

För Länsstyrelserna i Jämtlands, Väster-
norrlands, Västerbottens och Norrbottens
län samt Boliden mineral

Krondroppsnätets övervakning av luftföroreningar i Norrland – mätningar och modellering

Resultat t.o.m. september 2010



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

B 1982

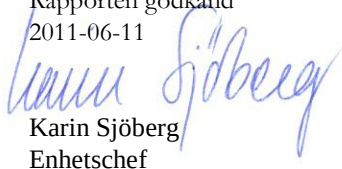
Juni 2011

¹⁾ Lunds universitet

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	2
Sammanfattning.....	3
1. Inledning.....	5
2. Krondroppsnätet – regional miljöövervakning i ett nationellt och internationellt sammanhang.....	7
3. Luftföroreningssituationen i Sverige	8
3.1. Nederbörd.....	8
3.2. Lufthalter.....	9
3.3. Försurning.....	13
3.4. Övergödning.....	15
4. Luftföroreningssituationen i landsbygds miljön i Norrland	18
4.1. Nederbördsförändringar vid krondroppslokalerna under perioden.....	19
4.2. Vart är försurningen på väg?.....	20
4.2.1. Det sura nedfallet minskar knappt under 2000-talet.....	20
4.2.2. Markvattnets sura egenskaper förändras i varierande grad.....	21
4.2.3. Sammanfattning av försurningen av skogen i Norrland under 2000-talet.....	24
4.3. Förändras övergödningsproblematiken?.....	25
4.3.1. Nedfallet av kväve ökar i Norrland	25
4.3.2. Begränsad kväveupplagring i skogsmark	28
4.3.3. Låga halter av nitratkväve i markvattnet.....	29
4.3.4. Sammanfattning av kväveproblematiken i skogen i Norrland under 2000-talet	31
4.4. Mangan förekommer i deposition och markvatten.....	32
5. Särskilda händelser under programperioden 2007-2010.....	34
5.1. Vulkanutbrott på Island våren 2010	34
5.2. Inverkan av omfattande bränder i Ryssland 2006 på nedfallet till skogen i Sverige	36
5.3. Mycket snörik vinter 2009/10	41
6. Aktiviteter och publikationer under programperioden 2007-2010	44
7. Referenser.....	47
Bilaga 1. Stationsvis redovisning.....	49
Västerbottens län	50
Norrbottens län	59
Västernorrlands län	66
Jämtlands län	71
Bilaga 2. Ord att förklara.....	77

Rapporten godkänd
2011-06-11


Karin Sjöberg
Enhetschef

Sammanfattning

I denna sista omgång av årsrapporter inom Krondroppsnetets Program 2007-2010 fokuserar vi på en analys av hur nedfallet och effekterna på markvattenkemi av försurande och övergödande ämnen har förändrats under 2000-talet. Vi redovisar denna analys såväl nationellt samt för Norrland. Vi visar även resultaten för varje mätstation för sig i Bilaga 1.

Luftföroreningar känner inte av administrativa gränser. För att uppnå en geografiskt differentierad bedömning av luftföroreningssituationen delades Norrland upp i olika områden, baserat på närhet till kust samt gradienten av nedfall som går från sydväst mot nordost. Detta angreppssätt stärker bedömningarna av föroreningsbelastningen i olika delar av länen.

Nedfallet till skogen i Sverige beror till stor del av långväga transporterade luftföroreningar. Belastningen från dessa långväga transporterade föroreningar avgör hur mycket som kan accepteras vad gäller lokala utsläpp av luftföroreningar. De samlade utsläppen av oxiderat svavel från EU har rapporterats minskat med 43 % mellan år 2000 och 2008. Utsläppen av NO_x från EU minskade med 18 %, och reducerat kväve med 10 %. Nedfallet till skogen beror också till stor del på nederbörds mängderna. Nederbörden vid krondroppsytorna i Norrland har inte förändrats under 2000-talet.

Nedfallet av sulfatsvavel (exklusive bidraget från havssalt) till skogen i Norrland har under 2000-talet minskat signifikant endast vid en lokal i norra delen av Norrlands kustland, med 5 % årligen. På flera andra lokaler finns det dock tendenser till minskningar. Som ett medianvärde för perioden representativt för alla mätplatser i Norrland ligger det årliga nedfallet under 2000-talet på 1,4 kg S/ha. Svavelnedfallet på lokalerna i Norrland följer det generella nedfallsmönstret i Norrland med högst nedfall längs kusten och lägst i norra Norrlands inland. Vid Gammelgården i Norrbottens norra kustland och vid Storulvsjön i Västerbotten har halterna av sulfatsvavel i markvattnet minskat till följd av minskat nedfall. Vid övriga mätplatser syns inga statistiskt säkerställda förändringar för perioden 2000-2010. Inte heller pH i markvattnet visar några statistiskt säkerställda förändringar under 2000-talet. På två mätplatser i Norrland är pH mellan 4,5 och omkring 5, och de bedöms som måttligt försurade. Båda ligger i Norrlands kustland, och har haft jämförelsevis högt svavelnedfall de senaste årtiondena. Inga tendenser till minskad försurning finns på dessa lokaler.

Det årliga nedfallet av oorganiskt kväve till skogen i Norrland uppskattas till mellan 2-4 kg/ha/år i södra delarna till mellan 1-2 kg/ha/år längst norrut under 2000-talet. Nedfallet av nitratkväve med nederbörden ökade signifikant under 2000-talet vid en mätplats på hög höjd i Jämtland. Även nedfallet av ammoniumkväve har ökat vid två platser i Norrland, mätplatsen på hög höjd i Jämtland samt en mätplats i Västerbotten. Nedfallet på öppet fält i de södra delarna av Norrland är relativt nära den kritiska belastningsgräns, 5 kg per hektar och år, som används för boreala skogar i Sverige. Om kvävenedfallet ökar finns risk för att belastningsgränsen överskrids. Redan det ökande kvävenedfallet som finns idag kan ha stor betydelse på den biologiska mångfalden i området, främst i fjällen som har känsliga ekosystem. Det pågår en begränsad upplagring (vanligtvis upp till 3 kg per hektar och år) av kväve i skogsmarken i Norrland i skogar där enbart stammar skördas efter avverkning. Helträdsuttag, då även grenar och toppar skördas, resulterar ofta i nettoförluster av kväve. Nitratkvävehalterna i markvattnet är generellt mycket låga på skogsytorna i Norrland. Endast i enstaka fall finns förhöjningar, och det finns inga exempel med kroniska förhöjningar, som det finns längre söderut. I ytan i Holmsvattnet påverkades mätningarna av avverkningar i området samt av upprepningar av vindfäll efter en storm. Detta visar att störningar kan innebära stora effekter på kväeutlakningen även i ekosystem som normalt inte läcker kväve, dock brukar dessa effekter vara temporära.

Uppdragsgivare:

Länsstyrelserna i Jämtlands, Västernorrlands, Västerbottens och Norrbottens län samt Boliden Mineral.

Utförare:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Box 5302
SE-400 14 Göteborg

Författare: G. Pihl Karlsson, P.E. Karlsson, C. Akselsson, V. Kronnäs & S. Hellsten

Nyckelord: Krondroppsnätet, deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, markvatten, lufthalter, fjällnära skog, Sverige, Norrland

IVL rapport B 1982

Beställs från någon av nedanstående:

Länsstyrelsen i Jämtlands län
Vattenenheten
Att: Ingemar Näslund
831 86 Östersund

Länsstyrelsen i
Norrbottens län
Miljöanalysenheten
Att: Rebecca Möller
971 86 Luleå

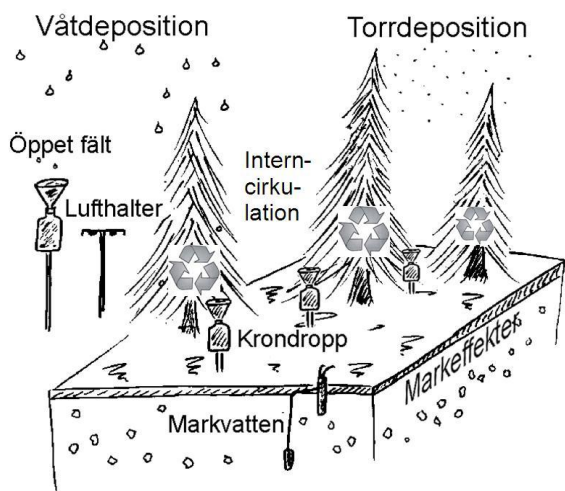
Länsstyrelsen i
Västernorrlands län
Avd. Miljö och Natur
Att: Frans Olofsson
871 86 Härnösand

Länsstyrelsen i
Västerbottens län
Miljöanalysenheten
Att: Fredrik Sjunnesson
901 86 Umeå

IVL, Publikationsservice
Box 21060
SE-100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00
Fax: 08: 598 563 90
publikationsservice@ivl.se

1. Inledning

På uppdrag av främst luftvårdsförbund och länsstyrelser genomför IVL Svenska Miljöinstitutet AB sedan 1985 länsbaserade undersökningar med regional upplösning av luftföroreningar och dess effekter med avseende bland annat på försurning, övergödning och marknära ozon. Grundtanken med nuvarande samarbetsprogram, "Program 2007", är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för att kunna ta ett samlat grepp främst för utvärdering av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* på regional nivå. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom **Krondroppsnätet** även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*.



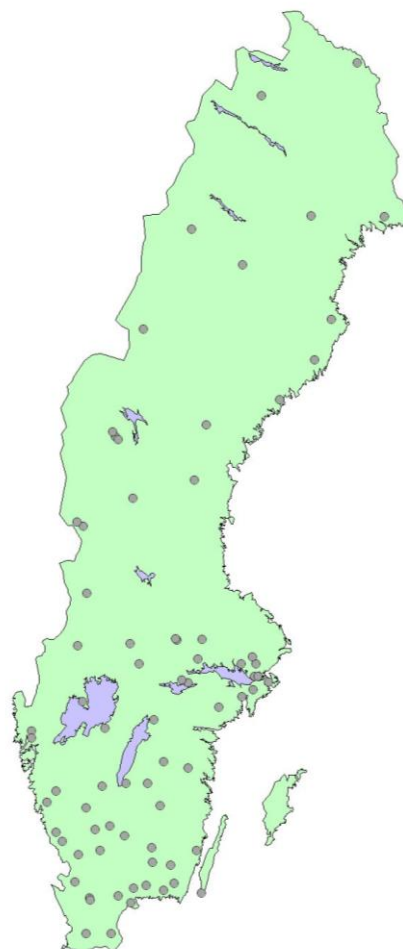
Principskiss för mätningarna. Nedfallet till skogstorna består av våtdeposition och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronorna vilket innebär att det som uppmäts i krondroppet är våtdeposition + torrdeposition $\pm$ interncirkulation.

Ett mätår är ett hydrologiskt år som motsvarar perioden 1 oktober till 30 september. Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondroppsnätets webbplats, www.krondroppsnatet.ivl.se. Mätningarna av deposition används för att beräkna den årliga depositionen vid mätplatsen, men bidrar även till att visa i vilken utsträckning de nationella modellberäkningarna av depositionen ger rimliga resultat. **Deposition av luftföroreningar** mäts månadsvis inom Krondroppsnätet, dels på öppet fält, dels i skogen (krondropp). Mätningarna på **öppet fält**, som skedde vid 27 lokaler 2009/10, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden ner. **Krondropps-mätningarna**, som sker vid 59 lokaler, speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädkronorna. För vissa ämnen finns en betydande interncirkulation i trädkronorna, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den totala depositionen. **Lufthaltsmätningar** av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon sker vid 23 lokaler med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. Lufthaltsmätningarna ger bl.a. underlag för effektbedömningar, trendanalyser och jämförelser med miljömålet *Frisk Luft*. **Markvattenmätningar** sker vid 63 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. Olika parametrar i markvattnet används som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan, samt utlakning till grund- och ytvatten, för att se i vilken utsträckning utsläppsminskningar av luftföroreningar leder till förbättringar i miljötillståndet.

Rapportering görs i år då denna programperiod slutrapporteras genom tre rapporter som tillsammans täcker hela landet: Götaland, Svealand och Norrland. I varje rapport finns även en gemensam nationell analys av mätningarna samt några gemensamma kapitel om olika aktuella frågor. Slutligen finns en förteckning av viktiga publikationer och händelser inom Kron droppsnetet som skett under Programperioden 2007-2010. De aktiva provytorna inom Kron droppsnetet 2009/10 visas i Figur 1.

Undersökningarna i **Norrland** är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av G. Ericsson i Dalarna, K. Wikström, T. Bång, L. Strömgren & T. Granberg i Västerbotten, U. Jacobs, F. Söderfalk, M. Jussila & M. Sunden i Norrbotten, M. Sundberg, J. Gabrielsson, L. Rodhe & T. Bergström i Jämtland samt J. Rytterstam i Västernorrland. På IVL har K. Koos skött kontakter med provtagare medan främst L. Björnberg, P. Bengtsson, P. Andersson, S. Weidolf, S. Honkala och V. Andersson har analyserat proverna. Granskning av data har huvudsakligen utförts av P. E. Karlsson, S. Hellsten, G. Pihl Karlsson. Databehandling och rapportering av resultaten har utförts av C. Akselsson, S. Hellsten, P. E. Karlsson, V. Kronnäs samt G. Pihl Karlsson.



Figur 1. Kron droppsnetet under 2009/10. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

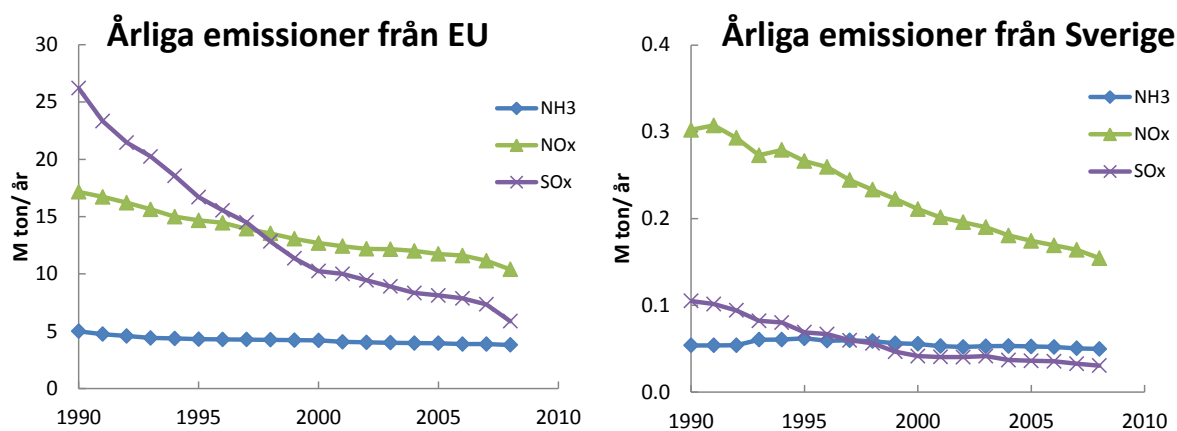
2. Kronddroppsnetet – regional miljöövervakning i ett nationellt och internationellt sammanhang

Luftföroreningsbelastningen i de svenska skogarna bestäms till stor del av långväga transporterade luftföroreningar från kontinentala och södra Europa, men även av transporter globalt över hela norra halvklotet. Belastningen från dessa långväga transporterade föroreningar, i kombination med kritiska belastningsgränser, avgör hur mycket som kan accepteras vad gäller lokala utsläpp av luftföroreningar. Detta motiverar att regional miljöövervakning även ägnar sig åt att analysera förändringar i den storskaliga luftföroreningssituationen.

Den betydande minskningen av det sura nedfallet till den svenska skogen under 1990-talet är väl beskriven. Hur försurningsproblematiken har fortsatt utveckla sig under 2000-talet är mindre väl dokumenterat. Kronddroppsnetets programperiod 2007-2010 har en stor roll att spela för denna bedömning. I denna rapport gör vi därför en fördjupad analys av hur luftföroreningssituationen för den svenska skogen har utvecklat sig sedan år 2000.

De samlade utsläppen av oxiderat svavel (SO_x) från EU minskade med mer än 60 % under perioden 1990-2000 (Figur 2). Efter 2000 har minskningen gått något långsammare men minskningen mellan år 2000 och 2008 var 43 %, med en tydlig sänkning från 2007 till 2008. Den globala ekonomiska nedgången startade under senare delen av 2008 men det är oklart om detta slog igenom vad gäller minskningen av Europas emissioner 2008. Motsvarande minskningar vad gäller utsläppen av oxiderat svavel från Sverige var 61 % mellan 1990 och 2000 och 26 % mellan 2000 och 2008.

Utsläppen av oxiderat kväve (NO_x) från EU har minskat i mindre utsträckning, 26 % fram till år 2000 och 18 % mellan åren 2000 och 2008. Vad gäller utsläppen av reducerat kväve (NH_3) föreligger en viss skillnad mellan Sverige och EU. EU minskade sina utsläpp med ca 16 % mellan 1990 och 2000 och 10 % mellan 2000 och 2008. Sverige ökade sina utsläpp av NH_x mellan 1990 och 2000 med 3 %, varefter en minskning har skett med 10 % mellan 2000 och 2008.



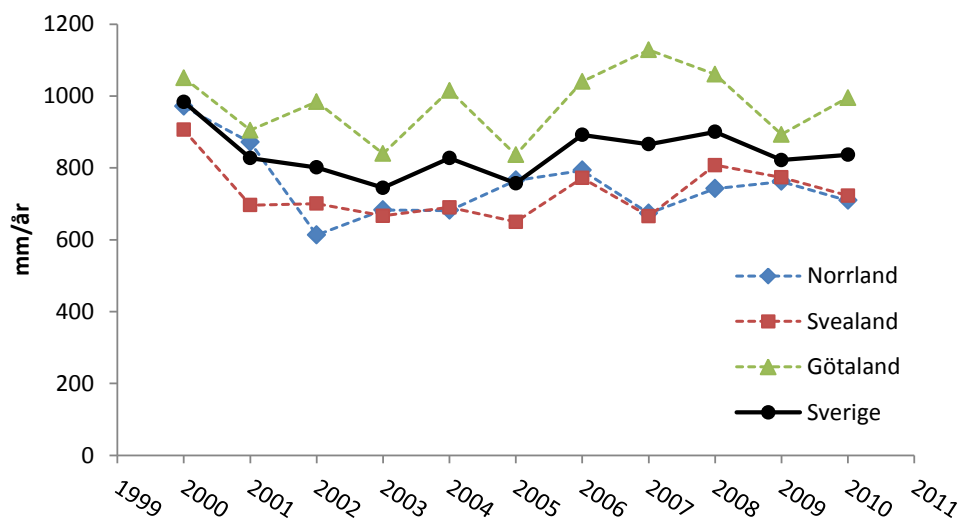
Figur 2. Årliga utsläpp av oxiderat svavel (SO_x) samt oxiderat (NO_x) och reducerat kväve (NH_3) från Sverige och från Europeiska Unionen. Källa: EMEP.

3. Luftföroreningssituationen i Sverige

3.1. Nederbörd

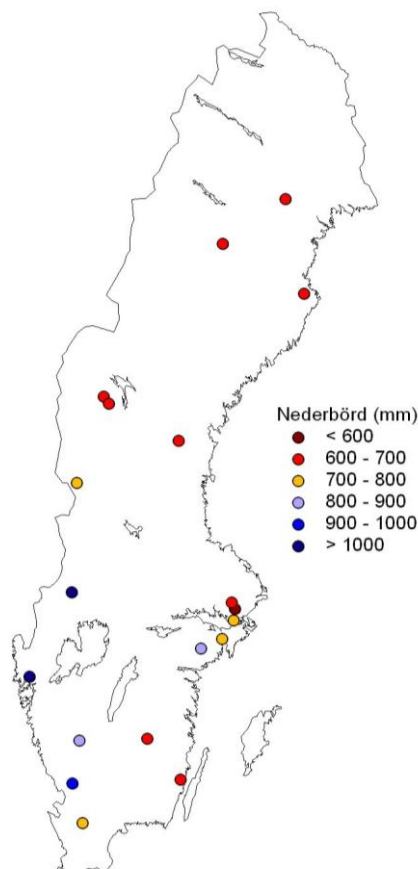
Nederbördsmängden har en mycket stor betydelse för nedfallet av luftföroreningar till skogen, i synnerhet för våtdepositionen. I en utvärdering av förändringar över tiden måste man ta hänsyn till om nederbörden förändrats.

Årliga värden för nederbörd för Sverige som helhet samt för Götaland, Svealand respektive Norrland visas i Figur 3 för perioden 2000-2010. Inga statistiskt säkerställda förändringar kan konstateras över perioden 2000-2010 utifrån Mann-Kendall analys.



Figur 3. Årliga värden för nederbörd för Sverige som helhet för perioden 2000-2010 och för Norrland, Svealand och Götaland. Länsvis baserade data är summerade för landsdelar. Beräkningarna är gjorda utifrån griddade historiska data för dygnsmedelnederbörden, varje gridruta motsvarar en yta på 4x4 km. Länsmedelvärde baseras på samtliga beräkningspunkter i länet, dock ej punkter över hav, Vänern och Vättern. Källa: SMHI.

I Figur 4 visas nederbördsmängd under det hydrologiska året 2009/10 vid stationer inom Krondroppsnätet med mätningar över öppet fält. Inte heller för dessa mätningar finns några statistiskt säkerställda förändringar över perioden 2000-2010. Det framgår att nederbörden är avsevärt mindre i norra och östra Sverige, jämfört med de västra och södra delarna.



Figur 4. Nederbördsmängd under det hydrologiska året 2009/10 vid stationer inom Krondroppsnätet med mätningar över öppet fält under perioden 2000 - 2010.

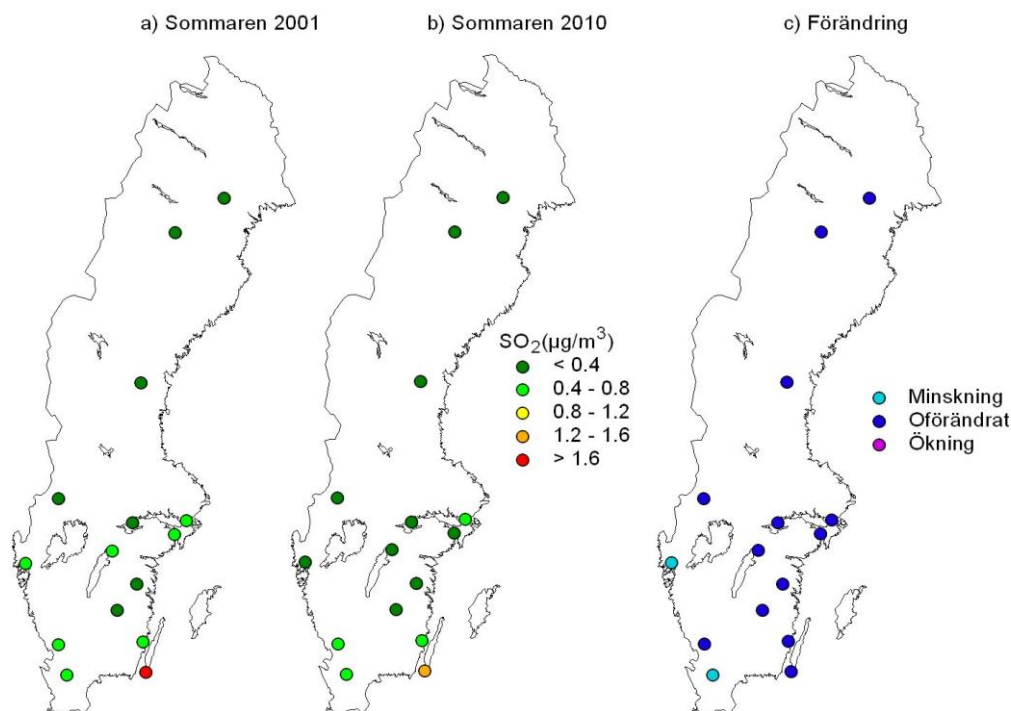
3.2. Lufthalter

Storleken på nedfallet av olika föroreningar till skogen beror av lufthalterna av dessa ämnen i kombination med nederbördsmängder. Därutöver spelar även ämnenas egenskaper roll vad gäller löslighet i nederbörd och depositions hastigheter. Mätningar av lufthalter vid Krondroppsytorna ger en vägledning hur halterna förändras över tiden, även om i synnerhet nedfallet med nederbörden främst beror av luftföroreningshalterna på hög höjd. Svaveldioxid (SO_2) ger genom ett antal kemiska reaktioner upphov till nedfall av sulfat (SO_4), medan kvävedioxid (NO_2) ger upphov till nedfall av nitrat (NO_3). På grund av att lufthalterna av ammoniak (NH_3) generellt är låga samt uppträder som förhöjda halter på ett mycket oregelbundet sätt som är svårt att behandla statistiskt, visas inte dessa halter här.

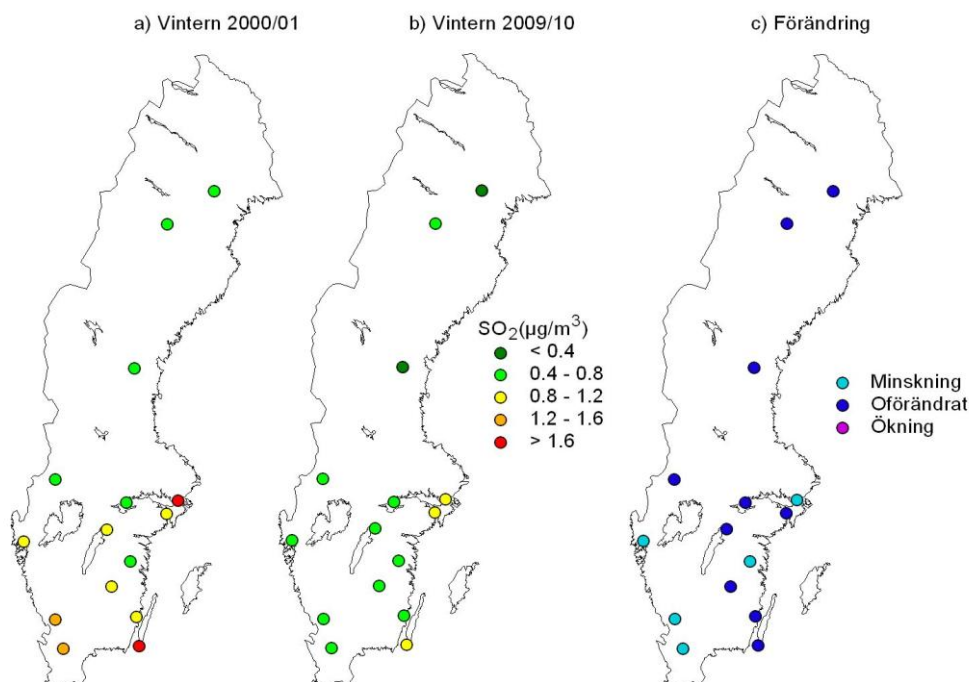
Ozonhalter övervakas både inom Krondroppsnätet och inom Ozonmättnätet i södra Sverige (Pihl Karlsson m. fl., 2011). Här redovisas resultaten från de mätningar som bedrivs inom Krondroppsnätet. Halterna redovisas som medelvärde för sommarhalvåret eftersom ozonhalterna är klart högst under denna del av året.

Vid många Krondroppsytor startade mätningar av lufthalter först 2001. Därför visas i Figurerna 5 – 9 uppmätta lufthalter för åren 2001 och 2010 tillsammans med en indikation om halterna har förändrats över perioden på ett statistiskt säkerställt sätt. Vad gäller halterna av SO₂ och NO₂ visas dessa som årliga medelvärden separat för sommar- och vinterhalvår.

Lufthalterna av SO₂ vintertid har minskat på ett statistiskt säkerställt sätt under åren 2001 – 2010 vid fem av totalt femton mätplatser över landet, i första hand lokaliserat till Götaland, men även för en plats i Stockholmsområdet. I början av perioden var halterna av SO₂ vintertid högre i Götaland och Stockholmsområdet, men skillnaderna har minskat. Även halterna av SO₂ sommartid var högre i södra delarna av landet. Detta har också utjämnats något och halterna har minskat signifikant vid två platser i västra och södra Sverige. De höga lufthalterna av SO₂ vid Ottenby, på Ölands södra udde, beror sannolikt på en påverkan från fartygstrafiken på Östersjön.



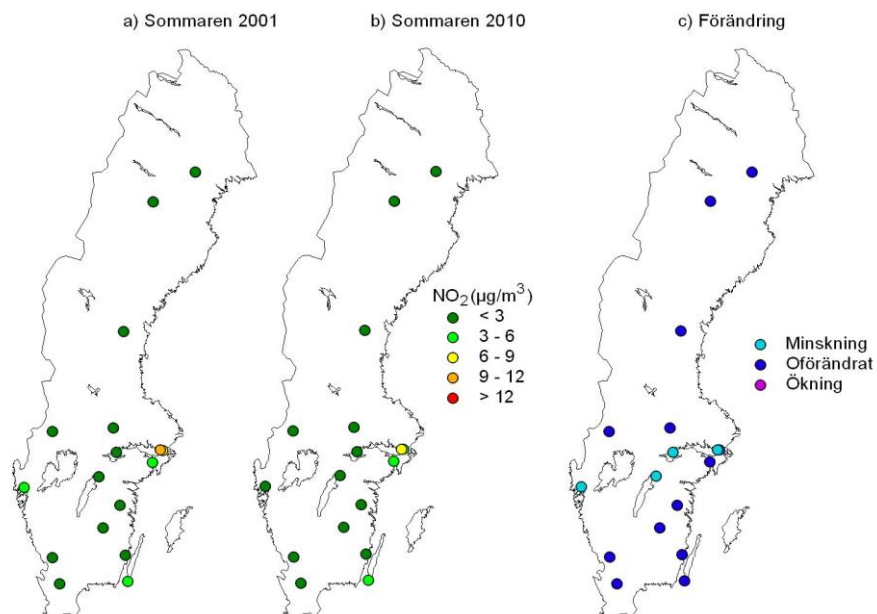
Figur 5. Lufthalter SO₂ sommartid (april – september) 2001, 2010 samt statistisk förändring mellan dessa år. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall.



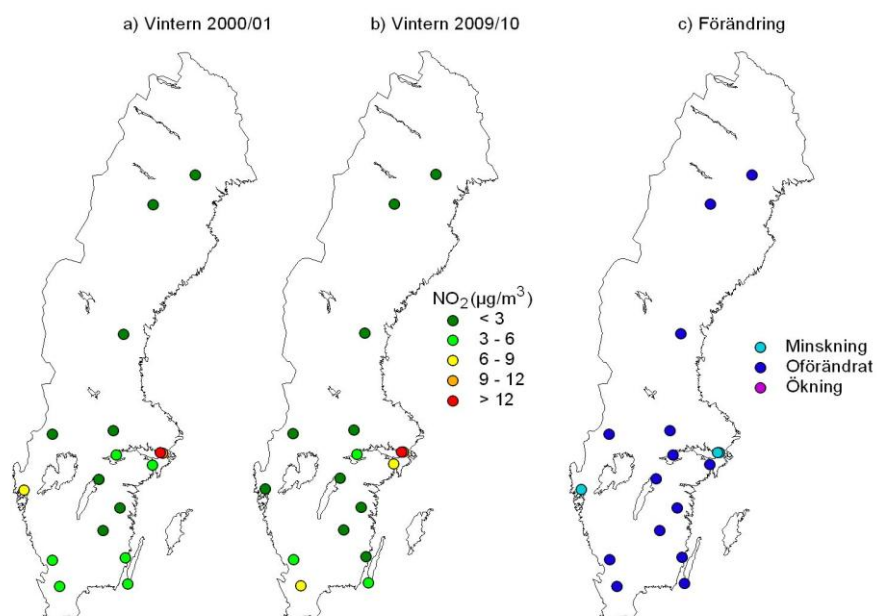
Figur 6. Lufthalter SO₂ vintertid (oktober – mars) 2000/01, 2009/10 samt statistisk förändring mellan dessa år. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall metodik.

Även lufthalterna av NO₂, såväl sommar- som vintertid, var högst i södra och västra Sverige samt i Stockholmsområdet. En signifikant minskning av halterna över perioden 2001-2010 noteras för två platser vintertid samt för fyra platser sommartid. Lufthalterna har inte ökat vid någon plats.

