



# rappport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

För Örebro läns Luftvårdsförbund

## Övervakning av luftföroreningar i Örebro län Resultat till och med september 1999



Cecilia Akselsson, redaktör  
B 1368  
Aneboda, april 2000

## För Örebro läns Luftvårdsförbund

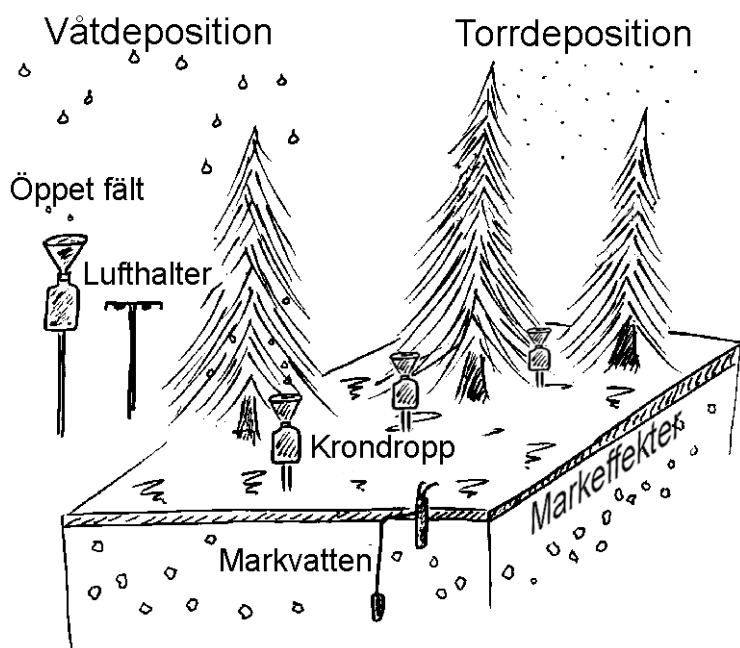
### Övervakning av luftföroreningar i Örebro län

#### Resultat till och med september 1999

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 skogsytor, 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 skogens hälsa.

Depositionen av svavel och kväve är störst i de sydvästra delarna av Sverige och avtar mot nordost. På lokalerna i Örebro län är därmed depositionen i allmänhet mindre än på lokalerna i Götaland, men större än längre norrut. Vid en lokal i länet, Brohyttan, finns en tioårig mätserie. Denna visar, liksom många lokaler runt om i Sverige, en kraftigt minskande svaveldeposition till skogsytan, från över 10 kg/ha till under 4 kg/ha. Enligt prognoser kommer svavelnedfallet att minska till 2,5 kg/ha i Svealand till år 2010, förutsatt att beslutade utsläppsminskningar genomförs. Våtdepositionen av kväve har varierat mycket under tidsserien. Ingen motsvarande trend som för svavel kan dock urskiljas, utan det är i hög grad nederbördsvariationer som styr skillnader mellan åren. Om internationellt avtalade utsläppsminskningar genomförs kommer dock kvävedepositionen att minska tydligt de närmsta tio åren.

Det hydrologiska året 1998/99 präglades av stora nederbörds mängder, över 1000 mm, på de fyra lokalerna i västra delen av länet. Detta medförde att även våtdepositionen var förhållandevis stor. Torrdepositionen var däremot liten liksom föregående år. Markvattenprovtagningarna visade i allmänhet pH-värden mellan 5,0 och 5,5.



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

#### Uppdragsgivare:

Örebro läns Luftvårdsförbund

#### Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB  
Aneboda, SE-360 30 LAMMHULT

**Författare:** Cecilia Akselsson, red.

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

**IVL rapport B 1368**

#### Beställs från:

Örebro läns Luftvårdsförbund  
Pontus Halldin  
c/o Länsstyrelsen  
701 86 ÖREBRO

eller

IVL, Publikationsservice  
Box 21060  
SE-100 31 STOCKHOLM  
Tel: 08-598 563 00  
Fax: 08: 598 563 60

[publikationsservice@ivl.se](mailto:publikationsservice@ivl.se)

## Innehållsförteckning

Övervakning av luftföroreningar i Örebro län .....	1
Innehållsförteckning .....	2
Inledning.....	3
Ord att förklara .....	4
Förklaring till stationsfigurer .....	4
Stationsvis redovisning .....	5
Tidsutveckling deposition.....	12
Tidsutveckling markvatten .....	13
Data i tabellform, deposition och markvatten.....	15

Mer information om miljöövervakningen  
inom Krondroppsnetet finns på IVLs hemsida:

[www.ivl.se](http://www.ivl.se)

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. Fördelning i landet framgår av figur 2. Syftet med undersökningarna 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, förklaringar och metodbeskrivningar nås via hemsidan, [www.ivl.se](http://www.ivl.se).

Provtagning av nederbörd sker på öppna ytor och analys av föroreningsmängderna ger ett mått på huvudsakligen det våta nedfallet. Provtagning av krondropp görs på närbelägna skogsytor. Skogsmarkens reaktion på det sura nedfallet 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 första mätningarna påbörjades i Blekinge hösten 1985. Sedan har fler län kommit till och de samordnade undersökningarna omfattar nu större delen av landet. Me-

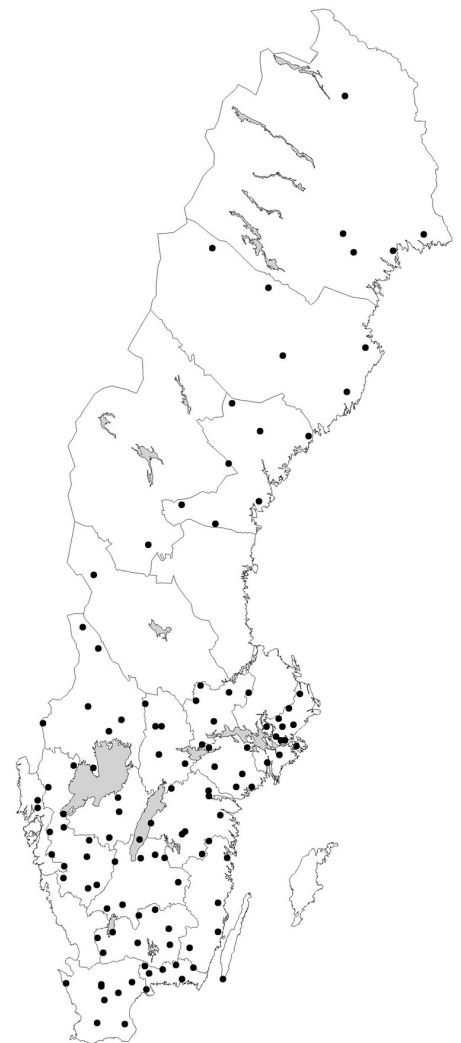
toderna har i princip bibehållits sedan starten och ingår nu i EUs manualer för miljöövervakning.

Under åren 1997-1999 har ett samarbetsprojekt bedrivits mellan länen, Naturvårdsverket (NV) och IVL. Bland annat innebär det att statliga anslag, via NV och IVL, kunnat komplettera och utveckla verksamheten. Främst gäller det mätmetoder, förbättrade rutiner för databearbetning, utvärdering och presentation samt ökad datatillgänglighet och samordning. Arbetet har utförts i samråd med en styr- och referensgrupp bestående av personer från de olika organisationerna. Syftet med projektet har varit att utveckla och rationalisera de regionala mätningarna så att nyttan för avnämarna ökar. Samarbetsprojektet slutredovisades vid ett seminarium på Kronobergshed i januari 2000. En sammanfattande slutrapport publiceras våren 2000. Avkastningen av samarbetsprojektet är bland annat ett förslag till framtida regional övervakning av luftföroreningar. Förslaget presenterades vid seminariet och motiveras närmare i slutrapporten.

