

För Örebro läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Örebro län

Resultat till och med september 2006



Anna Nettelblatt, redaktör
B 1732
Juli 2007

För Örebro läns Luftvårdsförbund

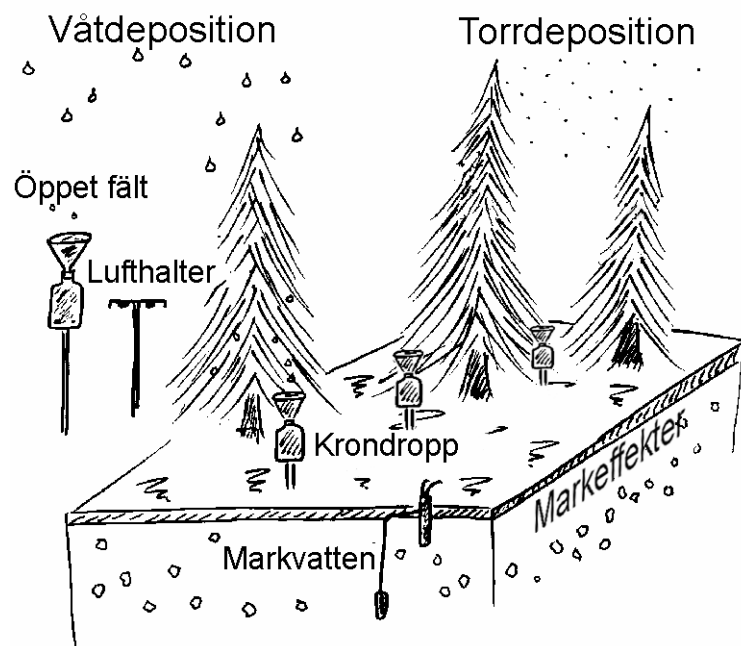
Övervakning av luftföroreningar i Örebro län

Resultat till och med september 2006

På uppdrag av Örebro läns Luftvårdsförbund har IVL mätt nedfall av luftföroreningar och markvattnets kvalitet på fem lokaler i Örebro län. Syftet är att beskriva nedfallets storlek och markvattnets sammansättning i skogsytorna, men även visa skillnader mellan olika delar av regionen och hur förhållandena ändras med tiden. Provytorna ligger i Skogsvårdsorganisationens observationsytor, vilket gör att Luftvårdsförbundets data kan jämföras med skogliga uppgifter. Genom samarbete med SMHI utförs även yttäckande modellberäkningar av depositionen sedan 2000/01.

Nedfallet av svavel och kväve är störst i sydvästra Sverige och antas att nordost. Längre norrut finns en gradient med större deposition i Stockholmsområdet och längs Norrlandskusten än inåt landet. Sedan mätningarna startade har nedfallet av svavel minskat betydligt, liksom skillnaden mellan olika regioner i Sverige, samtidigt som nederbörden blivit mindre sur. Till stor del förklaras det av minskade utsläpp av svavel i Europa. Trots minskad försurningsbelastning noteras ingen tydlig återhämtning av markvattnets försurningsstatus. När det gäller kvävenedfall är det svårt att se trender. Om avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer depositionen av i första hand kväve att minska till år 2010.

Resultaten från hydrologiska året 2005/06 visar något högre svavelbelastning än närmast föregående år, 2,5 kg/ha som medelvärde från de båda granytorna. Nedfallet av oorganiskt kväve till marken i skogen var också något högre än tidigare; 4,0, kg/ha via krondropp. Försurningspåverkat markvatten har främst noterats från två lokaler i norra delen av länet; granskogen i Greckssundet och tallskogen i Örlingen..



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

Uppdragsgivare:

Örebro läns Luftvårdsförbund

Utförande organ:

 IVL Svenska Miljöinstitutet AB
 Box 5302, SE-400 14 GÖTEBORG

Författare: Anna Nettelblad, red.

Nyckelord: Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, markvatten, Örebro län

IVL rapport B 1732
Beställs från:

 Örebro läns Luftvårdsförbund
 Peter Ekelund
 c/o Länsstyrelsen
 701 86 ÖREBRO

eller

publikationsservice@ivl.se

 IVL, Publikationsservice
 Box 21060
 SE-100 31 STOCKHOLM
 Tel: 08-598 563 00
 Fax: 08: 598 563 90

Innehållsförteckning

Övervakning av luftföroreningar i Örebro län.....	1
Innehållsförteckning.....	2
Inledning.....	2
Inledning.....	3
Ord att förklara.....	4
Förklaring till stationsfigurer.....	4
Stationsvis redovisning.....	5
Tidsutveckling deposition.....	13
Tidsutveckling markvatten.....	14
Data i tabellform, deposition och markvatten.....	15

Rapporten godkänd
2007-07-03



John Munthe
Avdelningschef

Mer information finns på
Krondroppsnetzets hemsida:

www.ivl.se/miljo/projekt/kron/

Där finns bland annat:

- bakgrund och metodbeskrivning
- information om provytorna
- länk till modellberäknade data
- databas och kartor för hela Sverige
- notiser och aktuell information

Inledning

På uppdrag av luftvårdsförbund, länsstyrelser, skogsstyrelsen och kommuner mäter IVL deposition och markvatten på över 100 lokaler i Sverige (figur 2). Syftet är att kvantifiera belastning och beskriva effekter i marken. På vissa lokaler mäts lufthalter av olika föroreningar.

Resultaten från undersökningarna samlas i en databas på IVL där bearbetning sker. Ett mätår är ett hydrologiskt år, från oktober till september. Resultat avseende tillstånd och tidsutveckling redovisas i årliga rapporter och på Krondroppsnätets hemsida, under www.ivl.se. Vissa ord och begrepp förklaras i faktarutan på sidan 4. Där finns även en förklaring till innehållet i stationsfigurerna, som visar resultat från enskilda lokaler.

Provtagning av nederbörd sker på öppna ytor. Analys av föroreningar ger mått på huvudsakligen det våta nedfallet. Provtagning av krondropp görs på närbelägna skogsytor. Skogsmarkens reaktion på surt nedfall studeras framför allt genom markvattenstudier. Lufthalter mäts med diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som analyseras.

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i Skogsstyrelsens skogliga observationsytor. Skogsstyrelsen undersöker regelbundet skogens och skogsmarkens tillstånd, som tillväxt, kronutglesning samt barr- och markkemi. Det gör att luftföroreningarnas inverkan på skogens och markens tillstånd kan analyseras. De skogliga observationsytorna ingår i såväl ett nationellt som ett Europeiskt nät och är delvis EU-finansierade. De samordnade undersökningarna startade i Blekinge 1985 och omfattar nu större delen av landet. Metoderna har i princip bibehållits sedan början av mätningarna och ingår nu i EUs manu-

aler för miljöövervakning.

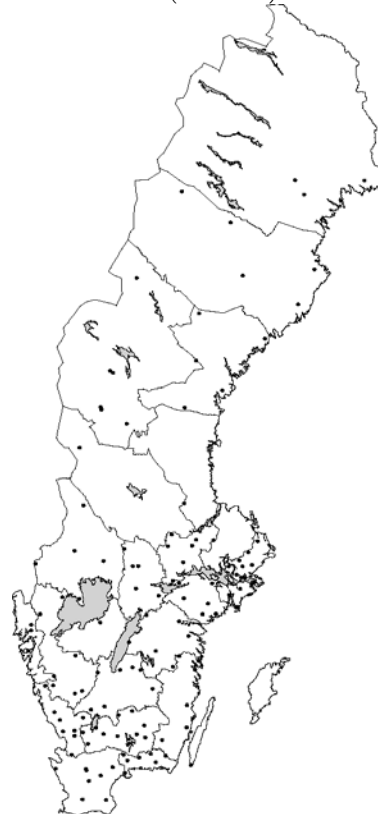
Denna redovisning är den sista enligt Program 2004-2006 för regional övervakning av luftföroreningar. Det är resultat av ett samarbetsprojekt mellan länen, Naturvårdsverket (NV) och IVL och har bland annat inneburit ökad samordning med nationell övervakning av luft, redovisning av resultat både via hemsida och ordinarie rapporter, förbättrade metoder för att undersöka torrt nedfall i skog samt ett program för kvalitetssäkring av mätningarna. Resultat från Krondroppsnätets mätningar av deposition, tillsammans med liknande mätningar i andra länder, har förtjänat under program-perioden utnyttjats som underlag för att utveckla nya metoder för modellberäkningar av gränsöverskridande luftföroreningar i Europa. De nya metoderna kan med ökad precision beräkna nödvändiga utsläppsbegränsningar för nå en rad miljömål bland annat i Sverige. Programmet har även varit grund i det styrgruppsarbete och diskussioner som mynnat i ett nytt omarbetat program för 2007-2010.

