



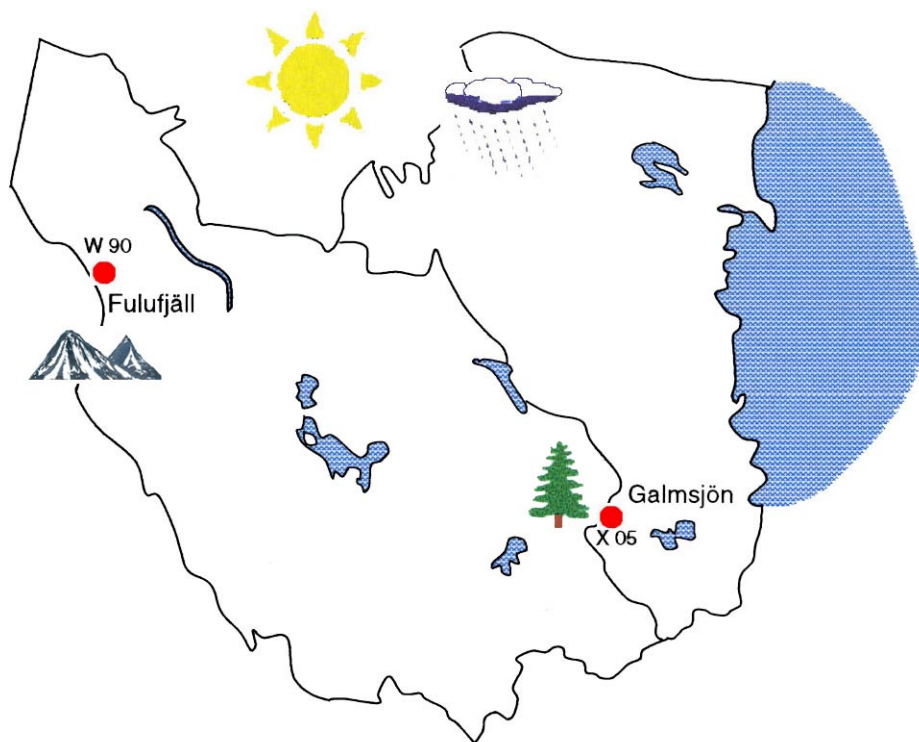
rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

För Länsstyrelserna i Dalarna och Gävleborgs län

Övervakning av luftföroreningar i Dalarna och Gävleborgs län

Resultat till och med september 2003



Eva Ugglå, redaktör
B1572
Maj 2004

För Länsstyrelserna i Dalarna och Gävleborgs län

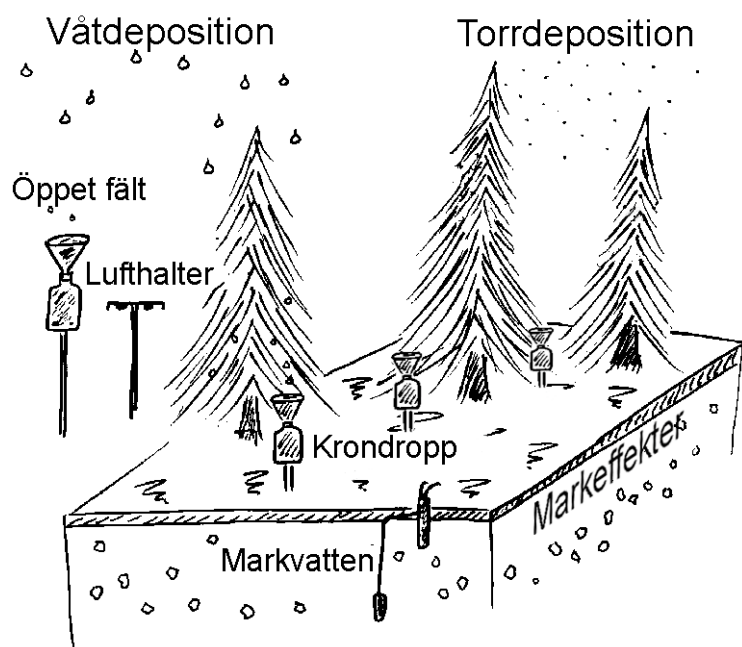
Övervakning av luftföroreningar i Dalarna och Gävleborgs län

Resultat till och med september 2003

På uppdrag av Länsstyrelserna i Dalarnas och Gävleborgs län har IVL mätt nedfall av luftföroreningar på två lokaler vid Fulufjället och nedfall av luftföroreningar och markvatten på en lokal vid Galmsjön. Syftet är att beskriva nedfallets storlek och markvattnets sammansättning samt hur förhållandena ändras med tiden. Mätningar har bedrivits sedan 1994 på en av lokalerna på Fulufjället. Sedan 1997 drivs även kompletterande mätningar på en plats i trädgränsen i granskog ca 800 m.ö.h på Fulufjället. I Galmsjön utfördes tidigare mätningar under oktober 1996 till december 1997. Mätningarna återupptogs oktober 2002. Ytan i Galmsjön ligger i en av Skogsvårdsorganisationens observationsytor, vilket gör att länsstyrelsens data kan jämföras med skogliga uppgifter. Genom samarbete med SMHI utförs även yttäckande modellberäkningar av depositionen sedan 2000/01.

Mätningarna i Dalarnas och Gävleborgs län visar låg belastning av antropogent svavel till marken i skogsytorna jämfört med situationen i Sverige som helhet. Under hydrologiska året 2002/03 var nedfallet av antropogent svavel via krondropp mindre än 2 kg/ha i genomsnitt för de två granytorna. Som jämförelse kan nämnas att nedfallet till granskog i Skåne generellt var 4-9 kg/ha och mindre än 2 kg/ha i Norrland. Belastningen av oorganiskt kväve till öppet fält var måttlig jämfört med övriga ytor i Sverige under 2002/03, omkring 3 kg/ha. Mätningarna i Fulufjället på skogsytan nere i dalgången visar att depositionen av antropogent svavel mer än halverats sedan mitten av 1990-talet. För kväve är det svårt att se trender. Krondroppsmätningarna i Branten nära trädgränsen visar tydligt högre värden än mätningarna på lägre höjd på Fulufjället.

