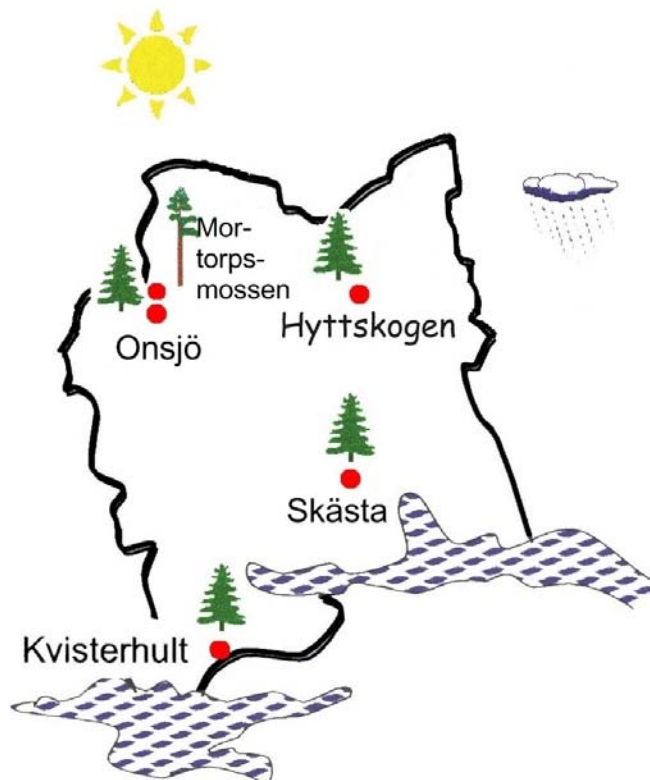


För Västmanlands läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Västmanlands län – mätningar och modellering

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

Kalenderår: resultat t.o.m. 2008



Gunilla Pihl Karlsson, Cecilia Akselsson¹⁾,
Sofie Hellsten, Per Erik Karlsson & Gunnar Malm

B 1901

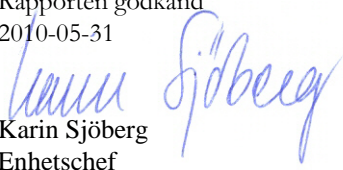
Juni 2010

¹⁾ Lunds universitet

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
Inledning.....	5
Ord att förklara.....	6
Sammanfattande bedömning för Västmanlands län, 2008/09.....	7
Stationsvis redovisning.....	10
Onsjö (U 02).....	10
Kvisterhult (U 04).....	10
Hyttskogen (U 06).....	13
Mortorpsmossen (U 07).....	15
Skästa (U 08).....	16
Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå.....	17
Krondroppsnetzets roll i forskningen Exempel: Mykorrhizasvampar och kväveutlakning.....	19
Temainriktad rapport om miljömålsuppföljning med hjälp av mätningar och modellering inom	
Krondroppsnetzets.....	21
Nya publikationer kopplade till Krondroppsnetzets.....	21
Krondroppsnetzets webbplats.....	22
Referenser.....	22
Bilaga 1. Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	23

Rapporten godkänd
2010-05-31



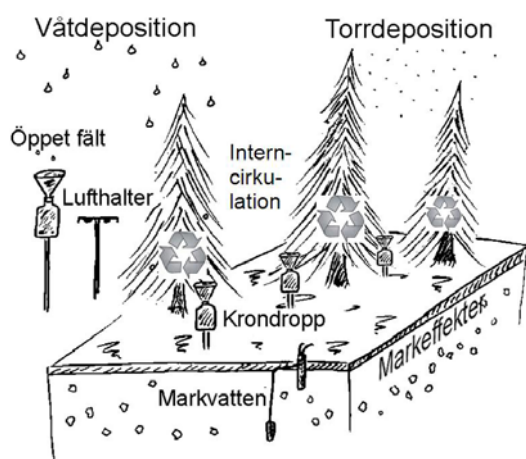
Karin Sjöberg
Enhetschef

Sammanfattning

På uppdrag av Västmanlands läns Luftvårdsförbund mäter IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på fem platser i länet för närvarande. Krondroppsnetet 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.

De halter av luftföroreningar som uppmätts i länet var, liksom i resten av mellersta Sverige under det hydrologiska året 2008/09, relativt låga. Nederbörden var nästan 900 mm vid länets mätstation på öppet fält i Kvisterhult, vilket är en av de högre noteringarna under den 16-åriga mätperioden. Trots detta var nedfallet av svavel förhållandevis lågt. 1,1 kg svavel deponerades till vardera av de två krondroppsytorna i länet, vilket nästan är i nivå med förra årets mätning som var den lägsta som uppmätts. Svaveldepositionen har minskat kraftigt på skogsytan i Kvisterhult under den 16-åriga mätperioden. Kvävenedfallet till öppet fält i Kvisterhult uppgick till 7,3 kg/ha, vilket är högre än genomsnittet på 6,1 kg/ha för hela mätperioden. Framför allt nedfallet av ammoniumkväve har varit förhöjt under senare år.

Markvattnet i länet uppvisar varierande surhetsgrad, med surast markvatten i den nästan 90-åriga granskogen i Kvisterhult (pH 4,6-4,8 under det hydrologiska året 2008/09) och minst surt markvatten i den 50-åriga granskogen i Hyttskogen (pH mellan 5,8 och 6,3). Halten sulfatsvavel har minskat signifikant i markvattnet i Kvisterhult, i takt med det minskade svavelnedfallet, och detta återspeglas även genom signifikant minskade halter av kationerna kalcium, magnesium och kalium. I övrigt är tecknen på återhämtning svaga i Kvisterhult. För pH finns en svag men signifikant ökning medan ANC (den syraneutraliserande förmågan) och oorganiskt aluminium inte förändrats. Nitratkvävehalten har generellt varit mycket låg vilket tyder på att skogen tar upp allt tillgängligt kväve.



Principskiss för mätningarna. Nedfallet till skogsytorna består av våtdeposition och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i trädskronorna vilket innebär att det som uppmätts i krondroppet är våtdeposition + torrdeposition ± interncirkulation.

Uppdragsgivare:

Västmanlands 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, Västmanlands län

IVL rapport B 1901

Beställs via någon av följande adresser:

Västmanlands läns

IVL, Publikationsservice

Luftvårdsförbund

Box 21060

Per Hedenbo

SE-100 31 Stockholm

c/o Länsstyrelsen i

Tel: 08-598 563 00

Västmanland

Fax: 08: 598 563 90

Miljövärdsheten72

publikationsservice@ivl.se

1 86 Västerås

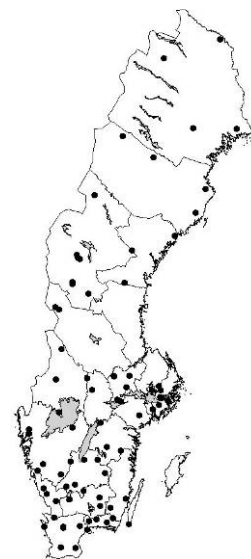
Inledning

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 nät** även miljömålen: *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* och *Storslagen fjällmiljö*.

Ett mätår är ett hydrologiskt år som motsvarar perioden 1 oktober till 30 september. Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondropps nätets webbplats, 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 nät, 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 trädskronorna. För vissa ämnen finns en betydande interncirkulation i trädskronorna, 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 ska 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:s 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 tematisk rapport om hur mätningar och modellering inom Krondropps nät kan användas för uppföljning av miljö kvalitetsmål och miljö kvalitetsnormer. I de länsvisa rapporterna kommer modellering av kommunvis deposition att presenteras, medan tematrapporten kommer att innehålla en mer ingående presentation av modellresultat. Tematrapporten kommer att bli klar i slutet av 2010 och finnas tillgänglig på webbplatsen samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

Undersökningarna i **Västmanlands län** är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Kjell Eklund, Lars Gullberg och Tomas Karlsson. 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 nät 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 (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.

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 (Ca^{2+} , Mg^{2+} , 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 försäkra 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 (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (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.

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 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 Västmanlands län, 2008/09



I Västmanlands län finns fem aktiva lokaler inom Krondroppsnetet (Tabell 1). Kvisterhult är den lokal som har längst tidsserie (16 år), och den enda lokal där alla typer av mätningar görs, lufthalter, nedfallsmätningar på öppet fält och i skogen samt mätningar av markvattenkemi.

Den bästa uppskattningen av det totala svavelnedfallet fås genom mätningar av krondropp eftersom dessa mätningar inkluderar både våt- och torrdeposition och det inte sker något betydande upptag av svavel i trädskronorna. Vad gäller kvävenedfallet, förekommer upptag och omsättning av kväve i trädskronorna. Därför ger för närvarande mätningarna över öppet fält den bästa uppskattningen av det totala kvävenedfallet till skogen, även om dessa mätningar inte inkluderar torrdepositionen i någon större utsträckning.

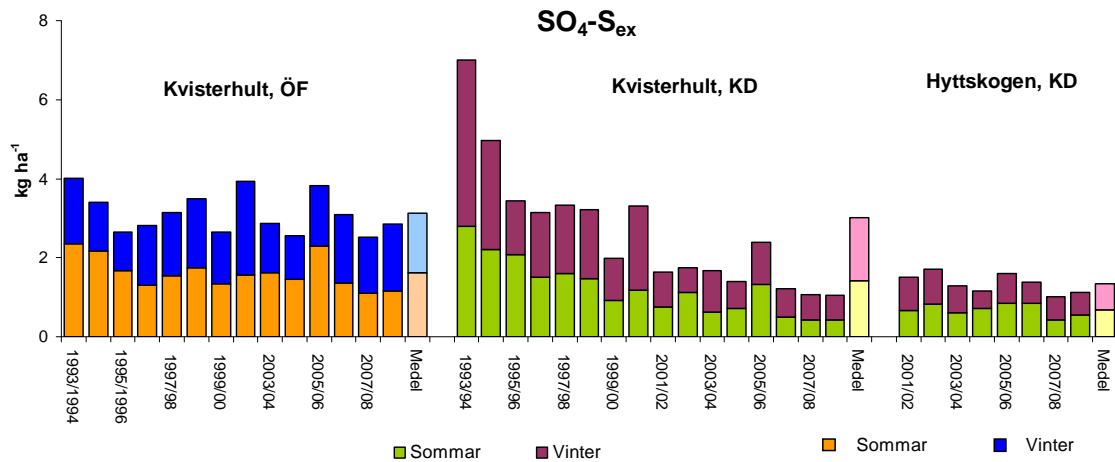
I skogsytorna var nedfallet av svavel 1,1 kg/ha både i Kvisterhult och Hyttskogen, vilket är ungefär i nivå med föregående år, då man uppmätte det lägsta svavelnedfallet i båda mätserierna. Detta kan jämföras med svavelnedfallet på 7 kg/ha som uppmättes under det första mätåret (1993/94) vid Kvisterhult. Svavelnedfallet i Kvisterhult har minskat signifikant. Denna trend är tydlig i stora delar av Sverige, framförallt i sydväst. Det är främst torrdepositionen som har minskat. Nederbördsmängden under 2008/09 var relativt hög och det var därmed låga halter i nederbörden som ledde till de låga noteringarna i deponerade mängder av svavel. Halterna av svaveldioxid i luften var under 2008/09 på samma nivå som de två närmast föregående åren.

