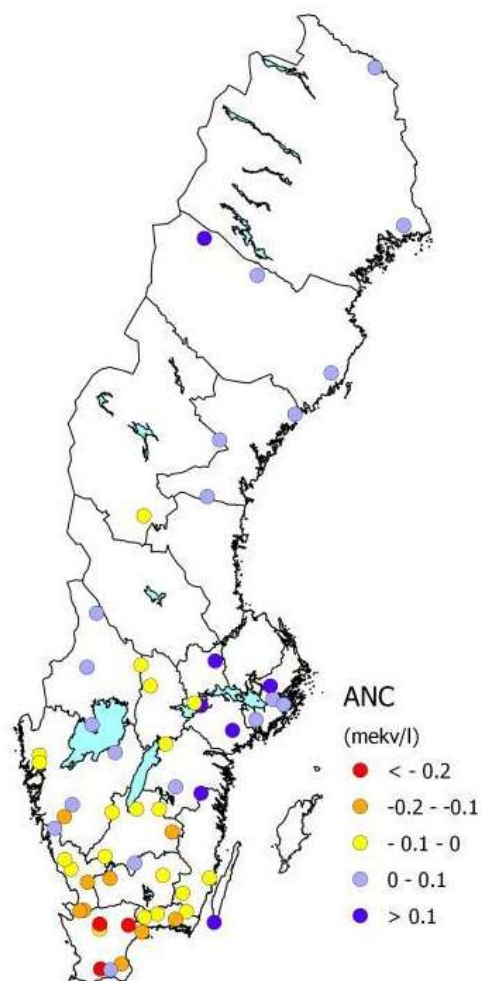
Figur 8. Halterna av sulfatsvavel pH, syraneutraliserande förmåga (ANC) och halten oorganiskt aluminium (oorg-Al) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser i Norrlands inland (A, C, E) samt Norrlands kustland (B, D, F), uppmätt inom Krondroppsnätet. Följande förändringar är statistiskt säkerställda: pH har ökat signifikant vid Bäcksjö; ANC har ökat signifikant vid Storulvsjön och Bäcksjö och oorg-Al har minskat vid Bäcksjö och Lakamark, men ökat vid Högrännna.



Figur 9. Syraneutraliserande förmåga (ANC) och halten oorganiskt aluminium (oorg-Al) i markvattnet på 50 cm djup vid Sör-Digertjärn, uppmätt inom Krondroppsnätet. Den kraftiga effekten beror på att ytan gödslades med 150 kg N/ha under sommaren 2012.

Variationerna över tiden av försurningsstatusen i markvattnet påverkas av utvecklingen vad gäller svavelnedfallet, men även av havssaltepisoder, som i områden med försurad mark kan leda till surstötar (Akselsson m.fl., 2013).

I Figur 10 visas den syraneutraliserande kapaciteten (ANC) hos markvattnet på 50 cm djup vid olika platser i landet inom Krondroppsnätet. Det finns en gradient vad gäller markförsurningen redovisat på detta sätt från sydväst mot nordost, med det framgår också att det inom denna gradient finns betydande lokala variationer. Orsakerna till denna lokala variation är föremål för forskning.



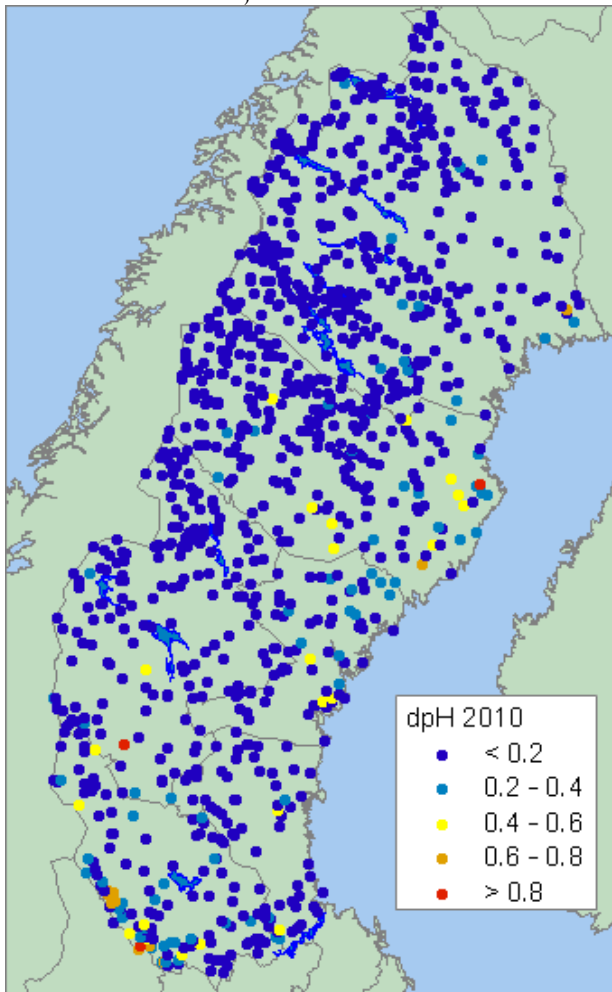
Figur 10. Den syraneutraliserande kapaciteten (ANC) hos markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren. Ett värde på $ANC < 0$ diskuteras som en indikator för försurning av skogsmarken.

Andra bedömningar av försurning – mark och sjöar

Data från markinventeringen används för uppföljning av indikatorn ”Försurad skogsmark”. Uppföljningen görs nationellt och uppdelat i tre landsdelar. I Norrland, är andelen mark med hög eller mycket hög surhetsgrad enligt bedömningsgrunderna för skogslandskapet 20 %. 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. I denna rapport har vi 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. 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. Försurad skogsmark orsakat av försurande nedfall kan leda till sjöförsurning om avrinningen till sjön till stor del kommer från skogsmark. Enligt de kriterierna var andelen försurade sjöar 9 % för Dalarnas län, 2 % för Jämtlands län, 4 % för Västernorrlands län, 6 % för Västerbottens län samt 0 % för Norrbottens län under 2010, Figur 11. För hela Sverige beräknas andelen försurade sjöar till 10 % (Fölster & Valinia, 2012). Beräkningarna gäller sjöar större än 1 ha och inkluderar försurade kalkade sjöar.



Figur 11. pH-förändring sedan förindustriell tid (dpH) i sjöar i norra Sverige, gällande året 2010, baserat på MAGIC-modellen. Antropogent orsakad försurning, definierad som en pH-sänkning (dpH) större än 0.4, visas med gula, orange och röda symboler på kartan. Analysen inkluderar kalkade, försurade sjöar genom att sjökemin i frånvaro av kalkning beräknats.

Källa: Fölster & Valinia, 2012.

3.2. Kvävestatusen i skogslandskapet

Nedfallet av kväve till skogsmarken i norra Sverige har varit relativt lågt, men övervakningen av kvävenedfallet är ändå av betydelse, eftersom skogsekosystemen i norra Sverige utgör en betydelsefull del av de kvarvarande arealerna i Europa som ännu är relativt opåverkade av kvävenedfall. 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 miljömålsutvärderingen av länen visar att endast Norrbottens län bedömer att det är möjligt att nå miljökvalitetsmålet *Ingen övergödning* till 2020 med idag beslutade eller planerade styrmedel. Länsstyrelserna i Västerbottens och Jämtlands län bedömer att det är nära att nå målet medan länsstyrelserna i Västernorrland och Dalarna bedömer att målet ej kan nås till 2020.

I Norrbottens län har tillförsel av kväve till länets kuster inte minskat under de senaste decennierna. Kväveläckage från länets skogar bidrar till kväveläckaget, men det mesta av detta kväveläckage är att betrakta som naturligt. Det är dock viktigt att kväveutlakningen från skogsmark inte ökar till följd av mänsklig aktivitet.

I Västerbottens län bedöms problemen med övergödning inom länet som relativt små och i huvudsak lokala. Det atmosfäriska nedfallet av kväve kan komma att öka i Västerbottens fjällvärld om sjöfarten genom Nordostpassagen blir verklighet i framtiden och fartygstrafiken på Nordsjön därmed ökar.

Även i Jämtlands län bedöms övergödningens problemen som begränsade. Det samlade atmosfäriska kvävenedfallet till skogen i länet är högst i länets södra delar samt på hög höjd. Det råder en osäkerhet om kvävet påverkan på landekosystemen i fjällmiljön.

I Västernorrlands län förekommer i huvudsak lokala övergödningens problem. När det gäller länets bidrag till kvävetillförseln till Östersjön står skogen för ett huvudsakligt bidrag, varav merparten är att betrakta som naturligt. Även i detta län bedöms det som viktigt att kväveutlakningen från skogsmark inte ökar till följd av mänsklig aktivitet.

Det finns problem med övergödning i Dalarna, till exempel har man iakttagit att myrar växer igen med träd snabbare än tidigare, vilket kan bero på kvävenedfallet i länet.

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, i de sydvästra delarna av Sverige finns åtskilliga exempel från Krondroppsnätet på skogsytter 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 det en uppenbar risk för utlakning.

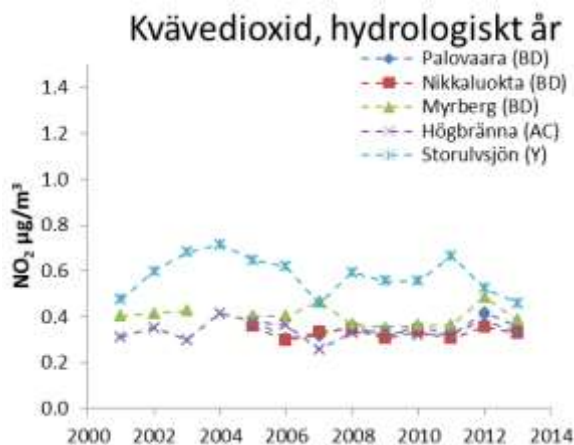
Nedan beskrivs lufthalter och nedfall av kväve i norra Sverige från Krondroppsnätets mätningar, relaterat till kväveemissionerna, följt av ett avsnitt om ”Kväveeffekter i markvattnet”. Resultaten presenteras även stationsvis i diagram (Bilaga 1) och tabeller (Bilaga 2).

Emissioner, lufthalter och nedfall av kväve

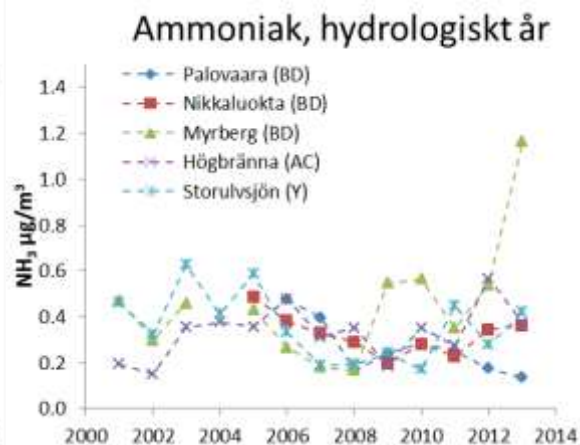
De rapporterade kväveoxidutsläppen i Europa har under perioden 1990-2010 minskat med 47 % och ammoniak med 25 % (EMEP, 2011, gäller utsläppen från EU27, internationell fartygstrafik ej inkluderat). I norra Sverige finns ingen statistiskt signifikant minskning av kvävedioxidhalterna i luften, endast ammoniakhalterna allra längst i norr vid Palovara har minskat signifikant, Figur 12.

Runt 1950 började nedfallet av kväve till skogen i Sverige öka kraftigt för att nå sin kulmen under 1980-talet (Hansen m. fl., 2013). Kvävenedfallet med nederbörden har inte minskat över Sverige under perioden 1990-2009 förutom i den sydöstra delen av Sverige (Hansen m.fl., 2013).

A

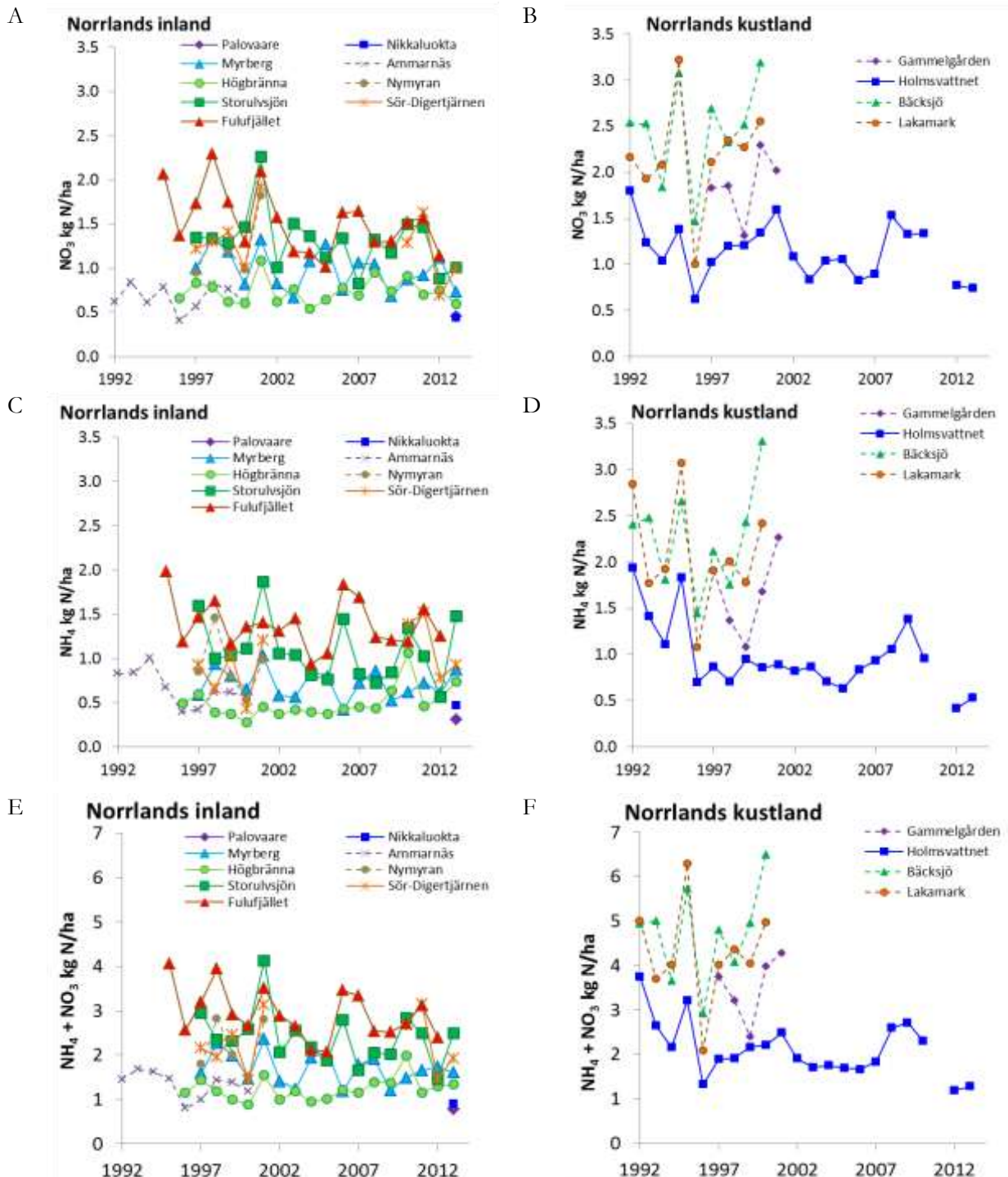


B



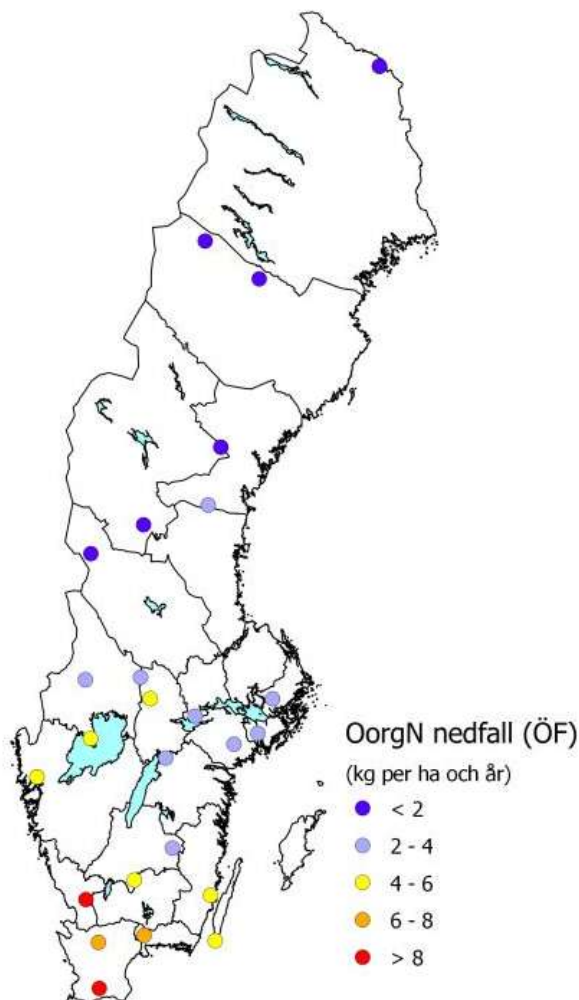
Figur 12. Lufthalter för kvävedioxid, NO_2 (A) och ammoniak, NH_3 (B) i Palovara, Nikkaluokta, Myrberg, Högbränna och Storulvsjön i norra Sverige. Endast ammoniakhalterna vid Palovara har minskat signifikant sedan mätstart enligt Mann-Kendall analys.

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 inkluderas i uppskattningarna av kvävedepositionen baserat på öppet fältmätningarna. Den totala depositionen till skog kan därför antas var något högre än vad som uppmäts på öppet fält. Kvävenedfallet på öppet fält sedan 1992 i norra Sverige visas i Figur 13. För nitratkväve finns en statistisk säkerställd minskning i Fulufället och för ammonium en statistiskt signifikant ökning vid Högbränna. I övrigt finns inga statistiskt signifikanta förändringar, vare sig för nitrat eller för ammoniumkväve vid någon lokal i norra Sverige. Tidigare analyser har visat att i norra Sverige bidrar torrdepositionen med ca 10 % i de södra delarna av norra Sverige och ca 5 % i de norra delarna till det samlade nedfallet av oorganiskt kväve (Karlsson m. fl., 2011). Variationen mellan åren av kvävenedfallet är relativt stor, och de tre senaste hydrologiska åren har det totala nedfallet av oorganiskt kväve varierat mellan 1 och 3,5 kg, med de lägsta halterna längst i norr och de högsta i södra delarna av norra Sverige. Under 2012/13 var nedfallet mellan 1 - 3 kg oorgN/ha. Detta innebär att den empiriska kritiska belastningsgränsen, 5 kg per hektar och år, som har satts med skydd av markvegetation i åtanke (Moldan m fl., 2011), i dagsläget inte överskrids i norra Sverige. Tidigare har dock den kritiska belastningsgränsen överskridits, främst i Norrlands kustland, vilket kan ha medfört vissa förändringar av markvegetationen.



Figur 13. Årliga värden för nedfall av nitratkväve (A-B) och ammoniumkväve (C-D) samt oorganiskt kväve (E-F) med nederbörden till öppet fält till mätplatser i norra Sverige. Nedfallet är summerat som hydrologiskt år (okt-sept). För nitratkväve finns en statistisk säkerställd minskning i Fulufjället och för ammonium en statistiskt signifikant ökning vid Högbränna. I övrigt finns inga statistiskt signifikanta förändringar, vare sig för nitrat eller för ammoniumkväve vid någon lokal i norra Sverige.

Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden till öppet fält vid olika platser inom Krondropps nätet under det hydrologiska året 2013/13 visas i Figur 14.

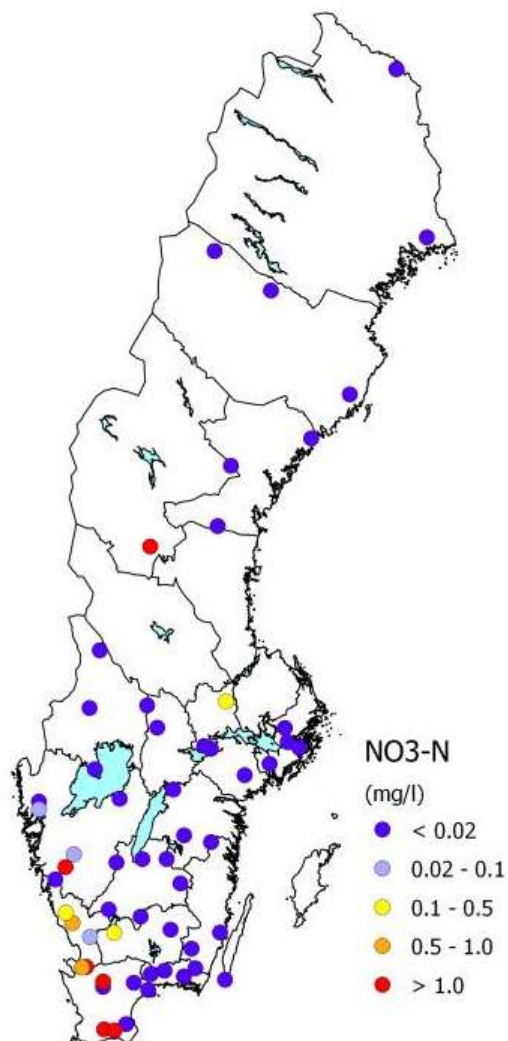


Figur 14. Nedfallet av oorganiskt kväve (oorgN) med nederbörden till öppet fält vid olika platser inom Krondropps nätet under det hydrologiska året 2012/13.