Resultat från depositions-mätningarna har tidigare jämförts med kritisk belastningsgräns. Nu föreslagna miljökvalitetsmål ska uppnås till år 2010. De baseras på beslutade utsläppsbegränsande åtgärder. Utsläppsminskning kan räknas om till deposition i olika delar av landet och jämföras med regionala mätningar. För Svealand innebär miljökvalitetsmålet cirka 2,5 kg svavel och 4 kg kväve per ha och år, vilket är förväntad genomsnittlig belastning i både öppna och skogbevuxna områden år 2010. För markvatten kan faktisk utveckling jämföras med modellberäknad återhämtning som förväntas i takt med att nedfallet av försurande ämnen minskar.

Undersökningarna i **Örebro län** är resultat av ett lagarbete. Provtagning har utförts av Mikael Nyberg, Länsstyrelsen. IVL har utfört analys, utvärdering och redovisning. Gunnel Hedberg, Karol Koos,

Marie Jonsson, Inger Torbrink, Sari Svensson, Anna Danielsson, Christer Larsson, Kerstin Hommerberg och Brita Dusan står för analysarbetet. Validering av data har huvudsakligen 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 Cecilia Akselsson och Olle Westling svarat för utvärdering och rapportering.



Figur 2. Krondroppsnätet 1998/99. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

## Ord att förklara

**ANC:** "Acid Neutralising Capacity" (syraneutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) minus starka syror anjoner ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) 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 ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) 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.

**Intercirkulation:** 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 kron-

droppmätningar 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 ( $\text{SO}_2$ ), kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ), ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) och ozon ( $\text{O}_3$ ) 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. 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. 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:** 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 ( $\text{H}^+$ ), sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ), kloridjoner ( $\text{Cl}^-$ ), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), kalciumjoner ( $\text{Ca}^{2+}$ ) och aluminium (Al).

## Stationsvis redovisning

Se figur 3-7 om deposition och markvatten samt tabell 1-4.

**Greckssundet** (T 02): EU-yta med 51-årig granskog två mil nordväst Nora. Jordarten är fin-kornig moränmark och jordmånen av övergångstyp. Beståndet har hög bonitet och ståndortsindex G32. Undersökning av deposition och markvatten påbörjades i januari 1996.

Nederbörden i Greckssundet uppgick under 1998/99 till 1200 mm, vilket är avsevärt mer än de båda föregående åren. Detta mönster återfinns på alla lokaler i länet utom Kilsmo i öster. Den större nederbördsmängden medförde att våtdeposition av svavel och kväve också var större än föregående år, 5,1 kg antropogent svavel och 9,9 kg kväve per hektar och år. Till granytan i Greckssundet deponerades under 1998/99 3,8 kg antropogent svavel per hektar. Det är lika mycket som i den andra granytan i länet, Brohyttan, men mer än i de tre tallytorna. Precis som på övriga lokaler i länet var svaveldepositionen till skogsytan mindre än depositionen på öppet fält. Allt eftersom torrdepositionen har minskat har det blivit vanligare att krondropp av svavel visat lägre värden än nedfall på öppet fält, som i huvudsak består av våtdeposition. Då torrdepositionens betydelse minskar får andra faktorer större betydelse, exempelvis hur effektivt trädkronorna tvättas av. I tallskog kan dessutom stamavrinning i viss mån bidra till deposition utan att fångas upp i krondroppinsamlarna.

När det gäller kalium var det precis som tidigare år stor skillnad mellan krondropp och beräknad totaldeposition; 12 kg/ha (tabell 2 och 3). Detta är tecken på omfattande, men normalt, läckage av kalium från trädkronorna.

Greckssundet är den lokal i länet som haft surast markvatten under de tre år provtagningar utförts. Markvattnets pH var under 1998/99 omkring 5, precis som

tidigare år. Kalciumhalten var låg (0,6-0,8 mg/l). Halten aluminium var måttlig, 0,5-0,7 mg/l, varav merparten var oorganiskt. Detta medförde relativt låga kvoter mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium under 1998/99 (2,6-3,1). Kvoter under 1 anses medföra ökad risk för skador på ekosystemet. Halterna av kväve har varit under detektionsgränsen, vilket indikerar att upptag av kväve fungerar på ett normalt sätt i skogsbeståndet.

**Örlingen** (T 03): EU-yta med 53-årig tallskog i länets nordvästra hörn. Jordarten är finkornig sedimentmark med ringa stenighet. Jordmånen är järnpodsol och boniteten T25. På samma sätt som i Greckssundet startade mätningarna januari 1996 så resultat från tre hydrologiska år finns nu att tillgå.

Nederbörden i Örlingen uppgick under 1998/99 till 1030 mm, vilket är nästan 200 mm mer än föregående år. Detta återspeglas i våtdepositionen av svavel och kväve, som även den var större än föregående år; 4,2 kg/ha exklusive havssaltets bidrag respektive 6,8 kg/ha. Jämfört med övriga lokaler i länet har våtdepositionen i Örlingen varit relativt liten, enbart i Kilsmo var depositionen mindre. Svaveldepositionen till skogsytan i Örlingen, 2,8 kg/ha, var i nivå med de två föregående åren i mätserien. Jämfört med övriga tallytor i länet var svaveldepositionen något större än i Kilsmo men något mindre än i Bälgsjön.

Markvattnet i Örlingen har i allmänhet haft något högre pH än Greckssundet. Meidanvärdet för samtliga mätningar är 5,2. Halterna baskatjoner och aluminium har varit låga. Även kvoten mellan baskatjoner och aluminium har varit relativt låg, dock något högre än i Greckssundet.

**Bälgsjön** (T 04): Nationell observationsyta med 55-årig tallskog som ligger en mil öster om Greckssundet. Jordarten är morän, texturen grovmo, jordmånen järnpodsol och ståndortsindex samma

som i Örlingen, T25. Mätningarna startade i oktober 1996.

Precis som under 1997/98 uppmättes stor nederbördsmängd under 1998/99, 1075 mm. Trots att detta var något mer än föregående år var våtdepositionen av svavel (4,3 kg/ha exklusive havssaltets bidrag) och kväve (7,9 kg/ha) avsevärt mindre än under 1997/98, vilket tyder på att koncentrationen i nederbörden varit betydligt lägre under det senaste hydrologiska året. Svaveldepositionen till skogsytan i Bälgsjön, 3,4 kg/ha exklusive havssaltetsbidrag, var större än i de båda andra tallytorna i länet, men mindre än depositionen till granytorna.

Bälgsjön är tillsammans med Brohyttan den lokal i länet med högst pH-värde i markvattnet, omkring 5,4. Halterna av baskatjoner har varit låga, men även halten oorganiskt aluminium var låg (lägst av lokalerna i länet), vilket leder till en hög kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium. Vid ett tillfälle, i oktober 1998, var nitrathalten detekterbar, men ändå mycket låg; 0,003 mg/l.

**Kilsmo** (T 04): Nationell observationsyta med 68-årig tallskog på stenig moränmark med texturen finmo. Även här är jordmånen 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. Mätningarna startade sensommaren 1997.

Kilsmo ligger i östra delen av Örebro län, till skillnad från övriga lokaler som ligger i väster. Detta kan förklara en del av de skillnader i nederbörd och deposition som finns mellan Kilsmo och övriga ytor i länet. I motsats till övriga lokaler i länet var nederbördsmängden i Kilsmo mindre än föregående år. Våtdepositionen av svavel, kväve och klorid var precis som innan mindre än på övriga lokaler. Även i skogen uppmättes mindre deposition av svavel och kväve än på övriga lokaler. Under 1998/99 deponerades 2,4 kg svavel per hektar i tallytan.

