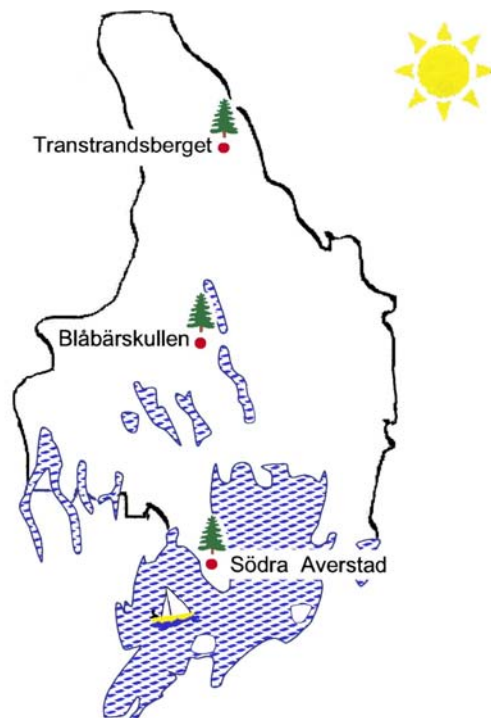


För Värmlands läns Luftvårdsförbund

## Övervakning av luftföroeningar i Värmlands län – mätningar och modellering

Hydrologiskt år: resultat t.o.m. september 2009

Kalenderår: resultat t.o.m. 2008



Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson<sup>1)</sup>, Sofie  
Hellsten, Per Erik Karlsson & Gunnar Malm

B 1904

Juni 2010

<sup>1)</sup> Lunds universitet

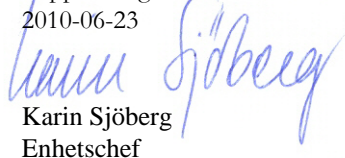


## Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Ord att förklara.....	4
Sammanfattande bedömning för Värmlands län, 2008/09.....	5
Stationsvis redovisning.....	8
Södra Averstad (S 05).....	8
Blåbärskullen (S 22).....	10
Transtrandsberget (S 23).....	12
Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå.....	14
Krondroppsnetzets roll i forskningen Exempel: Mykorrhizasvampar och kväveutlakning.....	16
Temainriktad rapport om miljömålsuppföljning med hjälp av mätningar och modellering inom Krondroppsnetzets.....	18
Nya publikationer kopplade till Krondroppsnetzets.....	18
Krondroppsnetzets webbplats.....	19
Referenser.....	19
Bilaga 1. Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	20

Rapporten godkänd

2010-06-23



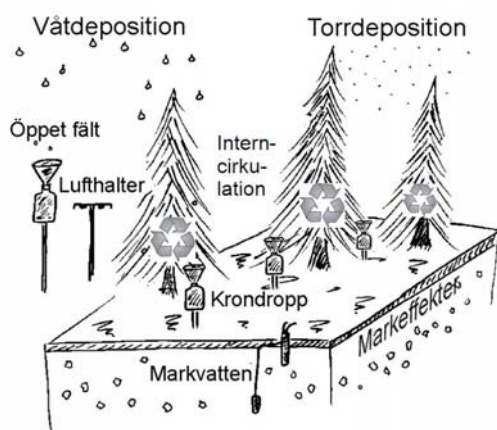
Karin Sjöberg  
Enhetschef

## Sammanfattning

På uppdrag av Värmlands läns Luftvårdsförbund mäter IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på tre platser i länet. Krondroppsnätet har sedan starten 1985 löpt i perioder och 2007 initierades det fyraåriga samarbetsprojekt som råder idag. Grundtanken med Program 2007 är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastningen av luftföroreningar och deras effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med fördjupade modellberäkningar på regional nivå som baseras på modellberäkningar på nationell nivå med hög geografisk upplösning. Denna rapport fokuserar på redovisning av mätresultat. Den modellansats som ingår rör kommunvis deposition.

Lufthalter av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och marknära ozon var samtliga låga under den senaste mätperioden vid Blåbärskullen. Nederbörden uppmättes på öppet fält-ytan i Blåbärskullen till 909 mm under 2008/09, vilket är något lägre än medelvärdet under den 13-åriga tidsserien. Detta, i kombination med låga halter i nederbörden, ledde till mätseriens lägsta nedfall av svavel och nitratkväve på öppet fält. Liknande mönster syns för deposition till de tre skogsytorna i länet. Svavelnedfallet, exklusive havssaltets bidrag, var mellan 0,7 och 1,4 kg per hektar och år på de tre ytorna, vilket är den lägsta noteringen för två av ytorna och den näst lägsta för den tredje. Även kvävedepositionen, som var mellan 1,4 och 3,6 kg per hektar och år, var låg jämfört med tidigare, och det var framför allt nitratkvävedepositionen som var lågt. På alla tre ytorna har svavelnedfallet minskat signifikant sedan mätstart. I Södra Averstad, som är den yta som varit mest utsatt för svavelnedfall, har nedfallet till skogsytan minskat från omkring 10 till under 2 kg per hektar och år under den 19-åriga mätserien. För kväve finns inga tydliga trender.

Markvattnet uppvisar signifikant minskande svavelhalter på samtliga ytor, som en följd av den minskade svavelbelastningen. Detta har lett till en viss återhämtning i den högst belastade ytan, Södra Averstad. De senaste åren har den syranutraliserande förmågan, ANC, varit positivt och pH ofta över 5. Ökningen av ANC i början av mätperioden beror dock i stor utsträckning på "återhämtningen" från en försurande havssaltsperiod i början av 1990-talet. Transtrandsberget är den näst mest försurade ytan i länet, trots att Blåbärskullen tagit emot mer nedfall. Detta beror på skillnader i markens buffrande förmåga. Kvävehalten i markvattnet har varit mycket låg på ytorna, med undantag från ett par mättillfällen då förhöjda halter uppmätts. Detta visar på att skogsekosystemet fortfarande tar hand om i stort sett allt tillgängligt kväve.



Principskiss för mätningarna. Nedfallet till skogsytorna består av vätdeposition och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronorna, vilket innebär att det som uppmäts i krondroppet är vätdeposition + torrdeposition ± interncirkulation.

**Uppdragsgivare:** Värmlands läns

Luftvårdsförbund

**Utförande organ:**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 5302,

SE-400 14 Göteborg

**Författare:** G. Pihl Karlsson, C. Akselsson,

S. Hellsten, P.E. Karlsson & G. Malm

**Nyckelord:** Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, markvatten, lufthalter, Värmlands län

**IVL rapport B 1904**

**Beställs från någon av nedanstående:**

Värmlands läns IVL, Publikationsservice

Luftvårdsförbund Box 21060

Gertrud Gybrant SE-100 31 Stockholm

c/o Länsstyrelsen i Tel: 08-598 563 00

Värmland Fax: 08: 598 563 90

651 86 Karlstad [publikationsservice@ivl.se](mailto:publikationsservice@ivl.se)

## Inledning

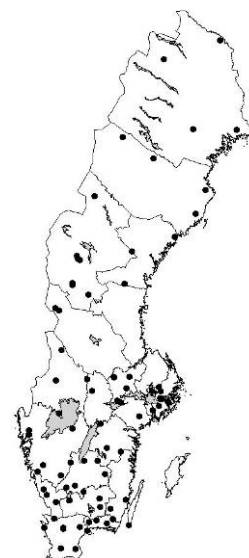
På uppdrag av främst luftvårdsförbund och länsstyrelser genomför IVL Svenska Miljöinstitutet AB sedan 1985 länsbaserade undersökningar med regional upplösning av luftföroreningar och dess effekter med avseende bland annat på försurning, övergödning och marknära ozon. Grundtanken med nuvarande samarbetsprogram, ”Program 2007”, är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för att kunna ta ett samlat grepp främst för utvärdering av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* på regional nivå. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom **Krondropps nätet** även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*.

Ett mätår är ett hydrologiskt år som motsvarar perioden 1 oktober till 30 september. Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondropps nätet webbplats, [www.krondroppsnetet.ivl.se](http://www.krondroppsnetet.ivl.se). Mätningarna av deposition används för att beräkna den årliga depositionen vid mätplatsen, men bidrar även till att visa i vilken utsträckning de nationella modellberäkningarna av depositionen ger rimliga resultat. **Deposition av luftföroreningar** mäts månadsvis inom Krondropps nätet, dels på öppet fält, dels i skogen (krondropp). Mätningarna på **öppet fält**, som skedde vid 24 lokaler 2008/09, speglar huvudsakligen våtdeposition, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden ner. **Krondroppsmätningarna**, som sker vid 62 lokaler, speglar utöver våtdepositionen även torrdepositionen, det vill säga luftföroreningar som transporteras med vinden och fastnar i trädkronorna. För vissa ämnen finns en betydande interncirkulation i trädkronorna, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den totala depositionen.

**Lufthaltsmätningar** av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon sker vid 22 lokaler med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. Lufthaltsmätningarna ger bl.a. underlag för effektbedömningar, trendanalyser och jämförelser med miljömålet *Frisk Luft*. **Markvattenmätningar** sker vid 64 lokaler med undertryckslysimetrar som suger vatten från 50 cm djup via ett fint, keramiskt filter. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år för att representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. Olika parametrar i markvattnet används som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan, samt utlakning till grund- och ytvatten, för att se i vilken utsträckning utsläppsminskningar av luftföroreningar leder till förbättringar i miljö-tillståndet.

**I likhet med förra årets rapportering** görs två typer av rapporter, dels dessa länsvisa mer direkt resultatnriktade rapporter och dels en nationell mer temainriktad rapport om hur mätningar och modellering inom Krondropps nätet kan användas för uppföljning av miljö kvalitetsmål och miljö kvalitetsnormer. I de länsvisa rapporterna kommer modellering av kommunvis deposition att presenteras, medan temarapporten kommer att innehålla en mer ingående presentation av modellresultat. Temarapporten kommer att bli klar i slutet av 2010 och finnas tillgänglig på webbplatsen samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

Undersökningarna i **Värmlands län** är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Per Larsson, Urban Nyqvist, Länsstyrelsen och Lennarth Larsson, Säffle kommun. På IVL har K. Koos skött kontakter med provtagare medan främst L. Björnberg, M. Lidqvist, P. Andersson, S. Honkala och V. Andersson har analyserat proverna. Granskning av data har huvudsakligen utförts av G. Malm, P. E. Karlsson, S. Hellsten, G. Pihl Karlsson. Databehandling och rapportering av resultaten har utförts av C. Akselsson, S. Hellsten, P. E. Karlsson samt G. Pihl Karlsson.



**Figur 1.** Krondropps nätet under 2008/09. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

## Ord att förklara

**ANC:** "Acid Neutralising Capacity" (syra-neutraliserande 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.

**Antropogent:** Orsakad av människan.

**Baskatjoner:** Positiva joner av alkalimetaller med ursprung i syra-neutraliserande föreningar; kalcium, magnesium, kalium och natrium.

**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.

**CLE:** Basscenario för depositionsminskning till 2020 enligt "Current legislation", d.v.s. de beslut om minskade utsläpp som finns inom Europa.

**Deposition:** Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

**EMEP** (European Monitoring and Evaluation Programme): Europeiskt samarbete avseende gränsöverskridande luftföroreningar för kontroll av luftens och nederbördens sammansättning samt beräkningar av transport av luftföroreningar.

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

**Intercirkulation i trädkronan:** Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronan, vilket innebär att det som uppmäts i krondropp inte överensstämmer med totaldepositionen. Exempel på ämnen som interncirkuleras är kväve som främst tas upp till barr/blad och kalcium, magnesium och kalium som främst utsöndras via barr/blad.

**Jordart:** Sönderkrossade och vittrade bergarter bildar jordarter med olika kornstorlekar och sorteringsgrad. De vanligaste jordarterna är morän, olika sediment och torv.

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

**Kritisk belastning:** Den högsta deposition som inte bedöms förorsaka långsiktiga skadliga effekter på strukturen och funktionen i ett ekosystem. Kritisk belastning beräknas bland annat för aciditet (försurande ämnen – svavel och kväve) och för övergödande kväve.

**Krondropp:** Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på totaldeposition i skog av ämnen som inte påverkas nämnvärt av interncirkulation, som

svavel och klorid, men är ett sämre mått för t.ex. kväve, som i områden med låg eller måttlig belastning visar högre värden på öppet fält än i krondropp. I kraftigt kvävebelastade områden visar krondroppsmätningar högre deposition än mätningar på öppet fält.

**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.

**Mann-Kendall:** statistisk metod för att beskriva trender.

**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).

**MATCH-Sverige:** Spridningsmodellsystem utvecklat på SMHI, för modellering av deposition av luftföroreningar.

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

**Seasonal-Kendall:** statistisk metod för att beskriva säsongsvisa trender.

**SO<sub>4</sub>-S<sub>ex</sub>:** Mängd antropogent svavel i form av sulfatjoner. Svavel från havssalt har räknats bort med hjälp av uppmätt kloridhalt. Används vid jämförelse med miljökvalitetsmål.