Tabell 1. Aktiva ytor i Västmanlands län.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten	Lufthalter			
					SO ₂	NO ₂	NH ₃	O ₃
Onsjö (U 02)	Öppet fält					X		*
Kvisterhult (U 04)	Gran	X	X	X	X	X	X	
Hyttskogen (U 06)	Gran		X	X		X		*
Mortorpsmossen (U 07)	Tall			X				
Skästa (U 08)	Gran			X		X		

*Ingår i Ozonmättnätet i södra Sverige från och med 2009.

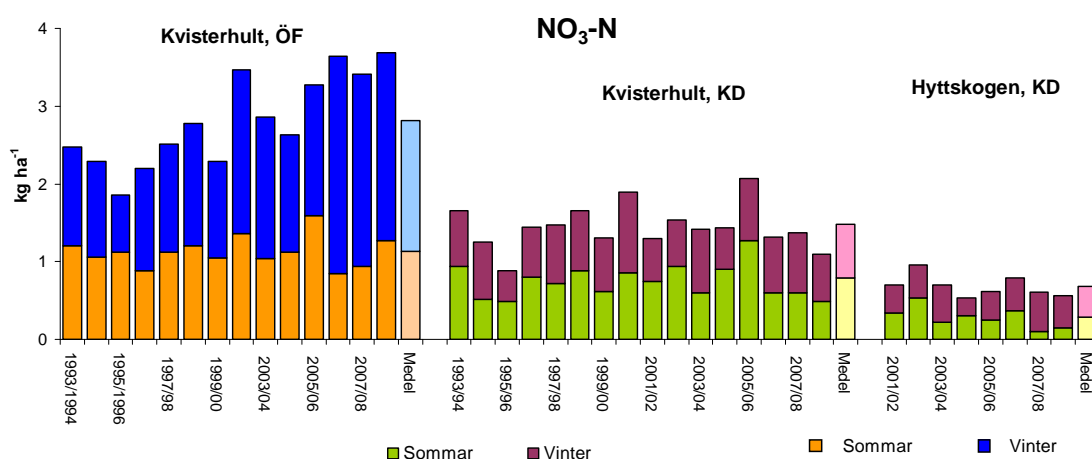
I figur 2 visas svavelnedfallet vid de nu aktiva mätlokalerna i länet, uppdelat på sommar respektive vinterhalvår. Även medeldepositionen under mätperioden för respektive lokal redovisas. Figuren visar att svaveldepositionen är ungefär lika stor under vinter- som sommarhalvåret. Tidigare, när torrdepositionen var högre, var oftast svaveldepositionen via krondropp högre än den över öppet fält, framförallt i sydvästra Sverige. I takt med att torrdepositionen har minskat har denna skillnad minskat och/eller helt försvunnit, och det finns många exempel där nedfallet till och med är något högre över öppet fält, som i Kvisterhult, figur 2.



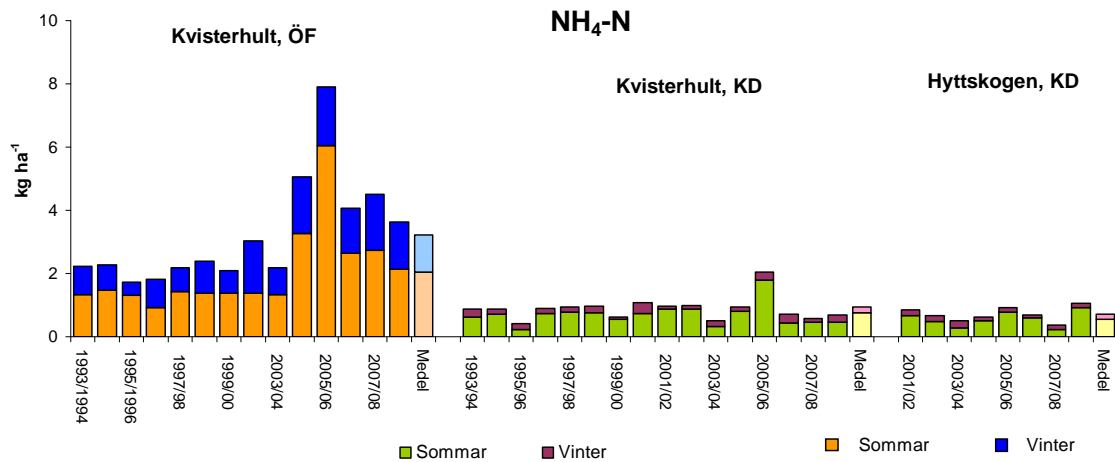
Figur 2. En översikt över nedfallet av antropogent sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$) mätt som krondropp och i nederbörden över öppet fält vid de nu aktiva lokalerna i länet. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Depositionen är uppdelad på sommar- respektive vinterhalvår. Den sista kolumnen efter varje lokals mätserie visar medeldepositionen för varje lokal.

Kvävenedfallet över **öppet fält** i Kvisterhult uppgick till 7,3 kg kväve per hektar (3,7 kg nitratkväve och 3,6 kg ammoniumkväve) under 2008/09. Nedfallet av nitratkväve och ammoniumkväve har varit signifikant högre under senare delen av den 16-åriga mätserien. För nitratkväve har ökningen i stort sett följt den ökade nederbörden, men för ammoniumkväve har nedfallet varit mycket högre de fem senaste åren.

Figur 3 och 4 visar nitrat- respektive ammoniumdepositionen vid Kvisterhult och Hyttskogen, uppdelad på sommar- respektive vinterhalvår. Figurerna visar att nitratdepositionen i **krondropp** fördelas ungefär lika under sommaren respektive vintern och att ammoniumdepositionen är högst under sommarhalvåret. När det gäller kvävedepositionen över **öppet fält** är nitratdepositionen ofta högst under vinterhalvåret, och ammoniumdepositionen är, i likhet med krondroppsmätningarna, högst under sommarhalvåret.



Figur 3. En översikt över nitratnedfallet ($\text{NO}_3\text{-N}$) mätt som krondropp och i nederbörden över öppet fält vid de nu aktiva lokalerna i länet. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Depositionen är uppdelad på sommar- respektive vinterhalvår. Den sista kolumnen efter varje lokals mätserie visar medeldepositionen för varje lokal.



Figur 4. En översikt över ammoniumnedfallet ($\text{NH}_4\text{-N}$) mätt som krondropp och i nederbörden över öppet fält vid de nu aktiva lokalerna i länet. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Depositionen är uppdelad på sommar- respektive vinterhalvår. Den sista kolumnen efter varje lokals mätserie visar medeldepositionen för varje lokal.

Markvattenkemin på de fyra ytorna i Västmanlands län där mätningar görs uppvisar varierande surhetsgrad. I Kvisterhult är markvattnet vanligtvis surast, med pH-värden omkring 4,6. Hyttskogen är den minst sura ytan i länet med pH runt 6,1. Ett försurat markvatten kännetecknas bland annat av lågt pH-värde, negativ ANC och höga halter av oorganiskt aluminium. Kvisterhult är den enda ytan med tillräckligt lång mätserie, 16 år, för att kunna uttala sig om mer långsiktiga trender. Sulfatsvavelhalten har minskat signifikant i takt med att nedfallet av svavel minskat. Detta återspeglas även i signifikant minskade halter av baskatjoner och en svag, men signifikant ökning av pH. Ingen signifikant trend finns dock för oorganiskt aluminium och ANC (syranutraliserande förmåga), vilket indikerar att återhämtningen går långsamt. Kvävehalterna var som vanligt mycket låga vid länets ytor, med undantag av ett tillfälle i maj 2009 då en svag förhöjning (0,02 mg nitratkväve per liter) uppmättes i Skästa. Detta mätvärde är dock osäkert på grund av liten provmängd.

I Västmanland mäts **lufthalter** på 4 stationer i länet (Onsjö, Kvisterhult, Hyttskogen samt Skästa). Alla lufthalter mäts dock ej på alla stationer. Svaveldioxid i luft mäts i länet endast vid Kvisterhult. Under mätperioden 2008/09 var årsmedelhalten av SO_2 samma som föregående år, den hittills lägsta, $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta beror främst på de låga halter som uppmättes under vintern 2009. Även de låga årsmedelhalterna (hydrologiskt år) av NO_2 som uppmättes vid respektive station, under mätperioden 2008/09 kan förklaras av låga kvävedioxidhalterna de senaste vintrarna. Under årets mätningar har generellt låga SO_2 - och NO_2 -halter i luft observerats över hela södra Sverige. När det gäller ammoniakhalterna för sommarhalvåret så har de generellt ökat sedan mätningarna påbörjades. Detta mönster syns vid ett flertal lokaler i Svealand. Orsaken till detta kommer att utredas vidare. Sommarhalvårsmedelhalterna av O_3 var under sommaren 2009 mycket låga runt om i Sverige. Även i Västmanland var ozonhalterna under sommaren lägre än normalt. Under sommaren 2009 låg medelhalten strax över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna. För deposition redovisas data som medelvärde för hydrologiskt år. För markvattendata visas alla mätningarna 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.

