



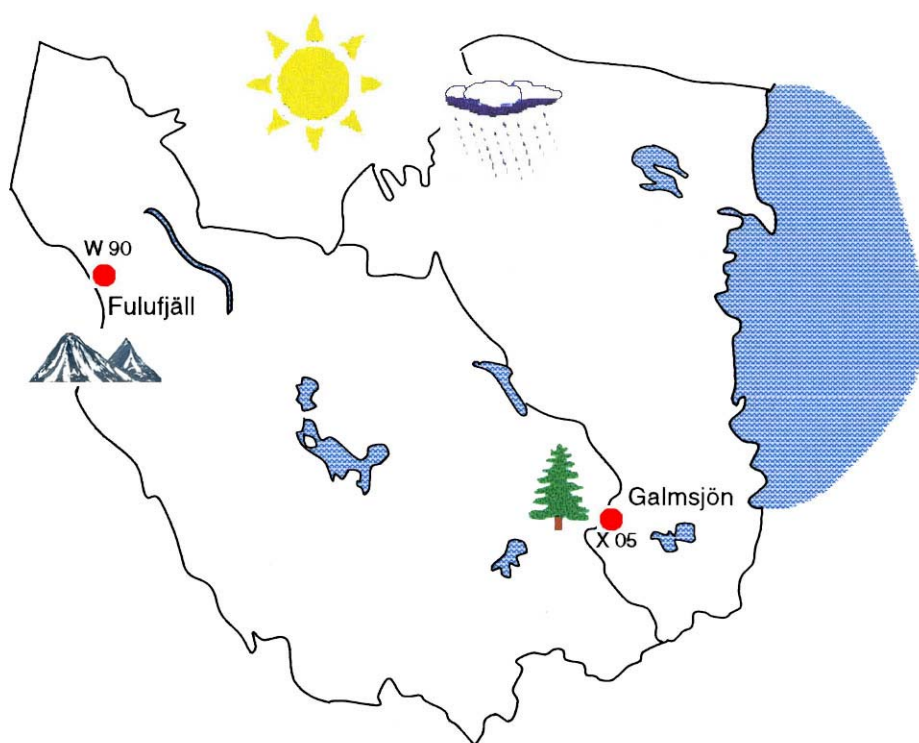
rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

För Länsstyrelserna i Dalarna och Gävleborgs län

Övervakning av luftföroreningar i Dalarna och Gävleborgs län

Resultat till och med september 2004



Anna Liljergren, redaktör
B1629
Aug 2005

För Länsstyrelserna i Dalarna och Gävleborgs län

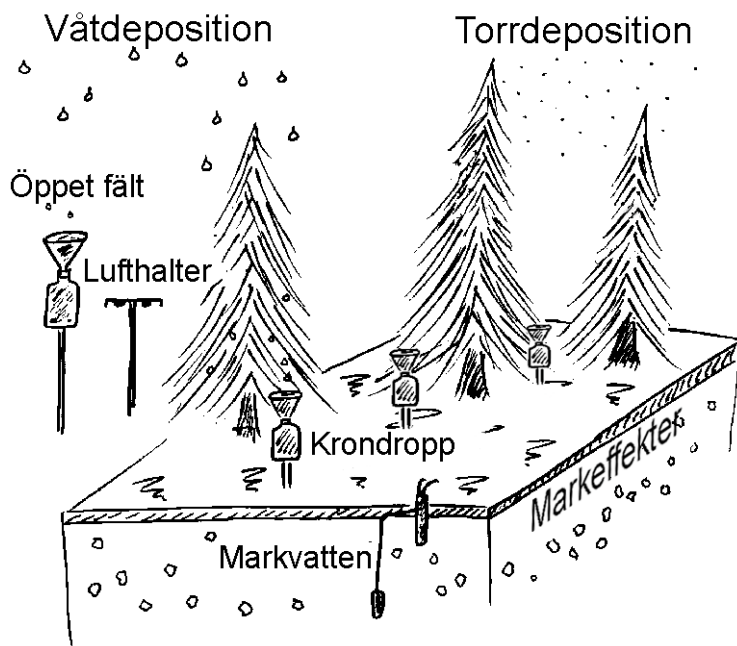
Övervakning av luftföroreningar i Dalarna och Gävleborgs län

Resultat till och med september 2004

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 2003/04 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 Götaland generellt var 2-9 kg/ha. Belastningen av oorganiskt kväve till öppet fält var måttlig jämfört med övriga ytor i Sverige under 2003/04, omkring 2 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 liksom tidigare högre nedfall än mätningarna på lägre höjd på Fulufjället. Modellberäkningar av det genomsnittliga nedfallet av både svavel och kväve för året 2002/03 till alla typer av mark och sjötytor visar att variationen mellan länets kommuner är måttlig och högst nedfall noteras i den södra och östra delen av området. Andelen av nedfallet med inhemskt ursprung är relativt liten, men större för kväve än för svavel.