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

**Totaldeposition:** Summan av våt- och torrdeposition, se "Krondropp".

**Våtdeposition:** Deposition via nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbörds-kemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (MATCH-Sverige-modellen).

**Öppet fält:** Öppet område där nederbörds kemi och/eller lufthalter mäts.

## Sammanfattande bedömning för Värmlands län, 2008/09



I Värmlands län finns tre aktiva lokaler inom Krondroppsnetet (Tabell 1). Samtliga ytor är granytor. I Södra Averstad finns en 19-årig tidsserie för krondropp och markvatten. I Blåbärskullen har nedfallsmätningar över öppet fält och i skogen samt mätningar av markvattenkemi och lufthaltsmätningar genomförts sedan 13 år tillbaka. Även i Transtrandberget finns en 13-årig tidsserie med krondropp och markvattenkemi.

Värmlands län är beläget i en ganska skarp luftföroreningsgradient, där de sydligaste delarna har tagit emot nedfall av samma storleksordning som i delar av Götaland, medan nedfallet i de nordliga delarna varit mer jämförbart med nedfallet i norra halvan av Sverige. Den sydligaste ytan, Södra Averstad, är extra exponerad på grund av läget vid Väneren.

Tabell 1. Aktiva ytor i Värmlands län 2008/09.

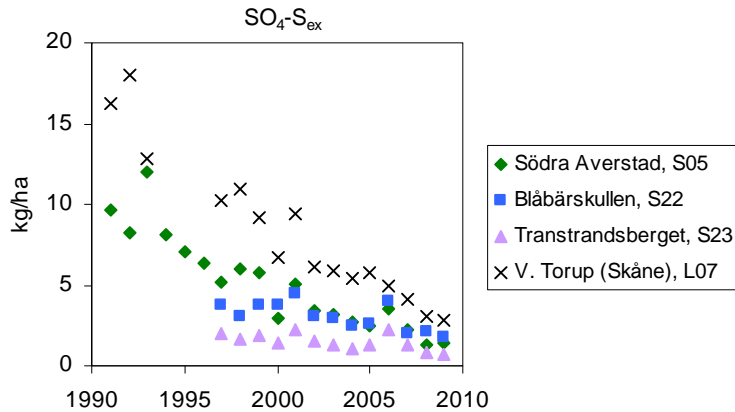
Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten	Lufthalter			
					SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>
Södra Averstad (S 05)	Gran		X	X				
Blåbärskullen (S 22)	Gran	X	X	X	X	X	X	X
Transtrandsberget (S 23)	Gran		X	X				

**Lufthalter** av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>), kvävedioxid (NO<sub>2</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>) och marknära ozon (O<sub>3</sub>) har mätts vid Blåbärskullen sedan 2000. Under 2008/09 var medelhalten av både svaveldioxid (0,3 µg/m<sup>3</sup>) och kvävedioxid (1,1 µg/m<sup>3</sup>) relativt låga, vilket även syns generellt vid övriga stationer i Sverige under 2008/09. Även medelhalten av NH<sub>3</sub> var låg under sommaren 2009 vid Blåbärskullen. När det gäller marknära ozon uppmättes den hittills lägsta sommarhalvårsmedelhalten sedan mätstarten vid Blåbärskullen under sommaren 2009 (54 µg/m<sup>3</sup>). Generellt över södra och mellersta Sverige var ozonhalterna under sommaren 2009 mycket låga, vilket kan förklaras av rådande väderleksförhållanden.

**Nedfallet av antropogent svavel** till skog har generellt varit störst i Södra Averstad och lägst i Transtrandsberget av ytorna i länet (Figur 2). I början av 1990-talet uppgick svavelnedfallet i Södra Averstad till omkring 10 kg per hektar och år. Detta är relativt mycket, vilket framgår om man jämför med en av de värst exponerade ytorna i Sverige, Västra Torup i Skåne (Figur 2), där nedfallet uppgick till drygt 15 kg per hektar och år i början av 1990-talet. Nivån kan jämföras med dagens nedfall i Södra Averstad, 1,4 kg per hektar och år. Mätningar i Blåbärskullen och Transtrandsberget startade först 1996. Då var nivåerna lägre än i Södra Averstad, och de var rimligtvis avsevärt lägre även i början av 1990-talet. Lägst nedfall har uppmätts på den nordligaste ytan, Transtrandsberget, där nedfallet aldrig överstigit 2,2 kg per hektar och år sedan mätstart. På senare år har nedfallet i Södra Averstad nått samma låga nivåer som i Blåbärskullen, något högre än vad som uppmätts vid Transtrandsberget. Nedfallet av svavel till öppet fält var 2008/09 på samma nivå som nedfallet via

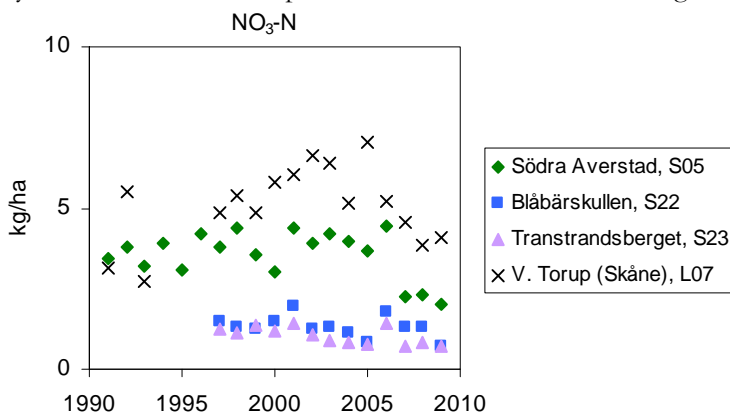


krondropp i Blåbärskullen. Detta är numera vanligt på krondroppsytor runt om i Sverige, men i början av 1990-talet var ofta depositionen via krondropp avsevärt större, på grund av den högre torrdepositionen då.



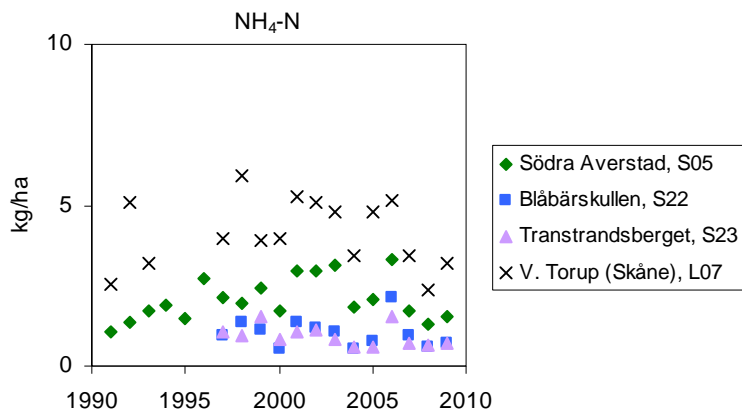
**Figur 2.** Svavelnedfall (exklusive havssaltets bidrag) på de tre skogsytorna i Värmlands län sedan mätstart, samt på en av de värst belastade krondroppsytor i Sverige, Västra Torup i Skåne.

Det totala nedfallet av kväve via skog fångas inte in genom krondroppsmätningar, eftersom en del av kvävet tas upp i kronorna och därmed inte når provtagningstrattarna på marken. Det totala nedfallet till skog är därför ofta avsevärt högre än vad som samlas in i trattarna. Tolkningen av resultaten måste därmed göras med försiktighet. Ofta används mätningar från öppet fält för att utvärdera trender för kväve, för att exkludera interncirkulationen, vilket dock innebär att torrdepositionen till skog inte kommer med i beräkningen. Med detta i åtanke kan ändå kvävenedfallet via krondropp säga en del om trender och nivåer för kväve. Kvävenedfallet via krondropp följer i stort sett samma geografiska mönster som svavelnedfallet, med högst nedfall i Södra Averstad och lägst i Transtrandsberget (Figur 3-4). Nedfallet har inte förändrats signifikant under mätperioden, förutom i Transtrandsberget som uppvisar en svag men signifikant minskning av nedfallet av nitratkväve. En jämförelse med den högexponerade ytan Västra Torup i Skåne visar att Södra Averstad generellt tog emot något mindre nitratkvävenedfall än Västra Torup, men avsevärt mer än Blåbärskullen och Transtrandsberget. Nedfallet av ammoniumkväve i Södra Averstad ligger ungefär mitt emellan nedfallet på de två nordligare ytorna i Värmlands län och nedfallet i Västra Torup. Blåbärskullen, som är den enda ytan med en sammanhängande tidsserie med öppet fält, visar att nedfallet av kväve oftast varit mellan 2 och 4 kg nitratkväve och ungefär lika mycket ammoniumkväve per hektar och år under den 13-åriga mätserien.



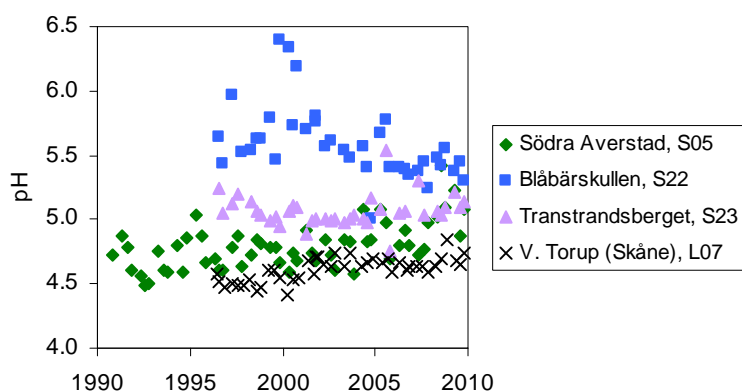
**Figur 3.** Nitratkvävenedfall på de tre skogsytorna i Värmlands län sedan mätstart, samt på en av de värst belastade krondroppsytor i Sverige, Västra Torup i Skåne.





**Figur 4.** Ammoniumkvävenedfall på de tre skogsytorna i Värmlands län sedan mätstart, samt på en av de värst belastade krongroppsytorna i Sverige, Västra Torup i Skåne.

Markvattenmätningarna på de tre ytorna i länet visar på signifikant minskade svavelhalter på alla tre ytor till följd av den minskade svavelbelastningen. För pH i markvattnet syns inga lika tydliga trender (Figur 5). I Södra Averstad, där pH oftast varit mellan 4.5 och 5, finns en svag men signifikant ökning sedan början av 1990-talet. Detta kan till viss del förklaras av minskad syrabelastning, men en havssaltsepisod i början av 1990-talet, som ledde till en kortvarig surstöt, bidrar också till en ökande trend. Transtrandsberget, som är den yta som tagit emot minst försurande nedfall, har haft något högre pH än Södra Averstad. Blåbärskullen har ofta haft pH i markvattnet som överstiger 5.5. Att det är surare i Transtrandsberget än i Blåbärskullen, trots relativt lite nedfall, kan förklaras av olika markförhållanden. pH har varierat ganska kraftigt under mätperioden och en trendanalys visar på minskande pH. Tidsperioden är dock för kort för att kunna dra några djupgående slutsatser av detta. En jämförelse med markvattenkemin i Västra Torup i Skåne visar att pH i Södra Averstad enbart varit marginellt högre än i Västra Torup. Kvävehalten har generellt varit låg på samtliga ytor. Nitratkvävehalten var kraftigt förhöjd vid ett tillfälle i Södra Averstad och ammoniumkvävehalten var förhöjd vid ett tillfälle i Blåbärskullen. Det är viktigt att fortsätta följa kvävehalterna för att se om detta var engångsföreteelser.



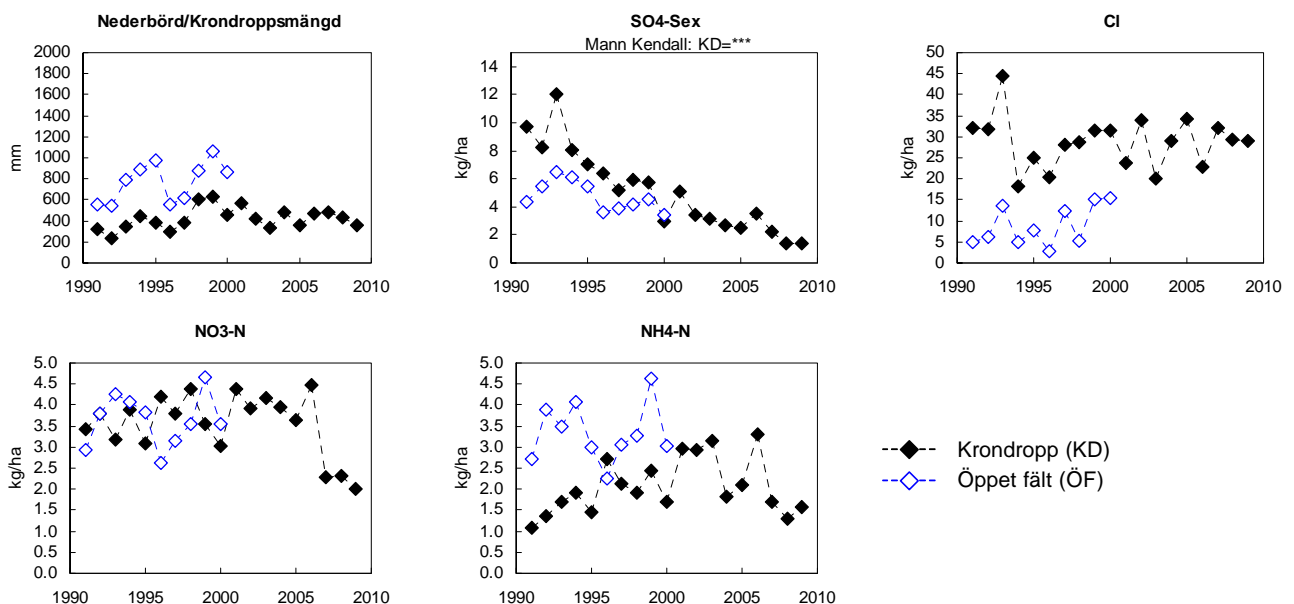
**Figur 5.** Markvattnets pH på de tre skogsytorna i Värmlands län sedan mätstart, samt på en av de värst belastade krongroppsytorna i Sverige, Västra Torup i Skåne.

## Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna. För deposition redovisas data som medelvärde för hydrologiskt år. För markvattendata visas alla mätningar som genomförts. De tre markvattenprovtagningarna som genomförs varje kalenderår avses representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. Lufthaltsdata redovisas stationsvis i texten. I Bilaga 1 återfinns data i tabellform både som medelvärde över hydrologiskt år samt som medelvärde över kalenderår. De data som presenteras i Bilaga 1 är depositionsdata, lufthalter samt markvattendata.

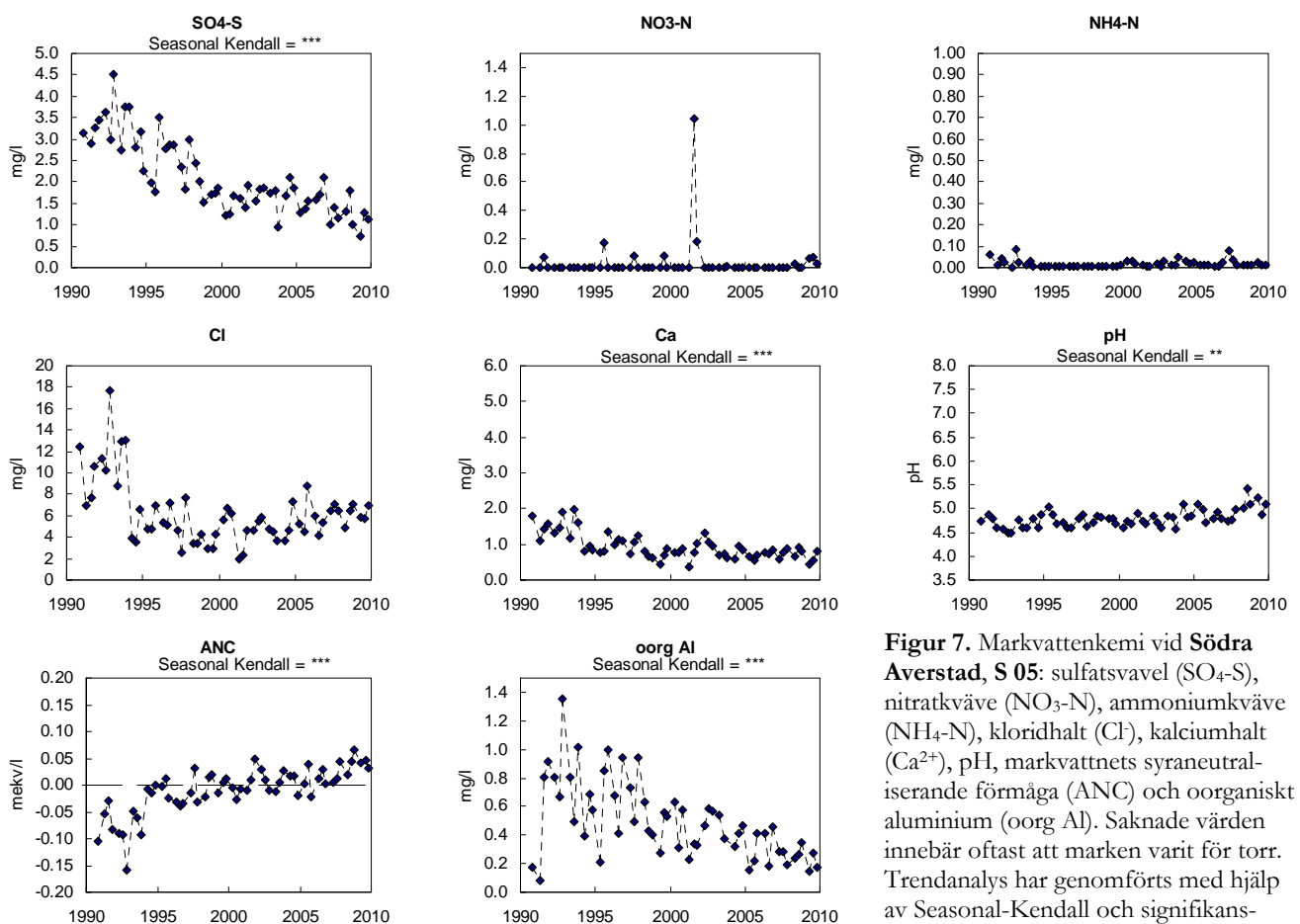
**Södra Averstad (S 05):** 78-årig granskog i ett flackt och kustnära område på Värmlandsnäs, exponerat för intransport av luftföroreningar över Väneren. Marken består av ett sandigt-moigt sediment med en jordmån klassad som övergång mellan brunjord och podsol. Södra Averstad är länets sydligaste lokal och är den lokal som haft länets högsta försurande nedfall. Mätning av deposition och markvatten startade 1990 och ytan har därmed länets längsta tidsserier. Mätningar på öppet fält avslutades i december 2000 och lufthaltsmätningarna avslutades i december 2006.

Krondroppsmängden har under den 19-åriga mätserien varierat mellan 240 och 630 mm (Figur 6). Under det hydrologiska året 2008/09 uppmättes 363 mm. Nedfallet av svavel har minskat kraftigt under mätperioden, och under 2008/09 noterades mätseriens näst lägsta värde, 1,4 kg per hektar (exklusive havssaltets bidrag). Enbart föregående år var nedfallet lägre. Kloridnedfallet via krondropp, som framför allt kommer från havssalt, var förhöjt under 1992/93, beroende på havssaltsepisoder under denna period. Efter det har kloriddepositionen varierat mellan knappt 20 och drygt 30 kg per hektar och år, och under 2008/09 uppmättes 29 kg per hektar och år. Nedfallet av kväve uppgick under 2008/09 till 3,6 kg per hektar, varav 2 kg var nitratkväve och 1,6 kg ammoniumkväve. Detta är den lägsta noteringen sedan mätstart. Nedfallet av nitratkväve har varit avsevärt lägre under de tre senaste åren jämfört med tidigare år under mätserien.



**Figur 6.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid Södra Averstad, S 05. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO<sub>4</sub>-S ex), kloridjoner (Cl), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N) och ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

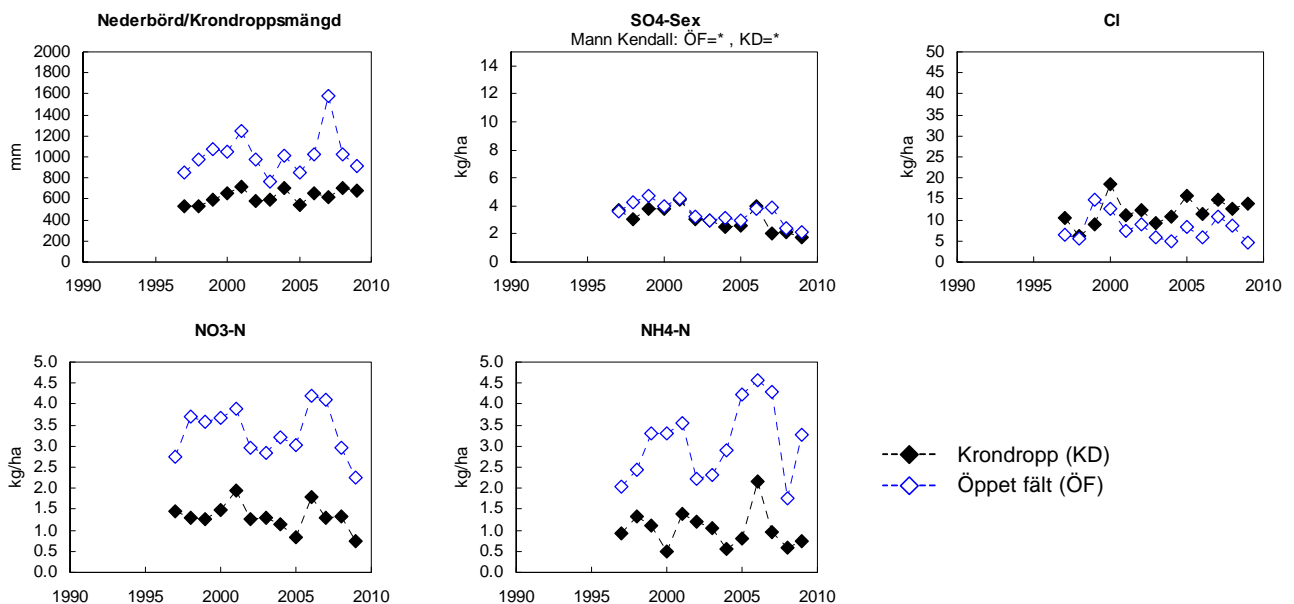
Södra Averstad har generellt även haft mest försurat markvatten i länet, med lägst pH och ANC samt högst halter av oorganiskt aluminium. Under 2008/09 var pH 4,9-5,2, vilket är samma nivå som i Transtrandsberget. I takt med att svavelnedfallet minskat har även svavelhalten i markvattnet minskat kraftigt (Figur 7). Detta har även inneburit signifikant minskad halt av kalcium, vilket beror på minskat jonbyte då jonflödet minskar. Kvävehalten har generellt varit mycket låg. Kloridhalten i markvattnet var kraftigt förhöjd i början av mätperioden, i samband med att kloridhalten i nederbörden var förhöjd till följd av havssaltsepisoder under denna period. Detta har lett till jonbyte på markpartiklarna, vilket innebar att även annat i markvattnet påverkats. Bland annat kan den förhöjda halten av kalcium och oorganiskt aluminium samt de låga ANC-värdena i början av perioden åtminstone i viss mån förklaras av havssaltsepisoderna. Havssaltsepisoderna bidrar till den signifikanta ökningen av ANC och pH samt minskningen av halten oorganiskt aluminium, men även minskningen i svavelnedfall har en viss roll i denna förändring.



**Figur 7.** Markvattenkemi vid **Södra Averstad, S 05:** sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N), ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N), kloridhalt (Cl), kalciumhalt (Ca<sup>2+</sup>), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) och oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

