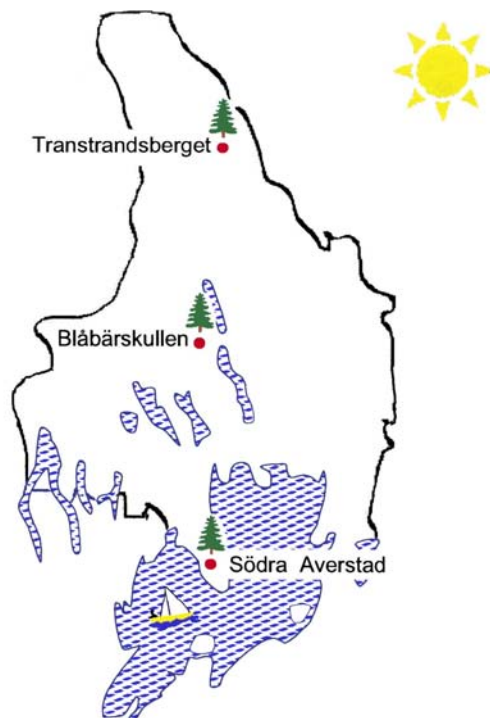


För Värmlands läns Luftvårdsförbund

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

Hydrologiskt år: resultat t.o.m. september 2008

Kalenderår: resultat t.o.m. 2007



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

B 1840

Juni 2009

<sup>1)</sup> Lunds universitet



## Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Ord att förklara.....	4
Stationsvis redovisning.....	5
Trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik.....	5
Södra Averstad (S 05).....	5
Blåbärskullen (S 22).....	7
Transtrandsberget (S 23).....	9
Sammanfattande bedömning för Värmlands län, 2007/08.....	12
Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå.....	14
Jämförelse mot mål och normer på kalenderår.....	16
Nedfall av svavel och kväve.....	16
Luftkvalitet.....	17
Temainriktad rapport.....	18
Ny webbplats.....	19
Nytt från Naturvårdsverket.....	19
Referenser.....	20
Bilaga 1. Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	21
Bilaga 2. Beskrivning av trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik.....	29

Rapporten godkänd  
2009-06-09



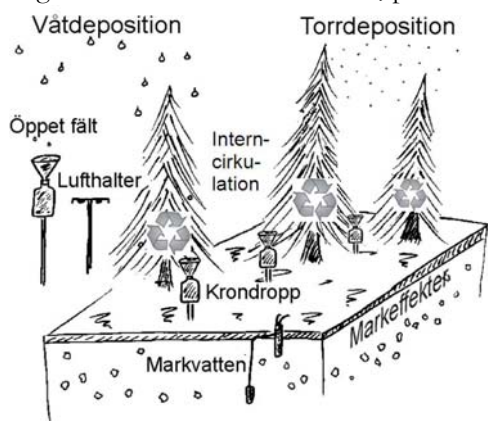
John Munthe  
Avdelningschef

## Sammanfattning

På uppdrag av Värmlands läns Luftvårdsförbund mäter och provtar IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på tre platser i länet. Krondroppsnätet har sedan starten 1985 löpt i perioder och 2007 initierades ett nytt fyraårigt samarbetsprojekt. Grundtanken med Program 2007 är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastningen av luftföroreningar och dess 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 lufthalter som uppmätts i länet under 2007/08 var relativt låga, vilket stämmer överens med det generella mönstret för mellersta Sverige. Mätningarna visar dock att regeringens långsiktiga mål för marknära ozon överskreds vid Blåbärskullen under året. Nederbörds mängden som uppmättes under 2007/08 på ytan på öppet fält i Blåbärskullen, 1026 mm, var avsevärt mindre än föregående hydrologiska år, men ungefär i nivå med genomsnittet under de 12 år som mätningar utförts. Sedan mätningarna i länet startade har svaveldepositionen minskat kraftigt, något som är tydligt i hela Sverige. Det hydrologiska året 2007/08 kännetecknades av låga svavelhalter i nederbörden och låg svaveldeposition i hela Sverige. Under 2007/08 uppmättes mätseriens lägsta svaveldeposition över öppet fält i Blåbärskullen, 2,4 kg/ha, samt i skogsytorna i Södra Averstad och Transtrandsberget, 1,3 resp. 0,8 kg/ha. Även i skogsytan i Blåbärskullen var svaveldepositionen låg, 2,1 kg/ha. Kvävenedfallet, som är lättast att tolka från mätningarna på öppet fält eftersom kväve interncirkulerar i trädskronorna i skogsytorna, uppgick till 4,8 kg per hektar på öppet fält-ytan i Blåbärskullen, vilket är betydligt lägre än tidigare år.

Markvattnet i Södra Averstad och Transtrandsberget har under mätperioden vanligen haft ett pH-värde omkring 5 eller strax under, och även under 2007/2008 var pH-värdet på denna nivå. Markvattnets pH i Blåbärskullen var omkring 5,4 under 2007/08, vilket är något lägre än normalt. Markvattnet i Södra Averstad visar tecken på en återhämtning från försurning. pH-värdet har ökat, halterna av oorganiskt aluminium har minskat och ANC har ökat. I Blåbärskullen och Transtrandsberget syns inga eller mycket små tecken på återhämtning. Vid Blåbärskullen har pH-värdet minskat, dock är ANC positivt och halterna av svavel har minskat sedan mätstart. Vid Transtrandsberget har svavelhalterna minskat, pH-värdet är oförändrat, men ANC har ökat sedan mätstart.



**Figur 1.** 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:** 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 1840**

**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	<a href="mailto:publikationsservice@ivl.se">publikationsservice@ivl.se</a>

## 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 på 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 nya 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 sker vid 23 lokaler 2007/08, 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 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 miljötillståndet.

**Nytt i årets rapportering** är att två typer av rapporter görs, dels dessa länsvisa mer direkt resultatriktade rapporter och dels en nationell mer temainriktad rapport om trender, senare i år. I denna rapport redovisas även nya figurer med tidstrender för deposition och markvattenkemi samt förbättrade rutiner för statistisk trendanalys. Modellresultat presenterades mycket ingående i förra årets rapport och den modellering som ingår i denna rapport gäller kommunvis deposition. Nytt är även att resultaten presenteras på kalenderår i tabeller samt vid jämförelser med miljö kvalitetsmål och normer. Temarapporten kommer att bli klar i slutet av 2009 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 Lennart Larsson, Säffle kommun. På IVL har K Koos bl. a. skött kontakter med provtagare och I Torbrink, S Weidolf, P Bengtsson, S Honkala, V Andersson och M Lidqvist har analyserat proverna. Granskning av data har huvudsakligen utförts av P Bengtsson, 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, G Malm samt G Pihl Karlsson.



**Figur 2.** Krondropps nätet under 2007/08. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

## Ord att förklara

**ANC:** "Acid Neutralising Capacity" (syraneutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) minus starka syror anjoner ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) räknat i ekvivalenter. Positivt värde utgörs av syrabuffrande vätekarbonat och organiska anjoner. Negativt värde uttrycker aciditet.

**Antropogent:** Orsakad av människan.

**Baskatjoner:** Positiva joner av alkalimetaller med ursprung i syraneutraliserande föreningar. Viktigast i detta sammanhang är kalcium, magnesium och kalium.

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

**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.

**Interncirkulation i trädkronan:** Vissa ämnen intern-cirkuleras 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 av interncirkulation, såsom 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 till marken i skogen. I kraftigt kvävebelastade områden visar krondroppsmätningar större 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, se Bilaga 2.

**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.

**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 miljö kvalitetsmål.

**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 träd-kronor 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 nederbördskemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (MATCH-Sverige-modellen).

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

## Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna. I första stycket beskrivs en för Krondroppsnätet ny metod för statistisk analys av trender. För deposition redovisas data som medelvärde för hydrologiskt år. I depositionsfigurerna finns även modellerad våtdeposition från SMHI (för de år vi hittills erhållit data) med avseende på nederbörds mängd, svavel och kväve. 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.

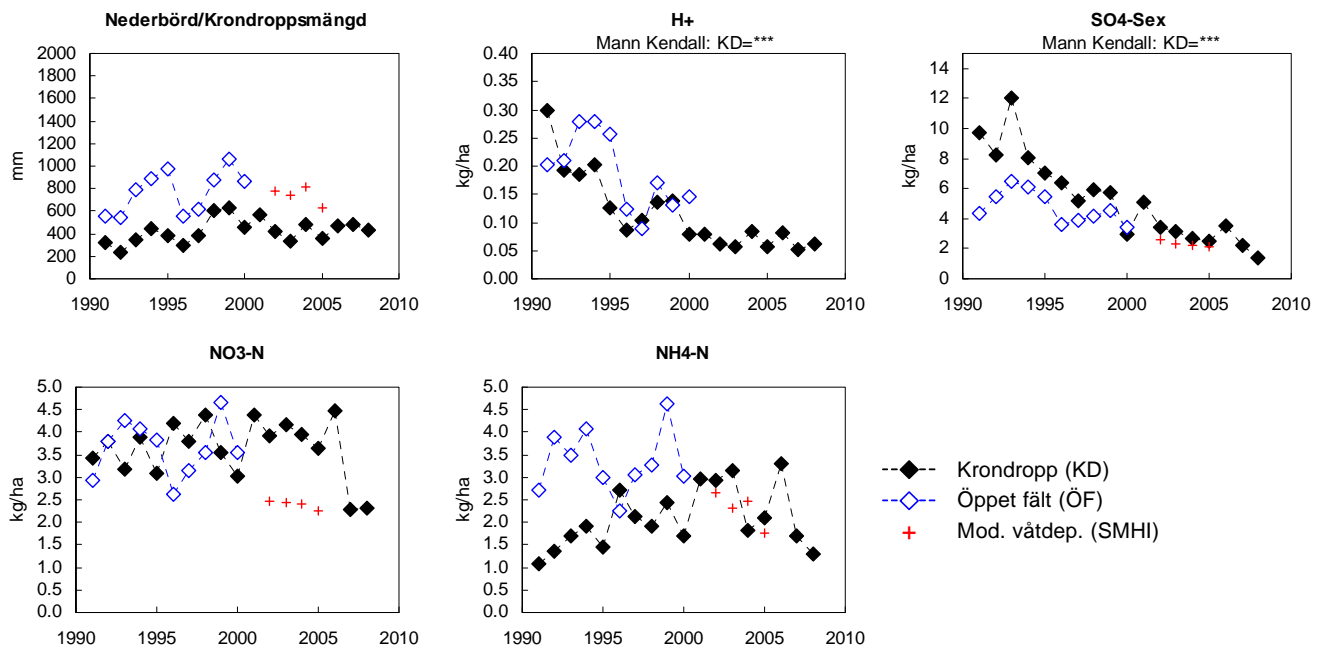
## Trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik

Mann-Kendall är en utvärderingsmetod för att påvisa signifikanta linjära trender (Mann, 1945). Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att eventuella kraftigt avvikande värden inte påverkar resultatet i någon större utsträckning. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör Mann-Kendall till en robust metod. Mann-Kendall är i allmänhet mindre känslig än linjär regression, vilket innebär att det kan vara svårare att få statistisk signifikans för en trend. Mann-Kendall kan användas på så små dataset som fyra värden.