Markvattenprovtagningar utförs endast i Galmsjön. Under hydrologiska året 2002/03 var markvattnets pH-värde 5,3-5,5 och halterna av baskatjoner och totalt aluminium var låga. Kvävehalterna var under detektionsgränsen, vilket är normalt i växande skog. Markvattnets ANC, visade positiva om än låga värden, vilket indikerar förmåga att neutralisera syror.



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

Uppdragsgivare:

Länsstyrelserna i Dalarnas och Gävleborgs län

Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Aneboda, SE-360 30 LAMMHULT

Författare: Eva Ugglå, red.

Nyckelord: Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, Dalarnas län, Gävleborgs län

IVL rapport B 1572**Beställs från:**

Länsstyrelsen i Dalarnas län
Hans Olofsson
791 84 FALUN
eller

Länsstyrelsen i Gävleborgs län
Maja-Lena Brännvall

801 70 GÄVLE

publikationsservice@ivl.se

IVL, Publikationsservice

Box 21060

SE-100 31 STOCKHOLM

Tel: 08-598 563 00

Fax: 08: 598 563 90

Innehållsförteckning

Övervakning av luftföroreningar i Dalarna och Gävleborgs län.....	1
Innehållsförteckning.....	2
Inledning	3
Ord att förklara.....	4
Förklaring till stationsfigurer.....	4
Stationsbeskrivning.....	5
Tidsutveckling deposition	9
Tidsutveckling markvatten.....	11
Data i tabellform	12

Mer information finns på
Krondroppsnetzets hemsida:
www.ivl.se/miljo/projekt/kron/

Där finns bland annat:

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

Inledning

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

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

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

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i 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 och är delvis EU-finansierade. De samordnade undersökningarna startade i Blekinge 1985 och omfattar nu större delen av landet. Metoderna har i princip bibehållits sedan början av mätningarna och ingår nu i EUs manualer för miljöövervakning.

Denna redovisning är den sista

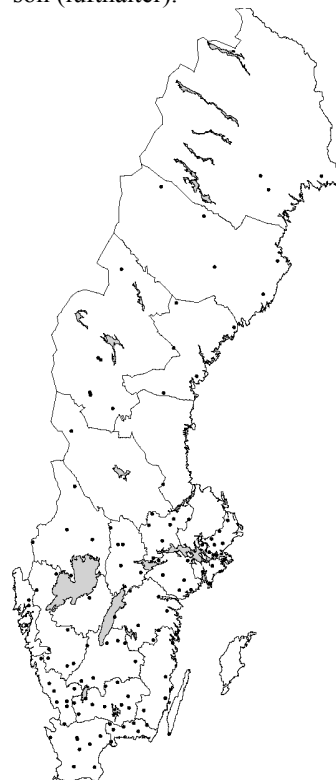
enligt Program 2000 för regional övervakning av luftföroreningar. Det är resultat av ett samarbetsprojekt mellan länen, Naturvårdsverket (NV) och IVL och har bland annat inneburit ökad samordning med nationell övervakning av luft, redovisning av resultat både via hemsida och ordinarie rapporter, förbättrade metoder för att undersöka torrt nedfall i skog samt ett program för kvalitetssäkring av mätningarna. Förutom hemsidans redovisning bestod årsrapporteringen 2003 av en samlad rapport för hela Sverige (IVL B 1521, med länsbilagor) och en rapport med jämförelse mellan modellberäknad och uppmätt nedfall på öppet fält (IVL B 1530). Dessa ingick som grund för den översyn av verksamheten som genomfördes tillsammans med en styrgrupp bestående av representanter från länen, NV och Skogsstyrelsen (SKS). Resultatet, Programmet 2004 till 2006, liknar i stora drag utförandet 2003, men föreslår minst en lokal per län med nederbördskemiska mätningar på öppet fält. Totalt antal skogslokaler är dock något mindre än förut.

Nederbördskemiska mätningar på öppet fält har kompletterats med modellberäknad våtdeposition, utförd av SMHI. Denna rapport redovisar modellberäknad våtdeposition i figurer och tabeller, som jämförelse till krondroppsmätningar. Förbättrade metoder att undersöka torrt nedfall i skog finansieras delvis av NV och görs i tio intensivytor, utvalda för att representera olika delar av landet. Intensivytorna ingår i NVs program för övervakning av deposition till skog, start hösten 2000. Programmets provtagning är nu ackrediterad enligt SWEDAC, vilket inkluderar rutiner för utbildning av provtagare/vikarier.

De svenska metoderna att mäta nedfall till skog har jämförts med 19 andra länder i Europa. Sveriges deltagande finansierades till stor del av NV. Resultaten visade god överensstämmelse med genomsnittet för alla länder

Svenska miljö kvalitetsmål förutsätter att internationellt avtalade utsläppsminskningar genomförs. Minskningen kan räknas om till deposition i olika delar av landet och jämföras med regionala mätningar. För Svealand år 2010 är förväntad genomsnittlig belastning i både öppna och skogbevuxna områden cirka 2,5 kg svavel och 4 kg kväve per ha och år.

Undersökningarna i **Dalarnas** och **Gävleborgs län** är resultat av ett lagarbete. Provtagning har utförts av Gunder Eriksson och Majalena Brännvall. På IVL har G Hedberg, K Koos, I Torbrink, C Hållinder, S Honkala, V Andersson, N Nilsson, C Larsson, K Hommerberg och B Dusan analyserat proverna. Validering av data har huvudsakligen utförts av G Hedberg. J Knulst, G Malm och E Ugglar har arbetat med databearbetning och figurframställning. E Hallgren Larsson har varit projektledare och utvärderat och rapporterat tillsammans med O Westling, E Ugglar och A Svensson (lufthalter).