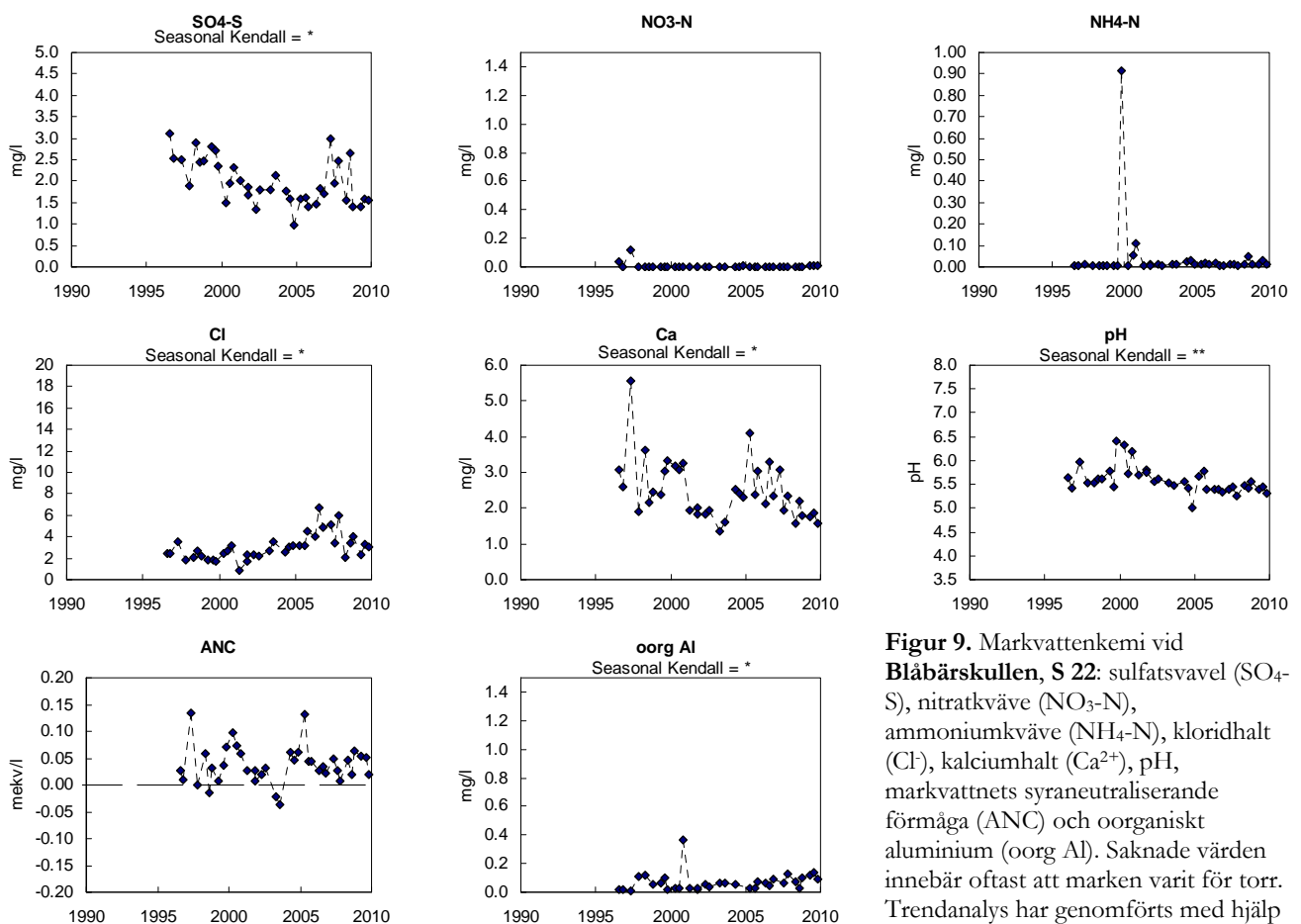
**Blåbärskullen (S 22):** 58-årig granskogsyta i centrala Värmland. Marken är en sandig-moig morän med viss kulturpåverkan. Ståndortsindex är G32. Markvattenkemimätningar samt depositionsmätningar i kronddropp och över öppet fält startade hösten 1996. Mätningarna på öppet fält ingår sedan 2001 i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning. Blåbärskullen är i nuläget den enda yta i länet där mätningar över öppet fält fortfarande utförs. Lufthaltsmätningarna startade hösten 2000.

I Blåbärskullen uppmättes under 2008/09 909 mm nederbörd på öppet fält, vilket är något lägre än medelvärdet på ytan, Figur 8. Blåbärskullen är den av de tre aktiva ytorna i länet där kronddroppsmängderna generellt är störst. Så var fallet även 2008/09 då kronddroppet uppmättes till 683 mm, medan motsvarande mätningar i Södra Averstad och Transtrandsberget gav mindre än 400 mm. Nedfallet av svavel till granytan har tidigare varit högst i Södra Averstad, men på senare år har den högsta noteringen ofta varit i Blåbärskullen. Tidigare år har den högre torrdepositionen i Södra Averstad lett till avsevärt högre deposition där, men i takt med att torrdepositionen minskat till mycket låga nivåer har kronddroppsmängdens storlek fått ökad betydelse. Under 2008/09 uppmättes 1,8 kg antropogent svavel per hektar i skogsytan i Blåbärskullen och 2,1 kg på ytan på öppet fält. Svavelnedfallet har minskat signifikant både på öppet fält och i skogsytan. Kvävenedfallet på öppet fält har generellt varit avsevärt högre än via nedfallet via kronddropp, både för nitratkväve och för ammoniumkväve. Högre nedfall av kväve på öppet fält är vanligt och kan förklaras av ett upptag av kväve i trädskronorna. Under 2008/09 deponerades 5,5 kg oorganiskt kväve per hektar på öppet fält och 1,5 kg till skogsytan. För kronddropp är detta den lägsta noteringen under tidsserien. Kloriddepositionen har oftast varit mellan 5 och 15 kg per hektar och år, och depositionen till skogsytan har vanligtvis varit något högre än på öppet fält, på grund av torrdepositionen i skogen.



**Figur 8.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via kronddropp och över öppet fält vid **Blåbärskullen, S 22**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt kronddroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO<sub>4</sub>-S ex), kloridjoner (Cl<sup>-</sup>), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N) och ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N). ÖF, öppet fält; KD, kronddropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Precis som på övriga ytor i länet har halten sulfatsvavel i markvattnet minskat signifikant under den 13-åriga mätserien, vilket åtföljts av en signifikant minskning av kalciumhalten. Trenderna bröts dock, åtminstone tillfälligt, omkring 2005 (Figur 9). Markvattnet i Blåbärskullen har generellt varit mindre försurad än i Södra Averstad och Transtrandsberget, med en median på pH-värdet på 5,5. Under 2008/09 varierade pH mellan 5,4 och 5,6. Under 13-årsperioden kan en liten men signifikant minskning i pH påvisas. Den ökade surheten syns även på signifikant ökad halt av oorganiskt aluminium, under 2008/09 uppgick halten till 0,10-0,14 mg/l, vilket dock är avsevärt lägre än på de båda andra ytorna i länet. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) har inte förändrats signifikant, utan är precis som tidigare svagt positiv. Kloridhalten har varit förhöjd ungefär mellan 2006 och 2008, vilket kan bero på påverkan av havssaltsförande vindar. Ökat kloridinflöde kan vara en del i förklaringen till att pH minskat trots att det försurande nedfallet minskat. Halten kväve har vanligtvis varit mycket låg i Blåbärskullen, precis som på övriga ytor i länet, och så var fallet även under 2008/09.



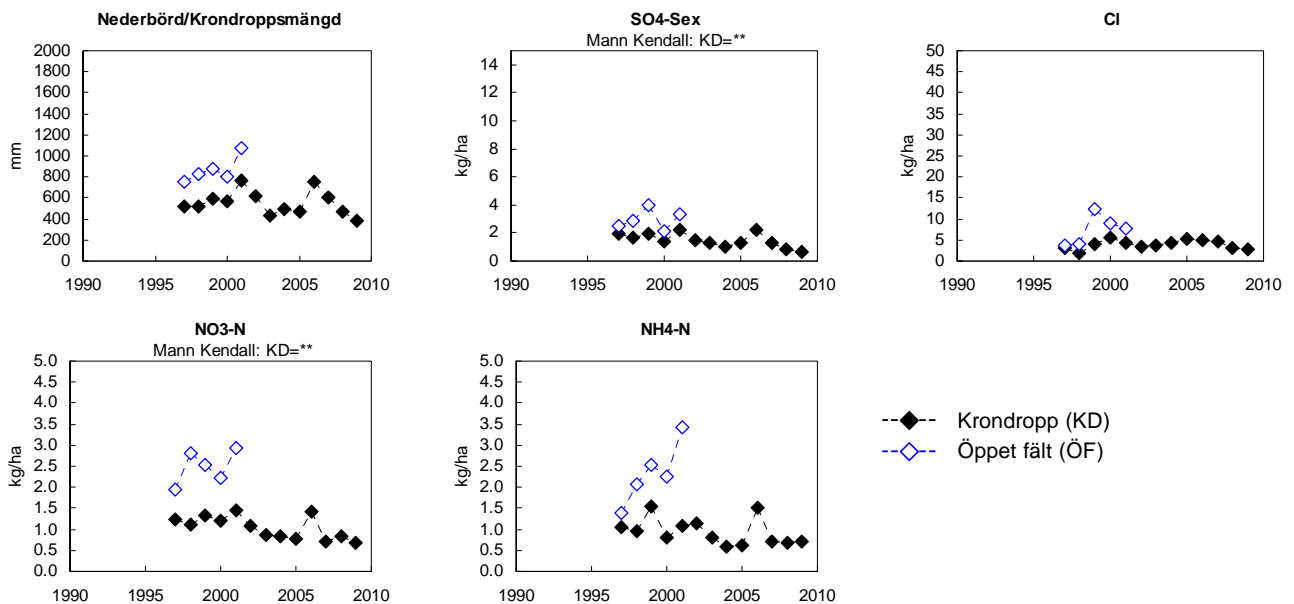
**Figur 9.** Markvattenkemi vid **Blåbärskullen, S 22:** sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N), ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N), kloridhalt (Cl), kalciumhalt (Ca<sup>2+</sup>), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) och oorganiskt aluminium (oorg Al). Sänkade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Halter i luft av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>), kvävedioxid (NO<sub>2</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>) och marknära ozon (O<sub>3</sub>) har mätts vid Blåbärskullen sedan oktober 2000. Under åren har årsmedelhalterna av SO<sub>2</sub> varierat ytterst lite, mellan 0,2 och 0,6 µg/m<sup>3</sup>. Medelhalten under mätperioden 2008/09 var 0,3 µg/m<sup>3</sup>. Årsmedelhalterna av NO<sub>2</sub> har under åren varierat mellan 0,8 och 1,3 µg/m<sup>3</sup> och under mätperioden

2008/2009 var årsmedelhalten 1,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Generellt uppmättes låga svaveldioxid- och kvävedioxidhalter över Sverige under 2008/09. Sommarhalvårsmedelhalten av  $\text{NH}_3$  har sedan mätningarnas start varierat mellan  $< 0,3$  och  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  är detektionsgränsen för  $\text{NH}_3$ ). Under sommaren 2008 var  $\text{NH}_3$ -halten som medelvärde  $0,4 \text{ mg}/\text{m}^3$ . När det gäller marknära ozon har sommarhalvårsmedelhalterna under åren varierat mellan 54 och  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , med den lägsta medelhalten under sommaren 2009. Generellt över södra och mellersta Sverige var ozonhalterna under sommaren 2009 väldigt låga, vilket kan förklaras av den relativt kyliga väderleken.

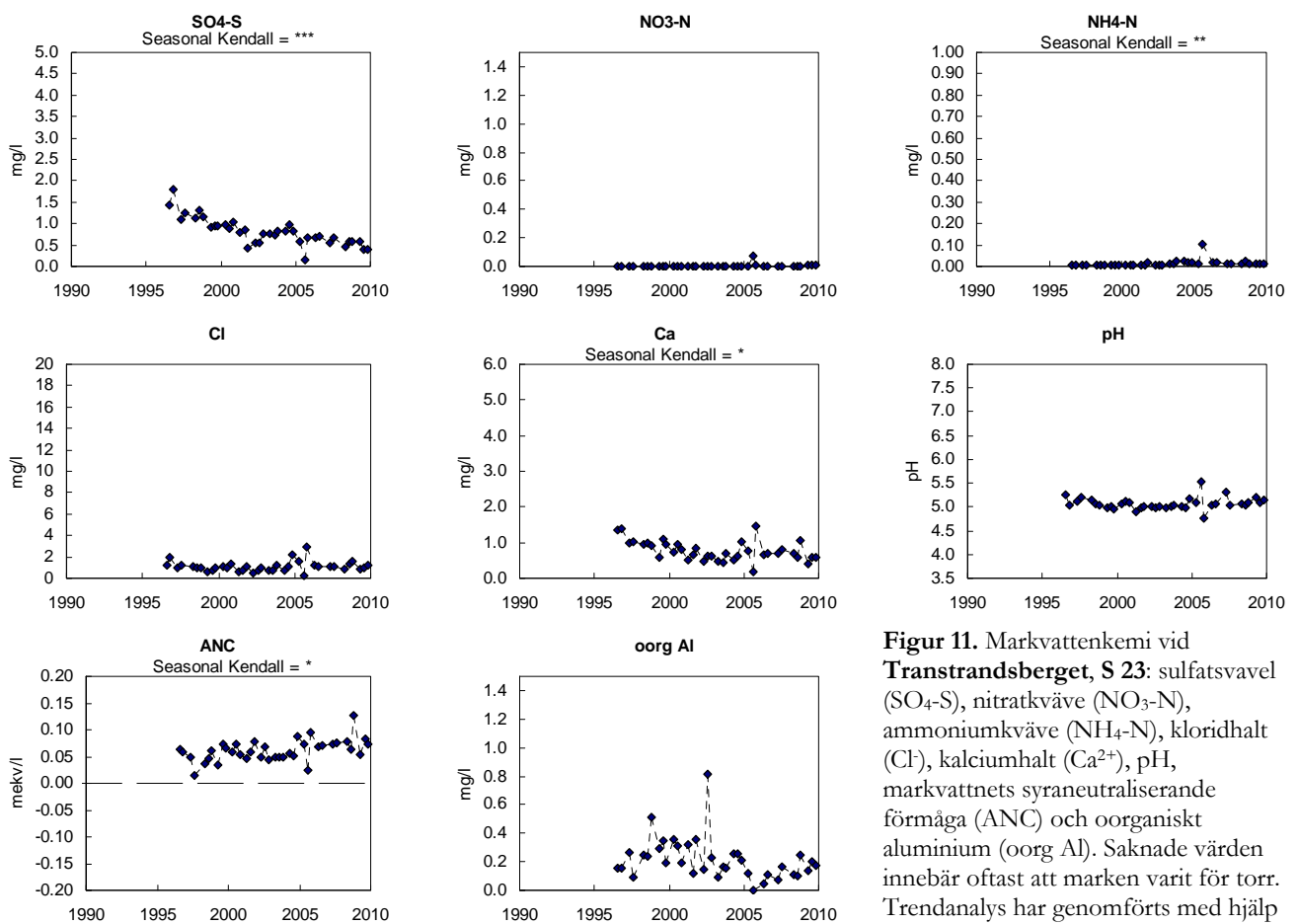
**Transtrandsberget (S 23):** Yta med 57-årig granskog på sandig-moig morän och jordmånen järnpodsol i länets nordligaste del. Ytan ligger i en sluttning mot öster och kan därigenom förväntas vara mindre utsatt för dominerande vindriktningar än lokaler i sydväst-sluttningar. Nedfallsmätningar i krondropp och över öppet fält startade 1996. Nederbördskemiska mätningar över öppet fält avslutades dock i december 2001.