Kväveeffekter i markvatten

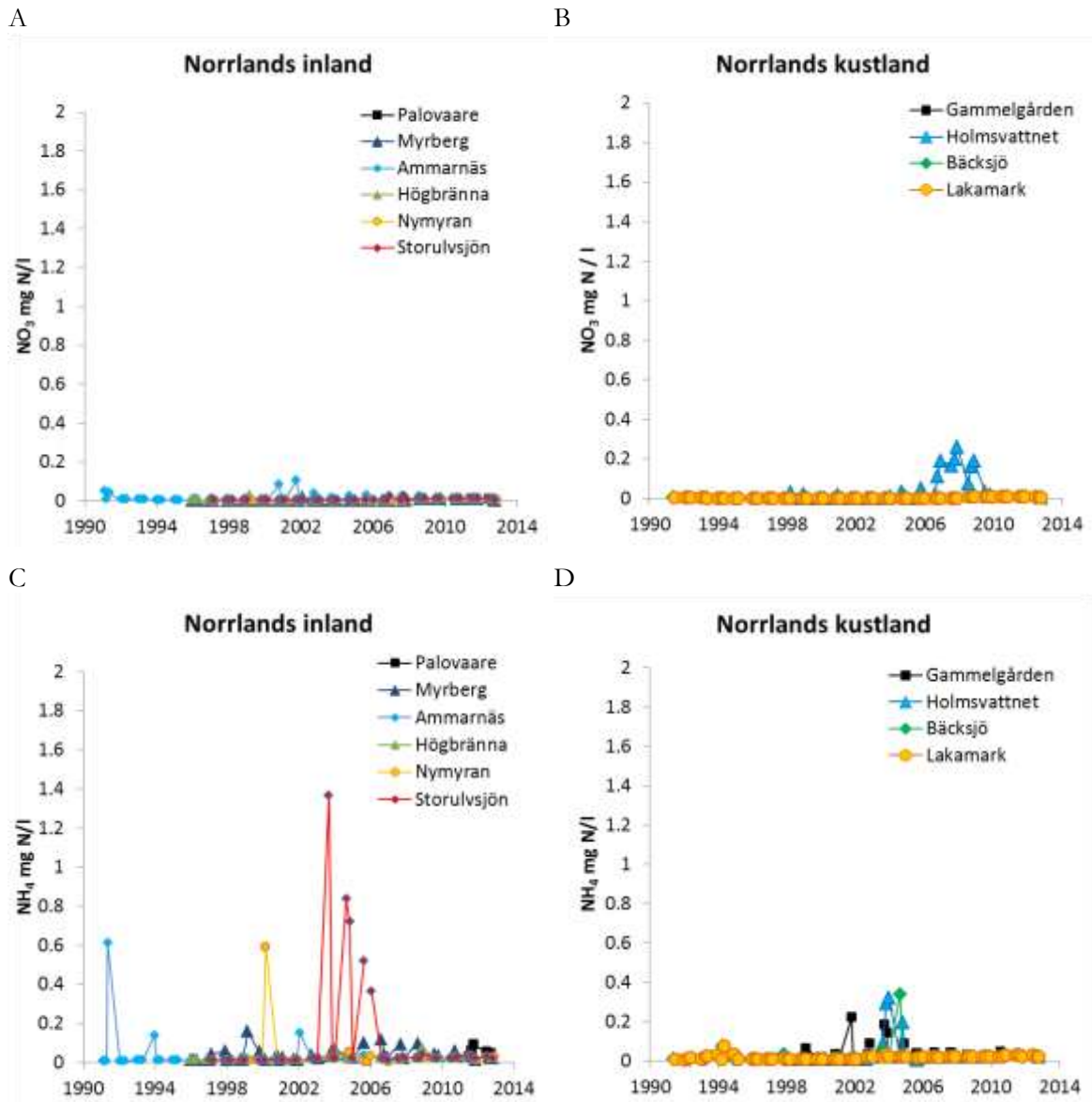
Nitratkvävehalten i markvattnet under rotzonen är ofta mycket låg i skogsmark i Sverige, vilket visar att skogsekosystemet tar upp det ammonium- och nitratkväve som finns tillgängligt, och att kväveutlakningen begränsas till utlakning av organiskt kväve, som ofta brukar betraktas som en naturlig bakgrundsutlakning. Förhöjda halter av kväve uppträder därför tämligen sällan i markvattnet i växande skog. I sydvästra Sverige, som är de delar som tagit emot mest kvävenedfall, är det dock vanligt med kraftigt förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet (Figur 15). Tillväxten i skogar i norra Sverige anses generellt vara kvävebegränsad, och skogsekosystemen har en mycket stor förmåga att lagra upp kväve. Om kväve lagrats upp i skogsmarken kan dock olika störningar såsom avverkning, vindfällen eller skadeinsekter, ge upphov till förhöjda halter av nitrat och ammonium i markvattnet. I Figur 15 redovisas även resultaten från platser som varit utsatta för någon

form av störning. Vid provytan Klippan, en röd markering strax öster om Göteborg, dog träden på grund av ett barkborreangrepp 2008 och nitrat började läcka ut i markvattnet. Krondropsytan vid Sör-Digertjärn i södra Jämtlands län kvävegödslades 2012.

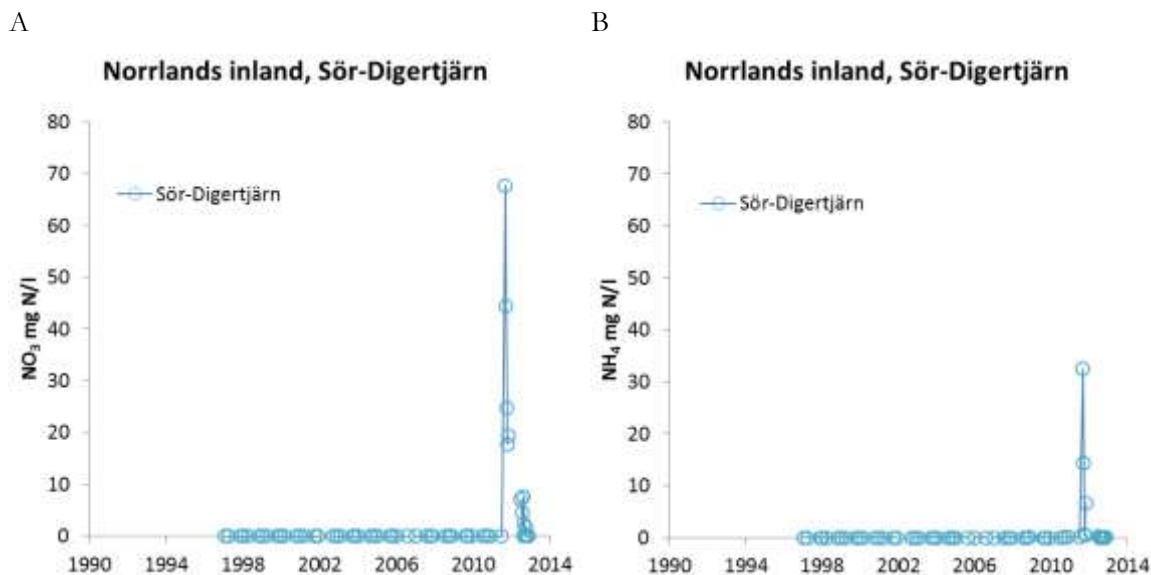


Figur 15. Koncentrationen av nitrat (NO₃-N) i markvattnet vid olika platser inom Krondroppsnätet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar.

Om man undantar lokalen Sör-Digertjärn i Jämtlands län, som kvävegödslades 2012 (Figur 17), är det framförallt vid Storulvsjön samt Holmsvattnet som man ser något förhöjda nitrat- och ammoniumhalter i markvattnet i norra Sverige (Figur 16). Kväveutlakningen är dock låg vilket gör att markvattenmätningarna indikerar att kvävetillgången i dagsläget inte överskrider behovet i skogsekosystemet i norra Sverige, och att kväveutlakning från markens rotzon inte förekommer i någon större utsträckning i Sveriges nordliga län.



Figur 16. Halterna i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser i norra Sverige av nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) (A-B) samt halterna av ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) (C-D). Inga förändringar är statistiskt säkerställda.

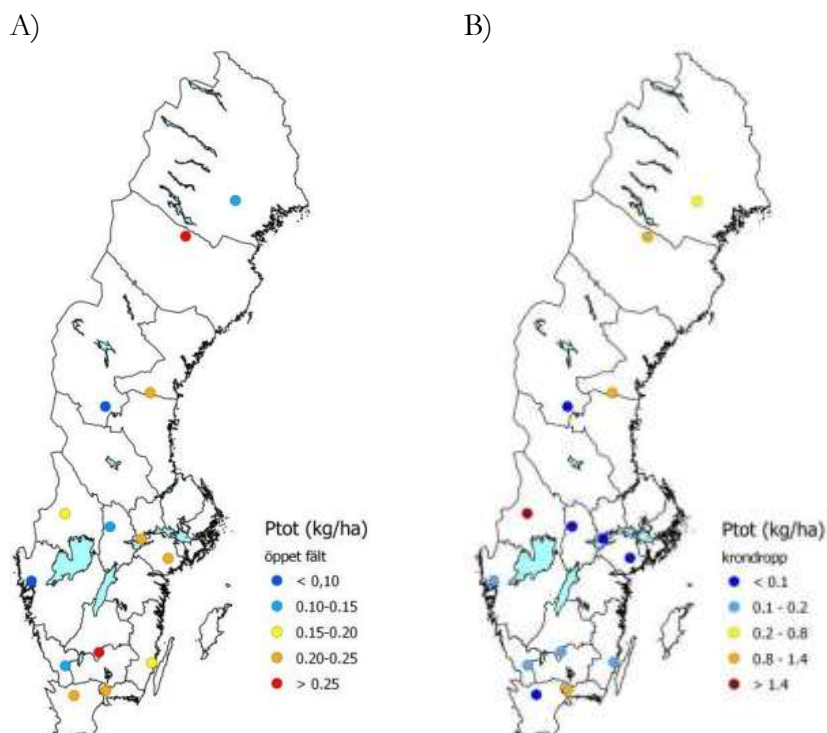


Figur 17. Halterna i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser vid Sör-Digertjärn i Jämtland av nitratkväve (NO₃-N) (A) samt halterna av ammoniumkväve (NH₄-N) (B). De kraftiga effekterna är efter kvävegödslingen 2012.

3.3. Nedfallsmätningar av fosfor 2012/13

Sedan 2011 mäts nedfallet av fosfor inom Krondroppsnetet. 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 18. 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 18. 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

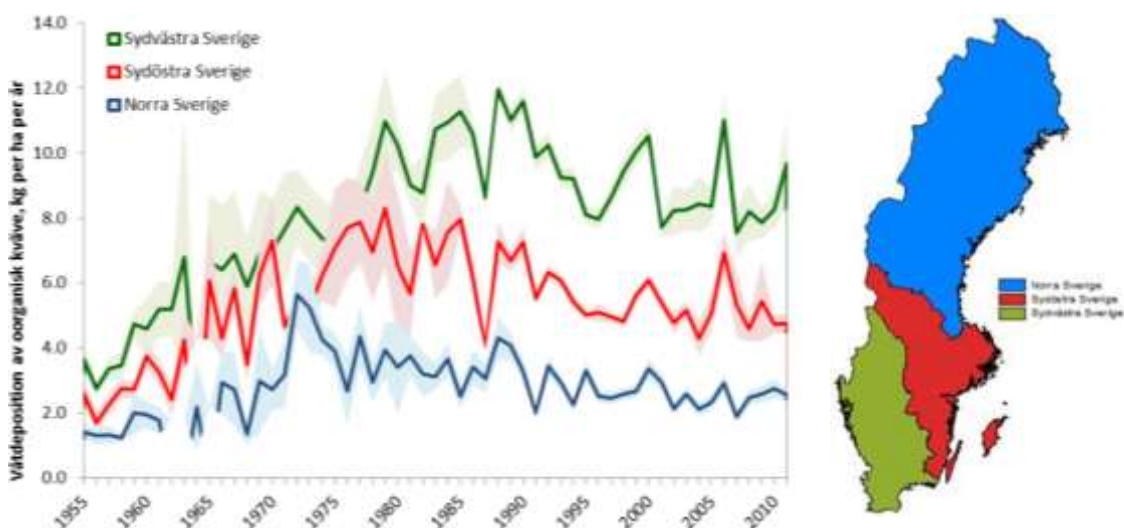
Kvävetrendrapport

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 Krondroppsnätet 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 19. 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 19. 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 erhöles 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 länsstillhörighet.

Totaldeposition av baskatjoner till skog

Arbete med att uppskatta totaldepositionen av olika baskatjoner pågår då krondroppsmätningar, på grund av en interncirkulation 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 utvecklade 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 trädkronorna samt att den relativa fördelningen av torrdepositionen av olika ämnen är densamma till teflontrådarna som till trädkronorna. 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 Pihl Karlsson, Karin Hansen. 2013a. Totaldeposition av baskatjoner till skog. IVL B2058.

Tre nya vetenskapliga publikationer:

Under 2013 publicerades tre vetenskapliga publikationer där data från Krondroppsnetet 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 Krondropps nätet nedfalls- och markvattenkemimätningar.

Krondropps dagarna 2013. Den 24-25 april 2013 genomfördes Krondropps dagarna 2013. Senast Krondropps dagarna 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 Krondropps nätet 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 Krondropps nätet 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.

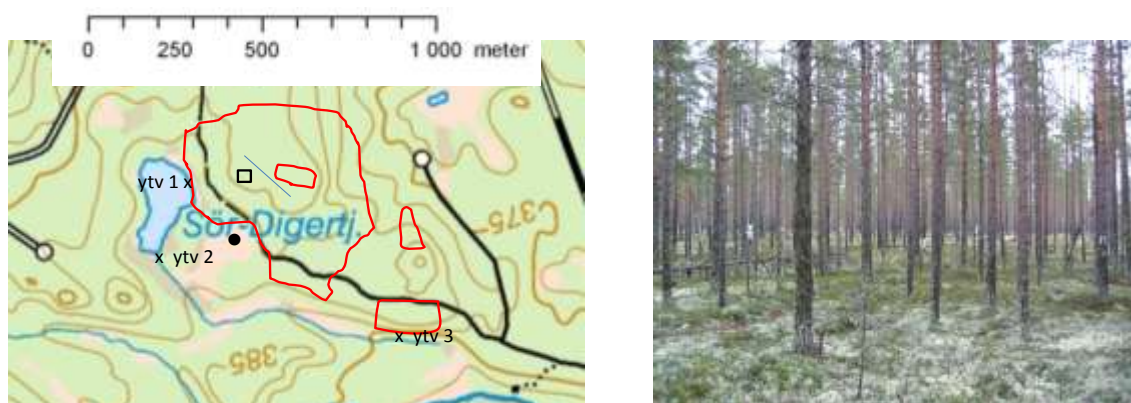
Seminarium vid ICOS workshop. Forskningsprogrammet ICOS (Integrated Carbon Observation Systems) arrangerade en workshop med temat "The role of the boreal ecosystems for the regional carbon cycle" i Ultuna 21-22 oktober 2013. Per Erik Karlsson presenterade där metodiken för att bestämma torrdepositionen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

6. Specialprojekt på krondroppsytor

Kvävegödsling av en krondroppsytta i Jämtland

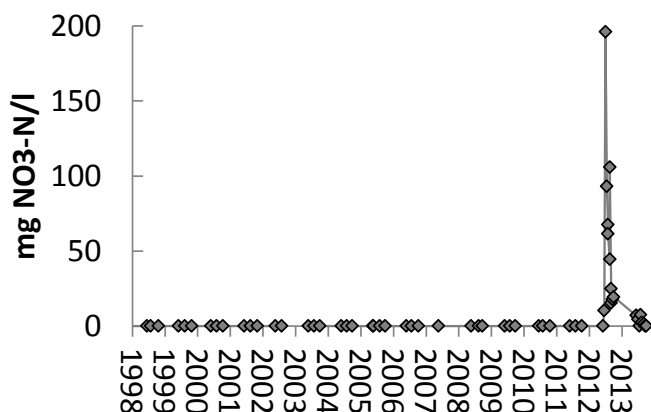
Ökad kvävegödsling är ett sätt att öka tillväxten i den svenska skogen. Skogsstyrelsen ser för närvarande över sina allmänna råd vad gäller kvävegödsel på skogsmark. I norra Sverige är det tillåtet att kvävegödsla skogsmarken 2 alternativt 3 gånger med 150 kg N per

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 krondroppsytorna 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 20. 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 Krondropps nätet med tallskog i Jämtlands län, Sör-Digertjärn, gödslades i juni 2012 med 150 kg N/ha (Figur 20). 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 20), 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 21 visas nitralthalterna i markvattnet.



Figur 21. 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 krondroppsytorna, 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 tr addediameter och trädhöjd, som i sin tur gör att tillväxtberäkningar kan göras.

De kartlagda krondroppsytorna 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, träd tillväxt samt halter av kol, kväve och baskatjoner i fast mark och i markvatten. Krondroppsnetets ytor är optimala som underlag för ForSAFE-modellering, eftersom indata är av bra kvalitet, och eftersom det även finns bra tidsserier på markvattenkemi och träd tillväxt 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 krondroppsytta vid Västra Torup i

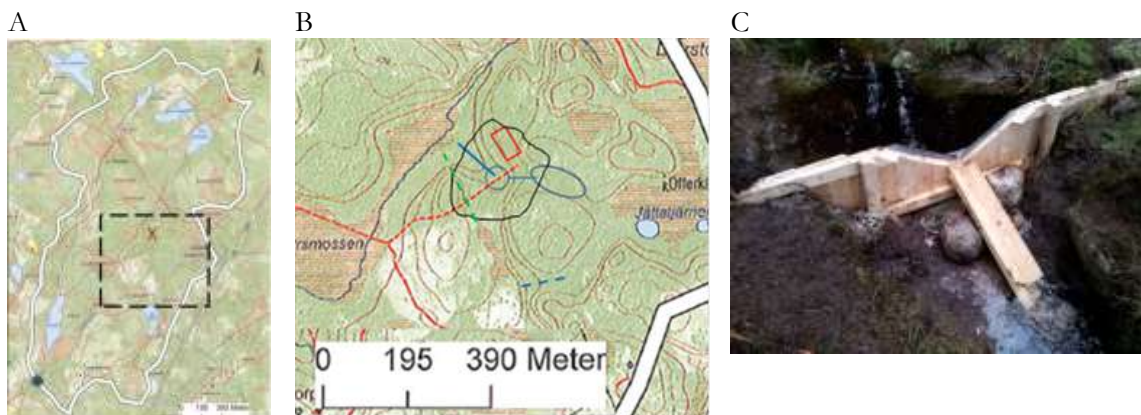
Skåne (Zanchi m.fl., 2014), kommer att jämföras med modellresultat från den närliggande nystartade ytan Hissmossa. Båda är granskogar, men markvattenkemin skiljer sig mycket åt. I Västra Torup var nitratkvävehalterna mycket låga ända tills skogen avverkades, medan halterna i Hissmossa har varit förhöjda 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 uppmätts 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 22) 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 22. 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 22 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

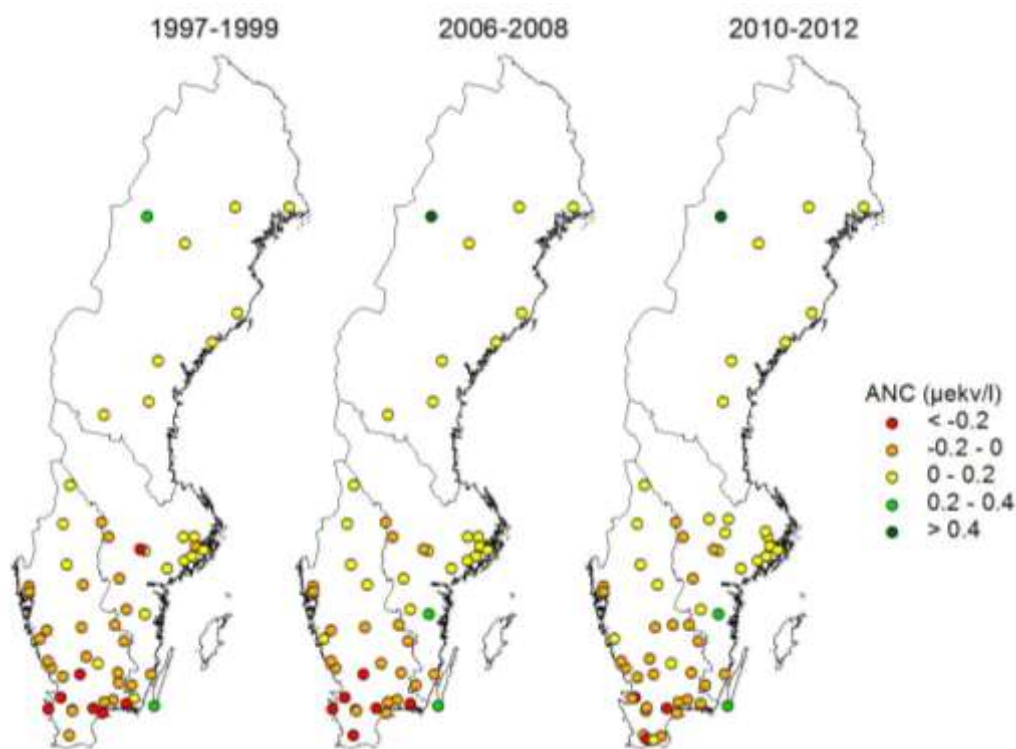
Under 2014 pågår arbete med fördjupade utvärderingar av de 16 miljö kvalitetsmålen. Utvärderingarna ska vara klara 1 september 2015. Data från krondroppsytorna används i flera sammanhang i arbetet med att ta fram underlag för miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*.

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 23. 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*.



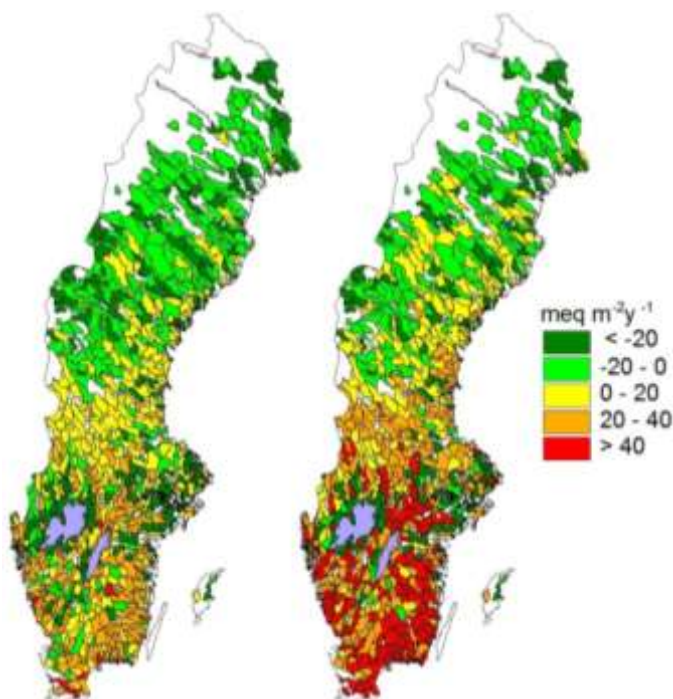
Figur 23. ANC i markvatten på 50 cm djup på krondroppsytor, medianvärde för varje yta från tre olika treårsperioder. Gränserna för de tre försurningsregionerna är utmärkta på kartan.

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 skogsbruket 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 basketjonuttag i granskog", har tagits fram.

Kritiskt basketjonuttag 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 basketjonuttag och övriga parametrar hålls konstanta, beräknas det högsta basketjonuttag som kan tillåtas utan att en kritisk gräns överskrids, då nedfall och övriga parametrar hålls konstanta. Arbetet pågår för närvarande med att finslipa 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 24 visas överskridande av kritiskt basketjonuttag 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 24. Överskridande av kritiskt basketjonuttag 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 mineraljordskiktet 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 utgångsämnena 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 utbytbart 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-kväveknot (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 (NO_3 , leach) antar vi att man här syftar på halterna av NO_3 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 delprogram, om synergier och konflikter kopplat till ett intensifierat skogsbruk.

Dynamisk modellering på krondroppsytor

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.

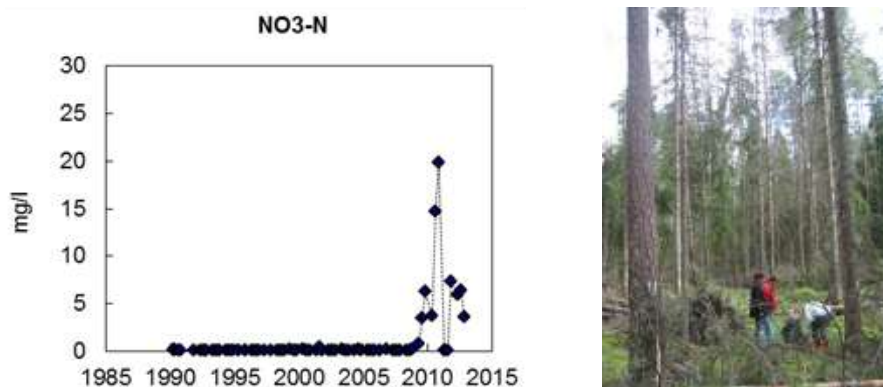
Detaljerade massbalansberäkningar

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 biomassa-uttag 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 provtytor inom Krondropps nätet innebär att relativt ovanliga händelser, t.ex. stormfällan och angrepp av granbarkborre (Figur 25) samt skogsgödsling, ändå inträffar med en viss regelbunden frekvens. Data från sådana extrema händelser inom Krondropps nätet 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 25. 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 uppräta. 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 borrhävar 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 träd tillväxten förhoppningsvis att påvisas tillsammans med inverkan från alla övriga faktorer.