Markvattenprovtagningar utförs endast i Galmsjön. Under hydrologiska året 2003/04 var markvattnets pH-värde 5,4-5,6 och halterna av baskatjoner och totalt aluminium var låga. Även kvävehalterna var låga, men på våren noterades ett något förhöjt värde. 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
Box 5302, SE-400 14 GÖTEBORG

Författare: Anna Liljergren, red.

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

IVL rapport B 1629**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	8
Kommunvis deposition	9
Tidsutveckling markvatten.....	10
Data i tabellform	11

Mer information finns på

Krondroppsnetets 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 deposition och markvatten på över 100 lokaler i Sverige (figur 2). Syftet är att kvantifiera belastning och beskriva effekter i marken. På vissa lokaler mäts lufthalter av olika föroreningar. Resultaten från undersökningarna samlas i en databas på IVL där bearbetning sker. Ett mätår är ett hydrologiskt år, från oktober till september. Resultat avseende tillstånd och tidsutveckling redovisas i årliga rapporter och på Krondroppsnetets hemsida, under www.ivl.se. Vissa ord och begrepp förklaras i faktarutan på sidan 4. Där finns även en förklaring till innehållet i stationsfigurerna, som visar resultat från enskilda lokaler.

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

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i 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 första enligt Program 2004-2006 för regional övervakning av luftföro-

reningar. 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 torr nedfall i skog samt ett program för kvalitetssäkring av mätningarna. Förutom hemsidans redovisning bestod årsrapporteringen 2004 av en samlad rapport över tidsutveckling, trendbrott och nationella miljömål (IVL Rapport B 1599), som grund för att studera utvecklingen över tiden och kunna följa upp delmålen för miljömålen "Bara naturlig försurning" och "Frisk luft". Resultat från Krondroppsnetets mätningar av deposition, tillsammans med liknande mätningar i andra länder, har utnyttjats flitigt under 2004 som underlag för att utveckla nya metoder för modellberäkningar av gränsöverskridande luftföroreningar i Europa. De nya metoderna kan med ökad precision beräkna nödvändiga utsläppsbegränsningar för nå en rad miljömål bland annat i Sverige.

Programmet 2004 till 2006, liknar i stora drag utförandet 2003, men nu finns minst en lokal per län med nederbördskemiska mätningar på öppet fält. Totalt antal skogslokaler är dock något mindre än förut. Denna rapport redovisar liksom förra året modellberäknad våtdeposition i figurer och tabeller, som jämförelse till krondroppsmätningar. Modellberäknad deposition med MATCH-Sverige, en spridningsmodell framtagen av SMHI, har också sammanställts kommunvis. Rapporten redovisar modellberäknad torr och våtdeposition, samt totaldeposition uppdelad på Sveriges eget bidrag och bidrag från andra 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 Norrland 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 Maja-Lena 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 Olle Westling. G Malm och Anna Liljergren har arbetat med databearbetning och figurframställning. A Liljergren har utvärderat och rapporterat resultaten tillsammans med O Westling och A Svensson (lufthalter).



Figur 2. Krondroppsnetet under 2003/04. 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.

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.

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. Resultat från tidigare års mätningar som inte redovisas i rapporten, finns utlagda på Krondroppsnätets hemsida

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

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 krondroppet som interncirkuleras i träden, till exempel kväve och kalium.