Transtrandsberget har tagit emot betydligt mindre mängder svavel, kväve och klorid än övriga ytor i länet, vilket till stor del kan förklaras av det nordligare läget och att ytan ligger i en sluttning mot öster. Under den trettonåriga mätserien har depositionen av antropogent svavel minskat signifikant, från omkring 2 kg per hektar och år till under 1 kg, Figur 10. Under 2008/09 uppmättes 0,7 kg per hektar i skogsytan, vilket är den lägsta noteringen i mätserien. Kvävedepositionen via krondropp uppmättes till 1,4 kg per hektar, vilket tangerar den lägsta noteringen på ytan. För nitratkväve finns en signifikant minskande trend under mätserien. Kloriddepositionen är generellt mycket låg på Transtrandsberget. Under den 13-åriga mätserien har den aldrig överskridit 6 kg per hektar och år. Under 2008/09 deponerades 2,7 kg klorid till skogsytan.



**Figur 10.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och över öppet fält vid **Transtrandsberget, S 23**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition sedan mätningarna påbörjades redovisas för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ( $\text{SO}_4\text{-S ex}$ ), kloridjoner ( $\text{Cl}$ ), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) och ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Trots den låga depositionen på Transtrandsberget är markvattnet surare än i Blåbärskullen, vilket kan förklaras med fattigare jordar. Markvattnets pH har vanligtvis legat kring 5,0, och uppgick under 2008/09 till mellan 5,1 och 5,2. ANC varierade mellan 0,05 och 0,13 mekv/l och halten oorganiskt aluminium var 0,14-0,25 mg/l. Det minskade nedfallet av svavel har lett till en signifikant minskning av svavelhalten i markvattnet på Transtrandsberget (Figur 11). Det minskade jonflödet återspeglas även i signifikant minskad kalciumhalt. Små tecken på minskad surhet syns i markvattnet genom en liten men signifikant ökning av ANC. För pH och halten oorganiskt aluminium finns dock inga signifikanta trender. Kvävehalten har varit mycket låg under hela tidsperioden, så även under 2008/09. Även kloridhalterna har varit låga, i enlighet med den låga depositionen av klorid.



**Figur 11.** Markvattenkemi vid **Transtrandsberget, S 23:** sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N), ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N), kloridhalt (Cl), kalciumhalt (Ca<sup>2+</sup>), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC) och oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

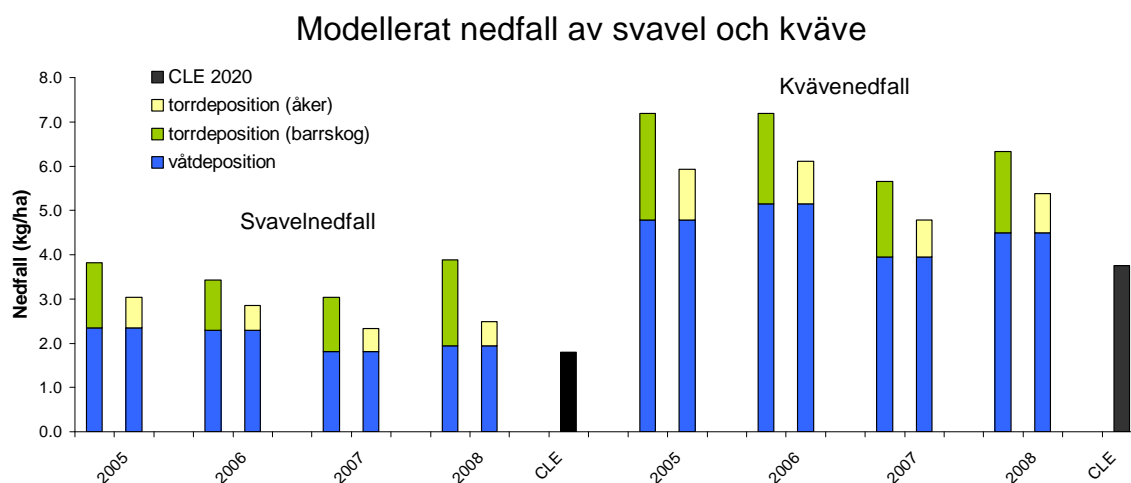


## Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå

Inom Krondroppsnetet modellberäknas deposition på regional nivå, som ett komplement till mätningarna. Detta kan ge en mer omfattande geografisk täckning, jämfört med vad mätningarna ger. Modellberäkningar ger dessutom möjlighet att utvärdera andra parametrar än de som mäts. Ytterligare en fördel är att modeller kan användas för att beräkna framtida trender vid olika utsläpps-scenarier.

I detta kapitel presenteras modellberäknat nedfall av svavel och kväve baserat på beräkningar med det s.k. "MATCH-Sverige"-modellsystemet som SMHI driver på uppdrag av Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning (Persson m.fl., 2004). I MATCH-modellen anpassas de modellberäknade halterna av föroreningar i luft och nederbörd till atmosfärskemiska mätdata från de svenska och norska EMEP-stationerna samt Luft- och nederbördskemiska nätet med hjälp av s.k. Optimal Interpolation. I förra årets rapport redovisades modellerad deposition för år 2002 - 2005. I årets rapport presenteras resultaten för år 2005 - 2008. Dessa resultat kan dock inte jämföras rakt av med de tidigare beräkningarna eftersom en ny version av MATCH-modellen har tillämpats. En skillnad är att MATCH-resultaten numera presenteras på en upplösning av 40 x 40 km istället för 20 x 20 km som tidigare.

Länsvis och kommunvis deposition för svavel och kväve i barrskog och på åkermark har tagits fram genom att beräkna medelvärdet för de depositionsrutor som ingår i respektive län/kommun (en viktning med kommunens/länets andel av arean för respektive depositionsruta). Nedfallet redovisas på länsnivå i figur 12 och på kommunnivå i Tabell 2 och Tabell 3. Där redovisas också en beräkning för år 2020 enligt depositionsscenarioet CLE, Current legislation. Detta är ett slags basscenario som utgår från dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa. För CLE-scenariet har ett medelvärde beräknats för de markanvändningsslag som ingår i länet/kommunen, och det finns därmed ingen uppdelning på barrskog och åkermark, som det gör för årsberäkningarna.



**Figur 12.** Nedfall av antropogent svavel och oorganiskt kväve (kg per hektar och kalenderår) i Värmlands län, fördelat på våt- respektive torrdeposition under 2005-2008 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen. De nedre staplarna anger våtdepositionen, och de övre staplarna anger torrdepositionen (till barrskog eller åkermark).

Svavelnedfallet (utan havssalt) i Värmlands län beräknades till omkring 3,0-3,9 kg per hektar och år i barrskog och 2,3-3,0 kg per ha på åkermark under 2005-2008. Kvävenedfallet beräknades till cirka

5,7-7,2 kg per hektar och år i barrskog och 4,8-6,1 kg på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 1,8 kg svavel och 3,8 kg kväve per hektar till år 2020.

Under 2008 var den modellerade våtdepositionen av antropogent svavel i Värmlands län 1,9 kg/ha, vilket är något lägre än det nedfall som uppmättes vid Blåbärskullen (2,4 kg/ha), den enda mätningen på öppet fält i länet. Under den aktuella perioden (2005-2008) var våtdepositionen av antropogent svavel vid Blåbärskullen i medeltal ca 50 % högre jämfört med den modellberäknade våtdepositionen för länet. Denna typ av jämförelser bör tolkas med försiktighet, eftersom mätplatsen har specifika exponeringsegenskaper som inte är representativa för länet som helhet. Dessutom är den modellberäknade våtdepositionen inte direkt jämförbar med depositionen på öppet fält eftersom en del torrdeposition deponeras i insamlingstratten (ca 10 %, jämfört med våtdepositionen). Inte heller det modellerade nedfallet till åkermark kan jämföras direkt med mätningarna på öppet fält då nedfallet till åkermark innefattar våtdeposition och torrdeposition till jordbruksgrödor, medan mätningarna på öppet fält representerar våtdeposition. Det är vanligt även i andra län att våtdeposition är högre än modellerad deposition, vilket skulle kunna indikera att modellberäkningen underskattar våtdepositionen. Svavelnedfallet i skogsytona (krondropp) uppgick till 2,8 kg/ha som ett genomsnitt under 2005-2008, vilket är lägre än den modellberäknade totaldepositionen till barrskog för motsvarande period (3,5 kg/ha).

För oorganiskt kväve var den modellerade våtdepositionen 4,5 kg/ha under 2008, vilket är i nivå med öppet fält-mätningen vid Blåbärskullen (4,6 kg/ha). I likhet med svavelnedfallet så är medelvärdet för våtdepositionen av oorganiskt kväve vid Blåbärskullen generellt sett högre (56 % högre) än den modellberäknade våtdepositionen för länet under den aktuella perioden (2005-2008). Som redan nämnts ingår även en del torrdeposition i insamlingstratten (ca 10 %) och det modellerade nedfallet representerar ett medelvärde för hela länet, medan mätningen gäller en specifik yta med specifika exponeringsegenskaper. För kväve försvåras jämförelsen ytterligare i skogsytona, eftersom modelleringen ger totaldepositionen av kväve, medan krondroppsmätningarna visar på totaldepositionen minus det som interncirkuleras i trädkronan.

**Tabell 2.** Svavelnedfall (utan havssalt) på kommunnivå i Värmlands län under 2005-2008 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

	Svavelnedfall i barrskog (kg/ha)				Svavelnedfall på åkermark (kg/ha)				CLE- scenariet*
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	2020
Arvika	4.1	3.9	3.3	4.8	3.3	3.3	2.5	3.0	1.8
Eda	4.0	3.7	3.0	4.1	3.3	3.2	2.4	2.4	1.7
Filipstad	3.3	3.0	2.7	3.6	2.7	2.5	2.1	2.2	2.0
Forshaga	4.0	3.6	3.4	4.3	3.1	3.0	2.5	2.8	2.0
Grums	4.7	4.3	4.0	5.1	3.6	3.5	2.9	3.4	2.0
Hagfors	3.2	3.0	2.4	3.5	2.7	2.6	1.9	2.1	1.8
Hammarö	4.5	3.8	3.8	4.0	3.4	3.0	2.7	2.9	1.8
Karlstad	4.3	3.7	3.7	4.3	3.2	3.0	2.7	3.0	2.1
Kil	4.5	4.0	3.9	4.6	3.4	3.2	2.8	3.2	2.0
Kristinehamn	3.9	3.2	3.5	3.4	3.0	2.6	2.5	2.5	1.8
Munkfors	3.5	3.3	2.7	4.1	2.8	2.9	2.1	2.5	1.8
Storfors	3.6	3.0	3.2	3.6	2.8	2.4	2.4	2.4	2.0
Sunne	3.5	3.3	2.7	4.2	2.9	2.9	2.1	2.5	1.8
Säffle	4.7	4.1	3.9	4.3	3.6	3.3	2.9	3.0	1.8
Torsby	2.9	2.5	1.9	2.7	2.5	2.2	1.6	1.6	1.5
Årjäng	4.7	4.8	4.0	5.1	3.7	4.0	3.1	3.2	1.9
<b>Värmlands län</b>	<b>3.8</b>	<b>3.4</b>	<b>3.0</b>	<b>3.9</b>	<b>3.0</b>	<b>2.9</b>	<b>2.3</b>	<b>2.5</b>	<b>1.8</b>

\* Ett basscenario baserat på dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa.

