

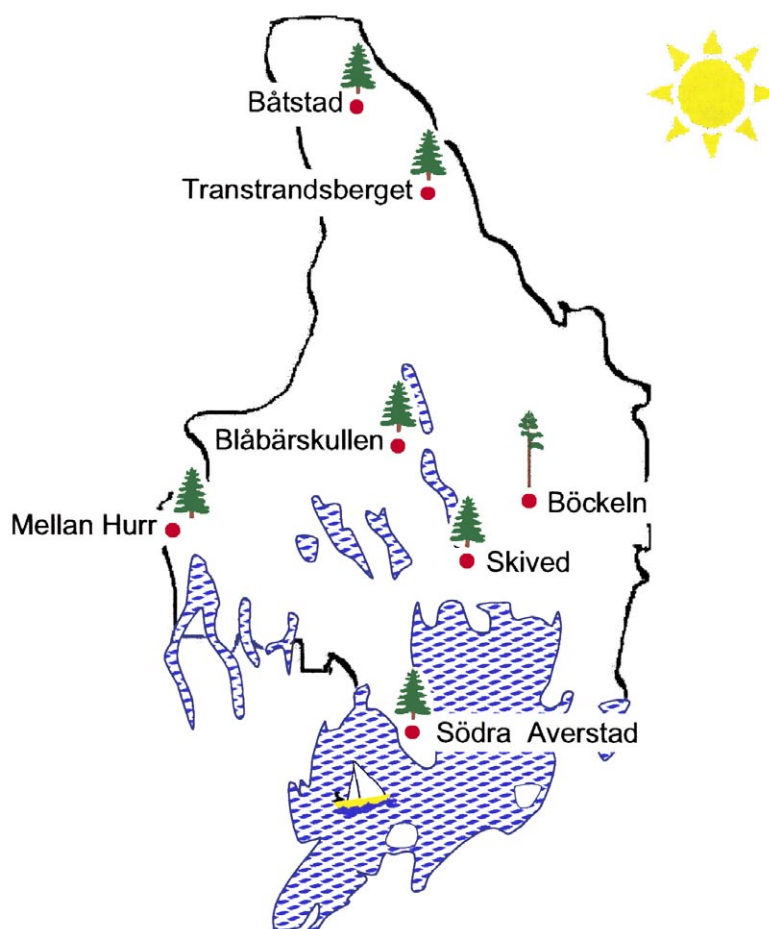


rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

För Värmlands läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Värmlands län Resultat till och med september 2000



Eva Hallgren Larsson, redaktör
B 1412
Aneboda, april 2001

För Värmlands läns Luftvårdsförbund

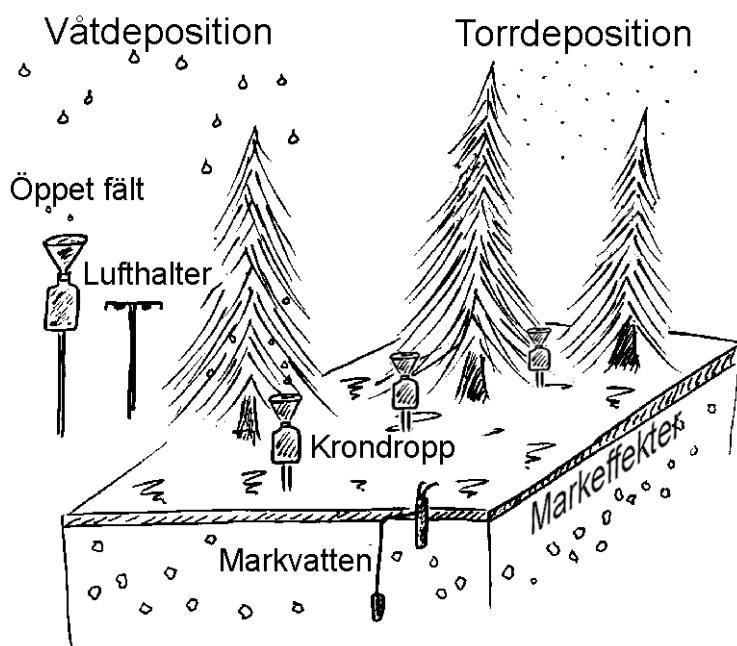
Övervakning av luftföroreningar i Värmlands län

Resultat till och med september 2000

På uppdrag av Värmlands läns Luftvårdsförbund har IVL mätt nedfall av luftföroreningar, markvattnets kvalitet och lufthalter på sju lokaler i Värmlands 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. Vissa av provytorna ligger i Skogsvårdsorganisationens observationsytor, vilket gör att Luftvårdsförbundets data kan jämföras med skogliga uppgifter.

Nedfallet av svavel och kväve är störst i sydvästra Sverige och avtar åt nordost. Längre norrut i landet finns en gradient med större deposition i Stockholmsområdet och längs Norrlandskusten än inåt landet. Belastningen i Värmlands län visar en tydlig gradient med betydligt större deposition av svavel och kväve i länets södra delar än längre norrut. Sedan mätningarna startade har skillnaden mellan olika regioner i Sverige och nedfallet av svavel minskat betydligt samtidigt som nederbörden blivit mindre sur. Till stor del förklaras det av minskade utsläpp av svavel i Europa. När det gäller kväve är det svårt att se trender. Om avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer depositionen av i första hand kväve, men även svavel, att minska till år 2010. Försurningspåverkat markvatten har främst noterats från granskogen i Södra Averstad och Mellan Hurr.

Mest utmärkande för hydrologiska året mellan oktober 1999 till september 2000 är liten torrdeposition av svavel. Nederbörden var mindre sur än tidigare (pH-värde 4,8) och mängden nederbörd var 900 mm. Nedfallet av försurande ämnen var fortfarande större än acceptabla nivåer. Nedfallet av svavel var cirka 3 kg per hektar, den lägsta noteringen sedan mätningarna startade 1990. Nedfallet av kväve var på samma nivå som tidigare; 6-7 kg per hektar öppen mark och uppskattningsvis 8-9 kg per hektar till länets skogar. Markvatten från Södra Averstad och Mellan Hurr var mer försurningspåverkat än från övriga lokaler, pH-värdet oftast 4,6-4,8. Lufthalter av svaveldioxid och kvävedioxid var låga, speciellt i norra Värmland. Halterna av marknära ozon var högre än angivet miljömål på samtliga lokaler. På grund av den regniga sommaren 2000 var de lägre än året innan.



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

Uppdragsgivare:

Värmlands läns Luftvårdsförbund

Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Aneboda, SE-360 30 LAMMHULT

Författare: Eva Hallgren Larsson, red.

Nyckelord: Deposition, svavel, kväve, skogsytorna, försurning, markvatten, lufthalter, Värmlands län

IVL rapport B 1412
Beställs från:

Värmlands läns Luftvårdsförbund
Stig Edvinsson
c/o Länsstyrelsen i Värmland
651 86 KARLSTAD

eller

IVL, Publikationsservice
Box 21060
SE-100 31 STOCKHOLM

Tel: 08-598 563 00

Fax: 08: 598 563 60

publikationsservice@ivl.se

Innehållsförteckning

Övervakning av luftföroreningar i Värmlands län	1
Innehållsförteckning.....	2
Inledning	3
Ord att förklara	4
Förklaring till stationsfigurer	4
Stationsvis redovisning	5
Tidsutveckling deposition	16
Tidsutveckling markvatten.....	17
Tidsutveckling lufthalter	18
Faktaruta: Ozonhalter.....	18
Data i tabellform, deposition, lufthalter och markvatten.....	21

Mer information finns på
Krondroppsnätets hemsida:

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

Där finns bland annat:

- bakgrund och metodbeskrivning
- information om provytorna
- databas och kartor för hela Sverige
- notiser och aktuell information

Inledning

På uppdrag av luftvårdsförbund, länsstyrelser, skogsvårdsstyrelser och kommuner mäter IVL i Aneboda deposition och markvatten på över 100 lokaler i Sverige. Fördelningen i landet framgår av figur 2. Syftet är att kvantifiera belastning och beskriva effekter i marken. På vissa lokaler mäts lufthalter av svaveldioxid, kvävekomponenter och ozon.

Resultaten från undersökningarna samlas i en databas på IVL där bearbetning sker. Ett mätår är ett hydrologiskt år som sträcker sig från oktober till september. Resultat avseende tillstånd och tidsutveckling redovisas i årliga länsrapporter. Ord och begrepp som förekommer i texten förklaras i faktarutan på sidan 4. Där finns även en förklaring till innehållet i stationsfigurerna, som visar resultat från enskilda lokaler. Ytterligare information nås via www.ivl.se.

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 skall analyseras.

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i Skogsvårdsorganisationens (SVO) skogliga observationsytor. SVO 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.

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 manualer för miljöövervakning.

Denna redovisning är den sista med ett program som i stora drag tillämpats från det undersökningarna inleddes på mitten av 1980-talet. Under åren 1997-1999 genomfördes ett samarbetsprojekt mellan länen, Naturvårdsverket (NV) och IVL. Syftet med projektet var att utveckla och rationalisera de regionala mätningarna så att nyttan för avnämarna ökade.

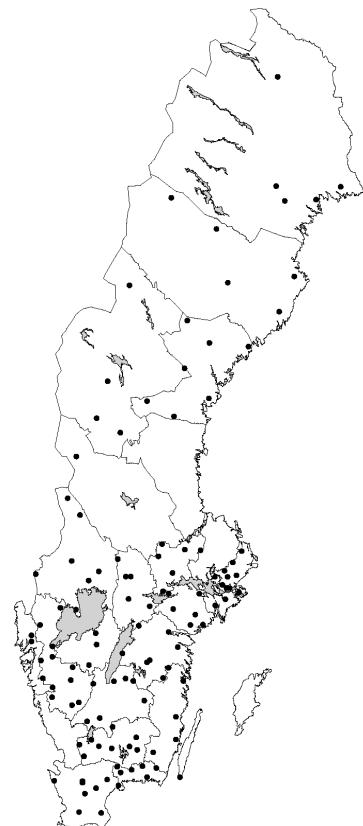
Projektet ledde fram till ett nytt program för framtida regional övervakning av luftföroreningar som har påbörjats under hösten 2000. Det nya programmet har ökat samordningen med nationell övervakning av luft genom att utnyttja modellberäkningar av nedfall som komplement till mätningar. Formerna för redovisning av resultat i rapporter och på hemsida har utvecklats. Mätningarna har förbättrats genom nya metoder att undersöka torrt nedfall i skog. De nya mätningarna är delvis finansierade av NV, vilket gör att vissa undersökningar av deposition till skog sedan hösten 2000 ingår i den nationella miljöövervakningen. Ett speciellt program för att utbilda och certifiera de lokala provtagarna har inletts för att säkra kvalitén i mätningarna.

De svenska metoderna att mäta nedfall till skog har jämförts med 19 andra länder i Europa genom en interkalibrering i ett skogsområde i Holland. Sveriges deltagande finansierades till stor del av NV. De svenska mätresultaten hade en bra överensstämmelse med genomsnittet för alla länder. Den största skillnaden var att de svenska mätningarna var billigast, och skillnaden var stor jämfört med många andra länder.

Föreslagna miljö kvalitetsmål i Sverige baseras på internationellt avtalade utsläppsminskningar. Minskningen kan räknas om till deposition i olika delar av landet och jämföras med regionala mätningar. För Svealand innebär miljö kvalitetsmålet cirka 2,5 kg svavel och 4 kg kväve per ha och år, vilket är förväntad genomsnittlig

belastning år 2010 i både öppna och skogbevuxna områden.

Undersökningarna i **Värmlands län** är resultat av ett lagarbete. Provtagning har utförts av kommunerna Syslebäck (Lars-Olof Sandin), Årjäng (Britt-Marie Östrand, Bruno Sjöqvist), Sunne (Åke Bergqvist), Säffle (Lennart Larsson) och Karlstad (Kjell Bergman), samt Länsstyrelsen (Göran Pettersson). IVL har utfört analys, utvärdering och redovisning. G Hedberg, K Koos, M Jonsson, I Torbrink, S Svensson, A Danielsson, C Larsson, K Hommerberg och B Dusan står för analysarbetet. Validering av data har utförts av Gunnel Hedberg. Johan Knulst, Gunnar Malm och Cecilia Akselsson har arbetat med databearbetning och figurframställning. Eva Hallgren Larsson har varit projektledare och tillsammans med Olle Westling och Gunilla Pihl Karlsson (lufthalter) svarat för utvärdering och rapportering.



Figur 2. Krondroppsnätet 1999/00. 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 syrorers 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: 250 skogliga observationsytor i Sverige som ingår i ett Europeiskt nät. 50 av dessa lokaler används även för regionala mätningar av luftföroreningar.

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

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

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 organismer, klimat och vegetation. Vanligaste jordmåner i skog på fastmark är podsoler, övergångsjordar och brunjordar.