Programmet 2004 till 2006, liknar i stora drag utförandet 2003, men nu finns minst en lokal per län med nederbördskemiska mätningar på öppet fält. Totalt antal skogslokaler är dock något mindre än förut. Liksom 2004 var avsikten att denna rapport skulle redovisa modellberäknad våtdeposition i figurer och tabeller, som jämförelse till krondropps-mätningarna. Försening i leverans av data har dock gjort att denna redovisning istället kommer ske på Krondroppsnätets hemsida (www.IVL.se) under hösten. Modellberäknad deposition bygger på MATCH-Sverige, en spridningsmodell framtagen av SMHI.

Svenska miljö kvalitetsmål förutsätter att internationellt avtalade utsläppsminskningar genomförs. Minskningen kan räknas om till

deposition i olika delar av landet och jämföras med regionala mätningar. För Götaland år 2010 är förväntad genomsnittlig belastning i både öppna och skogbevuxna områden cirka 3 kg svavel och 5,5 kg kväve per ha och år.

Undersökningarna i **Örebro län** är resultat av ett lagarbete. Provtagning har på ett förtjänstfullt sätt utförts av Mikael Nyberg, Länsstyrelsen. På IVL har K Koos, I Torbrink, Irene Wählström, C Hällinder, S Honkala, V Andersson, N Nilsson, C Larsson, K Hommerberg och B Dusan analyserat proverna. Validering av data har huvudsakligen utförts av Irene Wählström och A Nettelbladt. A Nettelbladt har även arbetat med databearbetning och figurframställning, samt utvärderat och rapporterat resultaten tillsammans med Gunilla Pihl-Karlsson (lufthalter).



Figur 2. Krondroppsnätet under 2005/06. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

Ord att förklara

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

Antropogen: Orsakad av människan.

Baskatjoner: Positiva joner av alkalimetaller med ursprung i syraneutraliserande föreningar. Viktigast i detta sammanhang är kalcium, magnesium och kalium.

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.

Deposition: Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

EMEP: Europeiskt samarbete för kontroll av luftens och nederbördens sammansättning samt beräkningar av transport av luftföroreningar över nationsgränser.

EU-yta: 223 skogliga observationsytor lades ut 1995-97. 100 ingår i ett Europeiskt nät och 50 av dessa används även för regionala mätningar av luftföroreningar.

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

Intercirkulation: Vissa ämnen, till exempel kalcium, magnesium, kalium och mangan, intercirculeras mellan träd och mark. De deltar i jonbytesprocesser där vätejoner tas upp och baskatjoner avges i trädkronan.

Intensivyta: 11 av SVOs skogliga observationsytor. Ingår i Naturvårdsverkets nationella program för krondroppsmätningar i skog.

Jordart: Sönderkrossade och vittrade bergarter bildar jordarter med olika kornstorlekar och sorteringsgrad. De vanligaste jordarterna är morän, olika sediment och torv (den senare har bildats av organiskt material).

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

Krondropp: Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på total belastning i skog av ämnen som inte påverkas av intercirculation eller upptag, såsom svavel och klorid. För kväve indikeras i regel upptag eller omvandling i trädkronan. Det gör att ned-

fallet av kväve i områden med låg eller måttlig belastning visar högre värden på öppet fält än till marken i skogen. I kraftigt kvävebelastade områden visar krondroppsmätningar större deposition än mätningar på öppet fält.

Kritisk belastning: Under denna kvantitativa gräns kan skadliga effekter på känsliga delar av ekosystemet undvikas. Utgör grund för beslutade utsläppsminskningar.

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. När det gäller normer och gränsvärden hänvisas till separat faktaruta i anslutning till avsnitt om lufthalter samt Krondroppsnätets hemsida.

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).

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

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

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

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

Total belastning: Summan av våt- och torrdeposition, se "krondropp". Beräknas i dessa undersökningar för väte- och baskatjoner.

Våtdeposition: Deposition via nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbördskemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (högupplöst Sverigemodell).

Öppet fält: Öppet område där nederbördskemi och lufthalter mäts.

Förklaring till stationsfigurer

Figuren redovisar deposition av ett urval ämnen de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för hela perioden. Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). Olika tidsperioder kan gälla uppmätt deposition på öppet fält eller via krondropp alternativt modellberäknad våtdeposition.

Markvatten redovisar det senaste årets provtagningar (normalt tre), vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medelvärde används för att undvika kraftig inverkan

av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Al är uppdelat i total- och organisk halt. Skillnaden utgör oorganiskt Al som i höga halter medför risk för skador på känsliga organismer i mark och vatten. Kemiska beteckningar som används i figurerna är vätejoner (H^+), sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), kloridjoner (Cl^-), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalciumjoner (Ca^{2+}) och aluminium (Al).

Stationsvis redovisning

Se figur 3-7 om deposition och markvat-
ten samt tabell 1-4. Notera att neder-
bördskemiska mätningar på öppet fält
inte längre görs i länet. Resultat från
tidigare års mätningar som inte redovisas i
rapporten, finns utlagda på krondropps-
nätets hemsida

www.ivl.se/miljo/projekt/kron/

Greckssundet (T 02): EU-yta med
58-årig granskog två mil nordväst
om Nora. Jordarten är finkornig sedi-
mentmark och jordmänen av
övergångstyp. Beståndet har hög
bonitet och ståndortsindex G32.
Undersökning av deposition och
markvatten påbörjades i januari
1996. Från och med januari 2002
mäts deposition enbart i skogsytan.

Under oktober 2005 till september
2006 deponerades 2,5 kg antropo-
gent svavel per hektar, vilket kan
jämföras med medelvärdet för tio
års mätningar på 3,0 kg/ha. Kvä-
venedfallet via krondropp visade
förhållandevis höga värden för
oorganiskt kväve; 5,5 kg/ha räknat
som summa nitratkväve och am-
moniumkväve, vilket kan jämföras
med 4,5 kg/ha som är genomsnittet
för den tioåriga mätserien. Kväve-
nedfall via krondropp visar som
regel större variation mellan olika
år. Detta beror på att upptag och
omvandling av kväve i trädkronor-
na i stor utsträckning påverkas av
väderleken och vegetationens för-
måga att utnyttja tillgängligt kväve.
Fem års mätningar har visat att
depositionen av organiskt bundet
kväve via krondropp varit 2,1-2,7
kg/ha i Greckssundet (tabell 1b).
Även detta bidrar till markens kvä-
vebelastning. Den totala kvävebe-
lastningen av kväve till beståndet
kan inte mätas med krondropps-
mätningar eftersom kväve kan tas
upp och omvandlas i trädkronorna.
För växande skog är den totala
kvävebelastningen alltid större än
vad krondroppsmätningarna visar.

Fem års nederbördsmätningar i
Greckssundet under åren 1996/97
till 2000/01 har visat att i genom-
snitt nästan 1000 mm nederbörd
har bidragit till att 4,3 kg svavel och
7,5 kg oorganiskt kväve har depo-
nerats per hektar öppen mark.
Krondroppsmätningarna har i
allmänhet visat något lägre värden,
speciellt för kväve. För kväve är

detta normalt eftersom kväve är ett
eftertraktat näringsämne som kan
tas upp eller omvandlas i trädkro-
norna. För svavel bör nedfall via
krondropp vara högre än på öppet
fält. Allt eftersom torrdepositionen
av svavel har minskat i Sverige har
det dock blivit vanligare att kron-
dropp visar lägre värden än nedfall
på öppet fält (som huvudsakligen
består av våtdeposition). Då torr-
depositionens betydelse minskar får
andra faktorer större betydelse,
exempelvis hur effektivt trädkro-
norna tvättas av. Det är också van-
ligare i tallskog än i granskog efter-
som granskog generellt har större
filtrerande yta än tallskog. I tallskog
kan dessutom stamavrinning i viss
mån bidra till deposition utan att
fångas upp i krondroppsinsamlarna.
Delvis på grund av kostnadsskäl
ingår inte stamavrinning i dessa
undersökningar. I genomsnitt 2,5
gångar högre värden för kalium i
krondropp från Greckssundet än i
Örlingen och Bälgsjön indikerar
betydande, men normal, interncir-
kulation av kalium i beståndet, se
sidan 4.