Markvattnets pH-värde i Kilsmo har varit ganska lågt, omkring 5, trots det begränsade nedfallet. Kalciumhalten har dock varit betydligt högre än på övriga ytor, medianvärdet för samtliga mätningar är 3,5 mg/l. Aluminiumhalten har varit måttlig, medianvärdet från samtliga mätningar för den oorganiska delen är 0,4 mg/l. Detta resulterar i en relativt hög kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium i markvattnet; 8. Under 1998/99 var förhållandena sämre än tidigare år ur försurningssynpunkt. I maj 1999 var pH-värdet så lågt som 4,8 och kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium var 2,6.

**Brohyttan/Fjugesta** (T 10): 75-årig granskog cirka två mil väster om Örebro. 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

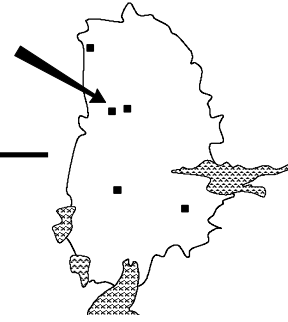
bedömts jämförbar mellan de olika lokalerna. När det gäller markvatten har skillnaderna dock varit för stora och markvattendata från 1989-92 har uteslutits ur tidsserien. Resultaten visar mindre försurningsgrad på den nya ytan än på den gamla, där mätningarna avslutades på grund av skogsskador. I fortsättningen kommer namnet Brohyttan att användas på lokalen.

Brohyttan är den enda lokalen i länet med en lång tidsserie. Sedan mätningarna startade har nedfallet av antropogent svavel i området minskat kraftigt. De två första åren var årligt svavelnedfall till skogsmarken drygt 10 kg/ha medan motsvarande för de två senaste åren var under 4 kg/ha. Kvävedepositionen via krondropp uppmättes till 3,5 kg/ha. Detta är inte det samma som den totala depositionen till skogsmark, på grund av upptag och omvandling av kväve i trädskronorna. Totaldepositionen kan på grund av torrdepositionen beräknas vara något högre än depositionen på öppet fält som uppgick till 9,6 kg/ha. För kväve på öppet fält finns ingen lika tydlig

depositionstrend som för svavel; våtdepositionen styrs främst av nederbördsmängden. Däremot visar förhållandet mellan nederbörd och kvävedeposition att koncentrationen av kväve i nederbörden har varit något lägre under andra halvan av 1990-talet än under första halvan. Kloriddepositionen till skogsytan i Brohyttan var 11 kg/ha, vilket är länets högsta notering. Detta kan förklaras med att lokalen är länets sydvästligaste och därmed är mer utsatt för saltförande vindar som transporterats med de sydvästliga vindarna från Kattegatt över Väneren.

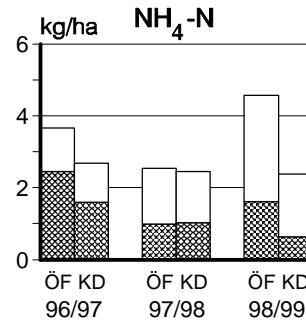
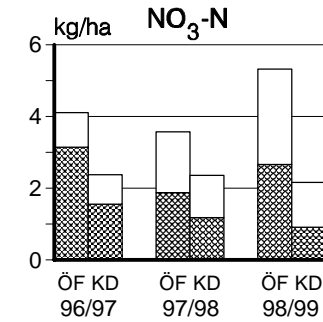
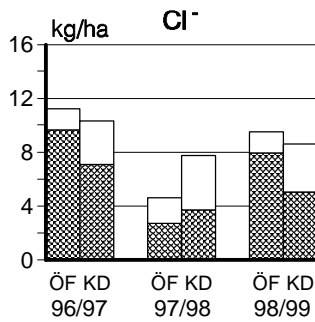
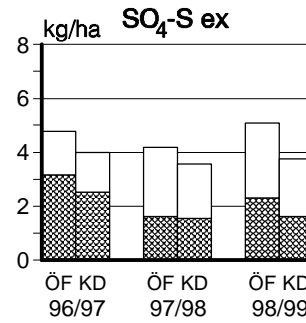
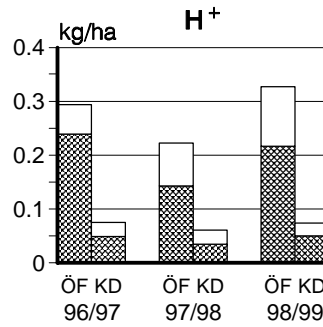
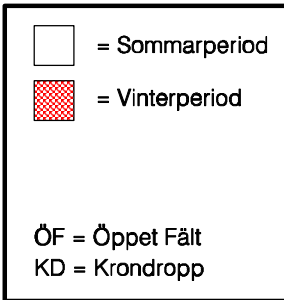
Markvattenförhållandena i Brohyttan är relativt goda ur försurningssynpunkt, jämfört med övriga lokaler i länet. Medianvärdet från samtliga pH-mätningar är 5,4, vilket tillsammans med Bälgsjön innebär den högsta noteringen. Relativt hög halt av kalcium, och låg halt av oorganiskt aluminium, innebär att kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har varit hög och därmed inte indikerar någon förhöjd risk för skador på ekosystemet.

Figur 3. Lokal T 02, Greckssundet  
Gran, 51 år

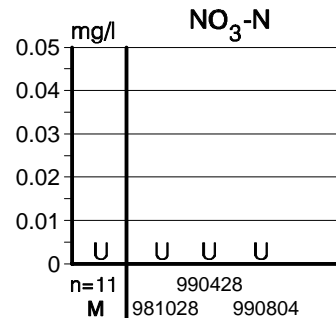
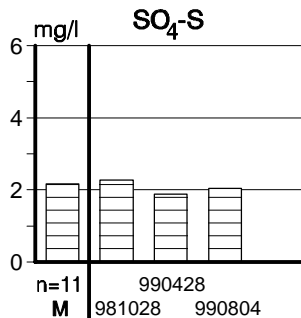
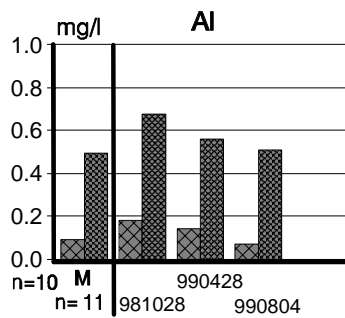
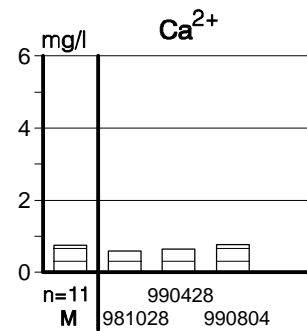
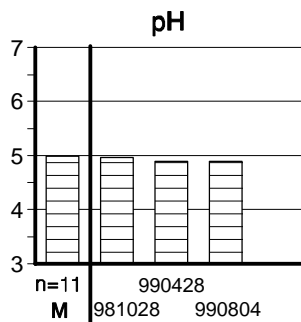


## DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)			
	96/97	97/98	98/99
Sommar	380	455	557
Vinter	584	399	629

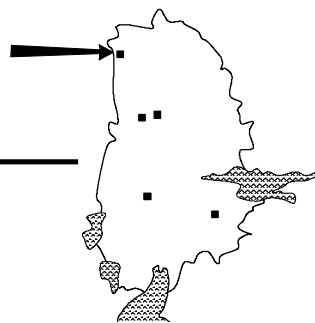


## MARKVATTEN





Figur 4. Lokal T 03, Örlingen  
Tall, 53 år



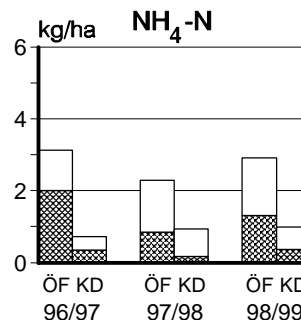
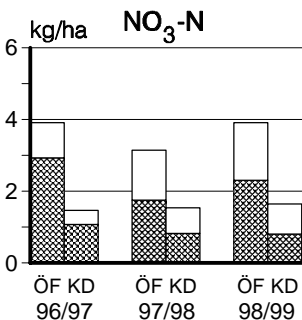
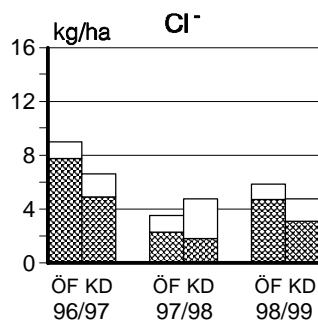
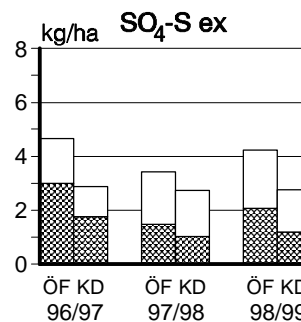
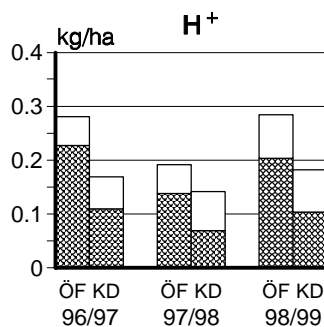
## DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

	96/97	97/98	98/99
Sommar	374	452	507
Vinter	613	389	518

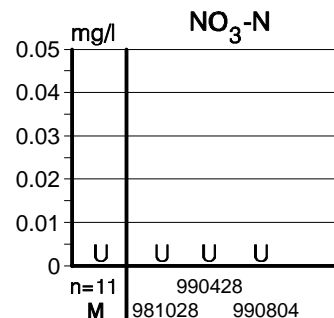
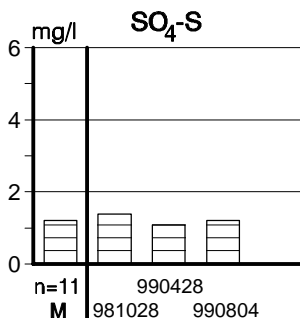
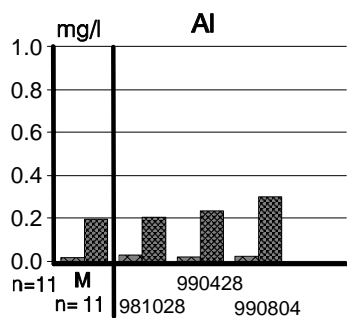
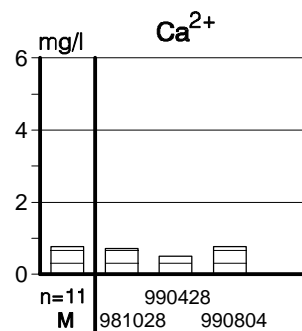
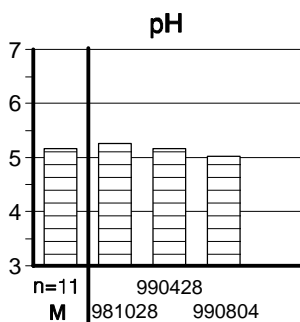
□ = Sommarperiod  
■ = Vinterperiod

ÖF = Öppet Fält  
KD = Krondropp

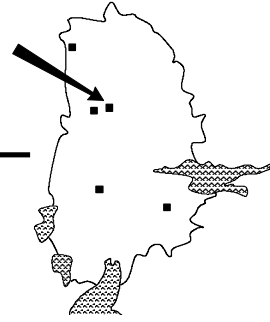


## MARKVATTEN

■ = totalt Aluminium  
▨ = organiskt Aluminium  
M = Median 1996-99  
S = saknat värde  
U = Under detektionsgräns

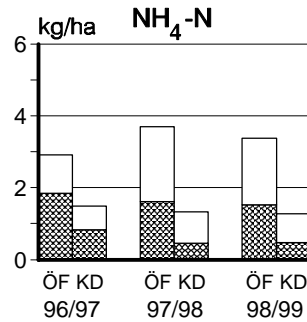
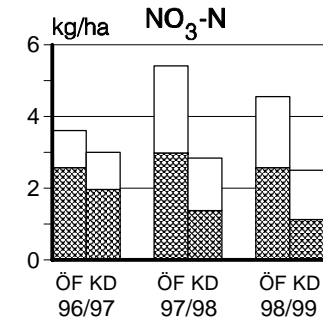
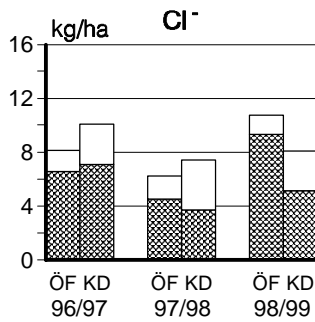
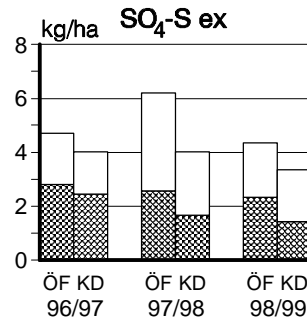
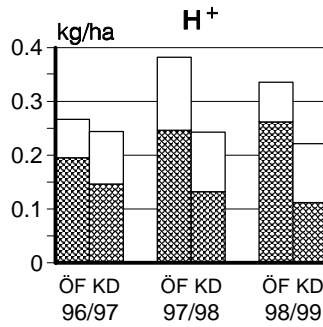
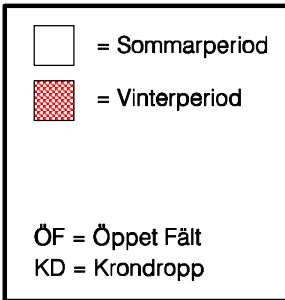


Figur 5. Lokal T 04, Bälgsjön  
Tall, 55 år

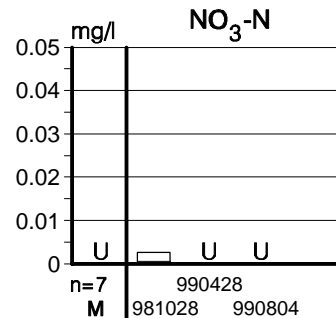
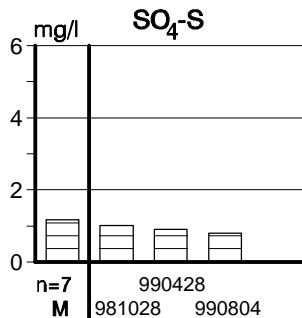
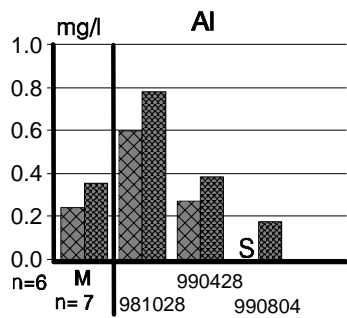
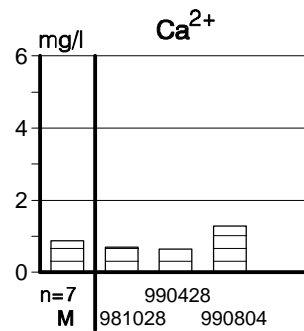
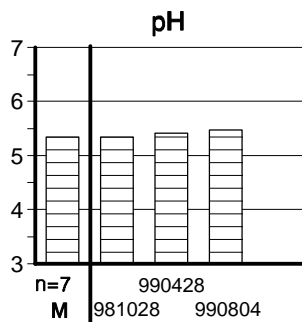