Figur 2. Krondroppsnätet 2002/03. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

Ord att förklara

ANC: "Acid Neutralising Capacity" (syranutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) minus starka syror 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 syranutraliserande föreningar. Viktigast i detta sammanhang är kalcium, magnesium och kalium.

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

Deposition: Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

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

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

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

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

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

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

Jordmån: Övre delen av marken som påverkas av markorganismer, klimat och vegetation. Vanligaste jordmåner i skog på fastmark är podsoler, 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 större deposition än mätningar på öppet fält.

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

Lufthalter: Luftens innehåll av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3) mäts i dessa undersökningar som månadsmedelvärde med hjälp av diffusionsprovtagare. När det gäller normer och gränsvärden hänvisas till separat faktaruta i anslutning till avsnitt om lufthalter samt Krondroppsnätets hemsida.

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

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

SO₄-S_{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 med nederbörden mot marken. För svavel och havssalt beräknas torrdeposition i dessa undersökningar som nedfall via krondropp minus nedfall på öppet fält.

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

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

Öppet fält: Öppet område där nederbördskemik och lufthalter mäts.

Förklaring till stationsfigurer

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

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

Stationsbeskrivning

Figur 3-4, deposition och markvatten, samt tabell 1-4.

Fulufjället (W90): Skogsyta med gammal granskog på plan mark öster om Fulufjället i nedre delen av Göljåns dalgång (480 m.ö.h.). Svårvittrad sandsten i området innebär näringsfattig jord. Skogen har inte brukats på länge och beståndet består nästan uteslutande av för området relativt storväxt granskog. Depositionsmätningar startade under hydrologiska året 1994/95. Under sommaren 1997 berördes ytan av det extrema regn som orsakade en mycket omfattande erosion i dalgången på Fulufjället och en slamtransport som överlagrade större delen av provytan. Överlagringen har sannolikt inte skadat skogen hittills. På sikt kan den påverka de ämnen i kronroppet som interncirkuleras i träden, till exempel kväve och kalium.

Under hydrologiska året 2002/03 uppmättes 680 mm nederbörd på Fulufjället, vilket är något lägre än genomsnittet för nio års mätningar. Nedfallet av antropogent svavel var mätseriens hittills lägsta, 1,4 kg/ha på öppet fält. 1994/95 var motsvarande 3,6 kg/ha. Även nedfallet av oorganiskt kväve var en av mätseriens lägsta noteringar, 2,7 kg/ha. När det gäller nedfallet av oorganiskt kväve på öppet fält är det svårt att se trender. Den minskande försurningsbelastningen har medfört att nederbördens pH-värde tydligt har stigit, vilket är positivt.

Utvecklingen är tydligare i kronropp eftersom kronropp också påverkas av torrdeposition. Nedfallet av antropogent svavel har mer än halverats sedan mitten av 1990-talet. För oorganiskt kväve är det svårare att se några tydliga trender. Under det senaste hydrologiska året var depositionen via kronropp 0,8 kg antropogent svavel och 0,4 kg oorganiskt kväve per hektar. Under de två första åren mätningarna pågick uppmättes högre deposition av svavel via kronropp än på öppet fält. Därefter har kronroppsmätningarna

visat mindre deposition än de nederbördskemiska mätningarna på öppet fält. Normalt sett bör svavel visa högre värden via kronropp. Lägre värden förklaras i första hand av att det under vissa väderförhållanden kan förekomma torrdeposition i de ständigt öppna insamlarna på öppet fält. I takt med att torrdepositionen av svavel har minskat (och i områden med låg till måttlig svavelbelastning) har det blivit vanligare att kronropp visar mindre svavelnedfall än mätningarna på öppet fält. Nedfallet av oorganiskt kväve har varit högre till öppet fält än via kronropp under hela mätserien, vilket är normalt och indikerar betydande upptag eller omvandling av kväve i trädskronorna. Påverkan av saltförande vindar, mätt som kloriddeposition, är liten i Fulufjället. Under 2002/03 uppmättes endast 4,4 kg klorid per hektar.

För hydrologiska året 2001/02 kan jämförelser göras mellan modellberäknad väte-deposition och uppmätta värden på öppet fält. Överensstämmelsen är god både för antropogent svavel och oorganiskt kväve (se tabell 1a och 3).

Branten (W92): Skogsyta med granskog på 790 m.ö.h i den övre delen av en fjällsluttning mot nordost nära trädgränsen för gran. Mätning sker endast av kronropp och insamlarna är placerade mitt under trädskronorna. Denna placering skiljer sig från ordinarie lokaler inom Kronroppsnätet (t.ex. Fulufjället och Galmsjön) men gäller samtliga lokaler på hög höjd där IVL utför mätningar (Dalarnas, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län). Depositionsmätningarna startade 1997/98 och de tre första åren korrigerades uppmätta värden månadsvis så att de utgjorde en normal andel av nederbörden på öppet fält. Sedan 2000/01 korrigeras inte värdena enligt denna metod. Data från de två perioderna är därmed inte direkt jämförbara och enbart okorrigerade data redovisas i tabell 2a.

Speciella mätningar av deposition på olika höjder på Fulufjället har

utförts sedan 1994. De undersökningarna har visat att depositionen ökar med höjden, i synnerhet i skogen. På kalfjället finns inga träd som fångar upp torrdeposition. Det finns fleras skäl till att depositionen stiger med ökande höjd. Nederbörden ökar med höjden och dessutom ökar molnfrekvens och vindhastigheter. Molndropparna kan ibland ha relativt höga halter av föroreningar och träd på hög höjd kan samla på sig avsevärda mängder torrdeposition när moln nära marken rör sig förbi (vilket sker oftare på hög höjd). Insamlingen av kronropp i trädgränsen är inte utan problem på grund av hårda vindar och drivande snö på vintern.