Mann-Kendall ska inte användas på data med säsongvariation, utan då skall istället Seasonal Kendall användas. Seasonal Kendall är en vidareutveckling av Mann-Kendall-metoden. I våra analyser har vi använt Mann-Kendall för årsvisa värden för deposition och Seasonal Kendall för markvattendata. Signifikans anges i tre olika nivåer;  $p < 0.05 = *$  signifikans;  $p < 0.01 = **$  signifikans;  $p < 0.001 = ***$  signifikans. En mer detaljerad beskrivning ges i Bilaga 2.

**Södra Averstad (S 05):** 77-årig granskog i ett flackt och kustnära område på Värmlandsnäs som är exponerat för intransport av luftföroreningar över Väneren. Marken i området består av ett sandigt-moigt sediment med en jordmån klassad som övergång mellan brunjord och podsol. Södra Averstad är länets sydligaste lokal och den har generellt haft länets största nedfall av försurande svavel och kväve. Mätning av deposition och markvatten startade 1990. Nederbörds kemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2000 och lufthaltsmätningarna avslutades i december 2006.

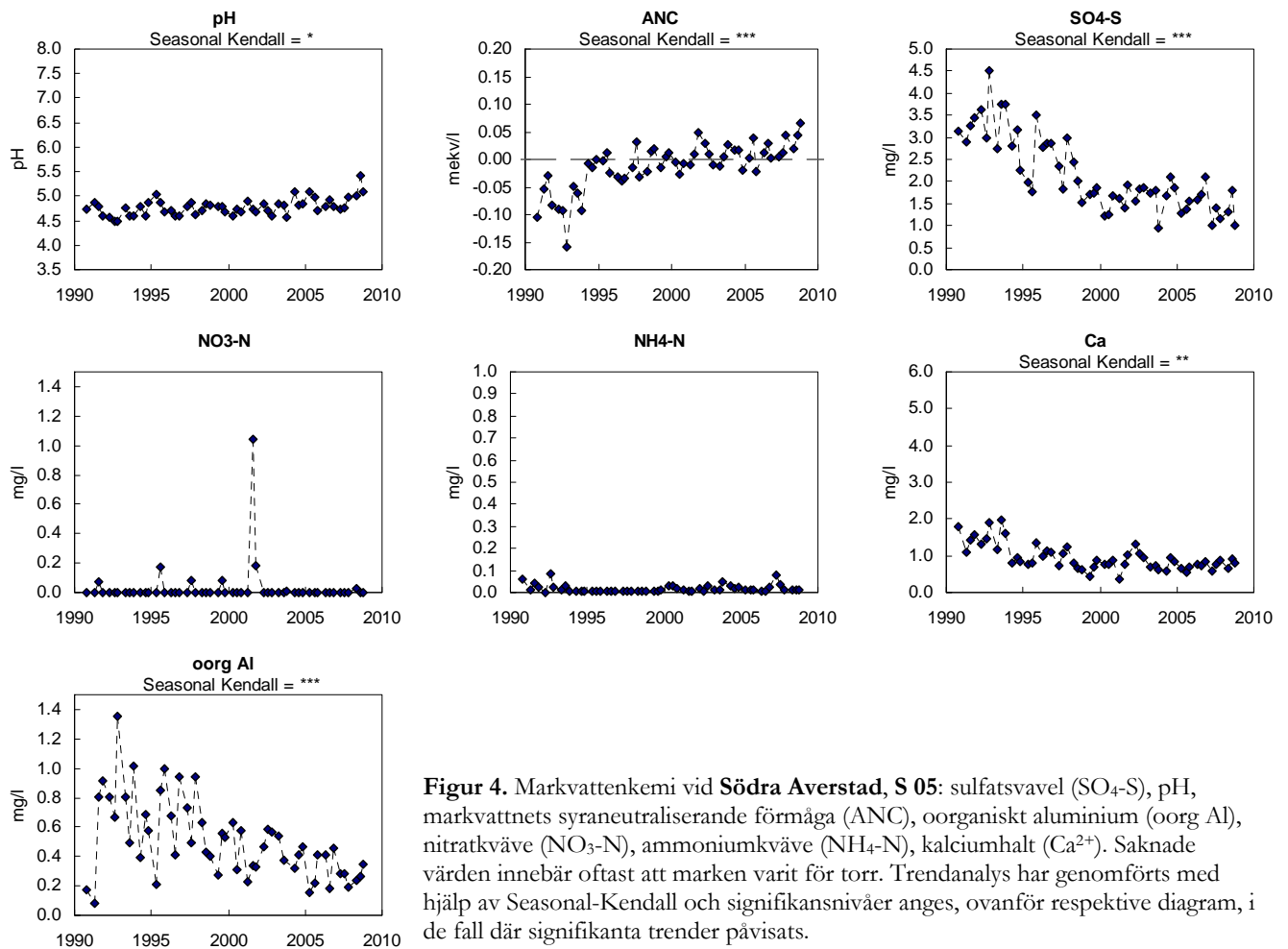
I Figur 3 visas samtliga mätningar i Södra Averstad sedan mätstarten för krondropp och öppet fält som årsmedelvärde (hydrologiskt år). Den av SMHI modellerad våtdepositionen vid Södra Averstad visas i Figur 3 som röda plustecken. Krondroppsmängden 2007/08 var lite större än medelmängden för mätseriens 18 år (435 mm 2007/08 jämfört med medelvärdet för mätserien, 426 mm). Nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondepositionen, har minskat signifikant under mätperioden. Under 2007/08 syns inga dramatiska förändringar jämfört med de senaste åren för vätejondepositionen. Nedfallet av antropogent svavel i Södra Averstad uppgick under det hydrologiska året 2007/08 till 1,3 kg per hektar, vilket är den lägsta svaveldepositionen som uppmätts under mätserien. Svaveldepositionen har minskat signifikant under åren som mätningarna pågått. Nedfallet av oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ) uppgick till 3,6 kg per hektar, vilket är en av de lägsta noteringarna för oorganisk kvävedeposition som uppmätts vid lokalen.



**Figur 3.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid **Södra Averstad, S 05**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: vätejoner ( $H^+$ ); sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ( $SO_4-S_{ex}$ ), nitratkväve ( $NO_3-N$ ); ammoniumkväve ( $NH_4-N$ ). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Modellerad nederbörd samt våtdeposition av svavel- och kväve med MATCH-Sverige-modellen (Persson m.fl. 2004) visas som plustecken för de hydrologiska åren 2001/02-2004/05. Trendanalys har genomförts med hjälp av Mann-Kendall analys och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Södra Averstad, som är den sydligaste lokalen i länet, är den lokal som är mest försurningspåverkad, med lägst pH (medianvärde 4,8) och lägst syraneutraliserande förmåga, ANC (medianvärde 0,005) i markvattnet. Detta kan förklaras med att ytan i många år utsatts för förhållandevis mycket surt nedfall i och med det sydliga läget i länet, samt att ytan är belägen norr om Vänern, vilket leder till ett slags kusteffekt där föroreningar som transporteras över Vänern med vindarna deponeras med nederbörden då de kommer in över land. Vid mätningarna som genomfördes under 2008 var pH-värdet mellan 5,0-5,4 och ANC mellan 0,019-0,066. I Figur 4 visas markvattenhalter för samtliga mätningar för ett antal ämnen sedan mätstart. Ytan karakteriseras även av relativt låga halter av baskatjoner och de högsta halterna av oorganiskt aluminium i länet. Halten nitratkväve var mycket låg vid samtliga mätningar under 2007/08. Trendanalyser visar på en del signifikanta förändringar; sulfatsvavel i markvattnet har minskat kraftigt, i takt med att svavelnedfallet minskat. Detta har även inneburit signifikant ökat ANC, ökat pH och minskade halter av oorganiskt aluminium, vilket indikerar att försurningspåverkan minskar. I Södra Averstad visade trendanalysen även signifikant minskande halter för baskatjonerna (kalcium, magnesium och kalium), totalt aluminium samt totalt organiskt kol samt en ökande halt för mangan.