8. Krondropps nätets webbplats

Krondropps nätets 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. 2011. Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952.
- 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.
- Moldan, F. 2011. Swedish NFC Report. I ”Modelling Critical Thresholds and Temporal changes of Geochemistry and Vegetation Diversity (Posch m. fl red.). CCE Status Report 2011. ISBN 978-90-6960-254-7.
- 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. 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.
- 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.

Bilaga 1. Stationsvis redovisning



Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna. För deposition redovisas data som årssumma för hydrologiskt år. För markvattendata visas alla mätningar som genomförts. De tre markvattenprovtagningarna som genomförs varje kalenderår avses representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. Lufthaltsdata redovisas som medelvärde för hydrologiskt år samt för ozon som sommarhalvårsmedelvärde i figurer.

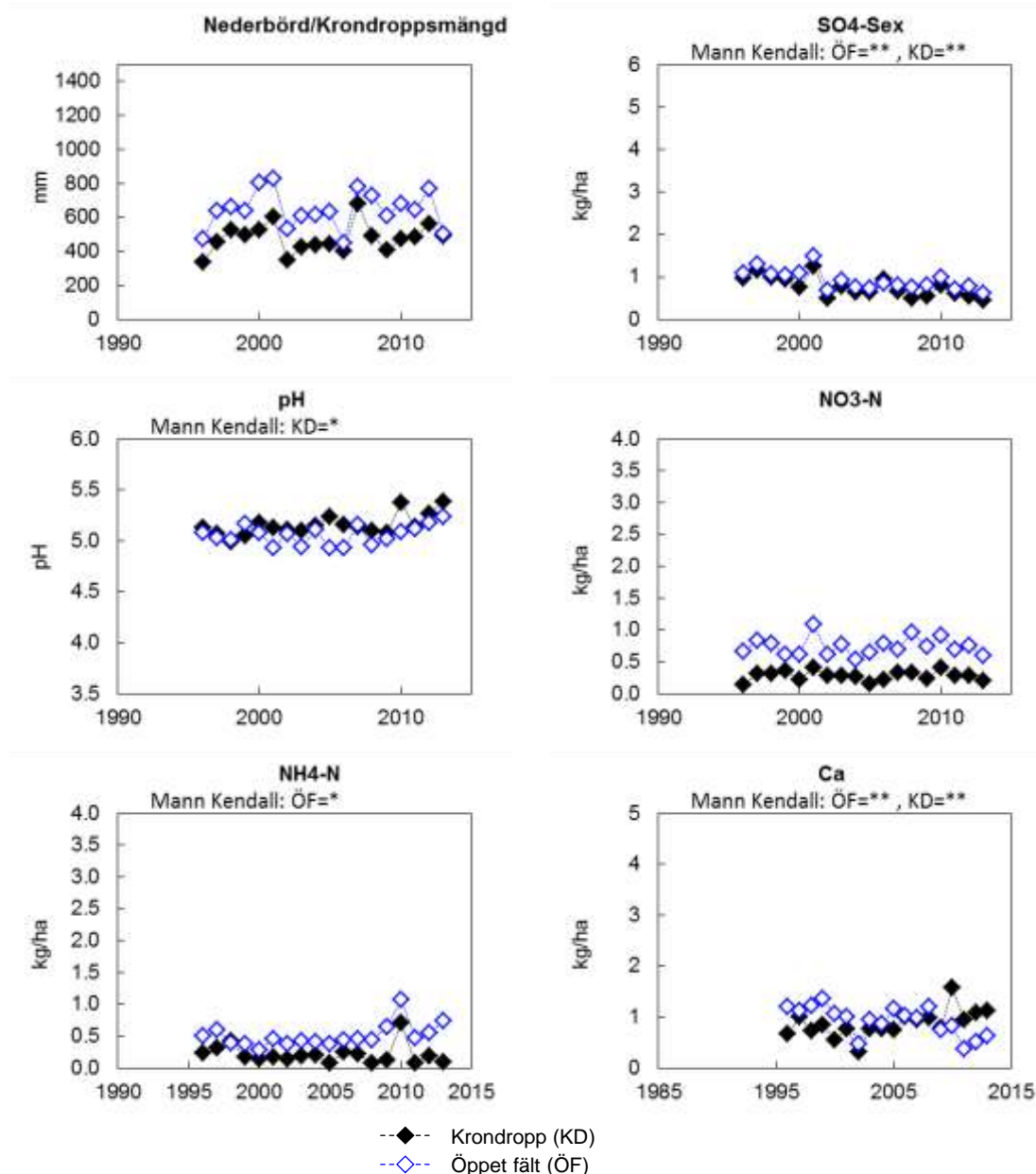
Tabell 1. Aktiva ytor inom Krondroppsnetet i Norra Sverige 2012/13.

Lokal	Trädslag	Öppet fält	Strängprov (sedan 2013)	Krondropp	Markvatten	Hög-Höjd ¹⁾	Lufthalter (SO ₂ , NO ₂ , NH ₃ , O ₃)
Högrännan (AC04)	gran	X		X	X		X
Bäcksjö (AC30)	gran			X	X		
Ammarnäs (AC34)	gran			X	X		
Holmsvatten (AC35)	gran	X		X	X		
Gammelgården (BD01)	tall			X	X		
Myrberg (BD02)	gran	X	X	X	X		X
Nikkaloukta (BD15)		X					X
Palovare (BD16)	tall	X			X		X
Lakamark (Y03)	gran			X	X		
Storulvsjön (Y07)	gran	X	X	X	X		X
Sör-Digertjärnen (Z 04)	tall	X		X	X		
Nymyran (Z05)	gran			X	X		
Hundshögen (Z93)	gran	X		X		X	
Fiskåfjället (Z96)	gran			X		X	
Branten (W92)	gran			X		X	
Fulufjäll (W90)	gran	X		X			

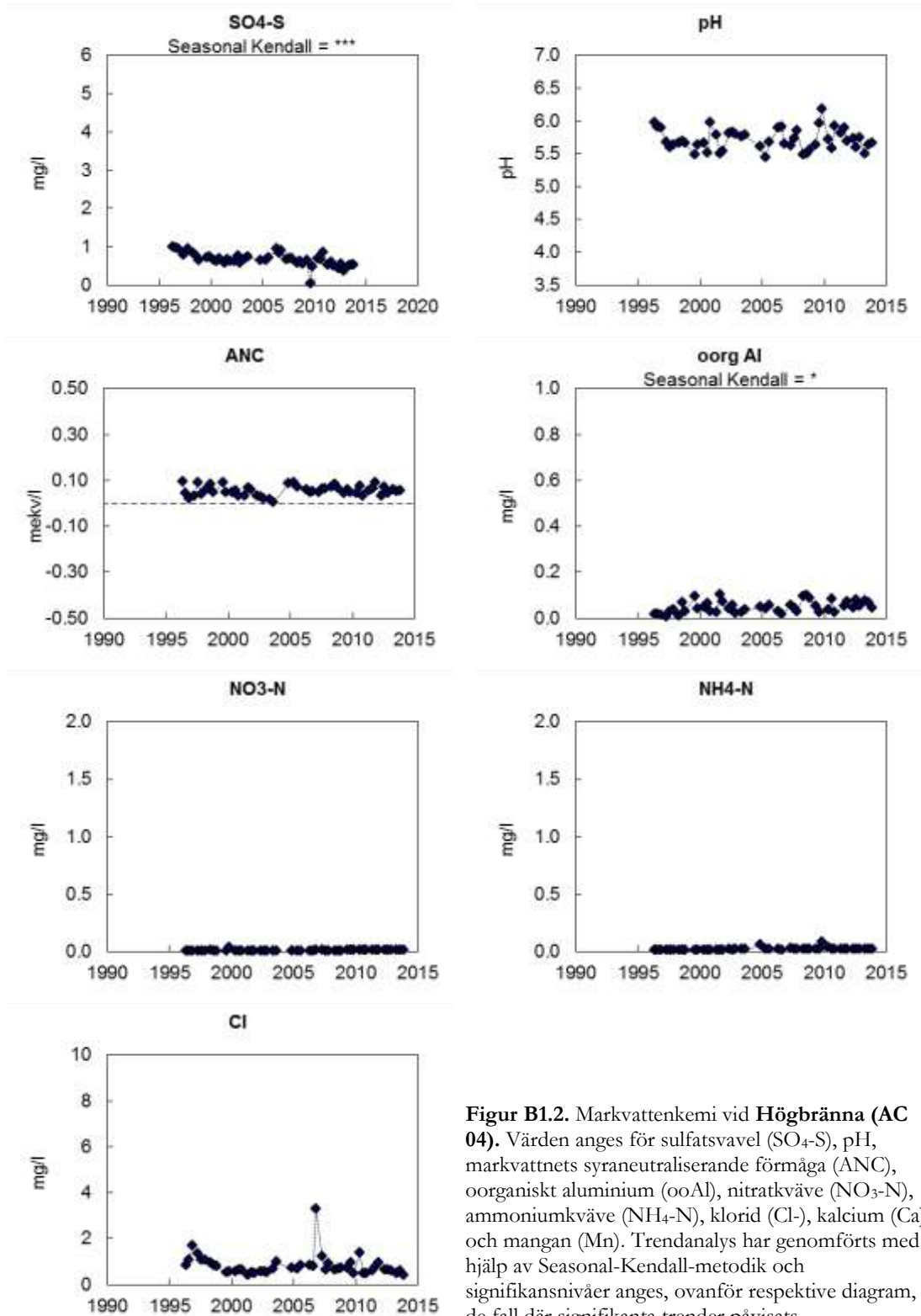
¹⁾Mätning på två höjder på en fjällsluttning.

Västerbottens län

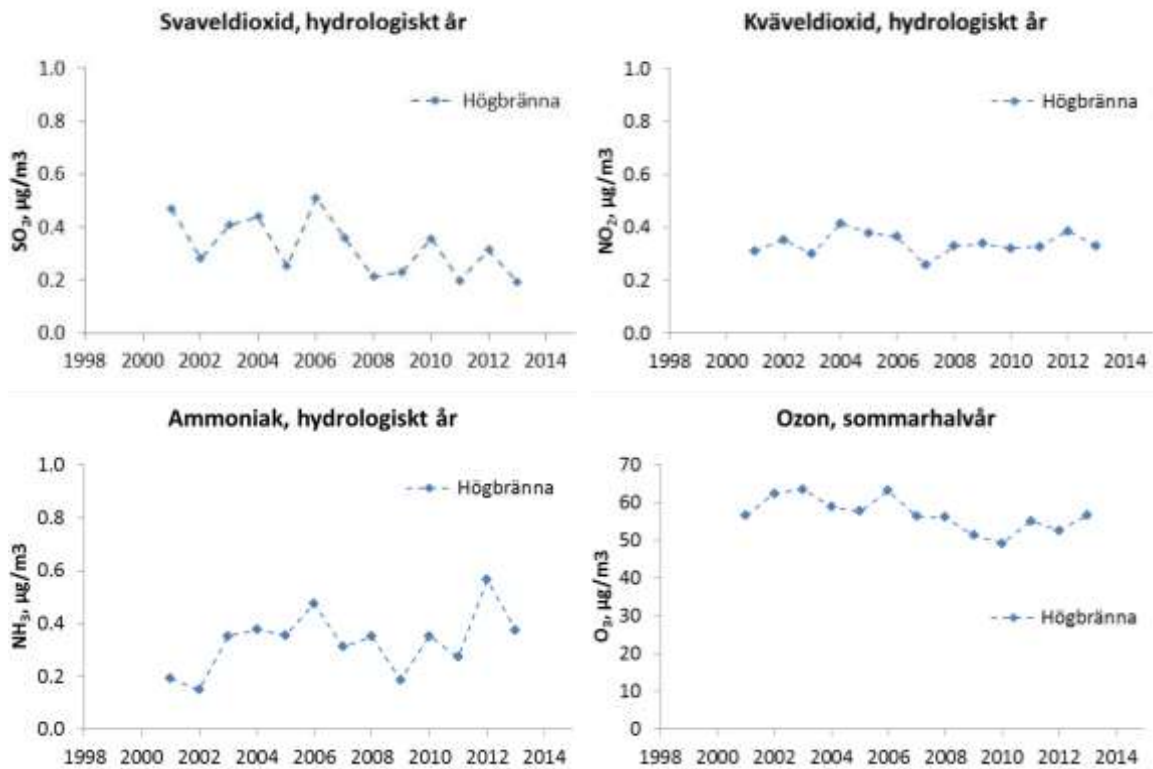
Högbränna (AC 04): Provyta med 97-årig granskog utanför Sorsele med lufthaltsmätningar, depositionsmätningar i skog och på öppet fält, samt mätningar av markvattenkemi i skogsytan. Marken utgörs av sandig-moig morän, jordmånen är järnpodsol och ståndortsindex är G16. Ytan sluttar en aning mot sydväst.



Figur B1.1. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid Högbränna (AC 04). 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 ($\text{SO}_4\text{-S ex}$), pH, nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) och calcium (Ca^{2+}). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1.2. Markvattenkemi vid Högrännan (AC 04). Värden anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), klorid (Cl⁻), kalcium (Ca), och mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

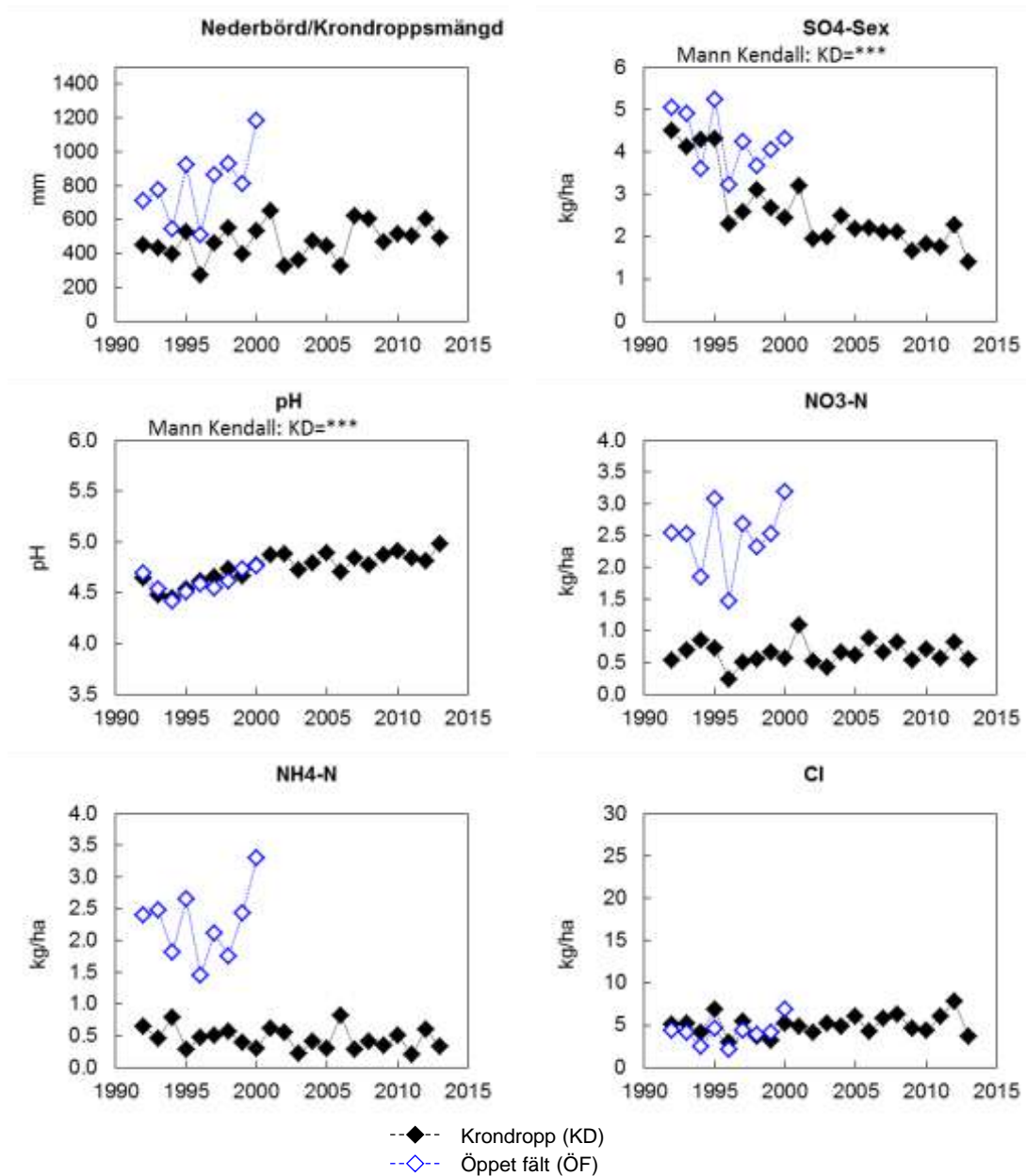


Figur B1.3. Lufthalter vid Högräna (AC 04). Värden anges för svaveldioxid (SO_2), kväveldioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3). Lufthalterna av svaveldioxid som medelvärde för hydrologiskt år har minskat signifikant baserat på Mann-Kendall analys. Även ozonhaltererna som sommarhalvårsmedelvärde har minskat signifikant baserat på Mann-Kendall analys.

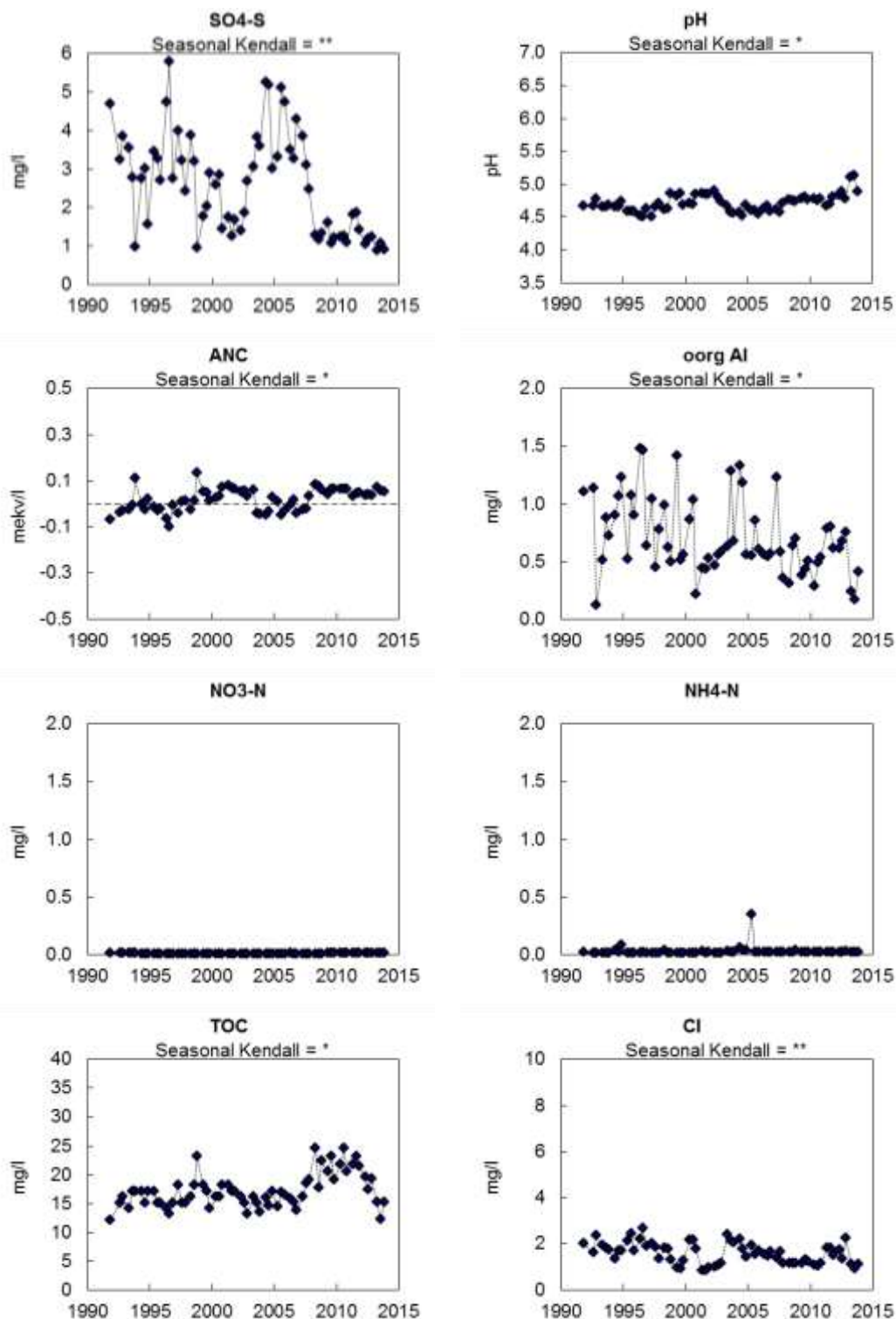
Bäcksjö (AC 30): Ytan i Bäcksjö är en av ytorna med längst mätserie i Norrland. Mätningar startades i maj 1991. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2000. Ytan är bevuxen med i huvudsak gran, men även en del tall och björk och ligger i ett flackt, fuktigt område med vitmossa. Fältskiktet består bl a av blåbär och lingon. Området är dikat. Det finns inga tecken på stormskador.



