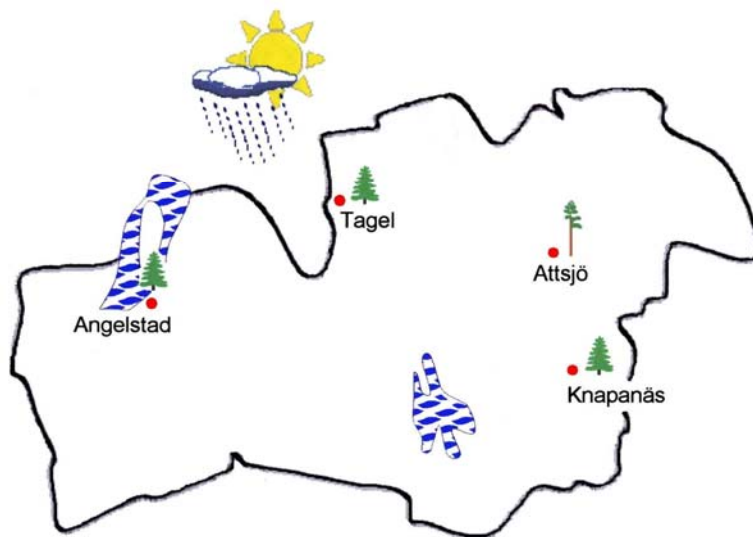


För Kronobergs läns luftvårdsförbund

## Övervakning av luftföroreningar i Kronobergs 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 1845

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
Knapanäs (G 09).....	5
Attsjö (G 21).....	7
Tagel (G 22).....	9
Angelstad (G 23).....	12
Sammanfattande bedömning av luftföroreningssituationen i Kronobergs län 2007/08.....	14
Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå.....	15
Jämförelse mot mål och normer på kalenderår.....	17
Nedfall av svavel och kväve.....	17
Marknära ozon vid Asa.....	19
Temainriktad rapport.....	20
Ny webbplats.....	21
Nytt från Naturvårdsverket.....	21
Referenser.....	22
Bilaga 1. Data i tabellform – deposition samt markvatten.....	23
Bilaga 2. Beskrivning av trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik.....	31

Rapporten godkänd  
2009-06-09

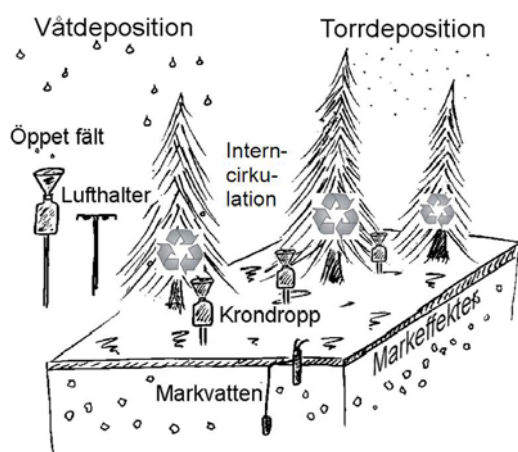
John Munthe  
Avdelningschef

## Sammanfattning

På uppdrag av Kronobergs läns Luftvårdsförbund mäter IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på fyra platser i länet. Krondroppsnetet 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 växtlighet, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med fördjupade modellberäkningar på regional nivå i sin tur baserat på modellberäkningar på nationell nivå med hög geografisk upplösning. Denna rapport fokuserar på redovisning av mätresultat. Den modellansats som ingår rör kommunvis deposition.

Svavelnedfallet (exklusive havssaltsbidrag) till skogsytorna i Kronobergs län uppgick till mellan 1,9 och 2,4 kg per hektar och år, vilket är lägre än tidigare år. Detta stämmer överens med den generella bilden i Sverige, med låga svavelhalter i nederbörden och låg svaveldeposition under 2007/08. Kvävenedfallet, som är mest korrekt att uppskatta från mätningarna på öppet fält eftersom kväve interncirkulerar i trädkronorna i skogsytorna, uppgick till 13,6 kg per hektar på öppet fält-ytan i Tagel. Detta är det högsta kvävenedfallet som noterats i Tagel under de 9 år som mätningarna pågått. Nederbörden på öppet fält-ytan under 2007/08, 1142 mm, var i nivå med närmast föregående år, men högre än genomsnittet under de 9 år som mätningar utförts.