Krondropp: Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på total belastning i skog av ämnen som inte påverkas av interncirkulation eller upptag, såsom svavel och klorid. För kväve indikeras i regel upptag eller omvandling i trädkronan. Det gör att nedfallet 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 högre 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. NVs förslag till miljö kvalitetsmål innebär 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ marknära ozon under sommarhalvåret, se faktaruta under "Tidsutveckling lufthalter". Svenska miljö kvalitetsnormer för skydd av ekosystem och hälsa innebär att svaveldioxidhalterna ej får överstiga 20 respektive 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Motsvarande för kvävedioxid är 30 respektive 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 miljö kvalitetsmål.

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 mot marken med hjälp av nederbörden. Mäts genom krondroppsmätningar som ger ett mått på total belastning av ämnen som inte interncirkuleras i träden.

Total belastning: Summan av våt- och torrdeposition.

Våtdeposition: Ämnen som deponeras med nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbördskemiska mätningar på öppet fält.

Öppet fält: Öppet område där nederbördskemi och lufthalter mäts.

Förklaring till stationsfigurer

Figuren redovisar ett urval ämnens deposition de två senaste åren. Detta jämförs med ett medelvärde för hela den period som mätningar utförts på lokalen. Åren är indelade i sommar- (april-september) och vinterperiod (oktober-mars).

Markvatten redovisar det senaste årets provtagningar (normalt tre), vilka kan jämföras med ett långtidsvärde. Medianvärde i markvatten används för att undvika en 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, där 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

Figur 3-9 deposition och markvatten, figur 10 halter i luft samt tabell 1-5.

Båtstad (S 01): 70-årigt granbestånd i relativt brant sluttning mot sydväst. Jordarten är sandig-moig morän och jordmånen podsol. Marken är blockrik och saknar fältskikt. Detta är länets nordligaste lokal. Generellt har den haft mindre nederbörds mängd och deposition av försurande ämnen än lokalerna söderut i länet. Mätning av deposition och markvatten startade 1990 och avslutades 2000 (ersätts av Transtrandsberget).

Uppmätt nederbörd under oktober 1999 till september 2000 var 792 mm, vilket är 10 % mer än genomsnittet för hela tioårsperioden i Båtstad. Trots det noterades mindre svavelnedfall än något år tidigare; 2 kg/ha via nederbörd på öppet fält och 1,3 kg/ha via krondropp i skogen. Det förklaras av generellt lägre koncentrationer av svavel än något år tidigare; 0,25 mg/l i nederbörd och 0,35 mg/l i krondropp under 1999/00. Under de fem första åren visade krondropp i genomsnitt 1 kg större deposition än nedfall på öppet fält. Under de fem senaste åren har krondropp oftare visat lägre värden än nedfall på öppet fält. Detta är ett tecken på att torrdepositionen av svavel har minskat. För kväve noteras inga förändringar, nedfallet var på samma nivå som tidigare år; 3,3 kg/ha via nederbörd på öppet fält. På grund av upptag och omvandling av kväve i trädskronorna var krondroppsvärdet 2 kg lägre.

Trots att nedfallet av försurande ämnen varit relativt begränsat i Båtstad har markvattenmätningarna visat sura förhållanden. Oftast har pH-värdet i markvattnet 0,5 m ner i mineraljorden varit 4,9. Något högre värden noterades i början, än i slutet, av 1990-talet. Samtidigt har halterna av oorganiskt aluminium varit förhållandevis höga; 0,48 mg/l som medianvärde sedan mätningarna startade och ingen signifikant förändring. Provtagningen i slutet av april blev resultatlös eftersom marken fortfa-

rande var tjälad i Båtstad. Det sura tillståndet i marken kan bero på markkemiska förhållanden på lokalen eller vara en kvardröjande effekt av en högre försurningsbelastning innan nuvarande mätningar påbörjades. Markvattnets låga pH kan även ha orsakats av organiska syror, eftersom markvattnet har relativt höga halter av organiskt kol; 16 mg/l.

Södra Averstad (S 05): Snart 70-årig granskog i ett flackt och kustnära område på Värmlandsnäs som är exponerat för intransport av luftföroreningar över Vänern. Marken i området består av ett sandigt-moigt sediment med en jordmån klassad som övergång mellan brunjord och podsol. Södra Averstad är länets sydligaste lokal och den har generellt haft länets största nedfall av försurande svavel och kväve. På samma sätt som i Båtstad startade mätning av deposition och markvatten 1990.

Mätningarna i Södra Averstad indikerar vad som varit generellt för hydrologiska året 1999/00; liten torrdepositionen av svavel. På samma sätt som i Båtstad noterades 10 % mer nederbörd på lokalen på Värmlandsnäs jämfört med medelvärdet från 10 års mätningar. Trots det var nederbördens bidrag till svavelnedfallet mindre än något år tidigare; 3,4 kg/ha. För första gången redovisas mindre nedfall av svavel via krondropp än på öppet fält, vilket innebär att även torrdepositionen av svavel varit liten. Hela mätserien visar att svavelnedfallet minskat betydligt. Under de första fem åren visade krondropsdata i genomsnitt 3 kg mer svavel än mätningarna på öppet fält, vilket minskat till 1 kg/ha under de senaste fem åren. Nederbördens bidrag till nedfallet av kväve visar nästan samma nivå som tidigare år; 6,5 kg/ha under året. Speciellt ammoniumkväve visar lägre värden via krondropp, vilket förklaras av att det generellt är lättare för vegetationen att tillgodogöra sig än vad nitratkväve är. Jämfört med övriga lokaler i länet visar krondropsdata från Södra Averstad höga värden avse-

ende kväve; 4,7 kg/ha. Troligtvis beror det på större torrdeposition av kväve i Södra Averstad än på länets övriga lokaler. Lokalens geografiska läge medför större nedfall av havssalter än övriga lokaler i länet. Senaste årets resultat visar samma nivå som tidigare; 32 kg/ha mätt som klorid.

Förhållandevis hög föroreningsbelastning under många år har medfört surt markvatten. Samtliga provtagningar har visat pH-värden mellan 4,5 och 5,0 (medianvärde 4,7) och 0,63 mg/l som medianvärde för oorganiskt aluminium. Många ämnen visar signifikant minskande halter sedan mätningarna startade; sulfatsvavel, klorid, ammoniumkväve, kalcium, magnesium, natrium och totalt organiskt kol. Även den försurningsindikerande kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har sjunkit, vilket indikerar ökande försurningsgrad.

Generellt var halterna av svaveloxid (SO₂) och kvävedioxid (NO₂) ungefär dubbelt så höga i Södra Averstad som vid Transtrandsberget i norra Värmland. Samtidigt var de långt under svenska miljö kvalitetsnormer för skydd av hälsa och ekosystem, se tidsutveckling lufthalter. Säsongsmedelvärdet för marknära ozon (O₃), 60 µg/m³, var i nivå med halterna på övriga lokaler i Värmland samt halterna i till exempel Östergötlands län. Halterna under sommarhalvåret var generellt lägre än året innan, vilket förklaras av det regniga vädret under sommaren 2000. De högsta ozonhalterna noterades under april-juni vilket också förklaras av vädersituationen när solljus och värme återkommer. För mer information angående kritiska ozonnivåer se faktaruta under tidsutveckling.

Skived (S 15): Drygt 80-årig granskog, på sediment med texturen finmo och jordmån av övergångstyp. Beståndet ligger i ett flackt område och gränsar till en inäga i nordost. På samma sätt som i Båtstad startade mätningarna 1990 och avslutades 2000.

Nederbörden under senaste hydrologiska året var 1000 mm, vilket är nästan 20 % mer än medelvärdet för hela tioårsperioden. Trots det var nederbördens bidrag till svavelnedfallet snarast lägre än tidigare år. Det beror på att nederbörd från Skived visat minskande innehåll av svavel sedan mätningarna startade. På samma sätt som i Södra Averstad var halterna under de första fem åren i genomsnitt 0,7 mg/l medan motsvarande för de fem senaste åren var 0,5 mg/l. Analyserna visar också minskad torrdeposition av svavel. Nedfallet av kväve visar inte samma nedåtgående trend. På öppet fält noterades drygt 10 kg/ha. Med undantag för 1991/92 är det mer än något år tidigare. På grund av omfattande upptag och omvandling i trädkronorna visade krondropp betydligt lägre värde; 2,1 kg/ha. Det totala nedfallet av kväve till beståndet var uppskattningsvis 12-13 kg/ha, vilket är betydligt mer än förväntad nivå år 2010 (se inledningen). Mätningarna på öppet fält visar förhållandevis mycket klorid; 13 kg/ha, varav 9 kg under perioden december-februari. Sannolikt förklaras det av torrdeponerade partiklar av havssalt i de ständigt öppna insamlarna i samband med blåsig väder under dessa månader.

Markvattnet har visat lägre försurningsgrad än i Båtstad och Södra Averstad; pH-värden runt 5,2 och 0,29 mg/l av oorganiskt aluminium. För flertalet ämnen har halterna minskat signifikant sedan mätningarna startade; svavel, klorid, kalcium, magnesium, natrium, mangan, järn, oorganiskt aluminium samt totalt organiskt kol. Där emot har totalhalter av aluminium och beräknad syraneutraliserande förmåga (ANC) ökat signifikant. Kvävehalterna har alltid varit under detektionsgränsen, vilket är normalt för växande bestånd i områden med låg till måttlig kvävebelastning.

Mellan Hurr (S 16): Provytan i länets västligaste del består av drygt 70-årig granskog, på moränmark med en utbildad podsolprofil. På samma sätt som på tidi-

gare nämnda lokaler startade mätningarna 1990.

Nederbördsmängden (968 mm) var betydligt mindre än närmast föregående men 10 % större än medelvärdet för hela tidsperioden. Svavelnedfallet på öppet fält, 3,6 kg/ha under 1999/00, var tydligt under medelvärdet för hela tidsperioden. För fjärde året i rad visade krondroppsmätningarna mindre nedfall av svavel, vilket indikerar liten torrdeposition av svavel. Nederbördens bidrag till kvävenedfallet var på samma nivå som tidigare år; 6,2 kg/ha. Inverkan av saltförande vindar var ungefär dubbelt så stort som tidigare år. Kloridnedfallet till marken i skogen var 26 kg/ha. Merparten (16 kg/ha) deponerades i samband med blåsigt och stormigt väder under perioden december-februari. Sannolikt kommer det påverka markvattnets sammansättning flera år framöver.

Mellan Hurr tillhör de ytor i länet som är mest försurningspåverkad, pH-värdet har oftast varit 4,8 och har sjunkit successivt sedan mätningarna startade. Halterna av kalcium och magnesium har generellt varit låga (0,6-0,8 mg/l) men saknar statistiskt signifikanta förändringar. Halterna av oorganiskt aluminium har ökat signifikant (medianvärde 0,51 mg/l), vilket bidrar till att kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har sjunkit sedan mätningarna startade. Provtagningarna under 1999/00 visade kvoter mellan 1,2-1,6 vilket är lägre än medianvärdet för hela perioden. Kvoter under 1 anses kunna medföra risk för skador på ekosystemet.

Böckeln (S 21): EU-yta i snart 70-årig tallskog. Skogen växer på sandig-moig moränmark med jordmånen järnpodsol. Ytan är belägen i en sluttning mot öster nära en mindre sjö. Liksom övriga EU-ytor i Värmlands län, startade mätningarna hösten 1996.

Jämfört med de tre tidigare åren var nederbördsmängden normal i Böckeln under hydrologiska året 1999/00. Våtdepositionen av kvä-

ve var på samma höga nivå som i Skived (9,8 kg/ha) och svavel visade högre värde än någon annan lokal i länet; 5,2 kg/ha. Delvis förklaras det av riklig nederbördsmängd men påverkas även av generell högre koncentration av svavel i nederbörd från Böckeln, Skived och Södra Averstad under de fyra senaste åren jämfört med övriga lokaler i länet. Nedfallet till marken i skogen har generell visat mindre deposition av både svavel, kväve och klorid. För svavel är orsaken sannolikt en kombination av liten torrdeposition av svavel under året samt att tallskog är glesare och har mindre biomassa barr och grenar än granskog och därigenom utgör ett mindre effektivt filter för torrdeposition. För klorid tillkommer att saltpartiklar vid vissa tillfällen kan deponeras (torrdeposition) i de ständigt öppna insamlarna på öppet fält. För kväve är det normalt med lägre värden via krondropp än på öppet fält i måttligt belastade områden, vilket förklaras av omvandling och upptag i trädkronorna.

Markvatten från Böckeln har generellt haft pH-värde 5,0 samt låga halter av flertalet ämnen. De från början låga halterna av kalcium och magnesium har minskat ytterligare under mätperioden som nu omfattar 13 provtagningar. Till sammans med stigande halter av oorganiskt aluminium gör det att kvoten mellan baskatjoner och aluminium har minskat signifikant; ökad försurningsgrad.

Medelvärdet för sommarhalvårets halter av marknära ozon var 56 µg/m³. Det är något mindre än på övriga Värmlandslokaler och mindre än året innan, vilket förklaras av den regniga sommaren 2000.