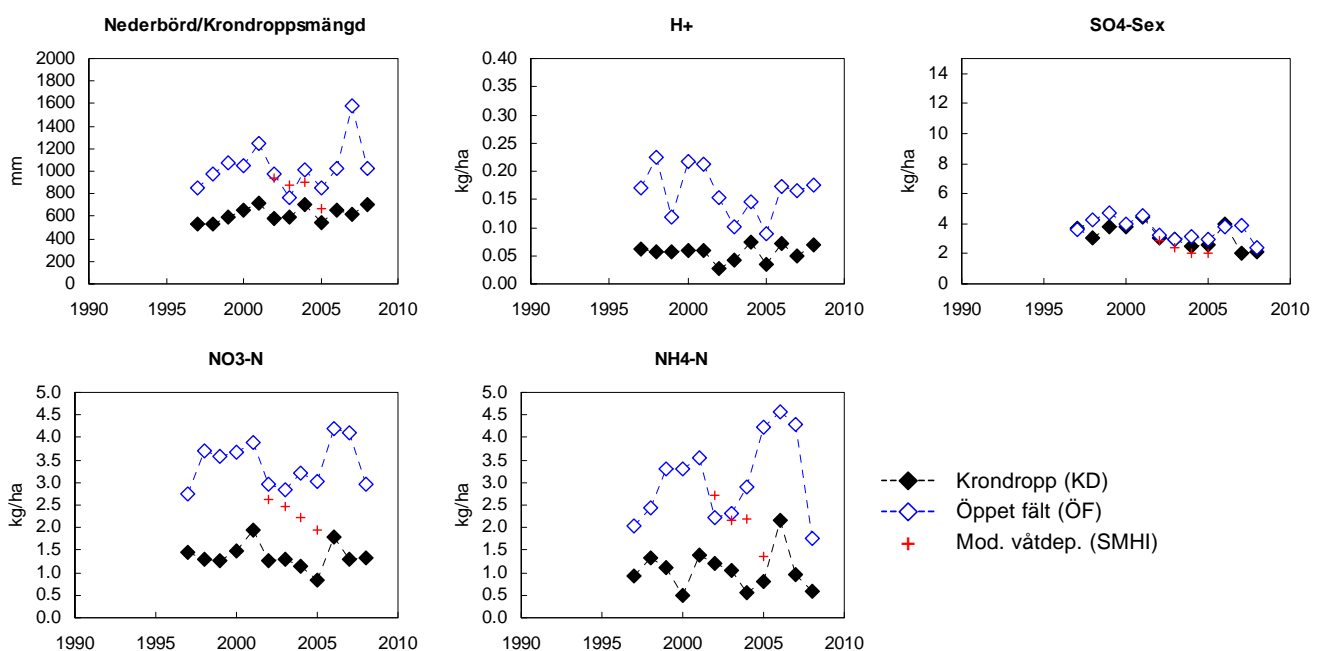


**Figur 4.** Markvattenkemi vid **Södra Averstad, S 05**: sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N), ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N), kalciumhalt (Ca<sup>2+</sup>). Saknade värden innebär oftast 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):** 57-årig granskogsyta i centrala Värmland. Marken är en sandig-moig morän med viss kulturpåverkan. Ståndortsindex är G32. Markvattenkemimätningar, depositions-mätningar i krondropp samt över öppet fält startade hösten 1996. Mätningarna av nedfall över öppet fält ingår sedan 2001 i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning. Lufthaltsmätningarna startade hösten 2000.

Blåbärskullen är den enda yta i länet där mätningar på öppet fält utförs. I Figur 5 visas samtliga mätningar sedan mätstarten i krondropp samt öppet fält som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Blåbärskullen. Den av SMHI modellerade vätdepositionen visas i Figur 5 som röda plustecken. Under det hydrologiska året 2007/08 uppmättes 1026 mm nederbörd, vilket är en mer normal nivå jämfört med föregående års rekordnivå. Nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondeposition, visar inga dramatiska förändringar jämfört med de senaste åren. Svavelnedfallet över öppet fält var 2,4 kg/ha, vilket är den lägsta noteringen under den tolvåriga mätserien. Nedfallet av oorganiskt kväve (NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N) var 4,8 kg/ha, vilket också är den lägsta noteringen under mätperioden. Både nitrat- och ammoniumkvävedepositionen var de lägsta noteringarna hittills. I Blåbärskullen mäts även nedfallet av organiskt kväve och under 2007/08 uppmättes 0,9 kg/ha organiskt kväve på öppet fält, vilket även det är det lägsta värdet sedan mätningarna påbörjades år 2000.

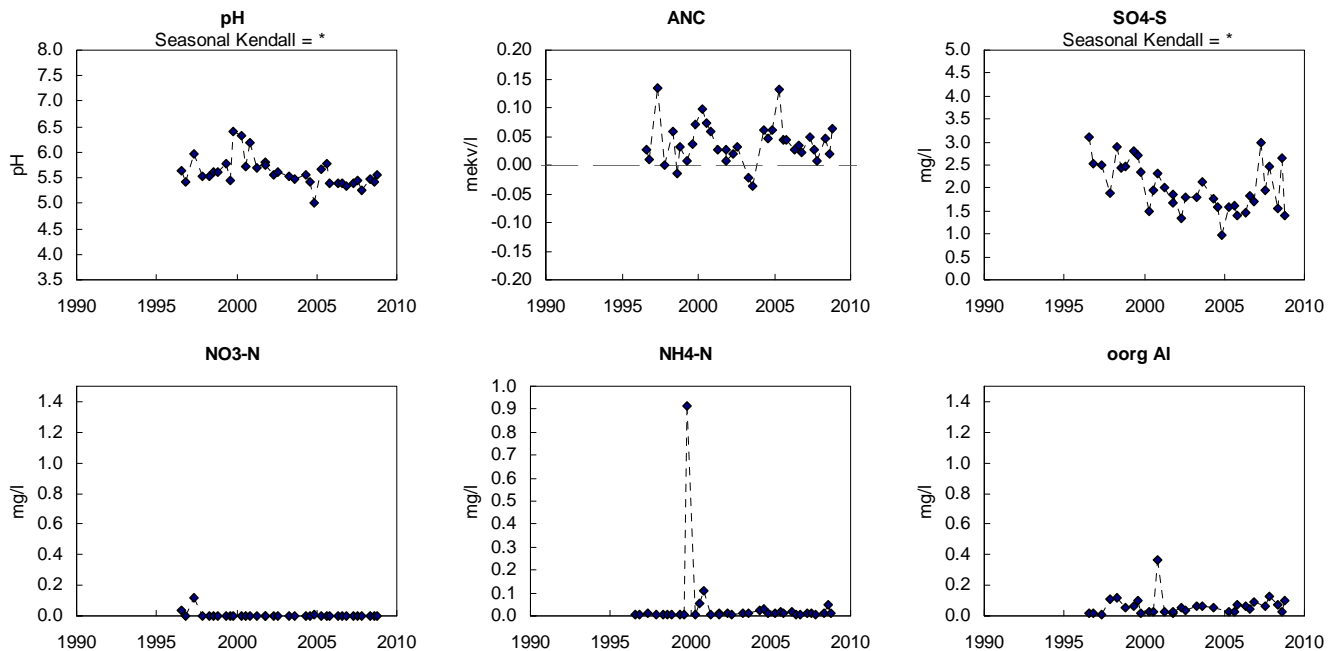
Under det hydrologiska året 2007/08 uppmättes krondroppsmängden till 708 mm, vilket är den näst högsta krondroppsmängden som uppmätts vid Blåbärskullen. Nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondepositionen, visar inga dramatiska förändringar jämfört med de senaste åren. Svavelnedfallet i krondroppsmätningarna var under 2007/08 det lägsta som hittills uppmätts (2,1 kg/ha). Vanligen uppvisar granytan ett högre värde än över öppet fält med tanke på torrdepositionen i skogsytan, men detta mönster har ej syns vid Blåbärskullen sedan mätningarna startades. Detta kan bero på att torrdepositionen av svavel redan vid mätningarnas start minskat så kraftigt att ingen större skillnad mellan depositions mängden i krondropp och öppet fält syns. Mängden oorganiskt kväve ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ) i krondroppet var 1,9 kg/ha, vilket är betydligt lägre än depositionen på öppet fält och därmed tyder på ett stort upptag i trädkronan. Mängden organiskt kväve i krondroppet uppmättes till samma nivå som det oorganiska kvävet, d.v.s. 1,9 kg/ha.



**Figur 5.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad vätdeposition (SMHI) vid Blåbärskullen, S 22. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: vätejoner ( $\text{H}^+$ ); sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ( $\text{SO}_4\text{-S ex}$ ), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ); ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Modellerad nederbörd samt vätdeposition av svavel- och kväve med MATCH-Sverige-modellen (Persson m.fl. 2004) visas som plustecken för de hydrologiska åren 2001/02-2004/05. 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 markvattenhalter från samtliga mätningar för ett antal ämnen sedan mätstart. Markvattenmätningarna i Blåbärskullen visar på mindre sura förhållanden än på övriga lokaler i länet. Dock har markvattnets pH minskat signifikant sedan mätstart och under mätningarna 2008 var pH omkring 5,5. ANC, den syraneutraliserande förmågan, har under 2008 varierat mellan 0,02 och 0,06 mekv/l, medianvärdet för alla mätningar är 0,03 mekv/l. ANC har sedan mätstart mest varit positiv, vilket tillsammans med andra parametrar visar på lite mindre försurningskänsliga markförhållanden vid Blåbärskullen. Inga större förändringar har skett med halten oorganiskt aluminium som under 2008 var på samma nivå som föregående år. Halten sulfatsvavel i markvattnet har minskat signifikant sedan mätstart och under mätningarna 2008 varierade de

relativt kraftigt mellan 1,0 – 1,8. Halten nitrat- och ammoniumkväve i markvattnet var under mätningarna 2008 liksom tidigare mycket låg. Endast vid mätningen efter vegetationssäsongen 1999 uppvisades en kraftigt förhöjd ammoniumhalt. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium är förhållandevis hög vid Blåbärskullen (under vegetationssäsongen 2008 var den mellan 14-54) och det är först när kvoten går under 1 som man anser att det kan medföra en ekologisk risk. Under 2008 uppmättes inga speciella skillnader mot föregående års mätningar för oorganiskt aluminium. Sedan mätningarna startade 1996 har halterna av baskatjonerna magnesium och kalium minskat signifikant, samtidigt som halterna av klorid, natrium samt organiskt aluminium har ökat.