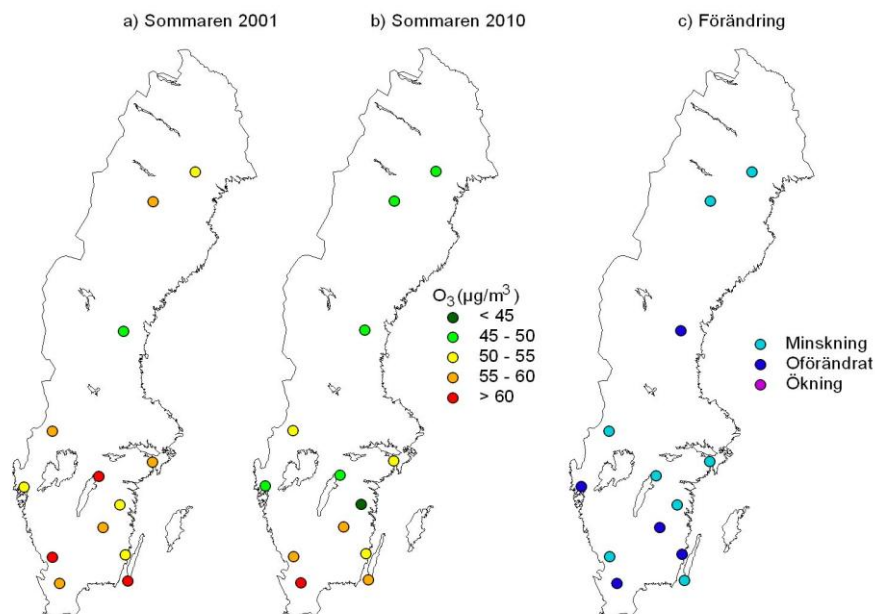
Ozonhalterna sommartid har minskat vid flertalet av de tretton mätplatserna under perioden 2001-2010. Minskningarna är jämnt fördelade över landet. Ozonhalterna som medelvärde är klart högst i södra delarna av landet. Det finns inte längre några målvärden inom miljökvalitetsmålet Frisk Luft som är baserade på medelhalt under sommarhalvåret.



Figur 7. Lufthalter NO₂ sommartid (april – september) 2001, 2010 samt statistisk förändring mellan dessa år. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall metodik.



Figur 8. Lufthalter NO₂ vintertid (oktober – mars) 2000/01, 2009/10 samt statistisk förändring mellan dessa år. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall metodik.

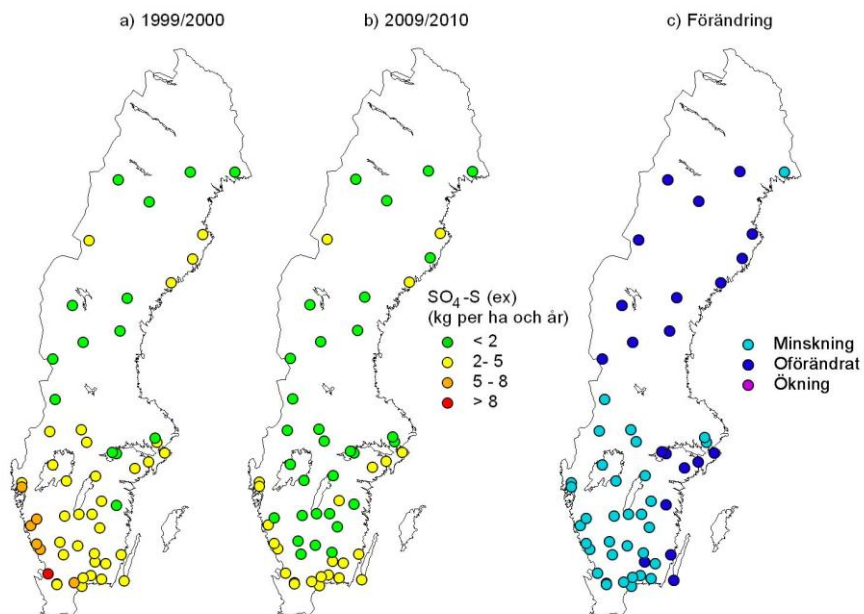


Figur 9. Lufthalter O₃ sommartid (april – september) 2001, 2010 samt statistisk förändring mellan dessa år. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall metodik.

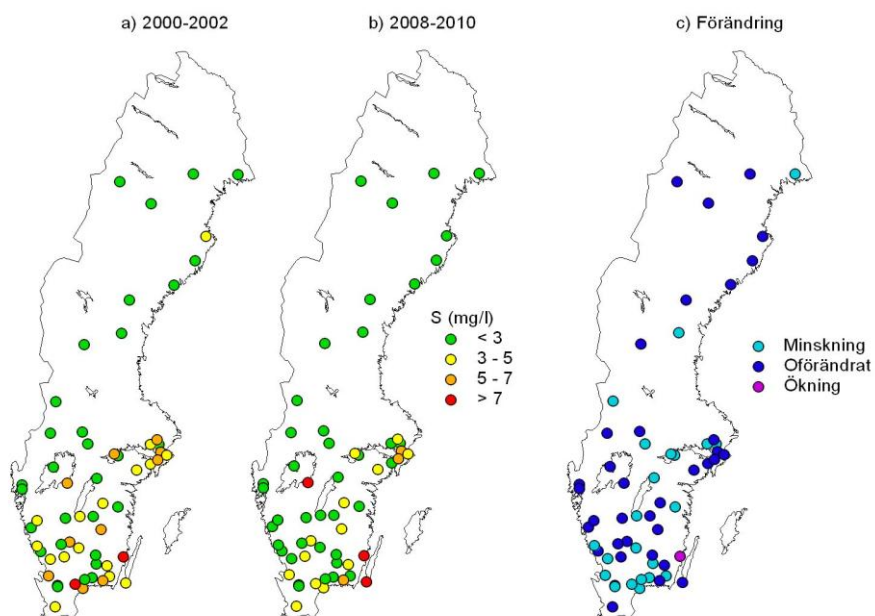
3.3. Försurning

Nedfallet av svavel till skogen, mätt som krondropp, har under perioden 2000 – 2010 minskat i stora delar av landet (Figur 10). Undantag är i huvudsak östra delarna av Götaland och Svealand samt hela Norrland, där svavelnedfallet varit oförändrat under perioden. Det är intressant att svavelnedfallet inte längre minskar vid de kustnära platserna vid Östersjön, vilket kan bero på att utsläppen från fartygstrafiken på Östersjön nu utgör en stor andel av de utsläpp som påverkar svavelnedfallet i dessa områden.

Förändringar av halterna av sulfat i markvattnet är fördröjda jämfört med minskningarna i nedfallet beroende på stora mängder upplagrat svavel i skogsmarkerna. Därför uppvisas inte samma mönster med statistiskt säkerställda minskningar av halterna av sulfat i markvattnet som i nedfallet (jämför Figurerna 10 och 11). Skillnader i lokala markförhållanden spelar sannolikt också stor roll för utvecklingen i markvattenkemin. Det finns en plats i Kalmar län, Rockneby där halterna av sulfat ökat signifikant under perioden.



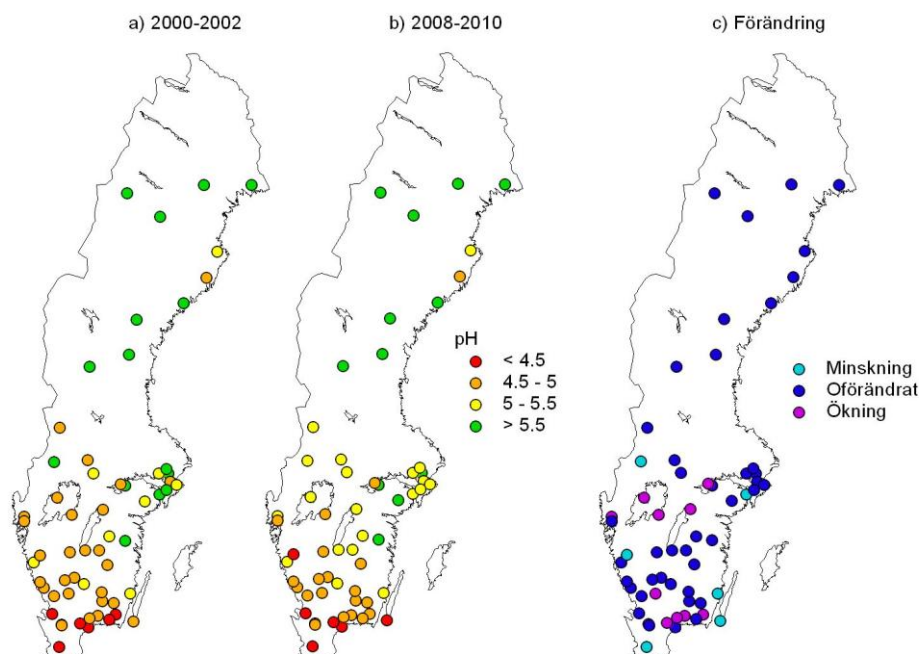
Figur 10. Svaveldeposition till skogen (krondropp) under två tidsperioder 1999/00 och 2009/10 samt statistisk förändring mellan dessa år. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall metodik.



Figur 11. Svavelkoncentration ($\text{SO}_4\text{-S}$) i markvattnen provtagna vid 50 cm djup under två tidsperioder 1999/00 – 2001/02 och 2007/08-2009/10 (medianvärde) samt statistisk förändring mellan dessa perioder. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall metodik.

Markvattnets pH förändrades i varierande grad under perioden vid olika platser i landet. pH ökade främst vid vissa platser i inlandet i södra och mellersta Sverige medan det

minskade vid ett antal kustnära platser samt en plats i Värmland, eller förblev oförändrat under perioden.



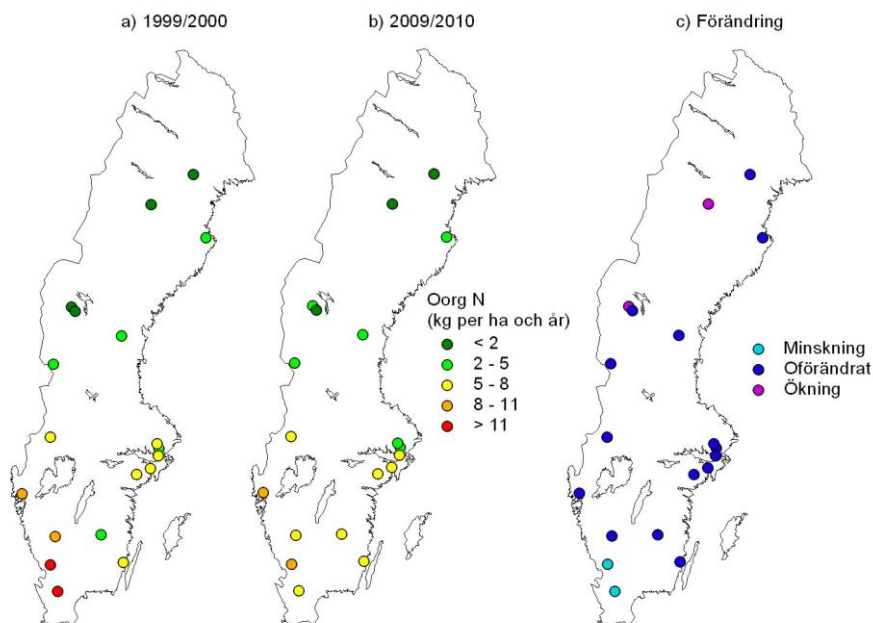
Figur 12. pH i markvatten provtagen vid 50 cm djup under två tidsperioder 1999/00 – 2001/02 och 2007/08–2009/10 (medianvärde) samt statistisk förändring mellan dessa perioder. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall metodik.

3.4. Övergödning

Uppskattningar av nedfallet av kväve till skogen dras med vissa metodproblem eftersom en viss andel av det kväve som deponeras på trädskronorna tas upp direkt av bladen och barren och därmed inte når insamlarna för krondropp. En nyligen vidareutvecklad metod med strängprovtagare (Karlsson m. fl., 2010b) kan användas för att kompensera för detta och resultaten från dessa beräkningar redovisas under kapitlen för respektive landsdel. Denna metod är ännu endast applicerbar för längre tidsperioder och tidsutvecklingen vad gäller det årliga nedfallet av kväve till skogen kan därför endast bedömas utifrån provtagningar på öppet fält. Dessa mätningar speglar i huvudsak våtdepositionen.

Det samlade nedfallet av oorganiskt kväve (nitrat + ammonium) över öppet fält har under perioden 2000 – 2010 minskat på ett statistiskt säkerställt sätt vid två platser i södra Sverige, medan det har ökat vid två platser i norra Sverige (Figur 13). I södra Sverige är det huvudsakligen nedfallet av nitrat som har minskat, medan det i norra Sverige huvudsakligen är nedfallet av ammonium som ökar. Ökande förekomst av ammonium i nedfallet i norra

Sverige har föreslagits till stor del bero på långväga transport av förorenad luft från omfattande biomassabränder i Ryssland med omnejd (Karlsson & Pihl Karlsson, 2008).

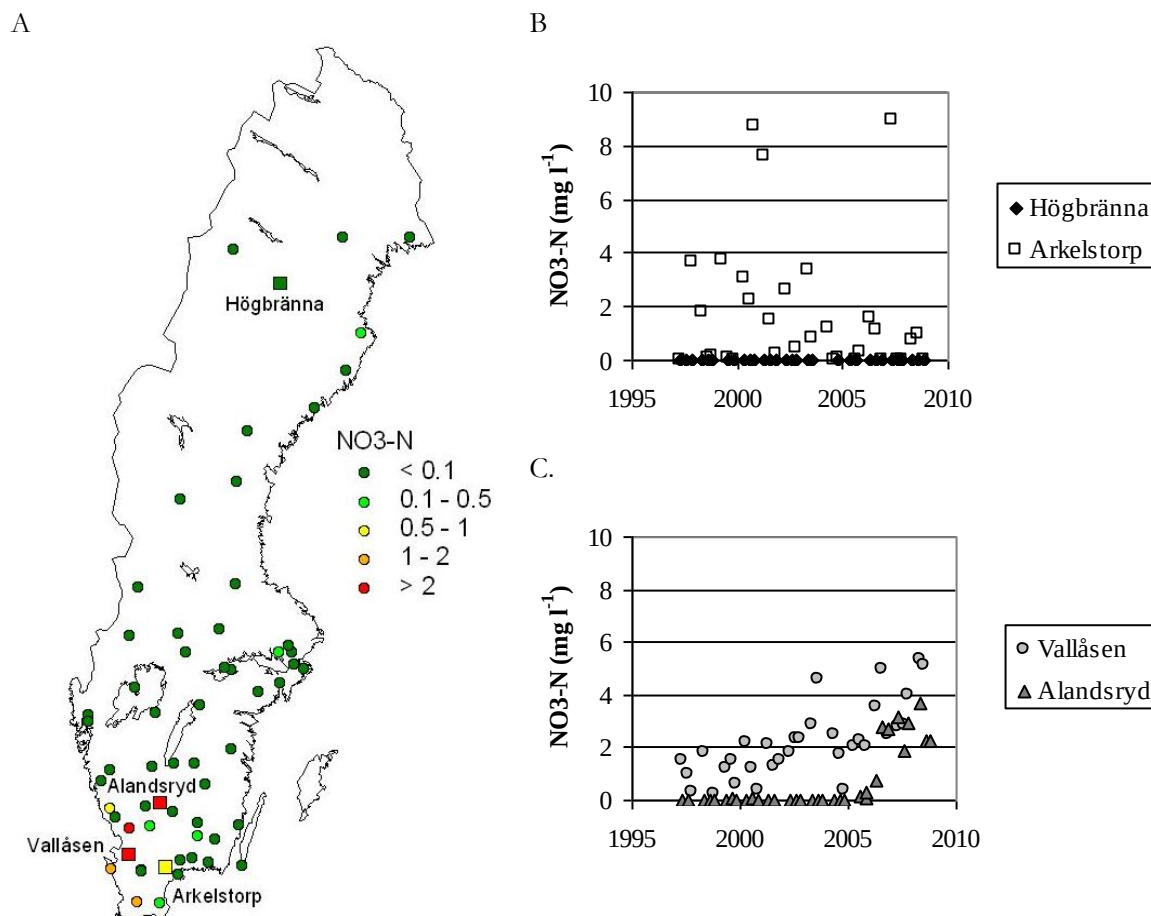


Figur 13. Deposition av oorganiskt kväve (öppet fält) under två tidsperioder 1999/00 och 2009/10 samt statistisk förändring mellan dessa år. Statistisk analys gjord med Mann-Kendall metodik.

Förhöjda koncentrationer av nitrat, och i viss mån ammonium, förekommer i markvattnet med mycket oregelbundna intervaller. Detta gör det svårt att tillämpa normala statistiska metoder för att beskriva variationer i tid och rum. Vi illustrerar därför hur nitrat förekommer i olika delar av landet genom att visa medianvärden för nitrathalter i markvattnet för en treårsperiod i mitten av 2000-talet. Dessutom visar vi exempel på nitrathalter under en period 1997 – 2008 för fyra platser, för att illustrera skillnader mellan norra och södra Sverige samt för att illustrera ökande halter av nitrat i markvattnet efter störningar såsom efter stormen Gudrun.

I avsnitten nedan för olika landsdelar visar vi ett mer avancerat system för att klassificera nitrathalten i markvattnet.

Det är tydligt att de högsta halterna av nitrat i markvattnet förekommer i de sydvästra delarna av landet (Figur 14). I exemplet från Arkelstorp, en granskog i nordöstra Skåne, förekommer förhöjda halter av nitrat i markvattnet mycket frekvent, medan det inte alls förekommer vid Högbränna, i en granskog i Västerbottens läns inland. Granytorna vid Vallåsen, på Hallandsåsen, och vid Alandsryd, i Jönköpings län, påverkades i varierande grad av stormen Gudrun i januari 2005 och halterna av nitrat i markvattnet ökade påtagligt efter detta.



Figur 14. Nitratkväve (NO₃-N) i markvattnen provtagna vid 50 cm djup på 60 aktiva ytor. (A). Medianvärden för perioden 2005/06 – 2007/08, tre mätningar per år per lokal. Enhet mg N/ l. Fyrkanterna i kartan visar de fyra lokalerna vars tidsserie från 1997-2008 visas i figur B och C. Tidsserierna för Högrädda (Västerbotten) och Arkelstorp (Skåne) illustrerar skillnaden mellan norra och delar av södra Sverige (B). Tidsserierna för Vallåsen och Alandsryd visar skillnaden av stormeffekten i januari 2005 som orsakade ökande nitratkoncentrationer i markvattnet.

4. Luftföroreningssituationen i landsbygds miljön i Norrland

För att uppnå en differentierad bedömning av luftföroreningssituationen i olika delar av Norrland delades Norrland upp i olika geografiska områden (Figur 15) baserat på närhet till kust samt gradienten av nedfall som går från sydväst mot nordöst; kustlandet (kustnära platser i Norrbottens, Västerbottens och Västernorrlands län (Gammelgården, Holmsvattnet, Bäcksjö, Lakamark)); södra inlandet (södra Jämtlands län samt inre Västernorrlands län (Nymyran, Storulvsjön, Sör-Digertjärn)); norra inlandet (inre Västerbottens län samt Norrbottens län (Myrberg, Ammarnäs, Högrännan)); hög höjd (platser på hög höjd i Jämtlands län (Fiskåfjället, Hundshögen)). Varje område omfattar 2-4 mätplatser. Ingen uppdelning görs i denna analys på olika trädslag.

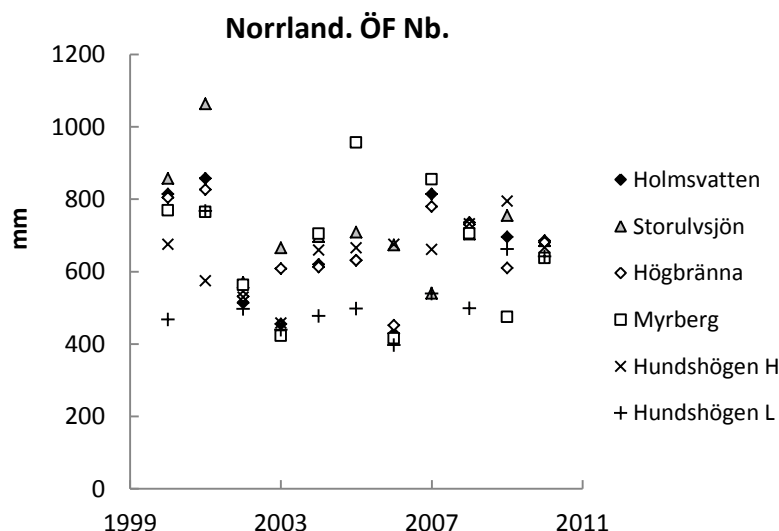
Statistiskt säkerställda förändringar över tid analyserades med Mann-Kendall- respektive Seasonal-Kendall-analys.



Figur 15. Norrland är uppdelat i olika geografiska områden baserat på närhet till kust och fjäll samt gradienten av nedfall som går från syd mot nord; södra inlandet (södra Jämtlands län samt inre Västernorrlands län); hög höjd (platser på hög höjd i Jämtlands län); norra inlandet (inre Västerbottens län samt Norrbottens län) samt kustlandet (kustnära platser i Norrbottens, Västerbottens och Västernorrlands län).

4.1. Nederbördsförändringar vid krondroppslokalerna under perioden

Nederbördsmätningar över öppet fält bedrevs i Norrland, under perioden 2000-2010, endast vid 5 lokaler (6 lokaler om man räknar med en mätning på hög höjd i Jämtland). Nederbördsmätningarna genomförs i anslutning till krondroppsmätningarna. Nederbördsmängderna varierade kraftigt mellan mätplatserna. Det fanns dock inte någon signifikant trend med ökande eller minskande mängder under perioden 1999/00 till 2009/10 för någon plats i Norrland, Figur 16 och Tabell 1. Minst nederbördsmängd uppmättes vid ytan på låg höjd i Hundshögen, knappt 500 mm som median hela tidsperioden. Högst nederbörd under perioden, baserat på medianvärdet, hade inlandslokalerna Myrberg i norr och Storulvsjön i söder, med omkring 700 mm som medianvärde. De nederbördsrikaste åren var 2000 och 2001 och de nederbördsfattigaste åren var 2003 och 2006.



Figur 16. Tidsutvecklingen för nederbörd (Nb) över öppet fält (ÖF) vid olika platser i Norrland under 2000-talet.

Tabell 1. Statistisk information från Mann-Kendall-analys av trender för årlig nederbörd, uppmätt inom Krondroppsnätet på öppet fält. Medianvärdet för Norrland är beräknat utifrån årsvisa medelvärden för samtliga lokaler. Medianvärdet avser perioden 2000-2010.

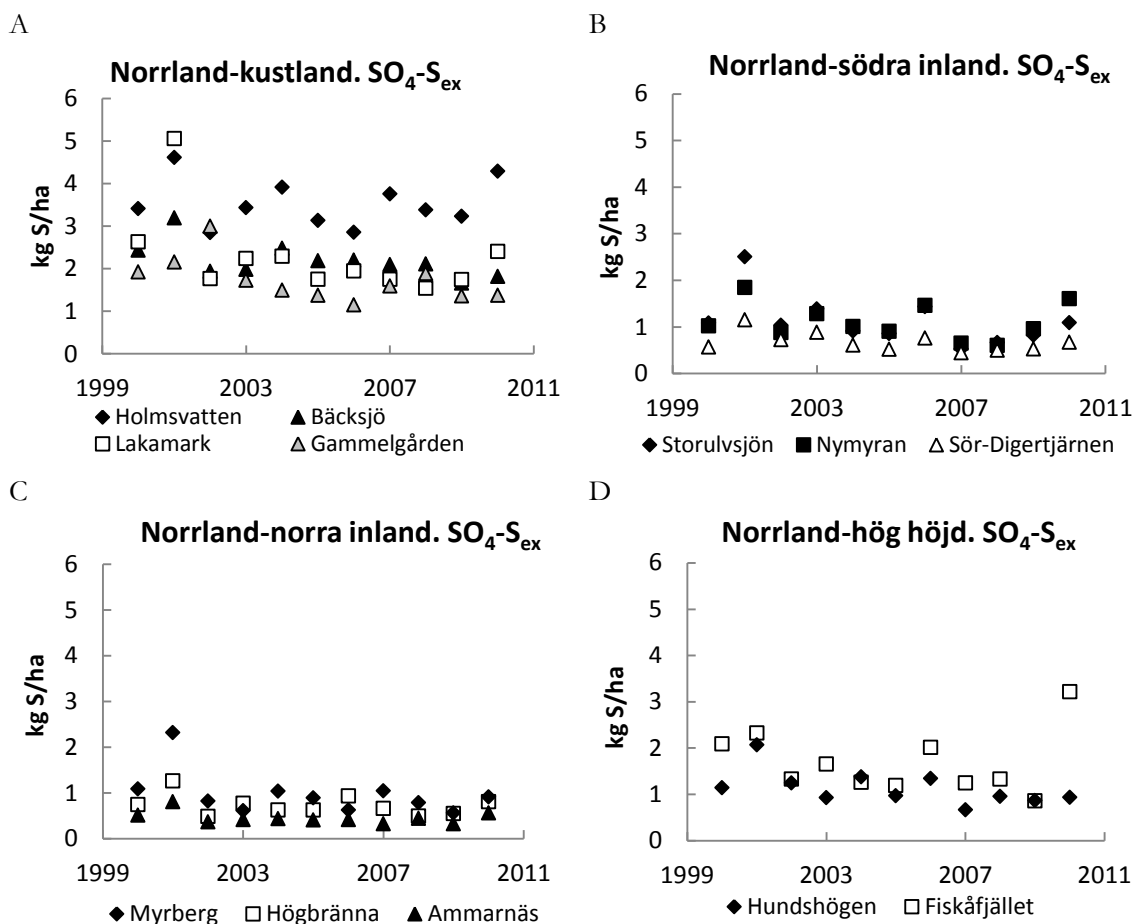
Plats	Medianvärde	signifikans	Förändring, % årligen
Holmsvatten	685	n.s.	-1
Storulvsjön	696	n.s.	-1
Högrännan	631	n.s.	-1
Myrberg	705	n.s.	-2
Hundshögen H	665	n.s.	+3
Hundshögen L	497	n.s.	+2
Norrland	666	n.s.	-1

4.2. Vart är försurningen på väg?

4.2.1. Det sura nedfallet minskar knappt under 2000-talet

Svavelnedfallet till skogen har under 2000-talet minskat signifikant som medelvärde för Norrlands kustland samt för en mätplats, Gammelgården (Figur 17, Tabell 2). I genomsnitt var den årliga minskningen för Norrlands kustland ca 2 % under perioden 2000 – 2010 och för Gammelgården 5 %. Inget annat område eller lokal i Norrland visade någon statistiskt signifikant minskning vad gäller svavelnedfall till skogen, men det finns tendenser till minskning på flera lokaler.

Svavelnedfallet i Norrlands kustland varierar mellan 1,5 och 4 kg S/ha/år med störst nedfall vid Holmsvatten, vilket sannolikt beror på lokala utsläpp. Nedfallet i Holmsvatten har de senaste åren varit på samma nivå som den högst belastade ytan i Svealand, belägen i Stockholms län. Vid övriga kustlokaler varierar svavelnedfallet mellan 1,5 och 2,5 kg S/ha/år. Lägst svaveldeposition finns som väntat i norra Norrlands inland på strax under 1 kg S/ha/år. Svavelnedfallet i Norrland följer det generella nedfallsmönstret i norra Sverige med högst nedfall längs kusten och minst i norra Norrlands inland.



Figur 17. Tidsutvecklingen för nedfallet av sulfatsvavel (exklusive havssalt) i olika delar av Norrland under 2000-talet mätt som krondropp. Norrland, kustland (A), Norrland, södra inland (B), Norrland, norra inland (C), Norrland, hög höjd (D).

Tabell 2. Statistisk information från Mann-Kendall-analys av trender för årlig deposition av SO₄-S (exklusive bidrag från havssalt) till skog i Norrland, uppmätt som krondropp. Medianvärdet för de olika områdena är beräknade utifrån årsvisa medelvärde för olika lokaler. Medianvärdet för Norrland är beräknat utifrån årsvisa medelvärden för olika områden. n.s.= ej signifikant; * signifikant p<0,05; ** signifikant p<0,01; *** signifikant p<0,001; medianvärde avser median av årliga värden inom perioden 2000-2010. Medianvärdet avser perioden 2000-2010. Förändring avser årlig procentuell förändring.

SO ₄ -S, kg S/ ha/ år				SO ₄ -S, kg S/ ha/ år			
Plats	Median-värde	Signifi-kans	Förän-dring, %	Plats	Median-värde	Signifi-kans	Förän-dring, %
Holmsvatten	3,4	n.s.	0	Storulvsjön	1,0	n.s.	-5
Bäcksjö	2,1	n.s.	-3	Nymyran	1,0	n.s.	-3
Lakamark	1,9	n.s.	-5	Sör-Digertjärnen	0,6	n.s.	-5
Gammelgården	1,6	*	-5				
Område kustland	2,3	*	-2	Område inland söder	0,9	n.s.	-3
Myrberg	0,9	n.s.	-4	Hundshögen	1,0	n.s.	-5
Högbränna	0,7	n.s.	-3	Fiskåfjället	1,3	n.s.	-5
Ammarnäs	0,4	n.s.	-2				
Område inland norr	0,7	n.s.	-3	Område hög höjd	1,3	n.s.	-5
Norrland	1,4	n.s.	-3				

4.2.2. Markvattnets sura egenskaper förändras i varierande grad

Markvattnets surhetsstatus beror av det försurande nedfallet och markens buffrande förmåga. Det är därför förväntat att variationen mellan de olika delarna av Norrland inte följer nedfallsgradienten lika tydligt som uppmätt nedfall. Stor variation mellan ytor inom samma område är även att förvänta, eftersom markegenskaperna kan variera på korta avstånd. Därför görs inga beräkningar av medelvärden för olika områden.

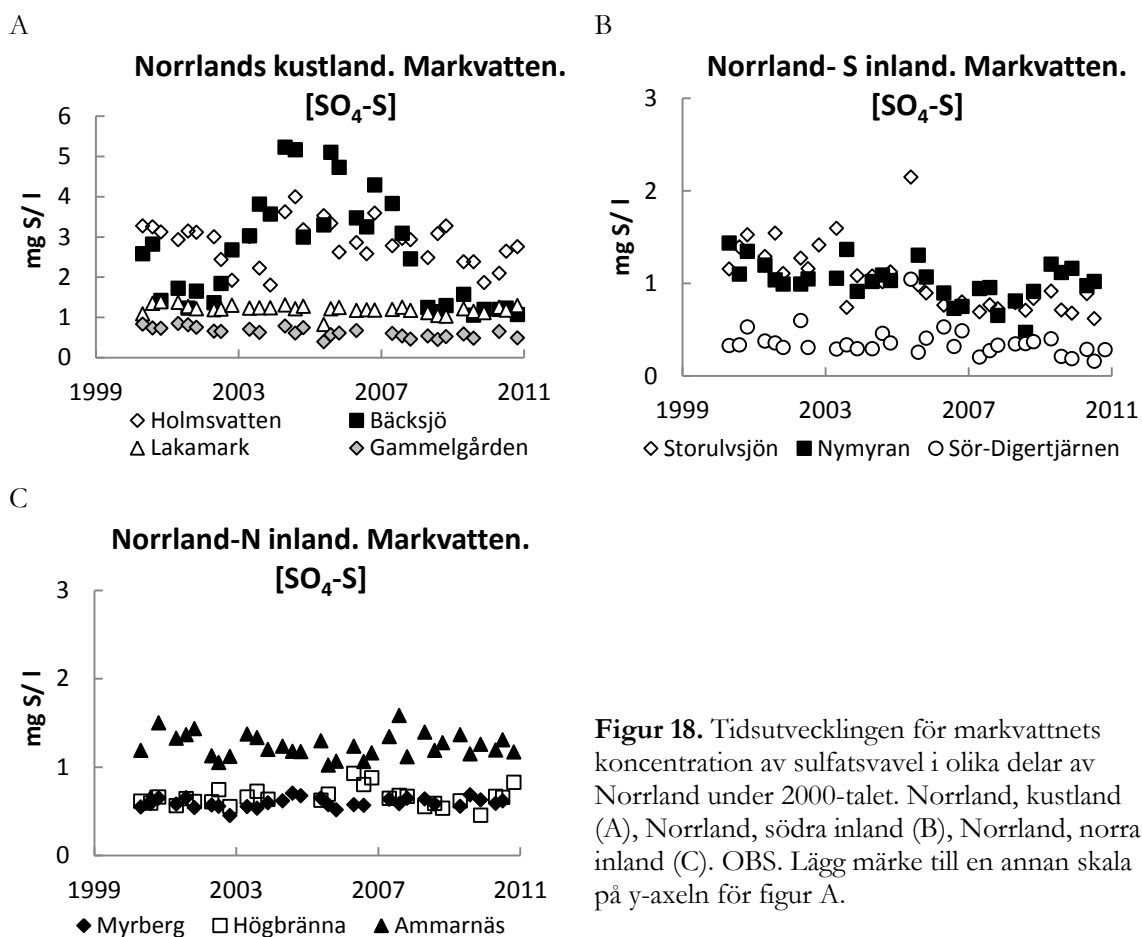
Halterna av SO₄ i markvattnet i Norrland visar en varierande utveckling under 2000-talet (Figur 18). Markvattenhalterna av SO₄ minskar mest i Storulvsjön i Västernorrlands län i sydöstra Norrland. Även i Norrbottens kustland vid Gammelgården minskade markvattenhalterna av sulfatsvavel statistiskt signifikant. Inga andra lokaler i Norrland visade några statistiskt signifikanta trender vad gäller sulfatsvavel i markvattnet under 2000-talet (Tabell 3), men det finns tendenser till minskning även på andra ytor.