Blåbärsullen (S 22): EU-yta i centrala Värmland. Beståndet utgörs av snart 50-årig granskog på sandig-moig morän med viss kulturpåverkan. Boniteten är hög jämfört med övriga provtytor med granskog i länet, ståndortsindex G32.

Något mer än 1000 mm nederbörd

bidrog med 4 kg svavel och 7 kg kväve per hektar under 1999/00. Det är ungefär samma nivå som tidigare år. Krondropp har hela tiden visat något lägre värden för svavel, vilket indikerar att torrdepositionen varit liten. Även för kväve visar krondroppsvärdena lägre värden men den totala kvävedepositionen till beståndet var uppskattningsvis 9 kg/ha.

Den förhållandevis höga boniteten på ytan avspeglas i markvattnet som är mindre försurningspåverkat i Blåbärskullen än på övriga lokaler i länet. Två av årets provtagningar visar pH-värden över 6. Halterna av oorganiskt aluminium får betraktas som mycket låga; medianvärde 0,025 mg/l och jämfört med övriga lokaler i länet har kalciumhalterna varit höga, 3 mg/l. Halterna av ammoniumkväve i markvattnet har ofta varit förhöjda i Blåbärskullen. Liknande mätningar i övriga delar av Sverige visar att detta ofta förekommer i marker med god bonitet.

Transtrandsberget (S 23): EU-yta i granskog, snart 50 år, på sandig-moig morän och jordmånen järnpodsol. Ytan ligger i en sluttning mot öster och kan därigenom förväntas vara mindre utsatt för dominerande vindriktningar än lokaler i sydvästsluttningar.

Resultaten från Transtrandsberget har generellt visat något större deposition av svavel och kväve än den närbelägna ytan i Båtstad. Under senaste hydrologiska året noterades drygt 800 mm nederbörd samt 2,1 kg svavel och 4,4 kg kväve per hektar öppen mark, vilket är mindre än året innan. Krondropp har generellt visat lägre värden.

Tolv provtagningar i markvattnet visar att pH-värdet varit ganska stabilt runt 5,1. Trendberäkningar visar dock några signifikanta förändringar sedan mätningarna startade. Halterna av sulfatsvavel, klorid och kalcium har minskat medan totalhalterna av aluminium

har ökat. Sjunkande värden för kalcium gör att kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har minskat.

Halterna av svaveldioxid och kvävedioxid i luft var på årsbasis 0,3 respektive 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta är ungefär hälften av vad som noterades vid Södra Averstad på Värmlandsnäs. Det är även något lägre än förra året. Ozonhalterna var på ungefär samma nivå som vid övriga Värmlandslokaler. De högsta ozonhalterna noterades under mars-juni vilket förklaras av vädersituationen. Ett mycket högt månadsmedelvärde uppmättes i mars på 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sannolikt beror det på en kombination av solljus och värme som återkommer och förhållandevis höga halter av andra ämnen som krävs för bildning av marknära ozon (kväveoxider och organiska ämnen).

Båtstad (S 01)

Gran



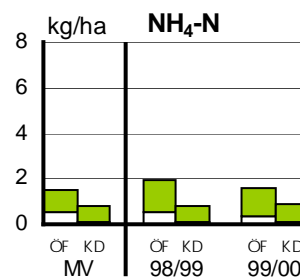
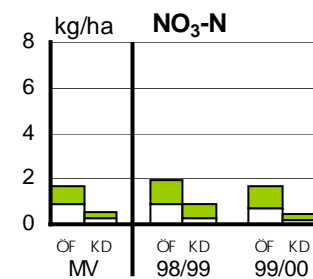
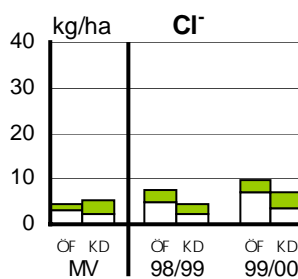
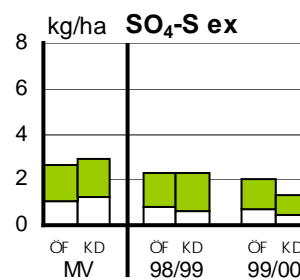
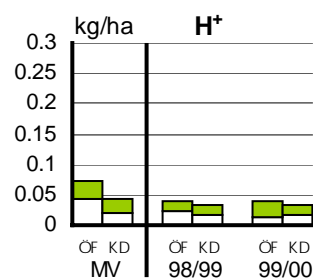
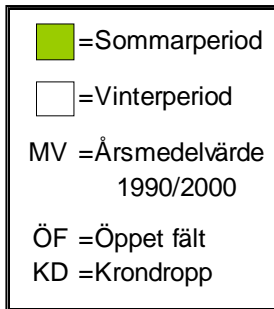
DEPOSITION

(S 01)

Nederbörd på ÖF (mm)

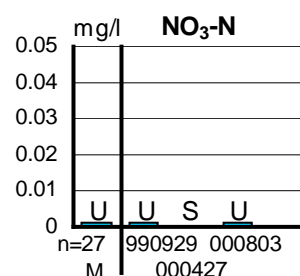
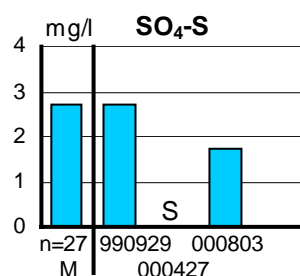
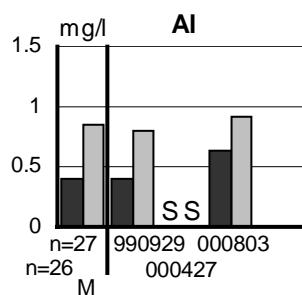
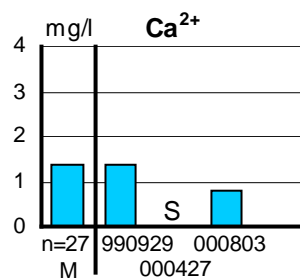
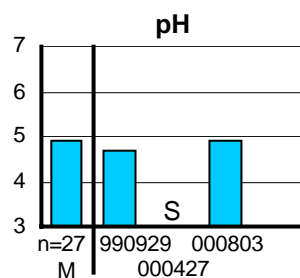
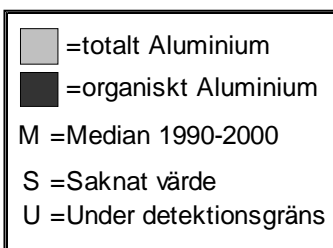
MV	98/99	99/00
416	431	499
298	361	293

Sommar
Vinter



MARKVATTEN

(S 01)



Figur 3. Depositions- och markvattendata från Båtstad, S 01.

Södra Averstad (S 05)

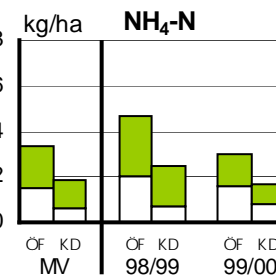
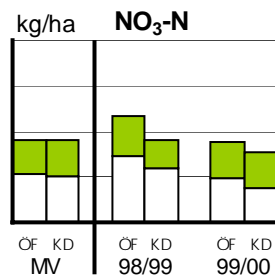
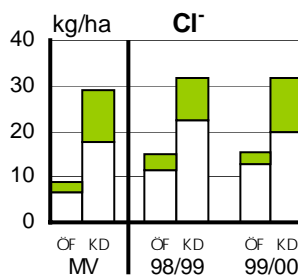
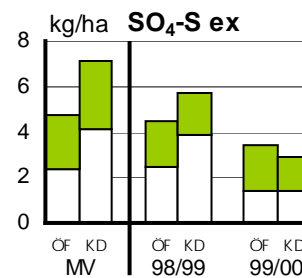
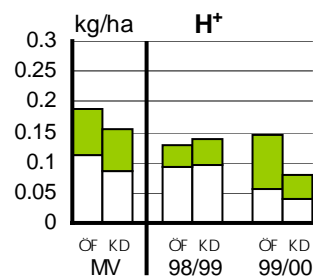
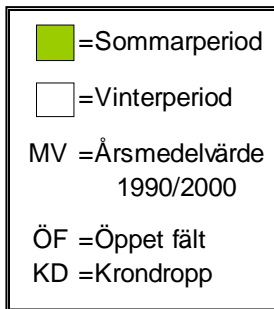
Gran, 69 år

DEPOSITION

(S 05)

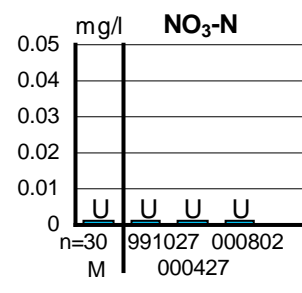
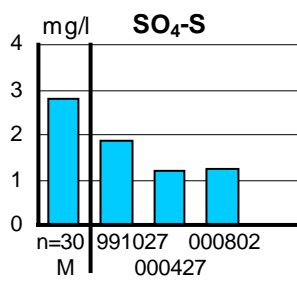
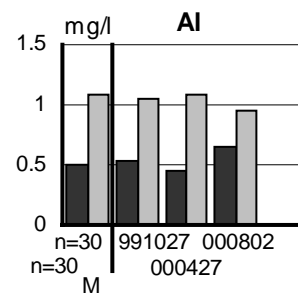
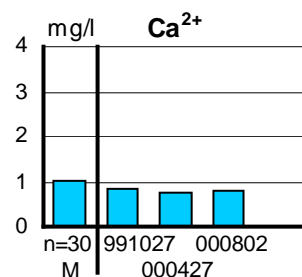
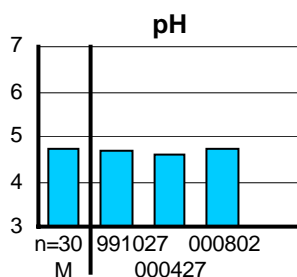
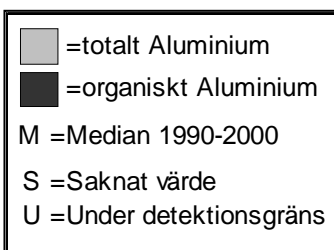
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	414	539	473
Vinter	361	524	395



MARKVATTEN

(S 05)



Figur 4. Depositions- och markvattendata från Södra Averstad, S 05.

Skived (S 15)

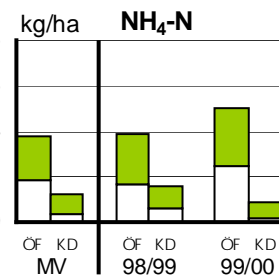
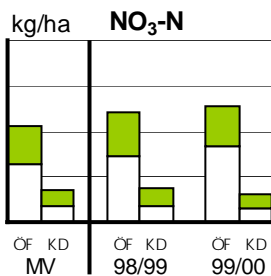
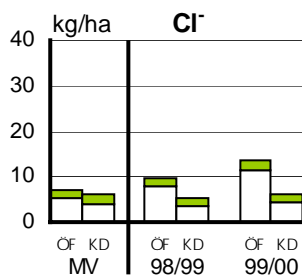
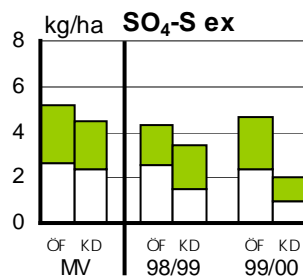
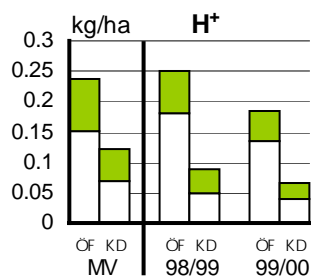
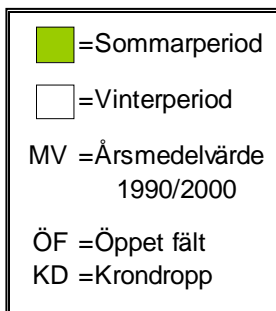
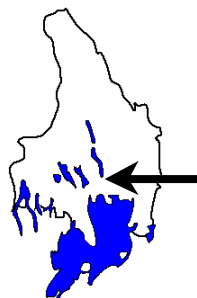
Gran, 81 år

DEPOSITION

(S 15)

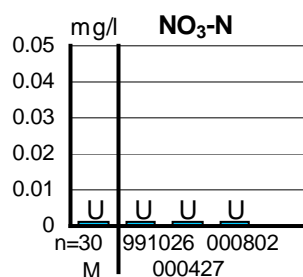
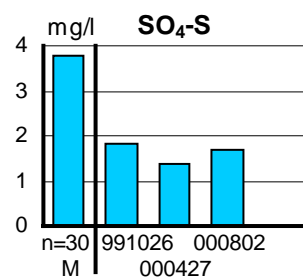
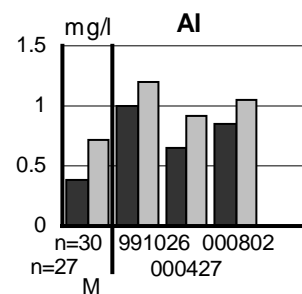
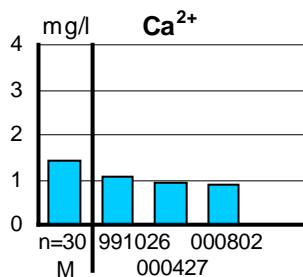
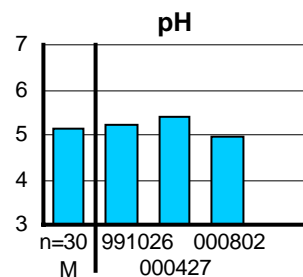
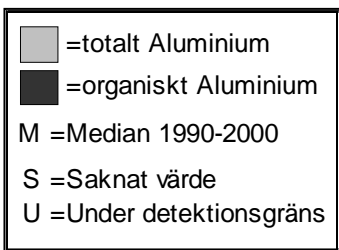
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	434	561	510
Vinter	408	581	492



MARKVATTEN

(S 15)



Figur 5. Depositions- och markvattendata från Skived, S 15.