Markvatten från Greckssundet har i
allmänhet visat stabila förhållanden
och generellt varit surare än på
övriga lokaler i länet. Exempelvis
har pH-värdet hela tiden varit mel-
lan 4,9 och 5,3 och medianvärdet
från 30 provtagningar är 5,0. Hal-
terna av oorganiskt aluminium har
varit 0,4 mg/l och kvoten mellan
baskatjoner och oorganiskt alumi-
nium 3,2 som medianvärdet, vilket
tillsammans med Örlingen är lägst i
länet. Kvoter under 1 anses medföra
ökad risk för skador på ekosys-
temet. Även markvattnets syraneu-
traliserande förmåga (ANC) har
varit förhållandevis låg och ofta
visat negativa värden. Frånsett tre
spridda tillfällen har halterna av
nitratkväve i markvattnet alltid varit
under detektionsgränsen, vilket är
normalt för växande bestånd och
indikerar att tillgängligt kväve ut-
nyttjats effektivt av vegetationen.
Sedan mätningarna startade har ett
antal signifikanta minskningar av
halter noterats. Det gäller sulfatsva-
vel, kalcium, magnesium, kalium,
järn, totalt organiskt kol och orga-
niskt aluminium. När det gäller
parametrar som kan användas som
indikation på markvattnets försur-

ningsstatus (pH-värde, ANC, oor-
ganiskt aluminium och kvot mellan
baskatjoner och oorganiskt alumi-
nium) har inga signifikanta föränd-
ringar noterats, sett över hela mät-
perioden.

Örlingen (T 03): EU-yta med 60-
årig tallskog i länets nordvästra
hörn. Jordarten är finkornig sedi-
mentmark med ringa stenighet.
Jordmänen är järnpodsol och boni-
teten T25. På samma sätt som i
Greckssundet startade mätningarna
januari 1996. Nederbördskemiska
mätningarna avslutades i december
2001.

I Örlingen har mätningarna av
antropogent svavel visat på en
belastning på mellan 1,4-1,8 kg/ha
under de senaste 5 åren, med ett
medelvärde på 1,6 kg/ha, vilket
också var det värde som redovisa-
des för det senaste året. Detta är en
kraftig minskning jämfört med
medelvärdet för de fem första åren
(2,7 kg/ha). Nedfallet av oorganiskt
kväve till marken i skogen, 2,6
kg/ha, var högre än medelvärdet
för hela tioårsperioden (2,3 kg/ha).
Tidigare års resultat indikerar att
Örlingen generellt haft lägre halter
av svavel och kväve i nederbörd
och krondropp än länets övriga
lokaler. Sannolikt beror det på att
länets nordvästra delar är mindre
påverkade av luftföroreningar än
områden längre söderut.

Markvatten från Örlingens granyta
visar liknande sammansättning som
Greckssundets tallyta, dvs låga
halter av flertalet ämnen. I likhet
med Greckssundet har Örlingen ett
lågt pH-värde, på 5,0, som ett me-
dianvärde under mätperioden.
Däremot skiljer sig de båda lokaler-
na något när det gäller hur koncen-
trationen av olika ämnen har utvecklats
sedan mätningarna startade.
Medianvärdet från 30 provtagning-
ar visar 0,3 mg/l för oorganiskt
aluminium och 2,9 som kvot mellan
baskatjoner och oorganiskt alumi-
nium. Vissa signifikanta förändring-
ar har noterats som indikerar att
markvattnets försurningsgrad har
ökat sedan mätningarna startade.
Det gäller sjunkande värden för pH
och syraneutraliserande förmåga
(ANC) och ökande halter av oor-
ganiskt och totalt aluminium (dock
ej signifikanta). Ökningen av orga-

niskt aluminium var dock signifikant. Övriga signifikanta förändringar som har noterats är ökande halter av natrium och ammoniumkväve, minskande halter av kalcium, magnesium och totalt organiskt kol. Majoriteten av markvattenmätningarna inom krondroppsnetet visar på minskande halter av sulfatsvavel i markvattnet till följd av minskad svaveldeposition. I Örlingen visar dock markvattenproverna på ökande halter av sulfatsvavel. Tidigare var denna ökning signifikant, men efter de senaste årets mätningar är ökningen inte längre signifikant. Framtida mätningar får visa om trenden är bruten. De övriga ytorna i Örebro län visar alla på minskande halter av svavelsulfat i markvattnet. Halterna av de båda kvävefraktionerna har så gott som alltid varit under detektionsgränsen, men sedan 2004 har halten av ammoniumkväve ökat, vilket kan indikera att kväve inte längre utnyttjas effektivt i ekosystemet.

Bälgsjön (T 04): Nationell observationsyta med 62-årig tallskog som ligger en mil öster om Greckssundet. Jordarten är morän, texturen grovmo, jordmänen järnpodsol och ståndortsindex samma som i Örlingen, T25. Mätningarna startade i oktober 1996. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades december 2000.

I likhet med Örlingen så har depositionen av antropogent svavel via krondropp varit förhållandevis konstant under de senaste 5 åren (1,9-2,5). Det senaste årets mätning var värdet 2,3 kg/ha, vilket är i nivå med medelvärdet för femårsperioden på 2,2 kg/ha. Medelvärdet för hela den 10 åriga mätserien är 3,0. Nedfallet av oorganiskt kväve, 3,3 kg/ha, är det högsta värdet på fem år, men är trots det lägre än medelvärdet för hela mätperioden (3,6 kg/ha).

Markvatten från tallytan i Bälgsjön har generellt varit mindre surt än i Greckssundet och Örlingen, med ett pH på 5,3, beräknat som ett medianvärde under mätserien. Sammansättningen i markvattnet har varit relativt likartad vid de olika provtagningarna. Markvattnets halter av oorganiskt aluminium har varit låga, 0,1 mg/l. Kvoten

mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har ökat signifikant, vilket indikerar på en minskad försurningegrad. Markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) har alltid visat positiva värden och varit högre än på övriga lokaler. Åtta variabler visar statistiskt signifikanta förändringar. Det är sulfatsvavel som har sjunkit medan halterna av klorid, ammoniumkväve, magnesium, natrium, organiskt aluminium, ANC och kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har ökat. Kvävehalter har oftast varit under detektionsgränsen, men liksom för Örlingen så har förhöjda halter av ammoniumkväve noterats under de senaste åren (sedan 2002) vilket kan indikera att kväve inte längre utnyttjas effektivt i ekosystemet.

Kilsmo (T 05): Nationell observationsyta med 75-årig tallskog på stenig moränmark med texturen finmo. Även här är jordmänen järnpodsol, men boniteten är något högre än på de två andra tallytorna, T27. Fältskiktet utgörs av gräs och ytan ligger cirka 2 mil öster om Kumla. Detta är den nyaste lokalen i länet och mätningarna startade sensommaren 1997. På samma sätt som i Bälgsjön och Brohyttan avslutades nederbördskemiska mätningar på öppet fält i december 2000.

Senaste årets data från Kilsmo visar att 2,2 kg antropogent svavel och 3,7 kg oorganiskt kväve (summa nitratkväve och ammoniumkväve) har deponerats per hektar mark i skogen. För svavel är det den högsta noteringen sedan 200/01, men i nivå med medelvärdet för hela mätperioden. Nedfallet av oorganiskt kväve (3,7) kg/ha var den högsta noteringen sedan mätningarna påbörjades 1997. Medelvärdet från nio års mätningar är 2,4 kg kväve per hektar.

Totalt har 27 provtagningar av markvattnets sammansättning gjorts. De har oftast visat något högre halter av sulfatsvavel, kalcium, mangan, järn och aluminium än på länets övriga lokaler. Medianvärdet för totalhalt aluminium har varit 0,75 mg/l varav merparten (0,44 mg/l) varit i oorganisk form, som anses mer giftigt än om det är

bundet i organiska föreningar. Markvattnet från Kilsmo har varit relativt surt (5,1), nästan i nivå med Greckssundet och Örlingen där pH-värdet är 5,0. Dock har markvattenmätningarna visat på en signifikant ökning av pH värdet i markvattnet från Kilsmo. Det senaste årets tre mätningar har pH legat på mellan 5,3 och 5,8 jämfört med medianvärdet på 5,1 under hela mätserien. Senaste årets data visar de högsta värdena för syraneutraliserande förmåga (ANC), 0,09-0,21 mekv/l, jämfört med medianvärdet på hela mätserien på 0,02 mekv/l. Även kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har visat kraftigt förhöjda värden jämfört med tidigare. Fram till 2005 har kvoten legat under 20 och trenden visade på en minskning, men vid de senaste tre mätningarna har kvoten varit över 40. Ökningen av både ANC och kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium på senare tid tyder på minskad försurningegrad, vilket ju även återspeglas i det ökade pH-värdet. För övrigt kan nämnas att halterna av nitratkväve och ammoniumkväve, som före 2004 alltid varit under detektionsgränsen, nu visar förhöjda halter, framförallt av ammoniumkväve. Detta kan tyda på att tillgängligt kväve inte längre utnyttjas effektivt av vegetationen. Statistiskt signifikanta förändringar som noterats är sjunkande halter av sulfatsvavel och totalt aluminium, medans pH och halterna av klorid, ammoniumkväve, ANC och kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium istället har ökat signifikant i markvatten från Kilsmo.