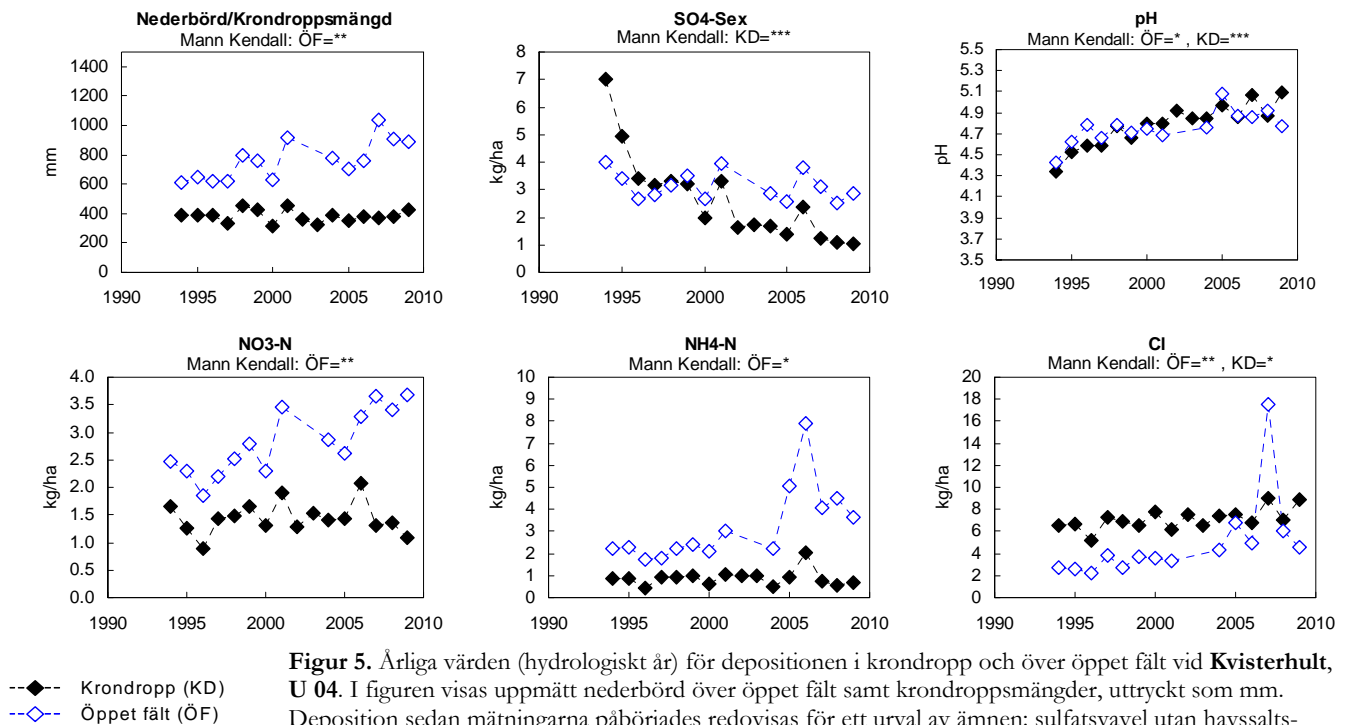
Onsjö (U 02): Lufthaltsmätningarna i Onsjö startade i juni 1996 och pågår än idag. Från början mättes SO₂, NO₂, NH₃ och O₃ men i dagsläget är endast mätningarna av NO₂ kvar. Övriga mätningar avslutades i september 2000 (NH₃), oktober 2004 (SO₂) respektive december 2007 (O₃). Tidigare har lufthaltsmätningar gjorts vid en närliggande lokal, Godkärna, där mätningarna startade 1993 och avslutades i maj 1996, varefter de flyttades till Onsjö.

Årsmedelhalterna (hydrologiskt år) av NO₂ har sedan mätningarna startade varierat mellan 1,5 och 2,5 µg/m³. Under mätperioden 2008/09 var årsmedelhalten av NO₂ 1,7 µg/m³. De senaste åren har årsmedelhalterna minskat, vilket till stor del kan förklaras av de relativt låga kvävedioxidhalterna de senaste vintrarna. Denna nedgång för kvävedioxidhalter vintertid syns generellt i södra Sverige. Sedan 2009 ingår ozonmätning vid Onsjö i Ozonmättnätet i södra Sverige och rapporteras där mer i detalj tillsammans med övriga ozonmätningar i södra Sverige (www.ivl.se).

Kvisterhult (U 04): Yta med 89-årig granskog med inslag av tall och ståndortsindex G28 på finkornig moränmark, där mätningarna startade 1993. Jordmånen är järnpodsol. Vid Kvisterhult finns det knappt något fältlager, men det förekommer bl.a. ekorrhår, skogsstjärna, hundäxing och vårfryle. Utanför ytan förekommer fläckvis täckande blåbärsris.

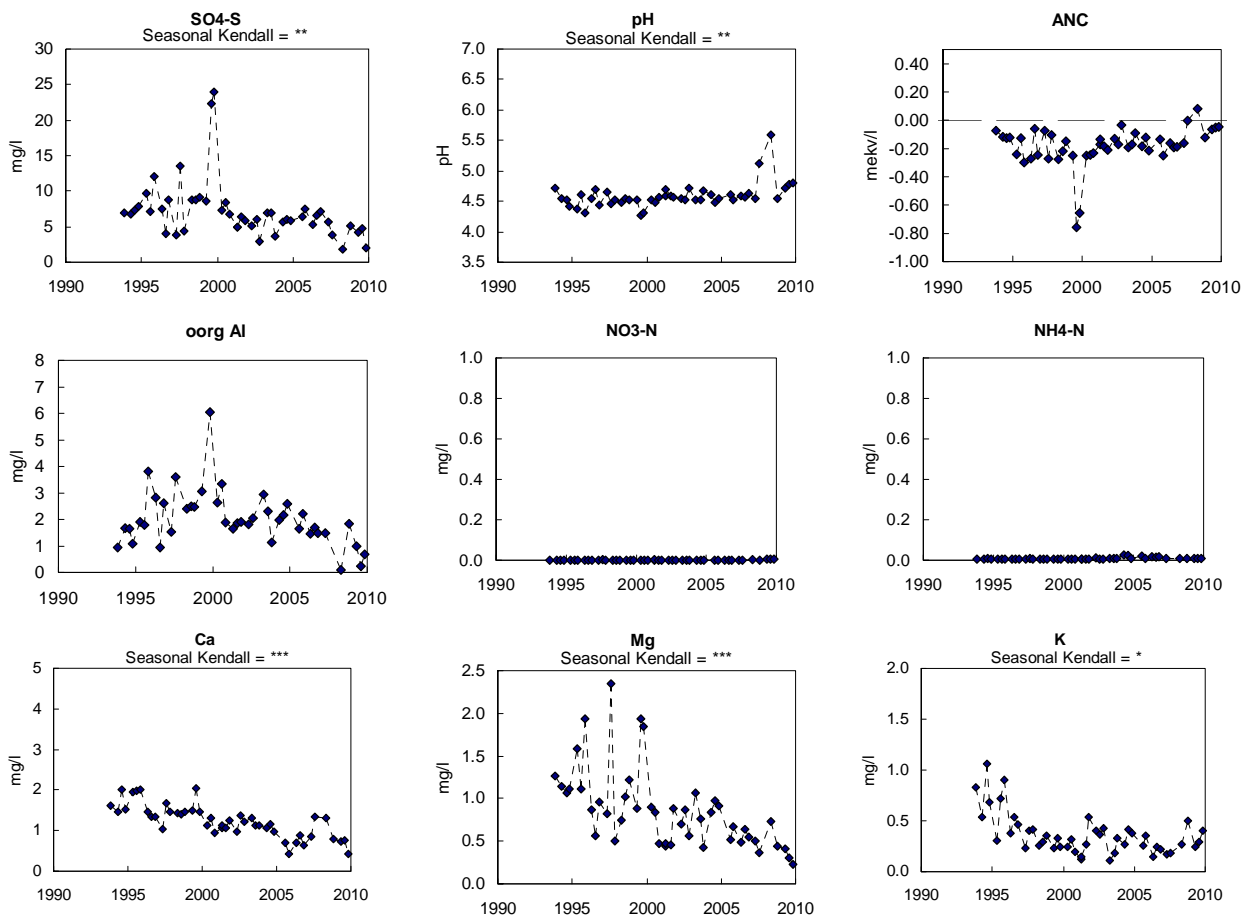
De nederbördskemiska mätningarna på öppet fält avslutades i december 2001 men återupptogs i november 2003. Kvisterhult är den enda ytan i länet där alla typer av mätningar görs, d.v.s. deposition via krondropp och på öppet fält, markvattenkemi och lufthalter.

I Figur 5 visas samtliga mätningar sedan mätstarten 1993 i krondropp samt öppet fält som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Kvisterhult. Nederbörden vid Kvisterhult uppgick under det hydrologiska året 2008/09 till 893 mm, vilket var i nivå med föregående årets notering. Nederbörden har ökat signifikant vid Kvisterhult sedan 1993, och de tre senaste åren har nederbörden varit betydligt högre än medelnederbörden för lokalen på 760 mm. Svavelhalten i nederbörden var låg, både på öppet fält (2,8 kg/ha) och via krondropp (1,1 kg/ha). Svavelnedfallet i krondropp (exklusive havssaltets bidrag) har minskat signifikant från 7 kg per hektar och år 1993/94 till drygt 1 kg per hektar och år 2008/09 i granytan i Kvisterhult. I takt med att svaveldepositionen minskat så har pH-värdet ökat signifikant, både i krondropp och i nederbörden på öppet fält. Tidsserien för nitratkvävednedfall på öppet fält har i hög grad samvarierat med mellanårsvariationerna i nederbörd, och de senaste årens noteringar är därmed högre än i början av mätserien. Nedfallet av ammoniumkväve har varit högre de senaste åren. Depositionen av klorid speglar påverkan från havet, hur storm och vindförhållanden varit. Kloriddepositionen har ökat signifikant. Under 2006/07 noterades en kraftig topp som kan kopplas till stormen Per (januari 2007), då stora mängder havssalt transporterats in över land och deponerats.



Figur 5. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen i krondropp och över öppet fält vid **Kvisterhult, U 04**. 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 ($\text{SO}_4\text{-S ex}$), pH, nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$); kloridjoner (Cl). 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.