Mellan Hurr (S 16)

Gran

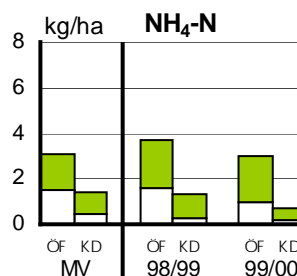
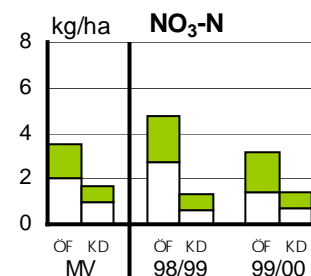
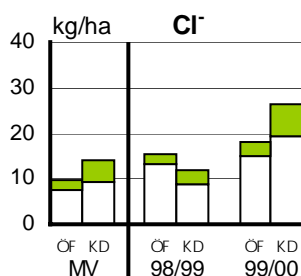
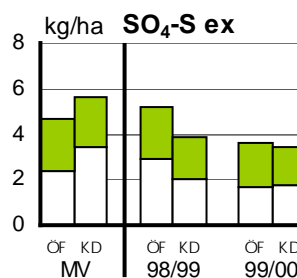
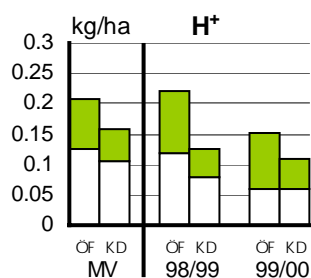
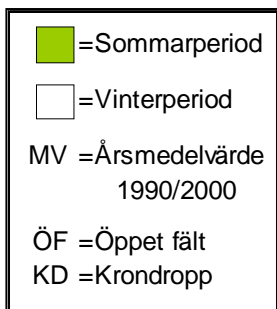


DEPOSITION

(S 16)

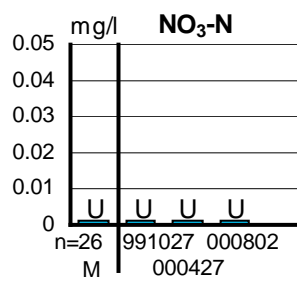
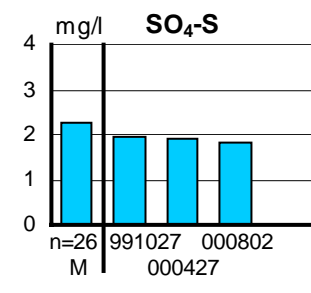
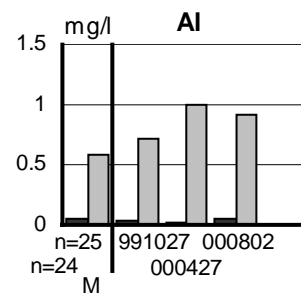
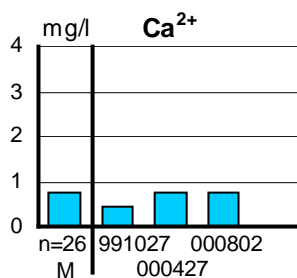
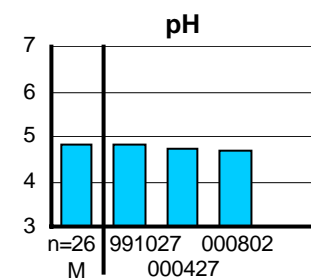
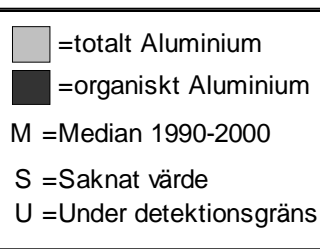
Nederbörd på ÖF (mm)

MV	98/99	99/00
Sommar 449	589	511
Vinter 418	719	457



MARKVATTEN

(S 16)



Figur 6. Depositions- och markvattendata från Mellan Hurr, S 16.

Böckeln (S 21)

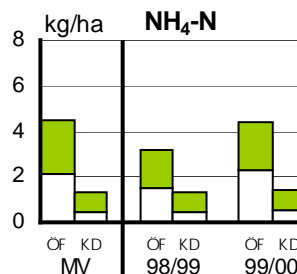
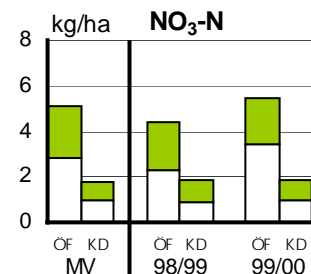
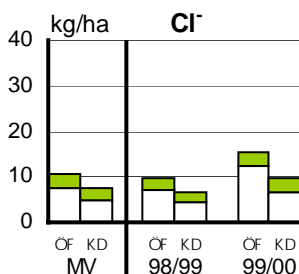
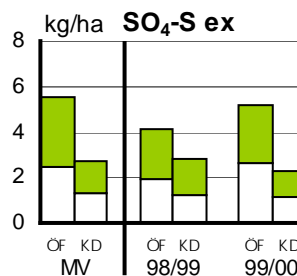
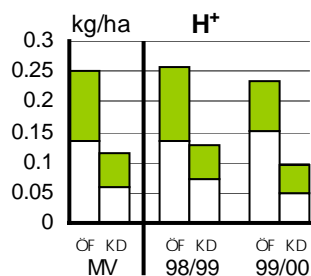
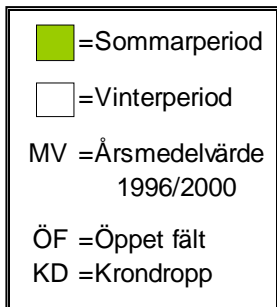
Tall, 67 år



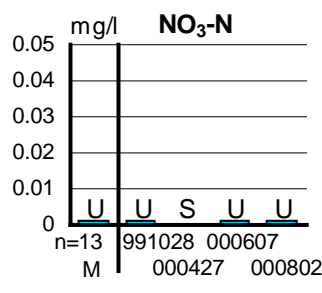
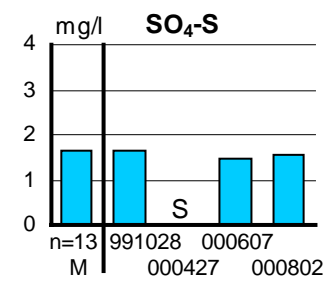
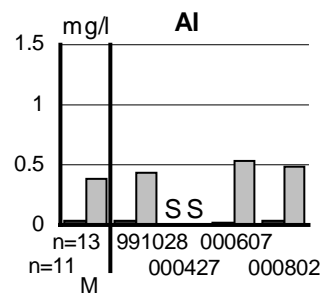
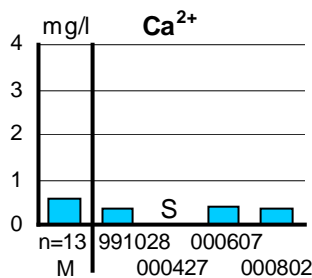
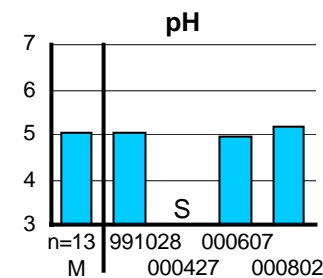
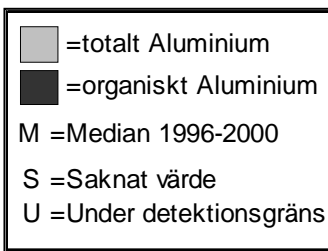
DEPOSITION (S 21)

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	589	524	552
Vinter	472	544	496



MARKVATTEN (S 21)



Figur 7. Depositions- och markvattendata från Böckeln, S 21.

Blåbärskullen (S 22)

Gran, 49 år

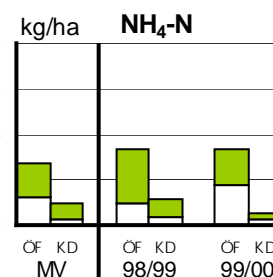
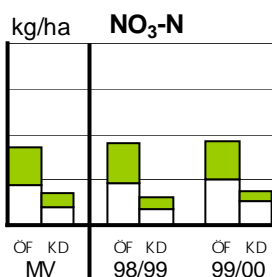
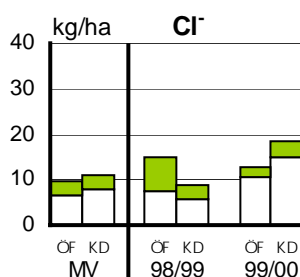
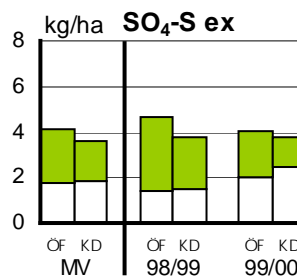
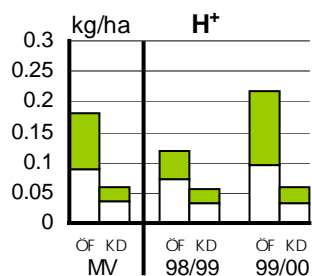
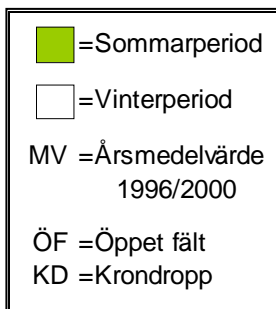


DEPOSITION

(S 22)

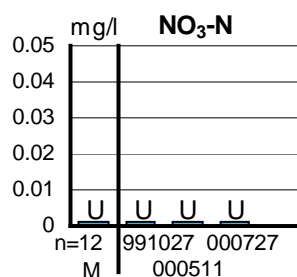
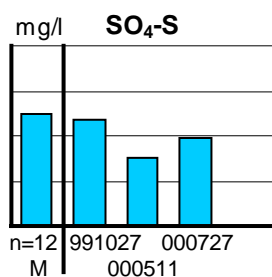
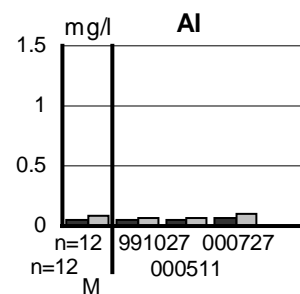
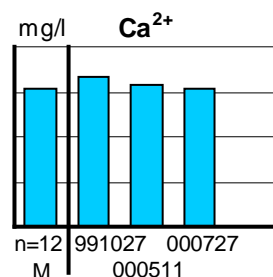
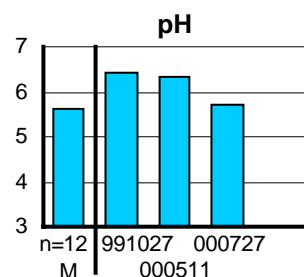
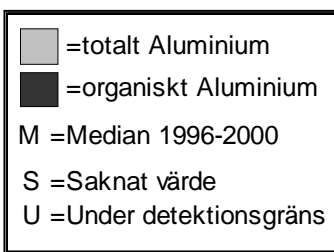
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	551	595	575
Vinter	433	473	474



MARKVATTEN

(S 22)



Figur 8. Depositions- och markvattendata från Blåbärskullen, S 22.