Fotografi från krondroppsytan vid Bäcksjö

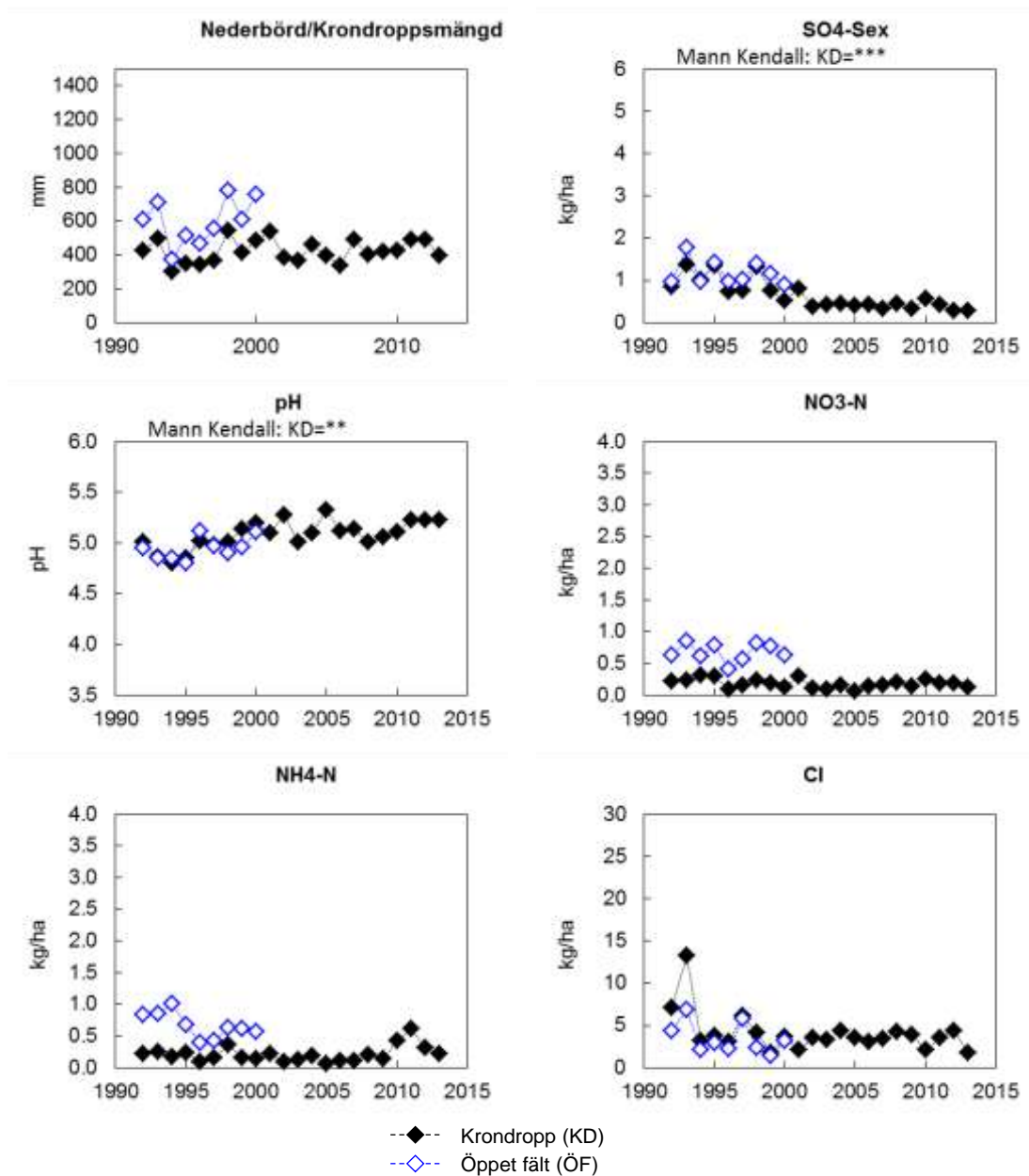


Figur B1.4. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Bäcksjö (AC 30)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), pH, nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

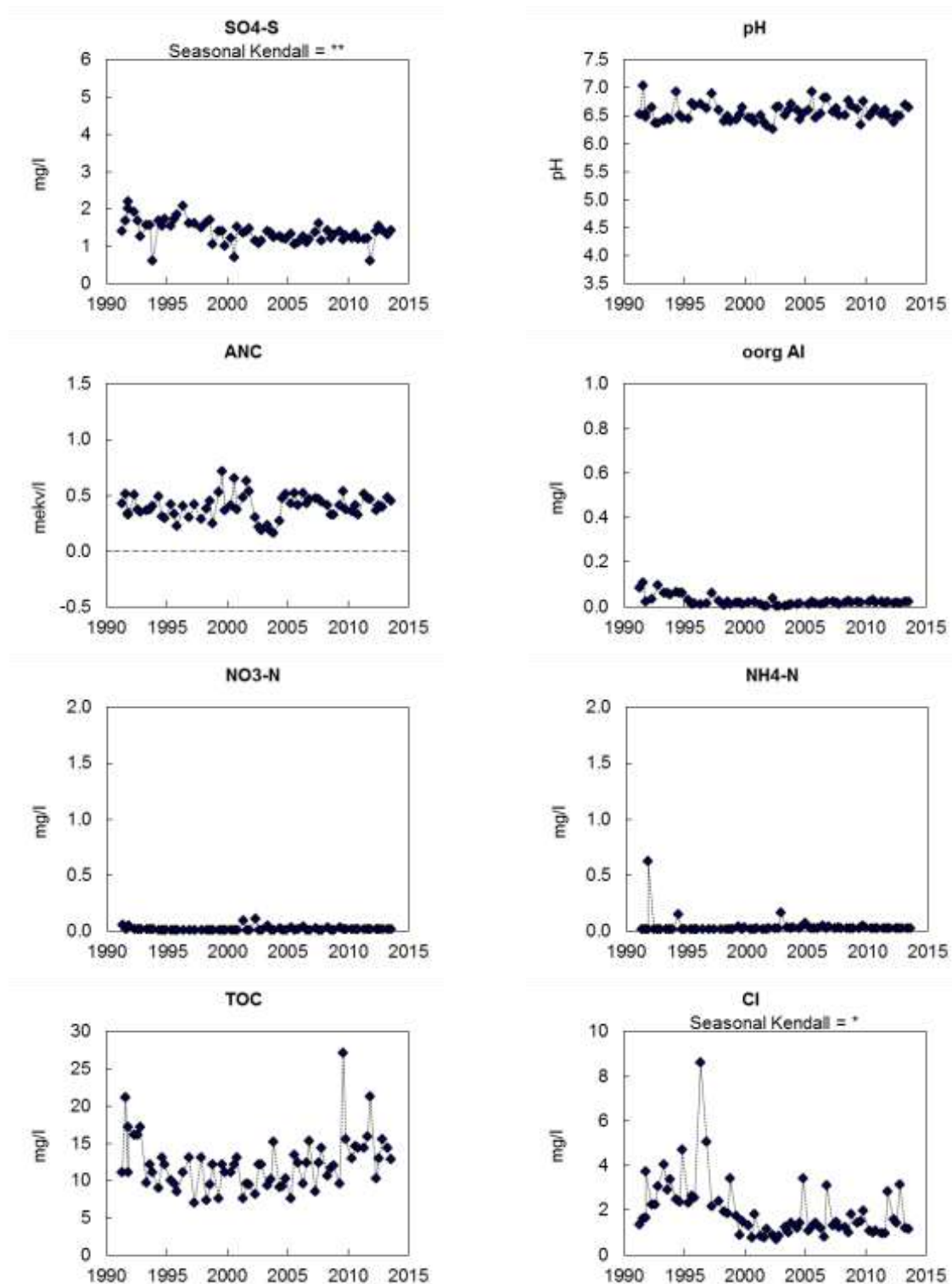


Figur B1.5. Markvattenkemi vid **Bäcksjö (AC 30)**. Värderna anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syranutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), koncentrationen av organiskt material (TOC), samt klorid (Cl). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Ammarnäs (AC 34): Provyta i gammal (>100 år) granskog startad i maj 1991. Från och med 2000/01 görs inga mätningar på öppet fält. Ytan är relativt kuperad och sluttar mot väst. Det finns ett fältskikt av bl a blåbär och lingon. Det finns vissa tecken på stormskador med brutna träd. Marken består av morän och det finns ingen utvecklad podsol.



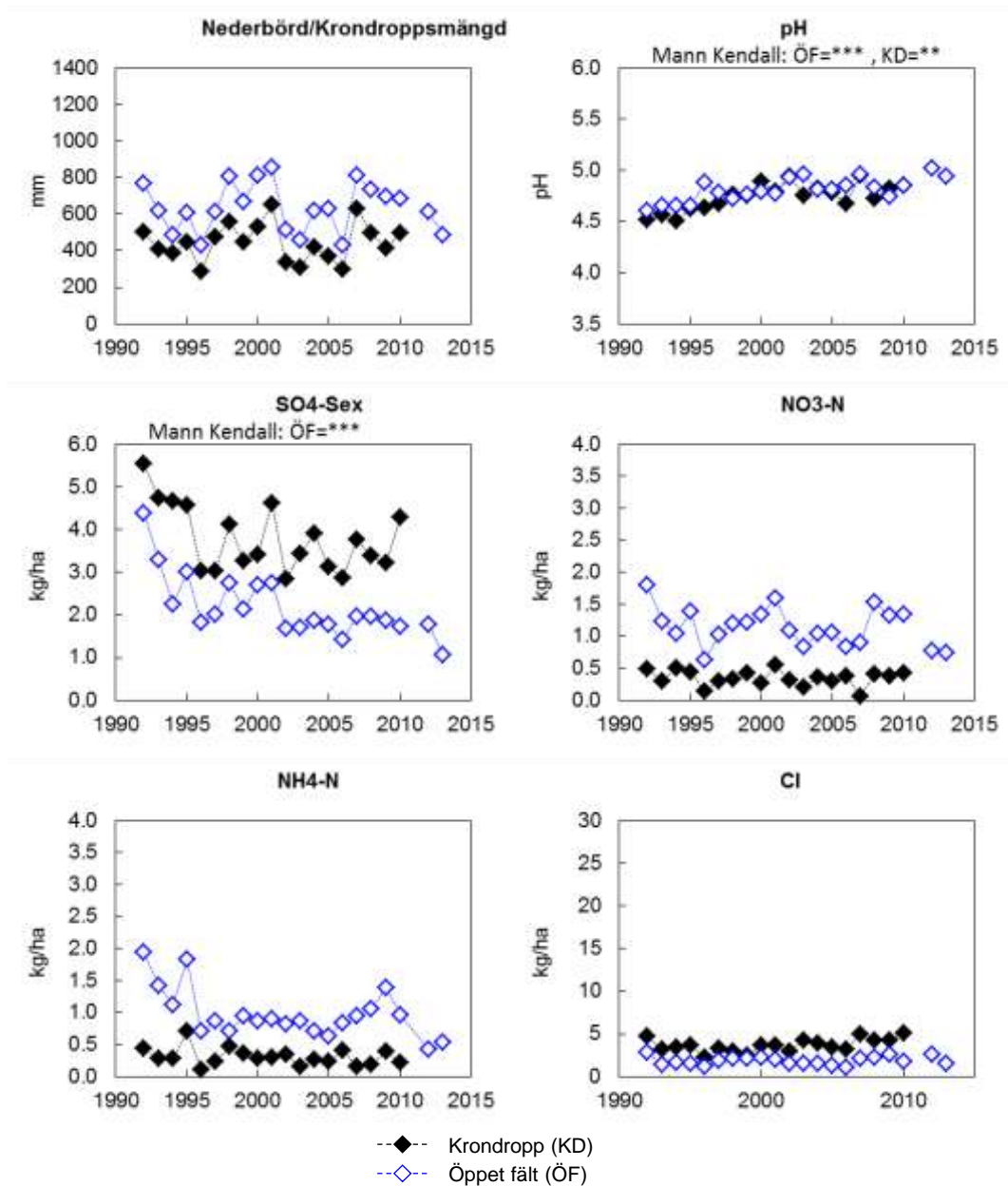
Figur B1.6. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Ammarnäs (AC 34)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), pH, nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1.7. Markvattenkemi vid **Ammarnäs (AC 34)**. Värderna anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), koncentrationen av organiskt material (TOC), samt klorid (Cl^-). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Holmsvattnet (AC 35): Provytan i granskog vid Holmsvattnet, två mil söder om Skellefteå, ingår i kontrollprogrammet för Boliden AB. Depositionsmätningar startade 1992, medan undersökning av markvattenkemi startade 1998. Mätningarna i Holmsvattnet omfattar även nedfall av tungmetaller, vilket redovisas i en separat rapport. Mätningarna påverkades av avverkningar i områden gränsande till provytan under 2002, samt av upprepningar av vindfällen efter en storm i november 2006.

I årets rapport redovisas inga nya resultat för krondroppsmätningar och markvatten under hydrologiska året 2012/13. Detta beror på att krondroppsytan oväntat avverkades under sensvåren 2011. Nya mätningar i krondropp och i markvatten startades under hösten 2013, varför dessa mätningar redovisas i nästa årsrapport. Mätningarna över öppet fält påverkades även av stoppet, men kom igång igen under sensvåren 2011.



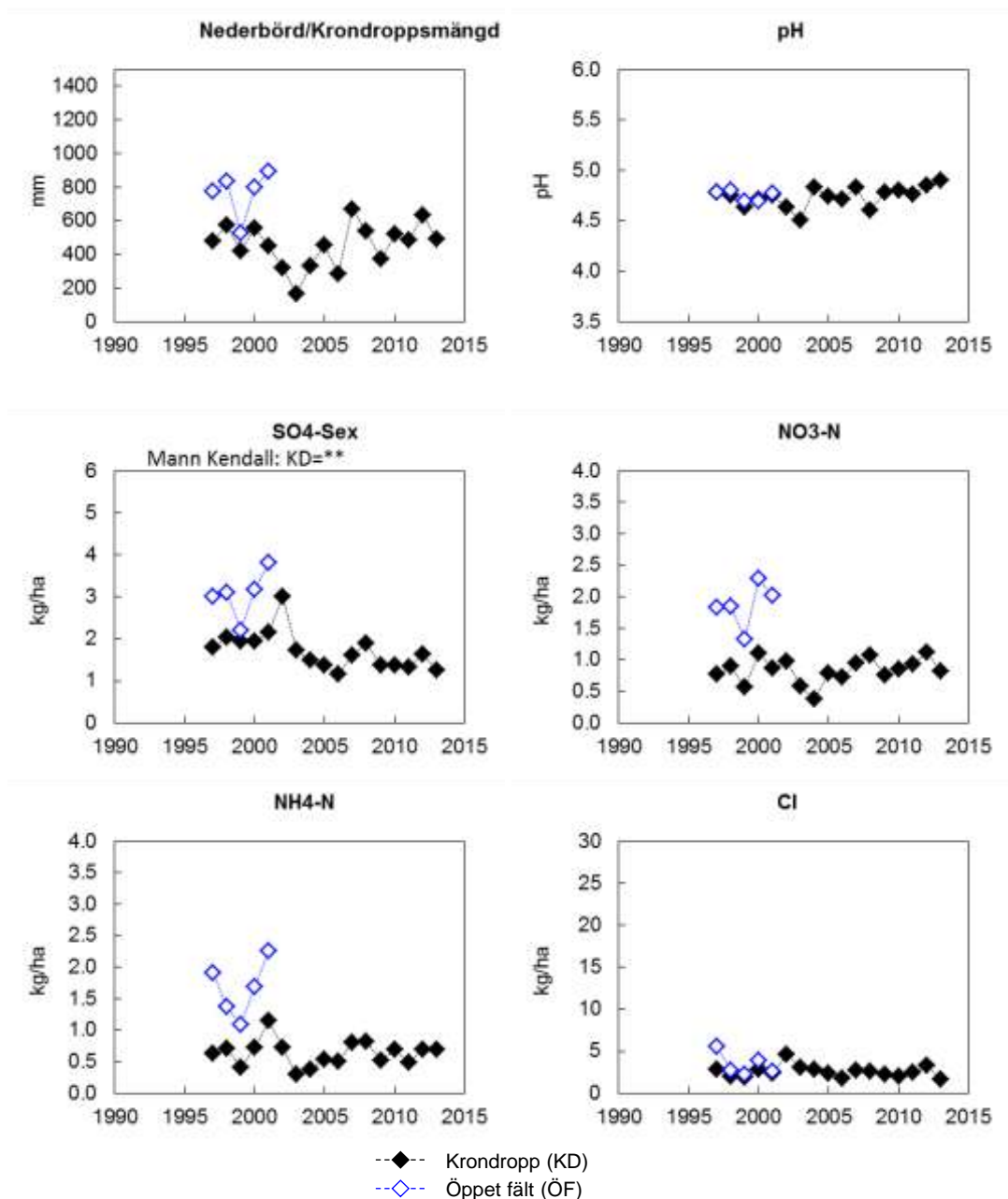
Figur B1.8. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp i granskog och på öppet fält vid Holmsvattnet (AC 35). I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Norrbottnens län

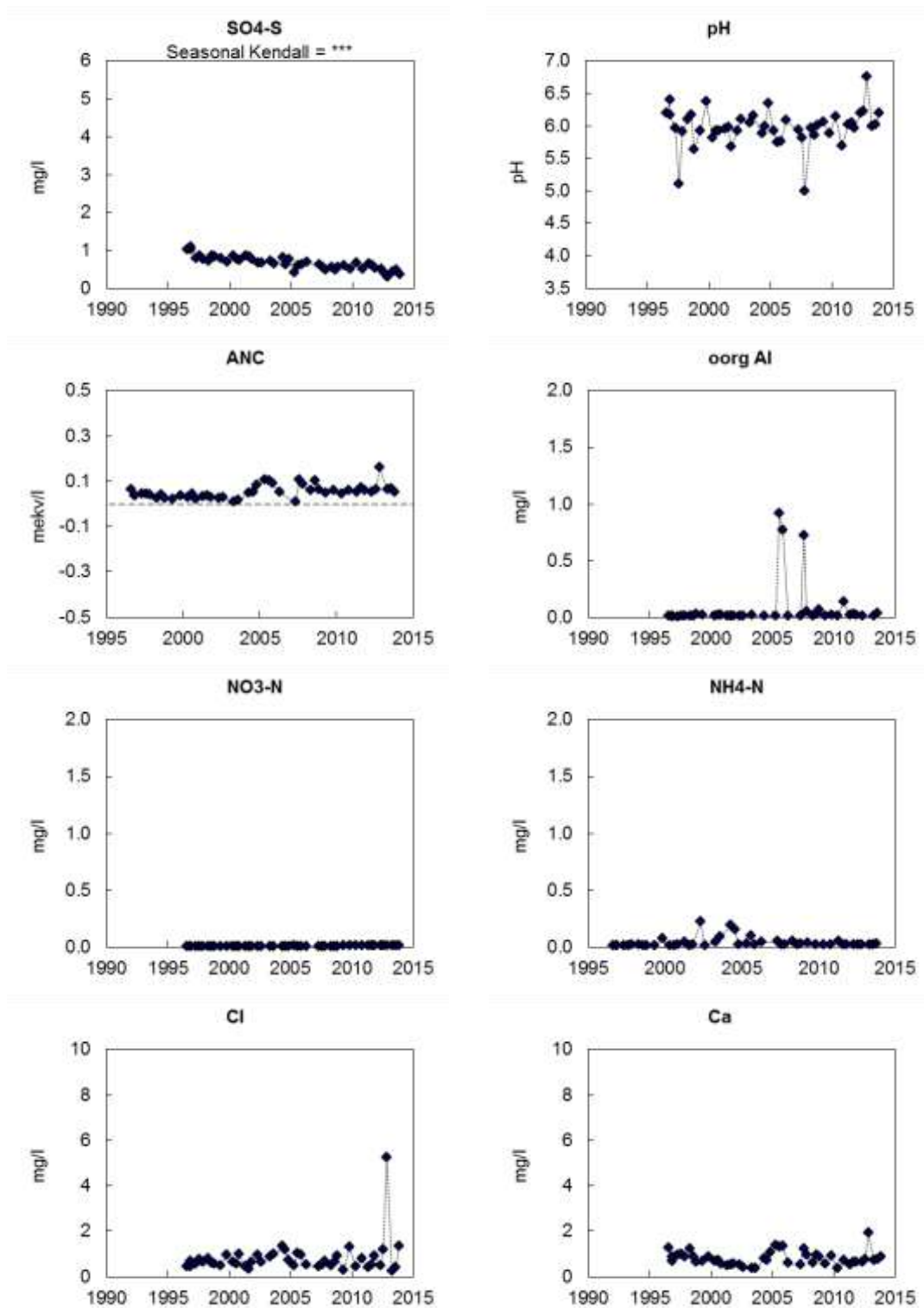
Gammelgården (BD 01): Provyta norr om Kalix med 77-årig tallskog och ståndortsindex T18. Tallskogen är relativt gles och ca 20 m hög. Jordmånen är en relativt välutvecklad podsol. Inga tecken på stormskador. Fältskitet består bl a av blåbär, lingon samt skvattram. Mätning av deposition och markvatten startade januari 1996. Nederbördskemiska mätningar avslutades i december 2001.



Fotografi av krondroppsytan vid Gammelgården



Figur B1.10. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid Gammelgården (BD 01). I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

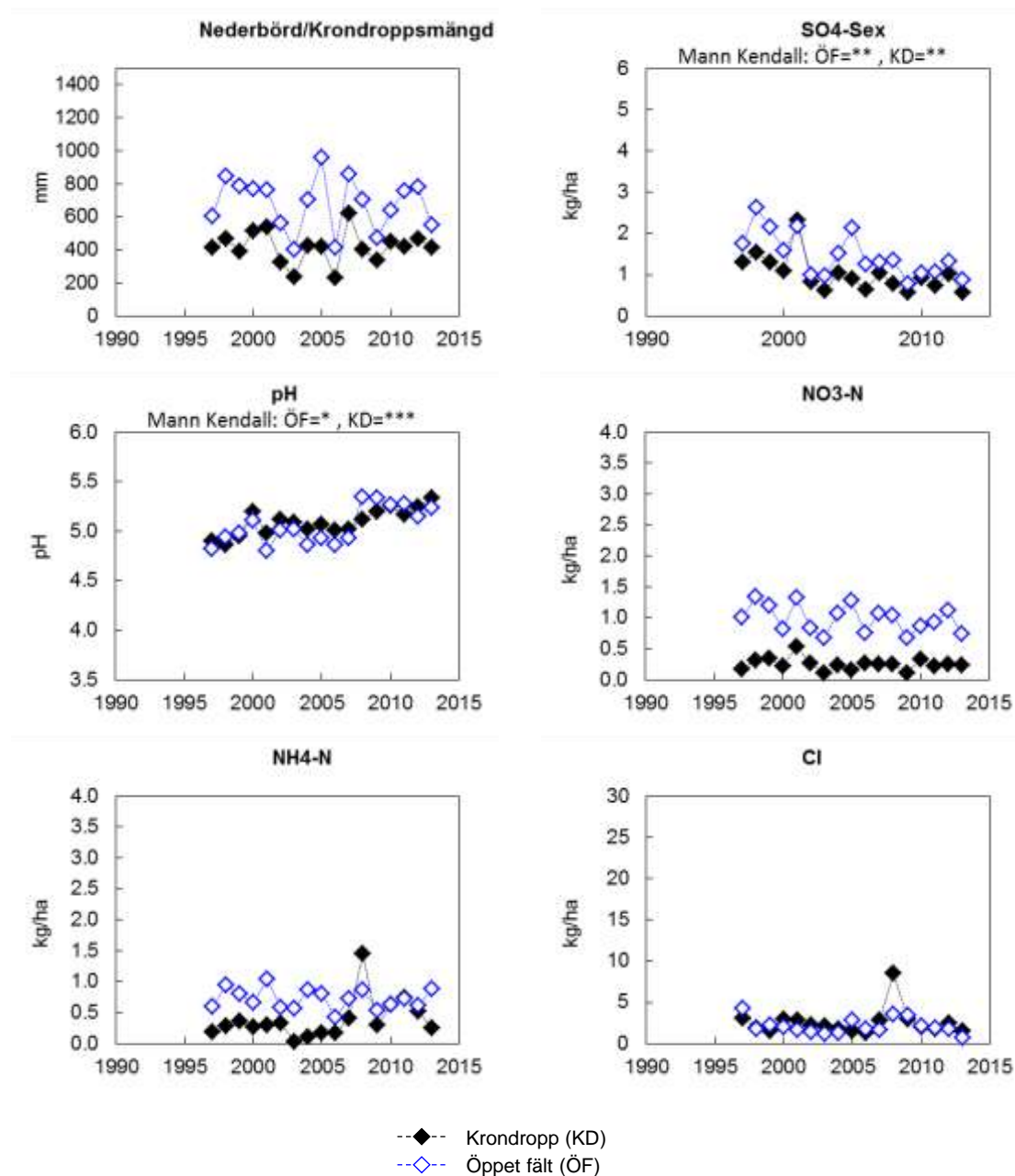


Figur B1.11. Markvattenkemi vid **Gammelgården (BD 01)**. Värden anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), klorid (Cl-) samt kalcium (Ca). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