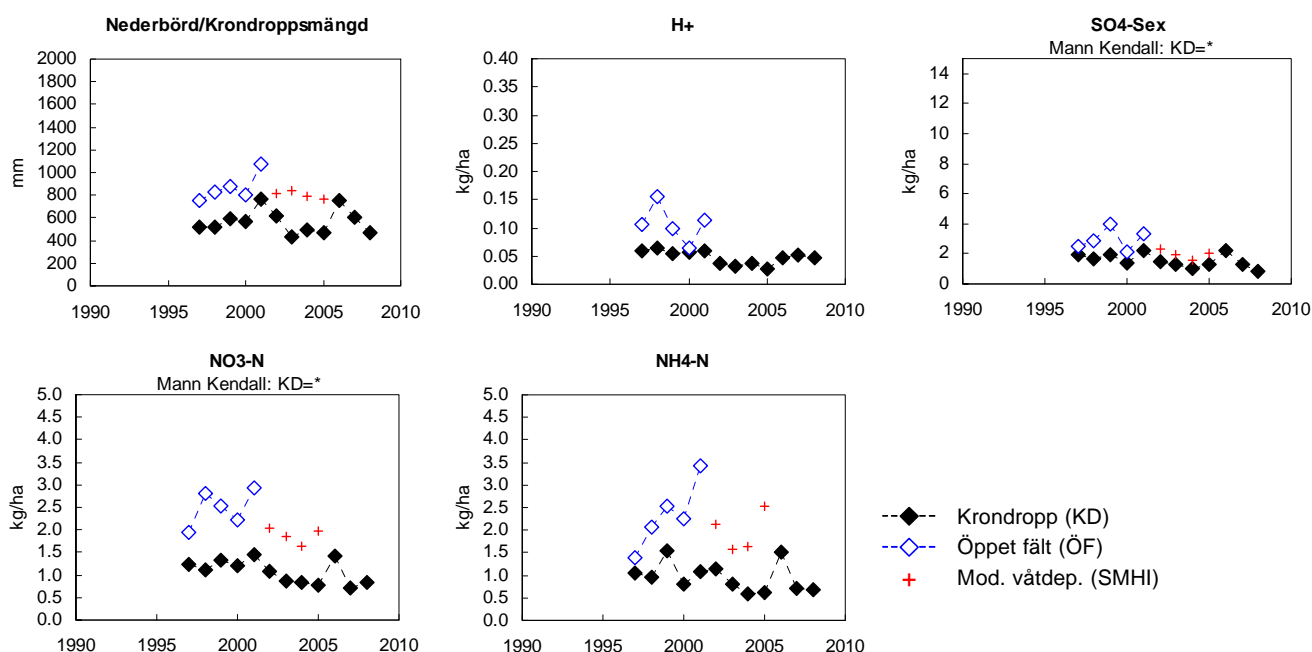


**Figur 6.** Markvattenkemi vid **Blåbärskullen, S 22**: sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

Halter i luft av svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ), kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ), ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) och marknära ozon ( $\text{O}_3$ ) har mätts vid Blåbärskullen sedan oktober 2000. Under åren har årsmedelhalterna av  $\text{SO}_2$  varierat ytterst lite mellan 0,2 och 0,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  med den lägsta medelhalten under mätperioden 2007/08. Årsmedelhalterna av  $\text{NO}_2$  har under åren varierat mellan 0,8 och 1,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  och under mätperioden 2007/2008 var årsmedelhalten 1,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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 < 0,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket även inträffade under somrarna 2002 och 2004. När det gäller marknära ozon har sommarhalvårsmedelhalterna under åren varierat mellan 56 och 67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  med den lägsta medelhalten under mätperioden 2007/08.

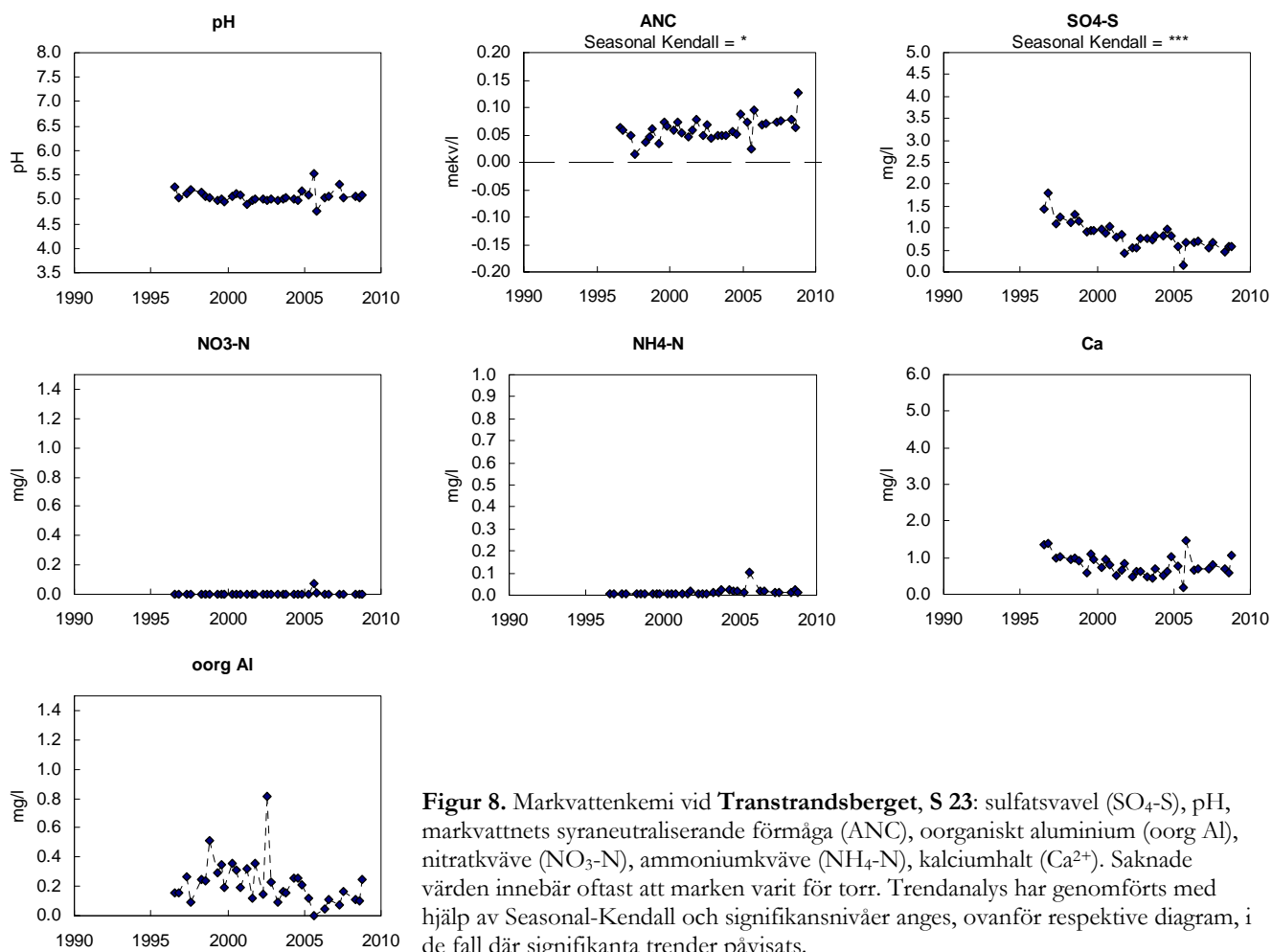
**Transtrandsberget (S 23):** Yta med 56-årig granskog på sandig-moig morän och jordmånen järnpodsol i länets nordligaste del. Ytan ligger i en sluttning mot öster och kan därigenom förväntas vara mindre utsatt för dominerande vindriktningar än lokaler i sydväst-sluttningar. Nedfallsmätningar i kronddropp och över öppet fält startade 1996. Nederbördskemiska mätningar över öppet fält avslutades dock i december 2001.

I Figur 7 visas samtliga mätningar sedan mätstarten i skogsytan samt på öppet fält som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Transtrandsberget. Modellerad våtdeposition (SMHI) vid Transtrandsberget visas i Figur 7 som röda plustecken. Krondroppsmängden 2007/08 var bland de lägsta som uppmätts under mätseriens 12 år (464 mm). Nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondepositionen, visar ingen större förändring sedan mätstarten 1996. Svavelnedfallet i Transtrandsberget har minskat signifikant sedan mätstarten och uppgick under det hydrologiska året 2007/08 till 0,8 kg per hektar, vilket är den hittills lägsta svaveldepositionen som uppmätts. Nedfallet av oorganiskt kväve via krondropp uppgick till 1,5 kg per hektar, varav 0,8 kg var  $\text{NO}_3\text{-N}$  och 0,7 kg  $\text{NH}_4\text{-N}$ , vilket är en låg kvävedeposition för lokalen. Nedfallet av organiskt kväve uppgick till 1,1 kg/ha, vilket även det är lågt för lokalen.



**Figur 7.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid **Transtrandsberget, S 23**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: vätejoner ( $\text{H}^+$ ); sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ( $\text{SO}_4\text{-S ex}$ ), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ); ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Modellerad nederbörd samt våtdeposition av svavel- och kväve med MATCH-Sverige-modellen (Persson m.fl. 2004) visas som plustecken för de hydrologiska åren 2001/02-2004/05. 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 markvattenhalter för samtliga mätningar under mätserien för ett antal ämnen. Markvattnets pH i Transtrandsberget har sedan mätstarten inte visat några större förändringar, medianvärdet är 5,0 och pH-mätningarna 2008 varierade mellan 5,0 och 5,1. ANC, den syraneutraliserande förmågan, har ökat signifikant sedan mätstarten och under 2008 har den varierat mellan 0,06 och 0,13, medianvärdet för alla mätningar är 0,06. Halten sulfatsvavel i markvattnet har minskat signifikant sedan mätstart och under mätningarna 2008 var halterna relativt låga, mellan 0,5 och 0,6 (medianvärde 0,8). Halten nitrat- och ammoniumkväve i markvattnet var under mätningarna 2008 liksom tidigare mycket låg. Inga signifikanta förändringar har heller skett med halten oorganiskt aluminium sedan mätstarten. Under mätningarna 2008 uppmättes inga speciella skillnader mot föregående års mätningar för oorganiskt aluminium. Sedan mätningarna startade 1996 har halterna av totalt organiskt kol TOC ökat signifikant.



**Figur 8.** Markvattenkemi vid **Transtrandsberget, S 23**: sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), kalciumhalt ( $\text{Ca}^{2+}$ ). 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.