Transtrandsberget (S 23)

Gran, 48 år

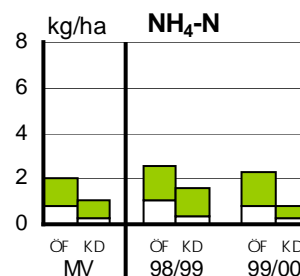
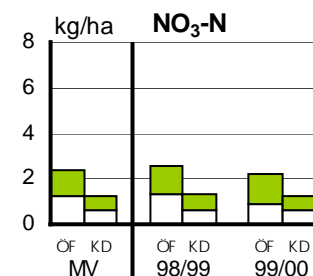
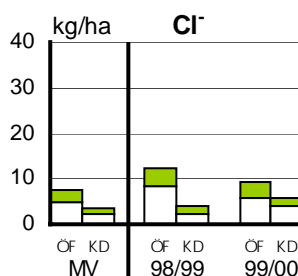
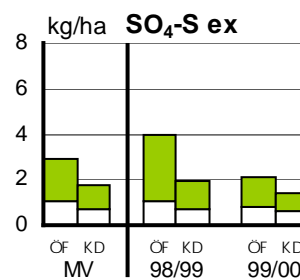
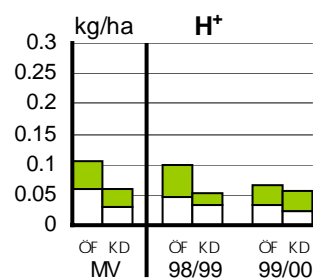
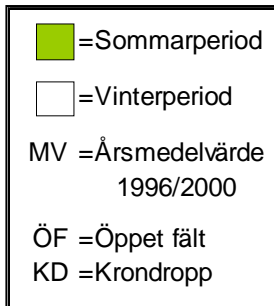


DEPOSITION

(S 23)

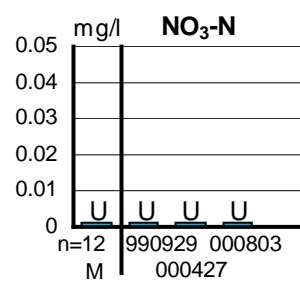
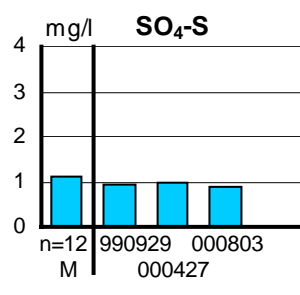
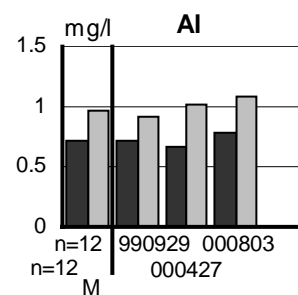
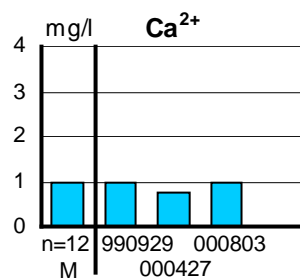
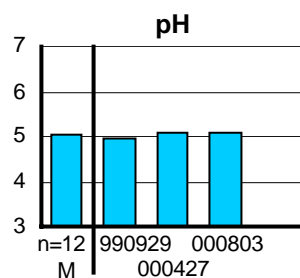
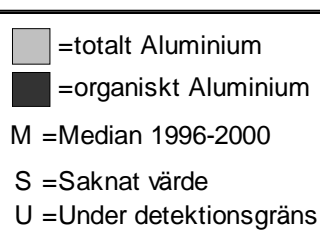
Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	98/99	99/00
Sommar	465	475	484
Vinter	350	399	318

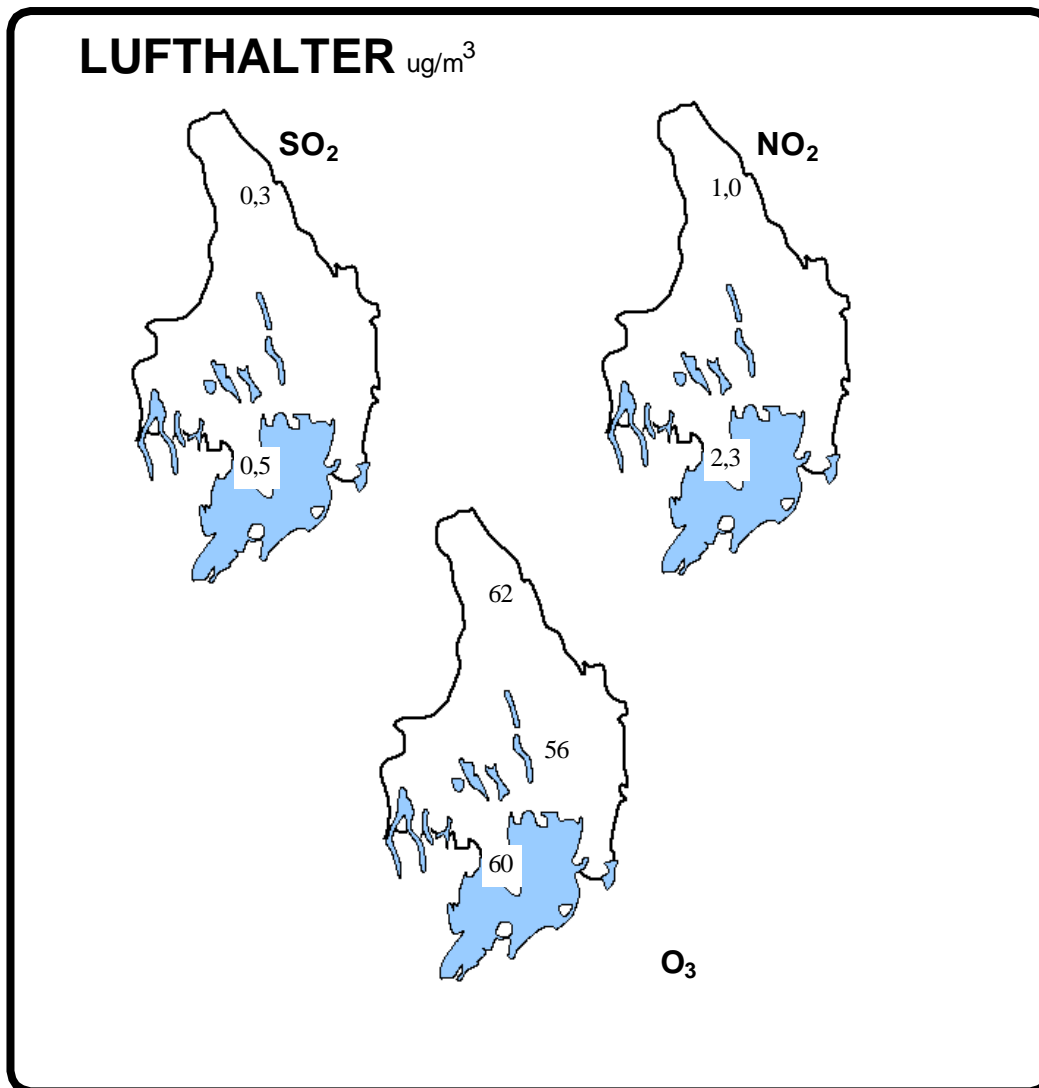


MARKVATTEN

(S 23)



Figur 9. Depositions- och markvattendata från Transtrandsberget, S 23.



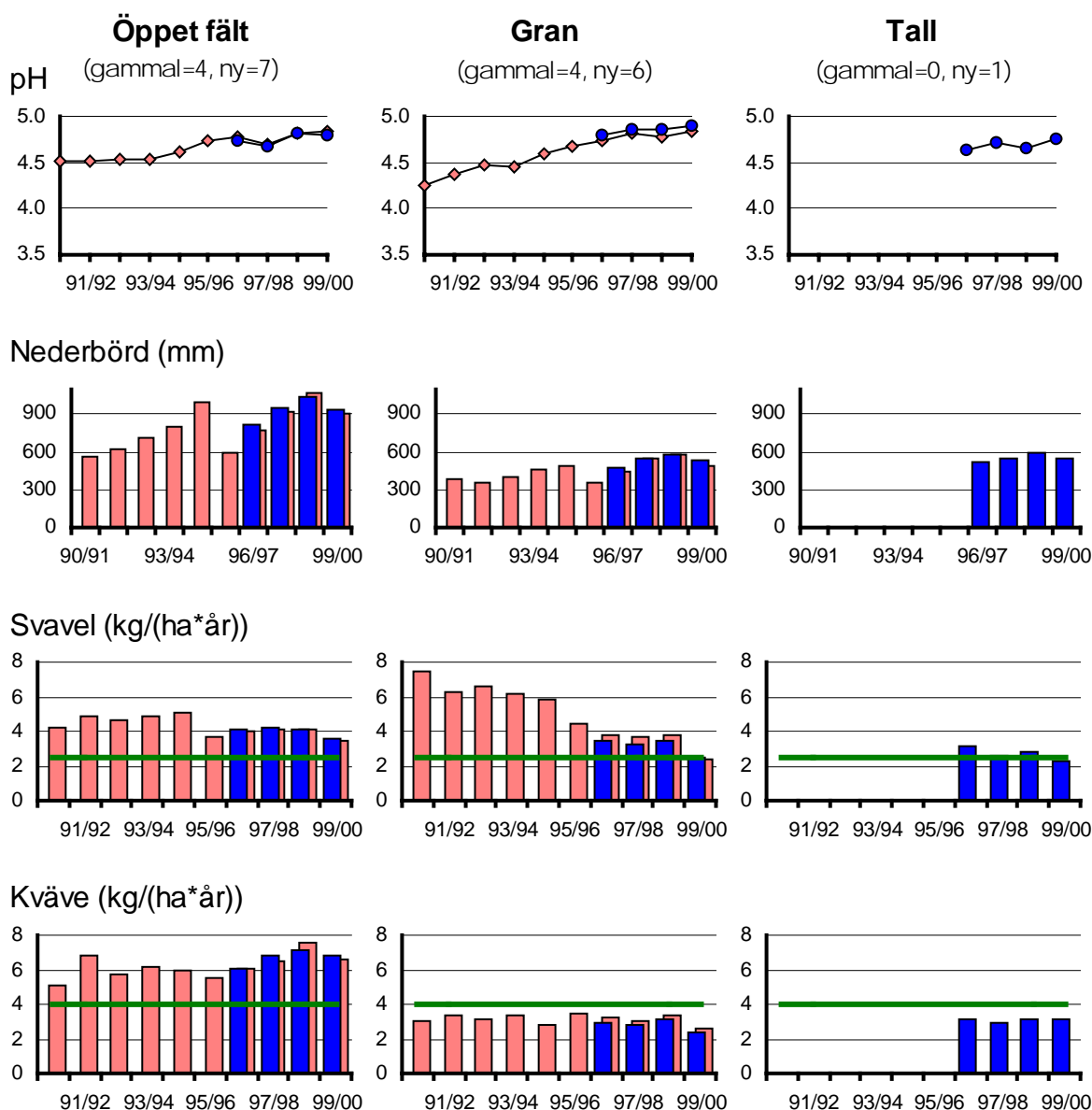
Figur 10. Periodmedelvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av halter i luft på öppet fält. För SO_2 och NO_2 gäller perioden oktober 1999 till september 2000 och för O_3 april - september 2000.

Tidsutveckling deposition

Nederbörden har blivit mindre sur under 1990-talet. I början noterades 4,5 som genomsnittligt pH-värde, vilket ökat till 4,8 under senare år. Utvecklingen är tydligare i granskog som också påverkas av torrdeposition. Volymvägt pH-värde i nederbörd och krondropp visar god korrelation med svavelnedfall. Vidare redovisas i genomsnitt 600-1100 mm nederbörd sedan mätningarna startade. Variationen kan i viss mån dölja depositionstrender. För hydrologiska året 1999/00 gäller 900 mm (exklusive oktober-december 2000).

Utmärkande för det senaste året är att torrdepositionen av svavel var mycket liten och krondropp visar lägre värden än mätningarna på öppet fält på samtliga lokaler. Skälet till det kan vara ett visst upptag av svavel samt viss mätsäkerhet. Mätningarna från början av 1990-talet visar tydligt större torrdeposition av svavel; drygt 2 kg/ha och år räknat som skillnad mellan nedfall via krondropp och på öppet fält. Totalt uppmättes då 6-7 kg/ha via krondropp. Senaste årets resultat på 2,5 kg/ha är i nivå med förväntad genomsnittlig belastning i Svealand år 2010.

Torrdepositionen av kväve kan inte beräknas på samma sätt som för svavel eftersom kväve tas upp eller omvandlas i trädkronorna. Det *totala* nedfallet av kväve till skog kan uppskattas vara 20-30 % större än nedfallet på öppet fält. För kväve är det svårt att se trender. Nederbördens bidrag har hela tiden varit 6-7 kg/ha, vilket även gäller senaste året. Med tillägg för torrdeposition kan det totala kvävenedfallet till skog uppskattas ha varit 8-9 kg/ha under 1999/00, vilket är drygt dubbelt så mycket som förväntad nivå år 2010.



Figur 11. Årsmedelvärden för valda parametrar i tre miljöer i Värmland; öppet fält, gran- och tallskog, uppdelat på två tidsserier. Tidsserie "gammal" omfattar fyra lokaler där mätningarna startade 1990/91 och tidsserie "ny" omfattar sju lokaler som började 1996/97. Streckad linje anger förväntad genomsnittlig belastning i Svealand år 2010 om beslutade åtgärder genomförs (se sid. 3).

Under 1999/00 noterades i genomsnitt 2,5 kg svavel via krondropp. Uppskattningsvis deponerades 8-9 kg kväve per hektar granskog i området. Om avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer depositionen av svavel och kväve att minska till år 2010. För svavel har den huvudsakliga minskningen redan skett. Senaste årets deposition var nära förväntat år 2010.