Signifikanta ökningar i pH har inte noterats vid någon yta i Norrland under 2000-talet (Figur 19, Tabell 3). Detta var heller inte att förvänta eftersom sulfatsvavelhalten endast minskade signifikant på två av tio ytor, och minskningen även på dessa ytor var relativt liten.

Enligt bedömningsgrunderna för skogsmarkens surhetsgrad så råder hög surhetsgrad i pH-intervallet 4-4.4 och måttlig surhetsgrad i intervallet 4.4-5.5 (Naturvårdsverket, 1999). Detta

gäller markens B-horisont, där pH-värdet oftast är lägre än längre ner i markprofilen. Markvattendata från Krondroppsnätet kommer från 50 cm djup, där pH-värdet alltså kan förväntas vara högre. Vi har i denna studie använt oss av gränsen $<4,5$ för hög försurning och intervallet $4,5-5,0$ för måttlig försurning. Det är svårt att skilja luftföroreningarnas försurande effekter från skogsbrukets försurning, men i mark med pH-värden i dessa intervall är det troligt att försurande nedfall har haft en betydande påverkan.

Vid Norrlands kustland finns två lokaler, Bäcksjö och Holmsvattnet, där pH i markvattnet är mellan 4,5 och omkring 5. I Bäcksjö har pH varierat mellan strax över 4,5 och knappt 5, vilket enligt intervallen ovan innebär måttlig försurning, ibland nära kraftig försurning. Markvattnets pH i Holmsvatten har varit omkring eller strax över 5, vilket är på den övre gränsen till måttlig försurning. Av de ytor som är aktiva nu, tillhör Holmsvatten och Bäcksjö de ytor som tagit emot mest nedfall under de 13-19 år som mätningar pågått.

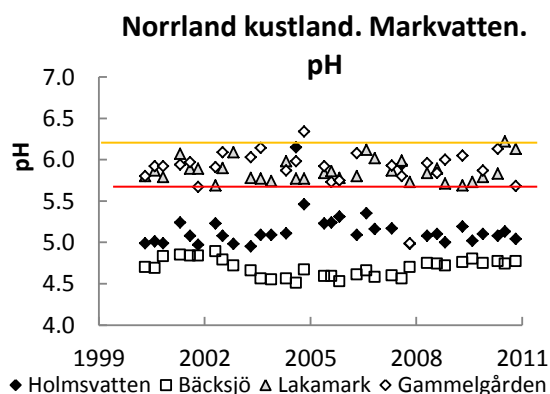


Figur 18. Tidsutvecklingen för markvattnets koncentration av sulfatsvavel i olika delar av Norrland under 2000-talet. Norrland, kustland (A), Norrland, södra inland (B), Norrland, norra inland (C). OBS. Lägg märke till en annan skala på y-axeln för figur A.

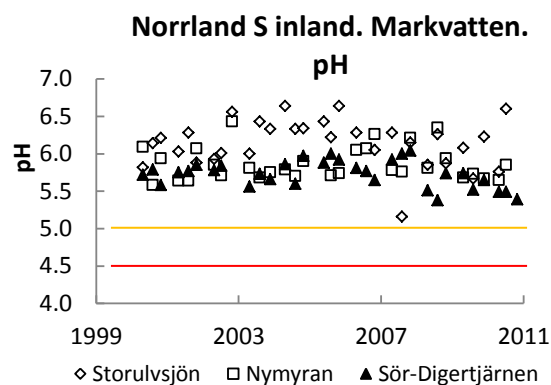
Tabell 3. Statistisk information från Seasonal-Kendall-analys av trender för koncentrationer av SO₄-S, uppmätt i markvattnet. n.s.= ej signifikant; * signifikant p<0,05; ** signifikant p<0,01; *** signifikant p<0,001; Medianvärdet avser perioden 2000-2010.

SO ₄ -S, mg S/ l			SO ₄ -S, mg S/ l		
Plats	Median-värde	Signifikans	Plats	Median-värde	Signifikans
Holmsvatten	2,9	n.s.	Storulvsjön	1,0	** (minskande)
Bäcksjö	2,6	n.s.	Nymyran	1,0	n.s.
Lakamark	1,2	p=0.06 (minskande)	Sör-Digertjärnen	0,3	n.s.
Gammelgården	0,6	** (minskande)			
Myrberg	0,6	n.s.			
Högbränna	0,6	n.s.			
Ammarnäs	1,2	n.s.			

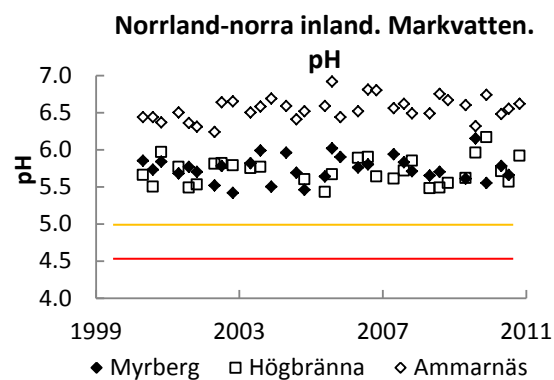
A



B



C



Figur 19. Tidsutvecklingen för markvattnets pH i olika delar av Norrland under 2000-talet. Norrland, kustland (A), Norrland, södra inland (B), Norrland, norra inland (C). Röd linje markerar pH 4,5, vilket utgör en gräns varunder markvattnet får anses som betydligt försurat. Orange linje markerar pH 5,0, varunder markvattnet kan betecknas som måttligt försurat.

Tabell 4. Statistisk information från Seasonal-Kendall-analys av trender för pH, uppmätt i markvattnet. n.s.= ej signifikant; * signifikant $p < 0,05$; ** signifikant $p < 0,01$; *** signifikant $p < 0,001$; Gul bakgrund markerar pH $< 5,0$ och $> 4,5$, där det får anses finnas en risk för negativa effekter av försurning av markvattnet. ↓, minskning; ↑, ökning. Medianvärdet avser perioden 2000-2010.

pH			pH		
Plats	Median-värde	Signifikans	Plats	Median-värde	Signifikans
Holmsvatten	5,1	n.s.	Storulvsjön	6,2	n.s.
Bäcksjö	4,7	n.s.	Nymyran	5,8	n.s.
Lakamark	5,8	n.s.	Sör-Digertjärnen	5,7	n.s.
Gammelgården	5,9	n.s.			
Myrberg	5,7	n.s.			
Högbränna	5,7	n.s.			
Ammarnäs	6,6	n.s.			

4.2.3. Sammanfattning av försurningen av skogen i Norrland under 2000-talet

Sammanfattningsvis har nedfallet av sulfatsvavel (exklusive bidraget från havssalt) till skogen i Norrland under 2000-talet minskat signifikant endast vid en lokal i norra delen av Norrlands kustland, med 5 % årligen. På flera andra lokaler finns det dock tendenser till minskningar.

Som ett medianvärde för perioden representativt för alla mätplatser i Norrland ligger det årliga nedfallet under 2000-talet på 1,4 kg S/ha. Svavelnedfallet på lokalerna i Norrland följer det generella nedfallsmönstret i Norrland med högst nedfall längs kusten och lägst i norra Norrlands inland.

Vid Gammelgården i Norrbottens norra kustland och vid Storulvsjön i Västerbotten har halterna av sulfatsvavel i markvattnet minskat till följd av minskat nedfall. Vid övriga mätplatser syns inga statistiskt säkerställda förändringar för perioden 2000-2010. Inte heller pH i markvattnet visar några statistiskt säkerställda förändringar under 2000-talet.

På två mätplatser i Norrland är pH mellan 4,5 och omkring 5, och de bedöms som måttligt försurade. Båda ligger i Norrlands kustland, och har haft jämförelsevis högt svavelnedfall de senaste årtiondena. Inga tendenser till minskad försurning finns på dessa lokaler.

4.3. Förändras övergödningsproblematiken?

4.3.1. Nedfallet av kväve ökar i Norrland

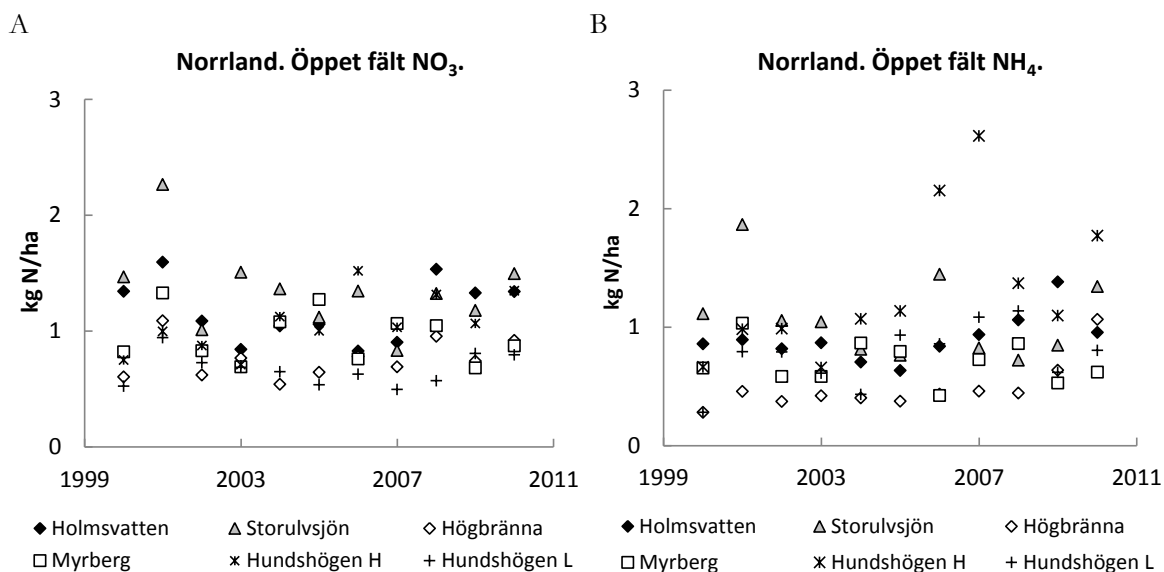
Det samlade kvävenedfallet till skogsekosystemen, inkluderat både torr- och våtdeposition, är svårt att mäta därför att träden tenderar till att ta upp delar av nedfallet direkt i träd Kronorna. Detta gör att särskilt torrdepositionen av kväve är svår att mäta. Våtdepositionen kan uppskattas relativt väl utifrån mätningar över öppet fält, även om det sker en viss torrdeposition till uppsamlingstrattarna.

En nyligen utvecklad metod för att beräkna totaldepositionen av kväve till skogsekosystemen, baserad på s.k. strängprovtagare, beskrivs nedan. Denna metod är dock ännu framtagen endast för att beräkna medelvärden för nedfallet över längre perioder, flera år. Detta gör att förändringar av kvävenedfallet till skogen i Sverige över tiden endast kan analyseras baserat på mätningarna över öppet fält, vilket inkluderar i huvudsak våtdepositionen med ett visst litet bidrag från torrdepositionen.

Kvävenedfallet på öppet fält varierar mellan åren, till stor del styrt av variationer i nederbörd (Figur 20). Minst nedfall under 2000-talet uppmättes i den nordliga ytan, Högbränna, där nedfallet av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) oftast varierade mellan 1 och 2 kg. Högst nedfall av oorganiskt kväve uppmättes vid Storulvsjön i södra Norrland där nedfallet varierade mellan strax under 2 kg/ha/år till strax över 4 kg/ha/år under 2000-talet. Nedfallet till skog bedöms vara något högre på grund av torrdepositionen. Detta kan jämföras med den empiriska kritiska belastningsgränsen för kväve som inom LRTAP-arbetet fastställts till 5-10 kg per hektar och år för boreala skogar (U.N. Economic and Social Council, 2010). Sverige har valt att använda den lägre gränsen, 5 kg per hektar och år, vid den senaste rapporteringen till CCE (Coordination Centre for Effects) i mars 2011.

Tidigare har ingen statistiskt säkerställd förändring av kvävenedfallet över öppet fält (huvudsakligen våtdeposition) över tiden kunnat konstateras utifrån mätningar inom Kron dropps nätet (Karlsson m.fl., 2010a). I den analys av kvävenedfall över öppet fält för perioden 2000-2010 som genomförts i detta års rapportering inom Kron dropps nätet konstateras en statistiskt säkerställd nedgång i Götaland men ej i Svealand (Pihl Karlsson et al, 2011a & b). Inom en nyligen genomförd analys har en nedgång av depositionen över öppet fält kunnat konstateras inom Luft- och Nederbördskemiska nätet för ett område i västra Götaland (Sjöberg m. fl., 2011). I övriga delar erhöles inga statistiskt signifikanta trender i den studien.

I Norrland ökade nedfallet av nitratkväve under 2000-talet signifikant med 4 % per år vid Hundshögen (1250 m.ö.h.) i Jämtlandsfjällen, Figur 20. I övrigt erhöles inga statistiskt säkerställda förändringar för nedfallet av nitrat i Norrland (Tabell 5). Att kvävenedfallet ökar i fjällen kan ha stor betydelse på den biologiska mångfalden i området. Även nedfallet av ammoniumkväve ökade signifikant på hög höjd, med 8 % årligen i Hundshögen, Figur 20. Nedfallet av ammoniumkväve ökade med 6 % årligen under 2000-talet även vid Högbränna i Västerbotten (Figur 20, Tabell 6). Även som ett medelvärde för Norrland var ökningen av ammoniumnedfallet signifikant.



Figur 20. Tidsutvecklingen för nedfallet av nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N) över öppet fält (ÖF) vid olika platser i Norrland under 2000-talet. Nedfall av NO₃-N (A), Nedfall av NH₄-N Norrland, sydost (B).

Tabell 5. Statistisk information från Mann-Kendall-analys av trender för årligt nedfall av NO₃-N, uppmätt på öppet fält. Ett medelvärde för de sex mätplatserna antas som representativt för Norrland. Medianvärdet för Norrland är beräknat utifrån årsvisa medelvärden för samtliga lokaler. Medianvärdet avser perioden 2000-2010.

Plats	Medianvärde	signifikans	Förändring, % årligen
Holmsvatten	1,1	n.s.	0
Storulvsjön	1,3	n.s.	-2
Högbränna	0,7	n.s.	+3
Myrberg	0,9	n.s.	-2
Hundshögen H	1,0	*	+4
Hundshögen L	0,6	n.s.	-2
Norrland	1,0	n.s.	+1

Tabell 6. Statistisk information från Mann-Kendall-analys av trender för årligt nedfall av NH₄-N, uppmätt på öppet fält. Ett medelvärde för de sex mätplatserna antas som representativt för Norrland. Medianvärdet för Norrland är beräknat utifrån årsvisa medelvärden för samtliga lokaler. Medianvärdet avser perioden 2000-2010.

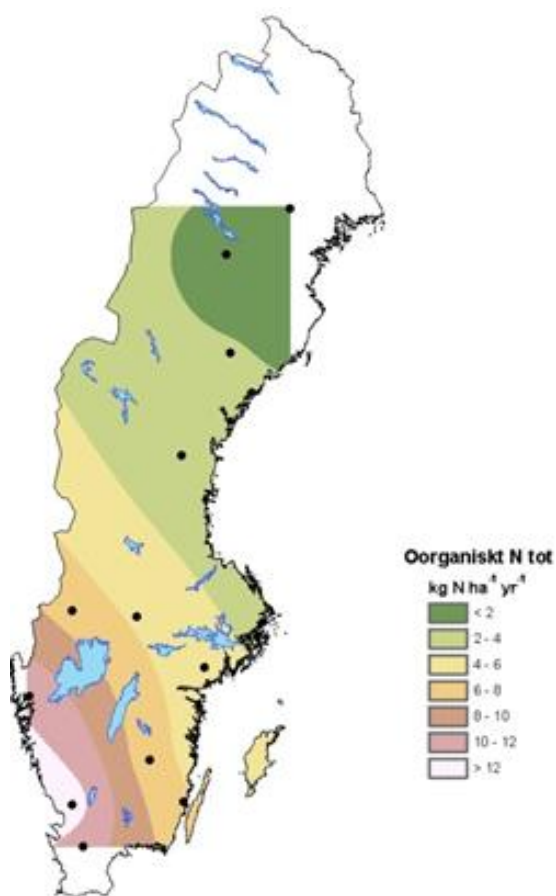
Plats	Medianvärde	signifikans	Förändring, % årligen
Holmsvatten	0,9	n.s.	+3
Storulvsjön	1,0	n.s.	-3
Högbränna	0,4	**	+6
Myrberg	0,7	n.s.	-2
Hundshögen H	1,1	*	+8
Hundshögen L	0,8	n.s.	+6
Norrland	0,9	*	+3

Det totala nedfallet av oorganiskt kväve, dvs summan av våt-och torrdepositionen, har beräknats med en nyligen utvecklad metod baserad på torrdepositionen till strängar av teflon placerade under tak, samt på nettokrondroppet av natrium (Karlsson m. fl., 2010b). De antaganden som ligger till grund för metoden är att depositionen av natrium inte påverkas av interaktioner (upptag och/eller läckage) med trädskronorna samt att den relativa fördelningen av torrdepositionen av olika ämnen är densamma till teflontrådarna som till trädskronorna. Resultaten från dessa beräkningar, som ett medelvärde för det årliga nedfallet för perioden 2003-2007 visas i Figur 21. Värdena gäller för granskog. Applikationen av metoden för övriga trädslag har ännu inte testats.

Nedfallet av oorganiskt kväve till skogen i Norrland avtar i en tydligt minskande gradient från sydväst mot nordost, Figur 21. Det beräknade kvävenedfallet är högst för södra och sydvästliga delarna av Norrland med ett totalt kvävenedfall på ca 2-4 kg/ha årligen. I mellersta delarna av Norrland är det beräknade totala kvävenedfallet mindre än 2 kg/ha/år. För delarna i allra nordligaste Norrland saknas provpunkter och ingen kartläggning har kunnat göras, men torrdepositionen av kväve är troligtvis mycket låg även där. Antalet punkter som kartläggningen omfattar är få och resultatet ger därmed endast en bild över den storskaliga gradienten i Sverige. Fler lokaler hade behövts för att kunna kartlägga regionala variationer, till exempel ökningen av nedfallet mot Norrlandskusten, som inte framträder i denna kartläggning.

Detta beräknade kvävenedfall stämmer väl överens med uppmätta nedfallet under 2000-talet då, som tidigare nämnts, det oorganiska kvävenedfallet vid Storulvsjön i södra Norrland varierade mellan 2-4 kg/ha/år och de 1-2 kg/ha/år som uppmättes vid den nordliga Högbränna.

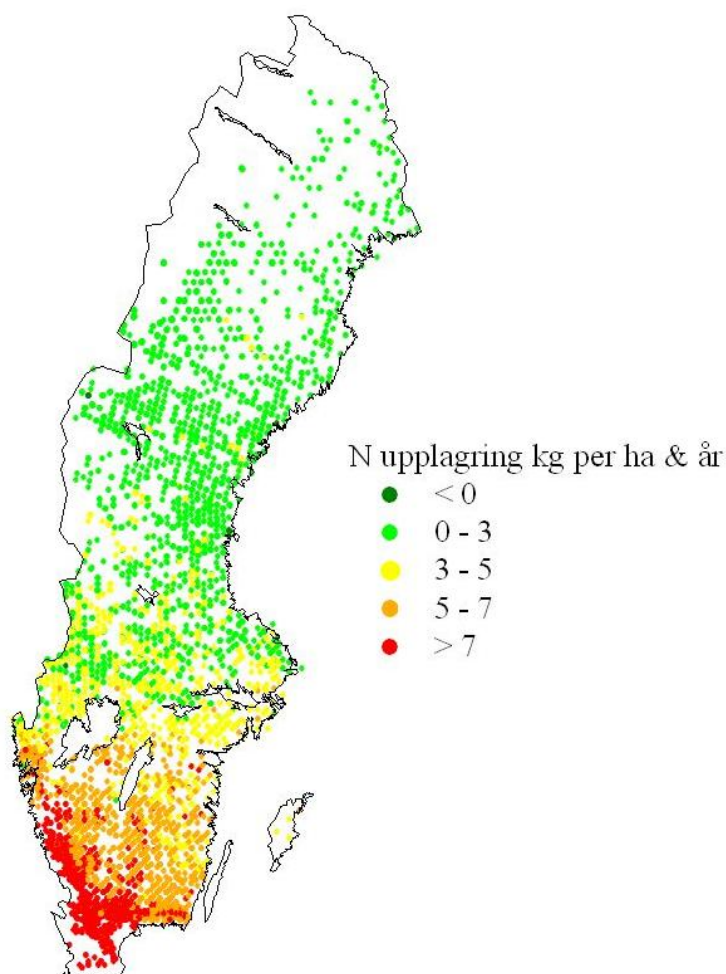
Resultaten tyder på att torrdepositionen av kväve är låg i Norrland, något som mätningarna med strängprovtagare i studien bekräftade (Karlsson m fl. 2010b).



Figur 21. Årligt nedfall av oorganiskt kväve till barrskog över Sverige, beräknat med den metod som tagits fram baserat på strängprovtagare (Karlsson m. fl., 2010b). Nedfallet utgör ett medelvärde över en längre period, 4-7 år, i de flesta fall perioden 2003-2007. Interpolering har utförts med kriging, baserat på beräknade data för 12 platser över landet, vilka illustreras med svarta punkter. Metoden kan endast integrera värden inom det område där det finns numeriska värden. Därför lämnas en stor del av norra Norrland och södra delen av Skåne utanför det område som integreringen täcker.

4.3.2. Begränsad kväveupplagring i skogsmark

Kväve lagras upp i skogsmark i Sverige, förutsatt att enbart stammar skördas, inte grenar, och toppar (grot), enligt näringsbalansberäkningar för kväve (Figur 22, Akselsson m. fl., 2010). Kväveupplagringen kan användas i bedömningar av risken för kväveutlakning från skogsmark. Risken är större i områden med hög upplagring, men det finns även många andra faktorer som spelar in, framför allt beståndsegenskaper. I södra Sverige är upplagringen relativt stor, över 7 kg per hektar och år, medan den i norra halvan av Sverige är avsevärt lägre. I Norrland varierar upplagringen enligt beräkningarna främst mellan 0 och 3 kg, medan det förekommer enstaka områden med en upplagring på strax över 3 kg. Om grot tas ut minskar upplagringen avsevärt, och i Norrland blir nettobalansen ofta negativ, det vill säga att mer kväve förs bort än det som tillförs (Akselsson m.fl., 2008).

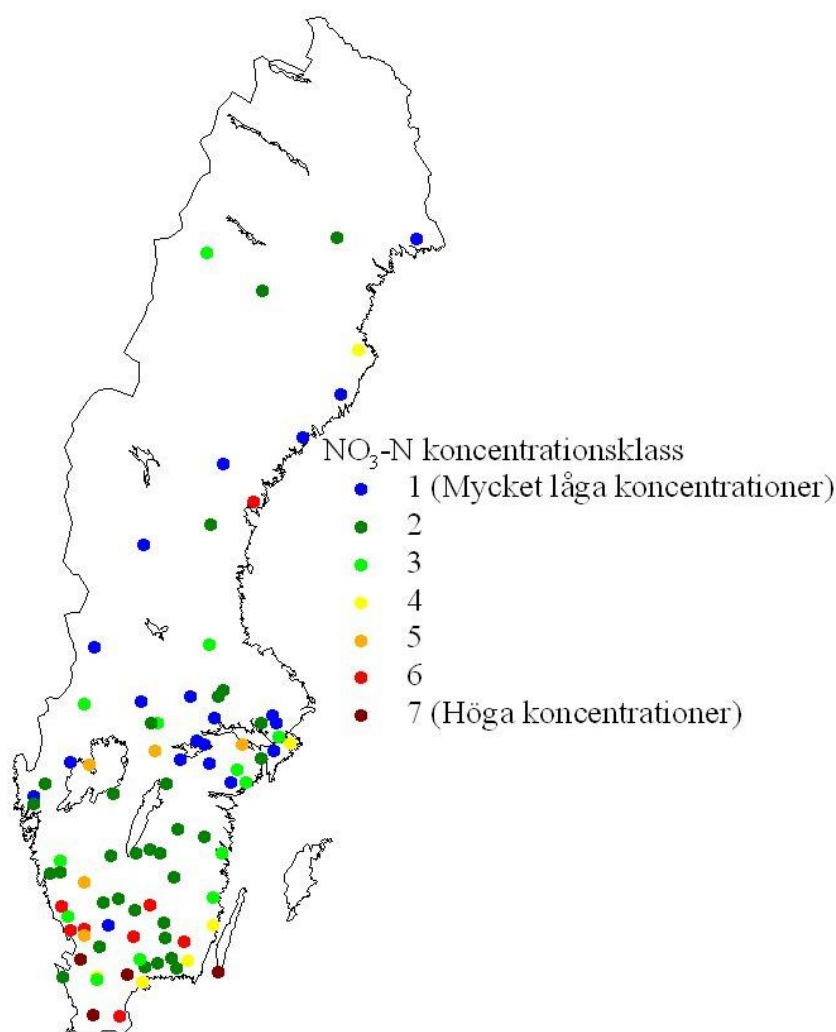


Figur 22. Kväveackumulering i granskog vid ett skogsbruksscenario med enbart stamvedsuttag, baserat på kvävenedfall nedfall från åren 2003-2005 (medelvärde). (Akselsson m. fl., 2010).

4.3.3. Låga halter av nitratkväve i markvattnet

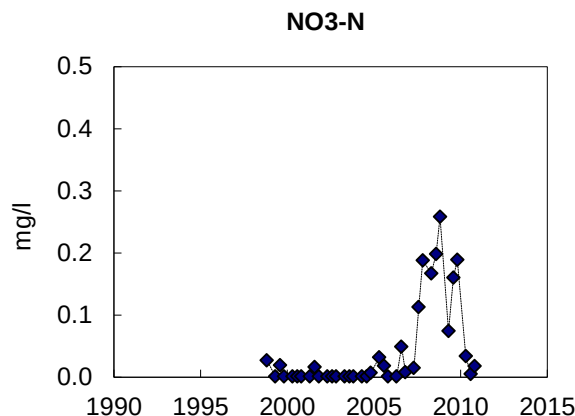
I de flesta fall är halten nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvattnet mycket låg, eftersom träden normalt tar upp allt kväve. Vid flera av krondroppsytorerna i Sverige är dock halterna kraftigt förhöjda. Detta är ett tecken på kvävemättnad, det vill säga att mängden kväve överskrider behovet hos träd, övrig vegetation och mikroorganismer. Figur 23 visar en klassificering av krondroppsytor i sju klasser baserat på halten $\text{NO}_3\text{-N}$ i markvattnet. Klassificeringen är baserad på tidsserier som sträcker sig fram till år 2007, för de ytor som var aktiva då, samt även på tidsserier som sträcker sig till 2006, för de ytor som avslutades då (Akselsson m. fl., 2010). Detta innebär att flera av ytor i Figur 23 inte längre är aktiva, samt att förändringar i koncentrationen av $\text{NO}_3\text{-N}$ som skett de senaste åren inte är inkluderade. De förhöjda

kvävehalter som beror på stormskador efter Gudrun är exkluderade ur analysen. Kartläggningen visar att frekvensen av ytor med förhöjda halter av $\text{NO}_3\text{-N}$ är avsevärt högre i sydvästra Sverige, med högst kväveackumulering, än i övriga delar av landet. I Norrland är det få av de aktiva ytorna som har haft eller har förhöjda halter av $\text{NO}_3\text{-N}$, och det finns inget exempel med kroniskt förhöjda halter, som det finns i de mer kvävebelastade delarna i sydvästra Sverige. Men även om den växande skogen normalt tar upp allt tillgängligt kväve så har den pågående kväveackumuleringen gjort systemet känsligt för störningar.



Figur 23. En översikt över mätplatser där nitrat förekommer i markvattnet mer eller mindre regelbundet (Akselsson m. fl., 2010).

I Figur 24 visas hur halterna av $\text{NO}_3\text{-N}$ i markvattnet vid Holmsvattnet i Västerbottens län ökat efter en störning i en granskog. Vid Holmsvattnet påverkades halterna av avverkningar i områden gränsande till provytan under 2002, samt av upprepningar av vindfällan efter en storm i november 2006.



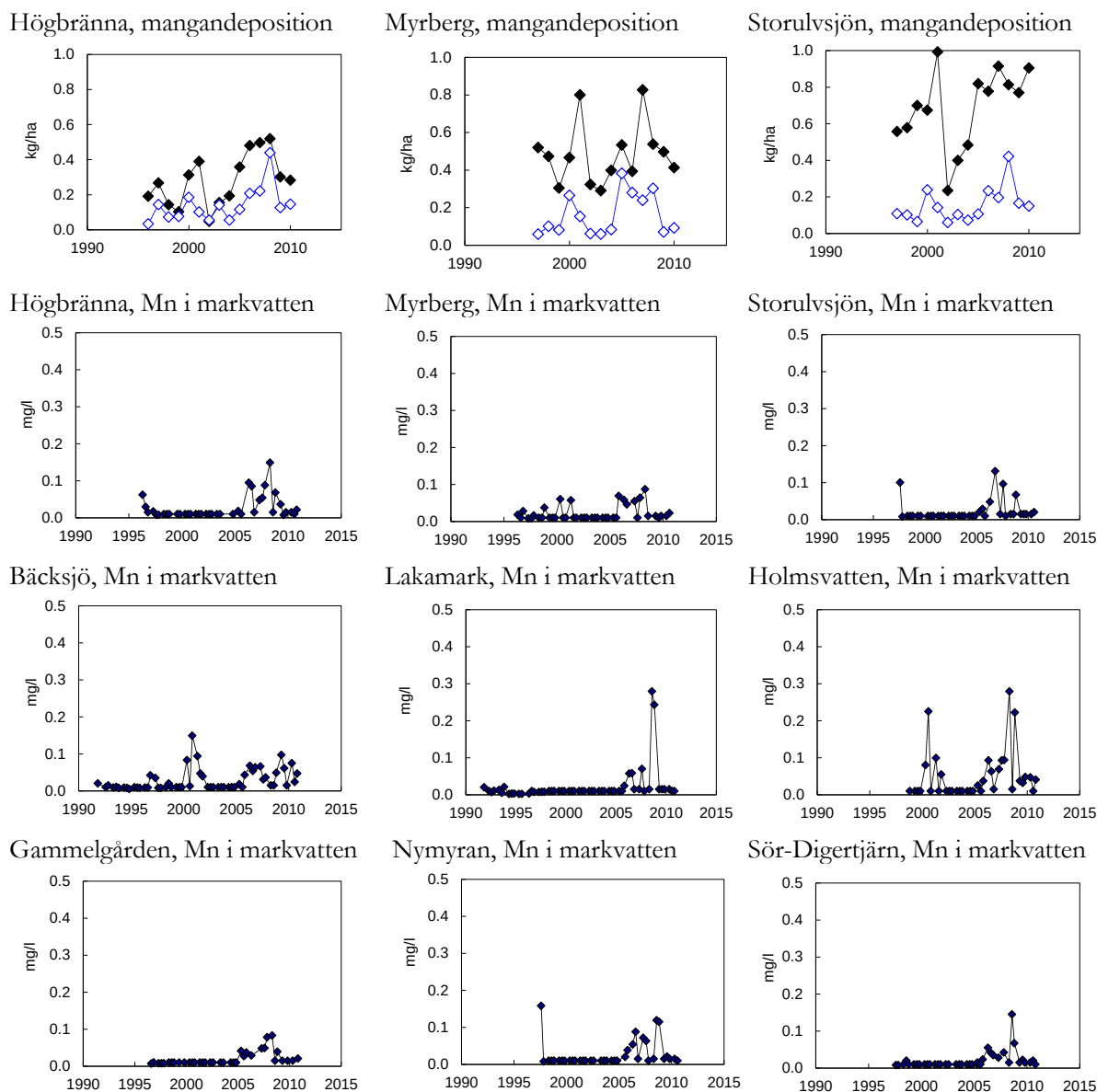
Figur 24. Mätningar av koncentrationen av $\text{NO}_3\text{-N}$ i markvattnet Holmsvatten i Norrland, där markvattenhalterna påverkades av avverkningar i områden gränsande till provytan under 2002, samt av upprepningar av vindfällan efter en storm i november 2006.