Brohyttan (T 10): 82-årig granskog cirka två mil väster om Örebro. Jordmänen har klassificerats som järnpodsol och ståndortsindex är G28. Ytan ligger i en sluttning åt sydost där rörligt markvatten kan förekomma. Lokalen ingår både i Skogsvårdsorganisationens gamla och nya nät av skogliga observationsytor för regelbunden kontroll av skogliga parametrar. Mätning av deposition och markvatten startade i januari 1989. På grund av skogsskador flyttades den inom samma område vid två tillfällen i början av mätperioden; 920429 och 921211. Depositionen har bedömts jämför-

bar mellan de olika lokalerna. När det gäller markvatten har skillnaderna dock varit för stora och markvattendata från 1989-92 har uteslutits ur tidsserien. Resultaten visar mindre försurningsgrad i markvatten från den nya ytan än från den gamla. I december 2000 avslutades de nederbördskemiska mätningarna på öppet fält.

Brohyttan har länets längsta mätserie och sedan mätningarna startade 1989 har nedfallet av svavel via kron dropp mer än halverats. Som genomsnitt för de fem första åren var årligt svavelnedfall till marken i skogen 7,9 kg/ha. Motsvarande för de fem senaste åren är 2,3 kg/ha. När det gäller kväve är utvecklingen inte lika tydlig. Medelvärden för nedfallet av oorganiskt kväve till marken i skogen visar dock en viss minskning från 3,9 kg/ha under de första fem åren till 3,0 kg/ha under de fem senaste åren. Även tidigare

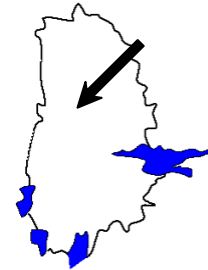
års resultat från de nederbördskemiska mätningarna på öppet fält visade minskad belastning; från 4,6 kg/ha under de fem första åren (1989-90 till 1993/94) jämfört med 3,1 kg/ha de fem sista åren med nederbördskemiska mätningar (1995/96 – 1999/00). I likhet med Kilsmo så har det senaste årets mätning av nedfallet av svavel och kväve i kron dropp varit det högsta noterade värdet på 5 år. Detta kan ha sin förklaring i väderförhållanden och vindriktningar under perioden. Höga pollenhalter kan även ha bidragit till den högre kvävedepositionen.

Markvattenprovtagningarna visar att Brohyttan, tillsammans med Bälgsjön, har det högsta pH-värdet av lokalerna i länet, 5,3, uttryckt som medianvärdet för hela mätperioden (tabell 4). Totalt har 30 provtagningar av markvattnets sammansättning gjorts. De har

oftast visat något högre halter av klorid, ammoniumkväve, magnesium och kalium än på länets övriga lokaler. Nitratkväve har så gott som alltid varit under detektionsgränsen (med undantag av april 2003 och november 2004), därefter har dock värdena återgått till under detektionsgränsen, vilket pekar på en tillfällig störning av kväveomsättningen i beståndet. Förhöjda halter av ammoniumkväve har däremot varit vanligt i Brohyttan. IVLs mätningar på övriga ytor i landet antyder att förhöjda halter av ammoniumkväve i markvatten är vanligare på marker med god bonitet än på magra marker. Sedan mätningarna startade på nuvarande plats (1993) har markvattnets pH-värde minskat signifikant liksom halterna av sulfatsvavel och kalium. Halterna av organiskt bundet aluminium har däremot ökat signifikant.

Greckssundet (T 02)

Gran, 58 år



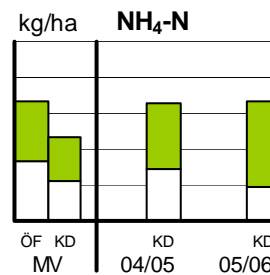
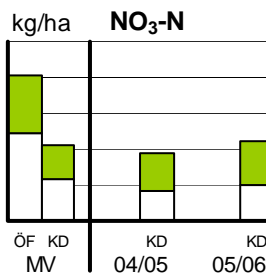
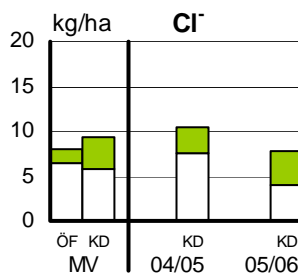
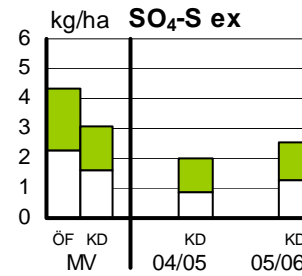
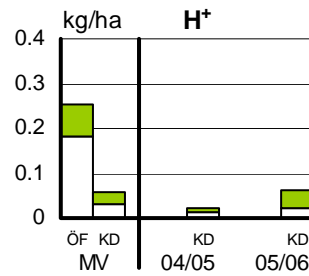
DEPOSITION

(T 02)

Nederbörd på ÖF (mm)

MV		
Sommar	450	
Vinter	546	

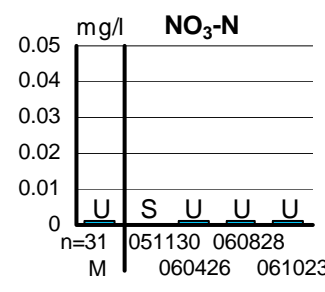
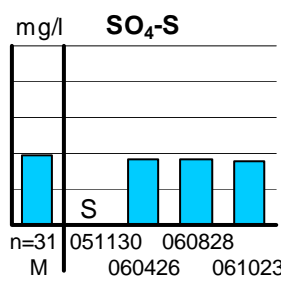
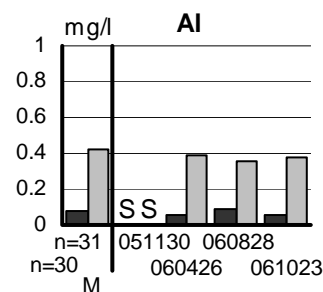
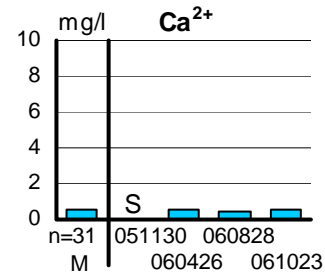
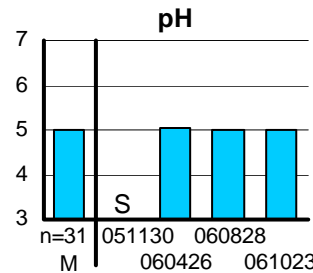
=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 ÖF : 1996/2001
 KD : 1996/2006
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



MARKVATTEN

(T 02)