Den kraftiga minskningen av svavelnedfallet i hela Sverige de senaste 15 åren är ett resultat av minskade utsläpp i hela Europa. Åtgärdsarbetet har styrts av inter-

nationella avtal som baserats på känsligheten i olika ekosystem i Europas länder (kritiska belastningsgränser som varierar mellan regionerna). Medvetna åtgärder för att minska svavelutsläpp, samt en ekonomisk utveckling som ledde till att energiintensiva industrier och äldre kolkraftverk lades ner, medförde en snabb minskning av belastningen, främst efter 1989. Halterna i luft av svaveldioxid speglar denna utveckling väl (se figur 14 i avsnittet om tidsutveckling lufthalter). Halter i luft av gaser och partiklar orsakar torrdeposition. Den kraftiga

minskningen kan även läsas av i depositionsmätningarna i skog som det senaste året visar en mycket liten torrdeposition.

Åtgärder för att minska utsläppen av kväve och kolväten som ger upphov till bland annat förhöjda halter av kväveoxider och marknära ozon har hittills inte varit så framgångsrika. Åtgärdsarbetet försvåras av att det omfattar många olika källor och sektorer i samhället som transporter, jordbruk och energiproduktion.

Tidsutveckling markvatten

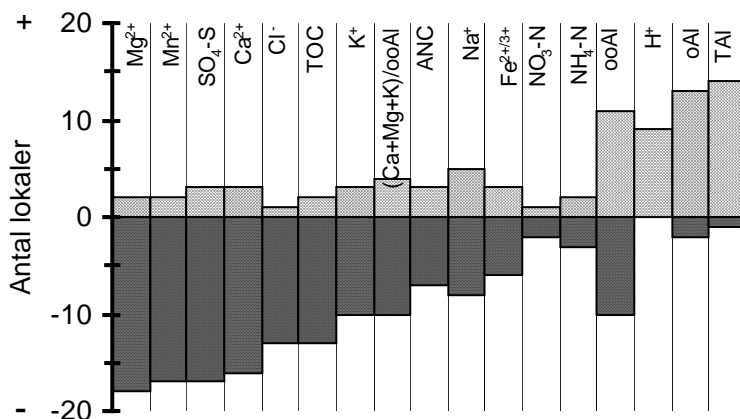
Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten, även om tidsserierna i vissa fall är korta. Lokaler med mindre än fem provtagningar (~2 år) ingår ej.

Figur 12 visar att markvattnets halter av kalcium, magnesium, mangan och klorid, har minskat signifikant på en tredjedel av lokalerna. En stor andel lokaler visar även minskande halter av sulfatsvavel. Detta är en logisk följd av minskad svaveldeposition.

Förändringar av markvattnets surhetsgrad är inte lika tydliga. Förhållandena i skogsytorna i Värmlands län visar liknande utveckling som övriga lokaler i mellersta och norra Sverige. Störst förändring har noterats i Södra Averstad, Skived och Mellan Hurr. Även i Böckeln har ett flertal signifikanta förändringar noterats. Se respektive stationsbeskrivning.

Ett sätt att uttrycka markvattnets syra-bas status är förmågan att buffra mot syror. Syraneutraliserande förmåga uttrycks som ANC, se "ord att förklara" sidan 4. I takt med att nedfallet av försurande ämnen har minskat bör ANC öka,

vilket har noterats på 20 % av undersökta lokaler i Götaland, där svavelnedfallet minskat kraftigt. I Svealand har ANC snarare minskat. Undersökningarna har visat att episoder med stort nedfall av havssalt under några få dagar kan leda till omfattande jonbytesprocesser i sura marker. Följden blir höga kloridkoncentrationer och låg beräknad ANC under flera år framöver, vilket illustrerar vikten av långa tidsserier för att säkerställa trender i markvattnets surhetsgrad som beror på minskat nedfall av försurande ämnen. Förhållandet diskuterades närmare i föregående årsrapport.



Figur 12. Trendberäkningar för markvatten på 52 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 (-).

Tidsutveckling lufthalter

Lufthalter av SO₂ och NO₂ mäts vid två lokaler i länet, Södra Averstad och Transtrandsberget, medan O₃ mäts vid ytterligare en lokal, Böckeln. I Södra Averstad startade mätningar av SO₂ och NO₂ i november 1992, motsvarande mätningar i Transtrandsberget startade i maj 1996. Figur 13 visar årstidsvariationen (månadsmedelvärden) för SO₂, NO₂ och O₃ under perioden november 1992 – september 2000. De högsta halterna av SO₂ och NO₂ förekommer oftast under de kalla vintermånaderna. SO₂-halten har under de åtta åren mätningarna pågått minskat vid Södra Averstad, inte bara vintertopparna är lägre utan även sommarhalterna. Vid Transtrandsberget är mätserien ännu för kort för att man skall kunna se någon trend i resultaten. Vad gäller NO₂-

halterna kan man se en tendens till minskning vid Södra Averstad. SO₂- och NO₂-halterna i länet ligger långt under svenska miljö kvalitetsnormer för skydd av hälsa och ekosystem (se förklaring under "lufthalter" på sidan 4).

Säsongsmedelhalten av marknära ozon, O₃ var lägre än året innan, vilket kan förklaras av att sommaren 2000 var betydligt regnigare än sommaren 1999. Ozonhalterna på samtliga lokaler överskred det av Naturvårdsverket föreslagna miljö kvalitetsmålet för ozon. Marknära ozon bildas i luftmassor som är förorenade med kväveoxider och kolväten under påverkan av solljus. Hög solinstrålning medför högre ozonhalter. Det är under vår och tidig sommar som de högsta halterna brukar framträda. Ozonhalterna är mycket starkt knutna till vädersituationen och

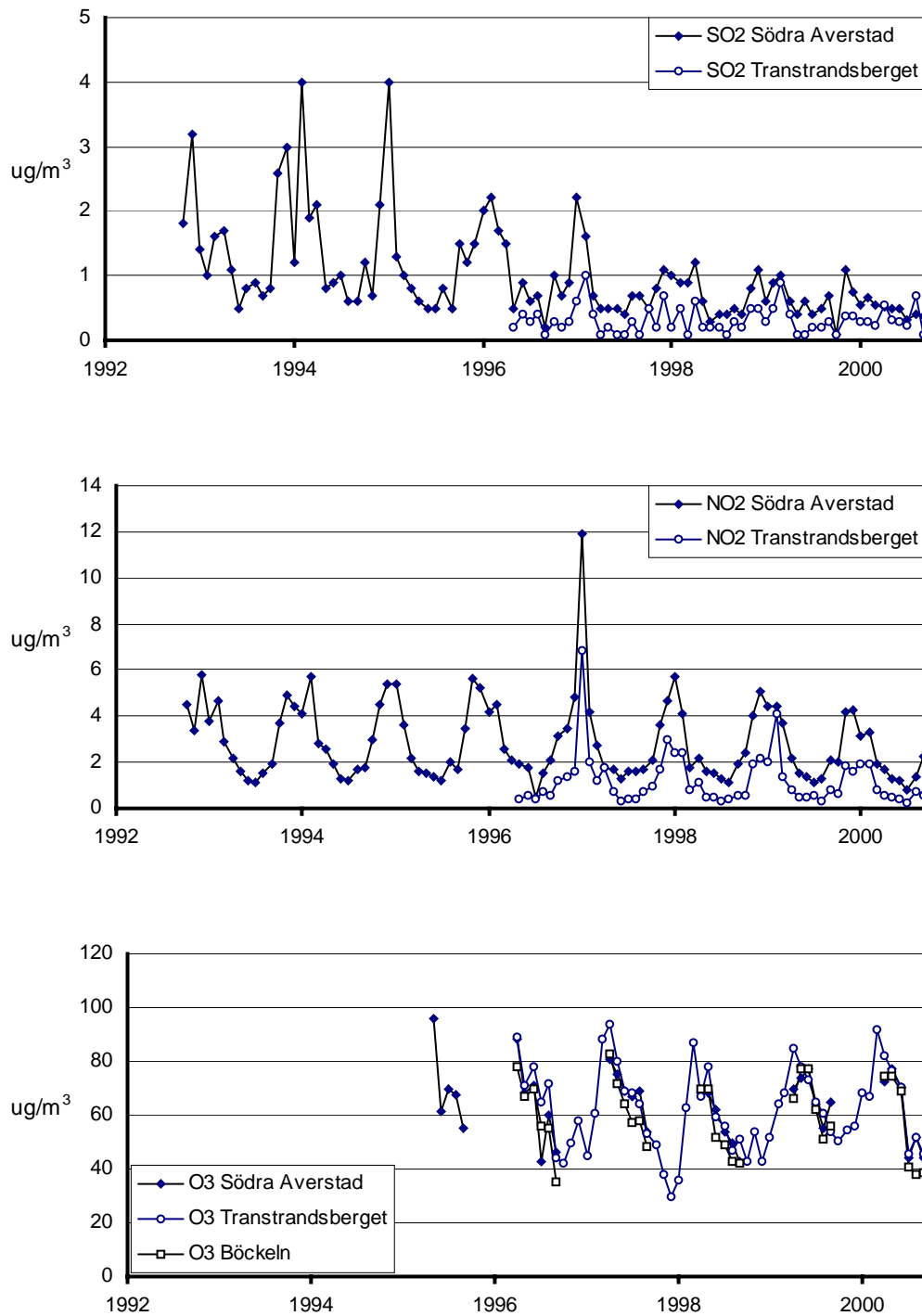
trender är ej möjliga att utläsa om mätserierna är kortare än 20-30 år. För mer information angående kritiska ozonnivåer se faktaruta nedan.

Som jämförelse till lufthalternas tidsutveckling i länet visar figur 14 tidsutveckling på fyra EMEP-lokaler i hela Sverige. Dessa har betydligt längre mätserier: Vavilhäll i centrala Skåne, Rörvik söder om Göteborg, Aspveten öster om Nyköping samt Esrange öster om Kiruna. EMEP-stationerna i södra Sverige, visar en kraftigt nedåtgående trend av SO₂. Även för NO₂ tycks en viss minskning ha skett sedan början av 1990-talet. Någon trend för NH₃ och O₃ kan ännu ej utläsas på grund av för korta mätserier. Korrelation mellan minskande halter och deposition diskuteras närmare under avsnitt "Tidsutveckling deposition".

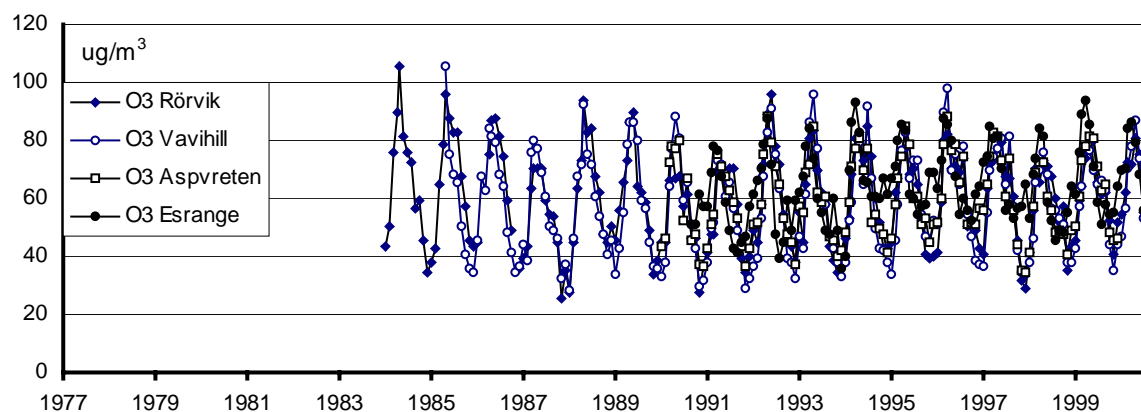
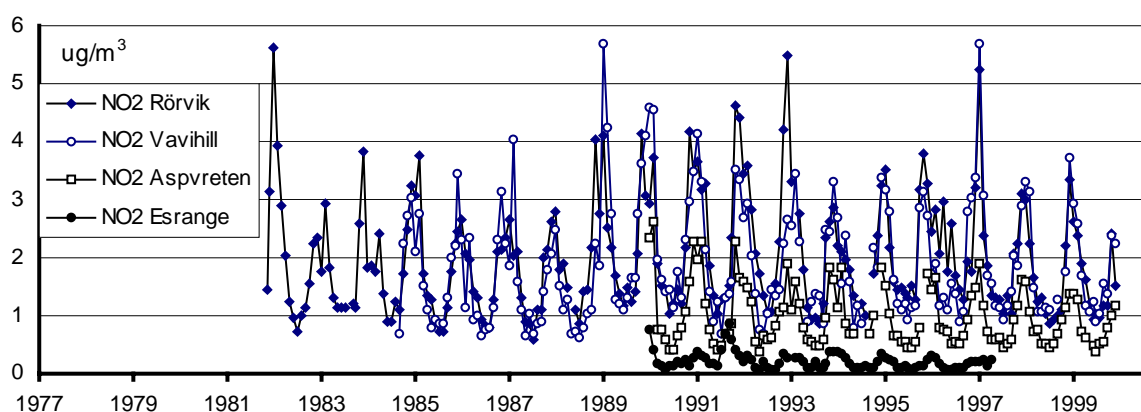
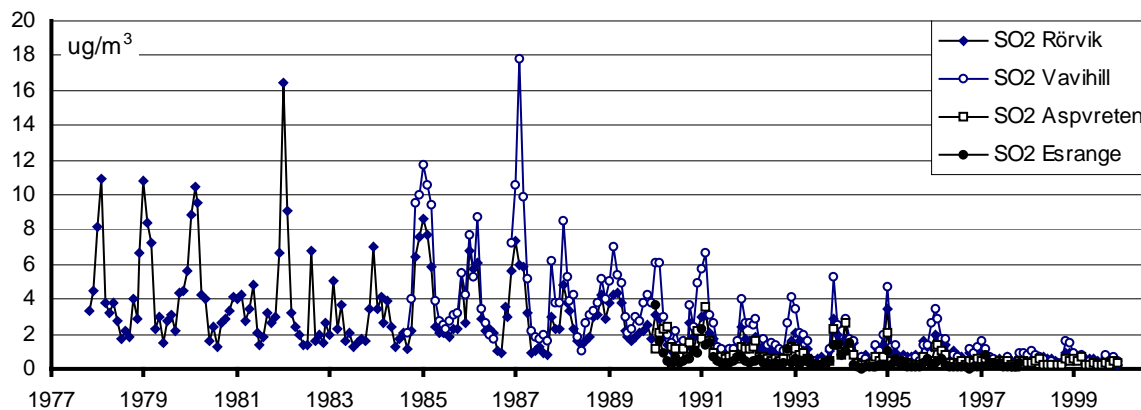
Faktaruta: Ozonhalter