Under det senaste hydrologiska året har nedfallet av antropogent svavel och oorganiskt kväve via kronropp varit väsentligt högre i Branten än i Fulufjället. Uppmätt antropogent svavel uppgick till 1,9 kg/ha och oorganiskt kväve till 1,2 kg/ha. Det är dubbelt respektive tredubbelt så mycket som i Fulufjället under samma hydrologiska år. Även nedfallet av klorid var större i Branten (12,4 kg/ha) än i Fulufjället (4,4 kg/ha). Den stora skillnaden i deposition av naturligt förekommande klorid visar hur träden på hög höjd samlar på sig torrdeposition. Geologiska förhållanden i området, näringsfattiga jordar på sandsten med låg vittningskapacitet, innebär att även måttlig deposition kan vara högre än acceptabelt för området. Det bör noteras att den höga depositionen som beräknats i trädgränsen påverkas av att alla insamlarna är placerade under trädskronorna. I skogsytan på låg höjd sker provtagningen av kronropp i slumpvis utplacerade insamlare där vissa hamnar i luckor och andra under trädskronorna. Depositionen nära trädgränsen i en skog som ofta är ganska gles är en blandning av vad som kan mätas upp under träden och nederbördens bidrag på öppet fält (som är lägre än under träden).

Galmsjön (X 05): EU-yta 1½ mil norr om Hofors. Själva ytan ligger i ett område som sluttar åt sydost

och exponeringsgraden är sannolikt låg. Skogen utgörs av drygt 70-årig granskog med ståndortsindex G 24. Tidigare mätningar utfördes i denna EU-yta under oktober 1996 till december 1997. Mätningarna återupptogs oktober 2002.

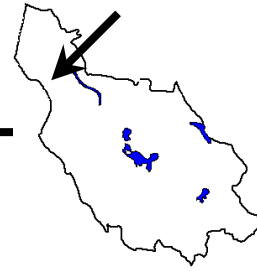
De nederbördskemiska mätningarna på öppet fält under 2002/03 visade något mer nederbörds-mängd än vad som uppmättes under 1996/97, 656 mm jämfört med 615 mm. Trots den något större nederbörds-mängden var nedfallet av antropogent svavel mindre 2002/03 än 1996/97; 2,2 kg/ha jämfört med 2,6 kg/ha. Nedfallet av oorganiskt kväve var 3,4 kg/ha både under 2002/03 och 1996/97, vilket indikerar att nederbördens koncentration av oorganiskt kväve var högre under 1996/97 än under det senaste hydrologiska året. I Galmsjön mäts även nedfallet av organiskt kväve. Under 2002/03 uppmättes 3,4 kg organiskt kväve per hektar, vilket summerat ger 4,7 kg kväve per hektar.

Krondroppsmätningarna under det senaste hydrologiska året visade tydligt mindre uppmätt krondropp (402 mm) än under 1996/97 (548 mm). Även nedfallet av antropogent svavel och oorganiskt kväve var mindre; 2,0 jämfört med 2,9 kg svavel per hektar samt 1,1 jämfört med 1,4 kg oorganiskt kväve per hektar. Via krondropp uppmättes även 2,6 kg organiskt kväve per hektar under 2002/03, vilket summerat ger 3,7 kg kväve per hektar skogsmark. Nedfallet av antropogent svavel och oorganiskt kväve var högre på öppet fält än vad som uppmättes via krondropp till marken i granytan under det senaste hydrologiska året. Normalt sett bör svavel visa högre värden och oorganiskt kväve lägre värden via krondropp, se redovisning under tidigare avsnitt om Fulufjället. Under 1996/97 var situationen den motsatta när det gäller nedfallet av antropogent svavel. Förändringen mellan 1996/97 och 2002/03 kan med stor sannolikhet förklaras med minskad torrdeposition till skog. Påverkan av saltförande vindar, mätt som kloridde-

position, var 4,7 kg/ha under 2002/03 och 4,0 kg/ha under 1996/97.

Markvattenprovtagningar har endast utförts under 2002/03 med en provtagning i juni och en i augusti. De två provtagningarna visade att markvattnet i Galmsjön hade pH-värde mellan 5,3 och 5,5, låga baskatjonhalter samt låga halter av aluminium (0,05-0,1 mg/l), varav merparten i den mer skadliga oorganiska formen. Halterna av kväve var under detektionsgränsen, vilket är normalt i växande skog och indikerar att tillgängligt kväve tas upp av vegetationen. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium var på en tillfredställande nivå, 30 respektive 23, vid de två provtagningstillfällena. Kvoter under 1 anses medföra en ökad risk för skador på ekosystemet på sikt. Markvattnets syraneutraliserande förmåga, ANC, har visat låga, men dock positiva, värden.