Under hydrologiska året 2003/04 uppmättes 665 mm nederbörd vid Fulufjället, vilket är något lägre än genomsnittet för tio års mätningar (767 mm). Nedfallet av antropogent svavel var litet och i nivå med året innan, 1,4 kg/ha på öppet fält. 1994/95 var motsvarande 3,6 kg/ha. Även nedfallet av oorganiskt kväve var lågt med mätseriens hittills lägsta notering, 2,1 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 krondropp eftersom krondropp 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 krondropp 0,2 kg oorganiskt

kväve per hektar. Under de två första åren mätningarna pågick uppmättes högre deposition av svavel via krondropp än på öppet fält. Därefter har krondroppsmätningarna visat mindre deposition än de nederbördskemiska mätningarna på öppet fält. Normalt sett bör svavel visa högre värden via krondropp. 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 i områden med låg till måttlig svavelbelastning har det blivit vanligare att krondropp visar mindre svavelnedfall än mätningarna på öppet fält. Nedfallet av oorganiskt kväve har varit högre till öppet fält än via krondropp 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 på låg höjd vid Fulufjället. Under 2003/04 uppmättes endast 3,5 kg klorid per hektar.

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 krondropp och insamlarna är placerade mitt under trädskronorna. Denna placering skiljer sig från ordinarie lokaler inom Krondroppsnätet (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 krondropp 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 krondropp varit väsentligt högre i Branten än i Fulufjället. Dock var nedfallet lägre än föregående år, vilket beror på mindre mängd uppsamlat krondropp under det senaste året, 253 mm, jämfört med 442 mm under 2002/2003. Uppmätt antropogent svavel uppgick till 1,0 kg/ha och oorganiskt kväve till 0,6 kg/ha. Även nedfallet av klorid var större i Branten (9,7 kg/ha) än i Fulufjället. 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 vitteringskapacitet, 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 krondropp 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. Självva ytan ligger i ett område som sluttar åt sydost och exponeringsgraden är sanno-

likt 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 2003/04 visade något mer nederbörds-mängd än vad som uppmättes under 1996/97, 663 mm jämfört med 615 mm. Trots den något större nederbörds-mängden var nedfallet av antropogent svavel mindre 2003/04 än 1996/97; 1,8 kg/ha jämfört med 2,6 kg/ha. Nedfallet av oorganiskt kväve var 3,2 kg/ha under 2003/04 och ligger i nivå med nedfallet 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 2003/04 uppmättes 3,2 kg organiskt kväve

per hektar, vilket summerat ger 4,3 kg kväve per hektar.

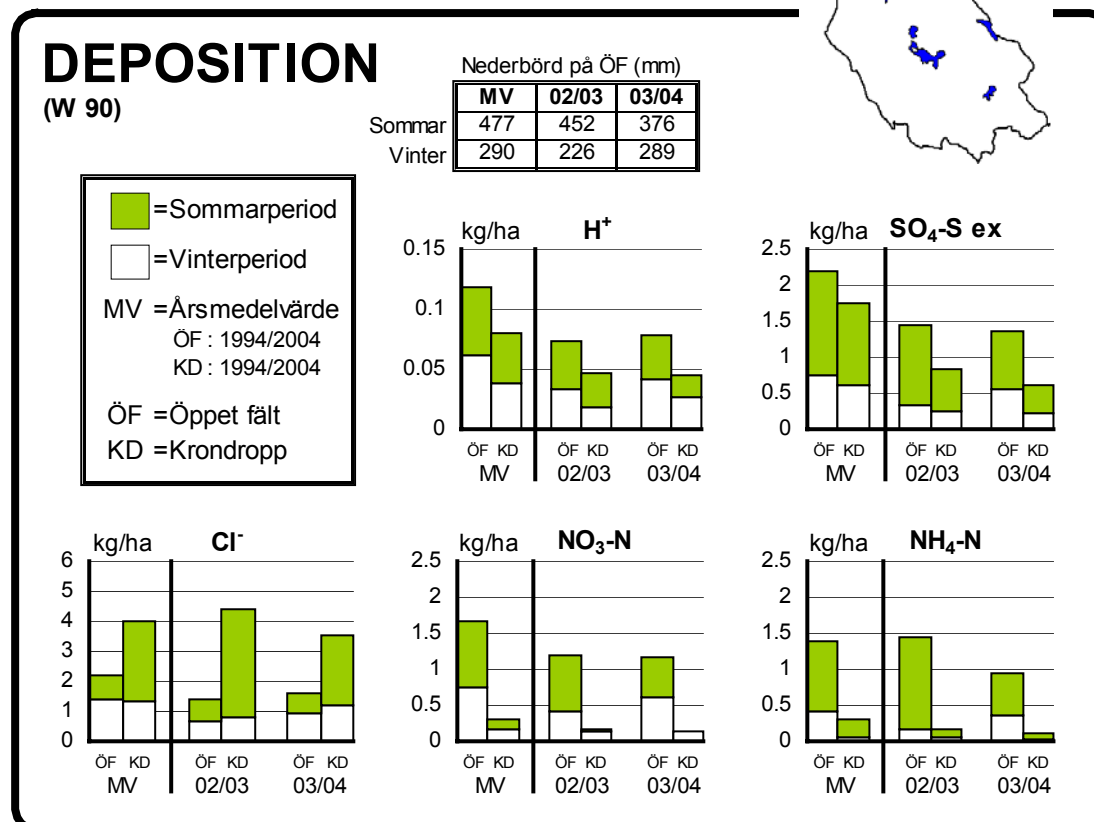
Krondroppsmätningarna under det senaste hydrologiska året visade något mer uppmätt krondropp (464 mm) än under 2002/2003, men mindre än under 1996/97 (548 mm). Nedfallet av antropogent svavel var mindre; 1,6 jämfört med 2,0 kg per hektar medan oorganiskt kväve var i nivå med föregående år, 1,1 kg/ha. Via krondropp uppmättes även 2,4 kg organiskt kväve per hektar under 2003/04, vilket summerat ger 3,5 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 grannytan 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 2003/04 kan med stor sannolikhet förklaras med minskad torrdeposition till skog. Påverkan av saltförande vindar, mätt som kloriddeposition, var 4,9 kg/ha under 2003/04 och 4,0 kg/ha under 1996/97.