4.3.4. Sammanfattning av kväveproblematiken i skogen i Norrland under 2000-talet

Sammanfattningsvis uppgår det årliga nedfallet av oorganiskt kväve till skogen i Norrland till mellan 2 och 4 kg/ha/år och i södra delarna till mellan 1 och 2 kg/ha/år längst norrut under 2000-talet. Nedfallet av nitratkväve med nederbörden ökade signifikant under 2000-talet vid en mätplats på hög höjd i Jämtland. Även nedfallet av ammoniumkväve har ökat vid två platser i Norrland, mätplatsen på hög höjd i Jämtland samt en mätplats i Västerbotten. Nedfallet på öppet fält i de södra delarna av Norrland är relativt nära den kritiska belastningsgräns, 5 kg per hektar och år, som används för boreala skogar i Sverige. Om kvävenedfallet ökar finns risk för att belastningsgränsen överskrids. Redan det ökande kvävenedfallet som finns idag kan ha stor betydelse på den biologiska mångfalden i området, främst i fjällen som har känsliga ekosystem. Det pågår en begränsad upplagring (vanligtvis upp till 3 kg per hektar och år) av kväve i skogsmarken i Norrland i skogar där enbart stammar skördas efter avverkning. Helträdsuttag, då även grenar och toppar skördas, resulterar ofta i nettoförluster av kväve. Nitratkvävehalterna i markvattnet är generellt mycket låga på skogsytorna i Norrland. Endast i enstaka fall finns förhöjningar, och det finns inga exempel med kroniska förhöjningar, som det finns längre söderut. I ytan i Holmsvattnet markvattnehalterna av nitrat påverkades av avverkningar i områden samt av upprepningar av vindfällan efter en storm. Detta visar att störningar kan innebära stora effekter på kväveutlakningen även i ekosystem som normalt inte läcker kväve, dock brukar dessa effekter vara temporära.

4.4. Mangan förekommer i deposition och markvatten

Förekomsten av mangan i markvattnet förefaller synkroniserad över hela Norrland, med en förhöjning runt millennieskiftet och en annan under perioden 2005-2008. Kulmen av manganförekomsten i markvattnet vid t ex Holmsvattnet och Lakamark var under 2008, Figur 25.



Mangan förekommer normalt i marken som svårslösligt manganoxid. Låga syrehalter samt lågt pH gynnar förekomsten av fria manganjoner (Mn^{2+}). pH i markvattnet har vid Lakamark genomgående legat högt, 5,5 – 6, medan det vid Holmsvattnet har legat lägre, ca 5. Ofyllda symboler = mätningar över öppet fält och fyllda = Krondroppsmätningar

Orsakerna bakom manganförekomsten i markvattnet är ännu okända, men exempelvis har surstötar i manganrika områden i fjällbäckar orsakat höga manganhalter i sjöar och andra vattendrag. Det är intressant att det för samma tidsperioder uppträder förhöjda nivåer av nedfall av mangan, främst i nederbörden över öppet fält. Mangan kan läcka ut från blad och barr, varför mätningarna av mangan i krondropp är svårbedömda.

5. Särskilda händelser under programperioden 2007-2010

5.1. Vulkanutbrott på Island våren 2010



Eyjafjallajökull är en istäckt vulkan (1 666 m ö.h.) väster om Myrdalsjökull på södra Island. Eyjafjallajökull har haft flera stora utbrott, bl.a. under 1600 och 1800-talen. Under våren 2010 hade vulkanen åter utbrott. Vulkanens eruptioner kastade upp askan långt upp i troposfären, till flera kilometers höjd, vilket orsakade stora störningar på flygtrafiken i Nordeuropa. Storleken på askpartiklar kan vara från några tusendels millimeter i diameter till åtskilliga meter (stora stenblock). De största askpartiklarna faller till marken i närområdet, medan de minsta kan transporteras tusentals kilometer bort från vulkanen inom loppet av några dagar beroende på vindhastighet och vindriktning. Det första vulkanutbrottet 2010 kom den 21 mars. Askan fördes iväg med rådande vindar i form av en askplym. När inte luften blandas om i höjddled förs den lätta askan vidare och bildar ett stort ständigt växande askmoln som breder ut sig allt längre från vulkanen, så länge som vulkanen fortsätter att kasta upp aska. När vindarna vred sig följde askplymen efter, men lämnade kvar rester av aska i luften i de områden den passerat tidigare. Om askmolnet sammanfaller med ett område av regnmoln, kan askan följa med nederbörden till marken.

Den 14 till 18 april sköt vulkanen upp askmolnet till den övre delen av troposfären på 4 000 till 10 000 meters höjd. Detta gjorde att jetströmmarna förde askmolnet mot bland annat Sverige vid ett flertal tillfällen under denna period. Under den 19 april och 20 april varierade askproduktionen, medan vulkanutbrottet ändrade karaktär. Askplymen steg nu

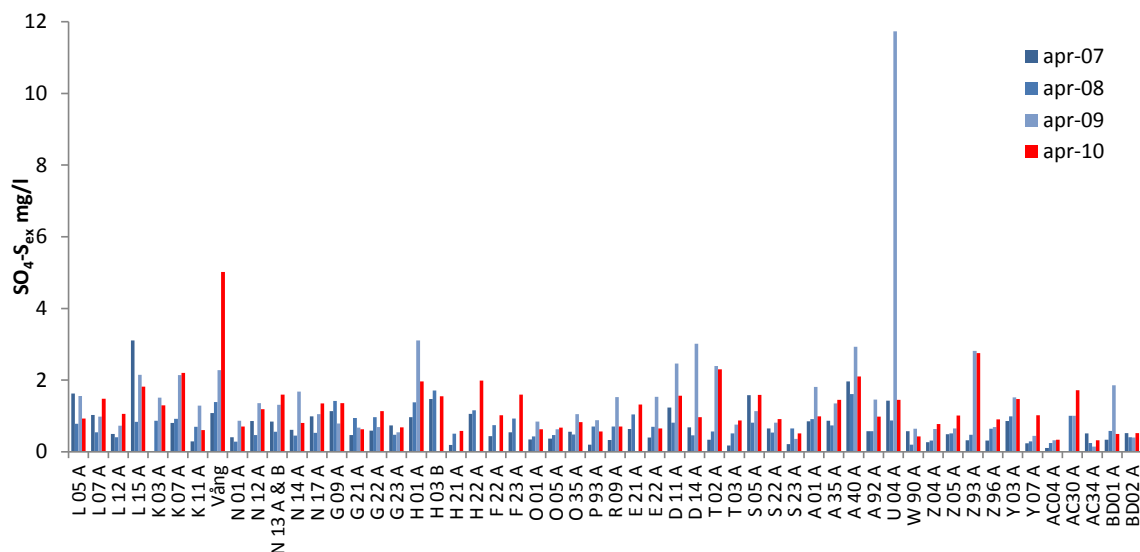
bara till 4 000 meters höjd, men den fortsatte att spridas vidare ut över Atlanten. Den 19 april passerade ett lågtryck över Island som åter drog med askan åt sydost ned mot Skandinavien och Brittiska öarna. Den 21 april avtog askproduktionen från vulkanen, och i juli 2010 ansågs vulkanutbrottet vara över.

De partiklar som nådde Skandinavien bestod mest av glas, små magmadroppar som stelnar väldigt snabbt när de kyla av i luften. Det skiljer sig inte så mycket från fönsterglas och består främst av kiseldioxid men innehåller även oxider av till exempel aluminium, järn, natrium och kalium. Molnet förde också med sig ämnen som fluor, som kunde förgifta boskap i närheten av vulkanen.

Tillsammans med askan förekommer det svavelföreningar, vissa av dem illaluktande. Kommer askmolnet in i eller under ett nederbördsområde tvättar dock nederbörden bort en stor del av askan. För att de små askpartiklarna och svavelföreningarna ska spridas i större mängd till luften närmast marken över Sverige krävs vertikalvindar som för ner partiklarna, annars kan askplymen passera över oss utan att i högre grad påverka kvaliteten på den luft vi andas nere vid marken. Vid vulkanutbrott är det intressant att följa upp innehållet av exempelvis försurande svavelföreningar i det asknedfall som kan förekomma.

I Sverige övervakande SMHI vulkanutbrottet på Island 2010 genom meteorologiska spridningsmodeller med input från väderprognoser. SMHI gjorde i ett EU-projekt, ENSEMBLE modellberäkningar på vulkanaska sommaren 2010. Därifrån har en beräknad deposition av aska från SMHIs modellkörningar erhållits (Christer Persson, SMHI pers. komm). ENSEMBLE, modellerar även SO₂ men bara på olika höjder i atmosfären. SMHI har dock gjort en skattning av S-deposition askberäkningarna, vilket ger en skattning på ca 1-5 mg S/m² (10-50 g S/ha) per dygn där det regnade i Sverige under några av dagarna 16-24 april 2010. Efter 24 april deponerades inte mycket. (Christer Persson, pers. komm). SMHIs modellberäkningar indikerar att påverkan på halten av fina partiklar i luften närmast marken var begränsad över Sverige under vulkanutbrottet våren 2010.

Resultaten från Krondroppsnätet under våren 2010 med avseende på sulfatsvavelnedfall för mätningarna över öppet fält och i krondropp visas i Figur 25. Då det kan variera över landet om det regnade direkt efter vulkanutbrottet analyserades resultaten för både april och maj månad under åren 2007-2010. De aprilmätningar under 2007-2010 som hade högst SO₄-S_{ex}-halter i krondropp under april 2010 uppmättes i Vång i Blekinge (K13), Figur 25. Mätningarna i krondropp för övriga lokaler uppvisade inte några dramatiska förhöjningar under april 2010. När det gäller mätningarna i krondropp för maj eller mätningarna över öppet fält i april eller maj kunde inga speciella förhöjningar urskiljas för april eller maj 2010.



Figur 25. Månadsvis nedfall av sulfatsvavel utan havssalt i krondropp för samtliga lokaler inom Krondroppsnätet under april 2007, april 2008, april 2009 och april 2010.

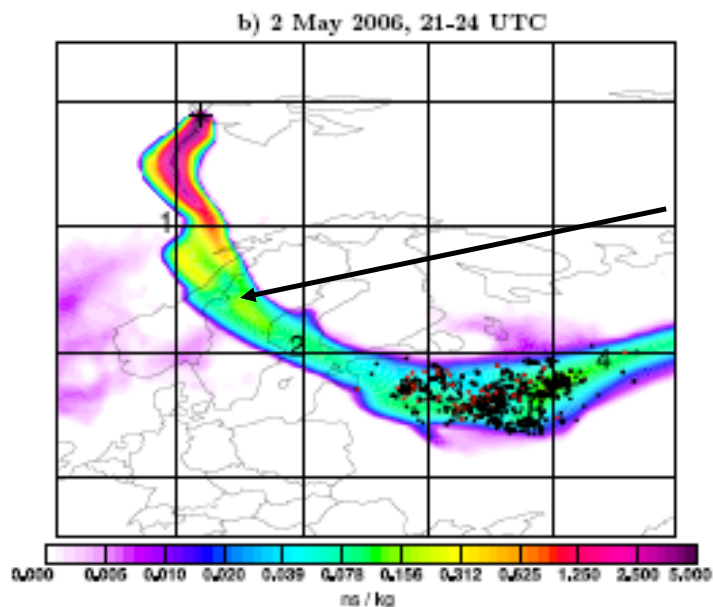
Sammanfattningsvis finns inget som tyder på att vulkanutbrottet på Island under våren 2010 hade någon märkbar påverkan på nedfallet av svavel som uppmättes inom Krondroppsnätet under april och maj. Detta stämmer även väl överens med de modellkörningar som gjordes under våren, av SMHI, av hur askmolnet bredde ut sig över Sverige.

Det skall bli intressant att se om vulkanutbrottet i maj 2011 från den isländska vulkanen Grimsvötn kommer att ge utslag i mätningarna inom Krondroppsnätet. Till skillnad från vulkanutbrottet 2010 har man i maj 2011 mätt förhöjda partikelhalter på landsbygden i Sverige som orsakats av Grimsvötn i maj 2011 vilket tyder på att vulkanaskan nått marken. Några förhöjda partikelhalter kunde ej påvisas under 2010.

5.2. Inverkan av omfattande bränder i Ryssland 2006 på nedfallet till skogen i Sverige

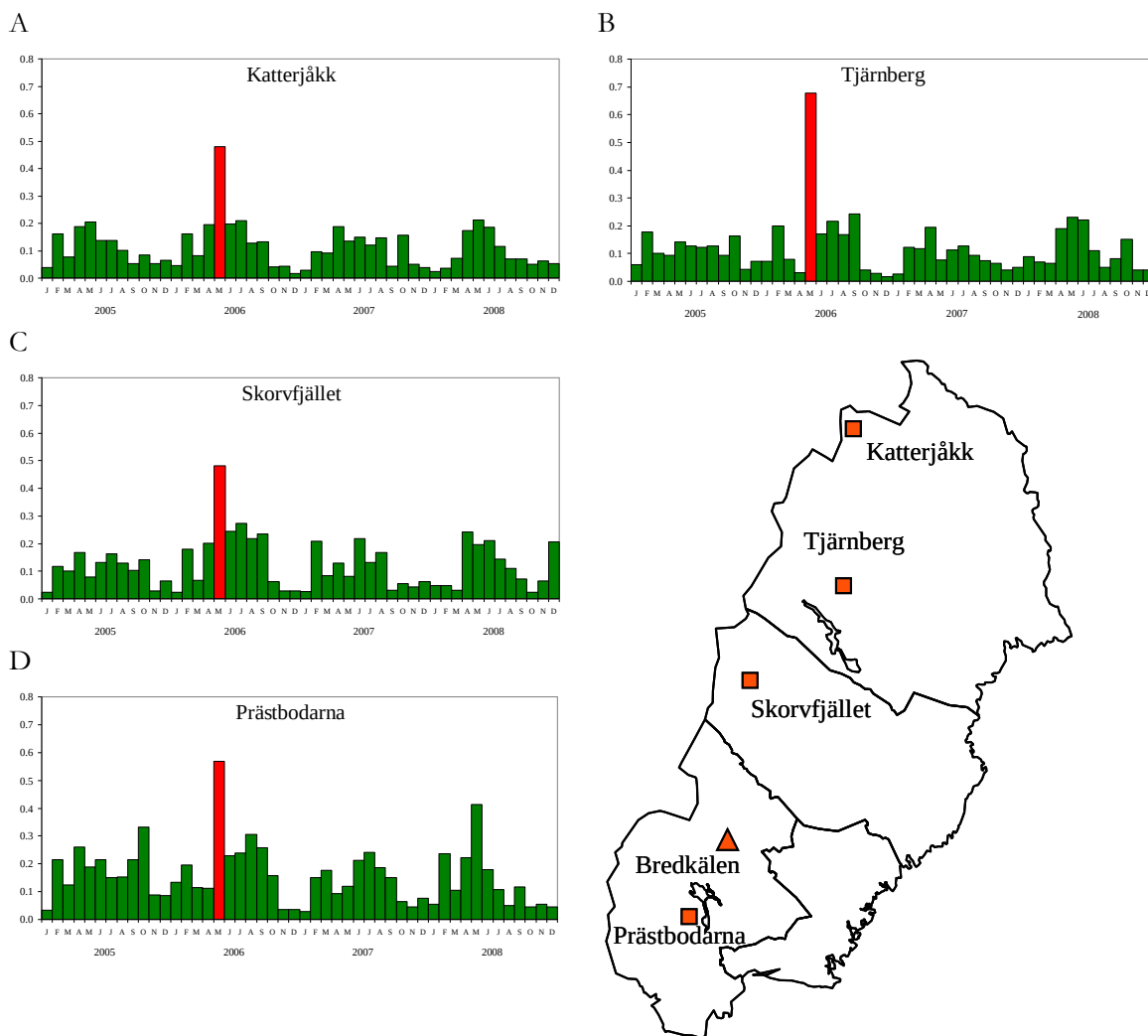
Under senvåren 2006 förekom omfattande bränder i Ryssland, i de baltiska länderna, Vitryssland och Ukraina (Stohl m.fl., 2007, Yurganov m. fl., 2008). Mellan 25 april och 6 maj noterades med hjälp av satellitdata mer än 300 bränder per dag inom detta område, med en kulmen av 800 noterade bränder under 2 maj. Totalt beräknas 2 miljoner hektar brunnit inom detta område under april och maj 2006. Effekterna av dessa bränder på luftföroreningssituationen i norra Europa och Arktis har dokumenterats ingående. Höga halter av partiklar (PM_{10}) noterades i norra Storbritannien, Danmark, Tyskland samt Finland (Whitham & Manning, 2007). På Island och på Svalbard noterades de högsta

halterna av marknära ozon som någonsin uppmätts vid dessa platser (Stohl m.fl., 2007) och snön på Svalbard färgades på sina platser svart av sot. Även höga halter av ammonium uppmättes i snön på Svalbard. Trajektorierna, d.v.s. luftmassans väg, för luften som orsakade ovanstående effekter vid Svalbard visas i Figur 26. Man kan se att luften passerade rakt över Jämtland. Omfattande skogsbränder har även förekommit på norra halvkloten under flera andra år under den senaste 10-års perioden, bl a 1998, 2002 och 2003 (Simmonds m. fl., 2005).



Figur 26. Uppehållstiden under de senaste 20 dagarna hos den luftmassa som anlände till Mount Zeppelin, Svalbard 2 Maj 2006. Färgen visar hur länge luften har uppehållit sig vid en viss position, där röda färger visar längst tid. Svarta punkter visar platser där bränder detekteras under den tid som luften passerat. Extra röda punkter visar att branden varit en skogsbrand. Siffrorna inom området för plymen visar för just den positionen antalet dagar som återstår innan luften anländer till Svalbard. Pilen pekar på Jämtland. Karta från Stohl m.fl., 2007.

Lufthalter av gasformigt och partikelbundna luftföroreningar har på uppdrag av Naturvårdsverket mätts på hög höjd i de svenska fjällen med månadsupplösning. Mätningarna avslutades 2008. I Figur 27 visas månadsvisa koncentrationer av summan av partikelbundet och gasformigt ammonium under mätperioden 2005-2008. Värdet för maj 2006 är markerat rött. Det framgår tydligt att lufthalterna av ammonium denna månad var avsevärt högre jämför med övriga månader under mätperioden.

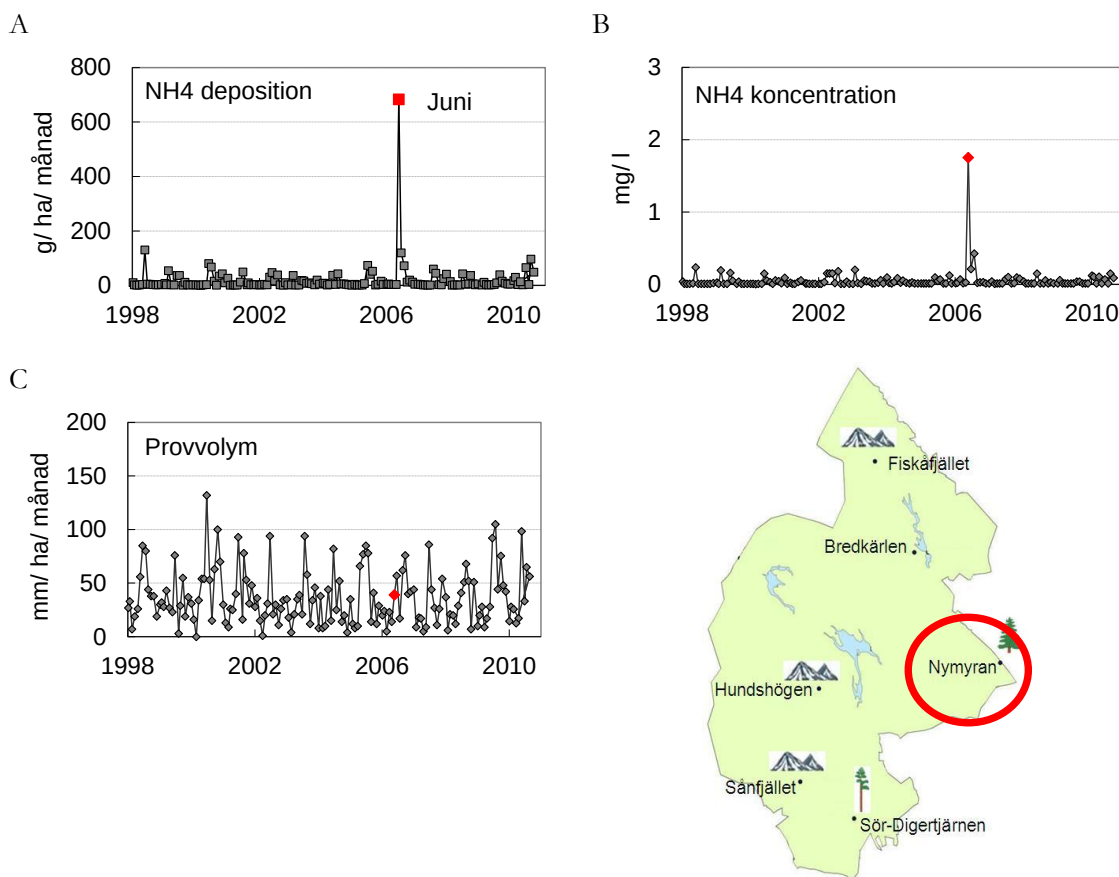


Figur 27. Månadsvisa lufthalter av ammonium (NH_4 , totalt gasformigt + partikelbundet) på hög höjd i norra Sverige under 2005-2008. Mätningarna avslutades tyvärr efter 2008. Enhet $\mu\text{g N/m}^3$. X-axeln omfattar månadsvisa medelvärden under den tid då mätningar finns tillgängliga, januari 2005 – december 2008. Röda staplar visar värden för maj 2006. Kartan indikerar mätplatsernas positioner. Höga halter av sot uppmättes under maj 2006 vid Bredkälén, men dessa data visas ej. A, Katterjåkk, 515 m ö.h. ; B, Tjärnberg, 500 m ö.h. ; C, Skorvfjället, 808 m ö.h.; Prästbodarna, 710 m ö.h.

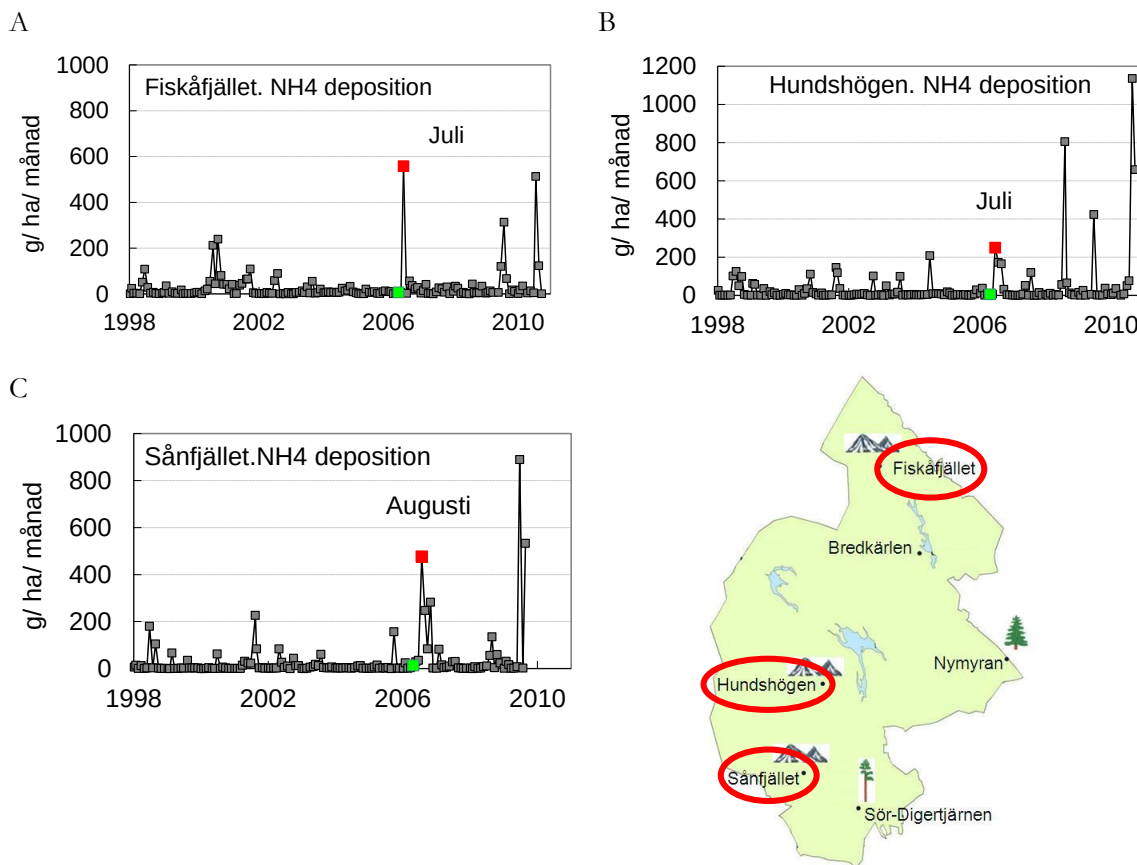
I Figur 28 visas månadsvisa värden för nedfallet av ammonium med krondroppet till en granskog vid Nymyran i Jämtlands län. Nymyran ligger i ett område som passerades av den förorenade luftmassan som redovisades i Figur 26 ovan. Nedfallet av ammonium var kraftigt förhöjt för juni månad 2006. Det beräknade höga nedfallet berodde på en förhöjd koncentration i krondroppsprovet och inte av en förhöjd krondroppsmängd. Krondroppsmätningar under gran vid tre platser på hög höjd i Jämtlands län visade också förhöjda värden under sommaren 2006, men för månaderna juli och augusti (Figur 29). Anledningen till att nedfallet av ammonium i krondroppet noterades under olika månader vid olika platser berodde troligen på att nederbörden olika månader varierade mellan

platserna och att nedfallet uppstod den månad när det förekom höga nederbördsmängder vid platsen ifråga (data visas ej). Krondroppsmätningarna på hög höjd i Jämtlands län visade även på högt nedfall av ammonium under somrarna 2008, 2009 samt 2010 (Figur 29). Under sommaren 2010 rasade stora bränder i området runt Moskva. Preliminära analyser av SMHI tydde på att dessa förorenade luftmassor endast nådde de mest ostliga delarna av Svealand (Crister Persson, personlig kommunikation). Fortsatta analyser får utröna om även episoderna med ammoniumnedfall på hög höjd under senare år beror av storskaliga biomassabränder. I dagsläget finns mätningar i Jämtland på hög höjd som finansieras av Länsstyrelsen och administreras inom Krondroppsnätet.

Det är troligt att förorenad luft från ryska biomassabränder påverkade nedfallet av ammonium även i andra delar i landet, men att detta doldes av inverkan från lokala utsläpp. En komplikation i sammanhanget är att ammonium kan tas upp direkt i trädkronorna. Detta gör att ammoniumnedfallet måste vara av en viss storlek för att ge utslag i krondroppsproverna.



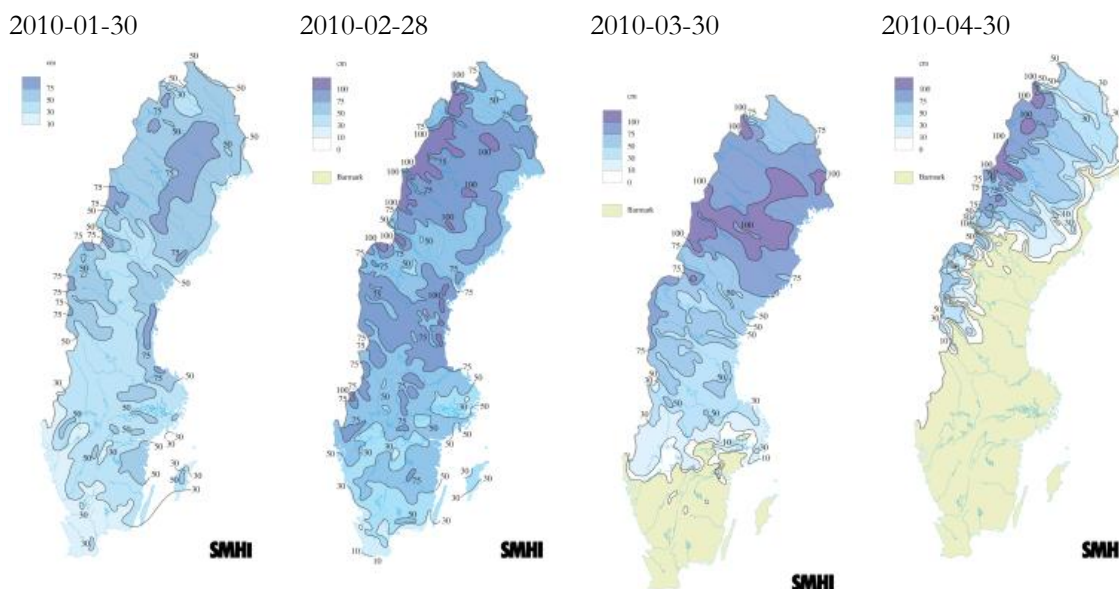
Figur 28. Månadsvisa värden för nedfall av ammonium i krondropp vid Nymyran, en yta inom Krondroppsnätet i Jämtlands län. Ytan är bevuxen på 75-årig granskog och ligger ca 300 m ö.h. Värden visas för beräknat nedfall (A), uppmätt koncentration av ammonium i krondroppsprovet (B) och uppmätt krondroppsmängd (C). Värden för juni 2006 markeras med röd symbol. Kartan visar Jämtlands län.



Figur 29. Månadsvisa värden för nedfall av ammonium i krondropp vid mätplatser på hög höjd (600-800 m ö.h.) i Jämtlands län, Fiskåfjellet (A), Hundshögen (B) och Sånfjellet (C). Mätningarna vid Sånfjellet avslutades oktober 2009. Krondroppsmätningar under gran på hög höjd bedrivs med en något annorlunda metodik jämfört med övriga Krondroppsnätet. En enda samlare finns placerad rakt under trädkronan hos vardera fem enskilda träd. Det högsta beräknade värdet markeras med rött tillsammans med en indikation för under vilken månad värdet uppträdde. Värden för maj 2006 visas med grön färgmarkering. Kartan visar Jämtlands län.

5.3. Mycket snörik vinter 2009/10

Vintern 2009/2010 var mycket snörik (Figur 30). Stora delar av Sverige hade inte upplevt så mycket snö sedan 1985/86.



Figur 30. Snödjupet i olika delar av Sverige under vintern 2009/10. Den mörkaste kulören (lila) indikerar ett snödjup >100 cm. Källa: SMHI.

Då de statistiska analyserna av förändringar i nedfall och markvattenkemi under 2000-talet inkluderar relativt få år, 11 st, och då den snörika vintern inträffade som det sista året i denna period, är det på sin plats att analysera i vilken utsträckning som den snörika vintern påverkade nedfall och markvattenkemi i olika delar av landet. Denna analys är svår att göra om det samtidigt förekommer en kontinuerlig förändring över tiden. En jämförelse av exempelvis nedfallet 2010 med ett medelvärde för perioden 2000-2009 skulle påverkas av en dylik trend. För att i möjligaste mån undvika detta jämfördes nedfall och markvattenkemi under 2010 med ett medelvärde för de närmast föregående åren 2007-2009.