Markvattnet i skogsytorna i Kronobergs län är generellt surt, med låga pH, negativ ANC (syraneutraliserande förmåga) och ofta höga halter oorganiskt aluminium. Angelstad är den mest försurningspåverkade ytan i länet, men ökade pH-värden och minskad halt oorganiskt aluminium i markvattnet visar på tendenser till återhämtning. Två av de fyra ytorna i Kronobergs län uppvisar förhöjda nitratkvävehalter, vilket kan kopplas till effekter av stormen Gudrun.



**Figur 1.** Principskiss för mätningarna. Nedfallet till skogsytorna består av våtdeposition och torrdeposition. Vissa ämnen interncirkuleras i trädkronorna vilket innebär att det som uppmäts i krondroppet är våtdeposition + torrdeposition ± interncirkulation.

### Uppdragsgivare:

Kronobergs 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,  
skogsytorna, försurning, markvatten, lufthalter,  
Kronobergs län

### IVL rapport B 1845

### Beställs från någon av nedanstående:

Kronobergs läns Luftvårdsförbund	IVL, Publikationsservice Box 21060 SE-100 31 Stockholm
Bruno Bjärnborg c/o Länsstyrelsen Miljövårdsenheten	Tel: 08-598 563 00 Fax: 08: 598 563 90 <a href="mailto:publikationsservice@ivl.se">publikationsservice@ivl.se</a>
351 86 Växjö	

## 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 Krondroppsnätet 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 – 30 september. Resultaten redovisas årligen i rapporter samt på Krondroppsnätets nya webbplats, [www.krondroppsnatet.ivl.se](http://www.krondroppsnatet.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 Krondroppsnätet, 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 dock en betydande interncirkulation i trädskronorna, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den verkliga totala depositionen.

**Lufthaltsmätningar** av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon sker vid 22 lokaler med hjälp av diffusionsprovtagare. 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 växtsäsongen. Olika parametrar i markvattnet används som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan, samt risken för 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 miljökvalitetsmål 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 **Kronobergs län** är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Karol Koos, IVL, som även har skött kontakter med övriga provtagare i landet. På IVL har 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 och 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.** Krondroppsnätet 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 interncirkuleras i trädkronan, vilket innebär att det som uppmäts i krondropp inte överensstämmer med totaldepositionen. Exempel på ämnen som interncirkuleras är kväve som främst tas upp till barr/blad och kalcium, magnesium och kalium som främst utsöndras via barr/blad.

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

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

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

**Krondropp:** Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på totaldeposition i skog av ämnen

som inte påverkas 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:** Spridningsmodellssystem 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 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 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 mätningarna som genomförts. De tre markvattenprovtagningarna som genomförs varje kalenderår avses representera förhållandena före, under samt efter vegetationsperioden. 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 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 där det kan finnas en 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.