I Figur 6 visas samtliga mätningars markvattenhalter vid Kvisterhult för ett antal ämnen sedan mätstarten 1993. Kvisterhult är den av ytorna i länet som generellt haft surast markvatten, med en medianhalt för pH-värdet på 4,6. För det hydrologiska året 2008/09 var pH i markvattnet mellan 4,6 - 4,8. Den kraftigt minskade svaveldepositionen i Kvisterhult har lett till en signifikant minskning av sulfatsvavel i markvattnet, och även en signifikant minskning av baskatjonerna kalcium, magnesium och kalium. Markvattnets pH uppvisar en svag men signifikant ökning, medan ANC (syranutraliserande förmåga) och oorganiskt aluminium, som är några av de vanligaste indikatorerna för att bedöma försurning av markvatten, inte visar på någon förändring, vilket visar att återhämtningen går långsamt. Halten av nitratkväve och ammoniumkväve var liksom tidigare mycket låg, vilket innebär att skogsekosystemet tar upp allt tillgängligt kväve.



Figur 6. Markvattenkemi vid **Kvisterhult, U 04:** sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syranneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), kalciumhalt (Ca^{2+}), Magnesiumhalt (Mg^{2+}) och kaliumhalt (K^+). 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.

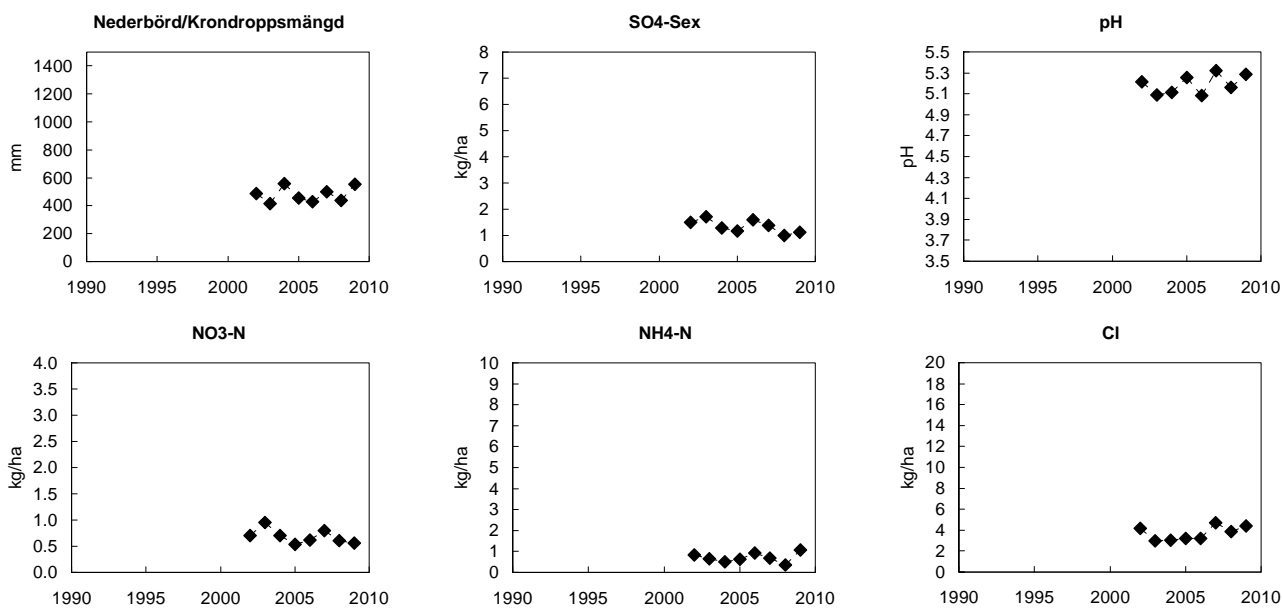
Lufthalter av svaveldioxid (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och marknära ozon (O_3) har mätts i Fagerhult sedan år 1993. Sedan 2009 ingår ozonmätningarna i Ozonmättnätet i södra Sverige och rapporteras där mer i detalj tillsammans med övriga ozonmätningar i södra Sverige (<http://www.ivl.se>).

Årsmedelhalterna (hydrologiskt år) av SO_2 har sedan mätningarna startade varierat mellan 0,3 och 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och under 2008/09 var årsmedelhalten av svaveldioxid en tangering av föregående år medelvärde på 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket är den lägsta halt som uppmätts vid lokalen. Detta beror främst på de låga halter som förekom under vintern 2009. Genom åren har årsmedelhalterna av NO_2 varierat mellan 1,8 och 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under 2008/09 var även årsmedelhalten av kvävedioxid mycket låg, 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Generellt var NO_2 -halterna låga under vintern 2009. Halterna brukar vara som högst under vintrarna och årets högsta månadsvärde uppmättes i januari och var 4,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under årets mätningar har generellt låga SO_2 - och NO_2 -halter i luft observerats över hela södra Sverige.

Sommarhalvsårsmedelhalterna av NH_3 har under åren varierat mellan <0,3 och 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ är detektionsgränsen för NH_3) och under sommaren 2009 var medelhalten 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Generellt var ozonhalterna över hela Sverige mycket låga under sommaren 2009.

Hyttskogen (U 06): 52-årig granskog med visst inslag av tall och björk strax nordväst om Sala. Ståndortsindex är G22. Markvegetationen domineras av mossa (husmossa, väggmossa och kammossa). Jordmånen är järnpodsol och ytan är belägen i ett moränområde. Denna marktyp är länets vanligaste skogsmarkstyp. Krondropp- och markvattenmätningar startade i oktober 2001. Mätningar av lufthalter startade i juni 2003 och utförs 0,5 km norr om Hyttskogen.

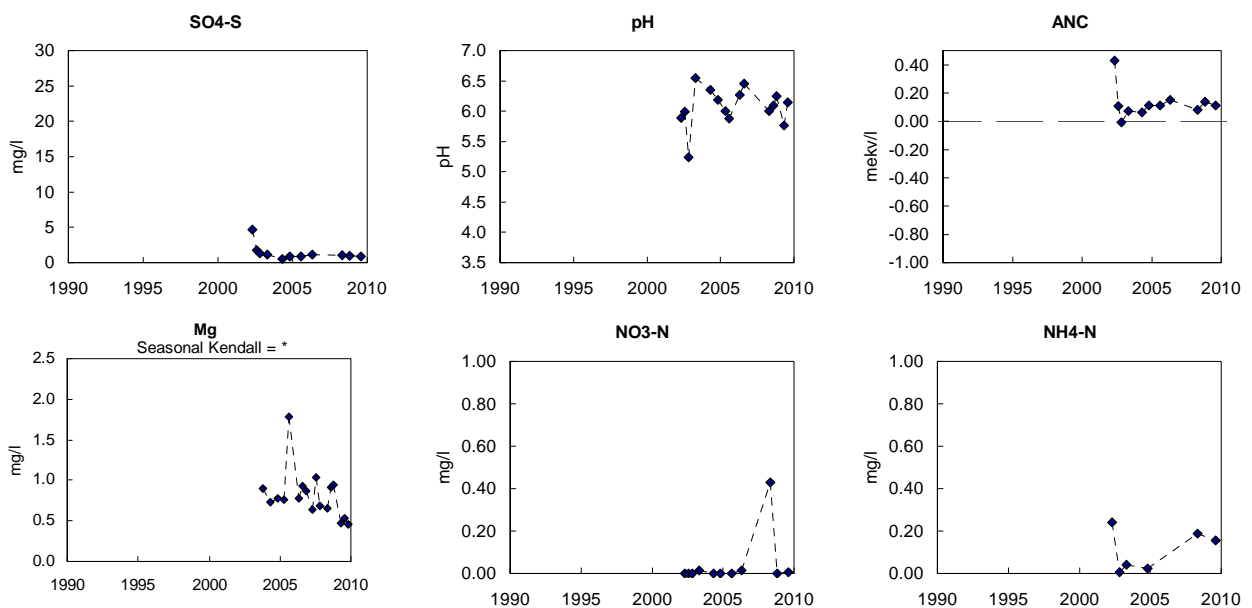
I Figur 7 visas samtliga mätningar sedan mätstarten 2001 i krondropp samt öppet fält som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Hyttskogen. Nedfallet av svavel till skogsytan i Hyttskogen var lågt under det hydrologiska året 2008/09, 1,1 kg per hektar och år, vilket är i nivå med Kvisterhult. Det är den näst lägsta noteringen i mätserien, men mätperioden är för kort (8 år) för att kunna dra några säkra slutsatser om trender. Krondroppets pH-värde vid Hyttskogen är något högre jämfört med skogen i Kvisterhult. Depositionen av oorganiskt kväve via krondropp har under tidsperioden varit lägre i Hyttskogen än i Kvisterhult. Under 2008/09 var dock det oorganiska kvävenedfallet via krondropp på 1,7 kg/ha nästan i nivå med Kvisterhult (1,8 kg/ha). Kloridnedfallet vid Hyttskogen är lägre än vid Kvisterhult, eftersom påverkan från havet är mindre.



--◆-- Krondropp (KD)
--◇-- Öppet fält (ÖF)

Figur 7. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen i krondropp och över öppet fält vid Hyttskogen, U 06. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), pH, nitratkväve (NO₃-N); ammoniumkväve (NH₄-N); kloridjoner (Cl). 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.

I Figur 8 visas samtliga mätningars markvattenhalter vid Hyttskogen för ett antal ämnen sedan mätstarten 2001. Provtagningen av markvatten i Hyttskogen kännetecknas av att det ofta har varit svårt att få upp tillräcklig mängd markvatten. Sedan 2006 har samtliga markvattenprover haft en provvolym <40 ml. Detta medför ökade osäkerheter i resultaten. Mätningarna visar att markvattnet i Hyttskogen är det som är minst surt av ytorna i länet, med pH på 5,8 – 6,3 under det hydrologiska året 2008/09. Den statistiska trendanalysen visade att kalcium-, magnesium- och järnhalterna har minskat signifikant under den åttaåriga mätperioden (visas ej). Kvävehalten i markvattnet vid Hyttskogen är låg, vilket brukar vara ett tecken på att skogen tar upp allt tillgängligt kväve.