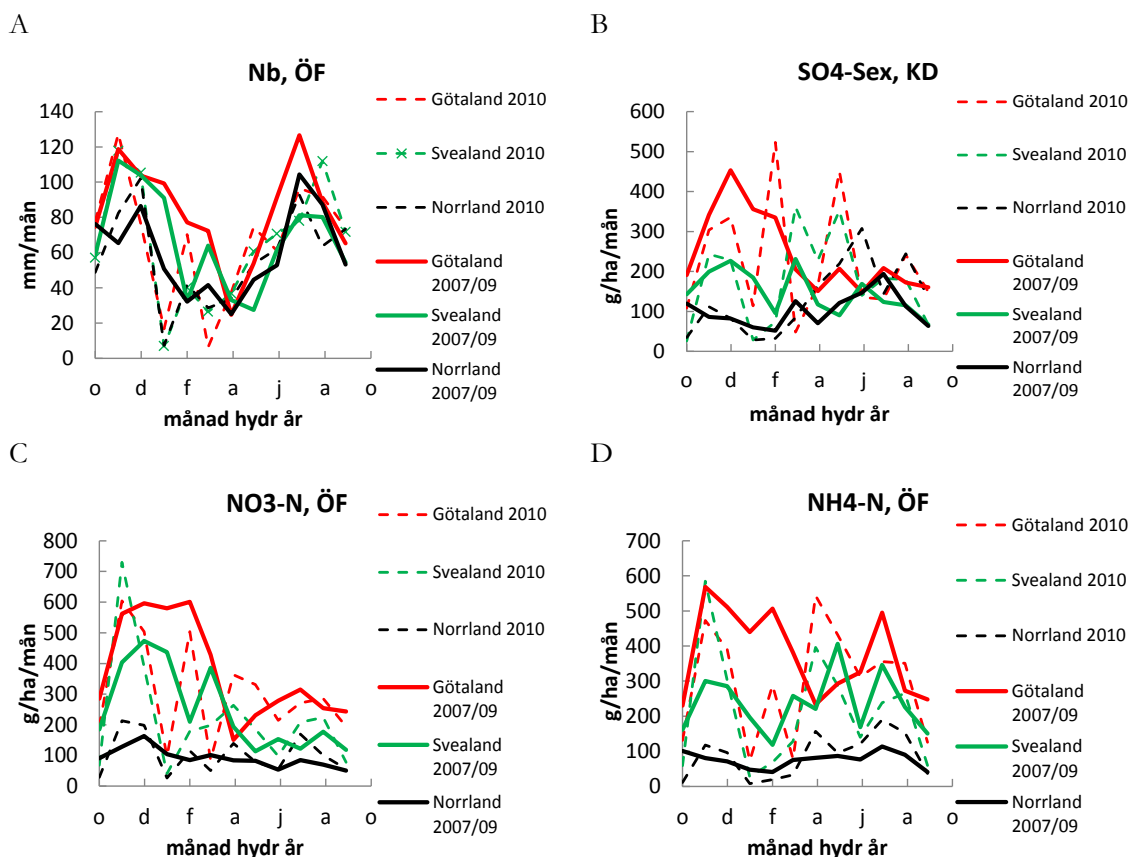
Månadsvisa mätvärden för nederbörd över öppet fält, nedfallet antropogent sulfatsvavel (exkl. bidrag från havssalt) uppmätt som krondropp samt nedfallet av nitrat- och ammoniumkväve uppmätt över öppet fält analyserades för ett urval av mätplatser med fullständiga mätningar av både krondropp och öppet-fält provtagningar under åren 2007-2010. Dessa mätplatser var:

Götaland: Västra Torup (Skåne län), Timrilt (Hallands län), Hensbacka (V Götalands län), Rockneby (Kalmar län), Tagel (Kronobergs län) samt Fagerhult (Jönköpings län).

Svealand: Blåbärskullen (Värmlands län), Kvisterhult (Västmanlands län), Edeby (Södermanlands län) samt Farstanäs och Bergby (Stockholms län).

Norrland: Fulufjäll (Dalarnas län), Storulvsjön (Västernorrlands län), Holmsvattnet och Högrännan (Västerbottens län) samt Myrberg (Norrbottens län).

För varje individuellt år 2007 – 2010 och för respektive månad på året (hydrologiskt år, oktober – september) gjordes medelvärden över alla mätplatser inom respektive landsdel. De månadsvisa värdena för 2010 jämfördes sedan med motsvarande månadsvisa värden som medelvärde för åren 2007, 2008 samt 2009 (Figur 31).



Figur 31. En jämförelse av nederbörd och nedfall under hydrologiska året 2010 med motsvarande nederbörd och nedfall som ett medelvärde för de tre närmast föregående hydrologiska åren 2007-2009, som medelvärden över ett urval av mätplatser inom Götaland, Svealand och Norrland. På x-axeln anges månad på det hydrologiska året. Värden för nederbördsmängder i Svealand och Norrland 2010 överlappar i stor utsträckning under perioden december 2009 – april 2010. Därför har värden för Svealand även markerats med ett grönt kryss.

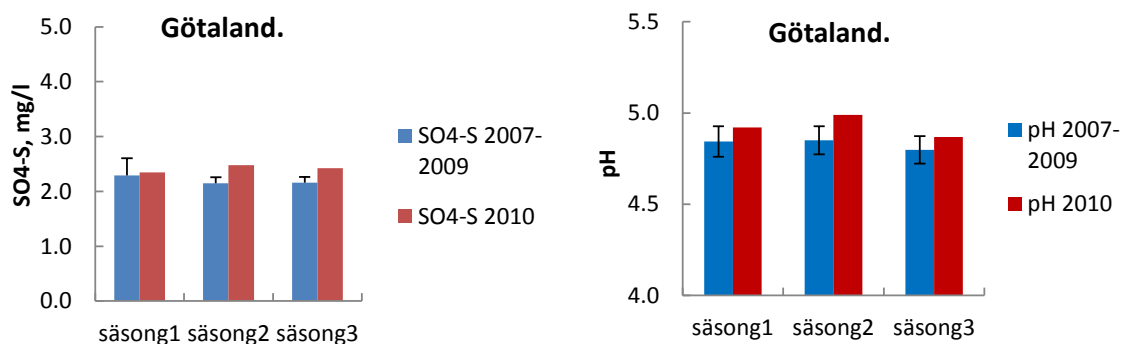
Nederbörden i Götaland under vintermånaderna hydrologiska året 2010 avvek från åren 2007-2009 främst under månaderna januari och mars, då nederbörden under 2010 var långt under motsvarande värden för de föregående åren. Det månadsvisa nedfallet av nitratkväve till Götaland under vintern hydrologiska året 2010, jämfört med de föregående åren, följer i stort de relativa skillnaderna i nederbörd. Skillnaderna i nedfallet av svavelsvavel och ammoniumkväve var mindre väl kopplade till de relativa skillnaderna i nederbörd. Svavelnedfallet i Götaland under hydrologiska året 2010 var lägre jämfört med föregående år under alla vintermånaderna, förutom februari då det var högre. För januari och mars följer skillnaderna i svavelnedfall skillnaderna i nederbörd, medan för övriga månader gjorde det inte det. Under maj månad var svavelnedfallet under 2010 mycket över motsvarande värde för föregående år, utan någon motsvarande skillnader i nederbörd.

Nedfallet av ammoniumkväve till Götaland var under vintermånaderna 2010 lägre jämfört med föregående år på ett sätt som inte fullt ut följde skillnaderna i nederbördsmängder.

Nederbördsmängder i Svealand under vintermånaderna hydrologiska året 2010, jämfört med föregående år, var liksom för Götaland lägre vad gäller januari och mars. Skillnaden för mars var dock lägre jämfört med Götaland och nedfallet av sulfatsvavel under denna månad var högre jämfört med föregående år. Nedfallet av nitratkväve i Svealand skilde sig under hydrologiska året 2010 från föregående år på ett sätt som följde skillnaderna i nederbörd, förutom av nedfallet 2010 var mycket högre för månaden november. Även nedfallet av ammoniumkväve var förhållandevis högt under november 2010, jämfört med föregående år, på ett sätt som inte korrelerade med nederbördsmängder.

Nedfallet av svavel och kväve i Norrland var relativt lika mellan hydrologiska året 2010 och föregående år, trots att nederbördsmängden under januari 2010 var avsevärt lägre jämfört med motsvarande värde för föregående år.

Motsvarande analys av uppmätt markvattenkemi under 2010, jämfört med medelvärde för motsvarande värden uppmätta under de tre föregående åren 2007-2009, visade inte heller på någon betydande inverkan av den snörika vintern (Figur 32). Både sulfatsvavelhalter och pH var något högre under 2010, men skillnaderna är inte betydande jämfört med den variation som finns mellan åren 2007-2009.



Figur 32. En jämförelse av det årliga medelvärdet 2010 för koncentrationen av sulfatsvavel i markvattnet vid alla mätplatser i Götaland, med medelvärdet 2007-2009 för motsvarande årliga medelvärde för samma mätplatser. Standardavvikelsen indikerar mellanårsvariationen för treårsperioden 2007-2009. Provtagning av markvatten sker före (Säsong1), under (Säsong2) och efter (Säsong3) växtsäsongen.

Sammanfattningsvis visar analysen inte på någon betydande och konsistent inverkan av de stora snömängderna under det hydrologiska året 2010 på nedfallet av svavel och kväve jämfört med de tre föregående åren. Detta var kanske heller inte att vänta eftersom nederbörden även normalt förekommer som iskristaller i de högre luftlagren på sin väg ner mot marken. En stor del av upptaget av föroreningar till nederbörden äger rum redan på hög höjd i molnen. Däremot spelar låga nederbördsmängder under vintern hydrologiska året 2010 stor roll för det beräknade nedfallet, i synnerhet för nitrat och ammoniumkväve. Motsvarande analys av uppmätt markvattenkemi under 2010, jämfört med medelvärde för motsvarande värden uppmätta under de tre föregående åren 2007-2009, visade inte heller på någon betydande inverkan av den snörika vintern.

6. Aktiviteter och publikationer under programperioden 2007-2010

Nedan presenteras kortfattat ett urval av de antal rapporter och aktiviteter som varit och är kopplade till Krondroppsnätet under den nu avslutade programperioden 2007-2010. Det bör observeras att nedan presenterade aktiviteter/rapporter ofta har haft andra finansiärer än Krondroppsnätet, exempelvis har Naturvårdsverket finansierat flertalet övriga rapporter. I denna rapport redovisas ej vilka forskningsprojekt som Krondroppsnätet nu samarbetar med, för detta hänvisas till tidigare rapporter.

2011

Regionvisa årsrapporter. Under våren och försommaren producerades 3 områdesvisa rapporter, för Götaland, Svealand och Norrland.

Presentationer vid Luftvårdsförbundens årsmöten

Övriga rapporter

- **Temainriktad rapport om miljömålsuppföljning med hjälp av mätningar och modellering inom Krondroppsnätet.** Temarapport inom Krondroppsnätet som utkom i maj 2011. Rapporten handlar om hur mätningar och modellering inom Krondroppsnätet kan användas för uppföljning av miljökvalitetsmål och miljökvalitetsnormer på ett bättre sätt än vad som sker idag. Förslag på nya indikatorer där Krondroppsnätets mätningar och modelleringar kan användas presenteras ingående i rapporten.
- **Jämförelse mellan en ny och gamla nederbördsinsamlare för mätningar över öppet fält.** Denna rapport kommer i juli 2011 och redovisar en ettårsstudie där en ny typ av utrustning har jämförts med befintlig provtagningsutrustning vid ett antal platser inom Krondroppsnätet, Luft- och nederbörds-kemiska nätet samt IM. De slutliga rekommendationerna i rapporten var att samtliga nu använda provtagningsinsamlare snarast bör bytas ut mot den nya utrustningen.

Övrigt

Vetenskaplig publikation inskickad i mars 2011, accepterad 1 juni 2011 om Krondroppsnätet: Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P-E. Reduced European emissions of S and N – effects on air pollution concentrations, deposition and soil water chemistry in Swedish forests.

2010

Presentationer vid Luftvårdsförbundens årsmöten

Länsvisa årsrapporter. Under våren producerades 13 länsvisa rapporter samt en regionvis rapport för norra Sverige inkl. Dalarna.

Övriga rapporter

- **Krondropps nätet - Tidsutveckling för lufthalter, nedfall och markvattenkemi i relation till förändringar av Europas emissioner, IVL Rapport B 1896.** Rapporten beskriver hur lufthalter och nedfall av svavel och kväve har förändrats över tiden sedan början på 1990-talet. Resultaten sätts också i relation till förändringarna av emissionerna i Europa under motsvarande tidsperiod. I rapporten redovisas även trenderna i markvattnet, bland annat med avseende på återhämtning från försurning och nitratkvävehalter. Resultaten visar på en långsam återhämtning efter försurande svavel- och kvävenedfall.
- **Krondropps nätet - Nedfall och effekter av luftföroreningar - för regional övervakning. Förslag till Program 2011-2014.** Under mars 2010 presenterades ett förslag till ett nytt program där alla deltagare inom Krondropps nätet hade haft synpunkter.
- **Effekter av stormen Gudrun på kväveutlakning från skogsmark, IVL Rapport B 1926.** I denna rapport utvärderas effekter av stormen Gudrun på 35 ytor inom Krondropps nätet, framförallt med avseende på kväveutlakningen från skogsmark efter en storm. Ytorna delades in i olika skadeklasser beroende på hur stora skador ytorna erhållit i samband med stormen. Resultaten visade på ett tydligt samband mellan stormskadornas omfattning och nitrathalterna i markvattnet, med högre nitrathalter i de ytor som skadades mest. Effekten varierade dock inom samma skadeklass, vilket beror på andra faktorer som till exempel markvegetationen, kvävenedfallet, markvattnets surhetsgrad och beståndets ålder.
- **Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952.** Uppskattningar av nedfallet av kväve till skogen dras med vissa metodproblem eftersom en viss andel av det kväve som deponeras på trädskronorna tas upp direkt av bladen och barren och därmed inte når insamlarna för krondropp. Det totala nedfallet av oorganiskt kväve, d.v.s. summan av våt- och torrdepositionen, har beräknats med en nyligen utvecklad metod baserad på torrdepositionen till strängar av teflon placerade under tak, samt på nettokrondroppet av natrium. De antaganden som ligger till grund för metoden är att depositionen av natrium inte påverkas av interaktioner (upptag och/eller läckage) med trädskronorna samt att den relativa fördelningen av torrdepositionen av olika ämnen är densamma till teflontrådarna som till trädskronorna.
- **Förbättrad modellering och mätning av belastningen från luftföroreningar - samverkan mellan Krondropps nätet och MATCH-modellen.** Inom studien har ett antal förslag till utvecklingsprojekt som kan bidra till att förbättra både mätningar och modellering av nedfallet av luftföroreningar över Sverige tagits fram.

Övrigt

Vetenskaplig publikation där resultat från Krondroppsnetzets använts: Akselsson, C., Belyazid, S., Hellsten, S., Klarqvist, M., Karlsson, P-E. and Pihl Karlsson, G. (2010). Assessing the risk of N leaching across a steep N deposition gradient in Swedish forests using different monitoring and modelling approaches. *Environmental Pollution*. 158 (2010) 3588-3595.

2009

Länsvisa årsrapporter. Under våren producerades 14 länsvisa rapporter samt en regionvis rapport för norra Sverige.

Presentationer vid Luftvårdsförbundens årsmöten

Vid Miljöövervakningsdagarna i Södertälje hösten 2009 presenterades Krondroppsnetzets under titeln: "Krondroppsnetzets: Miljöövervakning, metodutveckling och forskning". Senaste nytt från nationell och regional miljöövervakning samt vad som är på gång gällande metoder och tolkning av data diskuterades.

Forskningssamarbete. I ett samarbetsprojekt med Lunds Universitet har 30 ytor inom Krondroppsnetzets undersökts för att komma ett steg närmre svaret på frågan varför några ytor läcker kväve och andra inte. I studien har mykorrhiza, det vill säga komplexet mellan svamptrådar och rötter, provtagits med hjälp av små inväxningspåsar som placerats under förnan. Mängden mykorrhiza kommer att jämföras med halter av kväve i markvattnet för att påvisa eventuella samband.

Temarapport: Utveckling av Krondroppsnetzets utifrån regionala och nationella behov, IVL Rapport, U 2695. I en nyutkommen rapport till Naturvårdsverket beskrivs Krondroppsnetzets roll ur miljöövervaknings- och miljömålsuppföljningshänseende samt hur Krondroppsnetzets kan utvecklas efter 2010. Rapporten tar bland annat upp vikten av att koppla resultaten till klimatdata och till avrinningsområden. En tydligare koppling till klimatdata gör det möjligt att analysera hur lufthalter, nedfall och markvattenkemi beror av väderförhållanden, som underlag vid bedömning av ekosystemeffekter vid klimatförändringar. Kopplingen till avrinningsområden är viktig för att bistå med användbart dataunderlag till vattenmyndigheterna i uppföljningen av vattendirektivet. Fokus de närmaste åren kommer även att vara på att syntetisera modellresultat och mätresultat på regional nivå ytterligare för att förbättra underlaget för regional miljömålsuppföljning.

Konferens. Krondroppsnetzets har presenterats på en internationell forskarkonferens BIOGEOMON i Helsinki, Finland 29 juni - 3:e juli. Intresset för Krondroppsnetzets och våra resultat var mycket stort.

Seminariedag. Den 28 april 2009 hölls Krondroppsnettsdagen på IVL i Göteborg. Under dagen diskuterades resultat och framtida inriktning för Krondroppsnetzets.

2008

Länsvisa årsrapporter. Under våren producerades 14 länsvisa rapporter samt en regionvis rapport för norra Sverige.

Presentationer vid Luftvårdsförbundens årsmöten

Utskickad enkät till alla medlemmar

Nytt projektledningsteam för Krondroppsnätet tar över

7. Referenser

- Akselsson, C., Belyazid, S., Hellsten, S., Klarqvist, M., Pihl-Karlsson, G., Karlsson, P.E., Lundin, L. 2010. Assessing the risk of N leaching across a steep N deposition gradient in Swedish forests using different monitoring and modelling approaches. *Environmental Pollution* 158, 3588-3595.
- Karlsson P.E. & Pihl Karlsson, G. 2008. Depositionsmätningar på hög höjd i Jämtlands län 2007. IVL Rapport B 1819.
- Karlsson, P.E. Akselsson, C., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G., 2010a. Krondroppsnätet – Tidsutveckling för lufthalter, nedfall och markvattenkemi i relation till förändringar av Europas emissioner. IVL Rapport B 1896.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Hultberg, H., Hellsten, S., Akselsson, C. & Pihl Karlsson, G. 2010b. Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952 (preliminär).
- Naturvårdsverket, 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Skogslandskapet. Rapport 4917, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Pleijel, H., Grundström, G., & Karlsson, P.E. 2011. Ozonmät nätet i södra Sverige. Marknära ozon i bakgrundsmiljön i södra Sverige med hänsyn till ozonets variation i landskapet, Resultat för 2010. IVL Rapport B 1972.
- Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E. Akselsson, C., Kronnäs, V & Hellsten, S., 2011a. Krondroppsnätets övervakning av luftföroreningar i Svealand – mätningar och modellering. IVL Rapport B 1981.
- Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E. Akselsson, C., Kronnäs, V & Hellsten, S., 2011b. Krondroppsnätets övervakning av luftföroreningar i Norrland – mätningar och modellering. IVL Rapport B 1982.
- Simmonds, P.G., A.J. Manning, R.G. Derwent, P. Ciais, M. Ramonet, V. Kazand, D. Ryall. 2005. A burning question. Can recent growth rate anomalies in the greenhouse gases be attributed to large-scale biomass burning events? *Atmospheric Environment* 39 2513–2517.

- Sjöberg, K., Pihl Karlsson, G., Svensson, A., Wängberg, I., Brorström-Lundén, E., Potter, A., Hansson, K., Rehngren, E., Persson, K., Areskoug, H., Kreuger, J. 2011. Nationell Miljöövervakning – Luft Data t.o.m. 2009. IVL Rapport B1968.
- Stohl, A., Berg, T., Burkhardt, J.F., Fjaeraa, A.M., Forster, C., Herber, A., Hov, Ö., Lunder, C., McMillan, W.W., Oltmands, S., Shiobara, n M., Simpson, D., Solberg, S., Stebel, K., Ström, J., Törseth, K., Treffeisen, R., Vitkunnen, K., Yttri, K.E. 2007. Atmos. Chem. Phys., 7, 511-534.
- U.N. Economic and Social Council, 2010. Empirical critical loads and dose-response relationships. Economic Commission for Europe, Executive Body for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Working Group on Effects. ECE/EB.AIR/WG.1/2010/14.
- Whitham, C. & Manning, A. 2007. Impacts of Russian biomass burning on UK air quality. Atmospheric Environment 41, 8075–8090.
- Yurganov, I.N., McMillan, w.W., Dzhola, A.V., Grechko, E.I., Jones, N.B., can der Werf, G.R. 2008. Global AIRS and MOPITT CO measurements: Validation, comparison, and links to biomass burning variations and carbon cycle. J. of Geographical Research 113, D09301, doi: 10.1029/2007JD009229, 2008.

Bilaga 1. Stationsvis redovisning

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

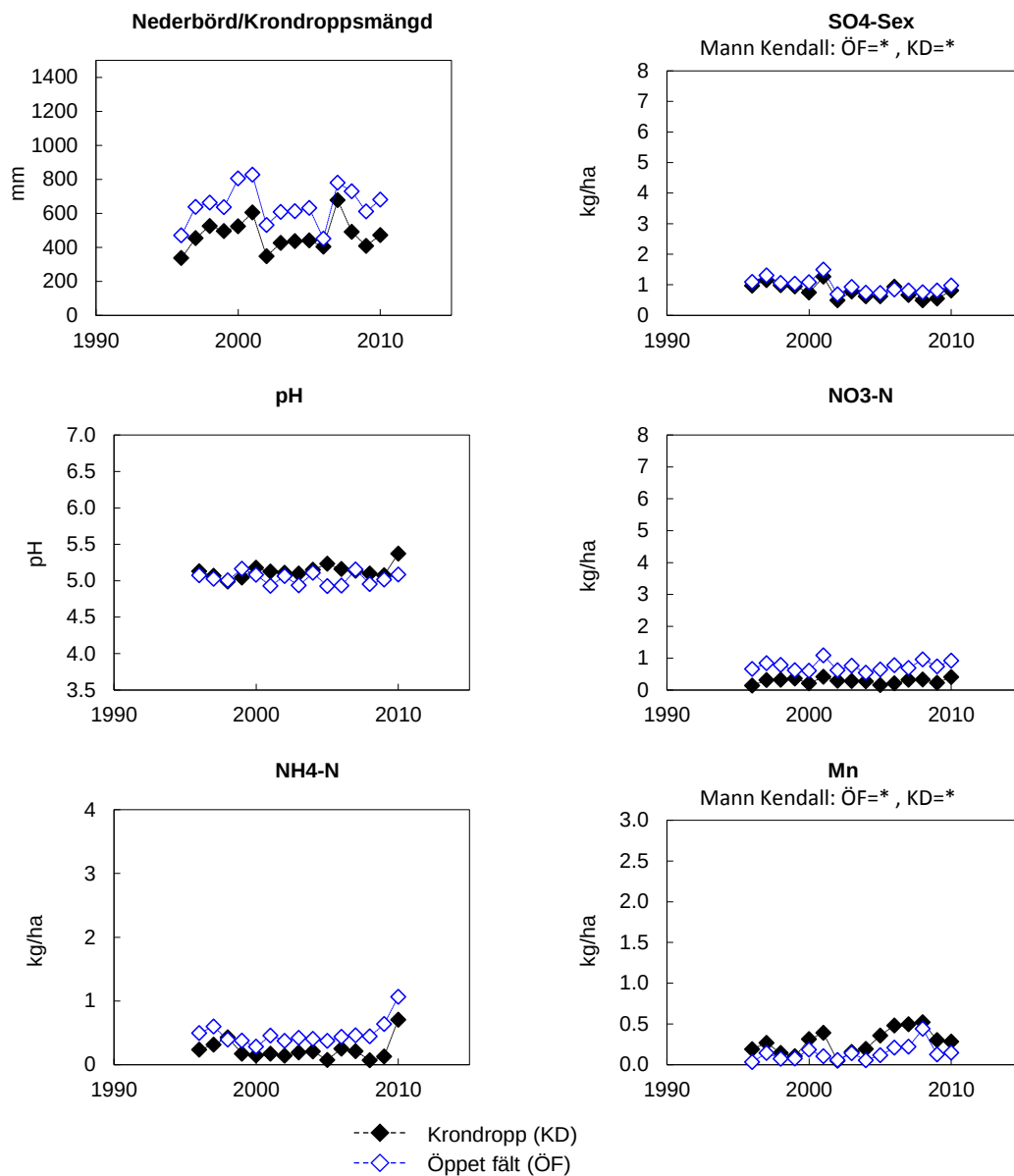
Tabell 1. Aktiva ytor i Norrland 2009/10.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Kron-dropp	Mark-vatten	Lufthalter (SO ₂ , NO ₂ , NH ₃ , O ₃)
Högbränna (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
Lakamark (Y03)	gran		X	X	
Storulvsjön (Y07)	gran	X	X	X	X
Sör-Digertjärnen (Z 04)	tall		X	X	
Nymyran (Z05)	gran		X	X	
Sånfjället (Z91)	gran	X ¹	X		
Hundshögen (Z93)	gran	X ¹	X		
Fiskåfjället (Z96)	gran		X		
Nikkaloukta (BD15)					X
Palovare (BD16)					X

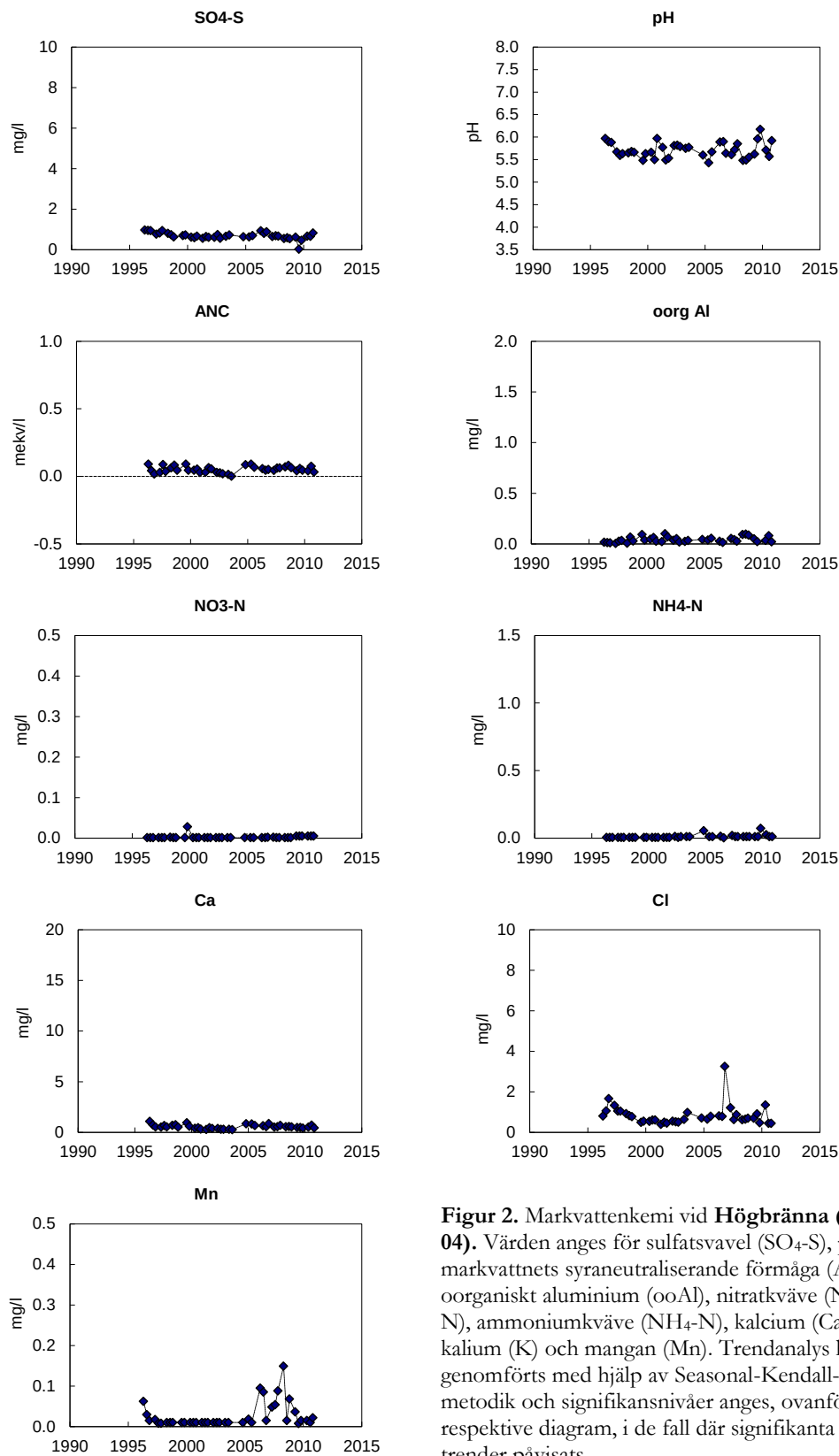
¹Mätning på två höjder på en fjällsluttning.

Västerbottens län

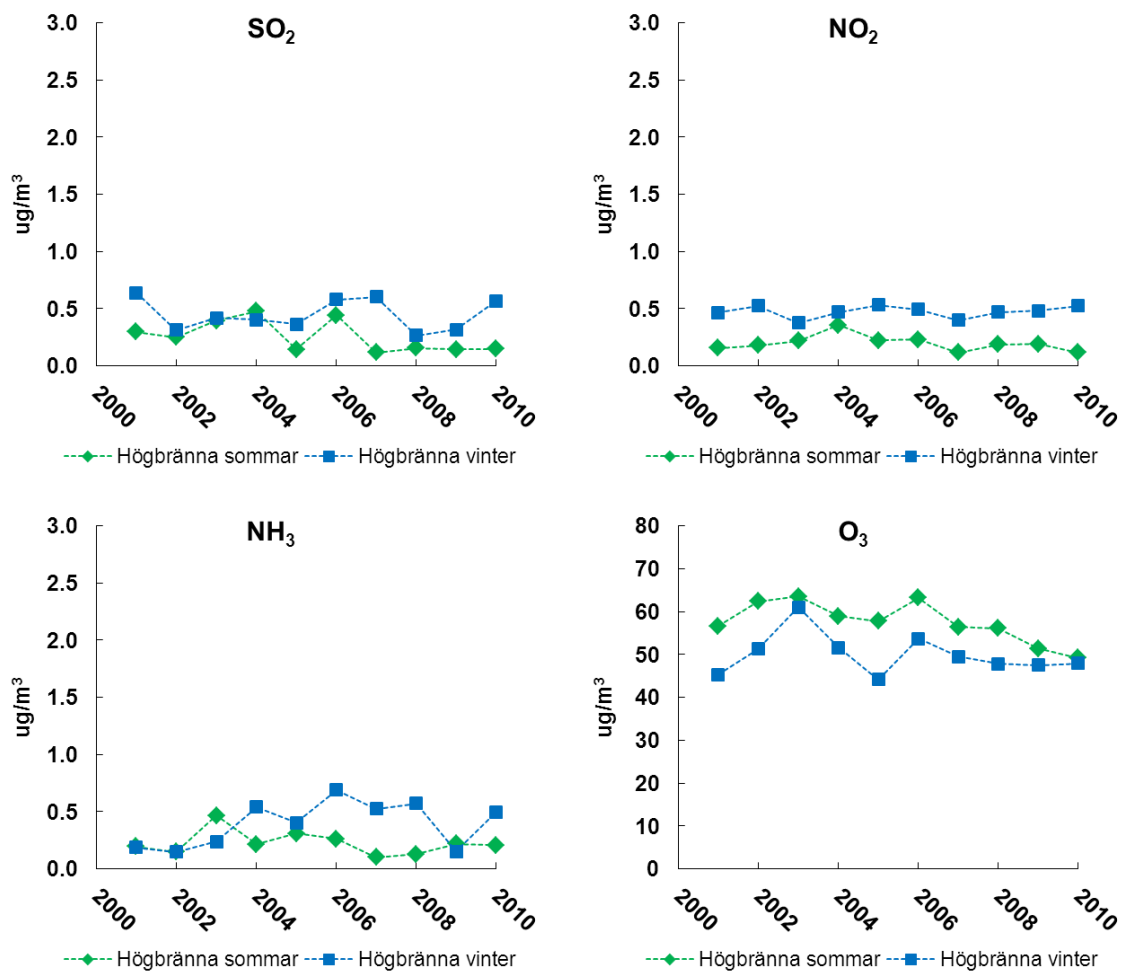
Högrännan (AC 04): Provyta med 95-årig granskog utanför Sorsele med lufthaltsmätningar, depositions-mätningar i skog och på öppet fält, samt mätningar av markvattenkemi i skogsytan. Marken utgörs av sandig-moig morän, jordmånen är järnpodsol och ståndortsindex är G16.