Fulufjället (W 90) Gran



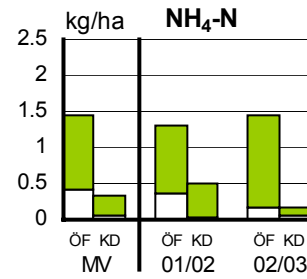
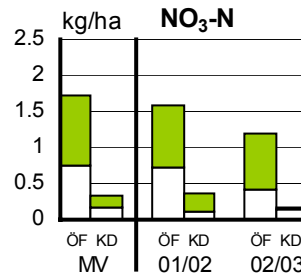
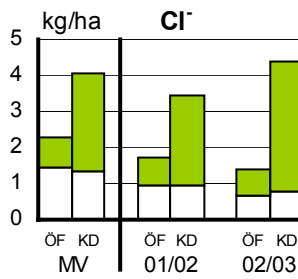
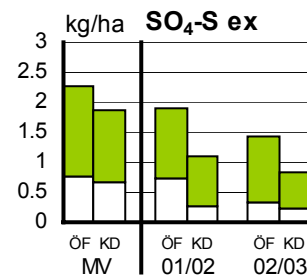
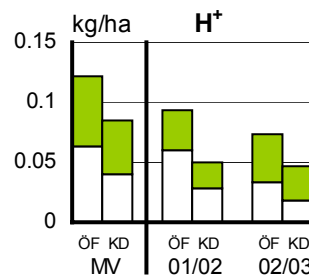
DEPOSITION

(W 90)

Nederbörd på ÖF (mm)

	MV	01/02	02/03
Sommar	489	404	452
Vinter	290	290	226

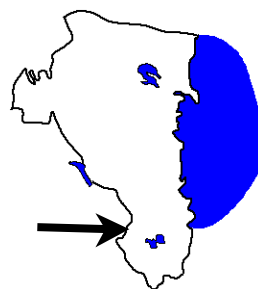
=Sommarperiod
 =Vinterperiod
 MV =Årsmedelvärde
 ÖF : 1994/2003
 KD : 1994/2003
 ÖF =Öppet fält
 KD =Kronddropp



Figur 3. Depositionsdata från Fulufjället, W 90.

Galmsjön (X 05)

Gran, 73 år

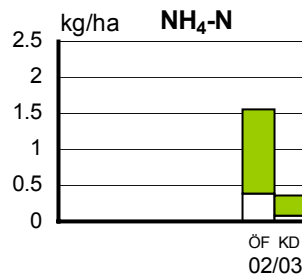
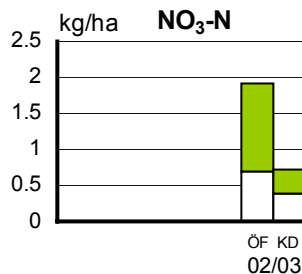
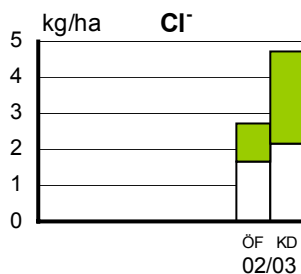
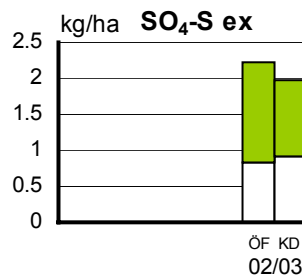
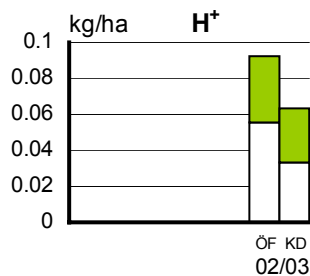
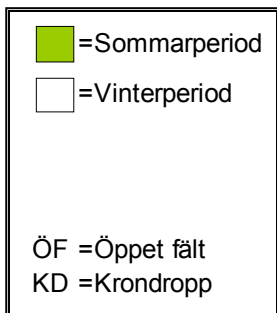


DEPOSITION

(X 05)

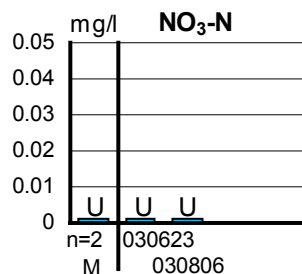
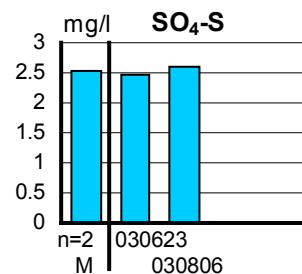
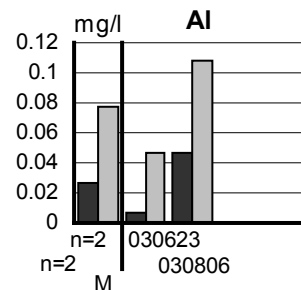
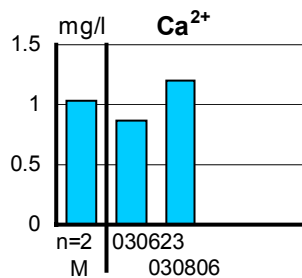
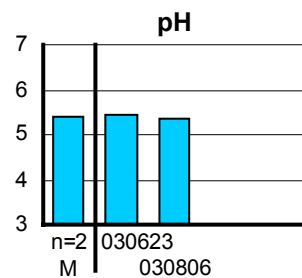
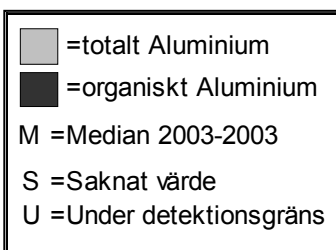
Nederbörd på ÖF (mm)

		02/03
Sommar		429
Vinter		227



MARKVATTEN

(X 05)



Figur 4. Depositions- och markvattendata från Galmsjön, X 05.