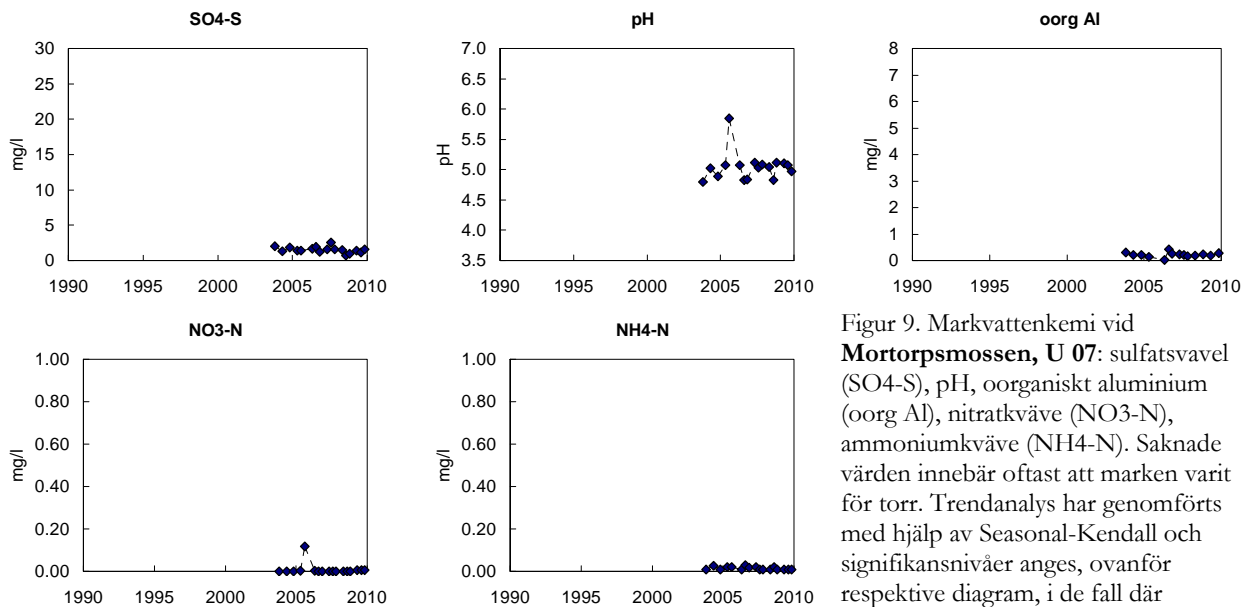


Figur 8. Markvattenkemi vid **Hyttskogen, U 06**: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), Magnesiumhalt (Mg^{2+}), nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Lufthalter av NO_2 och O_3 mäts vid lokalen Hyttskogen sedan 2003. Årsmedelhalterna (hydrologiskt år) av NO_2 har sedan mätningarna startade varierat mellan 2,3 och 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under mätperioden 2008/09 var årsmedelhalten av NO_2 den hittills lägsta som uppmätts, 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta beror på de låga halter som uppmättes under vintern 2009. Under årets mätningar har låga kvävedioxidhalter i luft observerats över hela södra Sverige. Sommarhalvårsmedelhalterna av O_3 har sedan mätningarna startade varierat mellan 45 och 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ med det lägsta medelvärdet under sommaren 2009. Generellt var ozonhalterna under sommaren 2009 mycket låga i södra delen av Sverige. Sedan 2009 ingår ozonmätningarna vid Onsjö i Ozonmättnätet i södra Sverige och rapporteras där mer i detalj tillsammans med övriga ozonmätningar i södra Sverige (www.ivl.se).

Mortorpsmossen (U 07): Skogen i ytan består av 69-årig blandskog, där beståndet är grandominerat, men själva provytan domineras av tall (60 % tall och 40 % gran). Ytan är belägen på moränmark med ett ståndortsindex på T24. Mätningar av krondropp och markvatten påbörjades 2003. Mätningarna i krondropp avslutades i december 2006. I dagsläget mäts enbart markvattenkemi vid Mortorpsmossen.

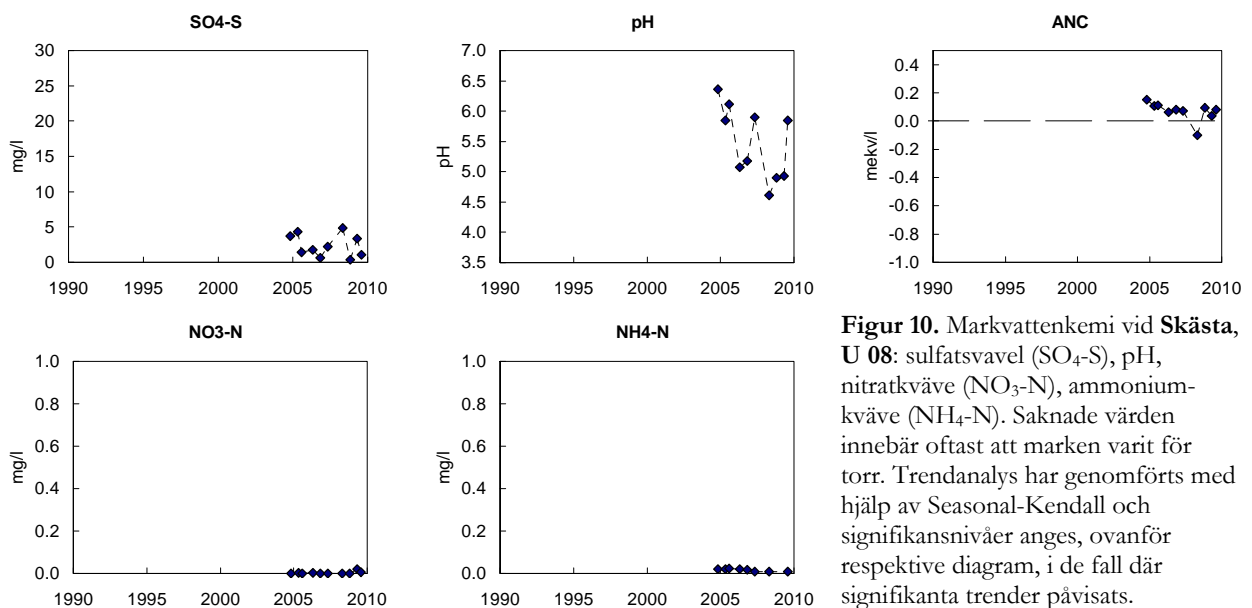
I Figur 9 visas samtliga mätningars markvattenhalter för ett antal ämnen sedan mätstarten 2003 vid Mortorpsmossen. Markvattenkemin har inte varierat så mycket under den sexåriga mätserien. Mortorpsmossen har länets näst suraste markvatten, efter Kvisterhult. Markvattnets pH har varit nära 5, förutom vid ett tillfälle i juli 2005 då ett pH-värde på knappt 6 uppmättes. Vid detta tillfälle var dock provvolymen relativt liten, vilket innebär osäkerheter i resultatet. Halten oorganiskt aluminium var liksom tidigare år måttlig, omkring 0,2 mg/l. Halten oorganiskt kväve har generellt varit mycket låg, med en liten förhöjning i juli 2005, vid samma tillfälle som pH var förhöjt. Vid detta tillfälle var provvolymen låg (50 ml), vilket medför ökade osäkerheter i resultatet.



Figur 9. Markvattenkemi vid **Mortorpsmossen, U 07**: sulfatsvavel (SO4-S), pH, oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO3-N), ammoniumkväve (NH4-N). 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.

Skästa (U 08): 65-årig granskog där mätningar av deposition i krondropp och markvatten etablerades 2004. I oktober 2004 startades även lufthaltsmätningar av kvävedioxid (NO_2) och marknära ozon (O_3). Ozonmätningarna avslutades dock i februari 2007. Ytan gallrades i december 1996 samt i mars 2004 (samma år som mätningarna startade). Krondroppsmätningarna avslutades i december 2006 och numera mäts markvattenkemi och lufthalter.

I Figur 10 visas samtliga mätningars markvattenhalter för ett antal ämnen sedan mätstarten 2004 vid Skästa. I likhet med Hyttskogen kännetecknas provtagningen av markvatten i Skästa av att det ofta har varit svårt att få upp tillräcklig mängd markvatten. Detta medför att provmängderna är mindre och leder till ökade osäkerheter i resultaten. Under det hydrologiska året 2008/09 varierade pH mellan 4,9 och 5,9, jämfört med medianvärdet på 5,5 för de tio mätningarna. ANC var positiv, och har varit så under i stort sett hela den 5-åriga mätperioden. Halten oorganiskt aluminium gick ej att mäta under det hydrologiska året 2008/09 eftersom provmängderna var för små. Under den 5-åriga mätserien finns endast tre mätvärden för oorganiskt aluminium, med medianvärdet 0,09 mg/l. Halten nitratkväve har varit låg under mätperioden, vilket innebär att skogssystemet tar upp allt tillgängligt kväve. I maj 2009 var dock nitratkvävehalten något förhöjd (0,02 mg/l). Detta mätvärde är dock osäkert på grund av liten provmängd.



Figur 10. Markvattenkemi vid Skästa, U 08: sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$), pH, nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$). 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.

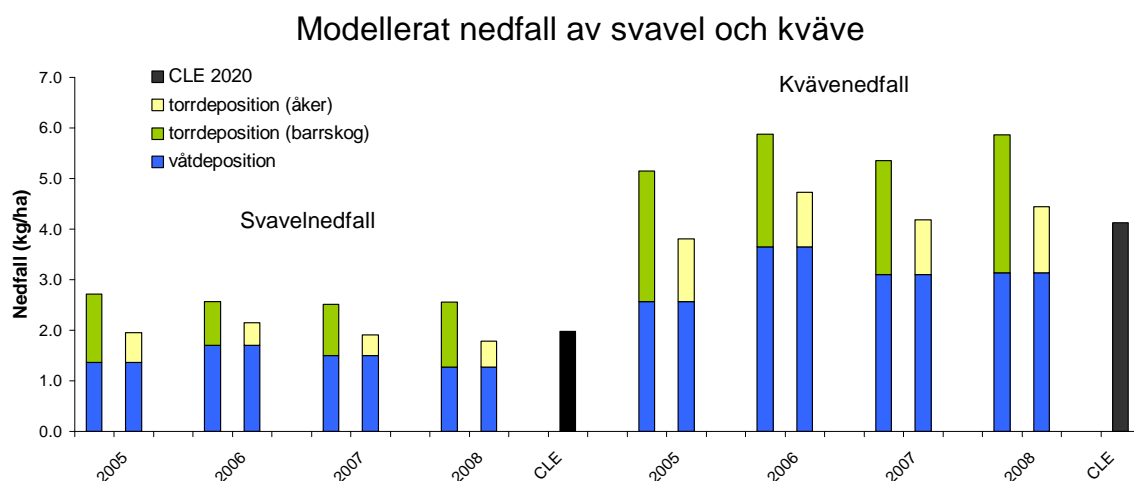
Årsmedelhalterna (hydrologiskt år) av NO_2 i luft har sedan mätningarna startade 2004 varierat mellan 3,7 och 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Under mätperioden 2008/09 var årsmedelhalten av NO_2 , 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket är i nivå med de två närmast föregående årens låga halter. De senaste åren har årsmedelhalterna minskat vilket till stor del kan förklaras av de låga kvävedioxidhalterna som varit under de senaste vintrarna.