Markvattenprovtagningar under 2003/04 visade att markvattnet i Galmsjön hade pH-värde mellan 5,4 och 5,6, låga baskatjonhalter samt låga halter av aluminium (0,07-0,14 mg/l), varav cirka hälften i den mer skadliga oorganiska formen. Halten av kväve var något förhöjt under våren, vilket indikerar att tillgängligt kväve inte fullt ut tagits upp av vegetationen. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium var på en tillfredsställande nivå, med ett medianvärde runt 30. Kvoter under 1 anses medföra en ökad risk för skador på ekosystemet på sikt. Markvattnets syranutraliserande förmåga, ANC, har visat låga, men dock positiva, värden.

Fulufjället (W 90)

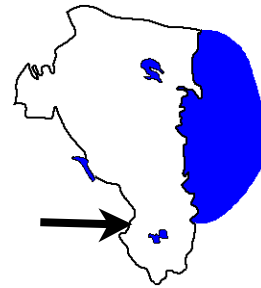
Gran



Figur 3. Depositionsdata från Fulufjället, W 90.

Galmsjön (X 05)

Gran, 74 år

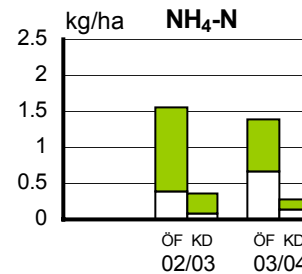
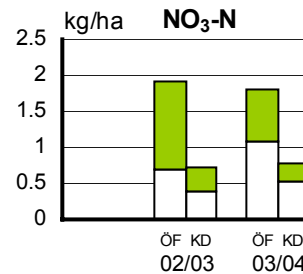
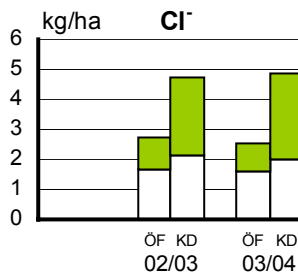
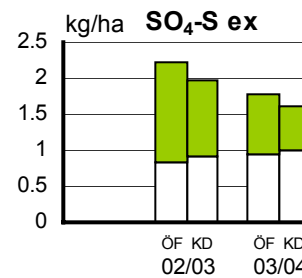
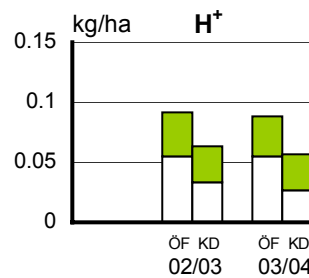
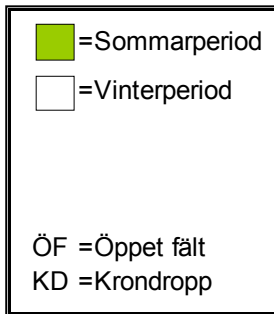