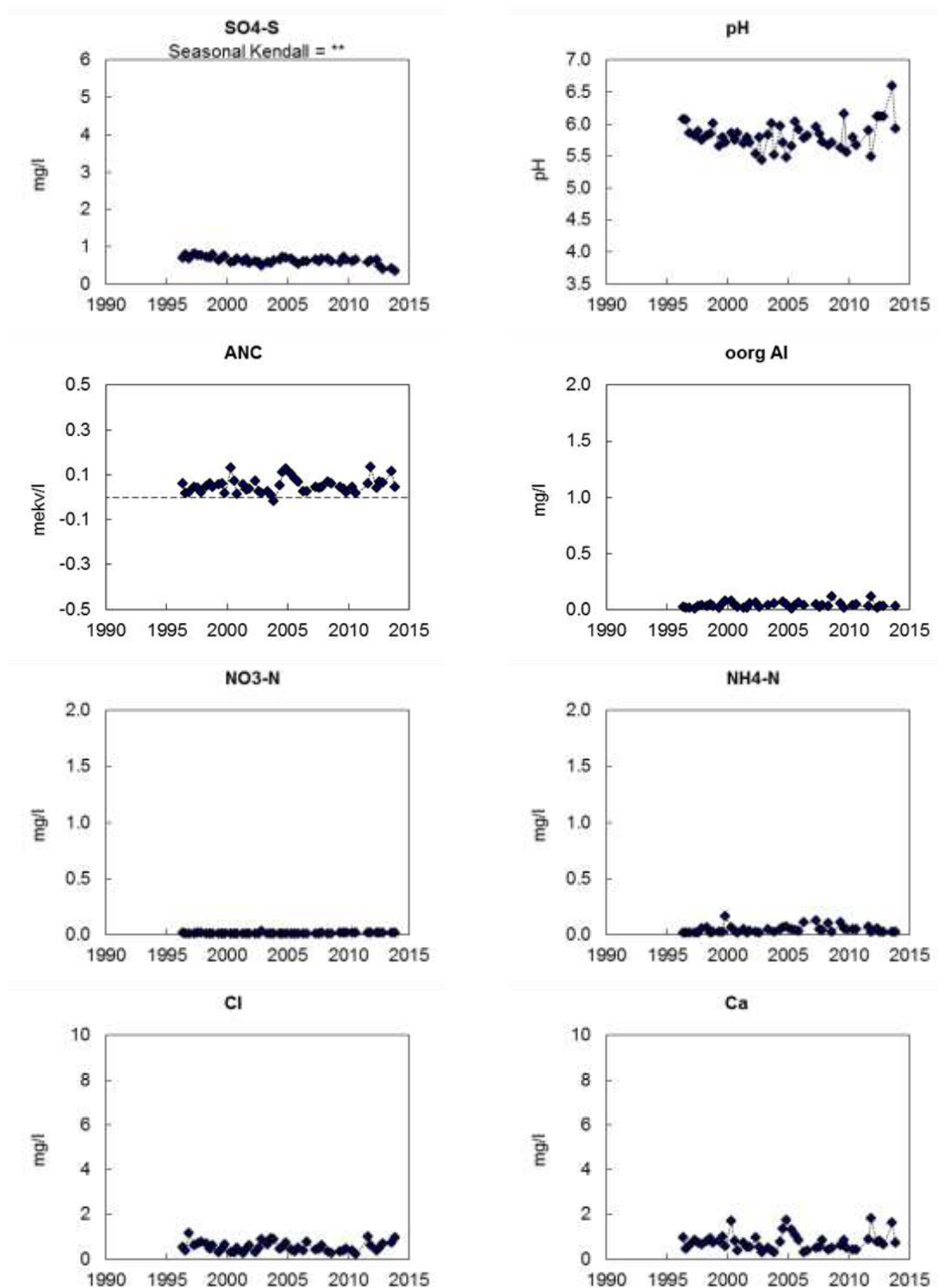
Myrberg (BD 02): Ytan ligger cirka 3 mil nordväst om Luleå. Beståndet utgörs av 106-årig granskog med låg bonitet, ståndortsindex G15. Ytan sluttar något mot nordost. Inga tecken på gallring. Några nedblåsta träd. Trädens höjd ligger runt 15-20 m. Fältskiktet består bl a av blåbär, lingon samt kruståtel. Liksom i Gammalgården startade mätning av deposition och markvatten 1996.



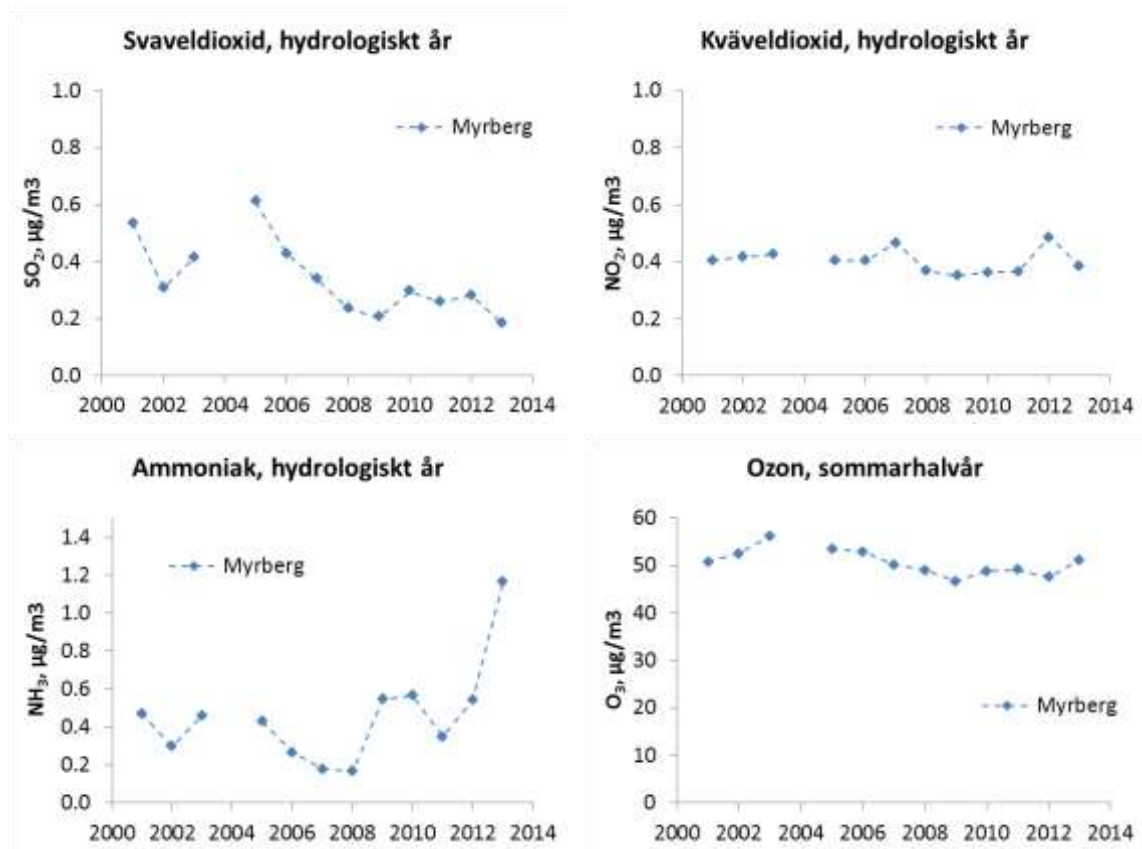
Fotografier av krondroppsytan vid Myrberg



Figur B1.12. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Myrberg (BD 02)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1.13. Markvattenkemi vid **Myrberg (BD 02)**. Värden anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syranutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), klorid (Cl) samt kalcium (Ca). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



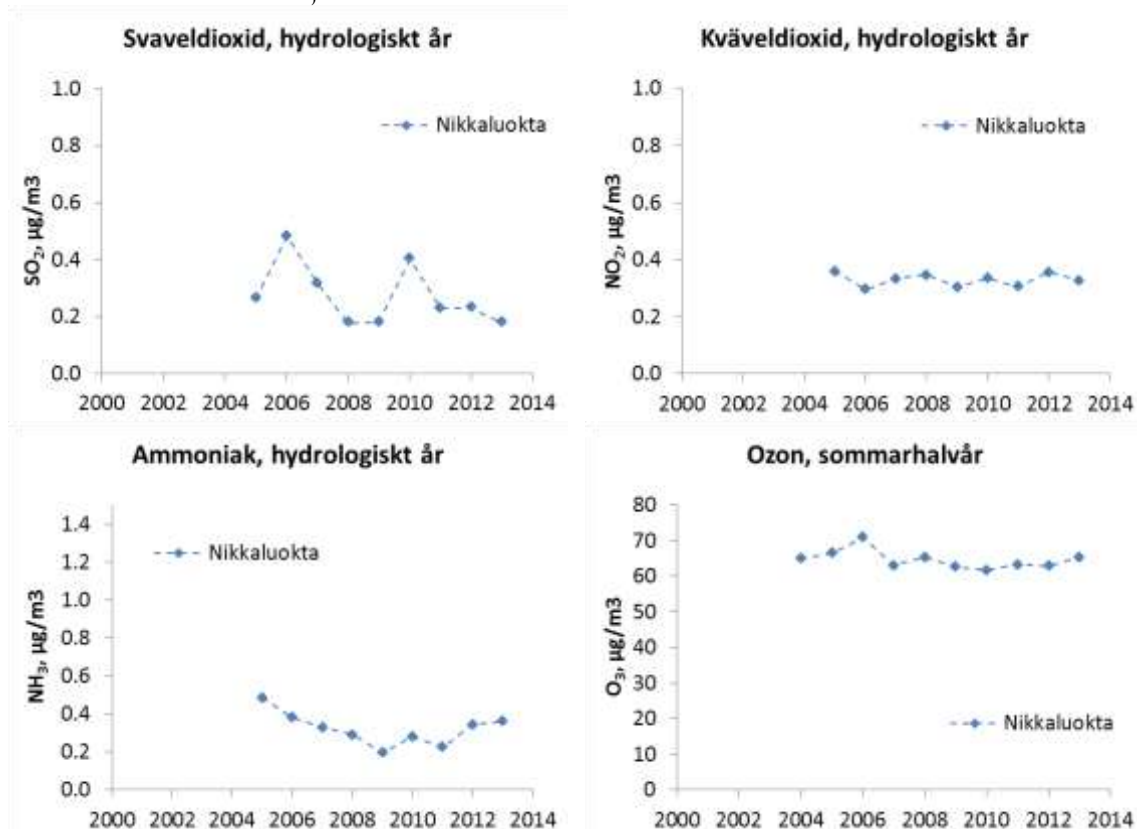
Figur B1.14. Lufthalter vid Myrberg (BD 02). Värden anges för svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och ozon (O₃). Lufthalterna av svaveldioxid som medelvärde för hydrologiskt år har minskat signifikant baserat på Mann-Kendall analys.

Nikkaluokta (BD15)

Tabell 1. Månadsvärden för depositionen på öppet fält vid **Nikkaluokta (BD 15)**. I tabellen visas uppmätt nederbörd över öppet fält, uttryckt som mm samt pH. Deposition månadsvis redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), klorid (Cl), nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N). Mätningarna inom Krondropps nätet startade i juli 2012.

År	Nb_(mm)	pH	SO4_Sex_g/ha	Cl_g/ha	NO3-N g/ha	NH4-N g/ha
2012-10	50	5.46	24	26	22	12
2012-11	20	5.19	14	66	29	11
2012-12	16	4.69	39	36	35	13
2013-01	31	5.12	8	169	37	14
2013-02	16	5.33	14	91	26	6
2013-03	1	6.2	4	26	3	1
2013-04	5	5.14	11	29	13	6
2013-05	43	5.41	54	72	49	58
2013-06	66	5.97	181	77	102	274
2013-07	64	5.37	66	75	54	41
2013-08	34	5.36	44	44	44	19
2013-09	40	5.34	46	50	23	16

Lufthalter av svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och marknära ozon (O₃) har mätts i Nikkaluokta sedan januari 2004.



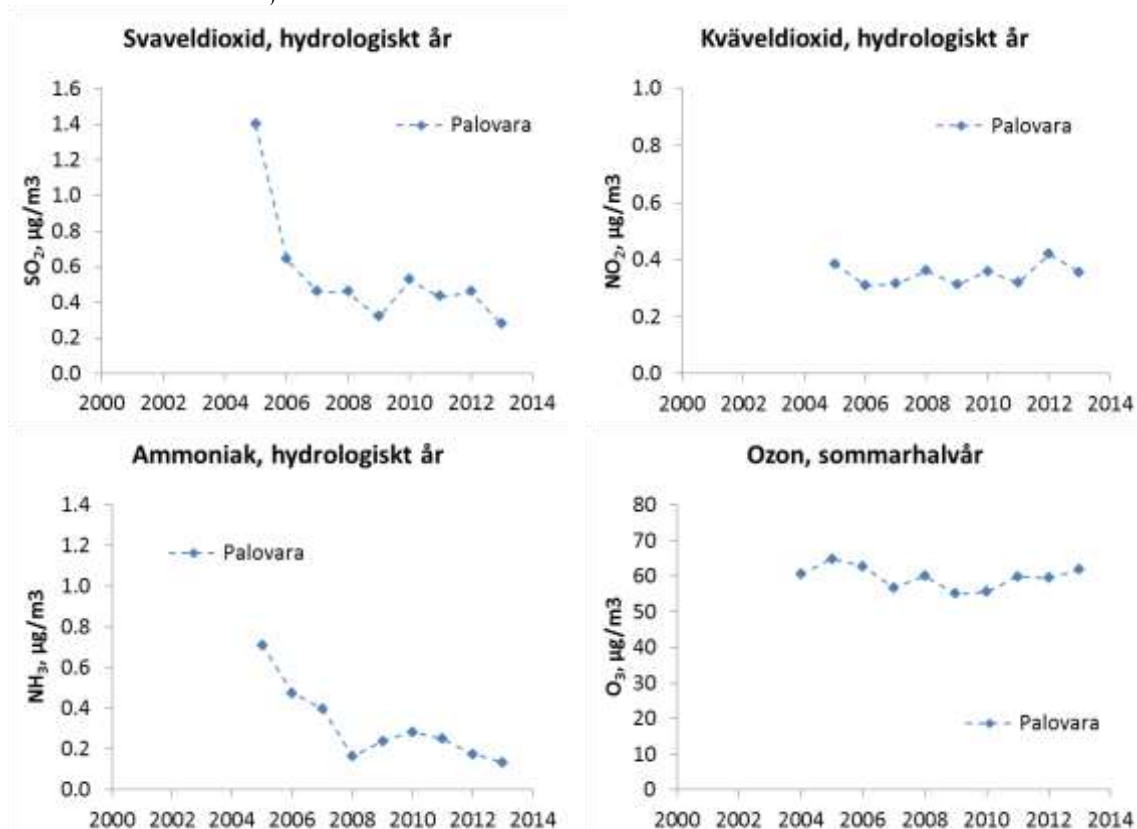
Figur B1.15. Lufthalter vid Nikkaluokta (BD 15). Värden anges för svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och ozon (O₃). Inga lufthalterna vid Nikkaluokta visar på någon statistiskt signifikant förändring baserat på Mann-Kendall analys.

Palovara (BD16)

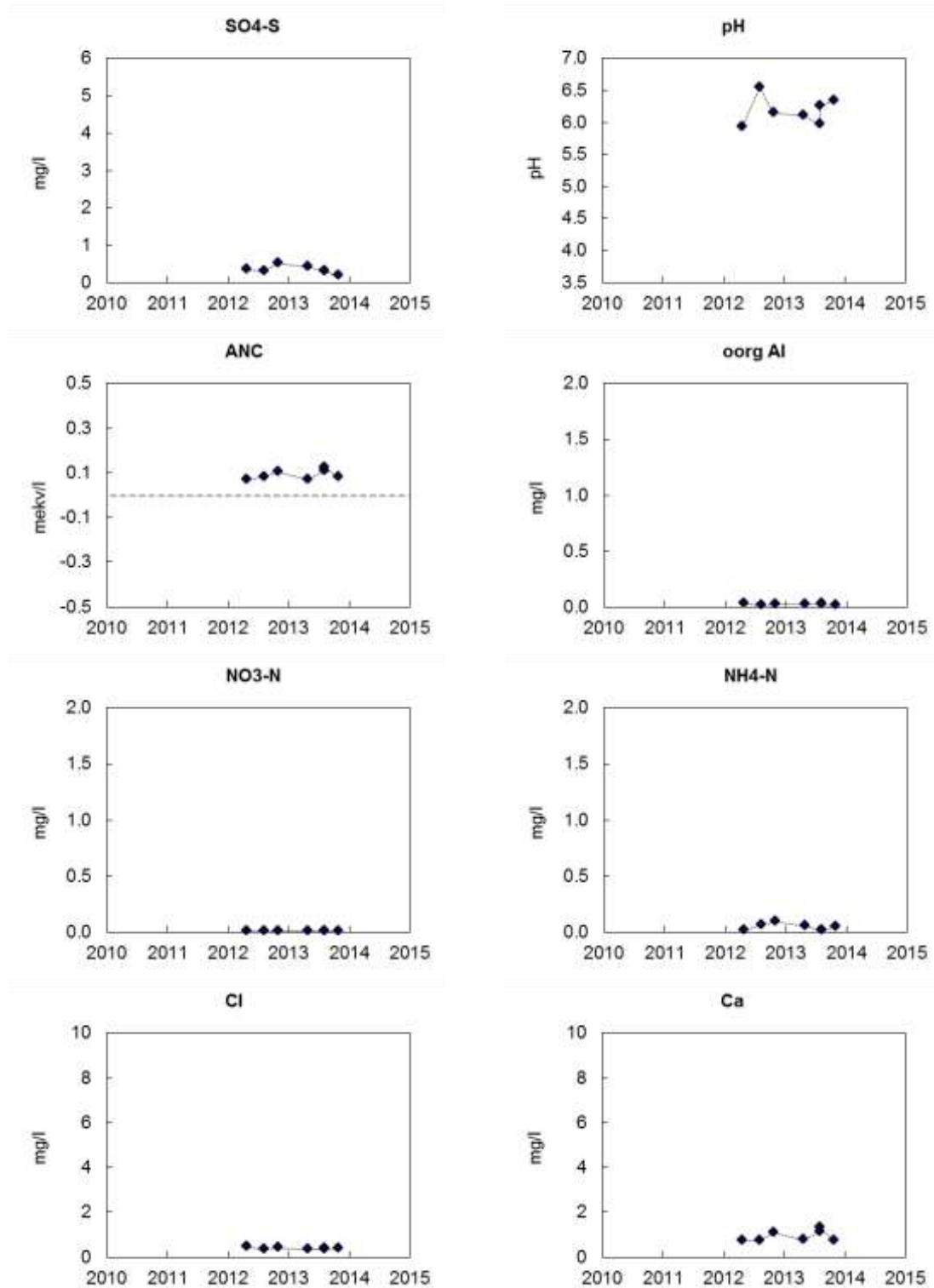
Tabell 1. Månadsvärden för depositionen på öppet fält vid **Palovara (BD 16)**. I tabellen visas uppmätt nederbörd över öppet fält, uttryckt som mm samt pH. Deposition månadsvis redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), klorid (Cl), nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N). Mätningarna inom Krondropps nätet startade i juli 2012.

År	Nb_(mm)	pH	SO4_Sex_g/ha	Cl_g/ha	NO3-N g/ha	NH4-N g/ha
2012-10	50	6.15	45	100	23	27
2012-11	66	5.13	52	97	78	29
2012-12	12	4.74	38	40	38	12
2013-01	23	5.12	17	65	31	9
2013-02	12	5.25	17	83	21	11
2013-03	3	5.65	4	45	8	2
2013-04	21	5.32	35	47	31	28
2013-05	24	5.37	71	50	39	44
2013-06	46	4.86	231	101	68	81
2013-07	31	4.97	52	61	36	26
2013-08	51	4.9	108	49	63	30
2013-09	17	4.82	52	99	18	17

Lufthalter av svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och marknära ozon (O₃) har mätts i Palovara sedan januari 2004.



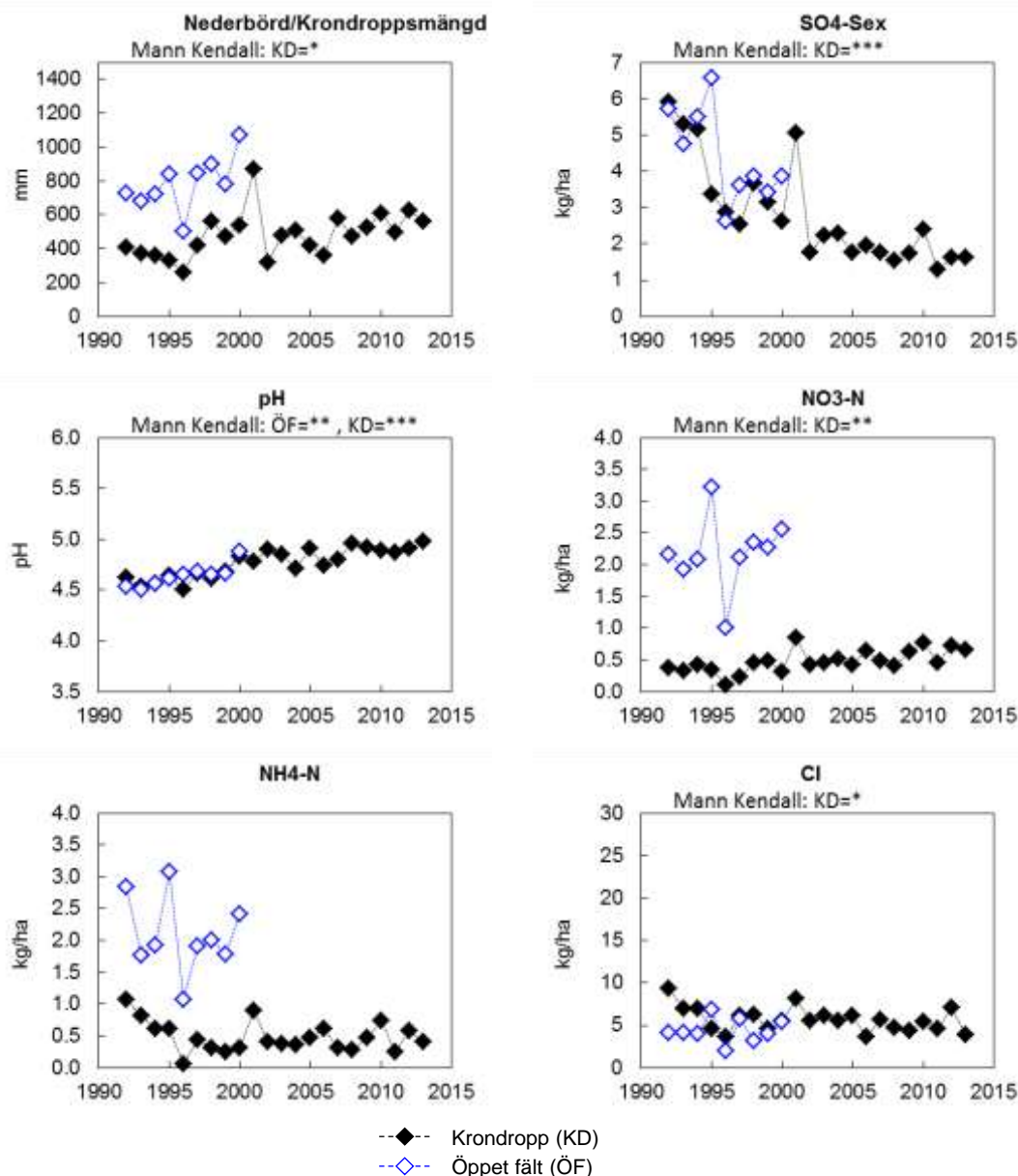
Figur B1.16. Lufthalter vid **Palovara (BD 16)**. Värden anges för svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och ozon (O₃). Nedgången av svaveldioxid- och ammoniumhalter som medelvärde över hydrologiska år vid Palovara är statistiskt säkerställda genom Mann-Kendall analys.