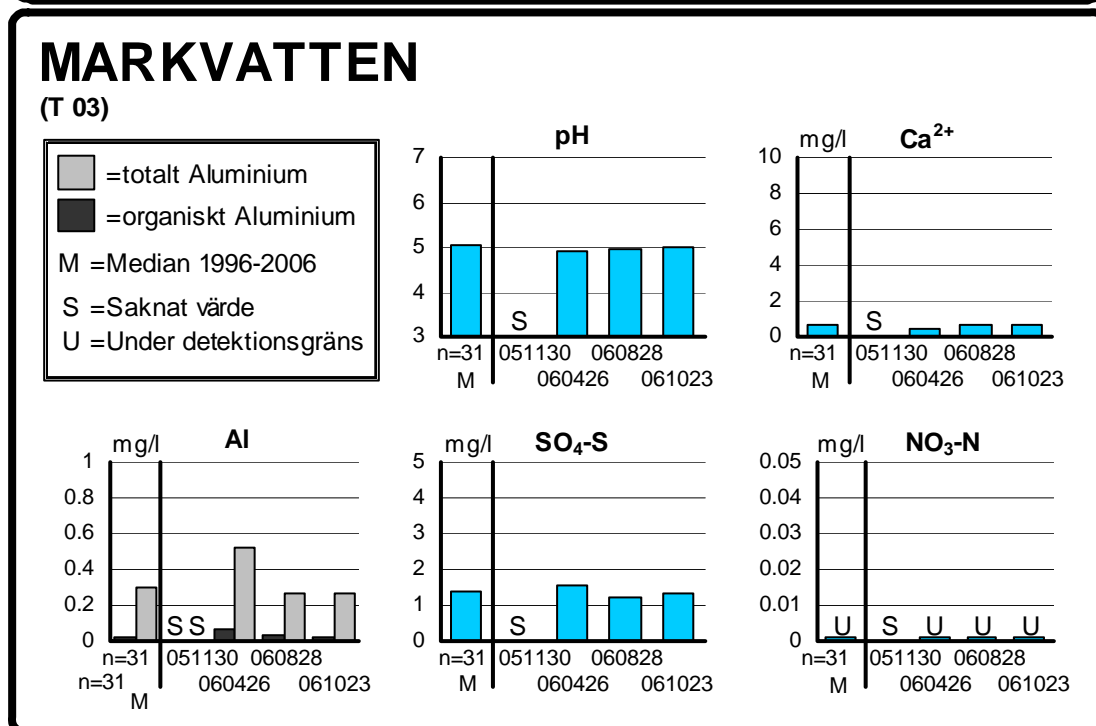
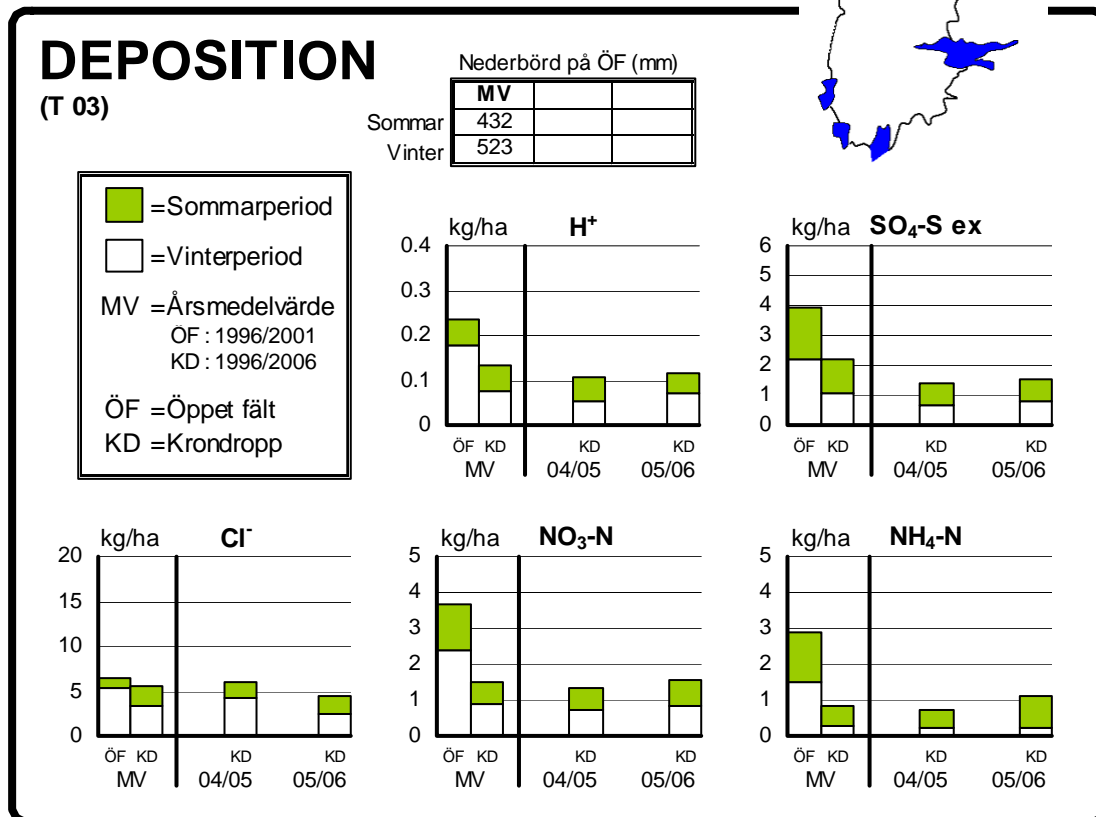
=totalt Aluminium
 =organiskt Aluminium
 M =Median 1996-2006
 S =Saknat värde
 U =Under detektionsgräns



Figur 3. Depositions- och markvattendata från Greckssundet, T 02.

Örlingen (T 03)

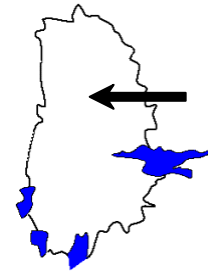
Tall, 60 år



Figur 4. Depositions- och markvattendata från Örlingen, T 03.

Bälgsjön (T 04)

Tall, 62 år



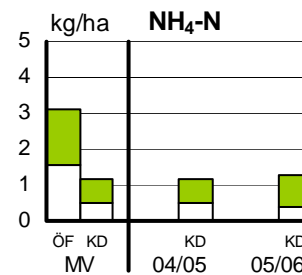
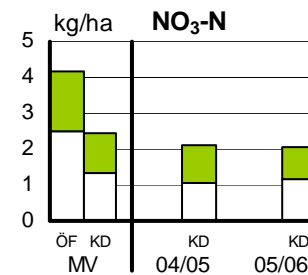
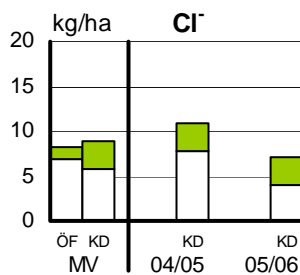
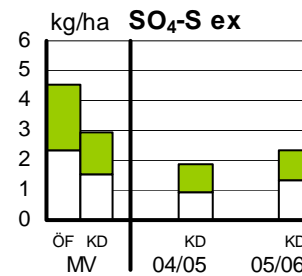
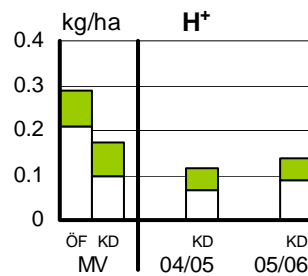
DEPOSITION

(T 04)

Nederbörd på ÖF (mm)

MV		
Sommar	457	
Vinter	486	

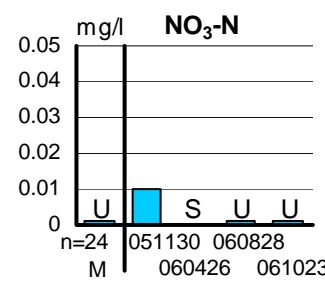
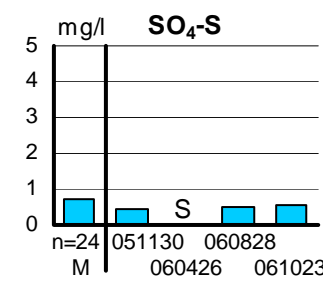
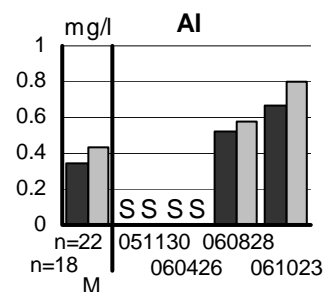
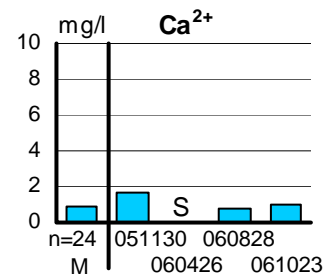
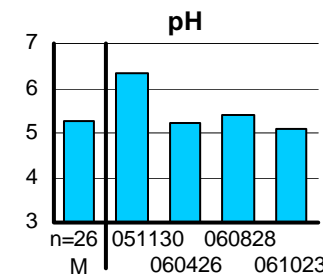
=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 ÖF : 1996/2000
 KD : 1996/2006
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



MARKVATTEN

(T 04)

=totalt Aluminium
 =organiskt Aluminium
 M =Median 1997-2006
 S =Saknat värde
 U =Under detektionsgräns



Figur 5. Depositions- och markvattendata från Bälgsjön, T 04.