## DEPOSITION

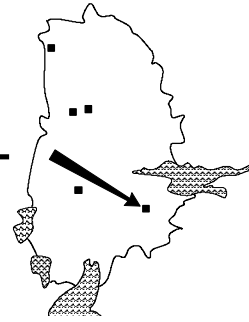
Nederbörd på ÖF (mm)		96/97	97/98	98/99
Sommar		398	528	500
Vinter		472	493	575



## MARKVATTEN



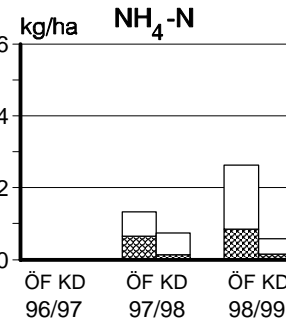
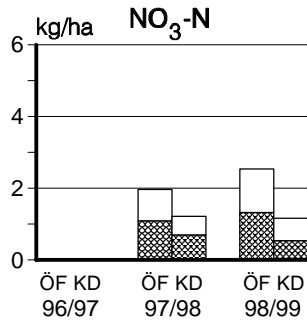
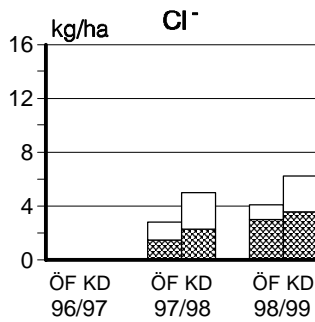
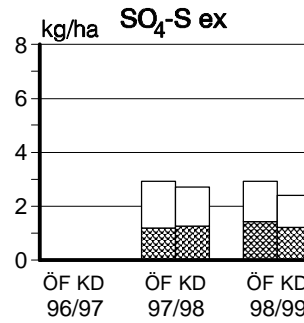
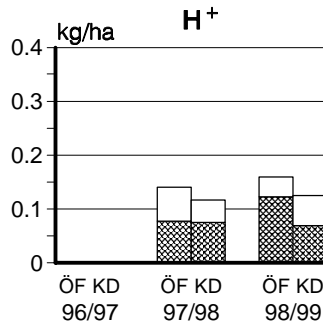
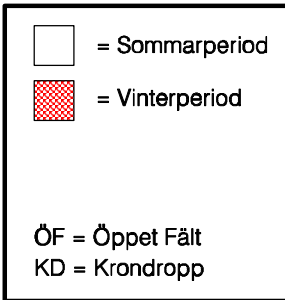
**Figur 6. Lokal T 05, Kilsmo**  
**Tall, 68 år**



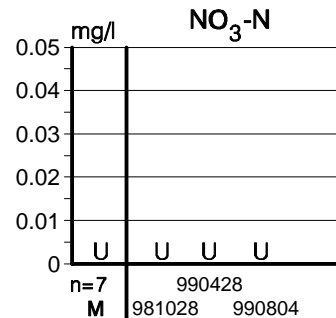
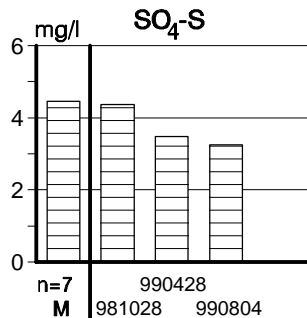
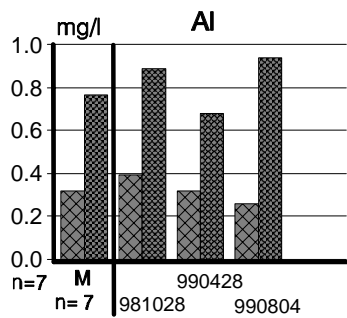
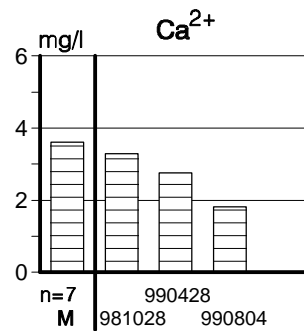
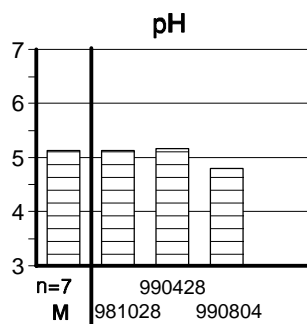
## DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)

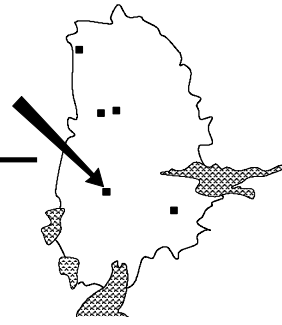
	96/97	97/98	98/99
Sommar		429	409
Vinter		402	370



## MARKVATTEN

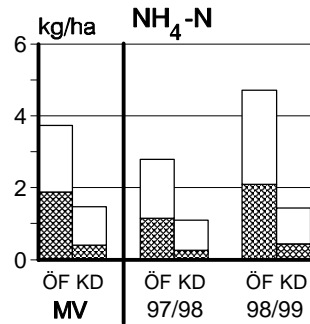
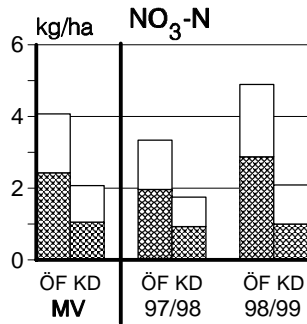
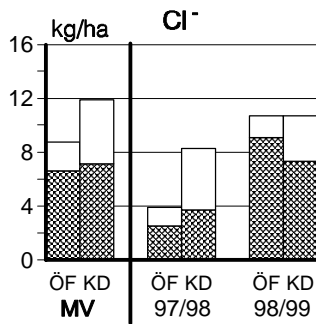
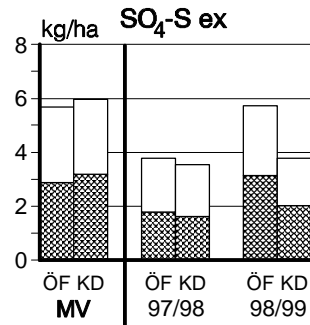
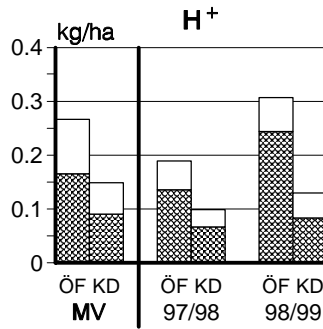
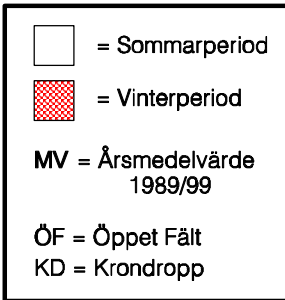


Figur 7. Lokal T 10, Brohyttan  
Gran, 75 år

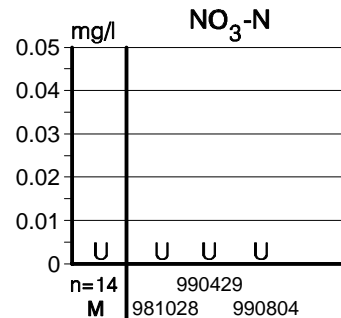
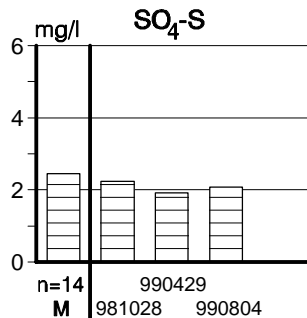
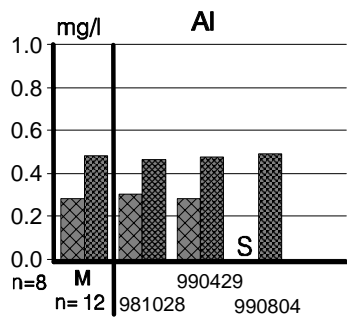
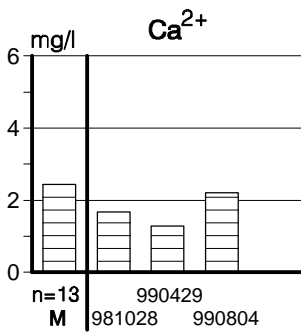
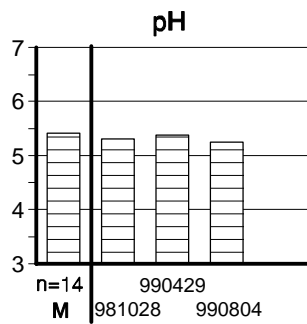
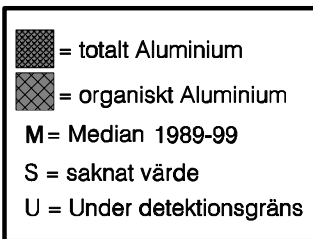