Figur 1. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via kronddropp och på öppet fält vid Högrännan (AC 04). I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt kronddropsmängder, 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 mangan (Mn²⁺). ÖF, öppet fält; KD, kronddropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

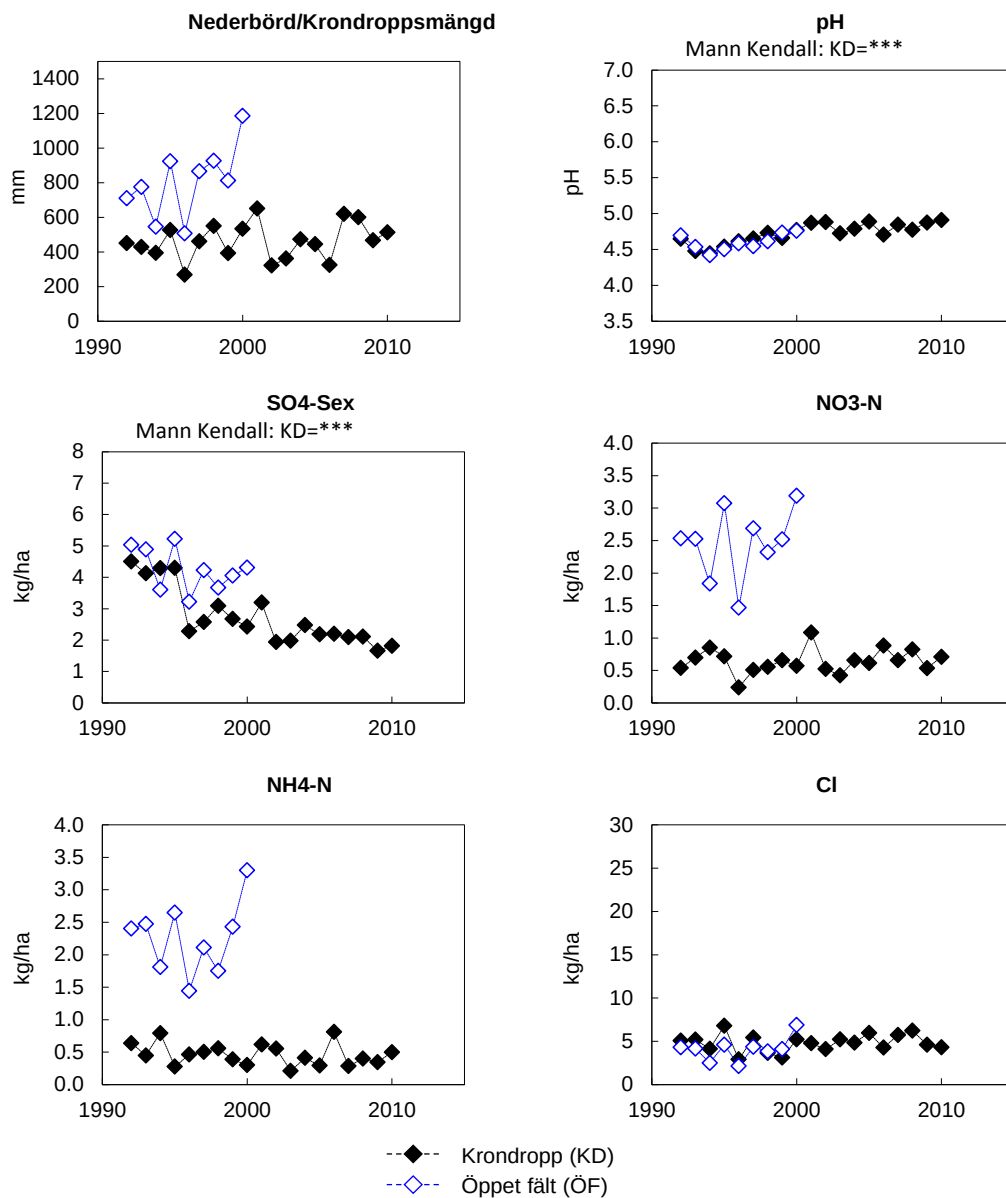


Figur 2. Markvattenkemi vid Högränna (AC 04). Värderna anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), kalcium (Ca), kalium (K) och mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik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

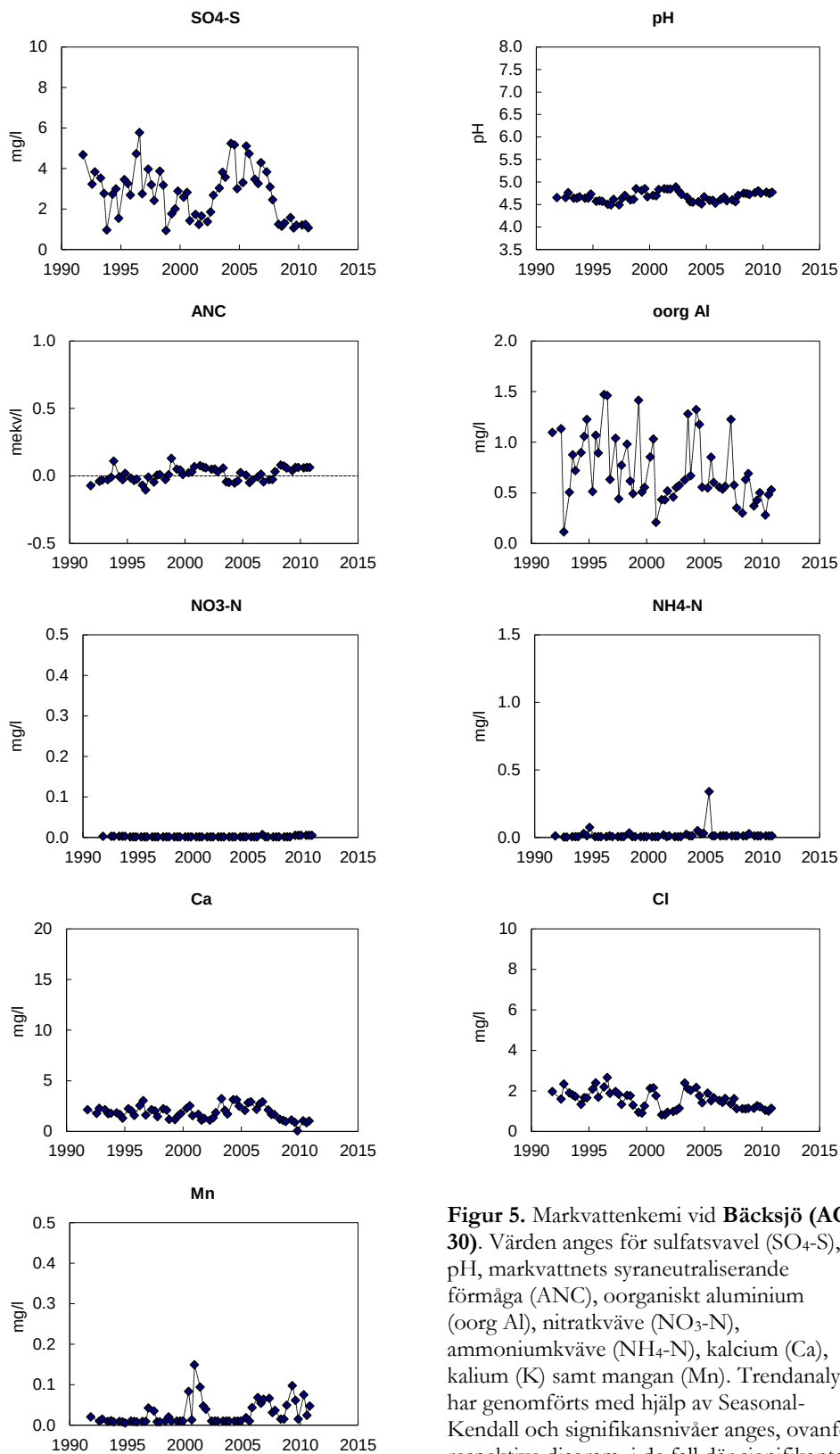


Figur 3. Lufthalter vid **Högrädda (AC 04)**. Värden anges för svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och ozon (O₃).

Bäcksjö (AC 30): Granytan i Bäcksjö, norr om Umeå, är en av ytorna med längst mätserie i Norrland. Mätningar startades i maj 1991. Nederbörds-kemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2000.

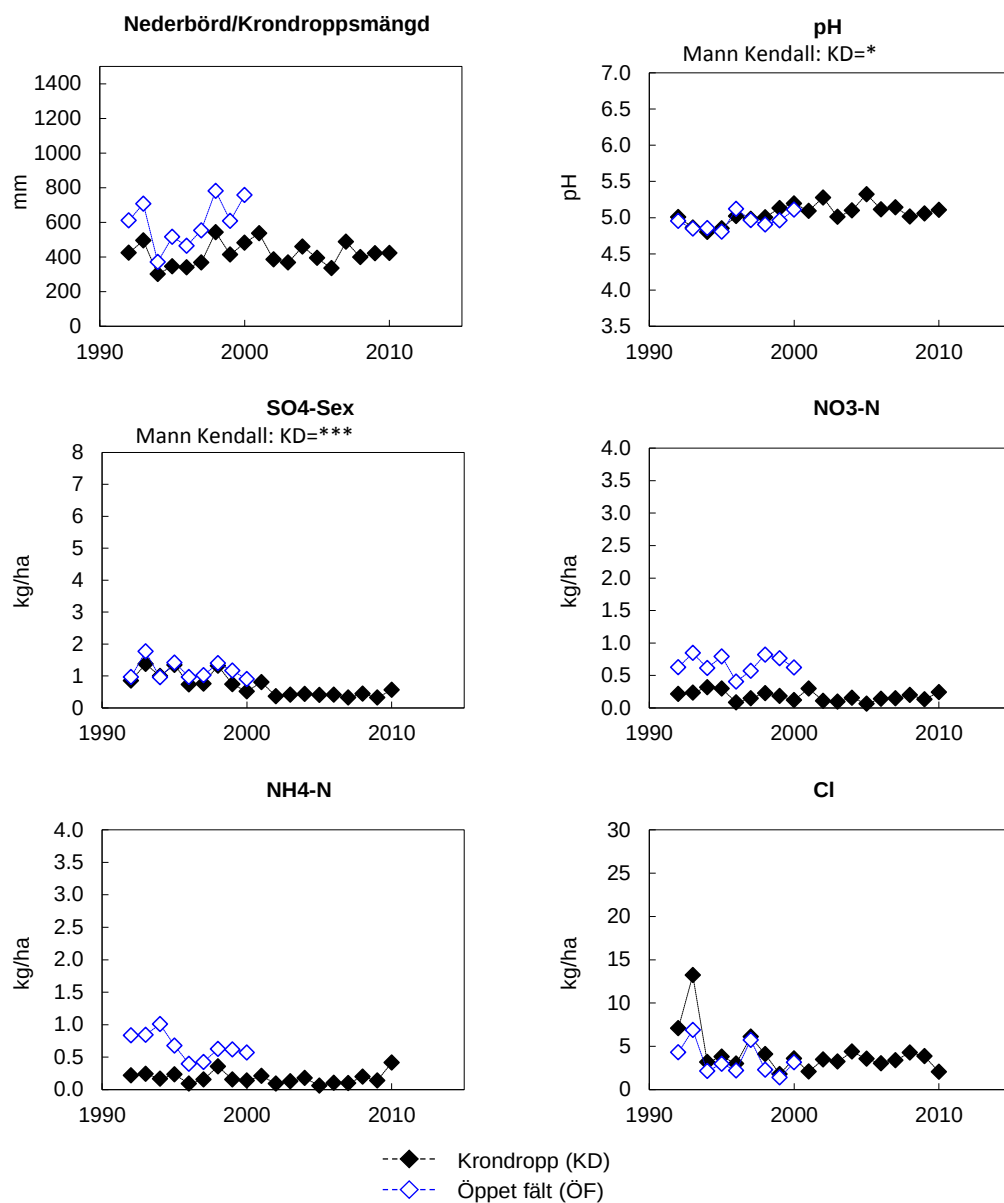


Figur 4. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Bäcksjö (AC 30)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett 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.

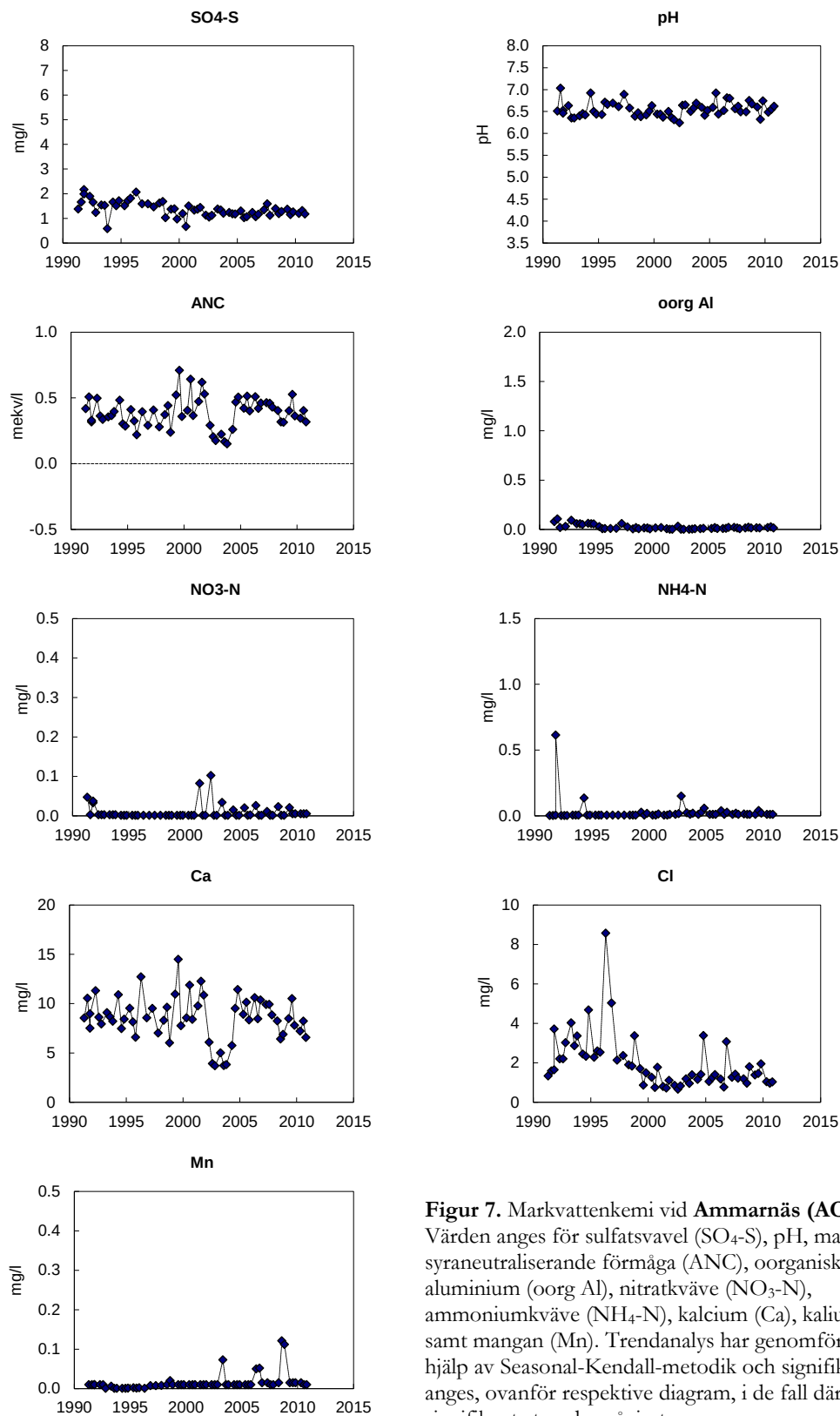


Figur 5. Markvattenkemi vid Bäcksjö (AC 30). Värden anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Ammanäs (AC 34): Provyta i gammal (>100 år) granskog startad i maj 1991. Från och med 2000/01 görs inga mätningar på öppet fält.



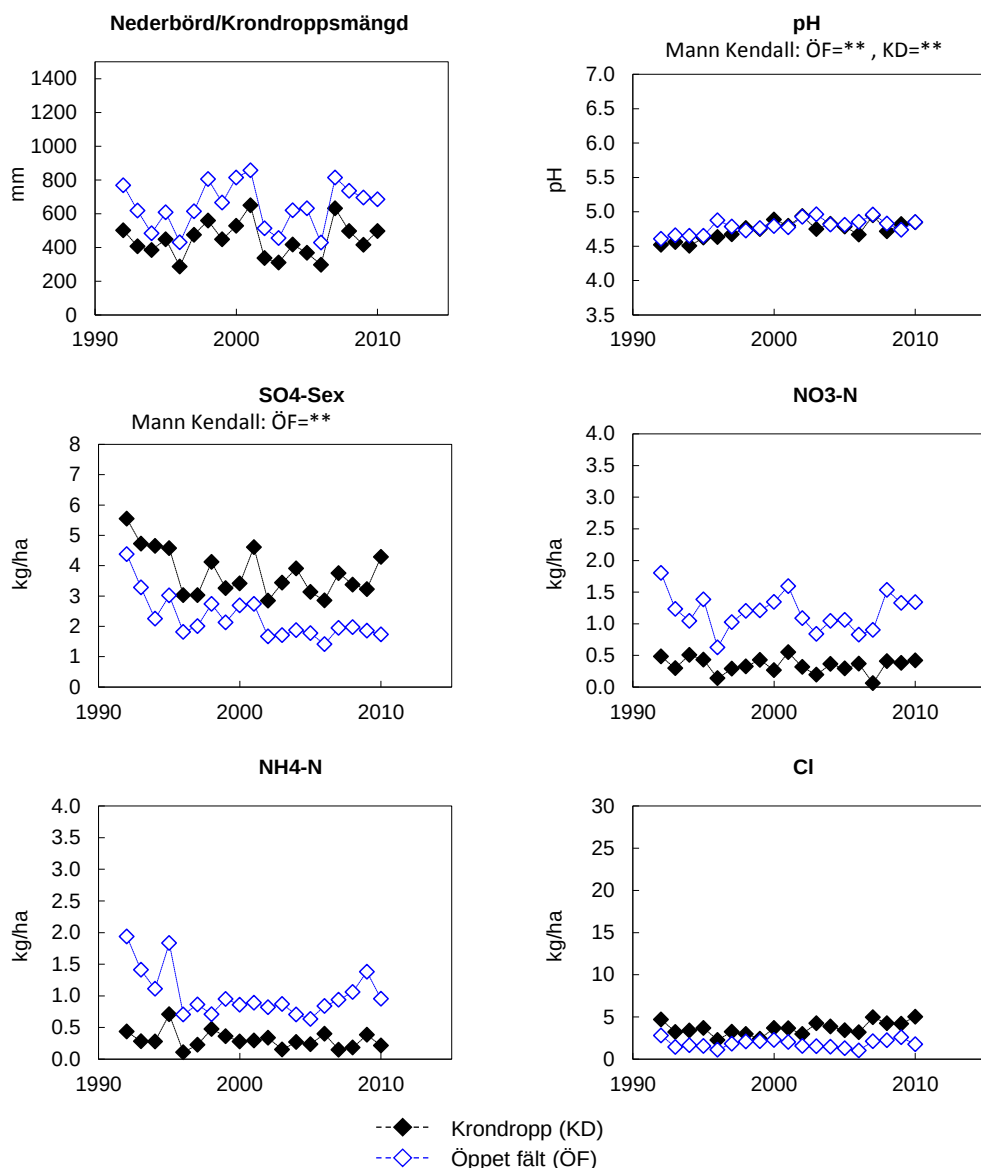
Figur 6. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Ammanäs (AC 34)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondropsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett 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.



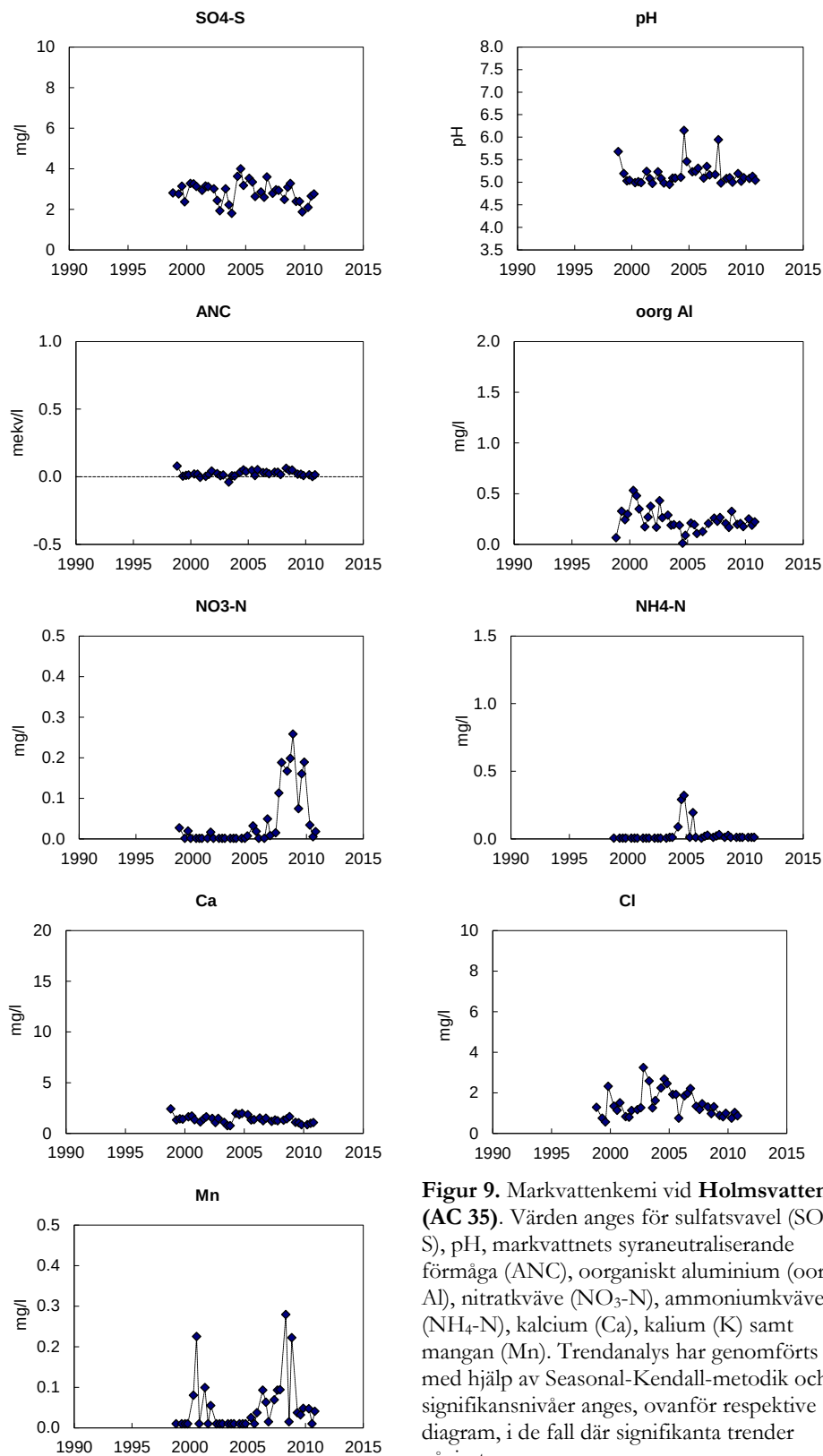
Figur 7. Markvattenkemi vid Ammarnäs (AC 34).

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 ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Holmsvatten (AC 35): Provytan i granskog vid Holmsvatten, två mil söder om Skellefteå, ingår i kontrollprogrammet för Boliden AB. Resultat avseende nedfall av svavel och kväve redovisas i denna rapport tillsammans med övriga mätningar i norra Sverige. Depositionsmätningar startade 1992, medan undersökning av markvattenkemi startade 1998. Mätningarna i Holmsvatten omfattar även nedfall av tungmetaller, vilket redovisas i en separat rapport. Mätningarna påverkades av avverkningar i områden gränsande till provytan under 2002, samt av upprensningar av vindfällan efter en storm i november 2006.



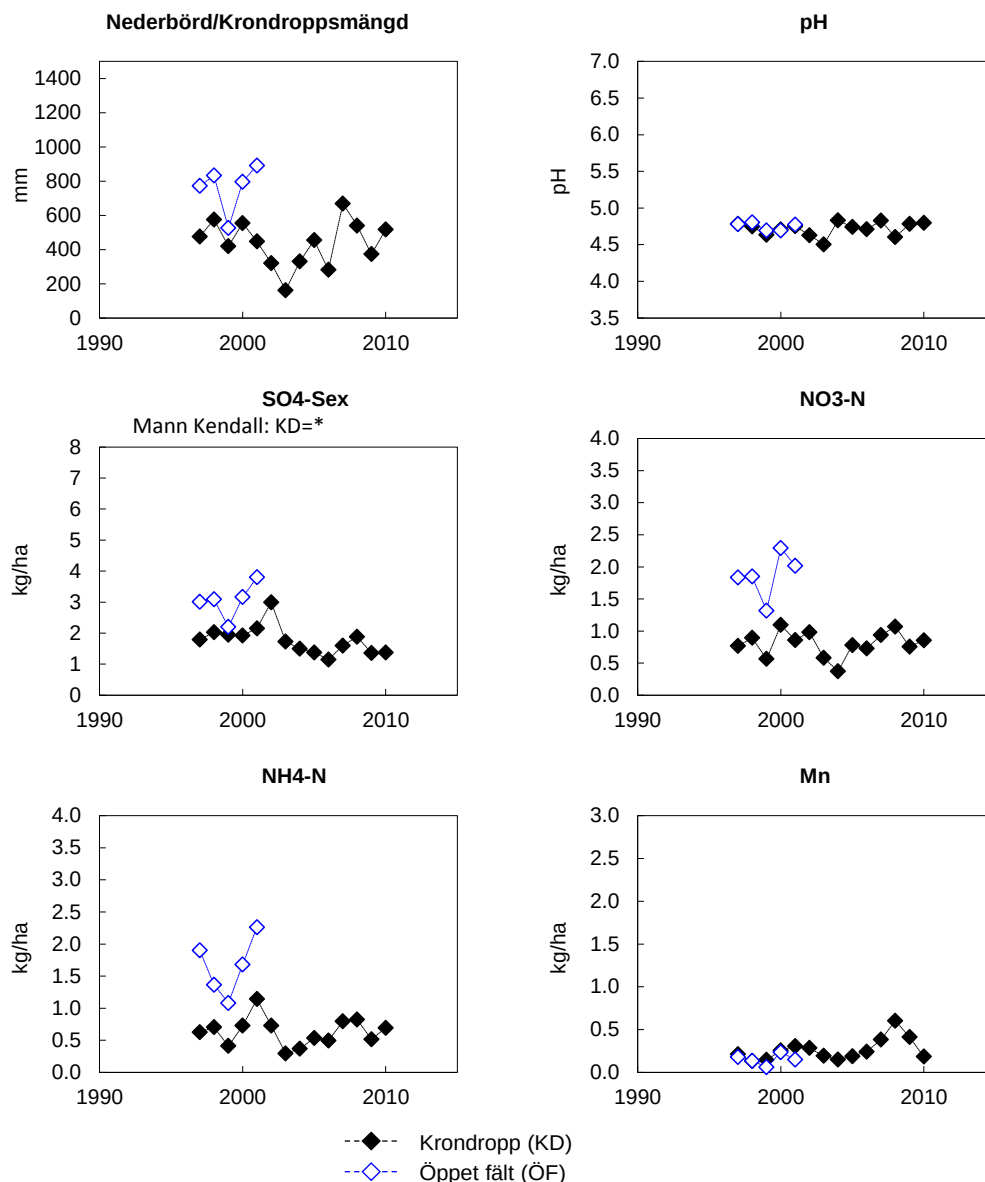
Figur 8. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via kron dropp i granskog och på öppet fält vid **Holmsvatten (AC 35)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt kron droppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i kron droppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades 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, kron dropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



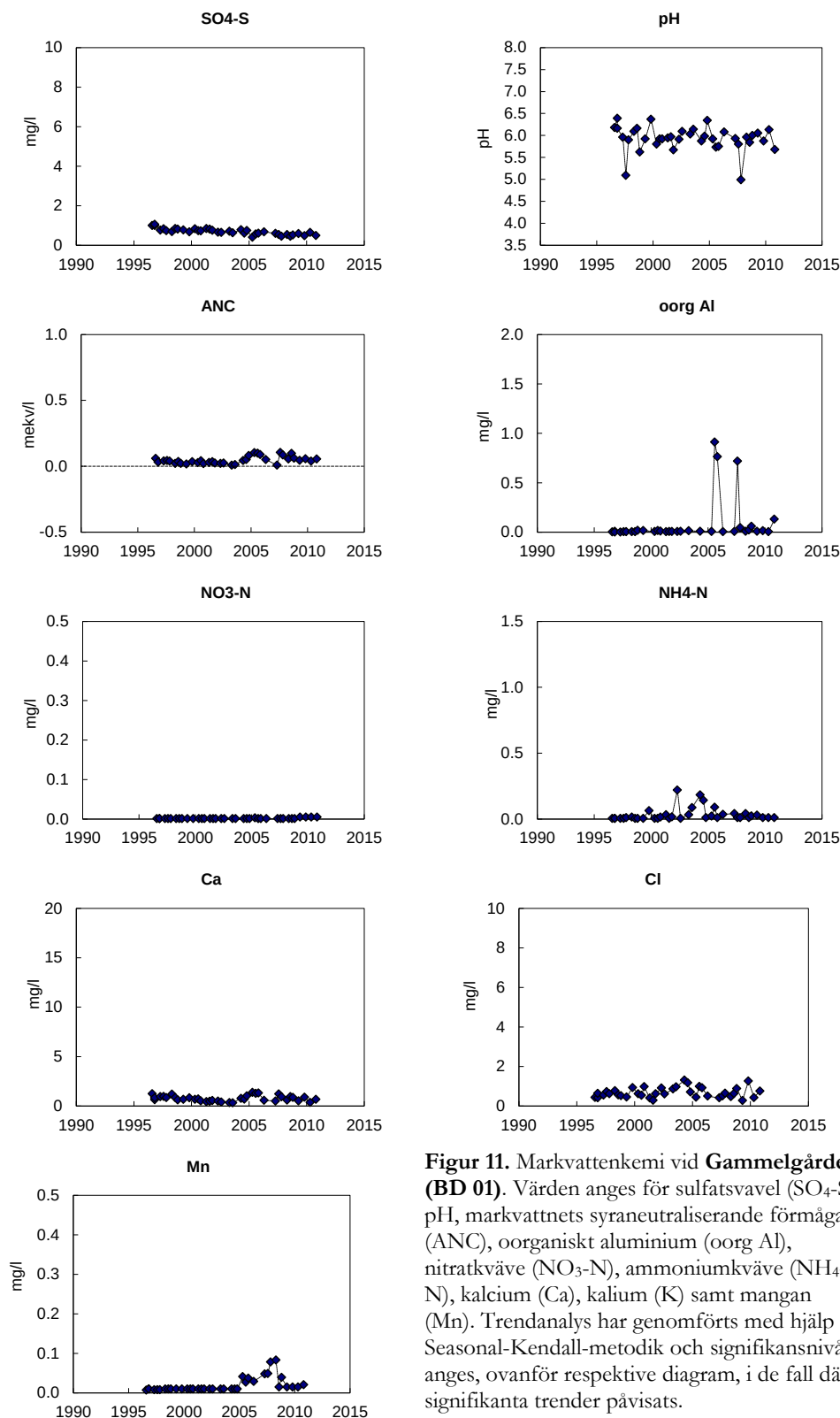
Figur 9. Markvattenkemi vid **Holmsvatten (AC 35)**. Värderna anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Norrbot tens län

Gammelgården (BD 01): Provyta norr om Kalix med 75-årig tallskog och ståndortsindex T18. Mätning av deposition och markvatten startade januari 1996. Nederbörds kemiska mätningar avslutades i december 2001.