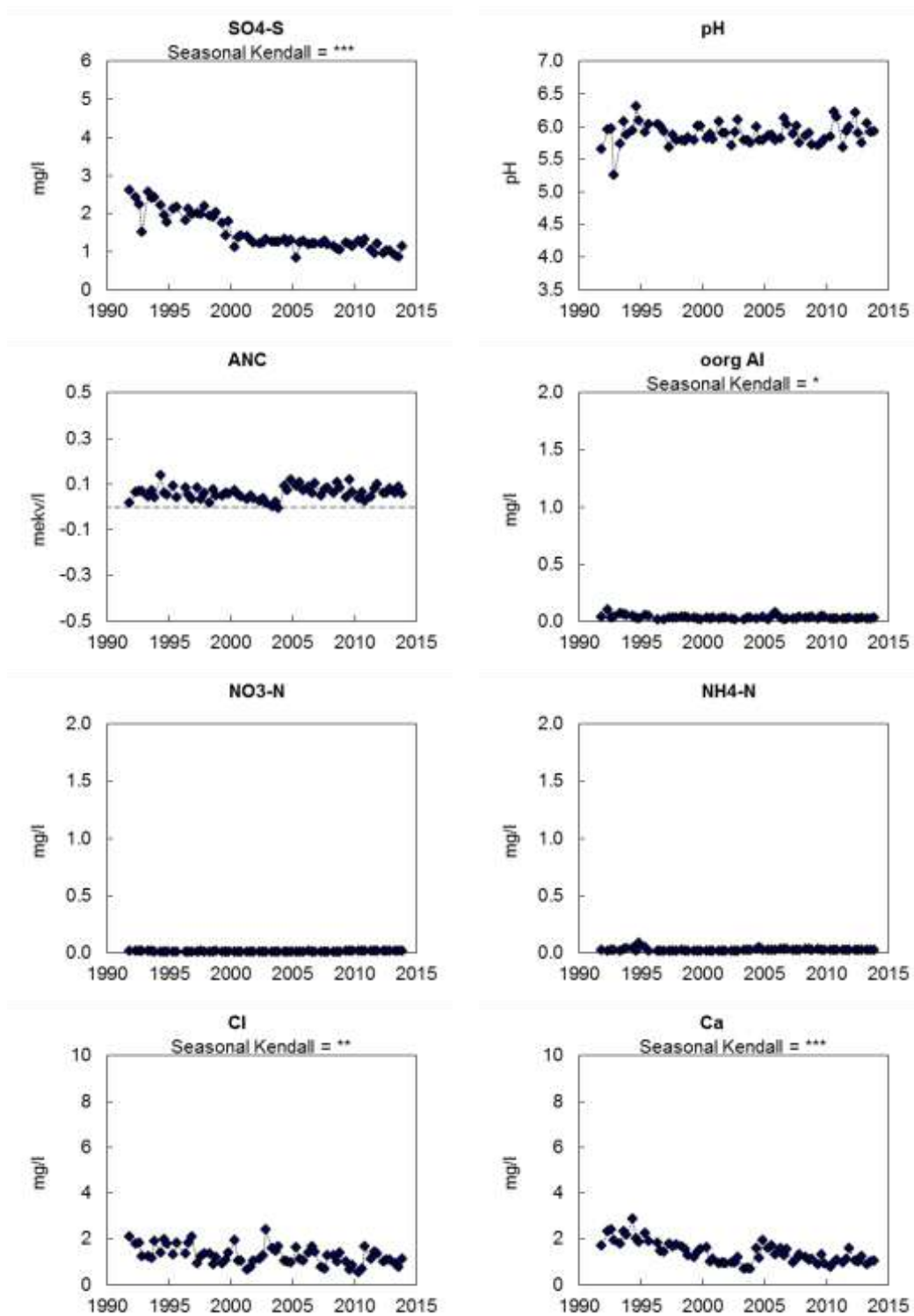
Figur B1.13. Markvattenkemi vid **Palovare (BD 16)**. Värden anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), klorid (Cl) samt kalcium (Ca). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Västernorrlands län

Lakamark (Y 03): 80-årig granskog på svagt sluttande, något sank mark. Mätning av deposition och markvatten startade 1991. Nederbörds-kemiska mätningar avslutades i december 2000. Ytan ligger i ett område som sedan 2007 är naturreservat, därför ligger många döda träd kvar på ytan.



Figur B1.17. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Lakamark (Y 03)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

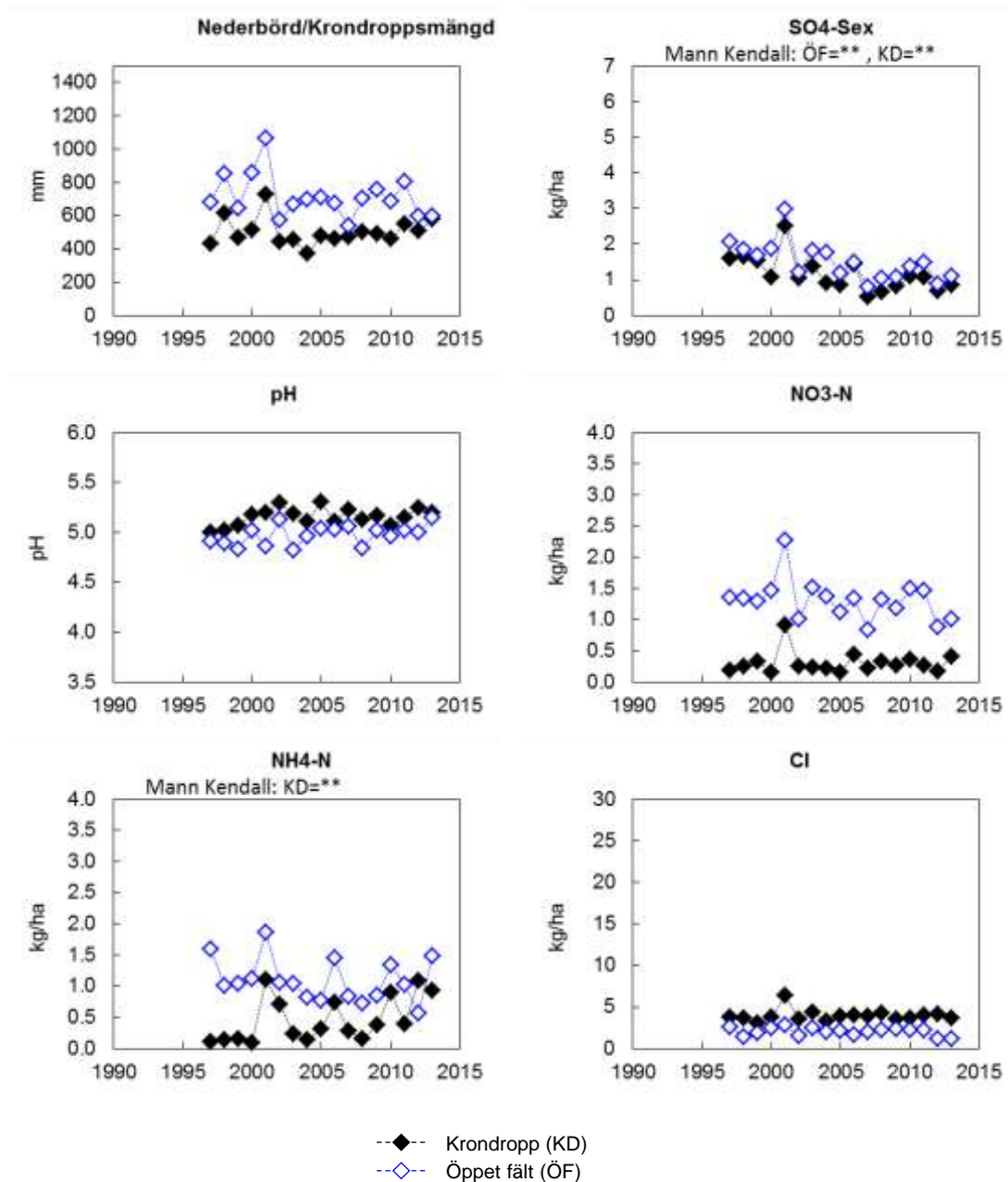


Figur B1.18. Markvattenkemi vid Lakamark (Y 03). Värden anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syranutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), klorid (Cl) samt kalcium (Ca). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

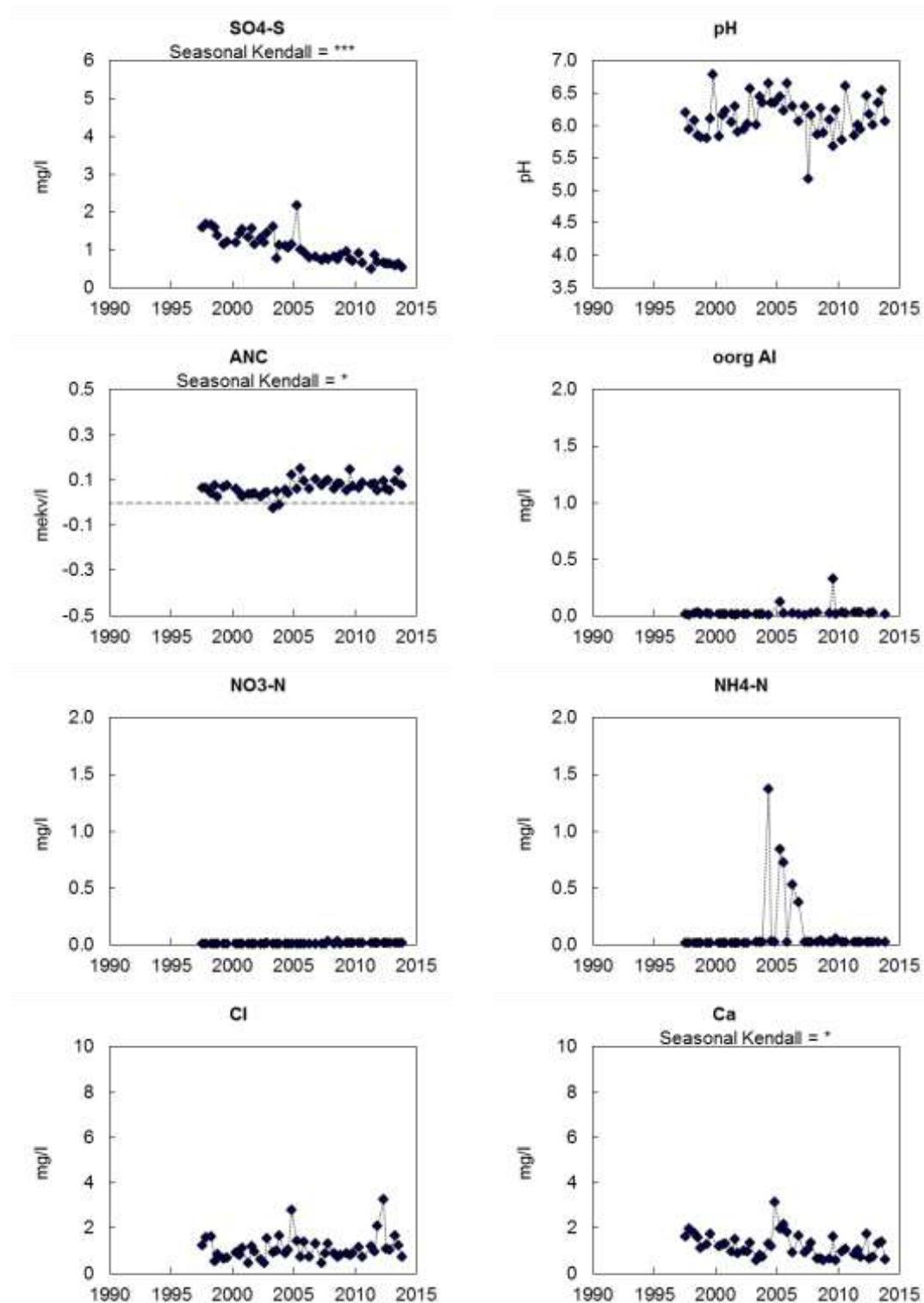
Storulvsjön (Y 07): Ytan utgörs av 80-årig granskog med ståndortsindex G20. Mätning av deposition och markvatten startade hösten 1996. Oktober 2008 flyttades provtagaren på öppet fält ca 1 km till en öppen myr. Tidigare plats hade kommit för nära skogskanten. Inga tecken på stormskador. Mossövernäxta rester från gammal gallring.



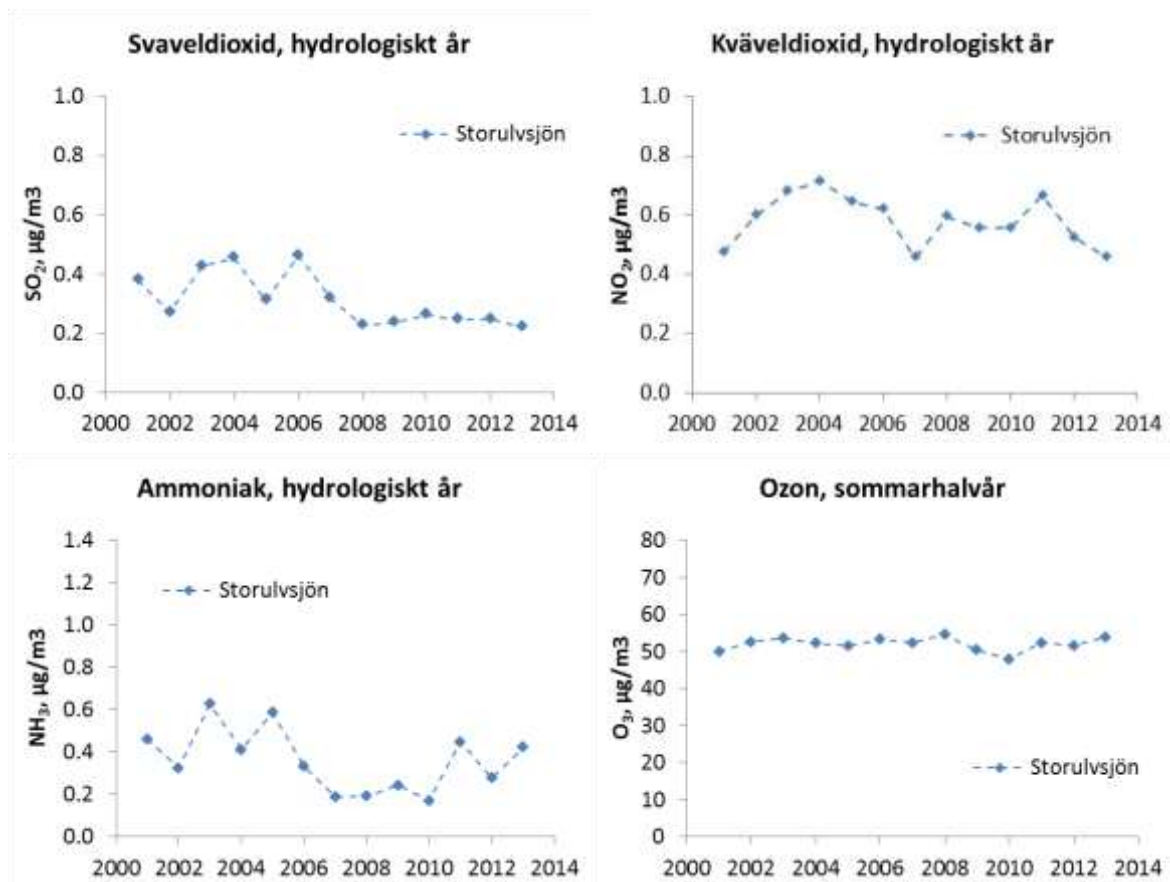
Fotografi av krondroppsytan vid Storulvsjön.



Figur B1.19. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid Storulvsjön (Y 07). I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1.20. Markvattenkemi vid Storulvsjön (Y 07). Värden anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), klorid (Cl) samt kalcium (Ca). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur B1.21. Lufthalter vid Storulvsjön (Y 07). Värderna anges för svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3). Lufthalterna av svaveldioxid som medelvärde för hydrologiskt år har minskat signifikant baserat på Mann-Kendall analys.

Jämtlands län

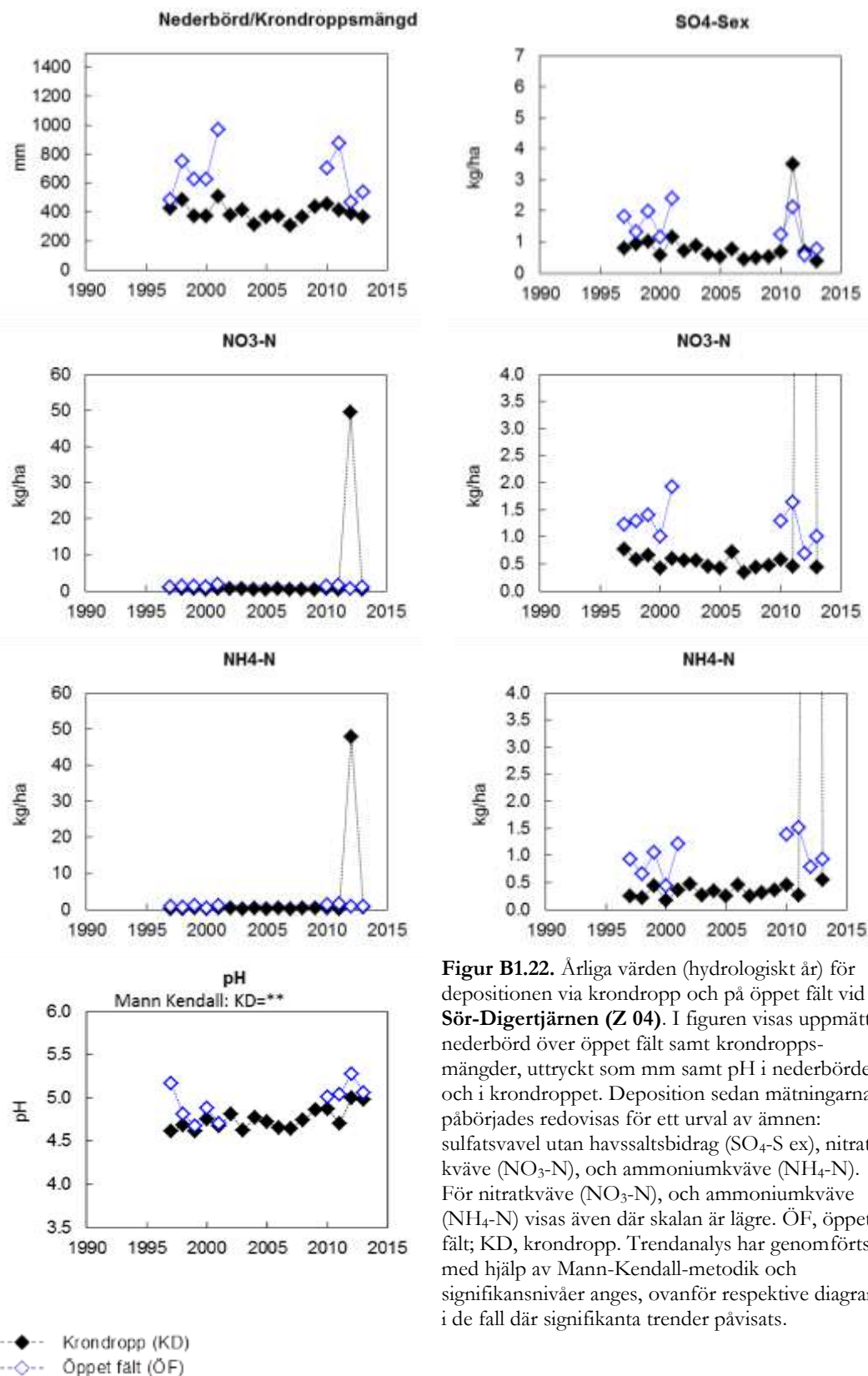
Sör-Digertjärnen (Z 04): Yta med 101-årig tallskog i södra delen av Jämtlands län. Jordarten är sandig-moig morän och boniteten låg; T16. Ytan ligger i en sluttning mot väst, mot en närliggande tjärn. Mätning av deposition och markvatten påbörjades hösten 1996. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001. Det relativt höga värdet för nedfall av sulfatsvavel under hydrologiska året 2011 beror på två höga värden i oktober och november 2010. Sör-Digertjärn, gödslades i juni 2012 med 150 kg N/ha, mer info om detta i kapitel 6 i denna rapport.