Kilsmo (T 05)

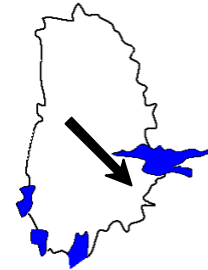
Tall, 75 år

DEPOSITION

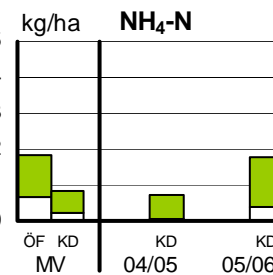
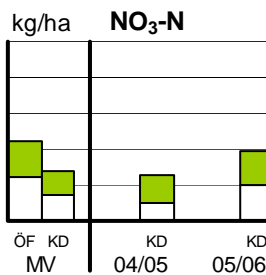
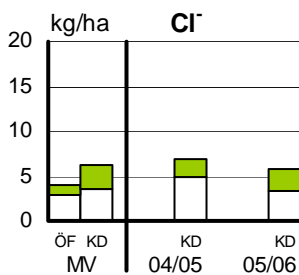
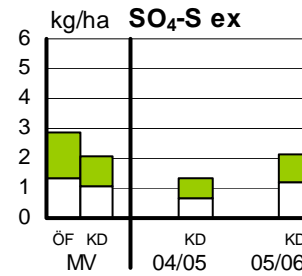
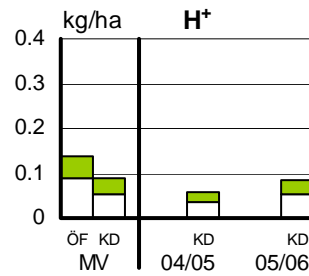
(T 05)

Nederbörd på ÖF (mm)

MV		
Sommar	390	
Vinter	353	



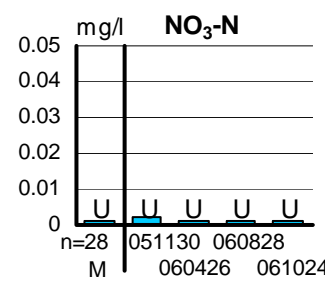
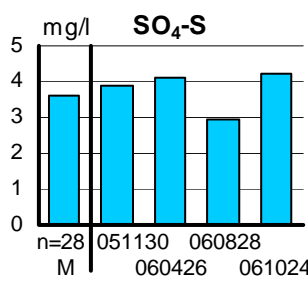
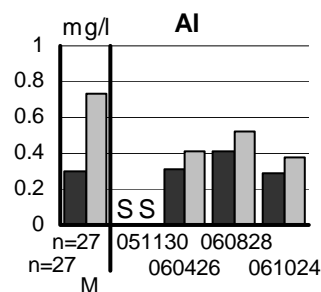
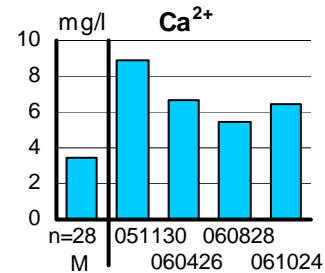
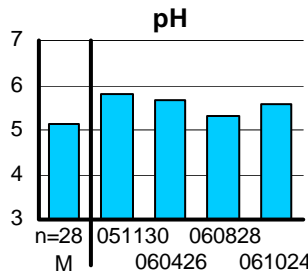
=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 ÖF : 1997/2000
 KD : 1997/2006
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



MARKVATTEN

(T 05)

=totalt Aluminium
 =organiskt Aluminium
 M =Median 1997-2006
 S =Saknat värde
 U =Under detektionsgräns



Figur 6. Depositions- och markvattendata från Kilsmo, T 05.

Brohyttan (T 10)

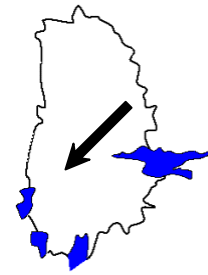
Gran, 82 år

DEPOSITION

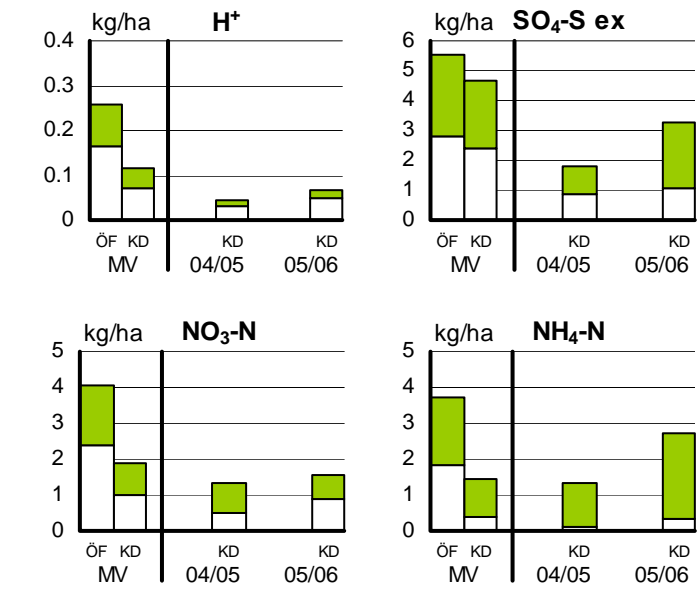
(T 10)

Nederbörd på ÖF (mm)

MV		
Sommar	381	
Vinter	396	



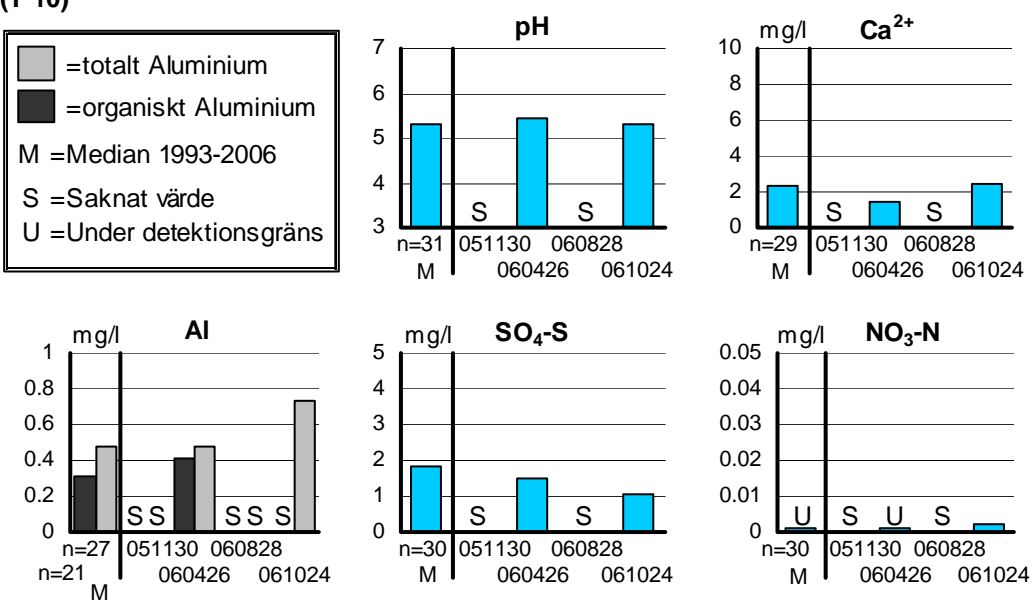
=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 ÖF : 1989/2000
 KD : 1989/2006
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



MARKVATTEN

(T 10)

=totalt Aluminium
 =organiskt Aluminium
 M =Median 1993-2006
 S =Saknat värde
 U =Under detektionsgräns



Figur 7. Depositions- och markvattendata från Brohyttan, T 10.