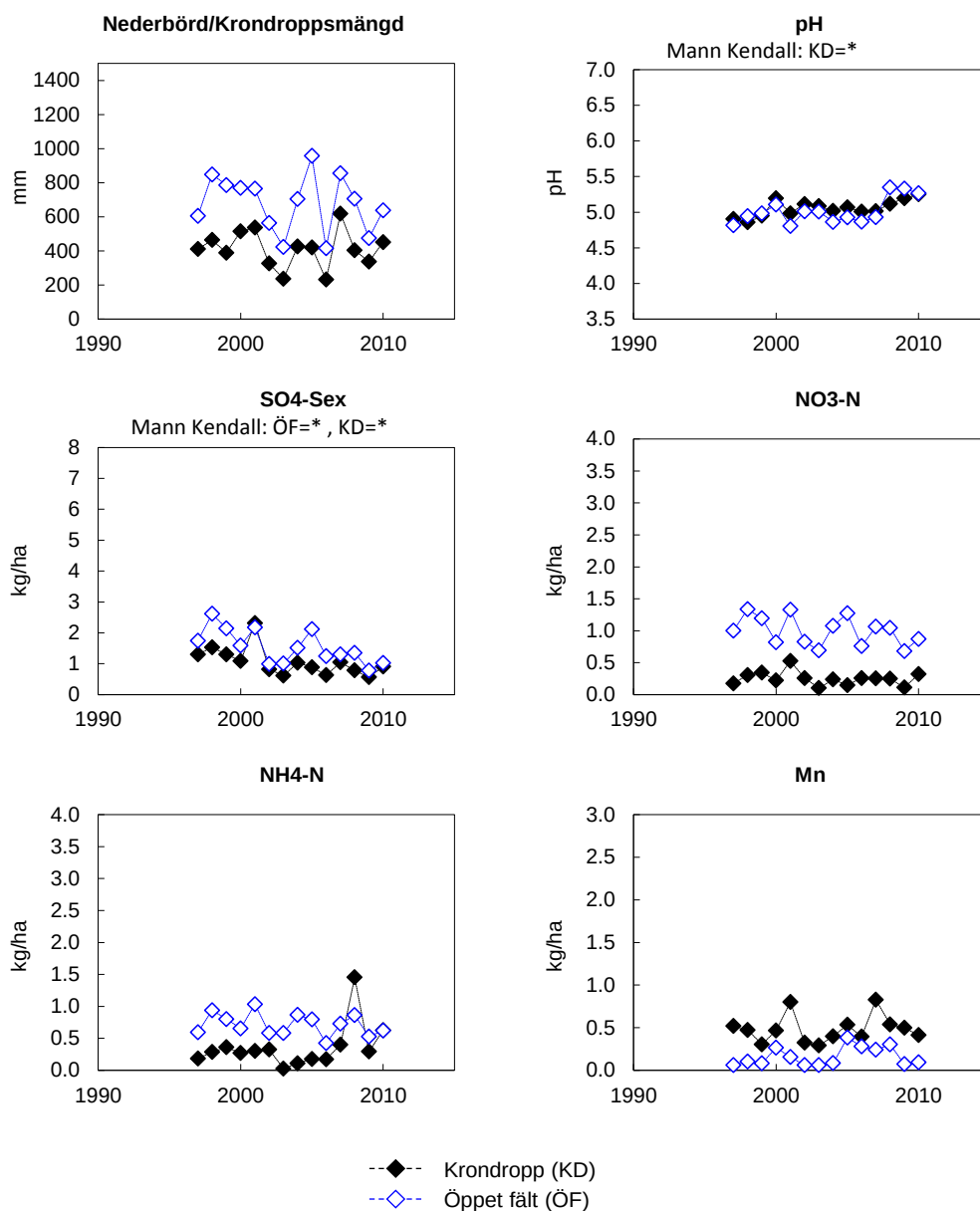


Figur 10. Årliga värden (hydrologiskt år) för deposition via kron dropp och på öppet fält vid **Gammelgården (BD 01)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt kron droppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i kron droppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas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

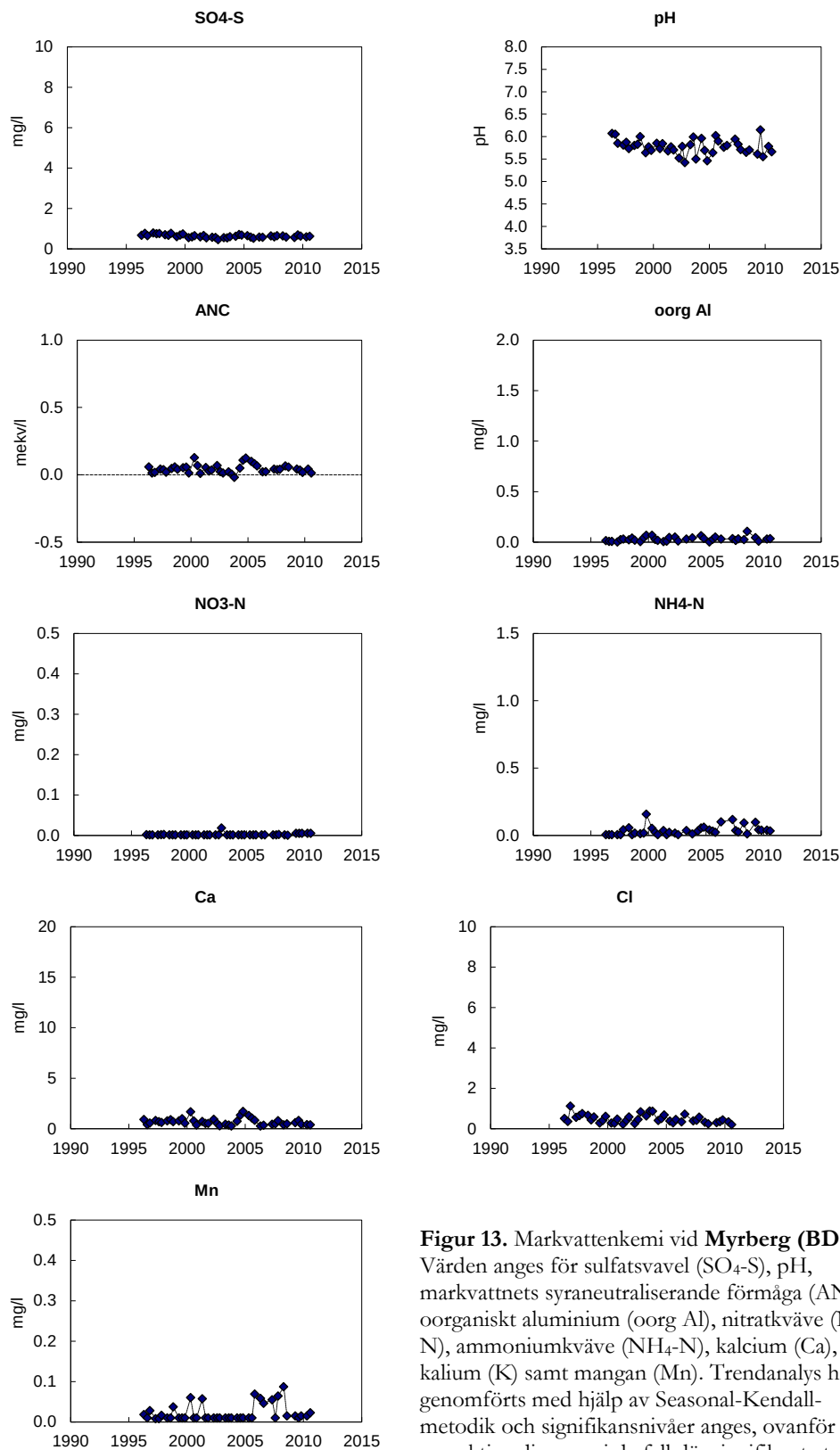


Figur 11. Markvattenkemi vid **Gammelgården (BD 01)**. Värden anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

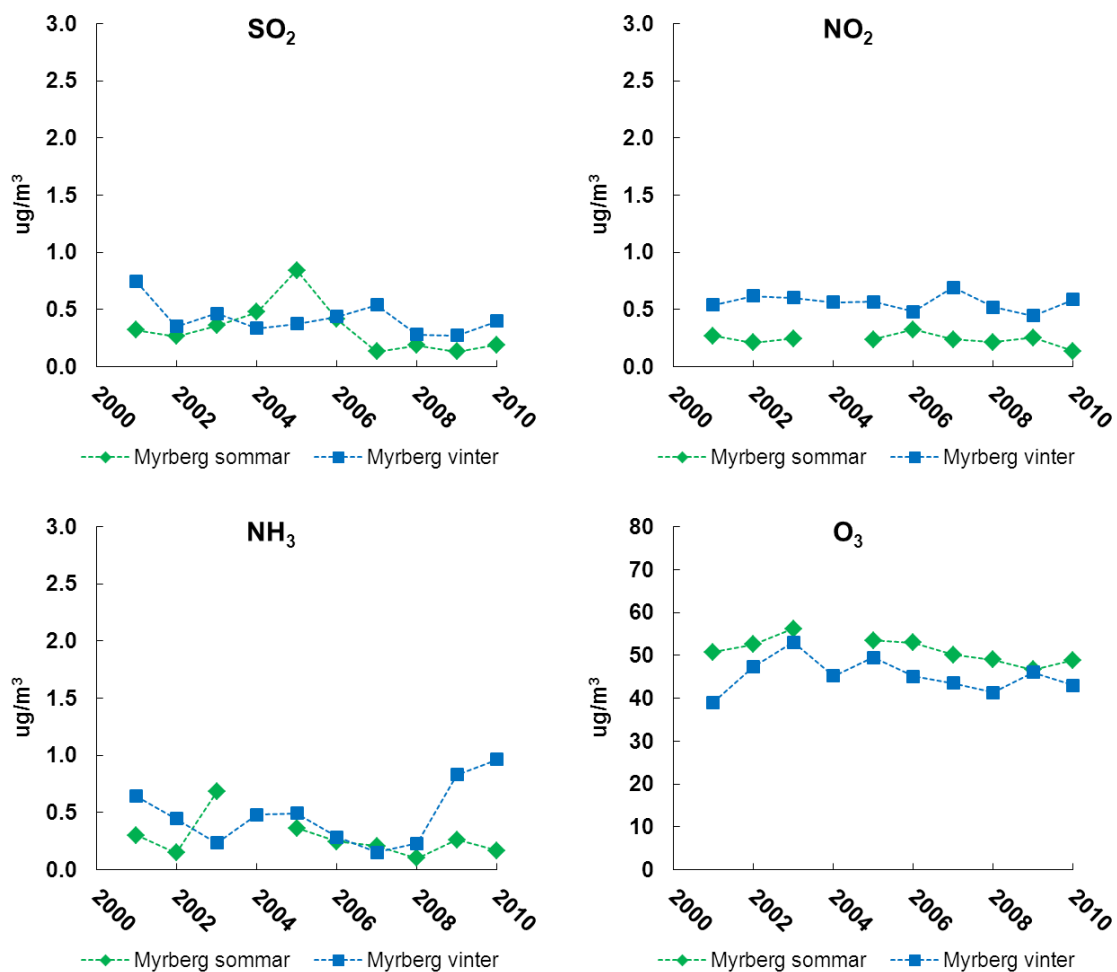
Myrberg (BD 02): Ytan ligger cirka 3 mil nordväst om Luleå. Beståndet utgörs av 105-årig granskog med låg bonitet, ståndortsindex G15. Liksom i Gammelgården startade mätning av deposition och markvatten 1996.



Figur 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 mangan (Mn). 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.



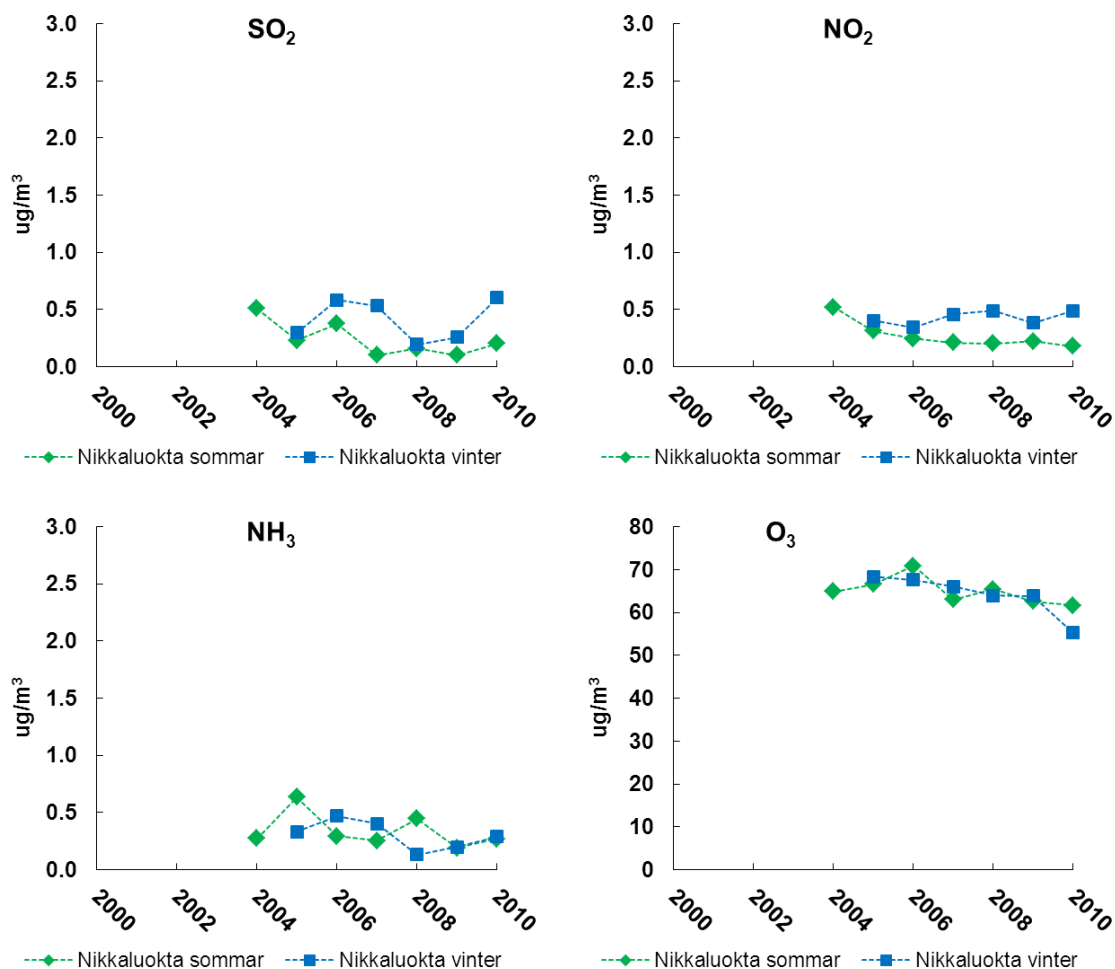
Figur 13. Markvattenkemi vid Myrberg (BD 02). Värden anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



Figur 14. Lufthalter vid **Myrberg (BD 02)**. Värden anges för svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och ozon (O₃).

Nikkaluokta (BD15)

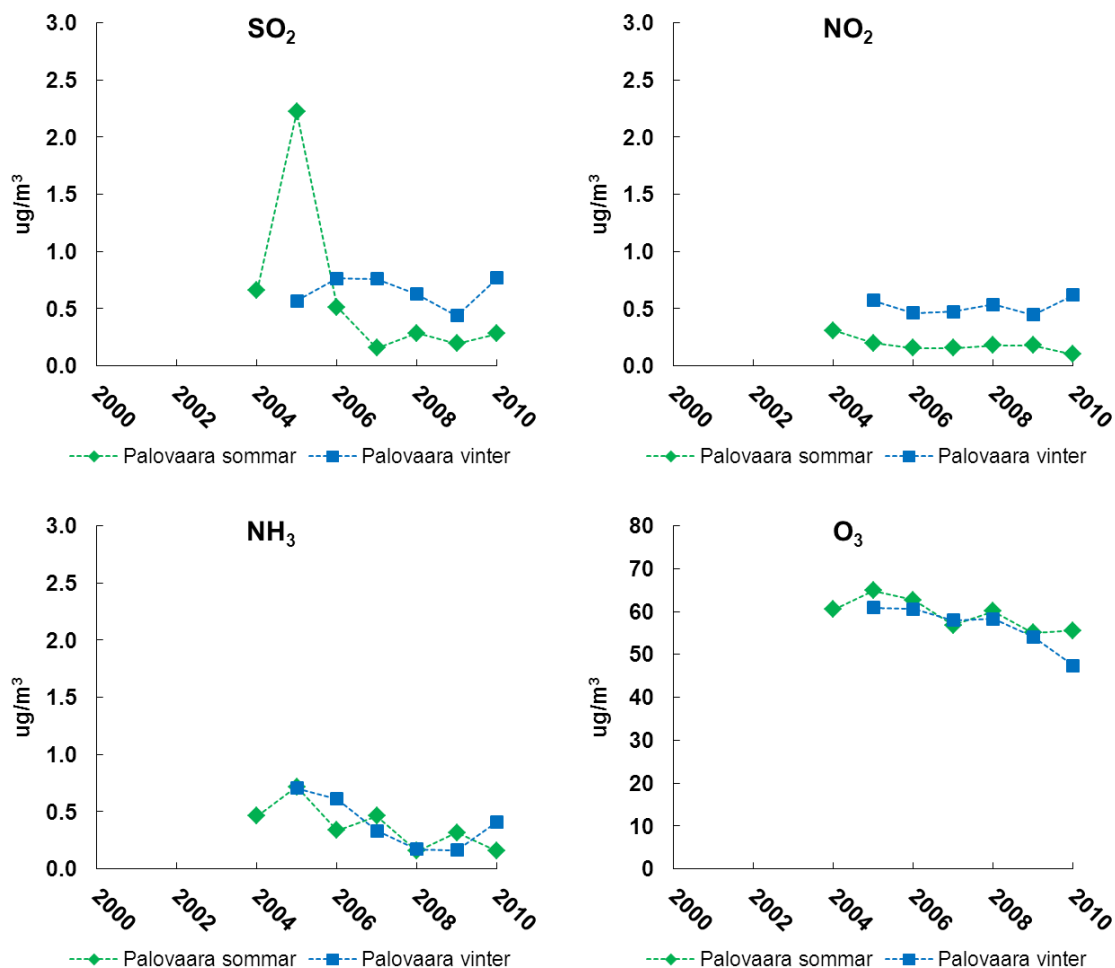
Lufthalter av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och marknära ozon (O_3) har mätts i Nikkaluokta sedan januari 2004.



Figur 15. Lufthalter vid **Nikkaluokta (BD 15)**. Värden anges för svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3).

Palovaara (BD 16)

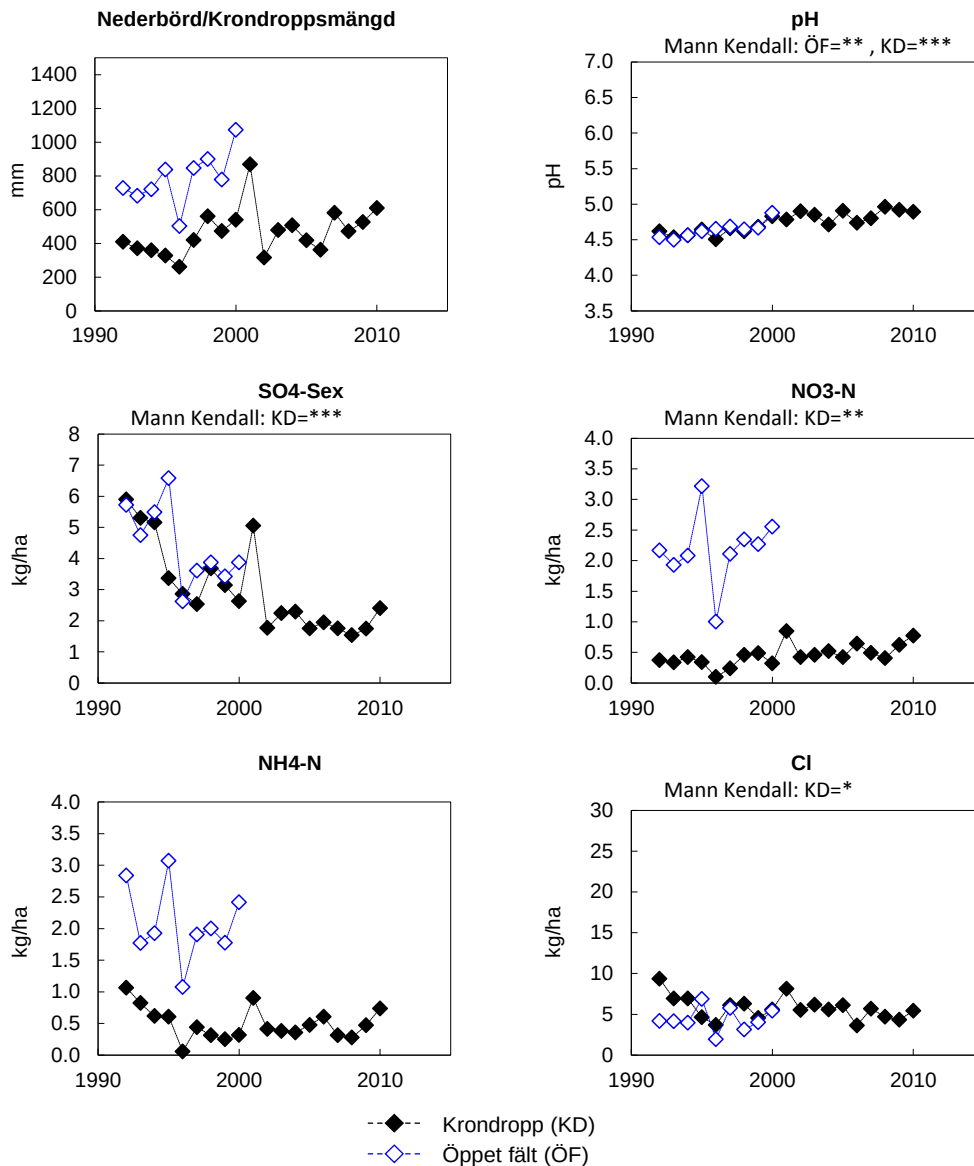
Lufthalter av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och marknära ozon (O_3) har mätts i Palovaara sedan januari 2004.



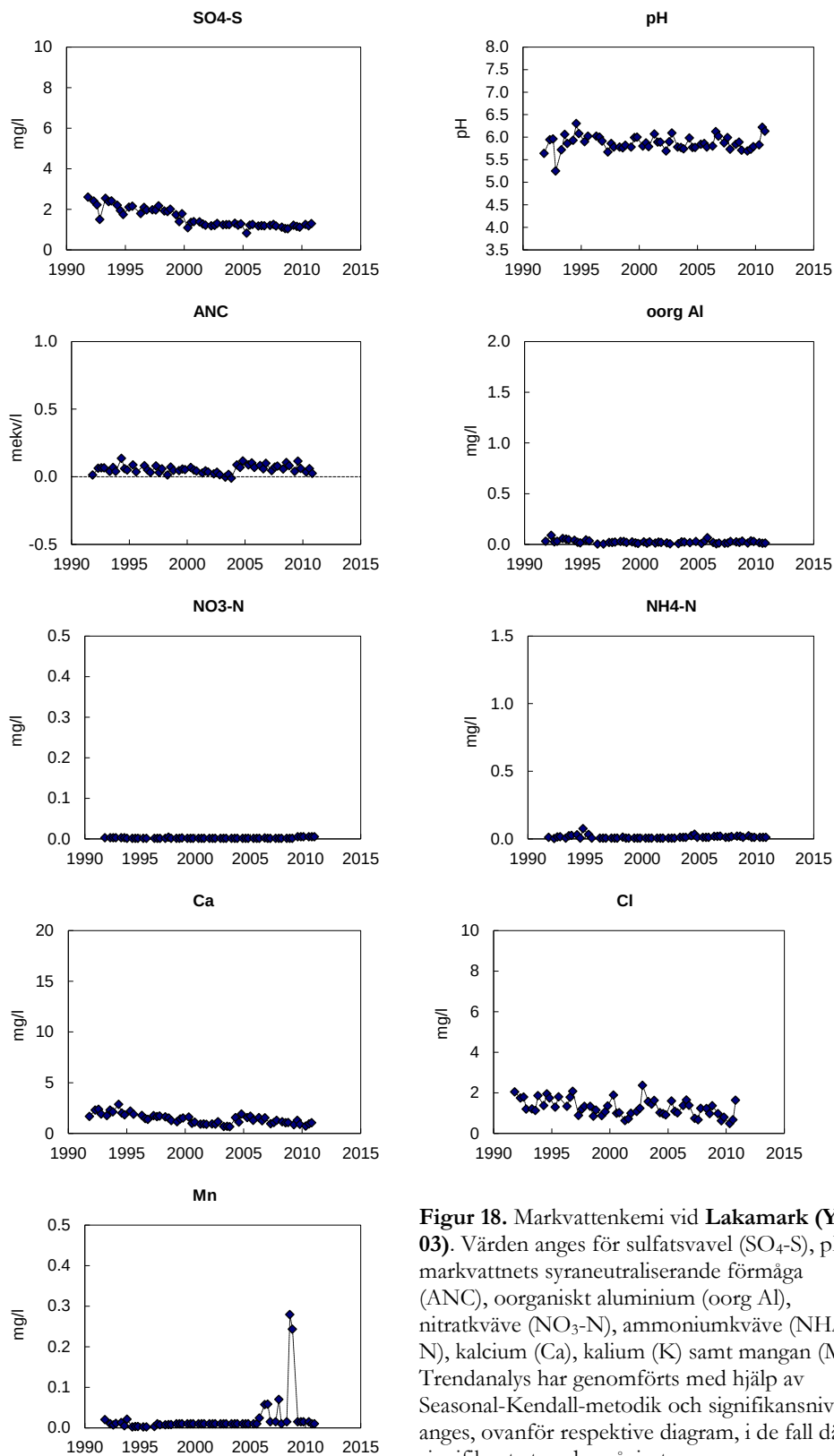
Figur 16. Lufthalter vid **Palovaara (BD 16)**. Värden anges för svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3).

Västernorrlands län

Lakamark (Y 03): 78-årig granskog på plan, något sank mark i nordöstra hörnet av Västernorrlands län. Mätning av deposition och markvatten startade 1991. Nederbördskemiska mätningar avslutades i december 2000.

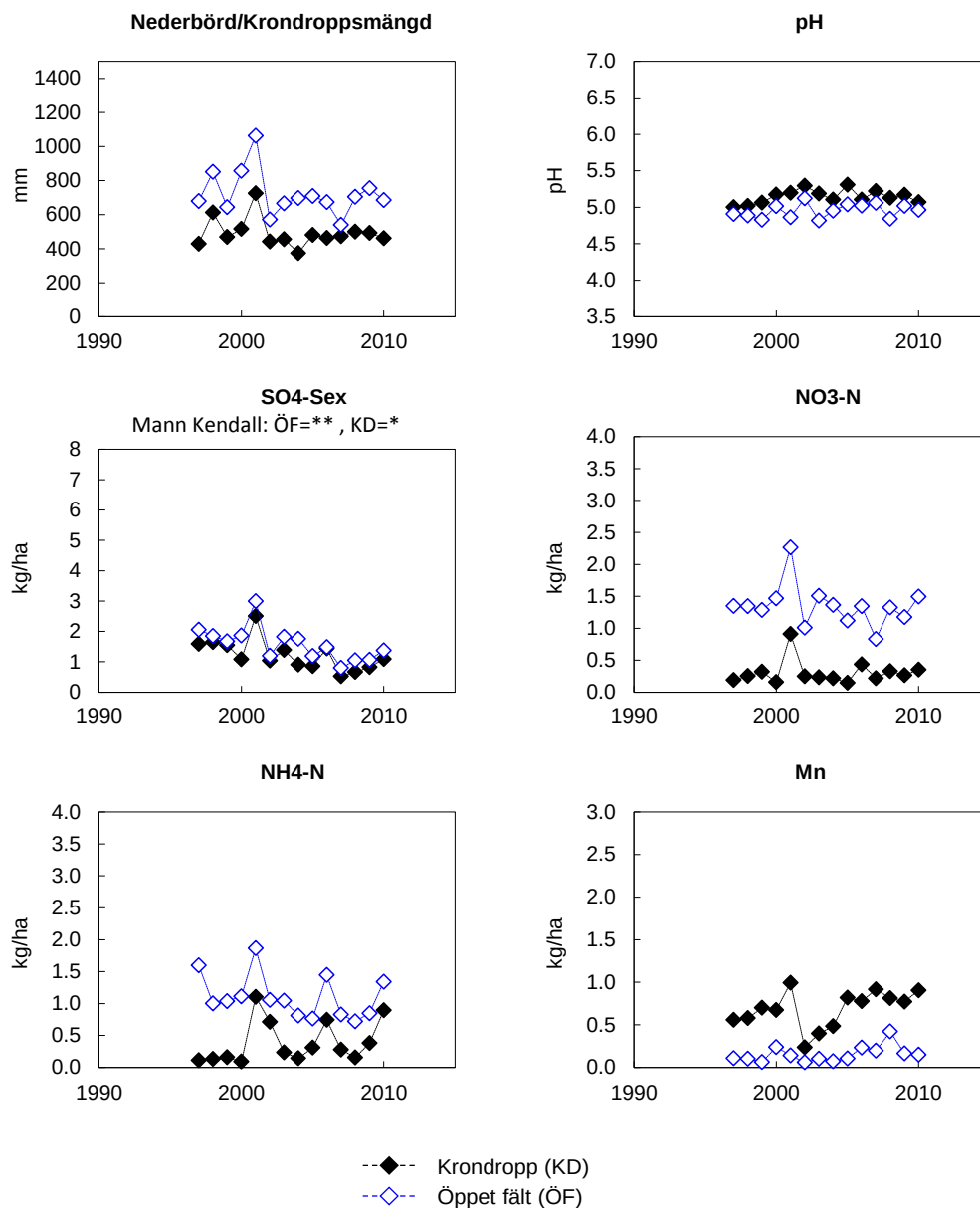


Figur 17. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via kronddropp och på öppet fält vid **Lakamark (Y 03)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt kronddropsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i kronddroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för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

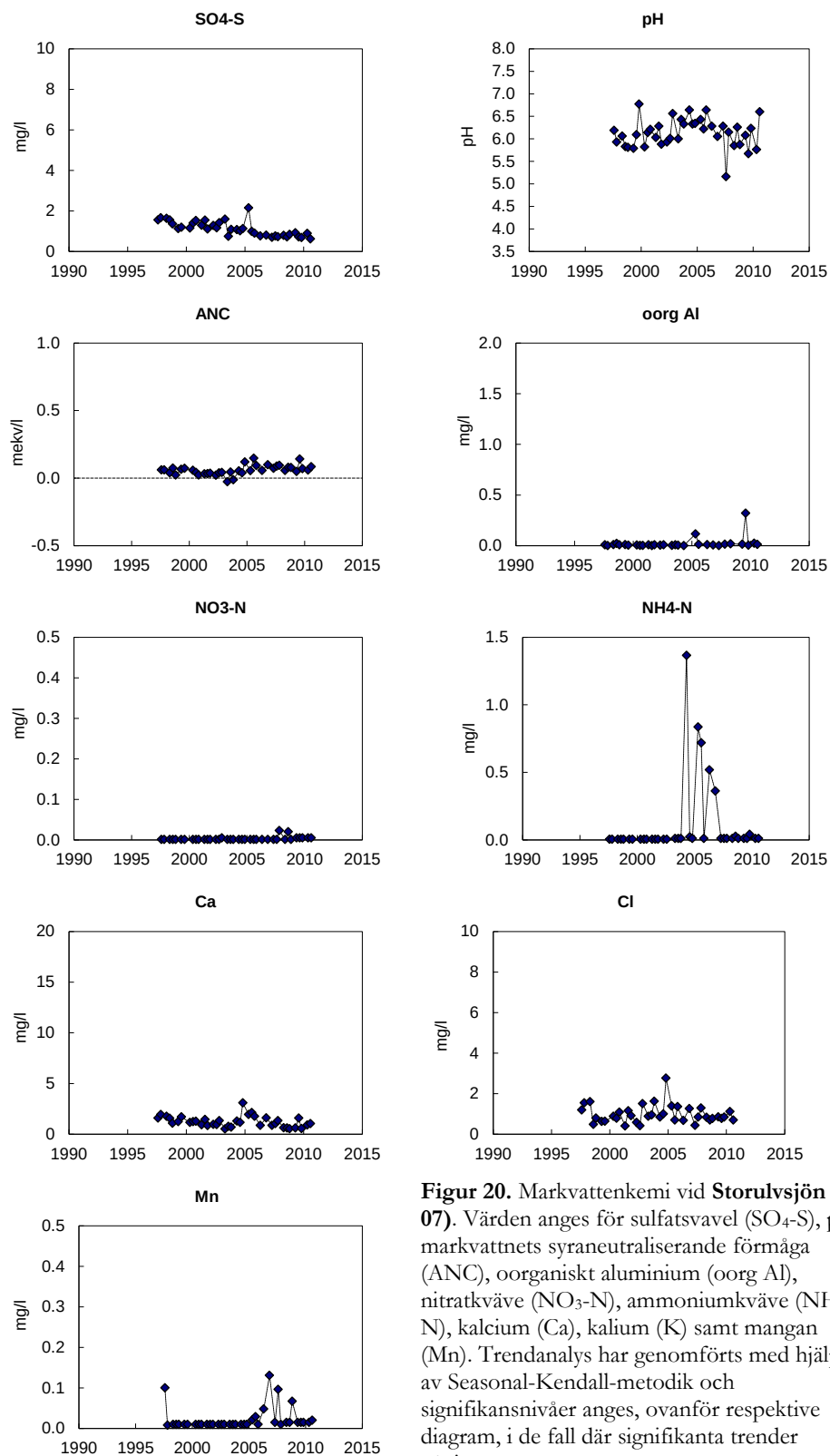


Figur 18. Markvattenkemi vid **Lakemark (Y 03)**. Värden anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

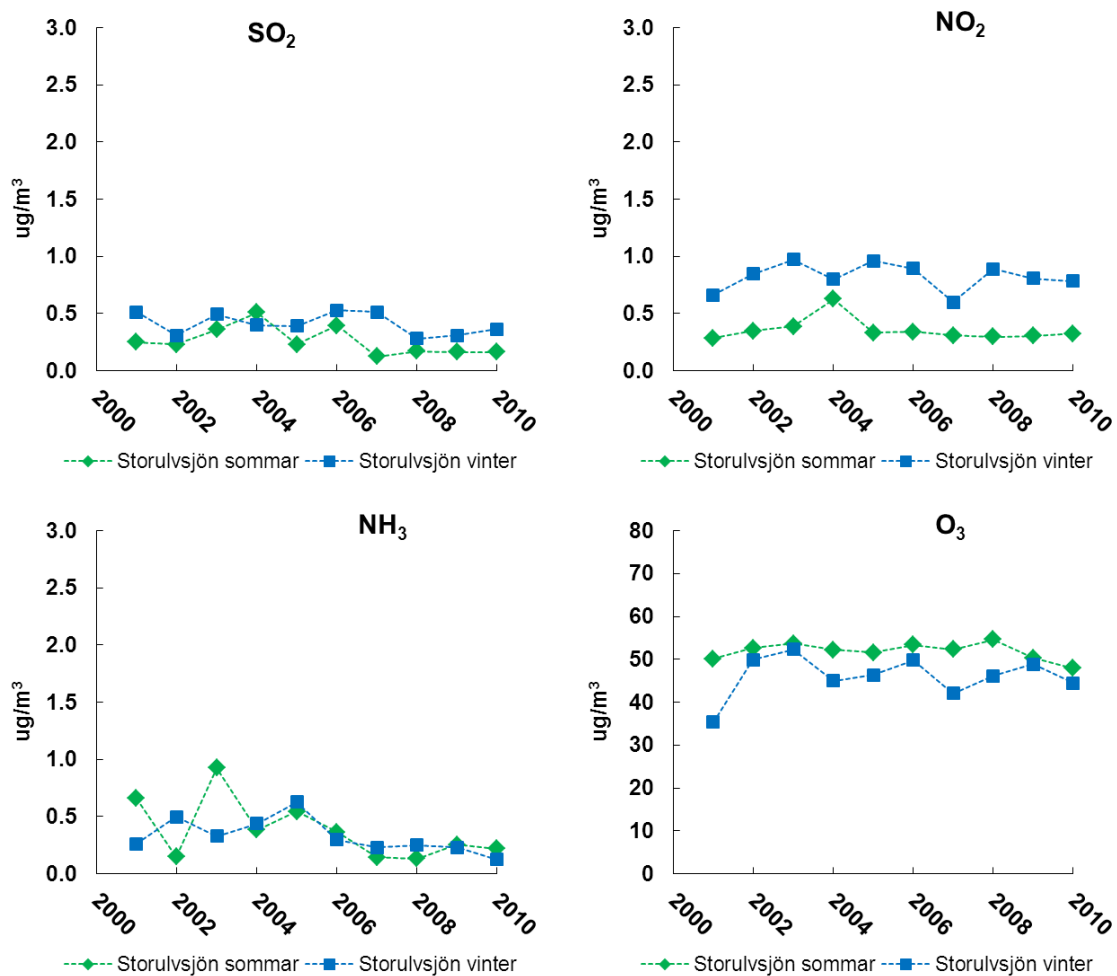
Storulvsjön (Y 07): Ytan utgörs av 78-årig granskog med ståndortsindex G20. Mätning av deposition och markvatten startade hösten 1996.