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 11 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 11. Nedfall av antropogent svavel och oorganiskt kväve (kg per hektar och kalenderår) i Västmanlands 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 Västmanlands län beräknades till omkring 2,5-2,7 kg per hektar och år i barrskog och 1,8-2,1 kg per ha på åkermark under 2005-2008. Kvävenedfallet beräknades till omkring 5,2-5,9 kg per hektar och år i barrskog och 3,8-4,7 kg på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 2,0 kg svavel och 4,1 kg kväve per hektar till år 2020.

Under 2008 var den modellerade våtdepositionen av antropogent svavel i Västmanlands län 1,3 kg/ha, vilket är lägre än det nedfall som uppmättes vid Kvisterhult (2,6 kg/ha), den enda mätningen på öppet fält i länet. Under den aktuella perioden (2005-2008) var våtdepositionen av antropogent svavel vid Kvisterhult i medeltal dubbelt så stor som 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 1,4 kg/ha som ett genomsnitt under 2005-2008, vilket är lägre än den modellberäknade totaldepositionen till barrskog för motsvarande period (2,6 kg/ha).

För oorganiskt kväve var den modellerade våtdepositionen 3,1 kg/ha under 2008, vilket är lägre än öppet fältmätningen vid Kvisterhult (7,9 kg/ha). I likhet med svavelnedfallet så är medelvärdet för våtdepositionen av oorganiskt kväve vid Kvisterhult generellt sett högre (nästan 3 gånger 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 Västmanlands 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
Arboga	2.8	2.7	2.7	2.4	2.0	2.2	2.0	1.8	1.7
Fagersta	2.6	2.6	2.4	2.7	1.9	2.2	1.9	1.8	2.0
Hallstahammar	2.9	2.6	2.7	2.5	2.1	2.2	2.0	1.8	2.0
Kungsör	2.8	2.6	2.7	2.4	2.0	2.2	2.0	1.8	1.9
Köping	2.8	2.6	2.6	2.4	2.0	2.2	2.0	1.8	2.0
Norberg	2.4	2.6	2.3	2.7	1.8	2.2	1.8	1.8	2.0
Sala	2.6	2.4	2.4	2.6	1.9	2.0	1.9	1.7	2.0
Skinnskatteberg	2.6	2.6	2.4	2.7	1.9	2.2	1.9	1.8	2.1
Surahammar	2.6	2.6	2.4	2.6	1.9	2.2	1.9	1.8	2.1
Västerås	2.9	2.6	2.6	2.5	2.1	2.1	2.0	1.8	1.9
Västmanlands län	2.7	2.6	2.5	2.6	2.0	2.1	1.9	1.8	2.0

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

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

	Kvävenedfall i barrskog (kg/ha)				Kvävenedfall på åkermark (kg/ha)				CLE- scenariet*
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	2020
Arboga	5.5	6.4	5.7	6.0	4.1	5.1	4.4	4.5	4.2
Fagersta	5.0	5.8	5.0	5.7	3.8	4.7	3.9	4.4	4.0
Hallstahammar	5.5	6.2	5.8	6.2	4.0	5.0	4.5	4.6	4.4
Kungsör	5.5	6.2	5.7	6.0	4.0	5.0	4.4	4.5	4.3
Köping	5.5	6.2	5.6	6.0	4.0	5.0	4.4	4.5	4.4
Norberg	4.8	5.6	4.7	5.4	3.6	4.5	3.7	4.2	3.8
Sala	4.8	5.5	5.2	5.7	3.5	4.4	4.1	4.4	3.9
Skinnskatteberg	5.1	5.8	5.0	5.7	3.8	4.7	3.9	4.4	4.3
Surahammar	5.1	5.8	5.1	5.7	3.8	4.7	4.0	4.4	4.2
Västerås	5.3	6.0	5.7	6.2	3.9	4.8	4.5	4.6	4.4
Västmanlands län	5.2	5.9	5.4	5.9	3.8	4.7	4.2	4.4	4.1

* 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 LUCI (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 uppmätts. 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 enzymer som är involverade i dessa nedbrytningsprocesser.

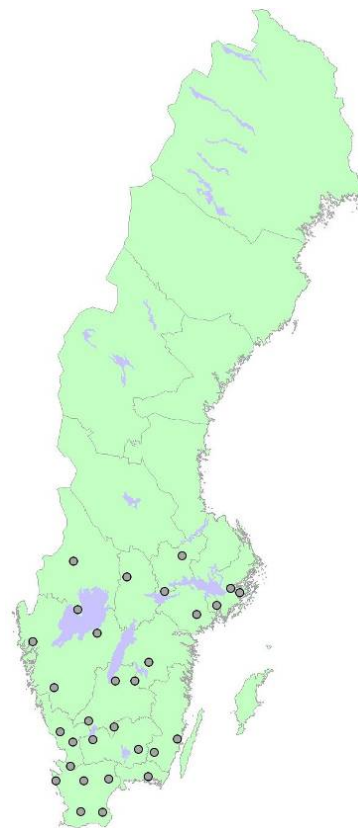
Metod

Försöket genomförs i 30 av ytorna inom Krondropps nät (Figur 12). 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. Inväxningspåsarna (a' 10 g, mått i cm: 8 x 4 x 1) har placerats i gränsskiktet mellan den organiska jorden och mineraljorden (ca. 5 – 15 cm djupt). Drygt två meter ifrån varje av de fem lysimetrarna har det tagits ett jordprov av O-horisonten med en Ø:25 mm provtagare. Runt denna provtagning, ca 20 cm ifrån, har sju påsar med olika innehåll placerats. Inväxningspåsarna sattes ut i slutet av maj 2009 och en del av dem hämtades in hösten 2009. De kvarvarande påsarna lämnas under 2 – 3 år för långtidsundersökningar.

Preliminära resultat

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

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 träd tillväxt på grund av ökat ljusinsläpp, och därmed en ökad symbios.



Figur 12: Karta över de krondroppslokaler som inkluderats i försöket.

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 mykorrhizga finansieras av Forskningsprogrammet LUCCI och genomförs på Ekologiska Institutionen, Avdelningen för mikrobiologisk ekologi, Lunds Universitet, av doktoranderna Adam Babr (adam.babr@mbioekol.lu.se) och Magnus Ellström (magnus.ellstrom@mbioekol.lu.se) med handledarna Håkan Wallander (hakan.wallander@mbioekol.lu.se) och Anders Tunlid (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).

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 ska fungera som ett komplement till de länsvisa, resultatnriktade 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 Krondroppsnetet, framförallt med avseende på kväveutlakningen från skogsmark efter en storm. Ytorna delades in i olika skadeklasser beroende på hur stora skador ytorna erhölet 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. 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

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 på **öppet fält** i Västmanlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst!

Lokal	Period	Nedb mm	H ⁺ kg/ha	SO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ N	NH ₄ ⁻ N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
				S	S _{ex}								
Kvisterhult (U 04 A)	08/09	893	0,15	3,1	2,8	4,6	3,7	3,6	3,0	0,8	4,0	1,8	0,22
	07/08	904	0,11	2,8	2,5	6,0	3,4	4,5	2,8	0,8	4,4	2,3	0,26
	06/07	1034	0,14	3,9	3,1	17,6	3,6	4,1	3,3	1,7	11,0	7,7	0,51
	05/06	760	0,10	4,0	3,8	4,9	3,3	7,9	1,8	1,1	3,7	4,3	0,22
	04/05	703	0,06	2,9	2,5	6,8	2,6	5,1	2,0	0,9	4,5	2,3	0,14
	03/04	775	0,13	3,1	2,9	4,4	2,9	2,2	1,2	0,6	2,5	1,1	0,08
	00/01	917	0,19	4,1	3,9	3,4	3,5	3,0	1,7	0,5	2,4	1,0	0,15
	99/00	633	0,11	2,8	2,6	3,6	2,3	2,1	1,6	0,4	2,4	1,4	0,16
	98/99	758	0,15	3,7	3,5	3,7	2,8	2,4	2,2	0,4	2,2	1,5	0,08
	97/98	796	0,13	3,3	3,1	2,7	2,5	2,2	3,2	0,4	1,7	2,2	0,11
	96/97	625	0,14	3,0	2,8	3,8	2,2	1,8	1,3	0,5	2,1	0,9	0,08
	95/96	621	0,10	2,8	2,7	2,2	1,9	1,7	1,5	0,4	1,7	1,8	0,05
	94/95	648	0,16	3,5	3,4	2,6	2,3	2,3	1,9	0,3	1,5	1,0	0,02
93/94	611	0,23	4,1	4,0	2,7	2,5	2,2	1,0	0,3	1,4	1,0	0,02	

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

Lokal	Period	Nedb mm	H ⁺ kg/ha	SO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ N	NH ₄ ⁻ N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
				S	S _{ex}								
Kvisterhult (U 04 A)	2008	924	0,13	2,9	2,6	6,5	3,6	4,3	3,1	1,0	5,1	2,4	0,36
	2007	988	0,10	4,0	3,2	16,4	3,7	4,1	3,7	1,6	10,3	7,6	0,44
	2006	865	0,14	3,8	3,5	6,2	3,4	7,5	1,5	1,2	4,4	4,5	0,27
	2005	706	0,08	3,1	2,8	5,5	2,9	5,1	2,2	0,9	3,6	2,0	0,12
	2004	738	0,07	2,9	2,7	5,8	2,5	3,1	1,6	0,7	3,9	1,6	0,11
	2001	670	0,11	3,1	2,9	3,2	2,7	2,3	1,7	0,4	2,0	0,8	0,13
	2000	864	0,15	3,6	3,4	3,6	2,8	2,7	1,9	0,5	2,5	1,4	0,14
	1999	772	0,17	4,1	3,9	3,7	3,0	2,6	2,2	0,4	2,3	1,5	0,12
	1998	803	0,12	3,1	2,9	3,9	2,5	2,1	2,9	0,5	2,3	1,4	0,08
	1997	573	0,12	2,6	2,5	2,5	1,9	1,5	1,4	0,4	1,3	1,7	0,10
	1996	710	0,14	3,3	3,2	2,8	2,4	2,2	1,6	0,4	1,9	1,3	0,06
	1995	669	0,14	3,6	3,4	3,1	2,2	2,1	2,1	0,3	2,0	1,5	0,02
	1994	614	0,22	3,8	3,7	2,7	2,4	2,2	1,0	0,3	1,5	1,0	0,02