**Tabell 3.** Kvävednedfall på kommunnivå i Värmlands län under 2005-2008 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

	Kvävednedfall i barrskog (kg/ha)				Kvävednedfall på åkermark (kg/ha)				CLE- scenariet*
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	2020
Arvika	7.0	7.7	5.9	6.9	5.8	6.6	5.1	6.1	3.8
Eda	7.6	8.1	6.1	6.3	6.4	7.1	5.4	5.6	3.8
Filipstad	6.6	6.3	4.9	5.8	5.4	5.3	4.0	4.8	3.9
Forshaga	6.7	7.2	5.6	6.7	5.4	6.1	4.7	5.7	3.8
Grums	7.4	8.2	6.5	7.8	6.0	7.0	5.6	6.8	4.2
Hagfors	6.3	6.2	4.5	5.2	5.3	5.3	3.8	4.4	3.5
Hammarö	8.0	8.0	7.1	7.7	6.2	6.6	5.8	6.3	3.8
Karlstad	7.1	7.4	6.1	7.2	5.7	6.2	5.1	6.1	4.0
Kil	7.2	7.7	6.3	7.5	5.7	6.5	5.3	6.4	3.9
Kristinehamn	7.6	7.6	6.7	7.2	5.9	6.2	5.4	5.8	3.7
Munkfors	6.3	6.8	4.9	5.9	5.1	5.8	4.1	5.0	3.6
Storfors	7.1	7.0	5.9	6.7	5.7	5.8	4.8	5.5	4.3
Sunne	6.5	6.9	5.0	5.9	5.4	5.9	4.3	5.1	3.7
Säffle	8.6	8.9	7.4	8.0	6.8	7.5	6.1	6.6	4.2
Torsby	6.8	5.4	4.2	4.3	6.0	4.6	3.6	3.8	3.3
Årjäng	8.2	9.6	7.1	7.9	6.8	8.5	6.2	6.9	3.9
<b>Värmlands län</b>	<b>7.2</b>	<b>7.2</b>	<b>5.7</b>	<b>6.3</b>	<b>5.9</b>	<b>6.1</b>	<b>4.8</b>	<b>5.4</b>	<b>3.8</b>

\* Ett basscenario baserat på dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa (medelvärde för de markanvändningslag som ingår i kommunen).

## Krondroppsnetets roll i forskningen

### Exempel: Mykorrhizasvampar och kväveutlakning

#### Bakgrund

Långa tidsserier och god spridning över Sverige gör att Krondroppsnetet är väl lämpat som bas för olika typer av forskningsprojekt. Under 2009-2010 påbörjades omfattande studier vid Lunds Universitet, som kommer att pågå till och med 2014, med fokus på kvävedynamik i skogsmark. Studierna är finansierade av forskningsrådet FORMAS samt forskningsprogrammet LUCCI (Centrum för studier av växelverkan mellan kolets kretslopp och klimatet).

Ett av de här nämnda projektens huvudsyften är att utreda vad det är som styr kväveläckage från skogsbestånd. Frågan är viktig av många olika skäl. Kväveutlakning innebär försurning av skogsmarken samt risk för övergödning av ytvatten, samtidigt som det kan vara ett tecken på att skogen inte binder in mer kol, eftersom kol och kväve hänger nära samman i organiskt material. Inom projekten kommer effekter på kväveläckage av tidigare markanvändning, markens bördighet, beståndsålder, mikroorganismer och markens fosforstatus att utvärderas. En rad kompletterande mätningar kommer att göras och en dynamisk datormodell, ForSAFE-VEG, kommer att användas för att se om det går att återskapa vad som uppmäts. Syftet är att öka förståelsen av processerna för att kunna förbättra modellen. Detta är viktigt för att kunna simulera effekter vid ett förändrat klimat och ett mer intensivt skogsbruk. Under 2009 och 2010 har arbete påbörjats för att studera hur mykorrhiza, dvs de svampar som lever i symbios med trädrötterna, kan påverka kväveläckaget.

## Inledning

Nästan alla trädarter i boreala och tempererade skogar lever i en symbios, som kallas ektomykorrhiza, med svampar. Trädet transporterar via rötterna kol (från fotosyntesen) till svampen i utbyte mot näringsämnen och vatten. Ektomykorrhizasvamparna har med sitt fintrådiga mycel, som sträcker sig som ett heltäckande nätverk i jorden, ett mycket effektivare upptag av näringsämnen än trädet. Flera av de vanliga svampfruktkropparna i boreala skogar är ektomykorrhizasvampar (t.ex. kantarell, soppar, flugsvampar, riskor, kremlor, spindlingar och musseroner). Den största delen av svampens biomassa (ca. 80%) utgörs dock av det underjordiska svampmycelet.

När skogsmark gödglas med kväve minskar tillväxten av ektomykorrhizasvampar då träden kan ta upp kvävet själv och inte längre har någon vinning av att transportera kol till svampen. Utöver en direkt effekt av ökad kvävetillsats vid kvävedeposition gör detta att kväveläckaget kan öka då det mycket effektiva upptaget av svampmycelet minskar. Det har i kvävegödslingsförsök observerats att tillväxten av ektomykorrhizasvampar var låg vid högt kväveläckage, men den direkta effekten av svampen kunde inte särskiljas.

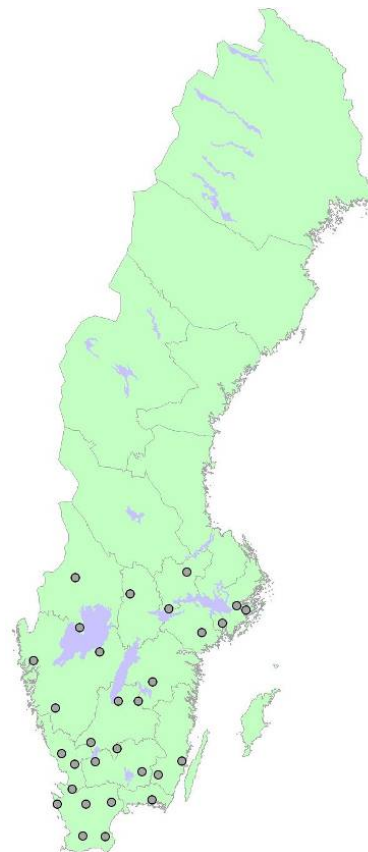
Tillväxt och biomassa av ektomykorrhizasvampar kommer i denna studie att undersökas för att utvärdera hur de är korrelerade med kvävedeposition och kväveläckage. Det kommer även att genomföras studier av kolinlagring via ektomykorrhiza samt svamparnas nedbrytningsprocesser och vilka enzym som är involverade i dessa nedbrytningsprocesser.

## Metod

Försöket genomförs i 30 av ytorna inom Krondroppsnetet (Figur 13). Samtliga aktiva granskogslokaler i södra Sverige, upp till och med S22A (Blåbärskullen, Värmland) och U06A (Hyttskogen, Västmanland) har tagits med i undersökningen. Vi analyserar tillväxten av ektomykorrhizasvampar med hjälp av svampinväxningspåsar. Svamphyfer kan växa igenom påsarnas finmaskiga nylonväv medan växtrötter stoppas. Inväxningspåsar (a' 10g, mått i cm: 8x4x1) har placerats i gränsskiktet mellan den organiska jorden och mineraljorden (ca. 5-15cm djupt). Drygt två meter ifrån varje av de fem lysimetrarna har det tagits ett jordprov av O-horisonten med en Ø:25mm provtagare. Runt denna provtagning, ca 20 cm ifrån, har sju påsar med olika innehåll placerats. Inväxningspåsar sattes ut i slutet av maj 2009 och en del av dem hämtades in hösten 2009. De kvarvarande påsar lämnas under 2-3 år för långtidsundersökningar.

## Preliminära resultat

Resultaten ifrån första säsongen baserade på en preliminär mikroskopanalys av påsar visade att ökad kvävedeposition lett till minskad tillväxt av ektomykorrhizasvampar både på lokaler med och utan stormskador.



Figur 13. Karta över de krondroppslokaler som inkluderats i försöket.

Det fanns inget tydligt samband mellan svamptillväxt och kväveläckage annat än att lokaler utan stormskador hade låg inväxning på de få platser som hade ett högt läckage, men det kunde även vara låg inväxning där det var lågt läckage. Att det inte blev ett tydligare samband med kväveläckaget kan bero på att de icke stormskadade lokalerna generellt hade ett lågt kväveläckage. Vid de stormskadade lokalerna skulle det kunna bero på att vissa mätningar gjordes på gränsen till helt stormfällda partier, vilket skulle kunna innebära en stor lokal variation då det stormfällda området antagligen läcker mycket kväve. Stormskadade lokaler hade generellt en högre svamptillväxt, vilket skulle kunna bero på att utspridda mindre stormskador kan leda till högre trädutväxt på grund av ökat ljusinsläpp, och därmed en ökad symbios.

## Fortsättning

Det är viktigt att tänka på att resultaten ovan bara är preliminära, från den första säsongen. Slutliga beräkningar kommer att baseras på laborativa mätningar på produktionen av svampbiomassa. Vi kommer även att jämföra svampinväxningen med analyser av de jordprover vi själva hämtat in. Vidare kommer nedbrytningsprocesser och kolinlagring via svampmycelet att undersökas.

*Projektet är två samarbetsprojekt mellan IVL Svenska Miljöinstitutet och Lunds universitet. Projektet om mykorrhiza finansieras av Forskningsprogrammet LUCCI och genomförs på Ekologiska Institutionen, Avdelningen för mikrobiologisk ekologi, Lunds Universitet, av doktoranderna Adam Bahr ([adam.bahr@mbioekol.lu.se](mailto:adam.bahr@mbioekol.lu.se)) och Magnus Ellström ([magnus.ellstrom@mbioekol.lu.se](mailto:magnus.ellstrom@mbioekol.lu.se)) med handledarna Håkan Wallander ([hakan.wallander@mbioekol.lu.se](mailto:hakan.wallander@mbioekol.lu.se)) och Anders Tunlid ([anders.tunlid@mbioekol.lu.se](mailto:anders.tunlid@mbioekol.lu.se)). Övriga delar finansieras av forskningsrådet FORMAS och genomförs på Institutionen för Geo- och Ekosystemvetenskap vid Lunds Universitet av Cecilia Akselsson ([cecilia.akselsson@nateko.lu.se](mailto:cecilia.akselsson@nateko.lu.se)).*

## Temainriktad rapport om miljömålsuppföljning med hjälp av mätningar och modellering inom Krondroppsnetet

Under 2010 kommer vi, i likhet med föregående år, även att presentera en nationell, mer temainriktad, rapport. Detta årets rapport kommer att handla om hur mätningar och modellering inom Krondroppsnetet kan användas för uppföljning av miljökvalitetsmål och miljökvalitetsnormer. Tanken är att temarapporten skall fungera som ett komplement till de länsvisa, resultat-inriktade rapporterna i år. Temarapporten planeras bli klar i slutet av 2010 och kommer då att finnas tillgänglig på Krondroppsnetets webbplats samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

## Nya publikationer kopplade till Krondroppsnetet

**Krondroppsnetet — Tidsutveckling för lufthalter, nedfall och markvattenkemi i relation till förändringar av Europas emissioner, IVL Rapport B 1896.**

Rapporten beskriver hur lufthalter och nedfall av svavel och kväve har förändrats över tiden sedan början på 1990-talet. Resultaten sätts också i relation till förändringarna av emissionerna i Europa under motsvarande tidsperiod. I rapporten redovisas även trenderna i markvattnet, bland annat med avseende på återhämtning från försurning och nitratkvävehalter. Resultatet kommer även att presenteras i två vetenskapliga publikationer.

### **Effekter av stormen Gudrun på kväveutlakning från skogsmark, IVL Rapport B 1926**

I denna rapport utvärderas effekter av stormen Gudrun på 35 ytor inom Krondropps nätet, framförallt med avseende på kväveutlakningen från skogsmark efter en storm. Ytorna delades in i olika skadeklasser beroende på hur stora skador ytorna erhållit i samband med stormen. Resultaten visade på ett tydligt samband mellan stormskadornas omfattning och nitrathalterna i markvattnet, med högre nitrathalter i de ytor som skadades mest. Effekten varierade dock inom samma skadeklass, vilket beror på andra faktorer som till exempel markvegetationen, kvävenedfallet, markvattnets surhetsgrad och beståndets ålder. Resultaten kommer även att presenteras i en vetenskaplig publikation.

### **Utveckling av Krondropps nätet utifrån regionala och nationella behov, IVL Rapport, U 2695**

I en nyutkommen rapport till Naturvårdsverket beskrivs Krondropps nätet roll ur miljöövervaknings- och miljömålsuppföljningshänseende samt hur Krondropps nätet kan utvecklas efter 2010. Rapporten tar bland annat upp vikten av att koppla resultaten till klimatdata och till avrinningsområden. En tydligare koppling till klimatdata gör det möjligt att analysera hur lufthalter, nedfall och markvattenkemi beror av väderförhållanden, som underlag vid bedömning av ekosystemeffekter vid klimatförändringar. Kopplingen till avrinningsområden är viktig för att bistå med användbart dataunderlag till vattenmyndigheterna i uppföljningen av vattendirektivet. Fokus de närmaste åren kommer även att vara på att syntetisera modellresultat och mätresultat på regional nivå ytterligare för att förbättra underlaget för regional miljömålsuppföljning.