## Sammanfattande bedömning för Värmlands län, 2007/08.



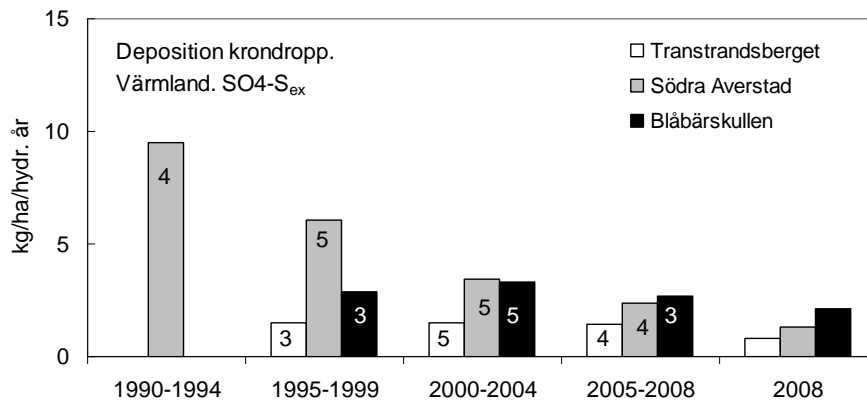
I Värmlands län finns tre aktiva lokaler inom Krondroppsnetet (Tabell 1). Den enda lokal där alla typer av mätningar görs är Blåbärskullen där nedfallsmätningar över öppet fält och i skogen samt mätningar av markvattenkemi och lufthaltsmätningar genomförs sedan 12 år tillbaka. I Södra Averstad finns en 18-årig tidsserie för krondropp och markvatten och i Transtrandberget finns en motsvarande 12-årig tidsserie.

Den bästa uppskattningen av det totala svavelnedfallet erhålls genom mätningar av krondropp eftersom dessa mätningar inkluderar både våt- och torrdeposition och det sker inget betydande upptag av svavel i trädkronorna. Vad gäller kvävenedfallet finns som redan nämnts flera problem vad gäller upptag och omsättning av kväve i trädkronorna. Därför ger för närvarande mätningarna över öppet fält den bästa uppskattningen av det totala kvävenedfallet till skogen, även om dessa mätningar inte inkluderar torrdepositionen.

Bland **skogsytorna** är Södra Averstad länets sydligaste lokal och den som generellt har haft länets högsta nedfall av svavel och kväve. Svaveldepositionen har minskat signifikant i krondroppet både vid Södra Averstad och i Transtrandsberget. Under 2007/08 uppmättes den hittills lägsta svaveldepositionen sedan mätstarten både på öppet fält vid Blåbärskullen, 2,4 kg/ha, och i krondroppet vid samtliga mätplatser i länet, 0,8-2,1 kg/ha (Figur 9). Nederbördsmängden under 2007/08 var relativt normal och det var därmed låga halter i nederbörden som ledde till de låga noteringarna.

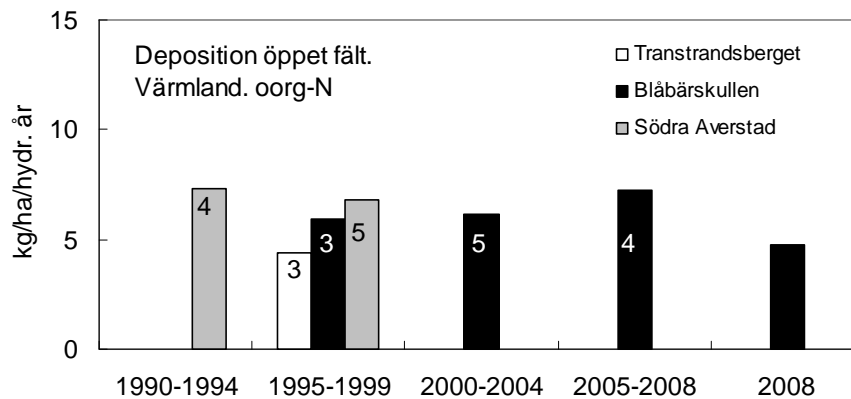
Tabell 1. Aktiva ytor i Värmlands län 2007/08.

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				



**Figur 9.** En översikt över nedfallet av antropogent sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S<sub>ex</sub>) mätt som krondropp vid olika platser inom länet och för olika tidsperioder. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Exempelvis motsvarar tidsintervallet 1995-1999 perioden hydrologiska åren 1994/95 – 1998/99 (siffrorna i staplarna anger antalet år data finns tillgängligt).

Kvävenedfallet över **öppet fält** i Blåbärskullen uppgick till 3,0 kg nitratkväve och 1,8 kg ammoniumkväve under 2007/08, det vill säga sammanlagt 4,8 kg kväve (Figur 10). Detta är det lägsta kvävenedfallet som hittills uppmätts vid lokalen. Även halterna i luften har varit lägre än vanligt (se nedan), vilket bland annat kan bero på vindförhållandena under året. Under de två närmast föregående åren var kvävenedfallet över 8 kg/ha. Ingen signifikant trend motsvarande den för svavel kan påvisas för kvävedepositionen.



**Figur 10.** En översikt över nedfallet av kväve (nitratkväve+ammoniumkväve) på öppet fält vid olika platser inom länet och för olika tidsperioder. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Exempelvis motsvarar tidsintervallet 1995-1999 perioden hydrologiska åren 1994/95 – 1998/99 (siffrorna i staplarna anger antalet år data finns tillgängligt).

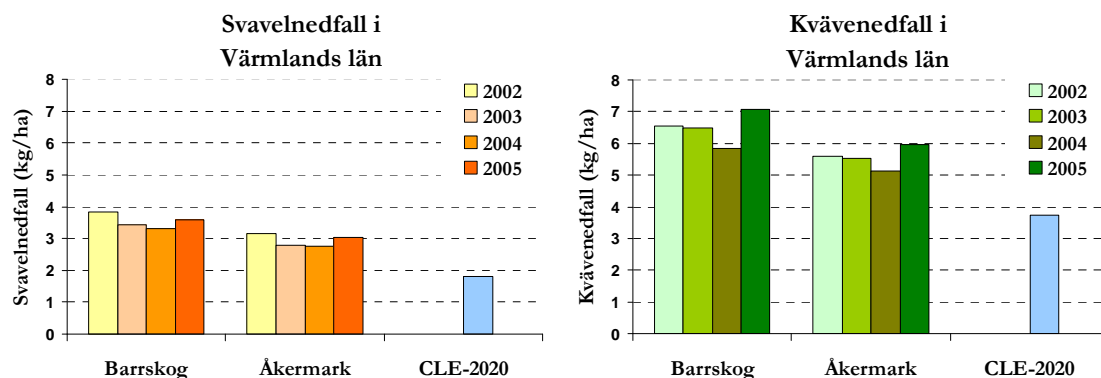
Sulfathalten i **markvattnet** i Värmland har minskat signifikant vid samtliga lokaler sedan mätstarten. Det finns vissa tecken på återhämtning. Vid Södra Averstad syns en signifikant minskning av halten oorganiskt aluminium under mätåren. Vid Södra Averstad och Transtrandsberget har ANC (syranneutraliserande förmåga) ökat signifikant under mätåren. Kvävehalterna vid samtliga markvattenlokaler i Värmland är fortsatt låga.

I Värmland län mäts **lufthalter** endast på en station i länet, Blåbärskullen. Under mätperioden 2007/08 var årsmedelhalten av SO<sub>2</sub> för lokalen, 0,2 µg/m<sup>3</sup>, vilket är den lägsta noteringen i mätserien. Årsmedelhalterna för NO<sub>2</sub> i Blåbärskullen under 2007/08 var 1,0 µg/m<sup>3</sup>. Under årets mätningar har generellt låga SO<sub>2</sub>- och NO<sub>2</sub>-halter i luft observerats över hela mellersta Sverige. Generellt håller sig sommarhalvårsmedelhalterna av NH<sub>3</sub>-halterna på likartade nivåer sedan mätstarten. Under sommaren 2008 var medelhalten 56 µg/m<sup>3</sup> med de högsta halterna i maj och juni. Generellt var medelhalterna för ozon under sommaren 2008 relativt ”normala” i hela södra Sverige.

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

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 detta spridningsmodellsystem 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. Beräkningarna görs i rutor med en upplösning av 20 x 20 km.

Länsvis och kommunvis deposition har tagits fram genom att beräkna medelvärdet för de rutor som ingår i respektive län/kommun. Detta har gjorts för svavel och kväve i barrskog och på åkermark för år 2002, 2003, 2004 och 2005. Beräkningar har även gjorts för år 2020 enligt depositionsscenarioet CLE, Current legislation, som 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. Nedfallet redovisas på länsnivå i Figur 11 och på kommunnivå i Tabell 2 och Tabell 3.



**Figur 11.** Nedfall av antropogent svavel och kväve (kg per hektar och kalenderår) i Värmlands län under 2002-2005 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

Svavelnedfallet (utan havssalt) i Värmlands län beräknades till omkring 3,3-3,8 kg per hektar och år i barrskog och 2,8-3,2 kg på åkermark under 2002-2005. Kvävedepositionen (våt- och torrdeposition) beräknades till omkring 5,8-7,1 kg per hektar och år i barrskog och 5,1-6,0 kg på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till omkring 1,8 kg svavel och 3,8 kg kväve per hektar till år 2020.

Det modellerade svavelnedfallet i barrskog är högre än det uppmätta krondroppet på alla tre lokalerna i länet under den aktuella tidsperioden 2002-2005. Detta kan vara en indikation på att



MATCH-modellen överskattar nedfallet av svavel i länet i förhållande till de mätningar som görs. Det modellerade nedfallet går inte att direkt jämföra med uppmätt nedfall i Krondroppsytorna, eftersom det modellerade nedfallet är ett medelvärde för hela länet/kommunen medan Krondroppsmätningarna gäller en specifik yta, med specifika exponeringsegenskaper.

För kväve är det svårt att jämföra modellvärdet med krondroppsmätningen eftersom modelleringen ger totaldepositionen av kväve medan krondroppsmätningarna visar på totaldepositionen minus det som interncirkuleras i trädkronan. 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 samt ett visst mått av torrdeposition till insamlingstratten.