Tidsutveckling deposition

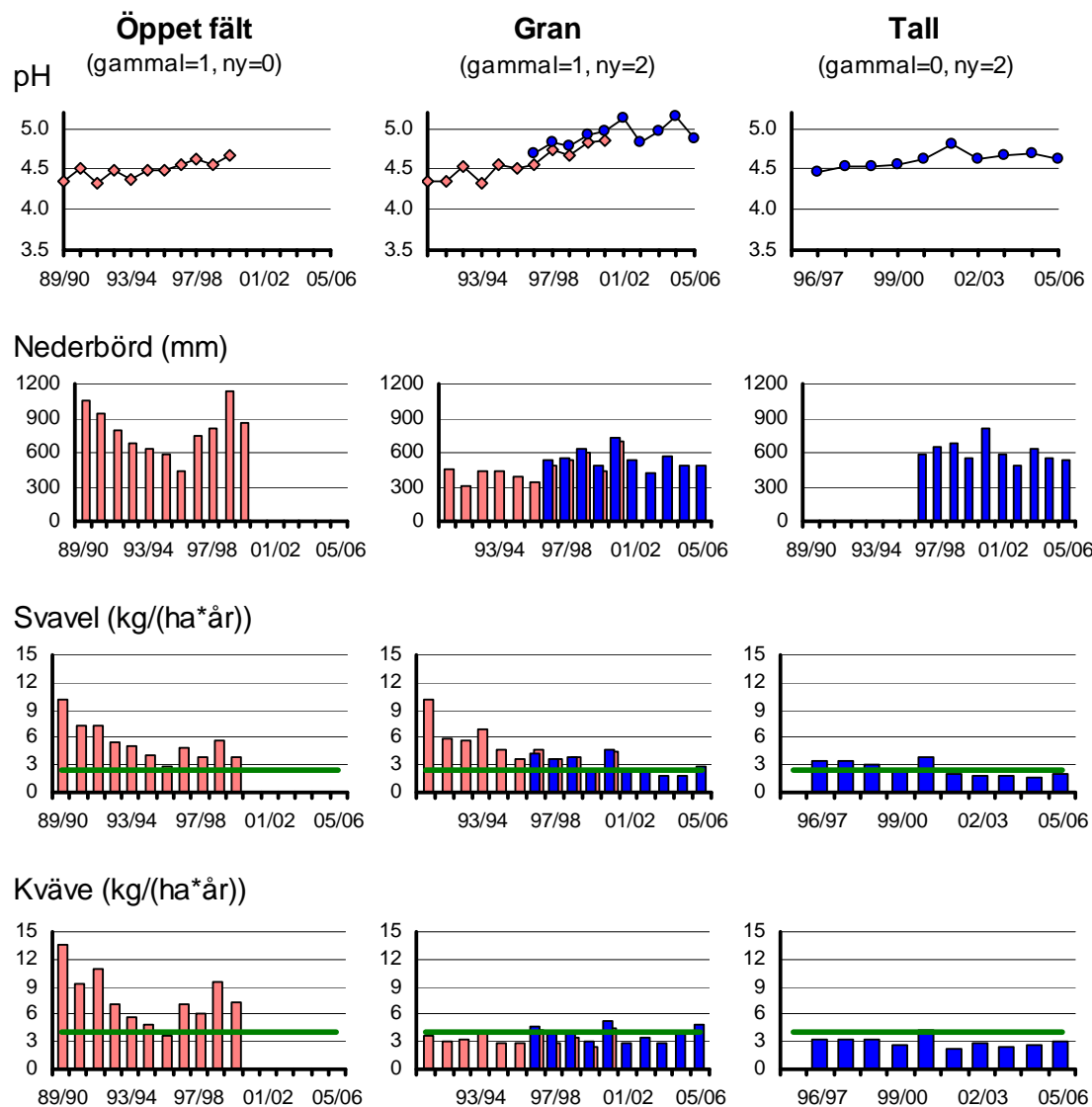
Tidsserie "gammal" visar utveckling i Fjugesta/Brohyttan, som varit med sedan mätstart 1989. För granskog ingår den även i serien med nuvarande lokaler.

Figur 8 visar minskad försurningsbelastning i länet och att surhetsgraden i nederbörd och krondropp (mätt som pH-värde) har minskat sedan mätningarna startade 1989. Utvecklingen har varit tydligare i krondropp som även påverkas av torrdeposition och olika processer i trädkronan, se "Interncirkulation" i ord att förklara. Under de första åren var pH-värdet generellt högre på öppet fält än via krondropp, medan motsatsen gällt de senaste

åren. Som genomsnitt från senaste årets mätningar i Brohyttan och Greckssundet var krondroppets pH-värde 4.90 för länets två lokaler. Detta är en liten nedgång jämfört med närmast föregående år. Mätningarna visar också tydligt att nedfallet av svavel har minskat kraftigt. För kväve finns inte samma tydliga trend, utan nedfallet samvarierar med nederbördsmängden. Under det senaste året har depositionen till granytorna varit något högre än de föregående tre åren, trots en normal nederbörd för lokalen. Dock har nederbördens halter av både svavel och oorganiskt kväve varit lägre de fem senaste än de fem första åren då

mätningar genomfördes i länet.

Under senaste året deponerades 2,5 kg antropogent svavel och 4,0 kg oorganiskt kväve per hektar skogsmark (genomsnitt från de båda granytorna). Till marken i Greckssundet deponerades 2,5 kg organiskt kväve under 2005/06 (tabell 1b), vilket också bidrar till den totala kvävebelastningen. Det innebär 6,5 kg kväve per hektar skogsmark, räknat som summa organiskt och oorganiskt kväve. Till marken i de båda tallytorna var belastningen något mindre, vilket delvis förklaras av mindre filtrerande yta i tallskog än i granskog.



Figur 8. Årsmedelvärden för valda parametrar i tre miljöer i Örebro län; öppet fält, gran- och tallskog, uppdelat på två delvis överlappande tidsserier. Figuren visar tidsutveckling trots övergång från "gammal" serie (en lokal från 1989/90) till "ny" serie (två lokaler från 1996/97). Markerad linje anger förväntad genomsnittlig nivå i Svealand år 2010 om beslutade åtgärder genomförs.

Tidsutveckling markvatten

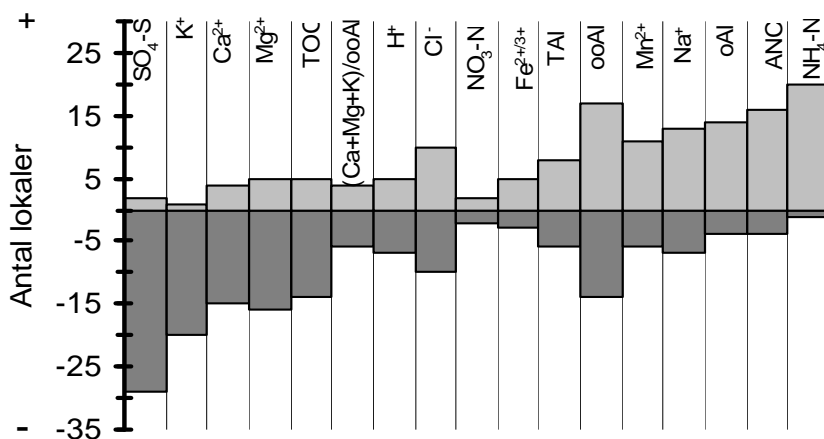
Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten på samtliga lokaler med minst fem provtagningar (~2 år). Det innebär att samtliga av länets lokaler ingår i figuren.

Den kraftigt minskade svaveldepositionen återspeglas i markvattnet med en signifikant minskning av

sulfatsvavel på merparten av lokalerna (Figur 9). Andra tydliga trender är att markvattnets innehåll av kalcium, kalium och magnesium har minskat signifikant på nästan hälften av lokalerna i Svealand och Norrland. Sjunkande halter redovisas även för organiskt kol (TOC) på nästan hälften av lokalerna.

När det gäller de direkt försurningsrelaterade parametrarna pH och ANC (Syraneutraliserande förmåga) så går förändringarna i olika riktningar för olika lokaler, men för ANC uppvisar fler lokaler ökad ANC, det vill säga minskad

försurning. ANC har dock varierat kraftigt mellan åren, och mätserien är fortfarande lite för kort för att kunna dra några säkra slutsatser om trender. För ammoniumkväve har halterna varit högre än vanligt de senaste åren, vilket innebär signifikanta ökningar på nästan hälften av lokalerna. Det är dock osäkert om detta verkligen är en trend, eller om det är en tillfällig ökning under ett antal år. Detta kommer att visa sig med de fortsatta mätningarna.



Figur 9. Trendberäkningar för markvatten på 39 lokaler i Svealand och Norrland. Positivt värde på y-axeln anger antal lokaler med signifikant ökade halter (+) sedan mätningarna startade på respektive lokal. På samma sätt anger negativt värde antal lokaler med signifikant minskade värden (-).