DEPOSITION

(X 05)

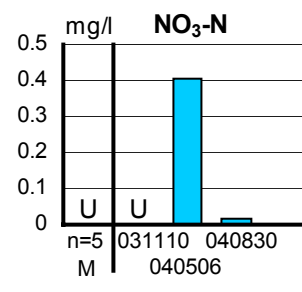
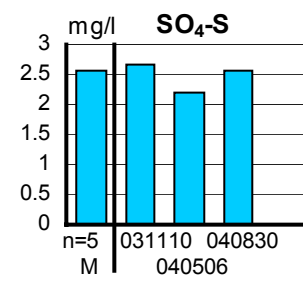
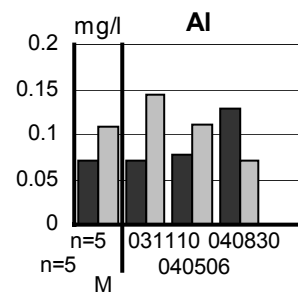
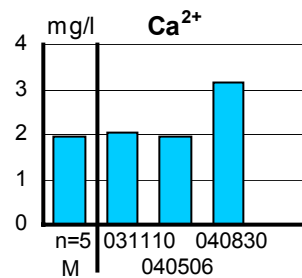
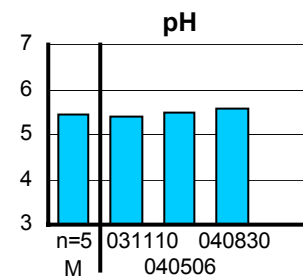
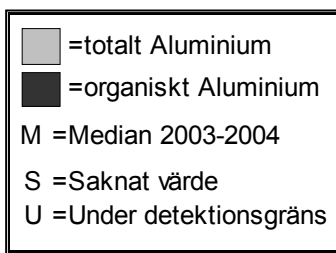
Nederbörd på ÖF (mm)

	02/03	03/04
Sommar	429	372
Vinter	227	291



MARKVATTEN

(X 05)



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

Tidsutveckling deposition

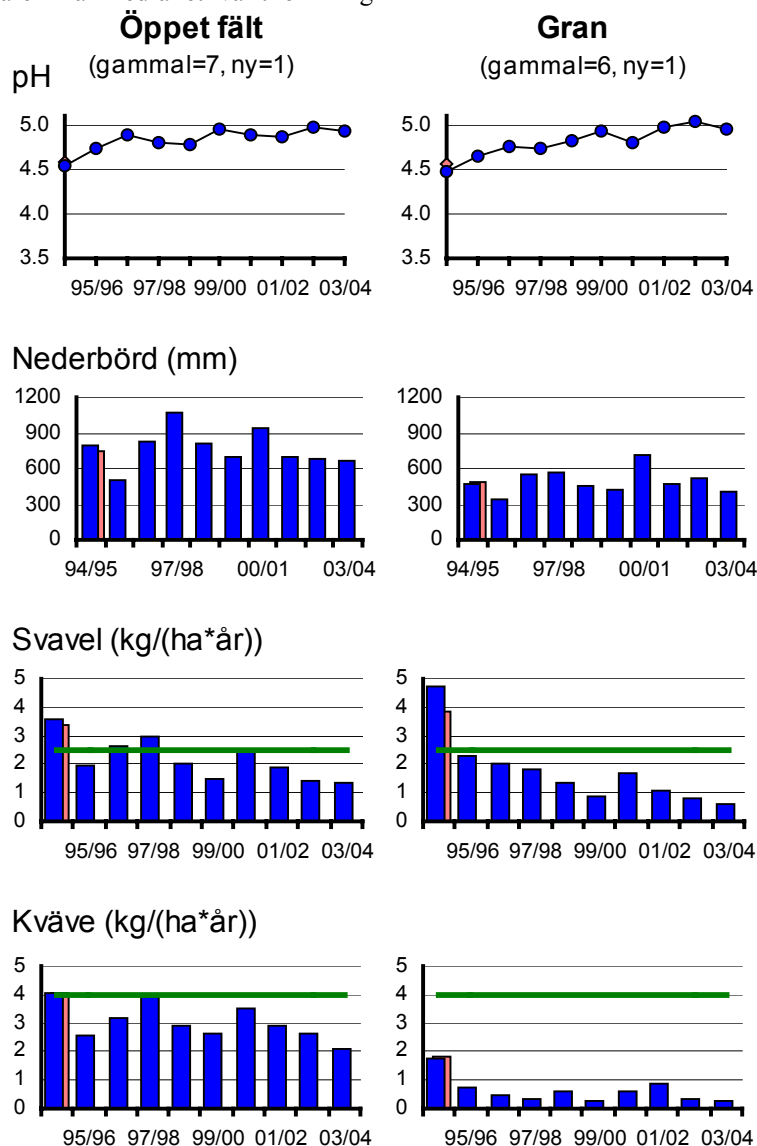
Figur 5 visar att nederbörden har blivit mindre sur sedan mätningarna startade i mitten av 1990-talet, vilket är positivt. Under mätningarnas första år var nederbördens pH-värde i genomsnitt 4,5, under de senaste åren har pH-värdet varit omkring 4,9. Under mätserien har den årliga nederbördsmängden varit mellan 500 och 1070 mm. Nederbördsmängden under det senaste hydrologiska året var 665 mm, vilket är i nivå med mätseriens genomsnitt. Nedfallet av antropogent svavel till öppet fält har minskat under de tio år som mätningarna 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 2003/04 visar ungefär samma omfattning som de tidigare nio åren.