Modellberäkningar på regional nivå är ett bra komplement till mätningarna för att ge större geografisk täckning än vad mätningarna ger. Dessutom ger modellberäkningar möjlighet att utvärdera andra parametrar än de som mäts, till exempel är det svårt att mäta kvävedepositionen till skog på grund av intercirculationen av kväve i trädkronorna. Ytterligare en fördel är att modeller kan användas för att beräkna framtida trender vid olika utsläppsscenarioer.

**Tabell 2.** Svavelnedfall (utan havssalt) på kommunnivå i Värmlands län under 2002-2005 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen.

	Svavelnedfall i barrskog (kg/ha)				Svavelnedfall på åkermark (kg/ha)				CLE- scenariet*
	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005	2020
Arvika	3.9	3.4	3.4	3.7	3.2	2.8	2.8	3.1	1.8
Eda	3.7	3.2	3.2	3.6	3.1	2.6	2.8	3.1	1.7
Filipstad	3.9	3.6	3.4	3.6	3.2	3.0	2.8	3.0	2.0
Forshaga	4.2	4.0	3.5	3.8	3.5	3.3	2.9	3.2	2.0
Grums	4.4	3.9	3.7	4.3	3.7	3.3	3.1	3.6	2.0
Hagfors	3.5	3.2	3.1	3.2	2.9	2.6	2.6	2.7	1.8
Hammarö	4.1	3.9	3.7	4.6	3.2	3.0	2.9	3.7	1.8
Karlstad	4.6	4.3	3.9	3.9	3.8	3.6	3.3	3.3	2.1
Kil	4.5	4.1	3.7	4.1	3.8	3.5	3.2	3.5	2.0
Kristinehamn	4.1	3.9	3.5	3.9	3.2	3.0	2.8	3.2	1.8
Munkfors	3.7	3.4	3.1	3.3	3.1	2.8	2.6	2.8	1.8
Storfors	4.3	4.0	3.6	3.5	3.4	3.3	3.0	3.0	2.0
Sunne	3.7	3.2	3.2	3.2	3.1	2.7	2.6	2.7	1.8
Säffle	4.6	3.9	3.8	4.6	3.7	3.1	3.0	3.7	1.8
Torsby	3.3	2.8	2.8	2.9	2.7	2.3	2.4	2.5	1.5
Årjäng	3.9	3.5	3.6	4.3	3.2	2.8	3.1	3.7	1.9

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

**Tabell 3.** Kvävenedfall på kommunnivå i Värmlands län under 2002-2005 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen.

	Kvävenedfall i barrskog (kg/ha)				Kvävenedfall på åkermark (kg/ha)				CLE- scenariet*
	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005	2020
Arvika	6.8	6.8	6.2	6.7	5.9	5.9	5.5	5.6	3.8
Eda	6.7	6.4	6.1	6.7	5.8	5.5	5.5	5.7	3.8
Filipstad	6.5	6.6	5.7	7.3	5.5	5.7	5.1	6.2	3.9
Forshaga	6.8	6.9	5.8	7.0	5.8	5.9	5.1	5.9	3.8
Grums	7.2	7.5	6.6	7.5	6.1	6.5	5.8	6.3	4.2
Hagfors	6.0	5.9	5.4	6.3	5.2	5.1	4.8	5.3	3.5
Hammarö	6.6	7.3	6.2	8.1	5.5	5.9	5.3	6.4	3.8
Karlstad	7.0	7.2	6.1	7.4	6.0	6.1	5.4	6.3	4.0
Kil	7.0	7.3	6.2	7.2	6.0	6.2	5.5	6.0	3.9
Kristinehamn	7.0	7.5	6.2	7.9	5.8	6.2	5.4	6.4	3.7
Munkfors	6.4	6.4	5.6	6.4	5.5	5.5	5.0	5.3	3.6
Storfors	7.3	7.4	6.4	7.7	6.1	6.3	5.7	6.5	4.3
Sunne	6.5	6.3	5.7	6.1	5.6	5.4	5.1	5.2	3.7
Säffle	7.8	7.9	6.8	8.7	6.6	6.5	5.9	7.0	4.2
Torsby	5.6	5.2	4.9	6.7	4.9	4.5	4.3	5.8	3.3
Årjäng	6.9	7.0	6.8	8.0	5.9	6.0	6.0	6.7	3.9

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

## Jämförelse mot mål och normer på kalenderår

### Nedfall av svavel och kväve

Miljö kvalitetsmålet *Bara Naturlig försurning* anger att ”De försurande effekterna av nedfall och markanvändning skall underskrida gränsen för vad mark och vatten tål....”. Den kritiska belastningen för aciditet (försurande ämnen) beror på markens buffringsförmåga och det går därför inte att ange en kritisk belastningsgräns som kan användas överallt. Så länge skogen tar upp merparten av kvävet är det svavelnedfallet som leder till försurning. Hur mycket svavel marken tål beror förutom på buffringsförmåga även på hur intensivt skogsbruket är. Det finns dock ungefärliga riktvärden som kan användas med ovanstående resonemang i beaktande. Områden med svag mineralogi har enligt tidigare bedömningar antagits ha en kritisk belastningsgräns inom intervallet 0-3 kg svavel per hektar och år (Nilsson & Grennfelt, 1988).

I Figur 12a visas svavelnedfallet till skogsmark på de tre aktiva krondroppsytorerna i Värmland, Södra Averstad, Blåbärskullen och Transtrandsberget. Svavelnedfall till skog är en indikator för miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* och *Storslagen fjällmiljö*. Figuren visar att nedfallet i Värmland varit omkring den övre gränsen av intervallet 0-3 kg per hektar och år i Södra Averstad och Blåbärskullen, men avsevärt lägre i Transtrandsberget. För en mer detaljerad genomgång av kritisk belastning för aciditet hänvisas till förra årets länsrapport (Pihl Karlsson m.fl., 2008).

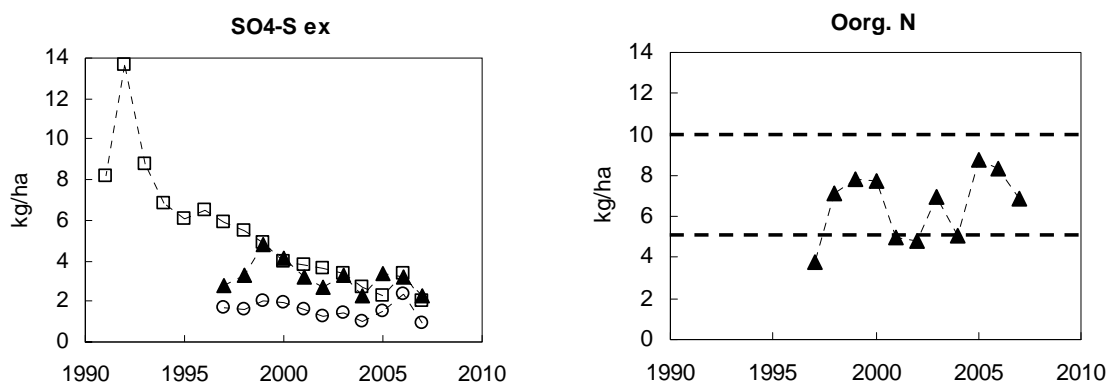
Miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* anger bland annat att halterna av gödande ämnen i mark och vatten inte ska ha någon negativ inverkan på förutsättningarna för biologisk mångfald. För övergödande kväve pågår för närvarande mycket arbete kopplat till kritisk belastning runt om i Europa. Nyligen uppdaterades den kritiska belastningsgränsen, bland annat baserat på lågdos-försök i norra Sverige (Nordin m.fl., 2005). Den kritiska belastningsgränsen som gäller är 5-10 kg

per hektar och år (UNECE, 2007). Den lägre gränsen kan antas gälla för de känsligaste ekosystemen.

I Figur 12b visas kvävenedfallet på öppet fält i Blåbärskullen som är den enda ytan i länet där mätningar på öppet fält fortfarande görs. Nedfall av kväve är indikator för miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* och *Storslagen fjällmiljö*. Figuren visar att kvävenedfallet på ytorna i länet oftast var inom intervallet 5-10 kg. Detta betyder att nedfallet bör minska för att inte den kritiska belastningen ska överskridas. Indikatorn gäller egentligen skogsmark, men eftersom krondroppsmätningarna inte ger ett mått på totaldepositionen, utan påverkas av intern-cirkulationen i trädkronan, används här kvävenedfallet på öppet fält. Totaldeposition av kväve till skog kan förväntas vara något högre på grund av torrdepositionen.

a.

b.



**Figur 12.** Svavelnedfall (exklusive havssaltsbidrag) till skogsmark i Södra Averstad ( $\square$ ), Blåbärskullen ( $\blacktriangle$ ) och Transtrandsberget ( $\circ$ ) (a) och nedfall av oorganiskt kväve (nitratkväve och ammoniumkväve) på öppet fält i Blåbärskullen (b) som årssumma på kalenderår (kg per hektar och år). De streckade linjerna i kvävefiguren visar gränserna för intervallet för kritisk belastning för kväve, 5-10 kg per hektar och år.

## Luftkvalitet

Miljömål och miljö kvalitetsnormer är i huvudsak utformade för att skydda människor i tätorter. Det finns dock miljömål/miljö kvalitetsnormer som är utformade även för vegetation och ekosystem, speciellt gäller detta för marknära ozon. När det gäller svavel- och kväveföreningar är dessa mål värden inte satta utifrån ett vegetationsperspektiv utan de är relativt högt satta. Det är dock mycket viktigt att även mäta lufthalter i bakgrundsmiljöer som ej har påverkats av tätortsmiljön, bland annat för att skapa ett underlag för att bedöma behov och nytta med lokala åtgärder för att minska luftföroreningar.

### Svaveldioxid:

Miljömål: Halten  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  för svaveldioxid som årsmedelvärde skall understigas i samtliga kommuner.