## DEPOSITION

Nederbörd på ÖF (mm)			
	MV	97/98	98/99
Sommar	392	425	603
Vinter	390	380	529



## MARKVATTEN



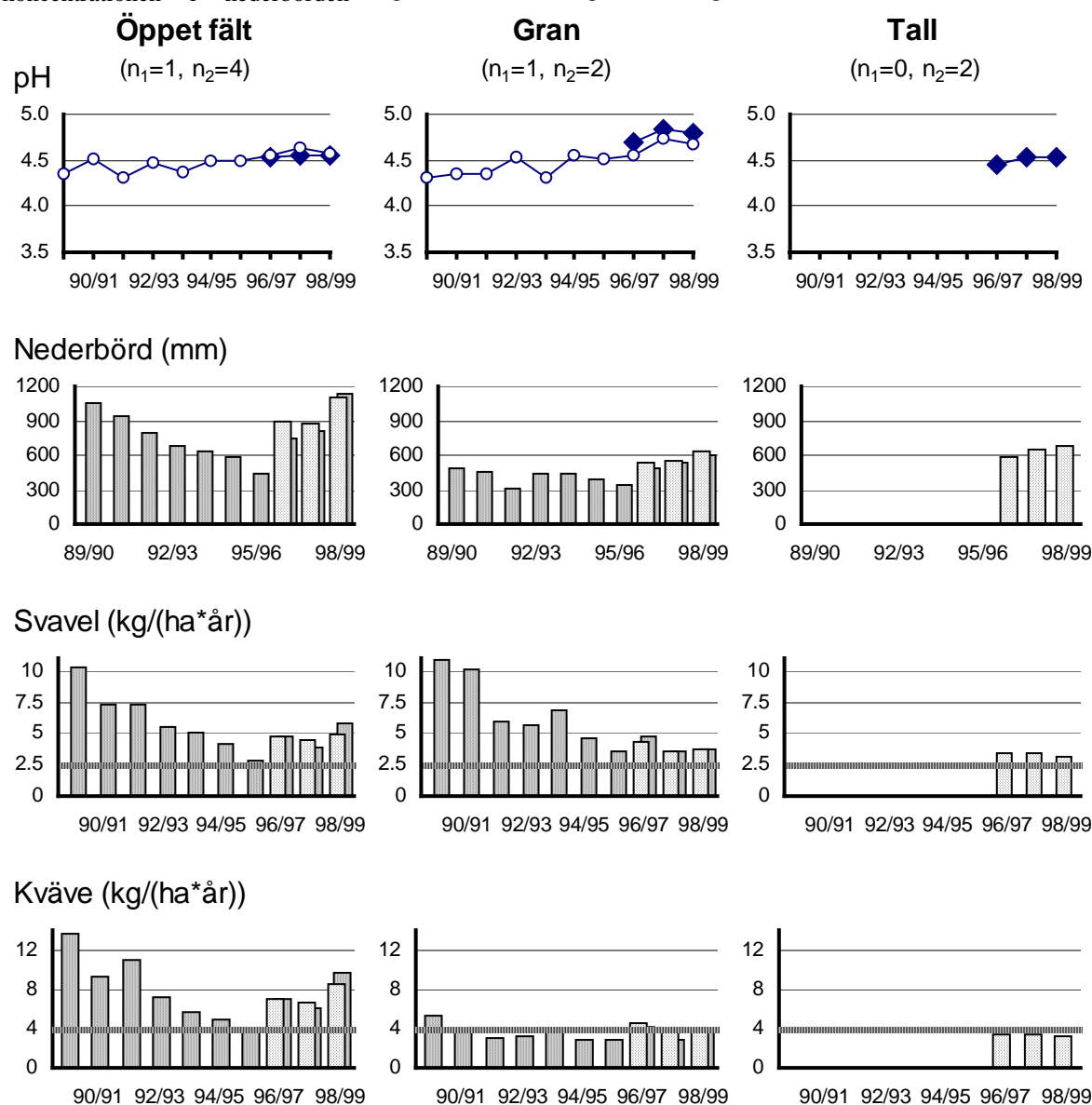
### Tidsutveckling deposition

För en lokal i Örebro län, Brohyttan (även kallad Fjugesta), finns det en tioårig tidsserie. Figur 8 visar att nederbörden har varierat mycket under perioden. Under de första sju åren minskade nederbördsmängden kontinuerligt, från över 1000 mm till drygt 400 mm. Därefter ökade nederbörden igen. Detta mönster återfinns i stora drag för våtdeposition av svavel och kväve. Det finns dock tendenser, framför allt för svavel, till att koncentrationen i nederbörden

minskat, eftersom depositionen under senare delen av tioårsperioden var mindre i förhållande till nederbörden än i början. Svaveldepositionen i skogsytan har minskat från över 10 kg/ha till mindre än 4 kg/ha. Denna utveckling återfinns på många lokaler i Sverige och beror framför allt på minskad torrdeposition. Enligt modellberäkningar kommer minskningen att fortsätta till 2,5 kg/ha i Svealand år 2010, förutsatt att beslutade utsläppsminskningar genomförs i Sverige och övriga

Europa. Kvävedepositionen på öppet fält har varierat mellan 4 och 14 kg/ha och skillnaderna kan till stor del förklaras av skillnader i nederbörden. Den totala depositionen i skogen kan på grund av torrdepositionen beräknas vara större. Prognosen till år 2010 för kväve visar på en minskning till 4 kg/ha i Svealand.

Generellt har pH-värdet i nederbörd varit runt 4,5, med något lägre värden i början och något högre mot slutet av tioårsperioden.



Figur 8. Årsmedelvärden för valda parametrar i tre miljöer i Örebro län; öppet fält, gran- och tallskog och två tidsserier. I den första tidsserien ( $n_1$ ) ingår en lokal där mätningarna startade 1989/90. Den andra tidsserien ( $n_2$ ) som började 1996/97 omfattar fyra lokaler. Streckad linje anger förväntad nivå år 2010 om beslutade åtgärder genomförs (se sid. 3).