## **Krondropps nätet webbplats**

Sedan hösten 2008 finns en ny webbplats för Krondropps nätet, [www.krondroppsnetet.ivl.se](http://www.krondroppsnetet.ivl.se). Där presenteras överskådligt information om hur vi arbetar inom Krondropps nätet när det gäller provtagning, analyser och databearbetning. På webbplatsen redovisas resultat från mätningarna och modellberäkningarna i form av mätdata, kartor och rapporter. Webbplatsen uppdateras kontinuerligt med ny information.

Vi hoppas att detta kommer att bli en levande webbplats, och om ni har önskemål och funderingar på dess utformning kontakta oss gärna via e-post genom: [gunilla@ivl.se](mailto:gunilla@ivl.se)

## **Referenser**

Persson C, Ressner E. och Klein T., 2004. Nationell miljöövervakning - MATCH-Sverige modellen 1999-2002. Rapportserie: SMHI Meteorologi, Nr 113.

## Bilaga 1. Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.

**Tabell A:1a.** Medelvärde under **hydrologiskt år** från mätningar över **öppet fält** i Värmlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst!

Lokal	Period	Nedb mm	H <sup>+</sup> kg/ha	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
				S	S <sub>ex</sub>								
Blåbärskullen (S 22 A)	08/09	909	0,11	2,3	2,1	4,7	2,3	3,3	1,5	0,7	3,4	1,2	0,15
	07/08	1026	0,18	2,8	2,4	8,6	3,0	1,8	2,8	0,9	5,2	1,5	0,67
	06/07	1575	0,17	4,4	3,9	11,0	4,1	4,3	2,7	1,2	7,1	3,0	0,76
	05/06	1020	0,17	4,0	3,8	5,9	4,2	4,6	1,9	0,7	4,0	2,1	0,41
	04/05	847	0,09	3,4	3,0	8,2	3,0	4,2	1,8	0,8	5,7	2,2	0,14
	03/04	1010	0,15	3,4	3,2	5,0	3,2	2,9	1,3	0,6	3,0	1,5	0,10
	02/03	767	0,10	3,3	3,0	5,7	2,8	2,3	1,5	0,7	2,9	2,1	0,15
	01/02	977	0,15	3,7	3,3	8,8	3,0	2,2	1,8	0,6	5,7	3,5	0,10
	00/01	1250	0,21	4,9	4,5	7,3	3,9	3,5	1,6	0,7	5,4	1,9	0,17
	99/00	1049	0,22	4,6	4,0	12,6	3,7	3,3	1,9	0,9	8,3	2,5	0,24
	98/99	1068	0,12	5,4	4,7	14,9	3,6	3,3	2,4	0,6	10,4	4,9	0,11
	97/98	974	0,23	4,5	4,2	5,4	3,7	2,4	2,2	0,7	3,3	3,3	0,23
	96/97	848	0,17	3,9	3,6	6,5	2,7	2,0	1,7	0,6	4,1	1,7	0,10

**Tabell A:1b.** Medelvärde under **kalenderår** från mätningar över **öppet fält** i Värmlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst!

Lokal	Period	Nedb mm	H <sup>+</sup> kg/ha	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
				S	S <sub>ex</sub>								
Blåbärskullen (S 22 A)	2008	1085	0,16	2,8	2,4	9,6	2,9	1,7	3,3	1,2	6,2	1,6	0,69
	2007	1367	0,15	3,8	3,5	7,7	3,3	3,6	2,5	0,9	5,0	2,7	0,64
	2006	1153	0,19	3,8	3,5	7,8	4,1	4,2	1,7	0,8	5,1	2,1	0,38
	2005	907	0,11	3,8	3,4	9,2	3,9	4,9	1,8	0,9	6,1	1,6	0,26
	2004	991	0,13	3,1	2,8	5,3	2,6	2,5	1,5	0,6	3,7	2,0	0,13
	2003	880	0,12	4,0	3,7	6,4	3,7	3,3	1,8	0,9	3,0	2,0	0,17
	2002	1005	0,16	3,5	3,2	8,0	2,9	1,9	1,9	0,6	5,1	3,5	0,10
	2001	887	0,13	3,4	3,2	5,4	2,5	2,5	1,1	0,4	4,0	1,9	0,13
	2000	1237	0,23	4,8	4,4	9,2	4,0	3,7	2,0	0,8	6,5	2,3	0,24
	1999	1077	0,14	6,1	5,3	18,3	3,7	4,1	2,2	0,8	13,0	5,2	0,12
	1998	1052	0,24	5,0	4,6	8,1	4,4	2,7	2,3	0,7	4,6	3,5	0,18
1997	826	0,16	3,2	3,0	5,1	2,3	1,5	1,9	0,7	3,2	1,5	0,16	



**Tabell A:2a. Öppet fältdata** från Värmlands län för ytan Blåbärskullen där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, komplett **hydrologisk årsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N) och (orgN = Kj-N - NH<sub>4</sub>-N)

Lokal	Period	Nedb mm	oorg N		org N	TOC
			kg/ha	→		
Blåbärskullen (S 22 A)	08/09	909	5,5		1,3	13
	07/08	1026	4,7		0,9	23
	06/07	1575	8,4		1,6	
	05/06	1020	8,8		2,1	25
	04/05	847	7,2		2,7	17
	03/04	1010	6,1		1,4	15
	02/03	767	5,1		2,2	31
	01/02	977	5,2		2,7	37
	00/01	1250	7,4		1,9	36
	99/00	1049	7,0			
	98/99	1068	6,9			
	97/98	974	6,1			
	96/97	848	4,8			

**Tabell A:2b. Öppet fältdata** från Värmlands län för ytan Blåbärskullen där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, deposition på **kalenderår**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N) och (orgN = Kj-N - NH<sub>4</sub>-N)

Lokal	Period	Nedb mm	oorg N		org N	TOC
			kg/ha	→		
Blåbärskullen (S 22 A)	2008	1085	4,5		1,1	24
	2007	1367	6,9		1,4	
	2006	1153	8,3		1,8	27
	2005	907	8,8		2,8	16
	2004	991	5,1		1,3	13
	2003	880	7,0		2,6	35
	2002	1005	4,8		2,1	34
	2001	887	5,0		2,3	33
	2000	1237	7,7			
	1999	1077	7,8			
	1998	1052	7,0			
	1997	826	3,8			

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

Lokal	Period	Nedb mm	H <sup>+</sup> kg/ha	SO <sub>4</sub> -	SO <sub>4</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>
				S	S <sub>ex</sub>								
Södra Averstad (S 05 A)	08/09	363	0,04	2,8	1,4	28,9	2,0	1,6	4,2	2,6	15,6	13,3	2,17
	07/08	435	0,06	2,7	1,3	29,2	2,3	1,3	4,8	2,6	16,8	16,2	0,81
	06/07	477	0,05	3,7	2,2	32,1	2,3	1,7					
	05/06	469	0,08	4,6	3,6	22,9	4,5	3,3					
	04/05	362	0,06	4,1	2,5	34,4	3,6	2,1					
	03/04	483	0,09	4,0	2,7	29,1	3,9	1,8					
	02/03	330	0,06	4,1	3,2	20,2	4,2	3,1					
	01/02	426	0,06	5,0	3,4	33,9	3,9	2,9					
	00/01	564	0,08	6,2	5,1	23,8	4,4	3,0					
	99/00	462	0,08	4,4	2,9	31,6	3,0	1,7					
	98/99	628	0,14	7,2	5,7	31,5	3,6	2,4	6,4	3,1	17,7	19,3	0,46
	97/98	607	0,13	7,3	6,0	28,8	4,4	1,9					
	96/97	383	0,10	6,5	5,2	28,1	3,8	2,1					
	95/96	298	0,09	7,3	6,4	20,4	4,2	2,7					
	94/95	384	0,13	8,2	7,1	25,0	3,1	1,5	6,3	3,0	14,6	13,0	0,78
	93/94	445	0,20	8,9	8,1	18,4	3,9	1,9	5,2	2,6	11,3	11,3	0,53
	92/93	350	0,19	14,1	12,1	44,6	3,2	1,7					
	91/92	237	0,19	9,7	8,2	31,8	3,8	1,4					
	90/91	324	0,30	11,2	9,7	32,0	3,4	1,1					
Blåbärskullen (S 22 A)	08/09	683	0,05	2,4	1,8	13,8	0,7	0,7	3,4	1,3	7,3	15,5	1,46
	07/08	708	0,07	2,7	2,1	12,7	1,3	0,6	3,7	1,3	7,4	13,6	1,35
	06/07	620	0,05	2,7	2,0	14,8	1,3	1,0	3,5	1,3	7,5	13,8	1,41
	05/06	658	0,07	4,5	4,0	11,3	1,8	2,1	4,0	1,3	6,0	15,5	1,29
	04/05	538	0,03	3,3	2,5	15,8	0,8	0,8	4,1	1,5	8,1	11,9	1,51
	03/04	701	0,08	3,0	2,5	10,8	1,1	0,6	3,3	1,2	5,0	13,1	1,02
	02/03	588	0,04	3,4	2,9	9,3	1,3	1,1	2,9	1,3	4,3	9,2	0,76
	01/02	584	0,03	3,6	3,0	12,4	1,3	1,2	3,9	1,3	6,6	11,9	0,98
	00/01	718	0,06	4,9	4,4	11,1	1,9	1,4	5,0	1,6	6,6	14,6	1,66
	99/00	659	0,06	4,6	3,8	18,5	1,5	0,5	4,7	1,6	10,3	13,4	1,67
	98/99	594	0,06	4,2	3,8	8,8	1,3	1,1	2,9	0,9	5,2	9,1	1,33
97/98	530	0,06	3,3	3,0	6,2	1,3	1,3	2,4	0,8	3,2	8,2	0,55	
96/97	534	0,06	4,2	3,7	10,5	1,5	0,9	3,2	1,1	5,7	10,6	1,00	
Transtrandsberget (S 23 A)	08/09	385	0,03	0,8	0,7	2,7	0,7	0,7	0,8	0,4	2,5	3,1	0,30
	07/08	464	0,05	1,0	0,8	3,1	0,8	0,7	1,3	0,6	2,1	4,7	0,54
	06/07	607	0,05	1,5	1,3	4,6	0,7	0,7	2,2	1,0	2,6	8,8	1,41
	05/06	753	0,05	2,5	2,2	4,9	1,4	1,5	3,2	1,0	2,5	9,3	0,93
	04/05	469	0,03	1,6	1,3	5,3	0,8	0,6	2,9	0,9	4,3	3,4	0,44
	03/04	494	0,04	1,2	1,0	4,4	0,8	0,6	1,2	0,5	2,4	4,1	0,18
	02/03	435	0,03	1,5	1,3	3,7	0,9	0,8	0,9	0,5	1,9	3,6	0,11
	01/02	618	0,04	1,7	1,5	3,5	1,1	1,1	1,1	0,4	2,0	3,9	0,13
	00/01	764	0,06	2,4	2,2	4,2	1,4	1,1	1,4	0,6	2,8	5,7	0,53
	99/00	565	0,06	1,6	1,4	5,5	1,2	0,8	1,0	0,5	3,5	3,5	0,38
	98/99	587	0,05	2,1	1,9	4,0	1,3	1,6	1,6	0,5	2,4	4,0	0,35
97/98	523	0,06	1,8	1,7	1,9	1,1	1,0	1,1	0,4	0,9	3,3	0,31	
96/97	518	0,06	2,1	2,0	3,2	1,2	1,0	1,2	0,5	1,6	2,8	0,38	