Tabell A:2a. Öppet fältdata från Västmanlands län för ytan Kvisterhult där organiskt kväve analyserats, komplett **hydrologisk årsdeposition**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N)

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N	TOC
	okt-sep	mm	kg/ha →		
Kvisterhult (U 04 A)	08/09	893	7,3	2,6	
	07/08	904	7,9	3,7	
	06/07	1034	7,7	4,3	
	05/06	760	11,2	-0,4	
	04/05	703	7,7	4,7	
	03/04	775	5,0	2,0	
	00/01	917	6,5		
	99/00	633	4,4		
	98/99	758	5,2		
	97/98	796	4,7	0,6	
	96/97	625	4,0		
	95/96	621	3,6		
	94/95	648	4,6		
	93/94	611	4,7		

Tabell A:2b. Öppet fältdata från Västmanlands län för ytan Kvisterhult där organiskt kväve analyserats, deposition på **kalenderår**. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N)

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha →		
Kvisterhult (U 04 A)	2008	924	7,9	3,4	
	2007	988	7,8	4,6	
	2006	865	10,9	-0,6	
	2005	706	8,0	3,7	
	2004	738	5,6	3,4	
	2001	670	5,0	1,5	
	2000	864	5,6		
	1999	772	5,6		
	1998	803	4,6		
	1997	573	3,4		
	1996	710	4,5		
	1995	669	4,3		
	1994	614	4,6		

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

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ - S	SO ₄ - S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ - N	NH ₄ - N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
	okt-sep	mm	kg/ha	→									
Kvisterhult (U 04 A)	08/09	424	0,03	1,5	1,1	8,9	1,1	0,7	2,5	1,0	4,0	14,8	0,84
	07/08	377	0,05	1,4	1,1	7,0	1,4	0,6	2,7	1,0	3,6	10,2	0,90
	06/07	367	0,03	1,6	1,2	9,0	1,3	0,7	2,7	1,1	4,0	12,6	0,79
	05/06	376	0,05	2,7	2,4	6,8	2,1	2,0	2,8	1,0	2,9	13,7	0,78
	04/05	352	0,04	1,7	1,4	7,5	1,4	0,9	2,6	1,0	3,6	10,0	0,74
	03/04	388	0,06	2,0	1,7	7,4	1,4	0,5	2,8	1,1	3,2	11,1	0,73
	02/03	322	0,05	2,0	1,7	6,6	1,5	1,0	2,1	1,0	2,6	9,0	0,46
	01/02	358	0,04	2,0	1,6	7,6	1,3	1,0	2,2	0,9	3,2	10,6	0,55
	00/01	457	0,07	3,6	3,3	6,2	1,9	1,1	3,1	1,1	2,9	12,5	1,02
	99/00	312	0,05	2,4	2,0	7,8	1,3	0,6	2,2	0,9	3,5	10,3	0,77
	98/99	430	0,09	3,5	3,2	6,6	1,7	1,0	2,6	1,0	2,9	11,0	0,75
	97/98	456	0,08	3,6	3,3	6,9	1,5	0,9	3,0	1,1	2,6	12,7	1,02
	96/97	331	0,09	3,5	3,1	7,3	1,4	0,9	2,8	1,0	3,1	9,1	0,86
	95/96	386	0,10	3,7	3,4	5,2	0,9	0,4	2,6	0,9	2,0	10,1	0,85
	94/95	390	0,12	5,3	5,0	6,7	1,2	0,9	3,5	1,1	2,6	10,8	1,19
93/94	390	0,18	7,3	7,0	6,5	1,7	0,9	3,8	1,3	2,4	10,9	1,30	
Hyttskogen (U 06 A)	08/09	554	0,03	1,3	1,1	4,4	0,6	1,1					
	07/08	436	0,03	1,2	1,0	3,9	0,6	0,4					
	06/07	499	0,02	1,6	1,4	4,7	0,8	0,7					
	05/06	430	0,04	1,7	1,6	3,2	0,6	0,9					
	04/05	455	0,03	1,3	1,2	3,2	0,5	0,6					
	03/04	556	0,04	1,4	1,3	3,0	0,7	0,5					
	02/03	417	0,03	1,8	1,7	3,0	1,0	0,7					
01/02	486	0,03	1,7	1,5	4,2	0,7	0,8						

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

Lokal	Period	Nedb mm	H ⁺ kg/ha	SO ₄ -	SO ₄ -	Cl ⁻	NO ₃ - N	NH ₄ - N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
				S	S _{ex}								
Kvisterhult (U 04 A)	2008	388	0,04	1,3	1,0	8,1	1,2	0,6	2,6	1,0	4,0	11,9	0,92
	2007	313	0,04	1,5	1,2	7,2	1,3	0,5	2,4	1,0	3,5	9,6	0,67
	2006	453	0,05	2,8	2,4	8,2	2,2	2,2	3,3	1,2	3,5	16,7	0,96
	2005	348	0,04	1,7	1,4	6,5	1,6	0,9	2,6	1,0	3,1	9,6	0,71
	2004	349	0,04	1,7	1,4	8,1	1,2	0,5	2,6	1,0	3,5	10,0	0,64
	2003	375	0,05	2,4	2,0	7,5	1,6	1,0	2,3	1,1	3,0	11,5	0,58
	2002	355	0,05	2,0	1,7	7,0	1,5	1,0	2,3	1,0	3,1	9,1	0,58
	2001	326	0,05	2,6	2,3	6,2	1,5	0,9	2,5	0,9	2,5	10,7	0,82
	2000	404	0,05	2,7	2,4	6,6	1,5	0,8	2,4	0,9	3,2	12,0	0,75
	1999	431	0,09	3,6	3,3	7,5	1,7	0,9	3,0	1,2	3,4	11,7	0,97
	1998	450	0,07	3,6	3,2	7,5	1,5	1,0	2,8	1,0	2,9	12,3	0,85
	1997	340	0,08	3,5	3,2	7,0	1,4	0,9	3,0	1,0	2,9	9,8	0,90
	1996	413	0,12	4,0	3,7	5,7	1,0	0,4	2,8	1,0	2,2	10,5	0,97
	1995	396	0,11	5,0	4,7	6,3	1,2	0,9	3,3	0,9	2,7	10,1	0,95
1994	368	0,14	5,6	5,3	6,9	1,6	0,8	3,3	1,2	2,2	10,4	1,19	
Hyttskogen (U 06 A)	2008	510	0,03	1,2	0,9	4,5	0,6	0,4					
	2007	457	0,03	1,6	1,4	4,3	0,8	0,7					
	2006	523	0,04	1,8	1,6	3,6	0,8	1,0					
	2005	398	0,02	1,4	1,2	2,8	0,5	0,6					
	2004	520	0,03	1,3	1,1	3,6	0,5	0,4					
	2003	479	0,04	1,8	1,7	3,0	1,0	0,7					
2002	493	0,03	1,7	1,5	3,5	0,8	0,9						

Tabell B:2a. Krondroppsdata från Västmanlands län för ytor där organiskt kväve analyserats, komplett **hydrologisk årsdeposition**. Nederbörd (Nedb) i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N).

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N	TOC
	okt-sep	mm	kg/ha →		
Kvisterhult (U 04 A)	08/09	424	1,8	2,2	
	07/08	377	1,9	1,8	
	06/07	367	2,0	1,7	
	05/06	376	4,1	2,0	
	04/05	352	2,4	1,6	
	03/04	388	1,9	2,0	
	02/03	322	2,5	2,0	
	01/02	358	2,3	2,1	
	00/01	457	3,0		
	99/00	312	1,9		
	98/99	430	2,6		
	97/98	456	2,4	2,0	
	96/97	331	2,3		
	95/96	386	1,3		
	94/95	390	2,1		
93/94	390	2,5			
Hyttskogen (U 06 A)	08/09	554	1,6		
	07/08	436	1,0		
	06/07	499	1,5		
	05/06	430	1,5		
	04/05	455	1,1		
	03/04	556	1,2		
	02/03	417	1,6		
	01/02	486	1,5		

Tabell B:2b. Krondroppsdata från Västmanlands län för ytor där organiskt kväve analyserats, årsdepositionen för **kalenderår**. Nederbörd (Nedb) i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N).

Lokal	Period	Nedb mm	oorg N kg/ha	org N	TOC
			→		
Kvisterhult (U 04 A)	2008	388	1,8	1,8	
	2007	313	1,8	1,4	
	2006	453	4,4	2,4	
	2005	348	2,5	1,6	
	2004	349	1,7	1,7	
	2003	375	2,6	2,2	
	2002	355	2,5	2,2	
	2001	326	2,3	1,8	
	2000	404	2,3		
	1999	431	2,6		
	1998	450	2,5		
	1997	340	2,3		
	1996	413	1,4		
	1995	396	2,2		
1994	368	2,4			
Hyttskogen (U 06 A)	2008	510	1,0		
	2007	457	1,5		
	2006	523	1,7		
	2005	398	1,1		
	2004	520	0,9		
	2003	479	1,7		
2002	493	1,6			

Tabell C1. Lufthalter, SO₂, NO₂, NH₃ samt O₃, månadshalter samt medelvärden i Västmanlands län, diffusionsprovtagning, µg/m³.