Under det senaste hydrologiska året visade kronddroppsmätningarna i genomsnitt 0,6 kg antropogent svavel och 0,2 kg oorganiskt kväve per hektar till marken i granytan. Nedfallet av oorganiskt

kväve på öppet fält var 2,1 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 2002/03) blir total deposition till skogen 2,1-5,1 kg kväve per hektar under 2003/04. 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 (den gröna linjen i figur 5). 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.



Figur 5. Årsmedelvärden för valda parametrar på öppet fält och i granskog för de hydrologiska åren 1994/95 till 2003/04. Förutom resultat från Fulufället (hela perioden) redovisas ett medelvärde från sju lokaler i Dalarna där mätningar utfördes under 1994/95.

Kommunvis deposition

Figur 6 visar modellberäknade data för kommunvis deposition av svavel och kväve inom länet under 2002/03, uttryckt som genomsnitt i kg per ha i respektive kommun. Beräkningarna har genomförts av SMHI med MATCH-Sverige modellen (Mesoscale Atmospheric Transport and Chemistry model). Modellen är framtagen för kartläggning av total föroreningsdeposition och regional fördelning av lufthalter av svavel- och kväveföreningar över Sverige, samt för kvantifiering av Sveriges föroreningsbudget.

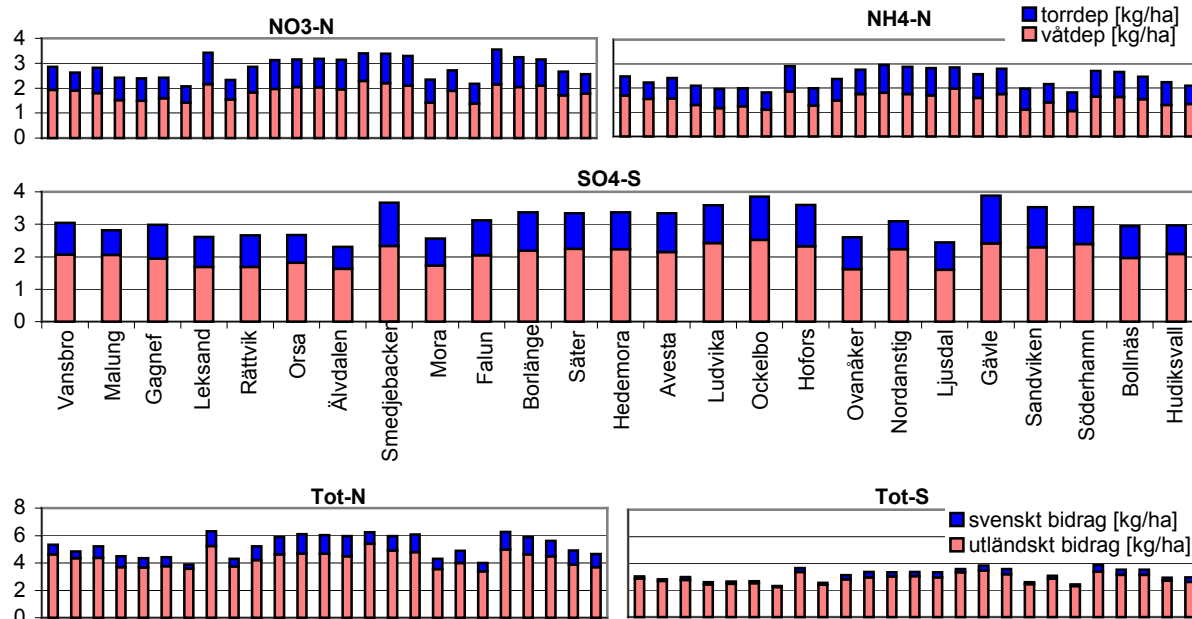
Ett rutnät på 5*5 km har använts för beräkningarna. Det beräknade nedfallet omfattar både våt och torr deposition där hänsyn tagits till fördelningen mellan skog, öppna fält och sjöytor som finns i respektive ruta. Depositionen anger därför ett genomsnitt för