**Tabell B:1b. Krondroppsdata** från Värmlands län, årsdeposition på **kalenderår**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
			mm	kg/ha	S	S <sub>ex</sub>	→	N	N				
Södra Averstad (S 05 A)	2008	459	0,06	2,8	1,2	34,2	1,9	1,3	4,9	2,8	19,0	16,3	0,93
	2007	365	0,04	3,2	2,0	25,7	2,1	1,6	4,1	2,4	14,0	12,5	0,46
	2006	529	0,08	4,6	3,4	25,0	4,1	3,3					
	2005	314	0,05	3,6	2,3	26,8	3,8	2,2					
	2004	488	0,08	4,4	2,7	37,1	3,4	1,6					
	2003	370	0,07	4,5	3,4	24,6	4,5	2,6					
	2002	480	0,07	4,9	3,6	28,6	4,6	3,6					
	2001	385	0,06	5,0	3,8	27,1	3,9	2,5					
	2000	555	0,08	5,4	4,0	30,3	3,4	1,9					
	1999	636	0,13	6,3	4,9	30,8	3,2	2,5	6,3	3,0	17,4	16,4	0,45
	1998	587	0,12	7,0	5,5	31,9	4,0	1,9					
	1997	445	0,13	7,0	5,9	24,7	4,3	2,3					
	1996	320	0,09	7,6	6,5	22,0	4,1	2,5					
	1995	362	0,12	7,2	6,1	23,1	3,0	1,6	5,5	2,5	13,5	11,6	0,55
	1994	379	0,16	7,9	6,8	23,8	3,7	1,6	6,0	3,1	13,5	12,0	0,71
	1993	382	0,19	10,5	8,8	37,8	3,4	2,0					
1992	346	0,26	15,4	13,7	37,1	4,3	1,4						
1991	251	0,26	9,6	8,2	29,3	3,1	1,0						
Blåbärskullen (S 22 A)	2008	743	0,06	2,4	1,6	15,6	1,0	0,4	3,5	1,4	8,7	15,7	1,46
	2007	592	0,05	2,8	2,3	10,1	1,2	0,7	3,4	1,3	5,9	11,7	1,20
	2006	681	0,07	3,8	3,2	14,0	1,9	2,4	3,8	1,3	6,8	17,1	1,46
	2005	560	0,05	4,1	3,4	15,9	1,2	0,9	4,6	1,5	8,6	13,2	1,48
	2004	691	0,07	2,9	2,3	14,1	0,9	0,6	3,7	1,3	6,6	13,6	1,17
	2003	619	0,05	3,7	3,3	9,3	1,3	1,0	3,0	1,4	4,3	9,9	1,12
	2002	622	0,03	3,2	2,7	10,9	1,3	1,1	3,2	1,1	5,9	10,8	0,55
	2001	569	0,04	3,7	3,2	10,8	1,4	1,0	5,0	1,5	5,9	12,3	1,40
	2000	695	0,06	4,7	4,1	13,5	1,6	0,9	3,3	1,4	8,4	13,8	1,34
	1999	706	0,07	5,5	4,8	15,5	1,6	1,0	5,4	1,6	8,3	12,3	2,09
	1998	506	0,06	3,6	3,3	7,3	1,4	1,5	2,4	0,7	3,9	8,4	0,69
1997	502	0,05	3,2	2,8	7,8	1,1	0,7	2,8	0,9	4,2	9,1	0,78	
Transtrandsberget (S 23 A)	2008	501	0,05	1,0	0,9	3,8	0,9	0,8	1,4	0,7	3,4	5,2	0,64
	2007	509	0,05	1,1	0,9	3,4	0,6	0,5	1,5	0,8	1,7	7,1	1,01
	2006	860	0,06	2,7	2,4	5,8	1,4	1,6	3,5	1,2	3,2	10,8	1,32
	2005	466	0,03	1,7	1,5	5,0	0,9	0,8	3,0	0,8	4,2	3,2	0,38
	2004	482	0,03	1,2	1,0	4,6	0,7	0,6	1,4	0,6	2,6	4,4	0,29
	2003	451	0,03	1,5	1,4	3,9	1,0	0,8	1,0	0,6	1,9	3,7	0,15
	2002	585	0,04	1,5	1,3	3,6	1,1	1,1	1,0	0,4	2,1	3,9	0,08
	2001	628	0,05	1,8	1,6	3,3	1,1	0,9	1,0	0,4	2,1	4,9	0,34
	2000	674	0,06	2,2	1,9	5,1	1,4	1,0	1,2	0,6	3,3	4,4	0,48
	1999	621	0,05	2,2	2,0	5,3	1,4	1,6	1,8	0,6	3,3	4,1	0,49
	1998	505	0,05	1,7	1,6	2,2	1,0	1,0	1,2	0,4	1,1	3,5	0,23
1997	492	0,07	1,8	1,7	2,3	1,1	0,8	1,1	0,5	1,1	2,5	0,35	

**Tabell B:2a. Krondroppsdata** från Värmlands län för ytor där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, komplett **hydrologisk årsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N) och (orgN = Kj-N - NH<sub>4</sub>-N)

Lokal	Period okt-sep	Nedb mm	oorg N kg/ha →	org N	TOC
Södra Averstad (S 05 A)	08/09	363	3,6		
	07/08	435	3,6		
	06/07	477	4,0		
	05/06	469	7,8		
	04/05	362	5,7		
	03/04	483	5,8		
	02/03	330	7,3		
	01/02	426	6,8		
	00/01	564	7,3		
	99/00	462	4,7		
	98/99	628	6,0		
	97/98	607	6,3		
	96/97	383	5,9		
	95/96	298	6,9		
	94/95	384	4,5		
	93/94	445	5,8		
92/93	350	4,9			
91/92	237	5,2			
90/91	324	4,5			
Blåbärskullen (S 22 A)	08/09	683	1,5	2,3	83
	07/08	708	1,9	1,9	85
	06/07	620	2,2	2,2	71
	05/06	658	3,9	2,5	68
	04/05	538	1,6	1,8	55
	03/04	701	1,7	2,2	85
	02/03	588	2,3	2,4	59
	01/02	584	2,5	2,6	56
	00/01	718	3,3	3,0	74
	99/00	659	2,0		
	98/99	594	2,4		
	97/98	530	2,6		
96/97	534	2,4			
Transtrandsberget (S 23 A)	08/09	385	1,4	0,8	
	07/08	464	1,5	1,1	
	06/07	607	1,4	1,7	
	05/06	753	2,9	2,5	
	04/05	469	1,4	0,9	
	03/04	494	1,4	1,4	
	02/03	435	1,7	1,7	
	01/02	618	2,2	1,3	
	00/01	764	2,5		
	99/00	565	2,0		
	98/99	587	2,9		
97/98	523	2,1			
96/97	518	2,3			

**Tabell B:2b. Krondroppsdata** från Värmlands län för ytor där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, årsdepositionen baseras på **kalenderår**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N) och (orgN = Kj-N - NH<sub>4</sub>-N)

Lokal	Period	Nedb mm	oorg N kg/ha →	org N	TOC	
Södra Averstad (S 05 A)	2008	459	3,2			
	2007	365	3,7			
	2006	529	7,5			
	2005	314	5,9			
	2004	488	4,9			
	2003	370	7,1			
	2002	480	8,2			
	2001	385	6,4			
	2000	555	5,3			
	1999	636	5,7			
	1998	587	6,0			
	1997	445	6,6			
	1996	320	6,6			
	1995	362	4,7			
Blåbärskullen (S 22 A)	2008	743	1,4	2,0	89	
	2007	592	2,0	2,0	68	
	2006	681	4,3	2,7	76	
	2005	560	2,1	1,9	62	
	2004	691	1,5	2,3	83	
	2003	619	2,4	2,4	65	
	2002	622	2,4	2,5	50	
	2001	569	2,4	2,4	63	
	2000	695	2,6			
	1999	706	2,6			
	1998	506	2,8			
	1997	502	1,8			
	Transtrandsberget (S 23 A)	2008	501	1,7	1,3	
		2007	509	1,0	1,3	
2006		860	3,1	3,0		
2005		466	1,7	0,9		
2004		482	1,3	1,4		
2003		451	1,8	1,7		
2002		585	2,2	1,4		
2001		628	2,0	1,7		
2000		674	2,4			
1999		621	3,0			
1998		505	2,1			
1997	492	1,8				

**Tabell C.** Lufthalter månadsmedelvärden samt medelvärden i Värmlands län, diffusionsprovtagning,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Lokal	Period	SO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	NH <sub>3</sub> ug/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> ug/m <sup>3</sup>
Blåbärskullen (S 22 A)	0810	<0,2	0,9	0,7	27
	0811	0,2	1,1	<0,3	30
	0812	0,3	0,9	<0,3	35
	0901	0,6	2,6	0,5	48
	0902	0,3	1,6	<0,3	34
	0903	0,4	1,3	<0,3	57
	0904	0,3	0,8	0,7	72
	0905	0,2	0,6	<0,3	70
	0906	<0,2	1,1	<0,3	51
	0907	0,3	0,4	<0,3	49
	0908	0,3	0,5	0,4	45
	0909	0,3	0,7	0,6	38
	0910	<0,2	0,7	<0,3	35
0911	0,2	1,2	4,8	<sup>U</sup> 40	
0912	<0,2	0,8	<sup>U</sup> 1,5	<sup>U</sup> 36	
Mv hydr. år	00/01	0,4	0,8	-	-
	01/02	0,4	1,2	-	-
	02/03	0,5	1,2	-	-
	03/04	0,6	1,3	-	-
	04/05	0,5	1,2	-	-
	05/06	0,6	1,2	-	-
	06/07	0,3	0,9	-	-
	07/08	0,2	1,0	-	-
	08/09	0,3	1,1	-	-
Mv kal. år	2001	0,4	1,0	-	-
	2002	0,4	1,2	-	-
	2003	0,5	1,3	-	-
	2004	0,6	1,3	-	-
	2005	0,5	1,2	-	-
	2006	0,6	1,1	-	-
	2007	0,2	0,9	-	-
	2008	0,3	0,9	-	-
	2009	0,3	1,0	-	-
Mv sommar	som. 2001	-	-	0,4	57
	som. 2002	-	-	<0,3	66
	som. 2003	-	-	0,4	64
	som. 2004	-	-	<0,3	59
	som. 2005	-	-	0,4	60
	som. 2006	-	-	0,4	67
	som. 2007	-	-	0,5	57
	som. 2008	-	-	<0,3	56
	som. 2009	-	-	0,4	54

**Tabell D.** Markvattendata från Värmlands län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2008 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2009.  
n = antalet mätvärden inom tidsserien.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	SO <sub>4</sub> -S	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>	Fe <sup>2+/3+</sup>	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l	→	mg/l	→												
Södra Averstad (S 05 A)	2008-10-20	5,1	-	0,066	0,99	7,10	<0,002	<0,020	0,82	0,42	5,74	0,15	0,131	2,330	0,343	0,938	11,3	3,3
	2009-05-25	5,2	-	0,042	0,73	5,88	0,065	0,026	0,43	0,26	4,88	0,12	0,125	0,398	0,147	0,521	9,1	4,5
	2009-07-27	4,9	-	0,047	1,28	5,74	0,076	<0,020	0,56	0,35	5,38	0,13	2,956	0,141	0,276	0,891	13,2	3,1
	2009-10-19	5,1	-	0,031	1,11	6,90	0,025	<0,020	0,80	0,46	4,95	0,15	0,030	0,105	0,174	0,825	11,2	6,6
	<b>median</b>	<b>4,8</b>		<b>-0,002</b>	<b>1,82</b>	<b>5,54</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,83</b>	<b>0,49</b>	<b>4,48</b>	<b>0,13</b>	<b>0,01</b>	<b>0,312</b>	<b>0,428</b>	<b>0,957</b>	<b>10,8</b>	<b>2,7</b>
<i>n=</i>	<i>58</i>			<i>58</i>	<i>58</i>	<i>58</i>	<i>58</i>	<i>58</i>	<i>58</i>	<i>58</i>	<i>58</i>	<i>58</i>	<i>58</i>	<i>57</i>	<i>57</i>	<i>57</i>	<i>57</i>	<i>57</i>
Blåbärskullen (S 22 A)	2008-10-20	5,6	0,006	0,064	1,40	3,96	<0,002	<0,020	1,80	0,22	3,53	0,08	<0,03	0,009	0,105	0,221	3,1	14
	2009-04-20	5,4	-	0,053	1,40	2,28	<0,010	<0,020	1,75	0,21	2,27	<0,10	0,046	0,006	0,115	0,242	2,7	13
	2009-07-27	5,5	0,033	0,050	1,58	3,24	<0,010	0,028	1,88	0,18	3,01	<0,10	<0,03	0,968	0,136	0,230	2,9	11
	2009-10-19	5,3	-	0,019	1,55	3,08	<0,010	<0,020	1,59	0,18	2,48	<0,10	<0,03	0,004	0,096	0,205	2,9	14
	<b>median</b>	<b>5,5</b>		<b>0,033</b>	<b>1,84</b>	<b>2,69</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>2,34</b>	<b>0,25</b>	<b>2,11</b>	<b>0,08</b>	<b>&lt;0,03</b>	<b>0,007</b>	<b>0,057</b>	<b>0,145</b>	<b>3,3</b>	<b>32</b>
<i>n=</i>	<i>38</i>			<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>37</i>	<i>34</i>	<i>37</i>	<i>37</i>	<i>37</i>	<i>34</i>
Transtrandsberget (S 23 A)	2008-10-27	5,1	-	0,126	0,57	1,55	<0,002	0,012	1,06	0,44	2,60	0,13	<0,03	0,239	0,251	1,130	14,6	5,1
	2009-04-20	5,2	-	0,053	0,57	0,85	<0,010	<0,020	0,40	0,25	1,64	<0,10	0,056	0,162	0,135	0,763	10,3	4,3
	2009-08-24	5,1	-	0,083	0,40	0,95	<0,010	<0,020	0,60	0,26	1,85	0,12	0,049	0,260	0,200	1,210	16,6	3,9
	2009-10-19	5,1	-	0,072	0,38	1,16	<0,010	<0,020	0,60	0,24	1,77	0,13	0,054	0,385	0,177	1,170	16,5	4,2
	<b>median</b>	<b>5,0</b>		<b>0,060</b>	<b>0,77</b>	<b>1,04</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,71</b>	<b>0,32</b>	<b>1,68</b>	<b>0,11</b>	<b>0,054</b>	<b>0,225</b>	<b>0,191</b>	<b>0,956</b>	<b>12</b>	<b>4,9</b>
<i>n=</i>	<i>38</i>			<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>37</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>37</i>	<i>37</i>	<i>37</i>	<i>36</i>	<i>37</i>	