### Tidsutveckling markvatten

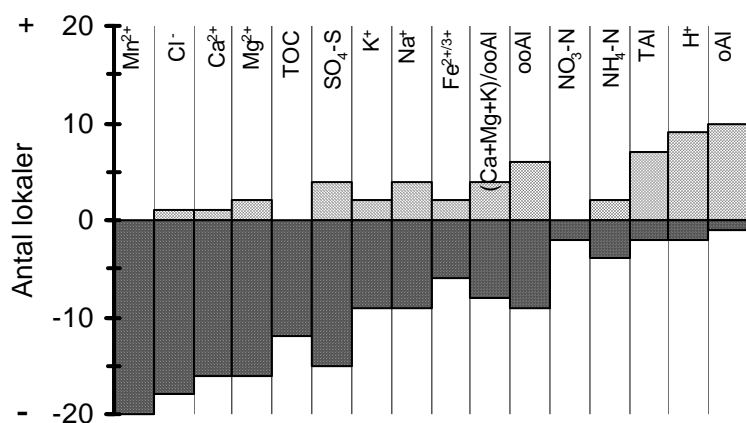
Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten, även om tidsserierna i vissa fall är korta. Lokaler med mindre än fem provtagningar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

Figur 9 visar att markvattnets halter av baskationerna kalcium och magnesium, samt även mangan och klorid, har minskat signifikant på en minst 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, det

finns exempel på både minskad och ökad försurning. Förhållandena i skogsytorna i Örebro län avviker inte från andra näraliggande regioner. Ett sätt att uttrycka markvattnets syra-bas status är förmågan att buffra mot syror. Den syraneutraliserande förmågan kan uttryckas som ANC. I sura vatten är ANC negativ eftersom all vätekarbonat som bildar alkalinitet är förbrukad och halten organiska ämnen inte räcker för att upprätthålla en syrabuffrande förmåga.

Modellberäkningar av återhämtning från försurning efter det att depositionen minskat har utförts i ett urval av skogsytorna i södra Sverige. Beräkningarna visar att ett trendbrott inträffade i början på 1990-talet och hastigheten i den

genomsnittliga förbättring av ANC var 4 % per år, räknat från 1993. Markvattnet i södra Sverige är i genomsnitt betydligt surare än den mellersta och norra delen av landet. Trots det kan en minskad surhet förväntas i hela Sverige på grund av att framför allt svavelnedfallet minskat i alla områden. Undersökningar av markvatten finns från 43 lokaler i mellersta och norra delen av Sverige under perioden 1990 till 1995 då ANC skall ha ökat i alla skogsytorna enligt modellberäkningarna. Under perioden 1993 till 1995 uppvisar 18 lokaler en ökning av ANC som i genomsnitt är relativt stor. Många lokaler visar dock ingen ökning eller minskande ANC.



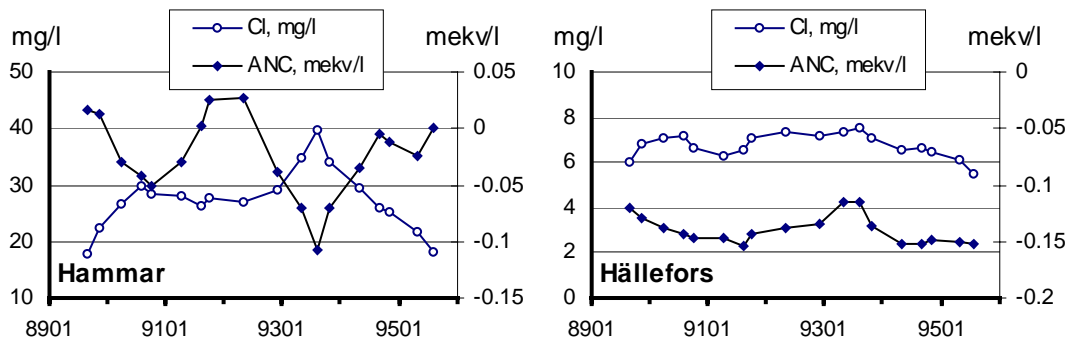
Figur 9. Trendberäkningar för markvatten på 49 lokaler i Svealand och Norrland. Positivt värde på y-axeln anger antal lokaler med signifikant ökade halter (+) sedan mätningarna startade på respektive lokal. På samma sätt anger negativt värde antal lokaler med signifikant minskade värden (-).

Det finns flera orsaker till att skogsytorna utvecklas på olika sätt under relativt korta perioder som tre till sex år. En faktor som är tydlig i många skogsytorna i landet är att varierande nedfall av neutralt havssalt tillfälligt påverkar kemin i markvattnet. Figur 10 visar två tidigare lokaler i Örebro län med olika utveckling av ANC i markvatten under 1991 till 1996. Skogsytan vid Hammar, som inte är kraftigt försurad (positivt ANC), uppvisade en kraftig minskning av ANC under 1992 och 1993. Efter det ökade ANC igen till samma nivå som 1991. Min-

skning och ökning av ANC samvarierade med de relativt höga halterna av klorid som ökade under 1992 och 1993 för att därefter minska. I Hällefors, där skogsytan har ett försurat markvatten (negativt ANC), var förändringen av ANC liten under hela mätperioden och de måttliga halterna av klorid i markvatten var relativt konstanta. Naturliga episoder med havssaltsnedfall gör att framför allt natrium jonbyter med andra ämnen som sitter bundna till markpartiklarna. I skogsjordar som oftast är sura innebär det att vätejoner och aluminium under en viss tid tillförs

markvattnet. Marken blir dock mindre sur efter jonbytet och på lång sikt har nedfallet ingen effekt på markvattnets pH eller ANC.

Den stora variationen i nedfall av havssalt mellan år och olika områden gör att det krävs relativt lång tid för att säkerställa trender i markvattnets surhetsgrad som beror på minskat nedfall. Undersökningarna av markvatten visar även att en eller flera episoder med stort nedfall av havssalt under några få dagar kan orsaka kraftig försurning av markvattnet under flera år.



Figur 10. Halter av ANC (mekv/l) och klorid (mg/l) i markvatten i två skogsytor i Örebro län under perioden 1989 till 1995 (glidande medel räknat på tre värden).

## Data i tabellform, deposition och markvatten

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

Lokal	År	Nedb	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
Greckssundet (T 02 A)	96/97	964	0,29	5,3	4,8	11,2	4,1	3,7	1,8	1,0	6,1	1,2	0,15
	97/98	854	0,22	4,4	4,2	4,6	3,6	2,5	1,7	0,6	3,2	1,6	0,21
	98/99	1186	0,33	5,5	5,1	9,5	5,3	4,6	2,0	0,9	5,7	2,2	0,12
Örlingen (T 03 A)	96/97	987	0,28	5,1	4,7	9,0	3,9	3,1	1,8	0,9	4,7	1,3	0,10
	97/98	841	0,19	3,6	3,4	3,5	3,1	2,3	2,0	0,5	2,5	1,4	0,11
	98/99	1026	0,28	4,5	4,2	5,9	3,9	2,9	1,9	0,7	3,6	1,5	0,10
Bälgsjön (T 04 A)	96/97	870	0,27	5,1	4,7	8,1	3,6	2,9	1,5	0,8	4,7	1,0	0,11
	97/98	1021	0,38	6,5	6,2	6,2	5,4	3,7	2,3	0,7	4,3	1,3	0,12
	98/99	1075	0,33	4,8	4,3	10,8	4,5	3,4	1,8	0,9	6,3	1,6	0,11
Kilsmo (T 05 A)	97/98	831	0,14	3,1	2,9	2,8	2,0	1,3					
	98/99	778	0,16	3,1	2,9	4,1	2,5	2,6					
Brohyttan (T 10 A)	89/90	1058	0,47	10,8	10,2	12,5	6,6	7,0					
	90/91	941	0,28	7,8	7,3	10,4	4,9	4,4					
	91/92	794	0,38	7,9	7,3	13,4	5,4	5,6					
	92/93	680	0,23	5,7	5,5	6,1	3,4	3,8					
	93/94	633	0,26	5,4	5,1	6,2	3,2	2,4					
	94/95	581	0,19	4,4	4,1	6,1	2,9	2,0					
	95/96	441	0,14	3,1	2,9	4,0	2,3	1,5					
	96/97	748	0,21	5,4	4,8	14,3	3,8	3,2					
	97/98	805	0,19	4,0	3,8	3,9	3,3	2,8					
	98/99	1132	0,31	6,2	5,7	10,7	4,9	4,7					