rutans alla markanvändningsklasser. Det modellberäknade totala nedfallet (våt + torr deposition) av svavel är jämförbart med krondroppsmätningarna och båda måtten kan jämföras med till exempel kritisk belastning för försurning. Modellberäknat totalt nedfall av kväve uppskattar den atmosfäriska tillförseln och är inte direkt jämförbart med mätningarna. På öppet fält provtas huvudsakligen våtdeposition och nedfall av kväve i form av krondropp är påverkat av trädets interna cirkulation. Modellberäknad deposition av kväve är bäst lämpad att jämföra med kritiska belastningsgränser för försurning och övergödning.

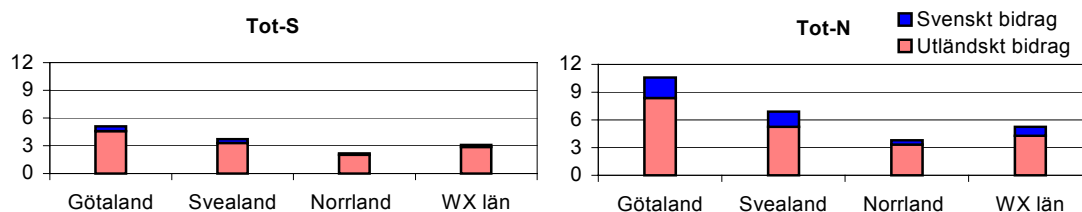
Resultaten visar att variationerna mellan kommunerna inom Dalarnas och Gävleborgs län är relativt måttliga. Kommuner i södra och östra delen av området har i regel högst deposition. Högre deposition i vissa kommuner kan även

förklaras av en större nederbördsmängd inom den kommunen.

För både svavel och kväve ligger den totala depositionen högre än den förväntade deposition år 2010 på 2,5 kg/ha respektive 4 kg/ha och år. Även utan Sveriges bidrag nås inte den nivån för närvarande i flertalet kommuner. För svavel kan konstateras att endast en liten del av depositionen har sitt ursprung i Sverige, medan motsvarande andel för kväve är mer betydande. För kväve är därför potentialen för ytterligare utsläppsminskningar inom landet större. I jämförelse med landet som helhet (figur 7) är depositionen i länen, som i övriga Mellansverige, högre än i Norrland och lägre än i södra Sverige. För svavel och kväve ligger nedfallet något lägre än genomsnittet för Svealand.



Figur 6. Modellberäknade data för kommunvis deposition av svavel och kväve i kg/ha och år under 2002/03. De tre översta diagrammen visar deposition av $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{SO}_4\text{-S}$ uppdelat på torr och våtdeposition för respektive kommun. De två nedre diagrammen visar total deposition, både våt och torr, för svavel respektive kväve, uppdelad på Sveriges eget bidrag och den andel som kommer från andra länder. Observera att skalan skiljer sig för de två nedre diagrammen.



Figur 7. Modellberäknade data för deposition av svavel och kväve i kg/ha och år i olika delar av landet.