Miljö kvalitetsnorm, till skydd för ekosystem: Års- samt vinterhalvsmedelvärdet för svaveldioxid får ej överstiga  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Uppmätta vinterhalvsmedelhalter inom Krondroppsnätets lokaler i länet under 2008:

Lokalkod	Namn	SO <sub>2</sub> -halt i µg/m <sup>3</sup>	Överskridande av miljömål & miljö kvalitetsnormer*
S 22 A-9	Blåbärskullen	0.4	nej

\* Halterna av SO<sub>2</sub> är högst under vinterhalvåret vilket medför att årsmedelvärdet är lägre än vinterhalvårsmedelvärdet.

#### Kvävedioxid:

Miljömål: Halten 20 µg/m<sup>3</sup> som årsmedelvärde för kvävedioxid skall i huvudsak underskridas år 2010.

Miljö kvalitetsnorm, till skydd för ekosystem: Årsmedelvärdet för kvävedioxid får ej överstiga 30 µg/ m<sup>3</sup> efter den 31 december 2005. (Gäller på landsbygd med minst 20 km till närmaste storstad eller 5 km till annat bebyggt område).

Uppmätta årsmedelhalter inom Krondroppsnetets lokaler i länet under 2008:

Lokalkod	Namn	NO <sub>2</sub> -halt i µg/m <sup>3</sup>	Överskridande av miljömål & miljö kvalitetsnormer
S 22 A-9	Blåbärskullen	0.9	nej

#### Marknära ozon:

När det gäller marknära ozon finns många miljömål, men det miljömål som är direkt tillämpligt för de mätningar som sker inom krondroppsnetet är att halterna av marknära ozon som sommarhalvårsmedelvärde får ej överskrida 50 µg/ m<sup>3</sup> efter år 2020.

Uppmätta sommarhalvårsmedelhalter inom Krondroppsnetets lokaler i länet under 2008:

Lokalkod	Namn	O <sub>3</sub> -halt i µg/m <sup>3</sup>	Överskridande av miljömål & miljö kvalitetsnormer
S 22 A-9	Blåbärskullen	56	ja

## Temainriktad rapport

Under 2009 kommer vi även att presentera en nationell, mer temainriktad, rapport om trender. Tanken är att temarapporten skall fungera som ett komplement till de länsvisa, resultat inriktade rapporterna i år. Temarapporten kommer att fokusera på tidstrender för lufthalter, deposition och markvattenkemi. Inom Krondroppsnetet finns långa tidsserier och de längsta mätserierna är mer än 20 år. Under denna tidsperiod har det hänt mycket med utsläppen av luftföroreningar, och därför är det väldigt intressant att studera hur lufthalter, deposition och markvattenkemi har förändrats.

Temarapporten om trender kommer att bli klar i slutet av 2009 och kommer då att finnas tillgänglig på Krondroppsnetets webbplats samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

## Ny webbplats

Under hösten 2008 har vi lagt upp en ny webbplats [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)

## Nytt från Naturvårdsverket

Nedan presenteras information från Naturvårdsverket

### Förändringar i det nationella programmet

Krondropps nätet ingår sedan 2000 som delprogram inom Programområde luft, det nationella luftövervakningsprogrammet som drivs av Naturvårdsverket. Delprogrammet kompletterar de pågående mätningarna som sker inom Krondropps nätet genom att finansiera främst mätningar över öppet fält. Vid revisionen av programområde Luft som genomfördes 2007-2008 beslutades att de strängprovtagare som använts avvecklas och istället kommer nio nya ytor att upprättas på öppet fält samt en station för krondropp, markvatten och lufthalter under 2009. De 19 stationer som från och med 2009 ingår i Naturvårdsverkets nät och där främst mätningar över öppet fält genomförs är:

Kod	Stationsnamn	Kod	Stationsnamn
A 35 A	Farstanäs	L 07 A	Västra Torup
AC04 A	Högbränna	N 13 A	Timrilt
BD02 A	Myrberg	O 35 A	Hensbacka
D 11 A	Edeby	S 22 A	Blåbärskullen
E 22 A	Höka	T 02 A	Greckssundet
F 23 A	Fagerhult	U 04 A	Kvisterhult
G 22 A	Tagel	W 90 A	Fulufjäll
H 01 A	Ottenby	Y 07 A	Storulvsjön
H 03 B	Rockneby	Z 04 A	Sör-Digertjärn
K 11 A	Komperskulla		

Kontaktperson för Programområde luft på Naturvårdsverket är Anna Jonsson.

E-post: [anna.jonsson@naturvardverket.se](mailto:anna.jonsson@naturvardverket.se), tel: 08-6981627.

### Specialprojekt som rör Krondropps nätet

Två specialprojekt med anknytning till Krondropps nätet finansieras under 2009 av Naturvårdsverket.

#### 1. Utveckling av Krondropps nätet utifrån regionala och nationella behov

Krondropps nätet spelar idag en viktig roll i den regionala samt nationella miljöövervakningen för ett flertal miljömål. I första delen av ett nystartat projekt kommer man att beskriva den roll

Krondropps nätet spelar och utreda hur Krondropps nätet kan utvecklas efter 2010 då nuvarande programperiod avslutas. I del två kommer man att beskriva den roll som Krondropps nätet idag spelar som indata för kalibrering av MATCH-modellen (den modell som beräknar nedfall för svavel och kväveföreningar över Sverige). Ett eventuellt behov av oberoende data för validering av MATCH-modellen kommer även att diskuteras. Man kommer också att diskutera om det finns behov av annan data. Det är IVL och SMHI som utför projektet. Resultaten presenteras i december 2009.

**2. Slutlig bedömning av ev. byte av mätutrustning för att mäta nedfall av luftföroreningar över öppet fält i Sverige**

IVL kommer utvärdera ett eventuellt byte av mätutrustning för att mäta nedfall av luftföroreningar över öppet fält i Sverige. Den nya föreslagna mätutrustningen har tidigare utvärderats och den insamlade nederbördsmängden har visat sig stämma bättre överens med den utrustning SMHI använder för att mäta nederbörd än den som används idag för mätningar på öppet fält.

Nu ska en grundlig utvärdering av den nya respektive den gamla mätutrustningen för jonkoncentrationer göras. Under ett år kommer man att jämföra gammal och ny utrustning för att testa och utvärdera hur jonkoncentrationerna skiljer sig mellan metoderna. Detta skall testas på ett 10-tal mätplatser och kan resultera i att man från årsskiftet 2010/2011 startar mätningar med den nya utrustningen.

**Referenser**

- Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend: *Econometrica* v. 13, p. 245–259.
- Nilsson, J., Grennfelt, P., 1988. Critical Loads for Sulphur and Nitrogen. Miljörapport 1988:15. Workshop at Skokloster, Sweden, 19-24 March, 1988.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, J., Näsholm, T. och Ericson, L., 2005. Nitrogen deposition and the biodiversity of boreal forests – implications for the nitrogen critical load. *Ambio* 34: 20-24.
- Persson C, Ressner E. och Klein T., 2004. Nationell miljöövervakning - MATCH-Sverige modellen 1999-2002. Rapportserie: SMHI Meteorologi, Nr 113.
- Pihl Karlsson, G., Nettelbladt, A., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P-E., Kronnäs, V. & Malm, G. 2008. Övervakning av luftföroreningar i Värmlands län – mätningar och modellering. Resultat till och med september 2007. IVL Rapport B 1785.
- UNECE, 2007. Recent results and updating of scientific and technical knowledge. Workshop on effects of low-level nitrogen deposition. Report by the workshop organizers. Executive body for the convention on long-range transboundary air pollution. Working Group on Effects. Twenty-sixth session. Geneva, 29–31 August 2007.

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

**Tabell A:1a.** Medelvärde under hydrologiskt år från mätningar på 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	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
		mm	kg/ha	→									
Blåbärskullen	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
(S 22 A)	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 på 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	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
		mm	kg/ha	→									
Blåbärskullen	2007	1367	0,15	3,8	3,5	7,7	3,3	3,6	2,5	0,9	5,0	2,7	0,64
(S 22 A)	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	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha	→	
Blåbärskullen (S 22 A)	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	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha	→	
Blåbärskullen (S 22 A)	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	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
		mm	kg/ha	→									
Södra	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
Averstad	06/07	477	0,05	3,7	2,2	32,1	2,3	1,7					
(S 05 A)	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	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
(S 22 A)	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
Transtrands-	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
berget	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
(S 23 A)	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> -S	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
		mm	kg/ha	→									
Södra Averstad (S 05 A)	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						
Blåbärskuller (S 22 A)	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	
Transtrands- berget (S 23 A)	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.** Krondropsdata 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	Ned b mm	oorg N kg/ha	org N →	TOC
Södra	07/08	435	3,6		
Averstad	06/07	477	4,0		
(S 05 A)	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	07/08	708	1,9	1,9	85
(S 22 A)	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		
Transtrands- berget	07/08	464	1,5	1,1	
(S 23 A)	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	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha	→	
Södra Averstad (S 05 A)	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		
	1994	379	5,3		
Blåbärskullen (S 22 A)	1993	382	5,3		
	1992	346	5,7		
	1991	251	4,1		
	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
Transtrandsberget (S 23 A)	2000	695	2,6		
	1999	706	2,6		
	1998	506	2,8		
	1997	502	1,8		
	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>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Blåbärskullen (S 22 A)	0710	<0,2	1,1	<0,3	35
	0711	<0,2	1,4	<0,3	34
	0712	<0,2	<sup>U</sup> 1,9	<0,3	<sup>U</sup> 29
	0801	0,8	2,0	<0,3	24
	0802	0,3	1,6	<0,3	49
	0803	0,3	1,1	<0,3	48
	0804	0,3	0,6	<0,3	69
	0805	0,3	0,7	<0,3	75
	0806	0,2	0,5	<0,3	73
	0807	<0,2	0,4	<0,3	46
	0808	0,2	0,5	<0,3	40
	0809	<0,2	0,6	<0,3	35
	0810	<0,2	0,9	0,7	27
0811	0,2	1,1	<0,3	30	
0812	0,3	0,9	<0,3	35	
Mv hydr. år	<b>0010-0109</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	-	-
	<b>0110-0209</b>	<b>0,4</b>	<b>1,2</b>	-	-
	<b>0210-0309</b>	<b>0,5</b>	<b>1,2</b>	-	-
	<b>0310-0409</b>	<b>0,6</b>	<b>1,3</b>	-	-
	<b>0410-0509</b>	<b>0,5</b>	<b>1,2</b>	-	-
	<b>0510-0609</b>	<b>0,6</b>	<b>1,2</b>	-	-
	<b>0610-0709</b>	<b>0,3</b>	<b>0,9</b>	-	-
	<b>0710-0809</b>	<b>0,2</b>	<b>1,0</b>	-	-
Mv kal. år	<b>0101-0112</b>	<b>0,4</b>	<b>1,0</b>	-	-
	<b>0201-0212</b>	<b>0,4</b>	<b>1,2</b>	-	-
	<b>0301-0312</b>	<b>0,5</b>	<b>1,3</b>	-	-
	<b>0401-0412</b>	<b>0,6</b>	<b>1,3</b>	-	-
	<b>0501-0512</b>	<b>0,5</b>	<b>1,2</b>	-	-
	<b>0601-0612</b>	<b>0,6</b>	<b>1,1</b>	-	-
	<b>0701-0712</b>	<b>0,2</b>	<b>0,9</b>	-	-
	<b>0801-0812</b>	<b>0,3</b>	<b>0,9</b>	-	-
Mv sommar	<b>0104-0109</b>	-	-	<b>0,4</b>	<b>57</b>
	<b>0204-0209</b>	-	-	<b>&lt;0,3</b>	<b>66</b>
	<b>0304-0309</b>	-	-	<b>0,4</b>	<b>64</b>
	<b>0404-0409</b>	-	-	<b>&lt;0,3</b>	<b>59</b>
	<b>0504-0509</b>	-	-	<b>0,4</b>	<b>60</b>
	<b>0604-0609</b>	-	-	<b>0,4</b>	<b>67</b>
	<b>0704-0709</b>	-	-	<b>0,5</b>	<b>57</b>
	<b>0804-0809</b>	-	-	<b>&lt;0,3</b>	<b>56</b>