Naturvårdsverkets förslag till långsiktigt miljö kvalitetsmål innebär att medelvärdet under sommarhalvåret inte överskrider 50 µg/m³. I det internationella arbetet med kritiska gränsvärden används inte säsongsmedelvärde. 1992-93 visades att summerat överskridande av en tröskelhalt gav bättre överensstämmelse med observerade ozoneffekter, vilket motiverade det dosrelaterade AOT-begreppet. AOT (Accumulated exposure Over Threshold) beskriver summerat överskridande av en viss halt under en viss tidsperiod som gränsvärde för skador på vegetation och uttrycks i ppb-timmar (1ppb=1,96 µg/m³). Det exponeringsindex som används är AOT40 (tröskelvärdet 40 ppb). Orsaken är till stor del att ett lägre värde ligger nära de ozonhalter som uppträder i bakgrundsluft över norra halvklotet. Eftersom växterna tar upp ozon främst under dygnets ljusa timmar, summeras AOT40 endast för dessa.

För jordbruksgrödor, vilda örter och gräs är den kritiska ozonnivån 3000 ppb-timmar för maj-juli. För skogsträd är ozonnivån 10000 ppb-timmar för april-september. AOT40 avspeglar inte direkt växternas upptag av ozon utan räknas fram endast utifrån halten i luften. Utvecklingen mot ett upptagsbaserat exponeringsindex för ozon har påbörjats, men det finns ännu ingen allmänt vedertagen metod för detta. Diffusionsprovtagare ger ett månadsmedelvärde som ännu inte kan översättas till AOT. Resultat från diffusionsprovtagarna kan dock användas för direkt jämförelse med NVs miljö kvalitetsmål. Forskning för att översätta resultat från diffusionsprovtagare till både existerande AOT40 begrepp samt till det mer upptagsbaserade exponeringsindexet pågår och beräknas vara avslutad inom de närmaste två åren.



Figur 13. Månadsmedelvärden av svaveldioxid (SO₂), kvävedioxid (NO₂) och marknära ozon (O₃) i Södra Averstad, Transtrandsberget och Böckeln. Data till september 2000.



Figur 14. Månadsmedelvärden av svaveldioxid, (SO₂) kvävedioxid (NO₂) och ozon (O₃) på fyra EMEP-lokaler i Sverige; Vavihill i centrala Skåne, Rörvik söder om Göteborg, Aspvreten öster om Nyköping samt Esrange öster om Kiruna. Observera att stationernas mätningar startar olika år och att det är annan skala än i figur 13.

Data i tabellform, deposition, lufthalter och markvatten

Tabell 1. Öppet fältdata från Värmlands län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	År	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Båtstad (S 01 A)	90/91	543	0,08	3,4	3,2	3,6	1,6	1,6					
	91/92	628	0,08	3,3	3,1	4,0	1,7	2,1					
	92/93	698	0,09	2,8	2,6	3,1	1,5	1,2					
	93/94	633	0,09	2,9	2,7	3,1	1,6	1,4	1,1	0,3	2,0	2,2	0,18
	94/95	822	0,10	3,3	3,1	4,3	1,0	0,7	2,6	0,6	2,6	4,6	0,35
	95/96	587	0,04	2,5	2,3	2,8	1,7	2,0					
	96/97	811	0,07	2,4	2,2	4,0	1,5	1,0					
	97/98	834	0,10	2,8	2,7	3,6	2,0	1,4					
	98/99	792	0,04	2,6	2,3	7,4	2,0	1,9					
	99/00	792	0,04	2,5	2,0	9,6	1,7	1,6					
Södra Averstad (S 05 A)	90/91	556	0,20	4,6	4,4	4,8	3,0	2,7					
	91/92	538	0,21	5,8	5,5	6,3	3,8	3,9					
	92/93	796	0,28	7,1	6,5	13,7	4,3	3,5					
	93/94	893	0,28	6,3	6,1	5,1	4,1	4,1	1,3	0,4	2,8	1,4	0,03
	94/95	981	0,26	5,8	5,5	7,8	3,8	3,0	4,1	0,8	4,8	1,4	0,03
	95/96	557	0,12	3,8	3,6	2,7	2,6	2,3					
	96/97	618	0,09	4,5	3,9	12,3	3,2	3,1					
	97/98	880	0,17	4,4	4,2	5,4	3,6	3,3					
	98/99	1063	0,13	5,2	4,5	15,1	4,7	4,6	3,2	1,0	7,8	3,0	0,11
	99/00	868	0,15	4,1	3,4	15,3	3,5	3,0					
Skived (S 15 A)	90/91	592	0,23	5,0	4,9	3,6	3,0	3,0					
	91/92	757	0,30	7,3	7,0	7,4	4,8	5,3					
	92/93	750	0,31	6,4	6,1	7,2	4,1	3,7					
	93/94	782	0,27	5,7	5,6	3,7	3,7	3,5	0,9	0,3	2,4	1,7	0,02
	94/95	1013	0,30	5,9	5,6	7,3	4,2	3,3	2,9	0,5	4,5	1,3	0,05
	95/96	564	0,11	3,9	3,8	3,0	3,0	2,8					
	96/97	801	0,14	5,0	4,6	8,5	4,0	3,8					
	97/98	1016	0,28	5,4	5,1	5,4	5,3	3,9					
	98/99	1142	0,25	4,7	4,3	9,7	4,8	3,9					
	99/00	1002	0,19	5,3	4,7	13,4	5,1	5,0					
Mellan Hurr (S 16 A)	90/91	598	0,20	4,9	4,6	6,1	2,9	2,6					
	91/92	598	0,18	4,3	4,0	6,8	2,7	2,7					
	92/93	620	0,16	3,6	3,4	5,3	2,2	2,4					
	93/94	881	0,31	5,3	5,0	6,6	3,7	2,6	1,3	0,4	4,2	1,2	0,02
	94/95	1192	0,30	6,7	6,0	13,1	4,3	3,6	4,0	0,9	8,0	1,4	0,04
	95/96	672	0,15	5,1	4,8	7,2	4,1	3,5					
	96/97	891	0,21	6,1	5,5	13,4	4,0	3,6					
	97/98	943	0,18	4,6	4,3	6,1	3,7	3,1					
	98/99	1308	0,22	5,9	5,2	15,4	4,7	3,7	3,5	1,4	10,5	2,4	0,13
	99/00	968	0,15	4,4	3,6	18,1	3,2	3,0					
Böckeln (S 21 A)	96/97	989	0,26	7,0	6,6	9,3	5,0	5,2	2,9	0,9	4,7	3,0	0,25
	97/98	1135	0,25	6,5	6,1	8,2	5,7	5,1	3,0	0,9	5,3	5,0	0,25
	98/99	1068	0,26	4,5	4,1	9,6	4,4	3,1	2,9	0,8	5,0	2,5	0,11
	99/00	1048	0,23	5,9	5,2	15,5	5,4	4,4	2,8	1,2	9,4	4,7	0,34
Blåbärskullen (S 22 A)	96/97	848	0,17	3,9	3,6	6,5	2,7	2,0	1,7	0,6	4,1	1,7	0,10
	97/98	974	0,23	4,5	4,2	5,4	3,7	2,4	2,2	0,7	3,3	3,3	0,23
	98/99	1068	0,12	5,4	4,7	14,9	3,6	3,3	2,4	0,6	10,4	4,9	0,11
	99/00	1049	0,22	4,6	4,0	12,6	3,7	3,3	1,9	0,9	8,3	2,5	0,24
Transtrands- berget (S 23 A)	96/97	751	0,11	2,7	2,5	3,7	1,9	1,4	1,2	0,4	2,0	1,7	0,09
	97/98	830	0,16	3,1	2,9	4,0	2,8	2,1	1,8	0,5	2,3	2,6	0,16
	98/99	874	0,10	4,5	4,0	12,4	2,5	2,5	2,5	0,5	8,1	4,0	0,09
	99/00	802	0,06	2,5	2,1	9,0	2,2	2,2	1,2	0,4	6,3	2,8	0,22

Tabell 2. Krondropsdata från Värmlands län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	År	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Båtstad (S 01 A)	90/91	314	0,10	4,9	4,7	4,9	0,6	0,8	3,3	1,0	3,1	11,8	0,81
	91/92	303	0,03	3,5	3,2	5,7	0,4	1,0	1,9	0,8	1,9	11,4	0,98
	92/93	372	0,04	3,6	3,4	6,0	0,6	1,3					
	93/94	339	0,05	3,9	3,7	4,6	0,6	0,6	2,4	1,0	1,6	10,8	0,93
	94/95	446	0,05	4,5	4,2	6,8	0,6	1,1	3,4	1,3	2,2	16,2	1,30
	95/96	321	0,03	2,9	2,7	4,5	0,8	0,6					
	96/97	405	0,04	2,1	1,8	5,2	0,3	0,7					
	97/98	399	0,03	1,9	1,7	4,4	0,4	0,5					
	98/99	389	0,03	2,5	2,3	4,6	0,9	0,8					
	99/00	376	0,03	1,7	1,3	6,9	0,4	0,8					
Södra Averstad (S 05 A)	90/91	324	0,30	11,2	9,7	32,0	3,4	1,1					
	91/92	237	0,19	9,7	8,2	31,8	3,8	1,4					
	92/93	350	0,19	14,1	12,1	44,6	3,2	1,7					
	93/94	445	0,20	8,9	8,1	18,4	3,9	1,9	5,2	2,6	11,3	11,3	0,53
	94/95	384	0,13	8,2	7,1	25,0	3,1	1,5	6,3	3,0	14,6	13,0	0,78
	95/96	298	0,09	7,3	6,4	20,4	4,2	2,7					
	96/97	383	0,10	6,5	5,2	28,1	3,8	2,1					
	97/98	607	0,13	7,3	6,0	28,8	4,4	1,9					
	98/99	628	0,14	7,2	5,7	31,5	3,6	2,4	6,4	3,1	17,7	19,4	0,46
	99/00	462	0,08	4,4	2,9	31,6	3,0	1,7					
Skived (S 15 A)	90/91	467	0,22	7,6	7,3	7,6	1,6	1,4	3,4	1,4	4,4	8,7	0,69
	91/92	473	0,19	7,0	6,6	9,0	1,7	1,6	2,6	1,2	4,5	5,9	0,66
	92/93	407	0,13	5,3	4,9	7,8	1,2	1,5					
	93/94	506	0,18	6,0	5,8	5,7	1,8	1,2	2,4	1,2	2,7	7,6	0,58
	94/95	568	0,13	5,5	5,2	7,0	1,2	0,8	3,8	1,6	3,4	8,7	0,87
	95/96	370	0,07	3,4	3,2	4,3	1,0	0,8					
	96/97	464	0,07	3,3	3,1	5,4	1,3	1,5					
	97/98	578	0,07	3,3	3,1	5,0	1,1	0,7					
	98/99	605	0,09	3,7	3,5	5,4	1,5	1,6					
	99/00	474	0,07	2,3	2,0	6,1	1,2	0,9					
Mellan Hurr (S 16 A)	90/91	417	0,23	8,8	8,2	13,9	1,9	1,3					
	91/92	404	0,19	7,5	6,8	13,5	1,9	1,5					
	92/93	464	0,18	6,8	6,0	15,9	1,4	1,8					
	93/94	553	0,22	7,4	7,0	9,9	1,7	1,5	3,2	1,5	4,8	9,5	0,99
	94/95	564	0,18	7,4	6,7	15,2	1,6	1,4	4,7	1,7	8,1	10,9	1,28
	95/96	458	0,13	6,1	5,6	10,4	2,1	1,7					
	96/97	538	0,12	5,8	5,1	15,5	1,7	1,5					
	97/98	622	0,10	4,4	4,0	9,7	1,4	1,6					
	98/99	700	0,12	4,4	3,9	11,8	1,3	1,3	2,9	1,5	6,5	11,3	0,95
	99/00	643	0,11	4,6	3,4	26,2	1,4	0,7					
Böckeln (S 21 A)	96/97	525	0,12	3,5	3,1	7,7	1,9	1,3	1,9	0,9	4,2	6,0	0,41
	97/98	549	0,11	2,9	2,6	5,2	1,6	1,3	1,7	0,7	2,7	5,9	0,37
	98/99	590	0,13	3,2	2,9	6,6	1,8	1,3	2,1	0,9	3,9	6,8	0,34
	99/00	550	0,10	2,7	2,3	9,5	1,8	1,4	1,8	1,0	5,6	7,1	0,37
Blåbärskullen (S 22 A)	96/97	534	0,06	4,2	3,7	10,5	1,5	0,9	3,2	1,1	5,7	10,6	1,00
	97/98	530	0,06	3,3	3,0	6,2	1,3	1,3	2,4	0,8	3,2	8,2	0,55
	98/99	594	0,06	4,2	3,8	8,8	1,3	1,1	2,9	0,9	5,3	9,1	1,33
	99/00	659	0,06	4,6	3,8	18,5	1,5	0,5	4,7	1,6	10,3	13,4	1,67
Transtrands- berget (S 23 A)	96/97	518	0,06	2,1	2,0	3,2	1,3	1,1	1,2	0,5	1,6	2,8	0,38
	97/98	523	0,06	1,8	1,7	1,9	1,1	1,0	1,1	0,4	0,9	3,3	0,31
	98/99	587	0,05	2,1	1,9	4,0	1,3	1,6	1,6	0,5	2,4	4,0	0,35
	99/00	565	0,06	1,6	1,4	5,5	1,2	0,8	1,0	0,5	3,5	3,5	0,38