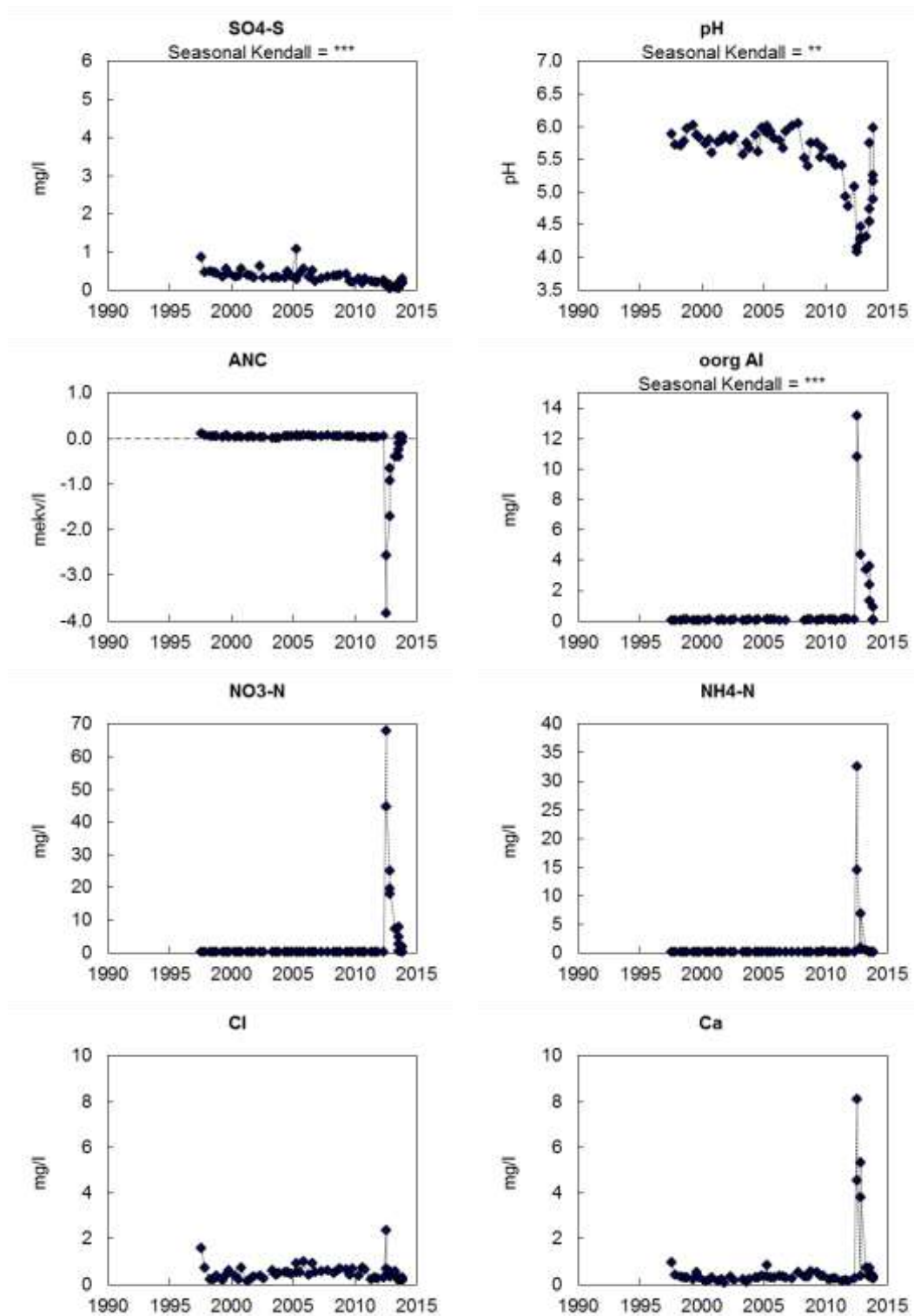
Foto från krondroppsytan vid Sör-Digertjärn



Foto över mätningarna över öppet fält i Sör-Digertjärn

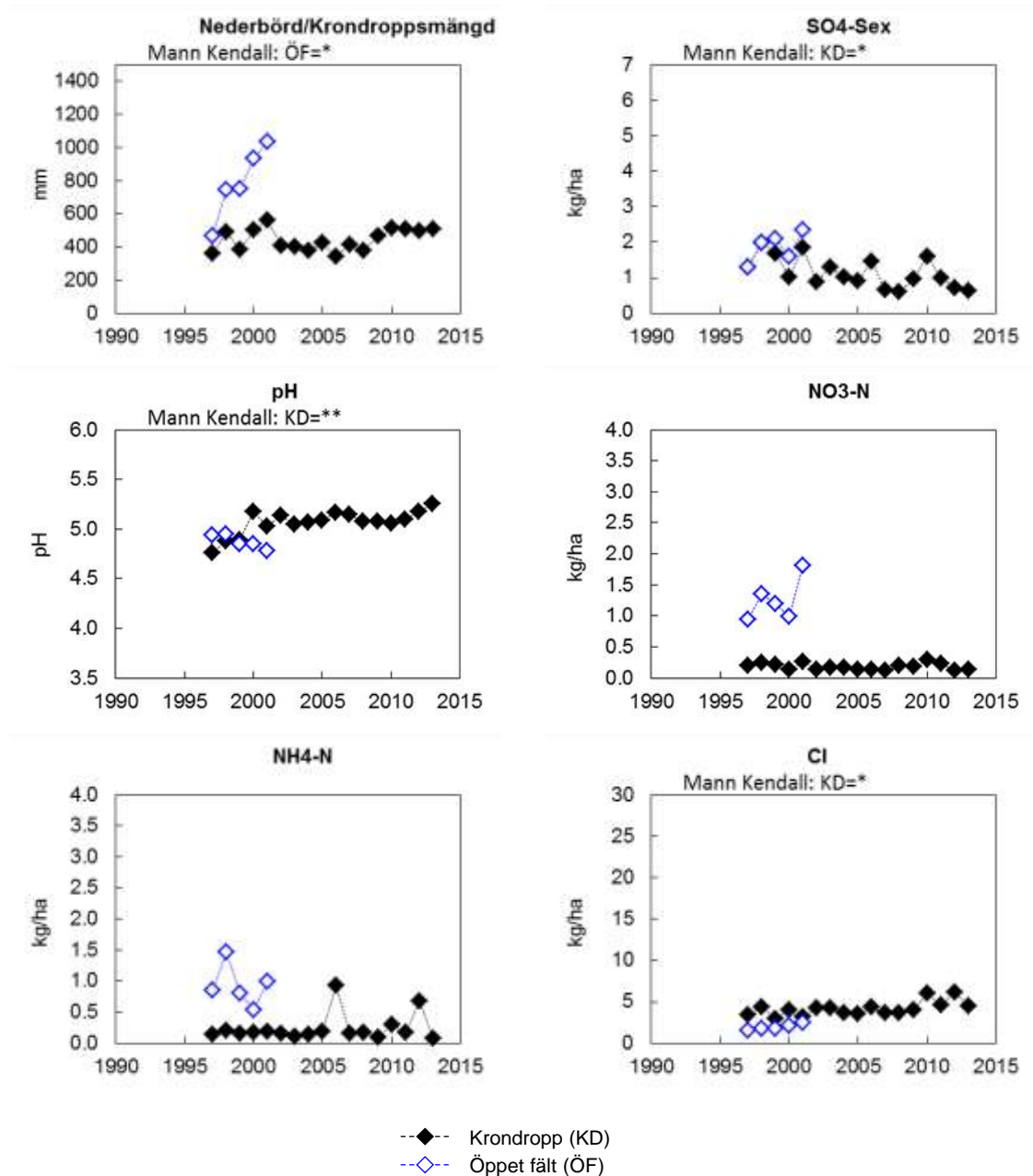


Figur B1.22. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Sör-Digertjärnen (Z 04)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N), och ammoniumkväve (NH₄-N). För nitratkväve (NO₃-N), och ammoniumkväve (NH₄-N) visas även där skalan är lägre. ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

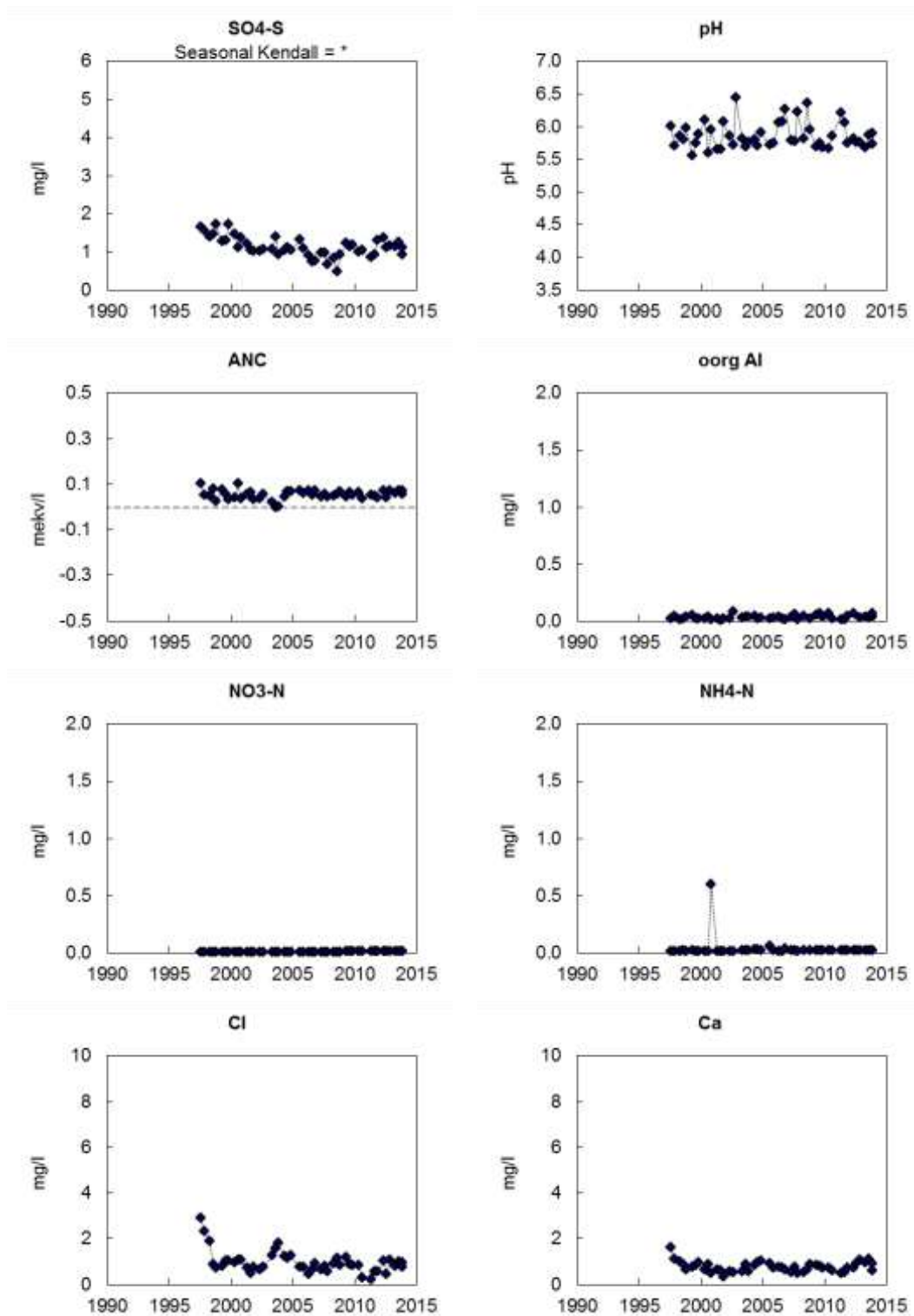


Figur B1.23. Markvattenkemi vid Sör-Digertjärnen (Z 04). Värderna anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), klorid (Cl) samt kalcium (Ca). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Nymyran (Z 05): Yta med 80-årig granskog på plan, bördig mark (G21). Jordarten är sandig-moig morän. Det finns ett fältskikt med bl a blåbär, lingon och krustätel. Några nedblåsta träd ligger på ytan. Nederbörds-kemiska mätningar avslutades i december 2001.

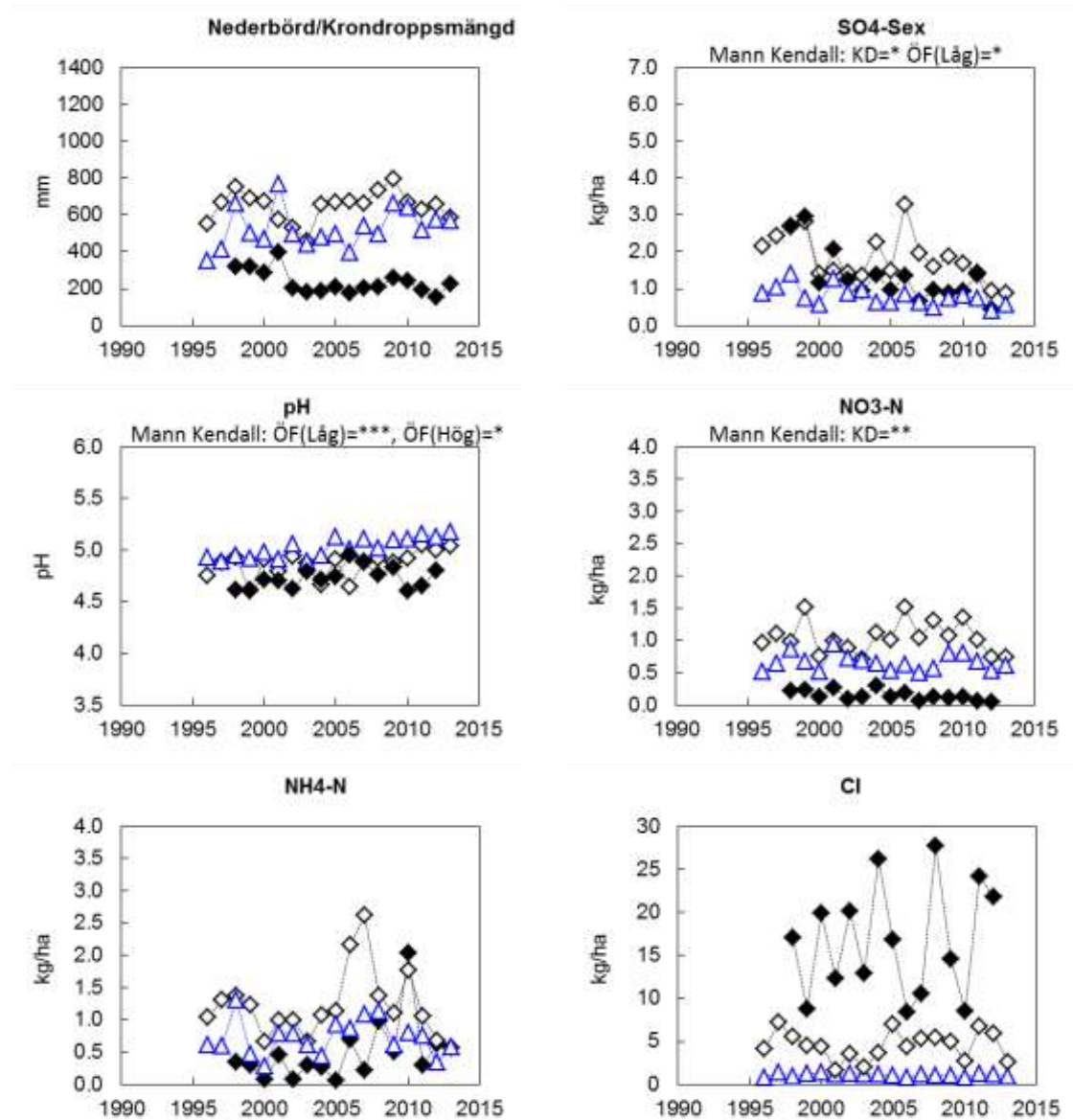


Figur B1.24. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Nymyran (Z 05)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



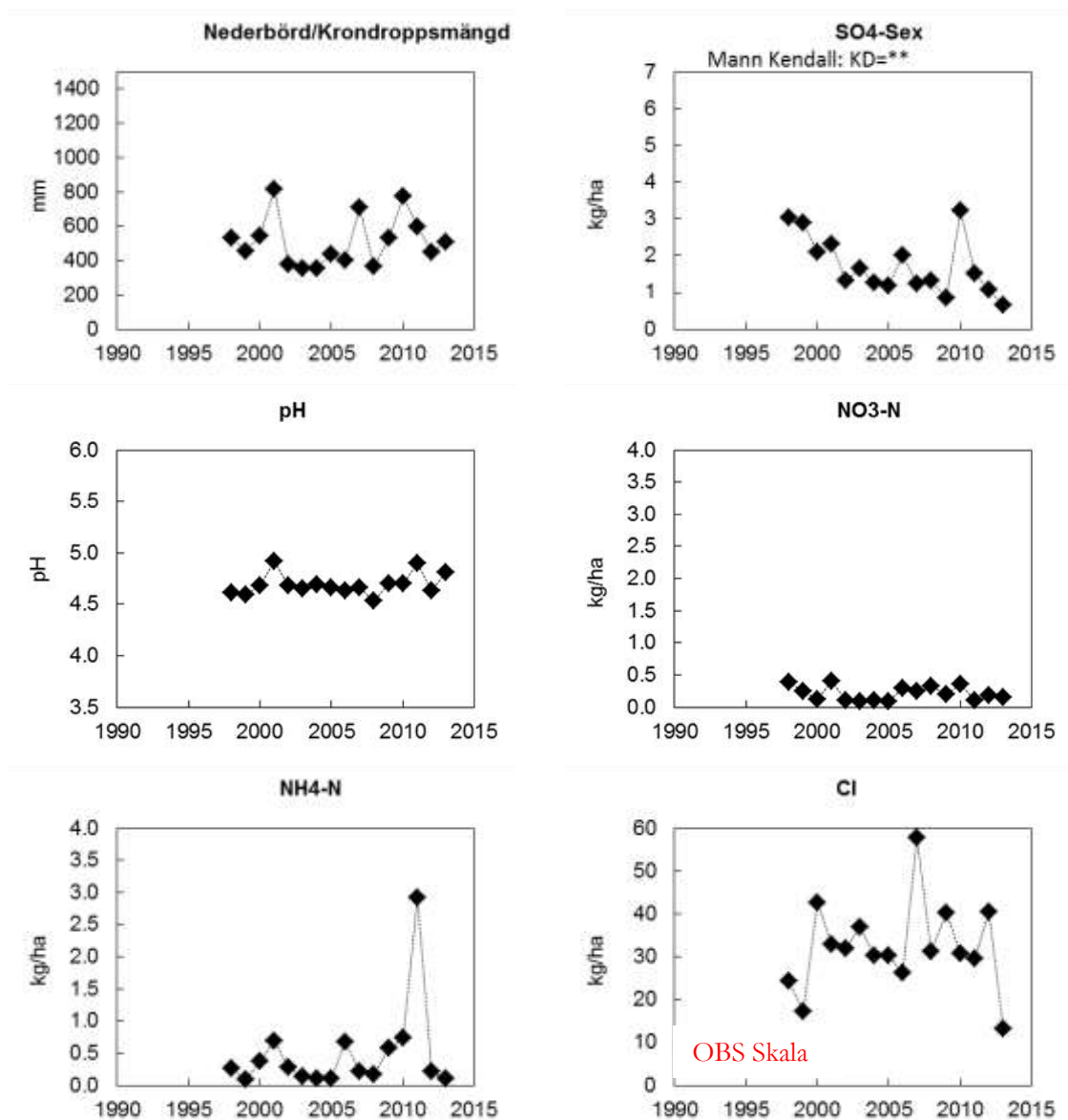
Figur B1.25. Markvattenkemi vid Nymyran (Z 05). Värderna anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), klorid (Cl) samt kalcium (Ca). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Hundshögen (Z 93): Mätningarna vid Hundshögen ingår i de mätningar på hög höjd som Länsstyrelsen i Jämtlands län finansierar. Markvatten och lufthalter mäts ej.



Figur B1.26. Årliga värden (hydrologiskt år) för uppmätt deposition i krondropp och över öppet fält vid **Hundshögen (Z 93)**. Depositionen redovisas för ett urval av ämnen sulfatsvavel utan havssalts-bidrag (SO₄-S ex), pH, nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) samt klorid (Cl) för öppet fält mätt 1250 m.ö.h. (snedställda öppna svarta kvadrater), för öppet fält 670 m.ö.h. (snedställda öppna blåa trianglar) samt för krondroppsmätningar under gran 780 m.ö.h. (svarta snedställda kvadrater) för de år som mätningar pågått. I figuren visas även uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall- metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

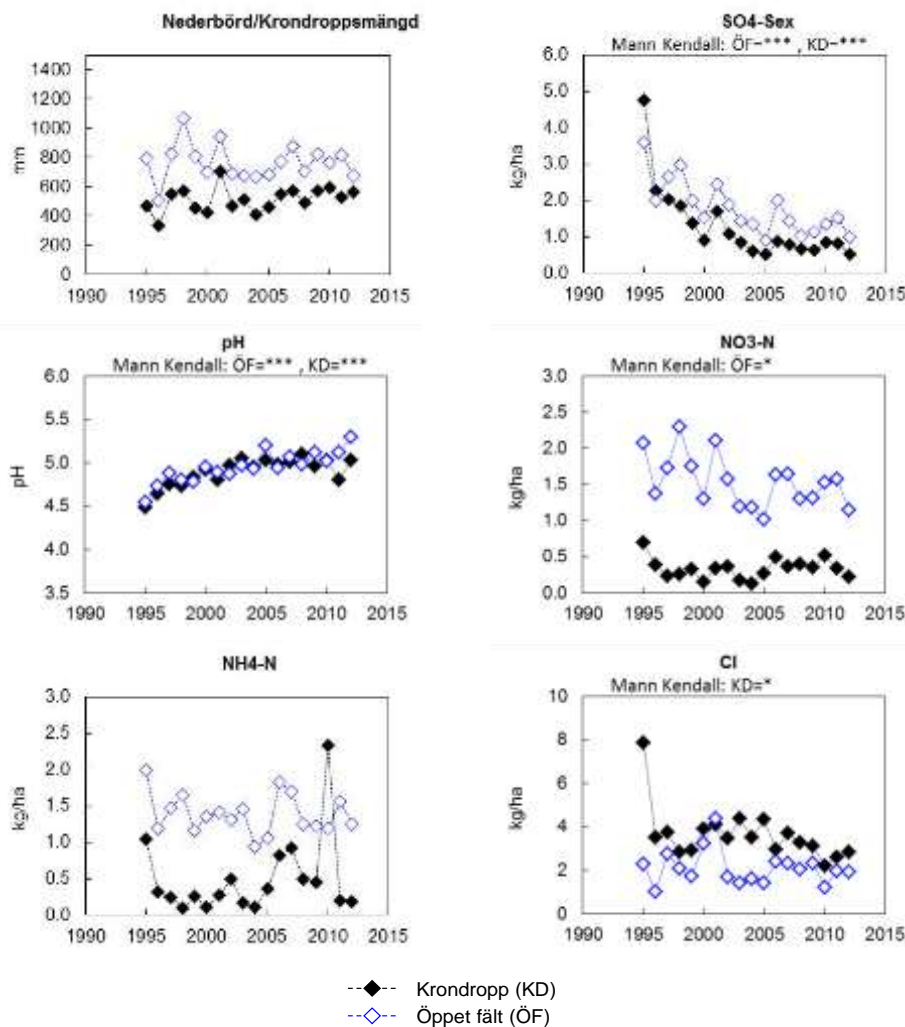
Fiskåfället (Z 96): Precis som i Hundshögen ingår mätningarna på granytan vid Fiskåfället i de mätningar på hög höjd som Länsstyrelsen i Jämtlands län finansierar. Vid Fiskåfället mäts dock för närvarande endast krondropp.