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Onsjö (U 02 B)	0810	-	1,2	-	-
	0811	-	2,3	-	-
	0812	-	2,1	-	-
	0901	-	4,3	-	-
	0902	-	3,7	-	-
	0903	-	1,5	-	-
	0904	-	0,9	-	-
	0905	-	0,9	-	-
	0906	-	0,8	-	-
	0907	-	0,9	-	-
	0908	-	0,5	-	-
	0909	-	0,9	-	-
	0910	-	0,8	-	-
	0911	-	2,3	-	-
	0912	-	2,7	-	-
Mv hydr. år	96/97	0,4	2,5	-	-
	97/98	0,5	2,4	-	-
	98/99	0,5	2,2	-	-
	99/00	0,3	1,8	-	-
	00/01	0,5	2,0	-	-
	01/02	0,4	2,0	-	-
	02/03	0,5	1,8	-	-
	03/04	0,6	1,7	-	-
	04/05	-	1,8	-	-
	05/06	-	1,9	-	-
	06/07	-	1,5	-	-
	07/08	-	1,7	-	-
	08/09	-	1,7	-	-
Mv kal. år	1997	0,4	2,6	-	-
	1998	0,4	2,3	-	-
	1999	0,5	2,2	-	-
	2000	0,3	1,8	-	-
	2001	0,5	1,9	-	-
	2002	0,4	2,1	-	-
	2003	0,5	1,7	-	-
	2004	-	1,8	-	-
	2005	-	1,7	-	-
	2006	-	1,8	-	-
	2007	-	1,5	-	-
2008	-	1,6	-	-	
2009	-	1,7	-	-	

Forts.Tabell C1. Lufthalter, SO₂, NO₂, NH₃ samt O₃, månadshalter samt medelvärden i Västmanlands län, diffusionsprovtagning, µg/m³.

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Kvisterhult (U 04 A)	0810	0,4	1,6	<0,3	29
	0811	0,2	2,0	0,5	36
	0812	0,7	2,2	0,5	26
	0901	0,4	4,3	<0,3	41
	0902	0,4	4,1	0,3	35
	0903	0,5	2,1	<0,3	63
	0904	0,3	1,3	0,4	59
	0905	0,4	1,2	0,5	-
	0906	<0,2	1,2	<0,3	-
	0907	0,2	0,8	<0,3	-
	0908	0,2	0,7	1,0	-
	0909	<0,2	1,1	<0,3	-
	0910	0,2	1,3	<0,3	-
Mv hydr. år	0911	0,4	2,8	<0,3	-
	0912	0,3	3,3	<0,3	-
	93/94	1,3	2,9	-	-
	94/95	-	2,2	-	-
	95/96	-	2,9	-	-
	96/97	0,6	3,5	-	-
	97/98	0,5	3,0	-	-
	98/99	0,5	2,9	-	-
	99/00	0,4	2,5	-	-
	00/01	0,6	2,3	-	-
	01/02	0,4	2,5	-	-
	02/03	0,6	2,5	-	-
	03/04	0,7	2,4	-	-
	04/05	0,5	2,0	-	-
	05/06	0,7	2,5	-	-
	06/07	0,4	1,8	-	-
	07/08	0,3	2,1	-	-
	08/09	0,3	1,9	-	-
	Mv kal. år	1994	-	2,8	-
1995		-	2,2	-	-
1996		-	3,2	-	-
1997		0,5	3,6	-	-
1998		0,5	2,9	-	-
1999		0,5	2,7	-	-
2000		0,4	2,2	-	-
2001		0,5	2,3	-	-
2002		0,5	2,8	-	-
2003		0,6	2,3	-	-
2004		0,7	2,3	-	-
2005		0,5	2,1	-	-
2006	0,7	2,2	-	-	
2007	0,3	2,0	-	-	
2008	0,3	1,9	-	-	
2009	0,3	2,0	-	-	

Forts. Tabell C1. Lufthalter, SO₂, NO₂, NH₃ samt O₃, månadshalter samt medelvärden i Västmanlands län, diffusionsprovtagning, µg/m³.

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Kvisterhult (U 04 A)	Mv sommar				
	som. 1995	-	-	<0,3	-
	som. 1996	-	-	<0,3	57
	som. 1997	-	-	<0,3	62
	som. 1998	-	-	<0,3	54
	som. 1999	-	-	<0,3	64
	som. 2000	-	-	<0,3	53
	som. 2001	-	-	0,3	55
	som. 2002	-	-	0,4	57
	som. 2003	-	-	0,8	57
	som. 2004	-	-	0,3	57
	som. 2005	-	-	0,7	55
	som. 2006	-	-	0,6	59
	som. 2007	-	-	0,4	53
	som. 2008	-	-	0,4	52
som. 2009	-	-	0,4		

Forts. Tabell C1. Lufthalter, SO₂, NO₂, NH₃ samt O₃, månadshalter samt medelvärden i Västmanlands län, diffusionsprovtagning, µg/m³.

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Hyttskogen (U 06 A)	0810	-	2,5	-	27
	0811	-	2,5	-	35
	0812	-	2,6	-	33
	0901	-	4,5	-	43
	0902	-	4,4	-	34
	0903	-	2,2	-	64
	0904	-	1,9	-	48
	0905	-	1,6	-	62
	0906	-	1,5	-	55
	0907	-	1,2	-	43
	0908	-	1,1	-	39
	0909	-	1,6	-	22
	0910	-	1,5	-	36
	0911	-	3,3	-	29
	0912	-	3,3	-	29
Mv hydr. år	03/04	-	3,3	-	-
	04/05	-	3,2	-	-
	05/06	-	3,8	-	-
	06/07	-	3,0	-	-
	07/08	-	2,8	-	-
	08/09	-	2,3	-	-
Mv kal. år	2004	-	3,3	-	-
	2005	-	3,3	-	-
	2006	-	3,6	-	-
	2007	-	3,0	-	-
	2008	-	2,6	-	-
	2009	-	2,4	-	-
Mv sommar	som. 2004	-	-	-	54
	som. 2005	-	-	-	55
	som. 2006	-	-	-	58
	som. 2007	-	-	-	53
	som. 2008	-	-	-	51
	som. 2009	-	-	-	45

Forts. Tabell C1. Lufthalter, SO₂, NO₂, NH₃ samt O₃, månadshalter samt medelvärden i Västmanlands län, diffusionsprovtagning, µg/m³.

Lokal	Period	SO ₂ ug/m ³	NO ₂ ug/m ³	NH ₃ ug/m ³	O ₃ ug/m ³
Skästa (U 08 A)	0810	-	4,3	-	-
	0811	-	4,3	-	-
	0812	-	3,9	-	-
	0901	-	7,1	-	-
	0902	-	6,0	-	-
	0903	-	3,7	-	-
	0904	-	3,2	-	-
	0905	-	3,7	-	-
	0906	-	2,8	-	-
	0907	-	2,3	-	-
	0908	-	2,0	-	-
	0909	-	2,8	-	-
	0910	-	2,9	-	-
	0911	-	4,8	-	-
	0912	-	^u 5,0	-	-
Mv hydr. år	04/05	-	4,3	-	-
	05/06	-	4,5	-	-
	06/07	-	3,7	-	-
	07/08	-	3,7	-	-
	08/09	-	3,8	-	-
Mv kal. år	2005	-	4,3	-	-
	2006	-	4,3	-	-
	2007	-	3,8	-	-
	2008	-	3,5	-	-
	2009	-	3,9	-	-

^u=Uppskattat

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

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 →													
Kvisterhult (U 04 A)	2008-10-22	4,6	-	-0,120	5,18	7,55	<0,002	<0,020	0,79	0,44	7,53	0,51	0,129	0,027	1,844	2,300	9,5	0,7
	2009-05-28	4,7	-	-0,063	4,28	6,74	<0,010	<0,020	0,74	0,41	7,30	0,24	0,065	0,022	0,982	1,430	9,1	1,1
	2009-07-27	4,8	-	-0,053	4,84	5,50	<0,010	<0,020	0,77	0,31	7,66	0,29	0,049	0,036	0,241	0,728	13,5	4,4
	2009-10-21	4,8	-	-0,047	2,08	5,83	<0,010	<0,020	0,43	0,24	4,53	0,40	0,030	0,024	0,672	1,060	8,2	1,2
	median	4,6		-0,169	6,67	6,41	<0,002	<0,01	1,24	0,82	7,01	0,32	0,05	0,027	1,872	2,328	9,8	0,9
<i>n=</i>	<i>47</i>		<i>47</i>	<i>47</i>	<i>47</i>	<i>47</i>	<i>47</i>	<i>46</i>	<i>47</i>	<i>47</i>	<i>47</i>	<i>47</i>	<i>47</i>	<i>45</i>	<i>42</i>	<i>45</i>	<i>43</i>	<i>42</i>
Hyttskogen (U 06 A)	2008-10-23	6,3	-	0,137	0,96	0,52	<0,002	-	0,84	0,43	3,02	0,10	<0,030	-	-	-	-	-
	2009-05-28	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2009-07-30	6,2	-	0,113	0,88	0,22	<0,010	0,155	0,77	0,30	2,52	<0,10	<0,030	-	-	-	-	-
	2009-10-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	6,1		0,110	1,05	1,37	<0,002	0,098	1	0,49	2,46	0,2	<0,02	0,022	0,16	0,094	7,8	76
<i>n=</i>	<i>15</i>		<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>6</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>6</i>	<i>2</i>	<i>6</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	
Mortorpsmossen (U 07 A)	2008-10-20	5,1	-	0,151	1,01	3,02	<0,002	<0,020	1,05	0,94	3,46	0,75	0,446	0,671	0,235	1,050	16,9	9,7
	2009-05-25	5,1	-	0,046	1,41	1,64	<0,010	<0,020	0,60	0,47	2,50	0,14	0,051	0,101	0,194	0,670	10,3	5,3
	2009-07-27	5,1	-	0,093	1,15	1,27	<0,010	<0,020	0,81	0,53	2,47	0,38	2,464	0,008	-	0,756	24,2	-
	2009-10-19	5,0	-	0,048	1,58	1,99	<0,010	<0,020	0,67	0,46	2,83	0,34	0,051	0,264	0,278	0,931	13,9	4,3
	median	5,0		0,067	1,47	2,4	<0,002	0,01	0,91	0,77	2,6	0,39	0,081	0,275	0,216	0,812	13,9	8,6
<i>n=</i>	<i>17</i>		<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>15</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>14</i>	
Skästa (U 08 A)	2008-10-22	4,9	-	0,096	0,33	1,44	<0,002	-	0,70	0,40	1,79	0,46	<0,030	0,088	-	0,879	-	-
	2009-05-28	4,9	-	0,036	3,33	8,62	0,020	-	1,70	1,33	6,42	0,58	0,129	-	-	-	-	-
	2009-07-27	5,9	-	0,079	1,10	1,74	<0,010	<0,020	1,12	0,52	2,13	0,23	2,129	-	-	-	13,8	-
	2009-10-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	median	5,5		0,080	1,96	1,83	<0,002	0,019	1,25	0,68	2,53	0,35	0,064	0,028	0,089	0,52	13,8	15
<i>n=</i>	<i>10</i>		<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>3</i>	<i>8</i>	<i>5</i>	<i>3</i>	