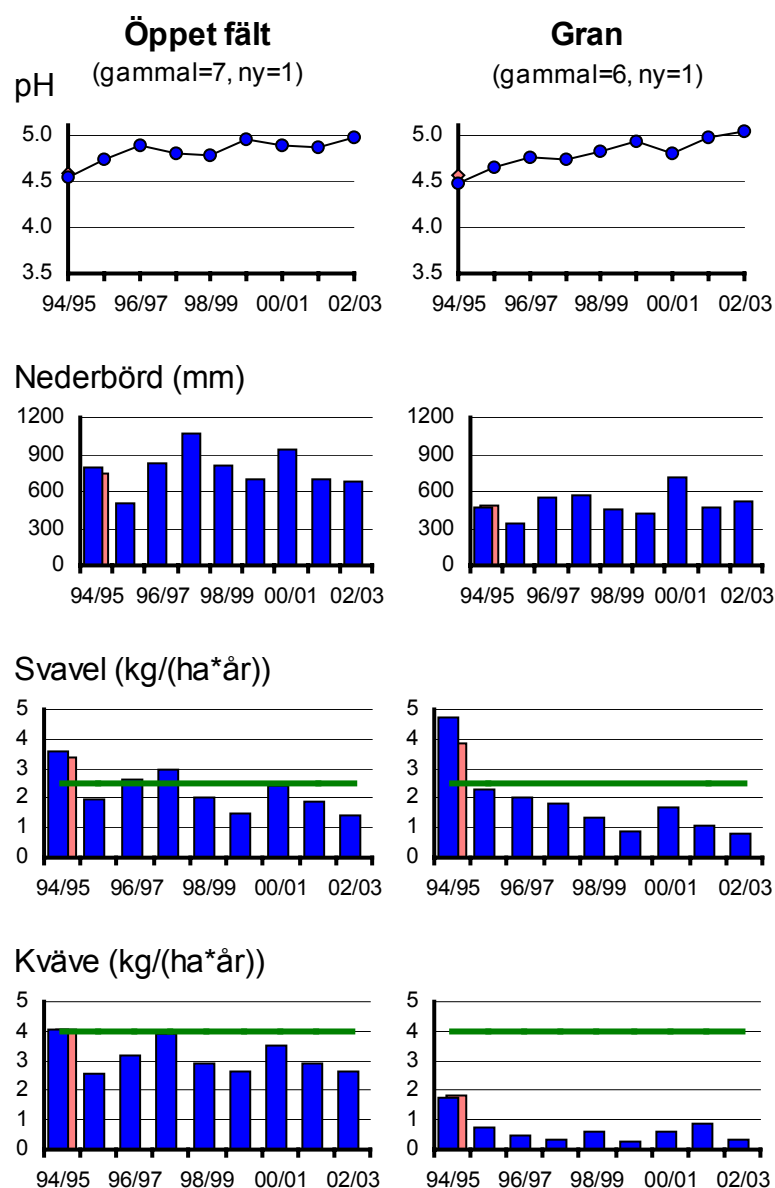
Tidsutveckling deposition

Figur 5 visar att nederbörden har blivit mindre sur sedan mätningarna startade i mitten av 1990-talet, vilket är positivt. Under mätningarnas första år var nederbördens pH-värde i genomsnitt 4,5, under de senaste åren har pH-värdet varit omkring 4,9. Under mätserien har den årliga nederbördsmängden varit mellan 500 och 1070 mm. Nederbördsmängden under det senaste hydrologiska året var 680 mm, vilket är i nivå med mätseriens genomsnitt. Nedfallet av antropogent svavel till öppet fält har minskat under de nio år som mät-

ningarna pågått. De första tre åren var nedfallet i genomsnitt 2,7 kg/ha, de senaste tre åren har nedfallet varit omkring 1,9 kg/ha. När det gäller nedfallet av oorganiskt kväve är det svårt att se trender.

Utvecklingen är tydligare i kronddropp, eftersom kronddropp också påverkas av torrdeposition. Nedfallet av antropogent svavel till marken i granytan har mer än halverats sedan mitten av 1990-talet. Nedfallet av oorganiskt kväve via kronddropp under 2002/03 visar ungefär samma omfattning som de tidigare åtta åren.

Under det senaste hydrologiska året visade kronddroppsmätningarna i genomsnitt 0,8 kg antropogent svavel och 0,3 kg oorganiskt kväve per hektar till marken i granytan. Nedfallet av oorganiskt kväve på öppet fält var 2,6 kg/ha under det senaste hydrologiska året. Om torrdepositionen av oorganiskt kväve uppskattas till 1-3 kg/ha och år (baserat på SMHIs modellberäkningar för 2001/02) blir total deposition till skogen 2,6-5,6 kg kväve per hektar under 2002/03.



Figur 5. Årsmedelvärden för valda parametrar på öppet fält och i granskog för de hydrologiska åren 1994/95 till 2002/03. Förutom resultat från Fulufjället (hela perioden) redovisas ett medelvärde från sju lokaler i Dalarna där mätningar utfördes under 1994/95.

Om avtalade utsläppsminskningar genomförs förväntas nedfallet av svavel och kväve att i genomsnitt minska till 2,5 respektive 4 kg per hektar och år i Svealand år 2010. För svavel har minskningen redan skett. För kväve är det sannolikt en bit kvar innan den förväntade belastningen nås om hänsyn tas till både våt- och torrdeposition till skog.

De regionala skillnaderna i deposition av försurande luftföroreningar gör att de ackumulerade mängderna av svavel och kväve varierar kraftigt i landet. Figur 6 visar ackumulerad deposition av svavel och oorganiskt kväve från början av 1990-talet fram till 2003 på tre lokaler i Skåne, Stockholm och Norrbotten med enhetlig mätperiod. Figuren visar deposition uppmätt i skogsytter och på närbelägna öppna fält.