Figur 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 ($\text{SO}_4\text{-S ex}$), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) och mangan (Mn). 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.



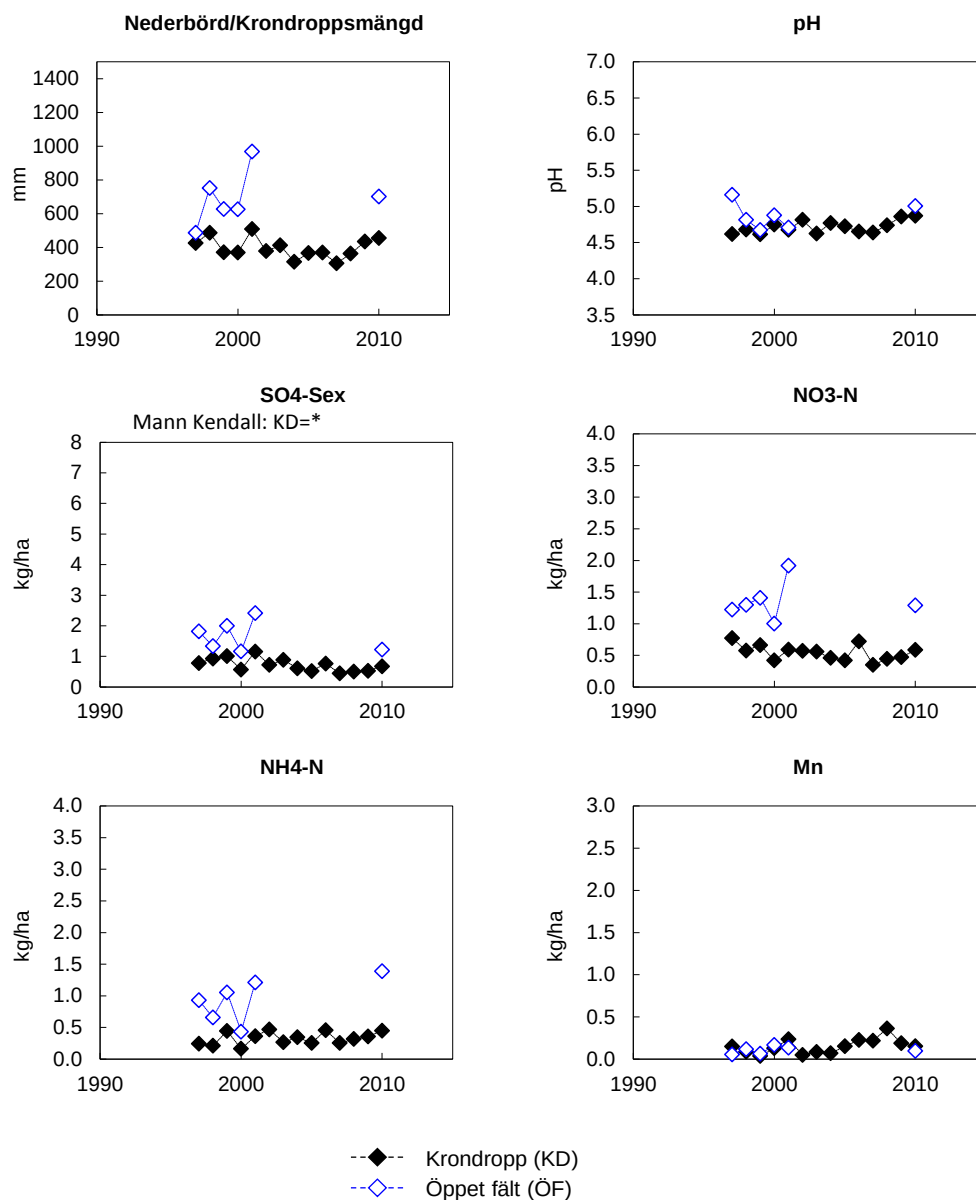
Figur 20. Markvattenkemi vid Storulvsjön (Y 07). Värden anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



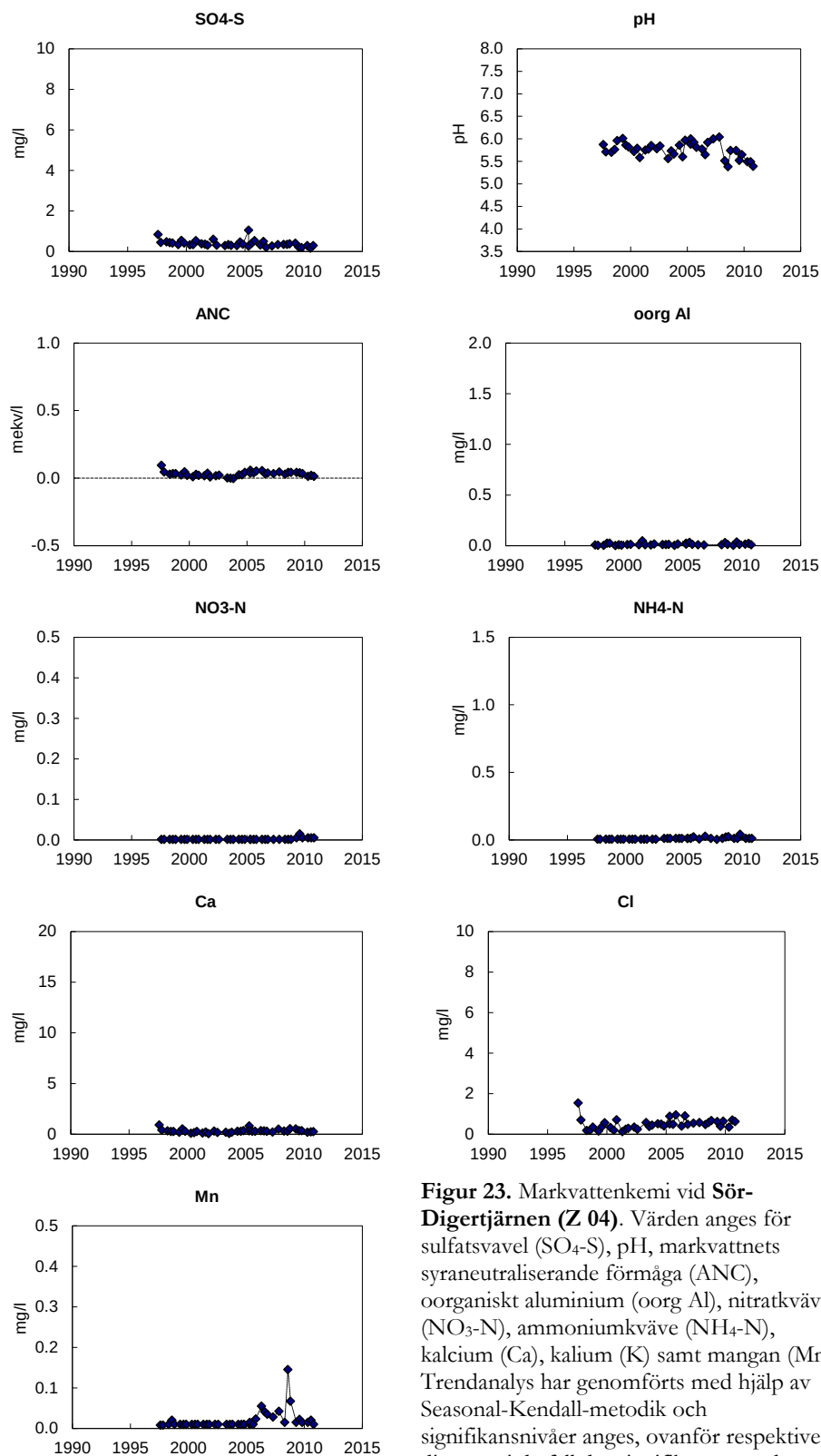
Figur 21. Lufthalter vid **Storulvsjön (Y 07)**. Värden anges för svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂), ammoniak (NH₃) och ozon (O₃).

Jämtlands län

Sör-Digertjärnen (Z 04): Yta med 99-årig tallskog i allra sydligaste delen av Jämtlands län. Jordarten är sandig-moig morän och boniteten låg; T16. Mätning av deposition och markvatten påbörjades hösten 1996. Nederbörds-kemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001.

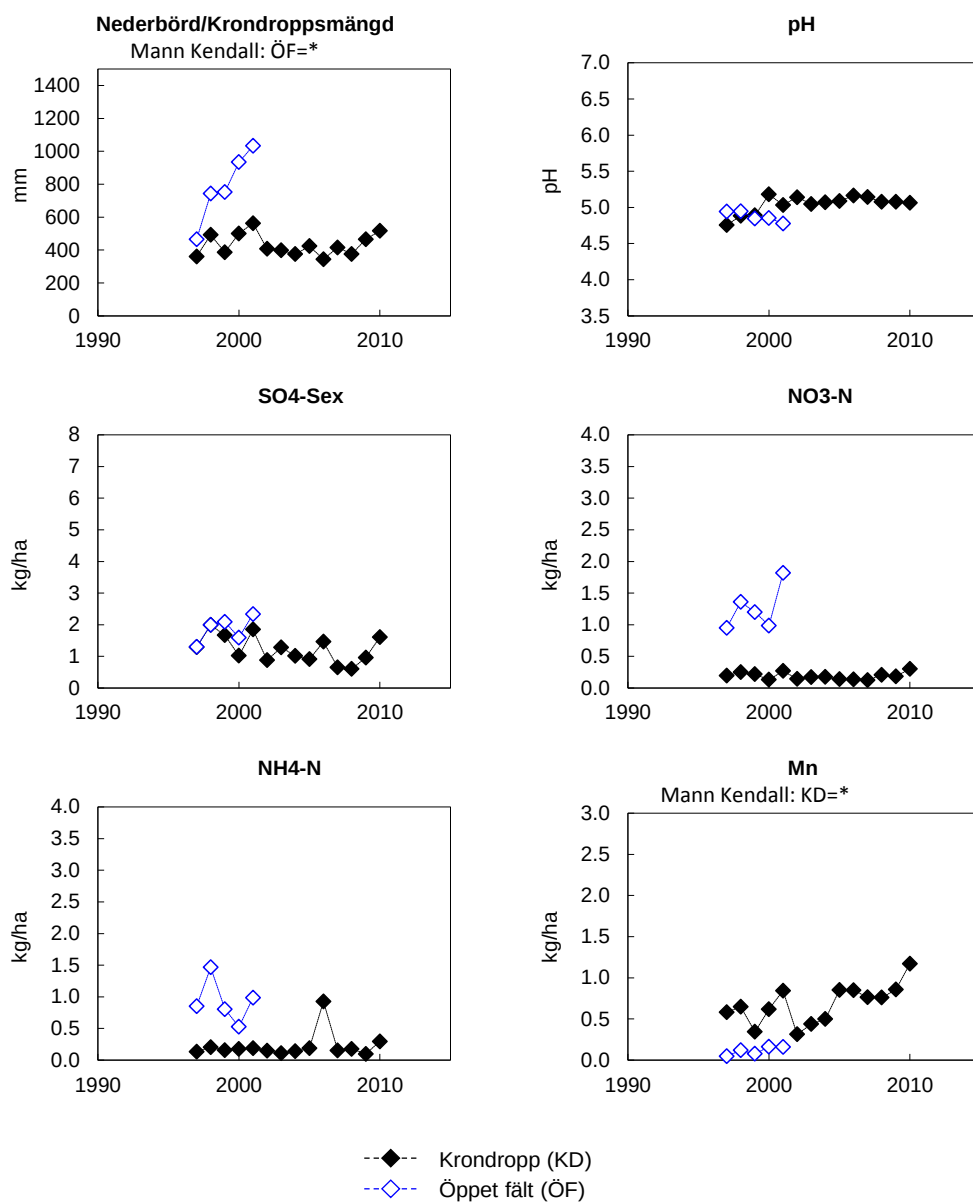


Figur 22. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via kronropps och på öppet fält vid **Sör-Digertjärnen (Z 04)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas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

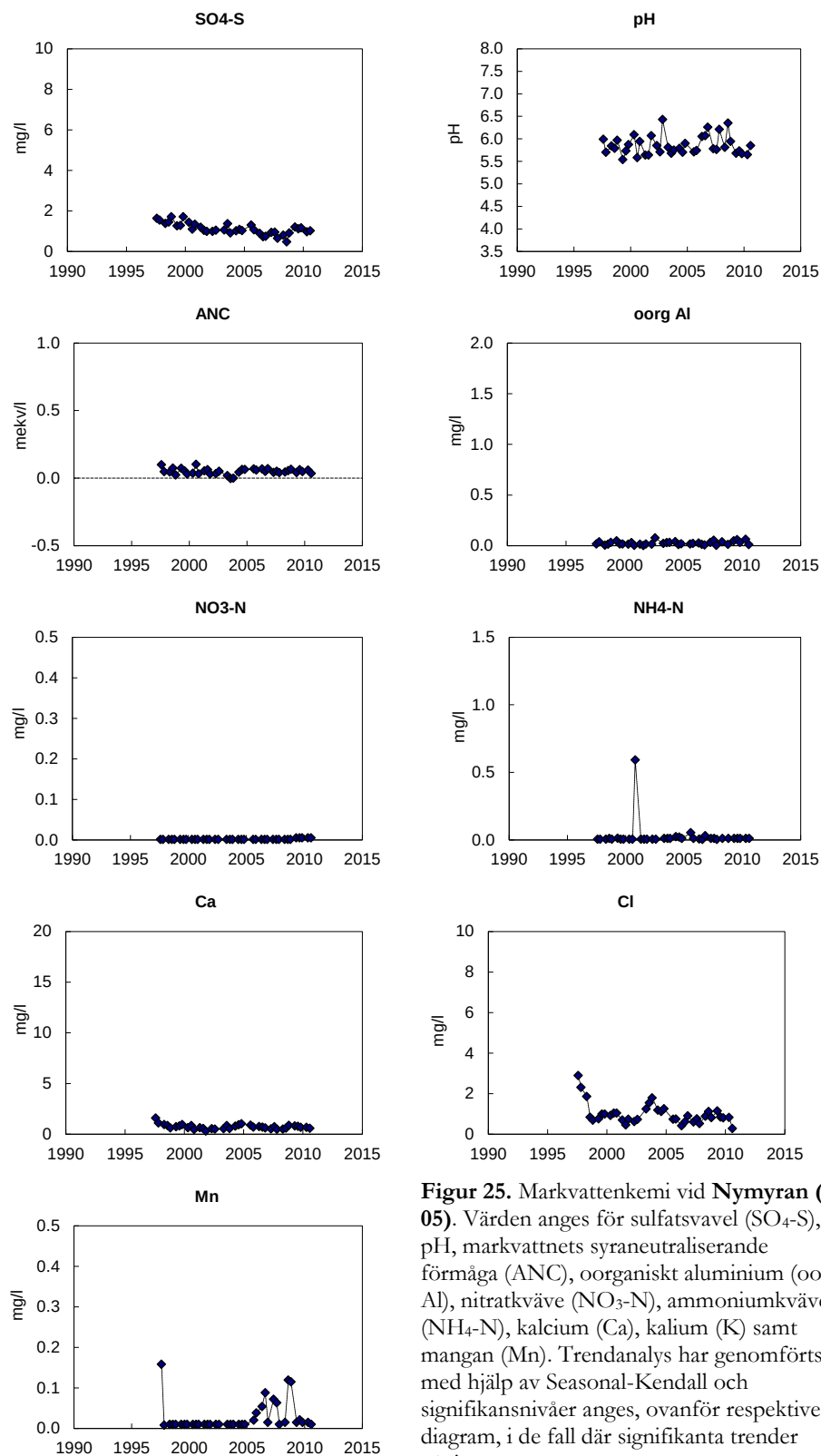


Figur 23. Markvattenkemi vid Sör-Digertjärnen (Z 04). Värden anges för sulfatsvavel (SO₄-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Nymyran (Z 05): Yta med 78-årig granskog på bördig mark (G21). Jordarten är sandig-moig morän och ytan ligger i Jämtlands läns östligaste spets. Nederbördskemiska mätningar avslutades i december 2001.

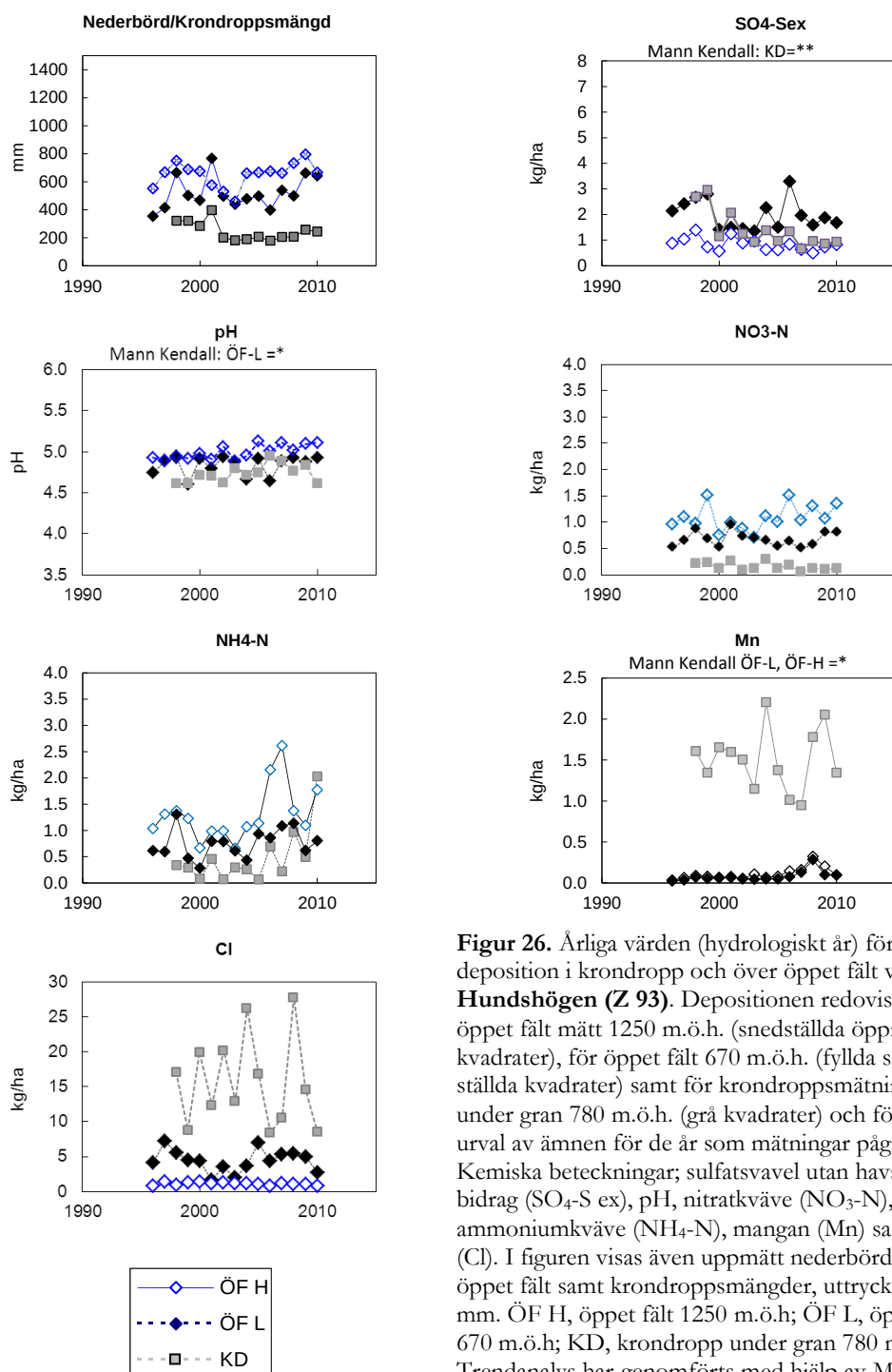


Figur 24. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält vid **Nymyran (Z 05)**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm samt pH i nederbörden och i krondroppet. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) och mangan (Mn). 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.



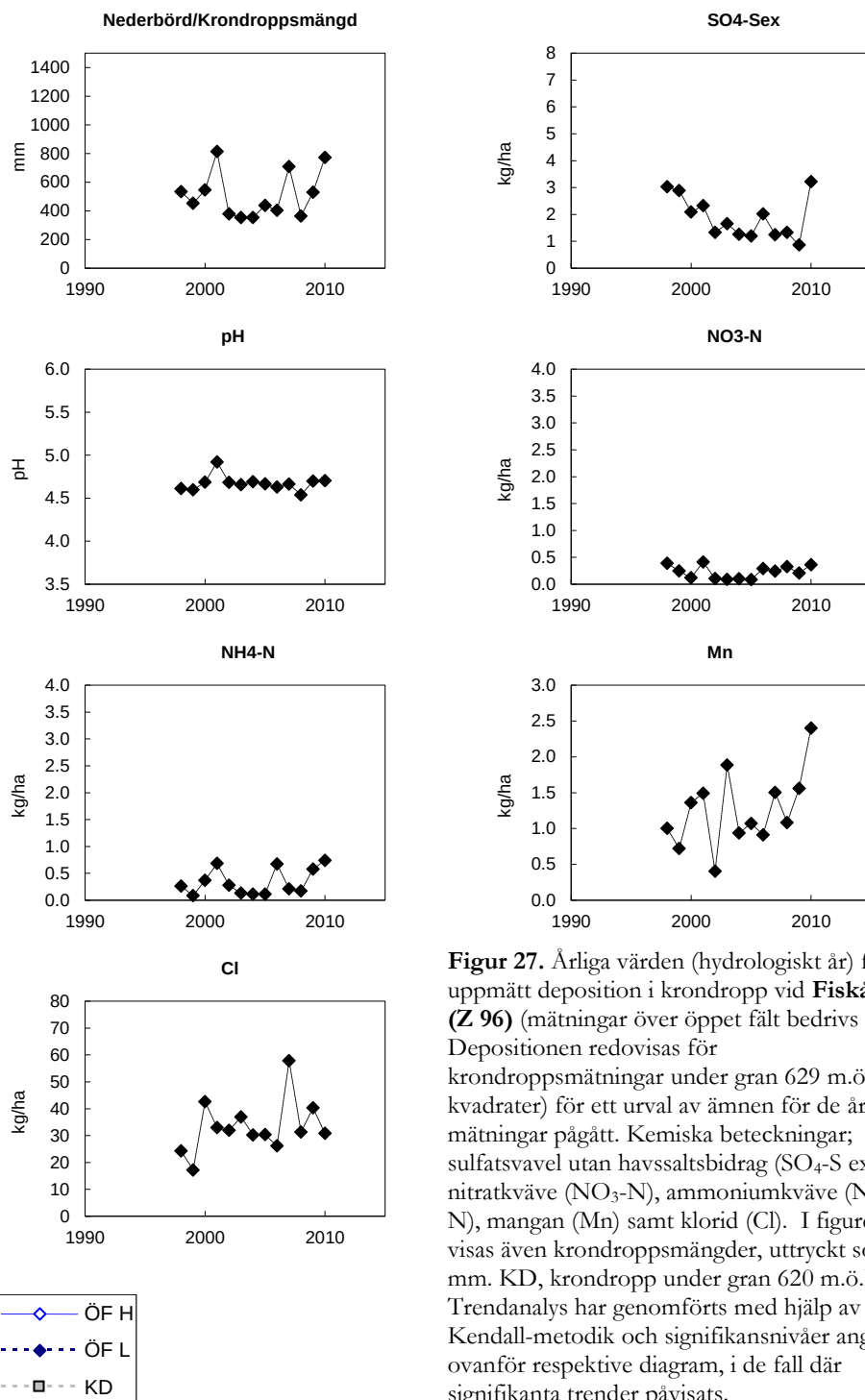
Figur 25. Markvattenkemi vid Nymyran (Z 05). Värden anges för sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalcium (Ca), kalium (K) samt mangan (Mn). 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 Jämtland finansierar (Karlsson & Pihl Karlsson, 2008). Markvatten och lufthalter mäts ej.



Figur 26. Årliga värden (hydrologiskt år) för uppmätt deposition i kronddropp och över öppet fält vid **Hundshögen (Z 93)**. Depositionen redovisas för öppet fält mätt 1250 m.ö.h. (snedställda öppna kvadrater), för öppet fält 670 m.ö.h. (fyllda snedställda kvadrater) samt för kronddropsmätningar under gran 780 m.ö.h. (grå kvadrater) och för ett urval av ämnen för de år som mätningar pågått. Kemiska beteckningar; sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-Sex), pH, nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), mangan (Mn) samt klorid (Cl). I figuren visas även uppmätt nederbörd över öppet fält samt kronddropsmängder, uttryckt som mm. ÖF H, öppet fält 1250 m.ö.h.; ÖF L, öppet fält 670 m.ö.h.; KD, kronddropp under gran 780 m.ö.h. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Fiskåfjället (Z 96): Precis som i Hundshögen ingår mätningarna på granytan vid Fiskåfjället i de mätningar på hög höjd som Länsstyrelsen i Jämtland finansierar (Karlsson & Pihl Karlsson, 2008). Vid Fiskåfjället mäts dock för närvarande endast krondropp.



Figur 27. Årliga värden (hydrologiskt år) för uppmätt deposition i krondropp vid **Fiskåfjället (Z 96)** (mätningar över öppet fält bedrivs ej). Depositionen redovisas för krondroppsmätningar under gran 629 m.ö.h. (grå kvadrater) för ett urval av ämnen för de år som mätningar pågått. Kemiska beteckningar; sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), pH, nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), mangan (Mn) samt klorid (Cl). I figuren visas även krondroppsmängder, uttryckt som mm. KD, krondropp under gran 620 m.ö.h. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Bilaga 2. Ord att förklara

ANC: "Acid Neutralising Capacity" (syra-neutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) minus starka syrors anjoner (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) räknat i ekvivalenter. Positivt värde utgörs av syra-buffrande vätekarbonat och organiska anjoner. Negativt värde uttrycker aciditet.

Antropogent: Orsakad av människan.

Baskatjoner: Positiva joner av alkalimetaller med ursprung i syra-neutraliserande föreningar; kalcium, magnesium, kalium och natrium.

BC/ooAl: Kvot mellan baskatjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) och oorganiskt aluminium. Baseras på enheten mol och indikerar markens försurningsstatus. Kvot under 1 anses medföra en ekologisk risk.

CLE: Basscenario för depositionsminskning till 2020 enligt "Current legislation", d.v.s. de beslut om minskade utsläpp som finns inom Europa.

Deposition: Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme): Europeiskt samarbete avseende gräns-överskridande luftföroreningar för kontroll av luftens och nederbördens sammansättning samt beräkningar av transport av luftföroreningar.

Hydrologiskt år: Omfattar oktober till september, baseras på vattnets cirkulation i naturen.

Interncirkulation i trädkronan: Vissa ämnen intern-cirkuleras i trädkronan, vilket innebär att det som uppmäts i krondropp inte överensstämmer med totaldepositionen. Exempel på ämnen som interncirkuleras är kväve som främst tas upp till barr/blad och kalcium, magnesium och kalium som främst utsöndras via barr/blad.

Jordart: Sönderkrossade och vittrade bergarter bildar jordarter med olika kornstorlekar och sorteringsgrad. De vanligaste jordarterna är morän, olika sediment och torv.

Jordmån: Övre delen av marken som påverkas av markorganismer, klimat och vegetation. Vanligaste jordmåner i skog på fastmark är podsoler, övergångsjordar och brun-jordar.

Kritisk belastning: Den högsta deposition som inte bedöms förorsaka långsiktiga skadliga effekter på strukturen och funktionen i ett ekosystem. Kritisk belastning beräknas bland annat för aciditet (försurande ämnen – svavel och kväve) och för övergödande kväve.

Krondropp: Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på totaldeposition i skog av ämnen som inte påverkas nämnvärt av interncirkulation, som

svavel och klorid, men är ett sämre mått för t.ex. kväve, som i områden med låg eller måttlig belastning visar högre värden på öppet fält än i krondropp. I kraftigt kvävebelastade områden visar krondroppsmätningar högre deposition än mätningar på öppet fält.

Lufthalter: Luftens innehåll av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3) mäts i dessa undersökningar som månadsmedelvärde med hjälp av diffusionsprovtagare.

Mann-Kendall: statistisk metod för att beskriva trender.

Markvatten: Vatten i markens omättade zon, oftast på väg nedåt mot grundvattnet. Provtas i dessa undersökningar med lysimetrar, 50 cm ner i mineraljorden. Suger vatten via ett fint, keramiskt filter (typ P 80).

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

pH-värde: Mått på surhetsgrad. Ju lägre pH-värde, desto mer vätejoner och surare förhållanden.

Seasonal-Kendall: statistisk metod för att beskriva säsongsvisa trender.

$\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$: Mängd antropogent svavel i form av sulfatjoner. Svavel från havssalt har räknats bort med hjälp av uppmätt kloridhalt. Används vid jämförelse med miljö kvalitetsmål.

Ståndortsindex: För att uppskatta ståndortens virkesproducerande förmåga används ett ståndortsindex (H100) som uttrycker den övre höjden vid totalåldern 100 år för ett givet trädslag. G = gran och T = tall.

Torrdeposition: Gaser och partiklar som deponeras. Dessa fastnar exempelvis på träd-kronor och sköljs ned med nederbörden mot marken. För svavel och havssalt beräknas torrdeposition i dessa undersökningar som nedfall via krondropp minus nedfall på öppet fält.

Totaldeposition: Summan av våt- och torrdeposition, se "Krondropp".

Våtdeposition: Deposition via nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbördskemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (MATCH-Sverige-modellen).

Öppet fält: Öppet område där nederbördskemi och/eller lufthalter mäts.