Tabell 3. Beräknad totaldeposition av väte- och baskatjoner i Värmlands län, kg/hektar och år.

Lokal	År	H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Båtstad (S 01 A)	96/97	0,08	2,3	0,7	2,6	1,8	0,13
	97/98	0,11	2,5	0,6	2,7	2,0	0,15
	98/99	0,06	3,2	0,9	4,5	2,7	0,11
	99/00	0,05	2,9	1,1	6,3	2,5	0,22
Södra Averstad (S 05 A)	96/97	0,16	3,6	2,3	14,9	2,8	0,10
	97/98	0,30	3,5	2,2	15,3	2,7	0,16
	98/99	0,21	4,1	2,3	17,7	3,6	0,12
	99/00	0,16	2,6	2,3	16,9	2,3	0,24
Skived (S 15 A)	96/97	0,16	2,7	1,0	4,7	2,0	0,12
	97/98	0,33	2,8	0,7	3,6	2,1	0,15
	98/99	0,32	2,4	0,9	6,0	2,0	0,17
	99/00	0,22	2,9	1,3	8,4	2,5	0,31
Mellan Hurr (S 16 A)	96/97	0,24	3,1	1,5	8,8	2,4	0,13
	97/98	0,22	3,1	1,0	5,3	2,4	0,19
	98/99	0,26	4,8	1,5	11,0	3,1	0,19
	99/00	0,18	2,6	1,9	14,1	2,3	0,30
Böckeln (S 21 A)	96/97	0,30	2,9	1,0	5,2	3,0	0,25
	97/98	0,29	3,8	1,0	5,3	5,2	0,27
	98/99	0,30	3,1	0,9	6,1	2,7	0,11
	99/00	0,27	3,6	1,3	9,6	4,7	0,34
Blåbärskullen (S 22 A)	96/97	0,21	2,2	0,9	6,2	2,2	0,12
	97/98	0,26	2,7	0,9	4,2	3,7	0,26
	98/99	0,15	3,4	1,1	10,7	6,2	0,15
	99/00	0,27	2,3	1,5	10,3	2,9	0,29
Transtrandsberget (S 23 A)	96/97	0,12	1,3	0,4	2,1	1,9	0,10
	97/98	0,18	2,2	0,5	2,4	2,7	0,17
	98/99	0,11	3,7	1,0	8,2	4,4	0,10
	99/00	0,08	1,4	0,7	6,3	3,1	0,23

Tabell 4. Lufthalter i Värmlands län, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, diffusionsprovtagning. För SO_2 och NO_2 anges medelvärden (Mv) för hydrologiska år, medan sommarhalvår används för O_3 .

År, mån	SO_2		NO_2		O_3		
	----- Svaveldioxid -----		----- Kvävedioxid -----		----- Ozon -----		
	S. Averstad	Transtrands- berget	S. Averstad	Transtrands- berget	S. Averstad	Transtrands- berget	Böckeln
Mv 9210-9309	1,3	-	2,9	-	-	-	-
Mv 9310-9409	1,6	-	3,0	-	-	-	-
Mv 9410-9509	1,2	-	2,8	-	-	-	-
Mv 9510-9609	1,2	-	3,0	-	-	-	-
Mv 9610-9709	0,9	0,3	3,3	1,5	-	-	-
Mv 9710-9809	0,7	0,3	2,6	1,2	-	-	-
Mv 9810-9909	0,7	0,4	2,8	1,3	-	-	-
Mv 9504-09	-	-	-	-	70	-	-
Mv 9604-09	-	-	-	-	63	70	60
Mv 9704-09	-	-	-	-	69	71	64
Mv 9804-09	-	-	-	-	58	60	54
Mv 9904-9909	-	-	-	-	68	69	65
9910	<0,2	<0,2	2,0	0,6		50	
9911	1,1	0,4	4,2	1,9		55	
9912	0,7	0,4	4,2	1,6		56	
0001	0,5	0,3	3,2	1,9		68	
0002	0,7	0,3	3,3	1,9		67	
0003	0,5	0,2	2,0	0,8		92	
0004	0,5	0,5	1,7	0,5	73	82	75
0005	0,5	0,3	1,3	0,5	78	77	75
0006	0,5	0,3	1,2	0,4	70	71	69
0007	0,3	0,2	0,8	0,2	44	46	41
0008	0,4	0,7	1,3	0,7	52	52	38
0009	0,4	0,1	2,3	0,6	44	45	39
Mv 9910-0009	0,5	0,3	2,3	1,0			
Mv 0004-0009					60	62	56

Tabell 5. Markvattendata från Värmlands län.

Lokal	Datum	pH	mekv/l →		mg/l →										mol/mol			
			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
Båstads (S 01 A)	1999-09-29	4,7	-	0,020	2,73	2,18	<0,002	<0,010	1,37	0,82	2,48	0,34	<0,020	0,100	0,392	0,795	17,0	5,3
	2000-04-27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000-08-03	4,9	-	0,042	1,72	1,01	<0,002	<0,010	0,81	0,58	2,01	0,07	<0,020	0,150	0,285	0,918	13,0	4,3
median	4,9	-	0,025	2,73	2,18	<0,002	<0,010	1,37	1,03	2,35	0,33	0,050	0,088	0,479	0,852	16,0	4,7	
n=	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Södra Averstad (S 05 A)	1999-10-27	4,7	-	0,012	1,87	4,25	<0,002	0,012	0,86	0,45	3,71	0,26	<0,020	1,322	0,527	1,055	13,0	2,4
	2000-04-27	4,6	-	-0,005	1,22	5,56	<0,002	0,031	0,77	0,53	3,26	0,18	0,163	1,226	0,633	1,079	11,0	1,9
	2000-08-02	4,7	-	-0,026	1,24	6,74	<0,002	0,031	0,79	0,53	3,52	0,22	0,064	1,059	0,307	0,956	11,0	4,1
median	4,7	-	-0,025	2,80	6,10	<0,002	<0,010	1,03	0,56	4,59	0,19	<0,020	0,701	0,631	1,077	13,0	2,4	
n=	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Skived (S 15 A)	1999-10-26	5,2	-	0,130	1,84	2,83	<0,002	<0,010	1,06	1,37	3,52	0,20	<0,020	0,463	0,201	1,200	17,0	12
	2000-04-27	5,4	-	0,140	1,36	3,10	<0,002	<0,010	0,93	1,51	3,19	0,12	<0,020	0,289	0,263	0,920	14,0	9,1
	2000-08-02	5,0	-	0,096	1,70	3,77	<0,002	<0,010	0,89	1,23	3,65	0,18	<0,020	0,398	0,200	1,052	18,0	10
median	5,2	-	0,068	3,77	3,37	<0,002	<0,010	1,40	1,80	4,00	0,18	0,028	0,188	0,290	0,715	14,5	9,2	
n=	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mellan Hurr (S 16 A)	1999-10-27	4,8	-	-0,040	1,94	2,00	<0,002	0,010	0,44	0,35	1,87	0,24	<0,020	0,006	0,684	0,723	2,3	1,2
	2000-04-27	4,7	-	-0,055	1,90	4,75	<0,002	<0,010	0,74	0,72	2,17	0,28	0,072	0,004	0,971	0,995	2,6	1,5
	2000-08-02	4,7	-	-0,064	1,83	5,96	<0,002	<0,010	0,76	0,58	2,86	0,30	0,081	0,010	0,879	0,921	2,3	1,6
median	4,8	-	-0,048	2,29	4,32	<0,002	<0,010	0,77	0,58	2,87	0,27	0,071	0,006	0,514	0,578	5,8	2,3	
n=	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Böckeln (S 21 A)	1999-10-28	5,0	-	-0,008	1,63	1,56	<0,002	<0,010	0,37	0,20	2,03	0,56	<0,020	0,005	0,407	0,441	2,3	2,1
	2000-06-07	5,0	-	-0,027	1,46	2,41	<0,002	<0,010	0,40	0,31	1,72	0,46	0,068	0,003	0,518	0,540	2,2	1,8
	2000-08-02	5,2	-	-0,007	1,57	1,55	<0,002	<0,010	0,37	0,25	1,86	0,59	0,042	0,007	0,445	0,478	2,8	2,1
median	5,0	-	-0,008	1,63	1,70	<0,002	<0,010	0,56	0,25	1,72	0,67	0,068	0,009	0,348	0,382	3,7	2,6	
n=	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Blåbärskullen (S 22 A)	1999-10-27	6,4	0,075	0,072	2,33	1,66	<0,002	0,917	3,33	0,25	1,57	0,36	<0,020	0,013	0,014	0,068	5,5	198
	2000-05-11	6,3	0,088	0,098	1,51	2,48	<0,002	<0,010	3,17	0,20	1,95	0,06	<0,020	0,004	0,025	0,070	4,1	96
	2000-07-27	5,7	0,044	0,073	1,96	2,69	<0,002	0,052	3,06	0,20	2,29	0,11	<0,020	0,002	0,025	0,096	3,6	94
median	5,6	-	0,033	2,49	2,33	<0,002	<0,010	3,04	0,29	1,98	0,24	<0,020	0,007	0,025	0,083	3,5	94	
n=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Transtrandsberget (S 23 A)	1999-09-29	5,0	-	0,066	0,93	0,97	<0,002	<0,010	0,96	0,35	1,64	0,13	<0,020	0,237	0,191	0,915	12,0	5,9
	2000-04-27	5,1	-	0,057	0,97	1,05	<0,002	<0,010	0,75	0,40	1,72	0,09	0,139	0,483	0,360	1,021	11,0	2,8
	2000-08-03	5,1	-	0,072	0,90	0,97	<0,002	<0,010	0,96	0,37	1,73	0,09	0,100	0,246	0,309	1,087	12,0	3,6
median	5,1	-	0,058	1,11	1,02	<0,002	<0,010	0,97	0,37	1,66	0,12	0,051	0,236	0,255	0,968	11,5	4,1	
n=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbete för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

Forsknings- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie).

IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden.

IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt.

IVLs hemsida: www.ivl.se

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsserie registreras i IVLs A-serie.

Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 210 60, SE-100 31 Stockholm
Hälsingegatan 43, Stockholm
Tel: +46 8 598 563 00
Fax: +46 8 598 563 90

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

Box 470 86, SE-402 58 Göteborg
Dagjämningsgatan 1, Göteborg
Tel: +46 31 725 62 00
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult
Aneboda, Lammhult
Tel: +46 472 26 20 75
Fax: +46 472 26 20 04