Trots att nedfallet av försurande svavel har minskat kraftigt i Sverige, speciellt under 1980- och 90-talet, har nedfallet resulterat i en ackumulerad deposition på drygt 100 kg/ha till granytan i Skåne mellan 1992/93 och 2002/03. Den lägre svavelbelastningen till lokalerna i Stockholm och Norrbotten under samma period har medfört att endast hälften respektive en femtedel så mycket svavel har deponerats i dessa områden. I Skåne noteras även stora skillna-

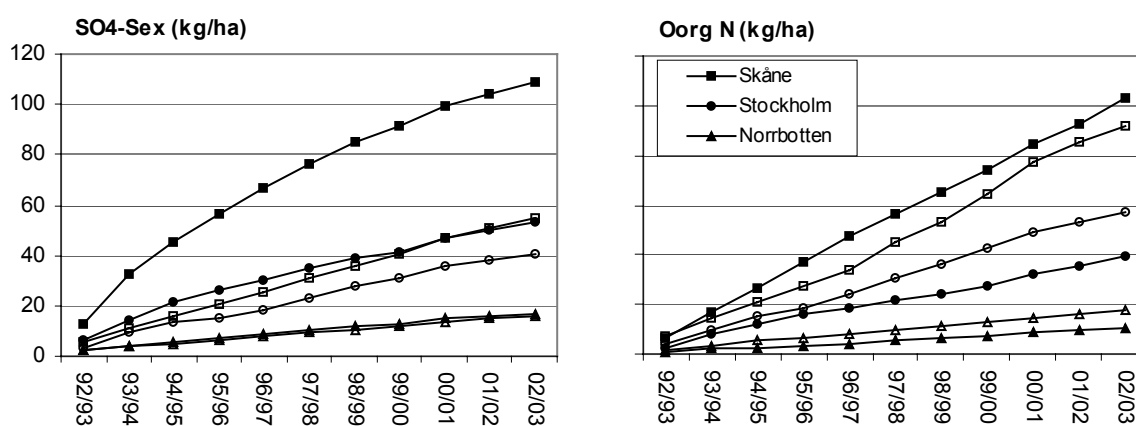
der i nedfall mellan granytor och öppet fält. Detta beror på att det totala svavelnedfallet till stor del består av torrdeposition i södra Sverige. Under 1990-talet har dock torrdepositionen minskat mer än våtdepositionen.

Kvävenedfallet till skogsytter påverkas av upptag och omvandling i trädskronorna. Trots detta är den ackumulerade depositionen av oorganiskt kväve via krondropp större i granytan än nederbördens bidrag på öppet fält i Skåne. Detta är ett resultat av det stora kvävenedfallet i regionen. Krondropp kan i sådana områden visa högre värden än öppet fält. Högre upp i landet är situationen den omvända med större uppmätt deposition på öppet fält på grund av trädskronans upptag och omvandling. Kvävebelastningen har i dessa områden varit låg eller måttlig. Den totala depositionen till skog, där upptag och omvandling i trädskronan räknats bort, är alltid högre än på öppet fält beroende på torrdepositionens bidrag. Organiskt kväve började analyseras år 2000 och det har visat att den regionala variationen i deposition varit mindre jämfört med oorganiskt kväve; i genomsnitt 1,5 kg/ha på öppet fält och 2,5 kg/ha via krondropp av organiskt kväve.

Före 1990 var den totala depositionen, och skillnaden mellan

krondropp och öppet fält, större än vad som noterats under 1990-talet. Som exempel från en lika lång period (11 år från 1985/86 till 1995/96) på en lokal i Blekinge (K 10 A) deponerades 170 kg svavel per hektar i granskog och 60 kg/ha på öppet fält. Samma period gav ett ackumulerat nedfall av oorganiskt kväve på 76 respektive 90 kg per hektar.

Den gradient som finns över landet med minskande nedfall av svavel och kväve från söder till norr återspeglas även i markvattnets sammansättning, speciellt för svavel. Betydligt högre halter av svavel i markvattnet förekommer i södra och mellersta Sverige än i Norrland. Markvattnets innehåll av oorganiskt kväve följer inte lika tydligt nedfallsgradienten utan styrs även av andra faktorer, såsom vegetationens upptag. Områden med hög deposition, och där vegetationen inte kan utnyttja de tillgängliga kvävemängderna, kan ha ett läckage av kväve till omkringliggande yt- och grundvatten. Om inte kvävenedfallets omfattning minskar finns risk för fortsatt kväveupplagring i marken, och risk för ökade arealförluster av kväve, speciellt i södra Sverige med hög ackumulerad deposition av kväve.



Figur 6. Ackumulerad deposition av antropogent sulfatsvavel och oorganiskt kväve på tre lokaler i Skåne (L05 A), Stockholm (A 35 A) och Norrbotten (BD 32 A). Fyllda symboler står för uppmätt deposition via krondropp, ofyllda för öppet fält.

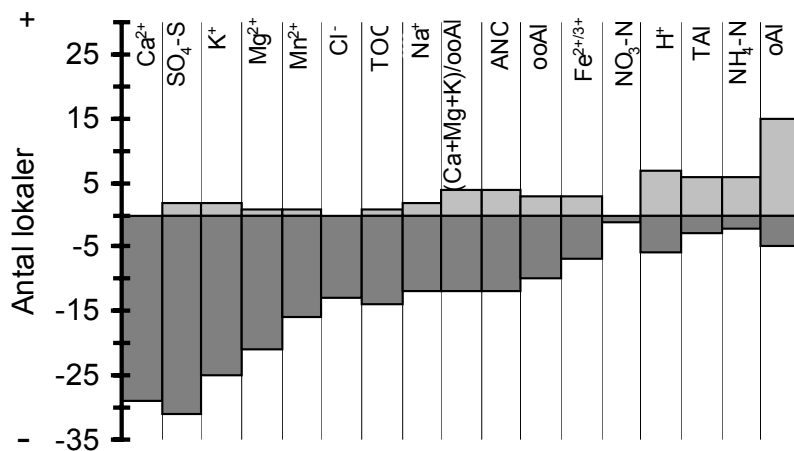
Tidsutveckling markvatten

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

Figur 7 visar att markvattnets innehåll av kalcium och kalium

har minskat signifikant på mer än hälften av lokalerna i Svealand och Norrland. På nästan lika många lokaler har halterna av magnesium minskat. En tydlig trend är sjunkande halter av sulfatsvavel. Det har noterats på två tredjedelar av alla lokaler och är en logisk följd av minskad svaveldeposition. Sjunkande halter redovisas även för klorid, mangan och organiskt kol (TOC). Förändringar av markvattnets försurningsgrad är inte lika tydliga, utan det finns exempel på både ökad och mins-

kad försurning. Markvattnets förmåga att buffra mot syror, uttryckt som ANC (se ord att förklara, sidan 4) samt kvoten mellan bas-kationer och oorganiskt aluminium har dock företrädesvis sjunkit, vilket indikerar ökad försurningsgrad. ANC påverkas förutom av försurningsbelastningen av neddallet av havssalt. Stigande halter av klorid i markvattnet kan leda till sänkt ANC, vilket har noterats på två av de tolv lokaler i Svealand och Norrland där ANC har minskat signifikant.