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

Lokal	År	Nedb	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
Greckssundet (T 02 A)	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
	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
	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
Örlingen (T 03 A)	96/97	559	0,17	3,2	2,9	6,7	1,5	0,7	2,3	0,9	3,1	4,7	0,44
	97/98	599	0,14	3,0	2,7	4,8	1,5	0,9	2,3	0,8	2,7	8,5	0,37
	98/99	647	0,18	3,0	2,8	4,8	1,6	1,0	2,6	0,9	2,6	5,3	0,25
Bälgsjön (T 04 A)	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
	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
	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
Kilsmo (T 05 A)	97/98	559	0,12	2,9	2,7	5,0	1,2	0,7					
	98/99	514	0,12	2,7	2,4	6,2	1,2	0,6					
Brohyttan (T 10 A)	89/90	493	0,24	11,9	10,9	21,8	2,8	2,6					
	90/91	449	0,20	10,8	10,1	16,2	2,2	1,5					
	91/92	311	0,14	6,6	5,9	13,6	1,8	1,3					
	92/93	435	0,12	6,3	5,6	14,7	1,8	1,4					
	93/94	433	0,21	7,3	6,9	8,5	2,5	1,4					
	94/95	395	0,11	4,9	4,6	7,8	1,7	1,2					
	95/96	335	0,10	3,8	3,6	5,6	1,7	1,2					
	96/97	492	0,14	5,2	4,7	11,9	2,5	1,7					
	97/98	531	0,10	3,9	3,6	8,3	1,7	1,1					
98/99	608	0,13	4,3	3,8	10,7	2,1	1,4						



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

Lokal	År	H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
Greckssundet (T 02 A)	96/97	0,34	1,9	1,1	6,5	1,3	0,15
	97/98	0,26	2,0	0,7	3,3	1,9	0,24
	98/99	0,38	2,2	0,9	6,0	2,4	0,13
Örlingen (T 03 A)	96/97	0,32	1,8	0,9	4,9	1,3	0,10
	97/98	0,22	2,2	0,6	3,1	1,5	0,13
	98/99	0,33	1,9	0,7	3,8	1,6	0,11
Bälgsjön (T 04 A)	96/97	0,30	1,6	0,9	5,4	1,1	0,12
	97/98	0,44	2,6	0,9	5,3	1,5	0,13
	98/99	0,40	2,1	1,1	7,2	1,8	0,12
Kilsmo (T 05 A)	97/98	0,17	2,0	0,5	2,3	1,6	0,14
	98/99	0,18	1,2	0,4	3,1	1,0	0,10
Brohyttan (T 10 A)	96/97	0,25	2,5	1,4	8,4	1,9	0,11
	97/98	0,22	2,0	0,7	4,1	1,5	0,13
	98/99	0,36	2,1	1,0	7,0	1,7	0,14

Tabell 4. Markvattendata från Örebro län.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	mg/l										mol/mol			
					SO <sub>4</sub> -S	Cl	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+/3+</sup>	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
Greckssundet (T 02 A)	1998-10-28	5,0	-	-0,015	2,27	3,36	<0,002	<0,010	0,60	0,57	3,12	0,36	<0,020	0,013	0,494	0,676	6,0	2,6
	1999-04-28	4,9	-	-0,021	1,88	4,12	<0,002	<0,010	0,64	0,59	2,86	0,30	<0,020	0,008	0,415	0,559	3,4	3,1
	1999-08-04	4,9	-	-0,011	2,04	4,50	<0,002	<0,010	0,78	0,57	3,43	0,35	<0,020	0,006	0,440	0,510	5,6	3,2
	median	<b>5,0</b>	-	<b>-0,029</b>	<b>2,17</b>	<b>4,12</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>0,75</b>	<b>0,58</b>	<b>2,95</b>	<b>0,37</b>	<b>0,020</b>	<b>0,011</b>	<b>0,408</b>	<b>0,494</b>	<b>6,0</b>	<b>3,4</b>
	n=	11	-	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	11	10	10	-
Örlingen (T 03 A)	1998-10-28	5,3	-	-0,007	1,38	1,06	<0,002	<0,010	0,72	0,20	1,17	0,25	<0,020	0,004	0,178	0,205	3,9	4,9
	1999-04-28	5,2	-	-0,008	1,08	1,17	<0,002	<0,010	0,51	0,24	0,98	0,18	<0,020	0,015	0,214	0,234	2,6	3,4
	1999-08-04	5,0	-	0,000	1,21	1,12	<0,002	<0,010	0,77	0,17	1,11	0,27	<0,020	0,002	0,280	0,302	5,6	3,2
	median	<b>5,2</b>	-	<b>-0,012</b>	<b>1,21</b>	<b>1,92</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>0,77</b>	<b>0,20</b>	<b>1,34</b>	<b>0,21</b>	<b>&lt;0,020</b>	<b>0,005</b>	<b>0,178</b>	<b>0,197</b>	<b>6,0</b>	<b>4,9</b>
	n=	11	-	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	-
Bälgsjön (T 04 A)	1998-10-28	5,4	-	0,054	1,01	0,99	0,003	<0,010	0,70	0,42	1,31	0,72	<0,020	0,025	0,179	0,778	11,0	8,0
	1999-04-28	5,4	0,004	0,029	0,91	0,85	<0,002	<0,010	0,65	0,42	0,84	0,25	<0,020	0,025	0,110	0,382	6,8	9,8
	1999-08-04	5,5	-	0,081	0,80	1,06	<0,002	<0,010	1,28	0,43	1,14	0,46	<0,020	0,055	-	0,176	-	-
	median	<b>5,4</b>	-	<b>0,033</b>	<b>1,17</b>	<b>1,22</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>0,87</b>	<b>0,47</b>	<b>1,16</b>	<b>0,33</b>	<b>&lt;0,020</b>	<b>0,025</b>	<b>0,114</b>	<b>0,355</b>	<b>11,0</b>	<b>12</b>
	n=	7	-	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	6	-	
Kilsmo (T 05 A)	1998-10-28	5,1	-	0,003	4,36	2,39	<0,002	<0,010	3,29	0,60	2,86	0,19	<0,020	0,025	0,495	0,889	11,0	6,1
	1999-04-28	5,2	-	0,014	3,49	1,79	<0,002	<0,010	2,76	0,51	2,26	0,19	0,086	0,186	0,360	0,680	7,2	7,1
	1999-08-04	4,8	-	-0,019	3,24	1,30	<0,002	<0,010	1,81	0,39	2,16	0,16	0,115	0,030	0,679	0,938	15,0	2,6
	median	<b>5,1</b>	-	<b>-0,002</b>	<b>4,46</b>	<b>3,51</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,010</b>	<b>3,61</b>	<b>0,67</b>	<b>3,08</b>	<b>0,28</b>	<b>0,115</b>	<b>0,063</b>	<b>0,412</b>	<b>0,764</b>	<b>11,0</b>	<b>8,2</b>
	n=	7	-	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	-	
Brohyttan (T 10 A)	1998-10-28	5,3	-	0,046	2,24	2,83	<0,002	<0,010	1,67	0,55	2,96	0,33	<0,020	0,017	0,160	0,464	9,2	12
	1999-04-29	5,4	-	0,020	1,91	1,73	<0,002	<0,010	1,30	0,46	1,79	0,31	<0,020	0,017	0,193	0,475	7,6	8,3
	1999-08-04	5,3	-	0,062	2,08	2,94	<0,002	<0,010	2,21	0,59	2,39	0,50	<0,020	0,027	-	0,491	19,0	-
	median	<b>5,4</b>	-	<b>0,082</b>	<b>2,45</b>	<b>3,42</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,020</b>	<b>2,45</b>	<b>0,74</b>	<b>3,02</b>	<b>0,68</b>	<b>0,022</b>	<b>0,017</b>	<b>0,209</b>	<b>0,483</b>	<b>12,0</b>	<b>14</b>
	n=	14	-	12	14	14	14	14	13	13	13	13	13	8	8	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](http://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