<sup>U</sup> Uppskattat värde.

**Tabell D.** Markvattendata från Värmlands län.

Lokal	Datum	pH	Alk		ANC		SO <sub>4</sub> -S	Cl	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+/3+</sup>	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l	→	mg/l	→														mol/mol
Södra Averstad (S 05 A)	2007-10-22	5,0	-	0,043	1,15	6,46	<0,002	<0,02	0,88	0,51	4,81	0,07	0,100	0,078	0,189	0,535	7,8	6,4		
	2008-04-21	5,0	-	0,019	1,33	4,91	0,023	<0,02	0,66	0,40	3,95	0,13	0,145	1,090	0,240	0,671	10,5	4,1		
	2008-07-28	5,4	-	0,044	1,80	6,40	<0,002	<0,02	0,92	0,53	5,62	0,15	<0,03	0,061	0,261	0,937	10,1	5,0		
	2008-10-20	5,1	-	0,066	0,99	7,10	<0,002	<0,02	0,82	0,42	5,74	0,15	0,131	2,330	0,343	0,938	11,3	3,3		
	<b>median</b>	<b>4,8</b>	<b>-0,005</b>	<b>1,85</b>	<b>5,41</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,86</b>	<b>0,5</b>	<b>4,41</b>	<b>0,13</b>	<b>0,01</b>	<b>0,314</b>	<b>0,46</b>	<b>0,96</b>	<b>10,8</b>	<b>2,6</b>			
<i>n=</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>55</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>			
Blåbärskullen (S 22 A)	2007-10-22	5,3	-	0,007	2,46	6,01	0,002	<0,02	2,33	0,25	4,43	<0,05	0,077	0,018	0,128	0,170	2,0	15		
	2008-04-21	5,5	0,029	0,047	1,55	2,07	<0,002	<0,02	1,56	0,27	2,32	<0,08	<0,03	0,012	0,072	0,179	2,7	19		
	2008-07-28	5,4	0,005	0,020	2,65	3,45	<0,002	0,051	2,18	0,22	3,57	<0,08	<0,03	0,007	0,032	0,097	3,5	54		
	2008-10-20	5,6	0,006	0,064	1,40	3,96	<0,002	<0,02	1,80	0,22	3,53	0,08	<0,03	0,009	0,105	0,221	3,1	14		
	<b>median</b>	<b>5,6</b>	<b>0,032</b>	<b>1,89</b>	<b>2,69</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>2,38</b>	<b>0,26</b>	<b>2,04</b>	<b>0,09</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,007</b>	<b>0,052</b>	<b>0,135</b>	<b>3,4</b>	<b>37</b>			
<i>n=</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>34</i>	<i>31</i>	<i>34</i>	<i>34</i>				
Transtrandsberget (S 23 A)	2008-06-02	5,1	-	0,077	0,47	0,86	<0,002	<0,02	0,69	0,28	1,62	0,13	<0,03	0,235	0,113	0,876	13,8	7,6		
	2008-07-28	5,0	-	0,064	0,58	1,30	<0,002	0,024	0,59	0,31	1,79	0,15	0,137	0,247	0,102	1,000	12,0	8,3		
	2008-10-27	5,1	-	0,126	0,57	1,55	<0,002	<0,02	1,06	0,44	2,60	0,13	<0,03	0,239	0,251	1,130	14,6	5,1		
	<b>median</b>	<b>5,0</b>	<b>0,059</b>	<b>0,81</b>	<b>1,05</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>0,75</b>	<b>0,32</b>	<b>1,68</b>	<b>0,11</b>	<b>0,055</b>	<b>0,22</b>	<b>0,192</b>	<b>0,954</b>	<b>12</b>	<b>5,1</b>			
<i>n=</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>34</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>34</i>	<i>34</i>	<i>34</i>	<i>33</i>				

## Bilaga 2. Beskrivning av trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik

### Mann-Kendall

Mann-Kendall är en icke-parametrisk metod för att signifikant påvisa linjära monotona trender (Mann, 1945). Monoton betyder att trenden inte har något trendbrott. Linjär trend är en trend som ökar eller minskar lika mycket varje tidsenhet, t. ex. varje år. Icke-parametrisk betyder att metoden jämför relativa förhållanden och inte bryr sig om hur stora skillnader det är mellan mätvärdena. Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att eventuella "outliers" inte kommer att påverka resultatet. Metoden klarar även värden under detektionsgränsen, åtminstone så länge detektionsgränsen är samma i hela tidsserien. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör att man kallar metoden "robust". Icke-parametriska metoder kräver inte heller att data är normalfördelade. Mann-Kendall är i allmänhet mindre känslig än vanlig linjär regression, vilket innebär att det kan vara lite svårare att få statistisk signifikans för trend. Mann-Kendall kan användas på så små dataset som fyra värden (Gilbert, 1987).

I samband med att man räknar Mann-Kendall-statistik brukar man räkna ut något som heter "Sens slope" (Sen, 1968). Sens slope är en uppskattning av trendlinjens lutning, och räknas ut genom att ta medianen av lutningarna mellan alla par av data i tidsserien. Beräkningen är nära släkt med Mann-Kendall, men utförs helt oberoende av Mann-Kendall. Sens slope ger ibland en underskattning av trendens lutning. Det är till och med fullt möjligt att få en signifikant trend och samtidigt "Sens slope" = 0. Detta kan inträffa då det finns många exakt likadana värden i tidsserien, t. ex. många värden under detektionsgränsen och beror på att Sens slope är en medianberäkning.

### Seasonal Kendall

Mann-Kendall ska inte användas på data med säsongvariation, då ska Seasonal Kendall användas. Seasonal Kendall är en vidareutveckling av Mann-Kendall-metoden. Mann-Kendall-trend-statistik räknas ut på varje säsong för sig och läggs sedan ihop till ett gemensamt trendvärde för alla säsonger (Hirsch och Slack, 1984). På motsvarande sätt kan en Seasonal Kendall-slope räknas ut (Hirsch och Slack, 1982). Om datasetet har 12 säsonger så kan Seasonal Kendall användas om det finns åtminstone 3 års data (Gilbert, 1987).

### Autokorrelation

När man räknar på data med säsongvariation så är autokorrelation ett vanligt problem. Autokorrelation (även kallat seriell korrelation) innebär att ett mätvärde är beroende av något eller några av föregående mätvärden, till exempel att sannolikheten att ett mätvärde är högt ökar om föregående mätvärde är högt. När autokorrelation finns så tenderar p-värdena att bli för små och man kan få en signifikant trend trots att en sådan inte finns (Helsel, Mueller och Slack, 2006). Det är svårt att påvisa autokorrelation på dataserier kortare än 10 år. För Seasonal Kendall föreslår därför Hirsch och Slack (1984) att man för data med en tidsserie längre än 10 år använder ett p-värde som är justerat för autokorrelation.

### Statistiskt verktyg

Beräkningarna av Mann-Kendall, Sens slope, Seasonal Kendall och Seasonal Kendall-slope har gjorts med DOS-programmet kendall.exe som utan kostnad tillhandahålls av U.S. Geological Survey (<http://pubs.usgs.gov/sir/2005/5275/downloads/>). Originalkoden för att räkna Seasonal Kendall är gjord av James R. Slack på U.S. Geological Survey och finns implementerad i kendall.exe (Helsel, Mueller och Slack, 2006). Kendall.exe accepterar bara en lokal och en parameter i taget och

blir därför tidsödande att använda för dataset med många lokaler och parametrar. För att komma runt detta har IVL utvecklat ett Excelbaserat program som kan kommunicera med Kendall.exe.

## Referenser

- Gilbert, R.O., 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Rienhold Company, Inc., New York.
- Helsel, D.R., Mueller, D.K. och Slack, J.R., 2006. Computer program for the Kendall family of trend tests: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5275, 4 p.
- Hirsch, R. M., Slack, J. R. och Smith, R. A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. Water Resour. Res., 18:107-121.
- Hirsch, R. M. och Slack, J. R., 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resour. Res., 20:727-732.
- Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend: *Econometrica* v. 13, p. 245-259.
- Sen, S.T.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63:1379-1389.