Figur 7. 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 (-).

Data i tabellform

Tabell 1a. Data från mätningar på öppet fält i Dalarna och Gävleborgs län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst!

Lokal	Period	Nedb mm	kg/ha →										
			H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Fulufjället (W 90 A)	02/03	678	0,07	1,5	1,4	1,4	1,2	1,5	0,7	0,4	0,6	0,6	0,07
	01/02	693	0,09	2,0	1,9	1,7	1,6	1,3	1,0	0,3	1,0	0,8	0,07
	00/01	945	0,12	2,7	2,4	4,4	2,1	1,4	2,0	0,5	2,3	1,3	0,16
	99/00	699	0,08	1,7	1,5	3,2	1,3	1,4	0,7	0,3	2,1	0,8	0,13
	98/99	806	0,13	2,1	2,0	1,7	1,7	1,2	1,3	0,3	1,1	1,1	0,08
	97/98	1066	0,17	3,1	3,0	2,1	2,3	1,6	1,8	0,4	1,7	0,9	0,13
	96/97	823	0,11	2,8	2,6	2,8	1,7	1,5	1,8	0,4	1,7	1,0	0,14
	95/96	504	0,09	2,0	2,0	1,0	1,4	1,2	1,0	0,2	0,9	0,5	0,04
	94/95	791	0,23	3,7	3,6	2,3	2,1	2,0	2,3	0,2	1,4	0,8	0,02
Galmsjön (X 05 A)	02/03	656	0,09	2,3	2,2	2,7	1,9	1,5	1,5	0,6	1,6	1,2	0,07
	96/97	615	0,08	2,7	2,6	2,5	1,7	1,7	1,2	0,3	1,7	1,2	0,08

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

Lokal	Period	Nedb mm	kg/ha →	
			oorg N	org N
Galmsjön (X 05 A)	02/03	656	3,4	1,3

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

Lokal	Period	Nedb mm	kg/ha →										
			H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Fulufjället (W 90 A)	02/03	515	0,05	1,0	0,8	4,4	0,2	0,2	1,0	0,6	1,0	6,4	0,29
	01/02	466	0,05	1,2	1,1	3,5	0,4	0,5	1,1	0,5	1,1	10,5	0,20
	00/01	706	0,11	1,9	1,7	4,1	0,3	0,3	2,2	0,8	1,6	13,2	0,82
	99/00	423	0,05	1,1	0,9	3,9	0,1	0,1	0,9	0,4	2,0	8,1	0,35
	98/99	455	0,07	1,5	1,4	2,9	0,3	0,3	1,4	0,5	1,3	7,3	0,54
	97/98	570	0,10	2,0	1,9	2,8	0,3	0,1	1,8	0,5	1,2	8,6	0,41
	96/97	550	0,10	2,2	2,0	3,8	0,2	0,2	1,9	0,6	1,4	8,2	0,50
	95/96	337	0,08	2,4	2,3	3,5	0,4	0,3	1,8	0,6	1,3	8,6	0,42
	94/95	471	0,16	5,1	4,7	7,9	0,7	1,0	3,9	1,0	2,5	13,5	0,73
Branten (W 92 A)	02/03	442	0,12	2,5	1,9	12,4	0,8	0,4					
	01/02	431	0,12	3,1	2,4	17,2	0,5	0,3					
	00/01	780	0,21	3,5	2,9	13,3	0,5	0,4					
Galmsjön (X 05 A)	02/03	402	0,06	2,2	2,0	4,7	0,7	0,4	2,0	0,9	2,1	8,1	0,57
	96/97	548	0,07	3,1	2,9	4,0	0,8	0,6	2,6	0,9	1,7	10,2	0,81

Tabell 2b. Krondroppsdata från Gävleborgs län för yta Galmsjön där organiskt kväve analyserats, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N)

Lokal	Period	Nedb	oorg N	
		mm	kg/ha →	
Galmsjön (X 06 A)	02/03	402	1,1	2,6

Tabell 3. Modellberäknade våtdepositionsdata från Dalarna och Gävleborgs län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	kg/ha →													
		mm	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺			
Fulufjället (W 90 A)	01/02	711			1,7		1,5	1,6								
Galmsjön (X 06 A)	01/02	838			2,4		2,1	2,0								

Tabell 4. Markvattendata från Gävleborgs län.

Lokal	Datum	pH	Alk		SO ₄ -S	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l →															mg/l →
Galmsjön	2003-06-23	5,5	0,028	0,021	2,46	2,38	<0,002	<0,020	0,86	0,42	3,68	0,18	<0,020	0,009	0,039	0,046	3,4	30
(X 05 A)	2003-08-06	5,3	-	0,004	2,59	2,14	<0,002	<0,020	1,20	0,53	2,80	<0,08	<0,020	<0,005	0,061	0,108	3,4	23

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 arbetet för ett bärkraftigt samhälle.

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

Forskning- 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 publikationsservice registreras i IVLs A-serie. Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

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

P.O.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 77 80
Fax: +46 472 26 77 90

www.ivl.se