Data i tabellform, deposition och markvatten

Tabell 1a. Krondroppsdata från Örebro län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
		mm	kg/ha	→									
Greckssundet (T 02 A)	05/06	471	0,06	2,9	2,5	7,8	2,2	3,3	2,7	1,1	3,3	17,5	0,48
	04/05	487	0,02	2,5	2,0	10,3	1,9	3,3	2,1	1,1	5,1	13,4	0,34
	03/04	587	0,05	2,4	1,9	10,2	1,6	1,6	2,3	1,1	4,0	16,9	0,16
	02/03	428	0,06	2,5	2,2	7,7	2,0	1,5	2,2	1,1	3,0	11,6	0,31
	01/02	566	0,03	3,0	2,5	10,4	1,6	1,7	2,4	1,1	4,5	14,4	0,15
	00/01	764	0,06	5,3	4,8	9,1	3,2	2,7	3,3	1,6	4,3	20,2	0,78
	99/00	531	0,05	3,0	2,5	10,3	1,8	1,6	2,0	1,0	4,6	13,3	0,38
	98/99	650	0,07	4,2	3,8	8,6	2,2	2,4	2,6	1,2	3,7	14,4	0,36
	97/98	571	0,06	3,9	3,6	7,7	2,4	2,5	2,3	1,1	3,2	14,9	0,45
	96/97	566	0,08	4,5	4,0	10,3	2,4	2,7	2,3	1,2	4,3	13,3	0,56
Örlingen (T 03 A)	05/06	513	0,11	1,8	1,6	4,4	1,5	1,1	2,1	0,7	2,3	4,7	0,41
	04/05	531	0,10	1,7	1,4	6,0	1,4	0,7	2,3	0,9	3,7	4,3	0,39
	03/04	619	0,12	1,7	1,5	5,0	1,3	0,6	2,1	0,8	2,6	4,6	0,24
	02/03	474	0,09	1,7	1,5	4,0	1,3	1,0	1,6	0,8	2,0	4,5	0,19
	01/02	582	0,07	2,0	1,8	5,4	1,0	0,6	1,8	0,7	2,7	7,7	0,10
	00/01	790	0,18	3,4	3,1	5,7	2,1	1,2	2,2	1,0	2,9	9,0	0,64
	99/00	579	0,14	2,4	2,1	8,1	1,6	0,5	2,2	1,0	4,4	5,8	0,38
	98/99	647	0,18	3,0	2,8	4,8	1,6	1,0	2,5	0,9	2,6	5,3	0,24
	97/98	599	0,14	2,9	2,7	4,8	1,5	0,9	2,3	0,8	2,7	8,5	0,37
	96/97	559	0,17	3,2	2,9	6,6	1,5	0,7	2,3	0,9	3,1	4,7	0,44
Bälgsjön (T 04 A)	05/06	569	0,14	2,7	2,3	7,1	2,0	1,3					
	04/05	560	0,12	2,4	1,9	10,8	2,1	1,1					
	03/04	657	0,15	2,5	2,2	8,1	2,1	0,9					
	02/03	509	0,14	2,6	2,2	8,1	2,2	1,0					
	01/02	590	0,11	2,9	2,5	10,0	2,0	1,0					
	00/01	824	0,21	4,9	4,5	8,1	3,3	1,8					
	99/00	533	0,16	3,1	2,6	11,0	2,2	0,8	2,2	1,2	6,1	7,1	0,49
	98/99	726	0,22	3,7	3,4	8,1	2,5	1,3	2,6	1,2	4,4	7,0	0,42
	97/98	700	0,24	4,4	4,0	7,4	2,8	1,3	2,7	1,1	4,6	6,8	0,50
	96/97	623	0,24	4,5	4,0	10,1	3,0	1,5	2,8	1,3	5,3	4,8	0,58
Kilsmo (T 05 A)	05/06	398	0,08	2,4	2,2	5,9	1,9	1,8					
	04/05	369	0,06	1,7	1,4	6,9	1,3	0,7					
	03/04	484	0,08	1,7	1,4	6,0	1,3	0,6					
	02/03	420	0,09	2,1	1,8	5,5	1,5	0,7					
	01/02	495	0,07	2,1	1,8	7,2	1,4	0,9					
	00/01	578	0,10	3,5	3,2	6,2	1,6	1,0					
	99/00	439	0,07	2,0	1,7	6,2	1,3	0,6					
	98/99	514	0,12	2,7	2,4	6,2	1,2	0,6					
	97/98	559	0,12	2,9	2,7	5,0	1,2	0,7					
	96/97	505	0,07	3,7	3,2	8,8	1,5	2,7					
Brohyttan (T 10 A)	04/05	472	0,04	2,2	1,8	9,8	1,3	1,3					
	03/04	545	0,07	2,2	1,8	8,7	1,4	0,8					
	02/03	431	0,07	2,8	2,4	8,8	2,0	1,3					
	01/02	509	0,05	2,7	2,1	11,5	1,6	0,9					
	00/01	697	0,10	4,8	4,4	8,6	2,7	1,9					
	99/00	446	0,07	2,9	2,3	12,1	1,6	0,9					
	98/99	608	0,13	4,3	3,8	10,7	2,1	1,4					
	97/98	531	0,10	3,9	3,6	8,3	1,7	1,1					
	96/97	492	0,14	5,2	4,7	11,9	2,5	1,7					
	95/96	335	0,10	3,8	3,6	5,6	1,7	1,2					
	94/95	395	0,11	4,9	4,6	7,8	1,7	1,2					
	93/94	433	0,21	7,3	6,9	8,5	2,5	1,4					
	92/93	435	0,12	6,3	5,6	14,7	1,8	1,4					
	91/92	311	0,14	6,6	5,9	13,6	1,8	1,3					
	90/91	449	0,20	10,8	10,1	16,2	2,2	1,5					
89/90	493	0,24	11,9	10,9	21,8	2,8	2,6						

Tabell 1b. Krondroppsdata från Örebro län för ytor där organiskt kväve analyserats, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.
(oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N)

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha →		
Greckssundet (T 02 A)	05/06	471	5,5	2,5	
	04/05	487	5,2	2,1	
	03/04	587	3,2	2,4	
	02/03	428	3,5	2,4	
	01/02	566	3,3	2,7	
Örlingen (T 03 A)	05/06	513	2,7	1,2	
	04/05	531	2,1	0,9	
	03/04	619	1,9	1,2	
	02/03	474	2,3	1,4	
	01/02	582	1,7	1,5	

Tabell 3. Markvattendata från Örebro län.

Lokal	Datum	pH	Alk		ANC		SO ₄ -S		Cl ⁻		NO ₃ -N		NH ₄ -N		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l →		mg/l →																			
Greckssundet (T 02 A)	2005-11-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2006-04-26	5,0	-	-0,005	1,82	2,74	<0,002	0,015	0,52	0,32	2,95	0,21	0,049	0,007	0,334	0,388	2,2	2,6						
	2006-08-28	5,0	-	-0,006	1,85	4,13	<0,002	0,017	0,50	0,39	3,68	0,33	0,067	0,006	0,266	0,358	2,9	3,8						
	median <i>n</i> = 30	5,0		-0,014	1,97	3,64	<0,002	<0,01	0,6	0,52	2,93	0,33	<0,02	0,01	0,358	0,43	3,9	3,2						
Örlingen (T 03 A)	2005-11-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2006-04-26	4,9	-	-0,049	1,54	2,20	<0,002	0,014	0,48	0,12	1,65	0,17	0,030	0,004	0,465	0,527	1,8	1,2						
	2006-08-28	5,0	-	-0,025	1,23	2,66	<0,002	0,012	0,71	0,12	1,81	0,13	0,032	0,004	0,232	0,263	3,1	3,0						
	median <i>n</i> = 30	5,0		-0,024	1,38	2	<0,002	<0,01	0,69	0,19	1,42	0,2	<0,02	0,004	0,31	0,328	3,4	2,9						
Bälgsjön (T 04 A)	2005-11-30	6,3	-	0,177	0,46	2,33	0,010	-	1,68	0,79	2,61	0,40	0,060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2006-04-26	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2006-08-28	5,4	0,020	0,097	0,51	1,02	<0,002	0,017	0,79	0,55	1,10	0,99	0,088	0,028	0,061	0,579	16,1	30						
	median <i>n</i> = 25	5,3		0,053	0,72	1,51	<0,002	<0,01	0,81	0,47	1,35	0,45	<0,02	0,025	0,11	0,421	11	12						
Kilsmo (T 05 A)	2005-11-30	5,8	-	0,210	3,87	9,11	<0,004	-	8,84	0,87	4,15	0,60	<0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2006-04-26	5,7	0,064	0,140	4,12	5,80	<0,002	0,015	6,61	0,69	3,90	0,17	0,086	0,041	0,097	0,410	7,8	55						
	2006-08-28	5,3	-	0,088	2,97	6,70	<0,002	0,020	5,40	0,51	3,15	0,58	0,121	0,064	0,112	0,527	13,0	41						
	median <i>n</i> = 27	5,1		0,018	3,54	3,54	<0,002	<0,01	3,42	0,6	2,81	0,2	0,124	0,054	0,44	0,745	8,8	6,7						
Brohyttan (T 10 A)	2005-11-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2006-04-26	5,5	0,009	0,059	1,51	2,35	<0,002	0,016	1,46	0,41	2,48	0,19	0,054	0,023	0,068	0,483	7,3	23						
	2006-08-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median <i>n</i> = 30	5,3		0,045	1,86	4,05	<0,002	0,032	2,31	0,63	2,77	0,48	<0,02	0,019	0,17	0,483	11	15						