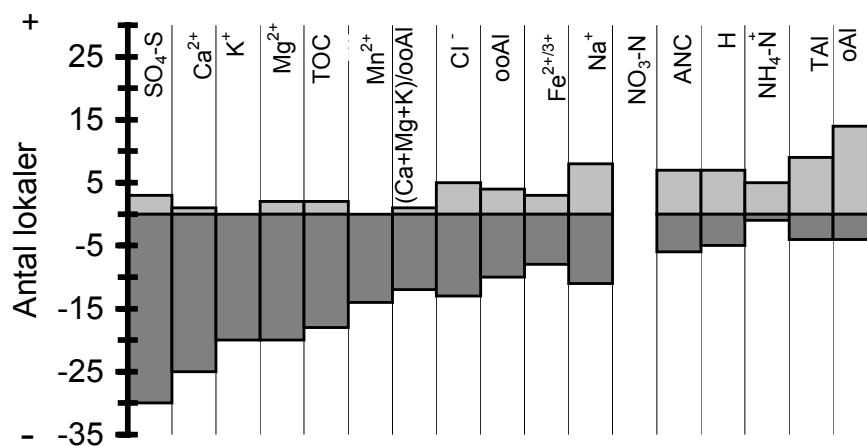
Tidsutveckling markvatten

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 minskad försurning. Markvattnets förmåga att buffra mot syror, uttryckt som ANC (se ord att förklara, sidan 4) samt kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har dock företrädesvis sjunkit, vilket indikerar ökad försurningsgrad. ANC påverkas förutom av försurningsbelastningen av nedfallet 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 8. Trendberäkningar för markvatten på 39 lokaler i Svealand och Norrland. Positivt värde på y-axeln anger antal lokaler med signifikant ökade halter (+) sedan mätningarna startade på respektive lokal. På samma sätt anger negativt värde antal lokaler med signifikant minskade värden (-).

Data i tabellform

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	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⁺
Fulufället (W 90 A)	03/04	665	0.08	1.4	1.4	1.6	1.2	0.9	0.5	0.2	1.5	0.6	0.07
	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)	03/04	663	0.09	1.9	1.8	2.6	1.8	1.4	1.2	0.3	1.8	1.2	0.09
	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	kg/ha →	
			oorg N	org N
Galmsjön (X 05 A)	03/04	663	3.2	1.1
	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	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⁺
Fulufället (W 90 A)	03/04	410	0.05	0.8	0.6	3.5	0.1	0.1	1.5	0.6	1.3	7.8	0.29
	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)	03/04	253	0.08	1.4	1.0	9.7	0.5	0.1					
	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)	03/04	464	0.06	1.8	1.6	4.9	0.8	0.3	2.6	0.8	2.5	11.8	0.52
	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	kg/ha →	
			oorg N	org N
Galmsjön (X 05 A)	03/04	464	1,1	2,4
	02/03	402	1,1	2,6

Tabell 4. Markvattendata från Gävleborgs län.

Lokal	Datum	pH	Alk ANC		SO ₄ -S Cl ⁻ NO ₃ -N NH ₄ -N				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l →		mg/l →				mol/mol									
Galmsjön (X 05 A)	2003-11-10	5,4	-	0,021	2,66	2,61	<0,002	<0,020	2,05	0,65	2,30	0,16	<0,020	0,017	0,073	0,144	4,0	30
	2004-05-06	5,5	0,042	0,048	2,21	1,52	0,406	<0,020	1,97	0,59	2,44	0,16	<0,020	0,092	0,035	0,112	3,0	60
	2004-08-30	5,6	0,076	0,137	2,56	1,68	0,016	0,027	3,15	0,78	2,70	0,28	<0,020	0,010	-	0,071	2,9	-
	median	5,4		0,021	2,56	2,14	<0,002	<0,02	1,97	0,59	2,7	0,16	<0,02	0,01	0,05	0,108	3,4	30
	<i>n</i> =	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4

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
Valhallavägen 81, Stockholm

Tel: +46 (0)8 598 563 00

Fax: +46 (0) 8 598 563 90

Säte: Stockholm

Org.nr: 556116-2446.

P.O. Box 5302, SE-400 14 Göteborg
Aschebergsgatan 44

Tel: +46 (0)31 725 62 00

Fax: +46 (0)31 725 62 90

VAT no: SE556116244601

www.ivl.se