Figur B1.27. Årliga värden (hydrologiskt år) för uppmätt deposition i krondropp vid **Fiskåfället (Z 96)** (mätningar över öppet fält bedrivs ej). Depositionen redovisas för krondroppsmätningar under gran 629 m.ö.h. för ett urval av ämnen för de år som mätningar pågått; sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO_4-S_{ex}), pH, nitratkväve (NO_3-N), ammoniumkväve (NH_4-N), samt klorid (Cl) (OBS dubblerad skala jämfört med resterande Cl-figurer i länet). I figuren visas även krondroppsmängder, uttryckt som mm. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

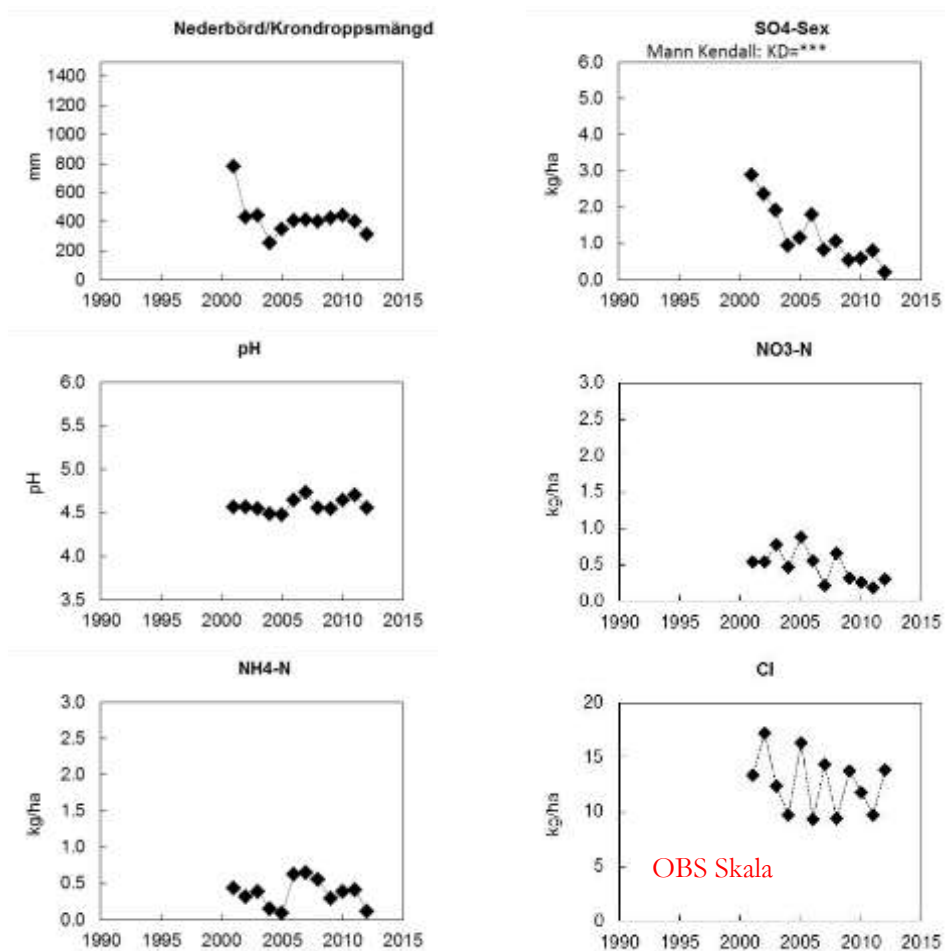
Dalarnas län

Fulufjället (W90): Skogsyta med gammal granskog på plan mark öster om Fulufjället (480 m.ö.h.). Svärvittrad sandsten i området innebär näringsfattig jord. Skogen har inte brukats på länge och beståndet består nästan uteslutande av storräxat granskog. Depositionsmätningar startade under det hydrologiska året 1994/95. Data från hydrologiska året 2012/13 redovisas ej då det blev problem med provtagningen under några månader på grund av provtagarbyte i början av 2013. Vid Fulufjället mäts inte markvattenkemi.



Figur B1.28. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid Fulufjället, W 90. 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) och ammoniumkväve (NH₄-N), klorid (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall- metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Branten (W92): Skogsyta med granskog i norra Dalarnas län, 790 m.ö.h i den övre delen av en fjällsluttning mot nordost nära trädgränsen för gran. Mätning sker endast av krondropp. Liksom för övriga höghöjdsstationer, t.ex. i Jämtlands län, är krondroppsinsamlarna placerade mitt under trädkronorna, vilket skiljer sig från ordinarie lokaler inom Krondroppsnetet. Krondroppsstationerna vid Branten startade 2000. Data från hydrologiska året 2012/13 redovisas ej då det blev problem med provtagningen under några månader på grund av provtagarbyte i början av 2013.



Figur B1.29. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp vid **Branten, W 92**. I figuren visas krondropps mängder, uttryckt som mm samt deposition för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), pH, nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N) samt klorid (Cl). Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik 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 norra Sverige. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Västerbottens län

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →									
Högbränna	12/13	502	0,03	0,7	0,6	0,9	0,6	0,7	0,6	0,2	0,3	2,3	0,20
Holmsvatten	12/13	487	0,06	1,1	1,1	1,5	0,7	0,5					
Högbränna	2012	721	0,06	0,8	0,7	1,0	0,8	0,5	0,5	0,2	0,5	1,4	0,11
Holmsvatten	2012	602	0,06	1,2	1,1	1,8	0,8	0,4					

Norrbottens län

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →									
Myrberg	12/13	547	0,03	0,9	0,9	0,7	0,7	0,9	0,7	0,1	0,5	0,7	0,16
Nikkaluokta	12/13	386	0,02	0,5	0,5	0,8	0,4	0,5	0,6	0,1	0,5	0,4	0,06
Palovaara	12/13	357	0,03	0,8	0,7	0,8	0,5	0,3	0,7	0,1	0,6	0,3	0,05
Myrberg	2012	786	0,06	1,2	1,1	1,1	1,0	0,5	0,9	0,3	0,8	0,8	0,12

Dalarnas län Data från hydrologiska året 2012/13 saknas pga provtagningsproblem i början av 2013.

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →									
Fulufjället	2012	772	0,04	1,1	1,0	2,0	1,3	1,3	1,3	0,2	1,2	0,7	0,12

Västernorrlands län

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →									
Storulvsjön	12/13	594	0,04	1,2	1,1	1,2	1,0	1,5	0,5	0,2	0,8	0,8	0,19
Storulvsjön	2012	667	0,08	1,0	1,0	1,2	1,1	0,7	0,5	0,2	0,7	0,5	0,11

Jämtlands län

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →									
Sör-Digertjärnen	12/13	539	0,05	0,8	0,8	0,9	1,0	0,9	0,3	0,1	0,6	0,4	0,13
Hundshögen H	12/13	584	0,05	1,0	0,9	2,6	0,7	0,6	0,4	0,2	1,5	0,3	0,09
Hundshögen L	12/13	566	0,04	0,6	0,6	0,9	0,6	0,6	0,4	0,1	0,4	0,3	0,08
Sör-Digertjärnen	2012	571	0,05	0,8	0,7	1,2	1,0	0,9	0,3	0,1	0,8	0,7	0,09
Hundshögen H	2012	642	0,06	1,1	0,9	4,4	0,7	0,7	0,5	0,4	2,5	0,4	0,10
Hundshögen L	2012	609	0,05	0,5	0,5	1,0	0,6	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3	0,09

Tabell B2:2. Öppet fältdata från norra Sverige där organiskt kväve analyserats, **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).

Västerbottens län

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Högbränna	12/13	502	1,3	0,5
Holmsvatten	12/13	487	1,3	
Högbränna	2012	721	1,2	0,6
Holmsvatten	2012	602	1,2	

Norrbottens län

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Myrberg	12/13	547	1,6	0,5
Nikkaluokta	12/13	386	0,9	
Palovaara	12/13	357	0,8	0,3
Myrberg	2012	786	1,5	0,8

Dalarnas län. Data från hydrologiska året 2012/13 saknas pga provtagningsproblem i början av 2013.

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Fulufjället	2012	772	2,6	0,8

Västernorrlands län

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Storulvsjön	12/13	594	2,5	
Storulvsjön	2012	667	1,8	0,2

Jämtlands län

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Sör-Digertjärnen	12/13	539	1,9	0,5
Hundshögen H	12/13	584	1,3	0,2
Hundshögen L	12/13	566	1,2	0,1
Sör-Digertjärnen	2012	571	2,0	0,5
Hundshögen H	2012	642	1,4	
Hundshögen L	2012	609	1,0	0,3

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

Lokal	Period	Nedb	H ⁺		SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →										
Högbränna	12/13	492	0,02	0,5	0,4	1,6	0,2	0,1	1,1	0,4	0,4	8,8	0,45	
Bäcksjö	12/13	488	0,05	1,6	1,4	3,6	0,5	0,3	1,7	0,7	1,7	11,0	0,25	
Ammarnäs	12/13	393	0,02	0,3	0,3	1,7	0,1	0,2	1,4	0,4	0,8	7,0	0,06	
Högbränna	2012	585	0,04	0,6	0,5	1,8	0,4	0,2	1,1	0,3	0,6	6,8	0,33	
Bäcksjö	2012	651	0,10	2,5	2,2	6,7	0,9	0,6	2,4	1,1	3,3	14,5	0,34	
Ammarnäs	2012	409	0,03	0,4	0,3	3,4	0,2	0,3	1,4	0,5	1,6	6,6	0,06	

Norrbottens län

Lokal	Period	Nedb	H ⁺		SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →										
Gammelgården	12/13	490	0,06	1,3	1,3	1,6	0,8	0,7	1,1	0,4	0,9	3,3	0,13	
Myrberg	12/13	416	0,02	0,6	0,6	1,5	0,2	0,2	1,2	0,5	0,6	6,7	0,48	
Gammelgården	2012	594	0,08	1,6	1,5	2,5	0,9	0,6	1,2	0,4	1,6	3,3	0,20	
Myrberg	2012	515	0,03	1,1	1,0	2,2	0,3	0,5	1,4	0,5	0,9	7,3	0,48	

Dalarnas län. Data från hydrologiska året 2012/13 saknas pga provtagningsproblem i början av 2013.

Lokal	Period	Nedb	H ⁺		SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →										
Fulufjället	2012	607	0,05	0,7	0,6	2,5	0,4	0,2	1,6	0,5	1,3	5,3	0,43	
Branten	2012	349	0,10	1,0	0,4	14,2	0,3	0,2	3,7	1,3	8,4	14,7	1,56	

Västernorrlands län

Lokal	Period	Nedb	H ⁺		SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →										
Lakamark	12/13	561	0,06	1,8	1,6	3,9	0,7	0,4	1,8	0,7	1,9	9,2	0,41	
Storulvsjön	12/13	577	0,04	1,0	0,8	3,7	0,4	0,9	1,6	0,9	1,3	13,5	1,09	
Lakamark	2012	676	0,08	2,1	1,8	5,5	1,0	0,7	1,7	0,6	2,8	10,1	0,35	
Storulvsjön	2012	597	0,04	1,1	0,9	4,2	0,4	1,2	1,7	0,7	1,7	13,1	0,80	

Jämtlands län

Lokal	Period	Nedb	H ⁺		SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
			mm	kg/ha →										
Sör-Digertjärnen	12/13	364	0,04	0,5	0,4	1,5	0,4	0,5	1,1	0,4	0,8	3,3	0,13	
Nymyran	12/13	508	0,03	0,8	0,6	4,5	0,1	0,1	2,7	1,1	1,5	17,8	0,96	
Hundshögen A	12/13	227	0,04	1,6	0,5	23,0	0,1	0,1	3,7	2,0	13,4	24,7	2,79	
Fiskåfjället A	12/13	506	0,08	1,3	0,6	13,2	0,2	0,1	3,2	2,1	9,9	14,5	0,96	
Sör-Digertjärnen	2012	427	0,04	0,8	0,7	2,4	49,5	47,7	6,5	2,9	1,3	4,4	0,29	
Nymyran	2012	520	0,03	1,0	0,8	6,1	0,2	0,7	2,6	1,1	2,5	17,3	0,61	
Hundshögen A	2012	170	0,03	1,6	0,6	21,9	0,1	0,6	2,6	1,7	11,9	9,9	1,28	
Fiskåfjället A	2012	385	0,09	2,3	0,6	35,3	0,2	0,2	4,0	3,0	17,7	12,6	0,98	

Tabell B2:4. Krondroppsdata från norra Sverige för ytor där organiskt kväve analyserats, **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).

Västerbottens län

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Högbränna	12/13	492	0,3	0,6
Bäcksjö	12/13	488	0,9	1,0
Ammarnäs	12/13	393	0,3	0,9
Högbränna	2012	585	0,5	0,6
Bäcksjö	2012	651	1,5	1,6
Ammarnäs	2012	409	0,5	0,8

Norrbottnens län

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Gammelgården	12/13	490	1,5	0,6
Myrberg	12/13	416	0,5	0,8
Gammelgården	2012	594	1,5	0,6
Myrberg	2012	515	0,8	1,1

Dalarnas län. Data från hydrologiska året 2012/13 saknas pga provtagningsproblem i början av 2013.

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Fulufjället	2012	607	0,6	0,9
Branten	2012	349	0,4	2,5

Västernorrlands län

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Lakamark	12/13	561	1,1	1,1
Storulvsjön	12/13	577	1,3	1,3
Lakamark	2012	676	1,7	1,1
Storulvsjön	2012	597	1,6	1,4

Jämtlands län

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Sör-Digertjärnen	12/13	364	1,0	0,8
Nymyran	12/13	508	0,2	1,6
Hundshögen A	12/13	227	0,2	2,4
Fiskåfjället A	12/13	506	0,3	2,2
Sör-Digertjärnen	2012	427	97,3	-11,7
Nymyran	2012	520	0,9	1,5
Hundshögen A	2012	170	0,7	1,7
Fiskåfjället A	2012	385	0,4	2,0

Tabell B2:5. Lufthalter medelvärden i norra Sveriges län, diffusionsprovtagning, µg/m³. U, uppskattat värde. <, lägre än detektionsgränsen.**Västerbottens län**

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Högbränna (AC04 A)					
Mv hydr. år	1210-1309	<0,2	0,3	-	-
Mv kal. år	1201-1212	0,3	0,4	-	-
Mv sommar	1304-1309	-	-	<0,3	57

Västernorrlands län

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Storulvsjön (Y 07 A)					
Mv hydr. år	1210-1309	0,2	0,5	-	-
Mv kal. år	1201-1212	0,3	0,6	-	-
Mv sommar	1304-1309	-	-	<0,3	54

Norrbottnens län

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Myrberg (BD02 A)					
Mv hydr. år	1210-1309	<0,2	0,4	-	-
Mv kal. år	1201-1212	0,3	0,5	-	-
Mv sommar	1304-1309	-	-	0,5	51
Nikkaluokta (A) (BD15 A)					
Mv hydr. år	1210-1309	<0,2	0,3	-	-
Mv kal. år	1201-1212	0,2	0,4	-	-
Mv sommar	1304-1309	-	-	0,5	65
Palovaara (A) (BD16 A)					
Mv hydr. år	1210-1309	0,3	0,4	-	-
Mv kal. år	1201-1212	0,4	0,5	-	-
Mv sommar	1304-1309	-	-	<0,3	62

Tabell B2:6. Markvattendata från Norra Sveriges 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.**Västernorrlands län**

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 →	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Högbränna (AC04 A)	2012-10-01	5,7	-	0,039	0,33	0,58	<0,010	<0,030	0,48	0,17	0,78	0,21	<0,030	0,012	0,050	0,115	2,4	13
	2013-05-27	5,5	0,048	0,058	0,48	0,46	<0,010	<0,030	0,62	0,31	0,86	0,29	<0,030	0,010	0,074	0,112	1,9	13
	2013-08-26	5,6	0,041	0,050	0,51	0,57	<0,010	<0,030	0,52	0,26	0,96	0,37	<0,030	<0,010	0,066	0,078	1,7	14
	2013-09-30	5,7	0,038	0,053	0,51	0,39	<0,010	<0,030	0,55	0,25	0,85	0,43	<0,030	0,036	0,041	0,140	2,8	23
	median	5,7		0,053	0,51	0,59	<0,01	<0,03	0,55	0,27	0,96	0,37	<0,03	0,01	0,058	0,089	2,1	15
<i>n=</i>	<i>9</i>		<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>8</i>
Bäcksjö (AC30 A)	2012-10-31	4,8	-	0,032	1,22	2,22	<0,010	<0,030	0,76	0,16	2,69	0,14	0,045	0,173	0,750	2,020	19,1	1,0
	2013-05-31	5,1	-	0,070	0,86	1,07	<0,010	<0,030	1,09	0,14	1,89	0,22	0,047	0,110	0,231	1,269	15,0	4,5
	2013-08-28	5,1	-	0,055	1,04	0,89	<0,010	<0,030	1,08	0,12	1,83	<0,10	<0,030	0,079	0,160	1,100	12,2	5,6
	2013-10-02	4,9	-	0,048	0,89	1,09	<0,010	<0,030	0,84	0,11	1,82	0,20	<0,030	0,150	0,400	1,400	15,1	2,0
	median	4,8		0,042	1,16	1,47	<0,01	<0,03	1,04	0,13	2,1	0,15	0,046	0,173	0,61	1,9	19,1	1,5
<i>n=</i>	<i>9</i>		<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>
Ammarnäs (AC34 A)	2012-10-04	6,5	0,191	0,386	1,41	3,12	<0,010	<0,030	9,04	0,43	1,48	0,44	<0,030	0,064	0,010	0,184	15,4	686
	2013-06-27	6,7	0,239	0,470	1,28	1,15	<0,010	<0,030	9,39	0,48	1,41	0,55	<0,030	0,069	0,020	0,170	14,2	362
	2013-08-27	6,6	0,234	0,443	1,39	1,11	<0,010	<0,030	9,16	0,39	1,57	0,15	<0,030	0,032	0,020	0,160	12,8	335
	2013-09-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	6,5		0,449	1,33	1,27	<0,01	<0,03	9,14	0,42	1,47	0,45	<0,03	0,059	0,016	0,181	14,2	425
<i>n=</i>	<i>8</i>		<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	

Norrbottens län

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 →													
Gammelgården (BD01 A)	2012-10-03	6,8	-	0,157	0,27	5,20	<0,010	<0,030	1,90	1,02	2,95	0,55	0,034	-	-	-	-	-
	2013-05-27	6,0	0,043	0,059	0,42	0,24	<0,010	<0,030	0,69	0,17	0,94	0,12	<0,030	0,007	0,008	0,018	2,8	89
	2013-08-26	6,0	-	0,063	0,45	0,37	<0,010	<0,030	0,72	0,20	1,02	0,18	<0,030	0,014	0,030	0,054	3,8	28
	2013-09-30	6,2	-	0,049	0,34	1,32	<0,010	<0,030	0,85	0,16	1,09	0,15	<0,030	-	-	-	-	-
	median	6,0		0,059	0,45	0,49	<0,01	<0,03	0,69	0,17	1,47	0,15	<0,03	0,006	0,016	0,036	3,6	43
<i>n=</i>	<i>9</i>		<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>7</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>
Myrberg (BD02 A)	2012-10-03	6,1	0,038	0,061	0,37	0,65	<0,010	<0,030	0,61	0,28	1,03	0,17	<0,030	0,025	0,020	0,097	4,6	41
	2013-05-29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013-08-28	6,6	-	0,112	0,40	0,69	<0,010	<0,030	1,58	0,33	1,01	0,24	<0,030	-	-	-	7,5	-
	2013-10-02	5,9	0,027	0,042	0,31	0,92	<0,010	<0,030	0,69	0,24	0,71	0,11	<0,030	<0,010	0,020	0,052	3,2	40
	median	6,1		0,061	0,46	0,65	<0,01	<0,03	0,77	0,24	1,03	0,15	<0,03	0,018	0,02	0,082	4,7	40
<i>n=</i>	<i>7</i>		<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	
Palovaara (A) (BD16 A)	2013-05-27	6,1	0,060	0,070	0,41	0,35	<0,010	0,053	0,77	0,32	0,94	<0,10	<0,030	0,024	0,019	0,092	3,8	48
	2013-07-01	6,0	0,081	0,107	0,30	0,35	<0,010	<0,030	1,10	0,32	1,20	<0,10	<0,030	0,021	0,030	0,110	2,8	38
	2013-07-30	6,3	0,095	0,125	0,30	0,37	<0,010	<0,030	1,31	0,36	1,33	0,07	<0,030	0,018	0,020	0,087	2,8	66
	2013-08-31	6,3	0,073	0,080	0,19	0,39	<0,010	0,043	0,73	0,19	1,14	<0,10	<0,030	<0,010	0,012	0,030	1,6	61
	median	6,1		0,080	0,3	0,37	<0,01	0,043	0,77	0,32	1,14	<0,1	<0,03	0,018	0,02	0,092	2,8	58
<i>n=</i>	<i>7</i>		<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	

Västernorrlands län

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 →													
Lakamark (Y 03 A)	2012-10-03	5,7	0,061	0,076	1,01	1,06	<0,010	<0,030	1,19	0,37	1,66	0,27	<0,030	0,002	0,020	0,038	1,0	70
	2013-05-29	6,0	0,040	0,058	0,89	0,88	<0,010	<0,030	0,86	0,27	1,43	0,44	<0,030	0,002	0,011	0,027	2,0	107
	2013-08-28	5,9	0,065	0,086	0,84	0,74	<0,010	<0,030	0,96	0,30	1,77	0,38	<0,030	<0,010	0,017	0,036	1,5	73
	2013-10-03	5,9	0,041	0,052	1,11	1,08	<0,010	<0,030	1,00	0,33	1,59	0,22	<0,030	<0,010	0,018	0,032	2,2	66
	median	5,9		0,058	0,99	1,06	<0,01	<0,03	1	0,3	1,59	0,29	<0,03	0,005	0,015	0,032	2	75
<i>n</i> =	9		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Storulvsjön (Y 07 A)	2012-10-03	6,0	-	0,050	0,59	0,99	<0,010	<0,030	0,69	0,32	1,14	0,21	<0,030	0,007	0,019	0,086	-	51
	2013-05-29	6,3	-	0,093	0,55	1,64	<0,010	<0,030	1,28	0,46	1,54	0,18	<0,030	0,006	-	0,079	-	-
	2013-08-28	6,5	-	0,140	0,60	1,19	<0,010	-	1,34	0,44	2,35	0,25	<0,030	-	-	-	-	-
	2013-10-03	6,1	0,054	0,071	0,50	0,68	<0,010	<0,030	0,58	0,22	1,63	0,12	<0,030	<0,010	0,005	0,024	2,9	145
	median	6,0		0,076	0,6	1,17	<0,01	<0,03	0,81	0,32	1,62	0,25	<0,03	0,007	0,021	0,08	5,8	53
<i>n</i> =	9		9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	8	6	8	5	6	

Jämtlands län

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 →													
Sör-Digertjärnen (Z 04 A)	2012-10-01	4,3	-	-0,952	0,02	0,52	19,382	6,738	3,78	1,27	1,38	3,68	0,213	0,015	4,292	4,500	11,0	1,5
	2013-07-01	4,5	-	-0,258	0,14	0,14	4,521	<0,030	0,39	0,20	0,37	1,00	<0,030	0,015	2,300	2,500	4,7	0,5
	2013-07-29	4,5	-	-0,423	0,02	0,17	7,562	<0,030	0,70	0,20	0,66	1,67	0,063	0,042	3,580	3,750	-	0,5
	2013-09-30	6,0	-	0,031	0,27	0,14	0,021	<0,030	0,34	0,28	0,26	0,07	<0,030	<0,010	0,003	0,008	-	227
	2013-11-01	5,2	-	0,012	0,16	0,21	0,013	<0,030	0,22	0,05	0,24	0,12	<0,030	<0,010	-	0,044	4,0	-
	median	4,7			-0,102	0,15	0,24	2,021	<0,03	0,34	0,16	0,39	0,56	<0,03	0,015	1,067	1,3	4,9
<i>n=</i>	<i>18</i>			<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>17</i>	<i>14</i>	<i>17</i>	<i>11</i>	<i>14</i>
Nymyran (Z 05 A)	2012-10-22	5,8	0,049	0,068	1,14	1,03	<0,010	0,011	1,05	0,46	1,59	0,38	0,080	0,010	0,023	0,067	3,7	65
	2013-06-10	5,7	0,035	0,057	1,11	0,78	<0,010	<0,030	0,91	0,42	1,38	0,34	<0,030	0,010	0,027	0,067	3,7	49
	2013-08-05	5,9	0,043	0,069	1,22	0,97	<0,010	<0,030	1,07	0,53	1,39	0,61	<0,030	<0,010	0,018	0,039	3,6	96
	2013-09-02	5,9	0,031	0,053	1,09	0,71	<0,010	<0,030	0,88	0,35	1,30	0,50	0,031	<0,010	0,025	0,057	3,9	53
	2013-10-28	5,7	-	0,070	0,90	0,94	<0,010	<0,030	0,56	0,51	1,68	0,39	0,033	0,016	0,060	0,180	6,0	20
	median	5,8			0,055	1,11	0,74	<0,01	<0,03	0,79	0,38	1,43	0,25	<0,03	0,006	0,025	0,062	3,8
<i>n=</i>	<i>10</i>			<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>