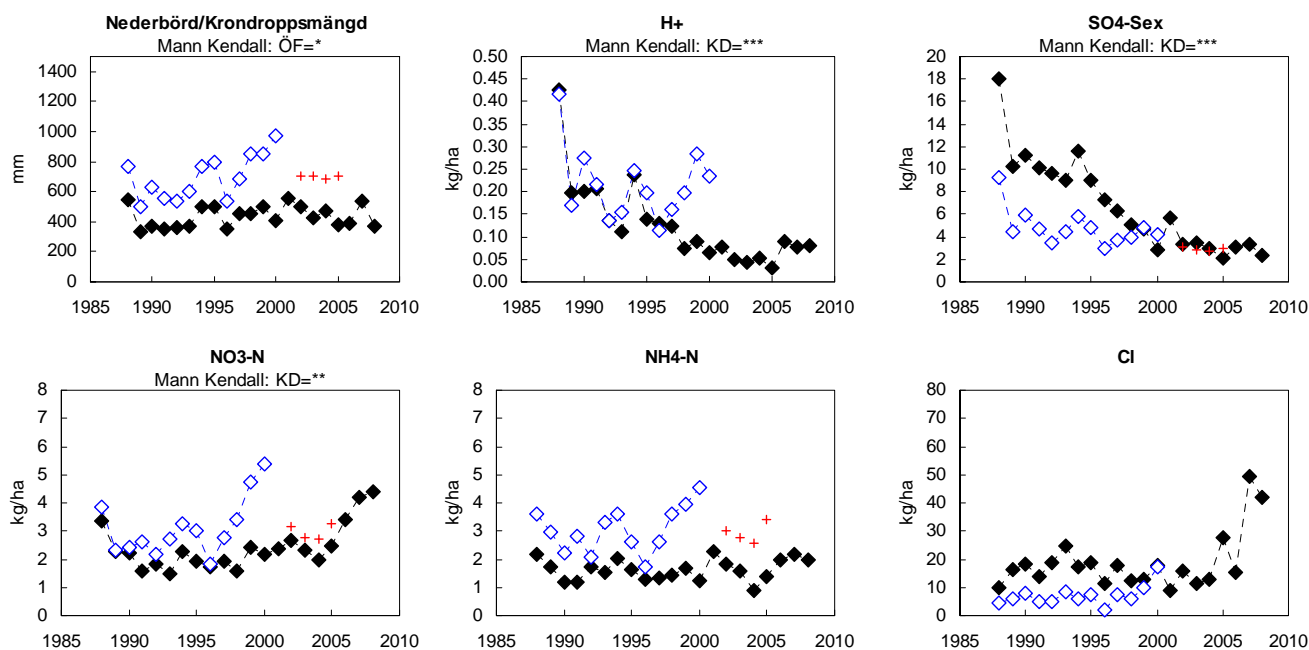
**Knapanäs (G 09):** Länets östligaste lokal med 54-årig granskog strax norr om Linneryd. Marken har klassificerats som sandig morän med mäktigt jorddjup. Jordmånen är av övergångstyp (mellan brunjord och podsol) och ståndortsindex G32. Knapanäs är den granyta i länet med längst mätserie, mätningar har bedrivits sedan 1987. Från och med det hydrologiska året 2000/01 mäts inte depositionen på öppet fält i Knapanäs och numera mäts enbart deposition i skog (krondropp) och markvattenkemi.

I Figur 3 visas samtliga mätresultat för ett urval parametrar för deposition som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Knapanäs sedan mätstarten. Den av SMHI modellerade våtdepositionen vid Knapanäs visas i Figur 3 som plustecken (+). Nederbörden i Knapanäs har varit relativt låg, men med en statistiskt säkerställd ökning under den period mätningarna över öppet fält pågick 1987-2001. Mängden krondropp har dock inte förändrats signifikant sedan 1997.

Under det hydrologiska året 2007/08 var Knapanäs den lokal i länet som hade den högsta depositionen av både svavel och kväve. Svavelnedfallet via krondroppet på granytan i Knapanäs uppgick till 2,4 kg per hektar (exklusive havssaltets bidrag), Figur 3, vilket är den näst lägsta noteringen sedan mätningarna startade 1987. Nedfallet av antropogent svavel har minskat signifikant i Knapanäs under de senaste 20 åren, från 10-18 kg per hektar i slutet på 1980-talet till omkring 3 kg de senaste åren. Denna trend är tydlig i stora delar av Sverige, framför allt i sydväst. Att svavelnedfallet minskar mest i krondroppet tyder på att det framförallt är torrdepositionen som har minskat. I takt med att svavelnedfallet har minskat har även det totala sura nedfallet via krondroppet, beräknat som vätejoner minskat signifikant, se Figur 3.

Nedfallet av oorganiskt kväve (räknat som summa nitrat- och ammoniumkväve) via krondropp till marken i skogen vid Knapanäs uppgick till 6,4 kg per hektar och år 2007/08. Detta tangerar föregående års mätning som det högsta uppmätta kvävenedfallet i tidsserien. Det är framförallt nitratkväve som har uppvisat höga värden de senaste åren. Nedfallet av nitratkväve har ökat signifikant under mätperioden, men nedfallet av ammoniumkväve visar inte en liknande trend.

Kloriddepositionen som uppmättes 2007/08 var, i likhet med föregående år, hög, vilket tyder på stor påverkan av havssaltsförande vindar under året. Knapanäs var den lokal i länet som hade den högsta kloriddepositionen under det hydrologiska året 2007/08.



**Figur 3.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad vätdeposition (SMHI) vid **Knapanäs, G09**. 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 ( $SO_4$ -Sex), nitratkväve ( $NO_3$ -N); ammoniumkväve ( $NH_4$ -N); kloridjoner (Cl). 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.

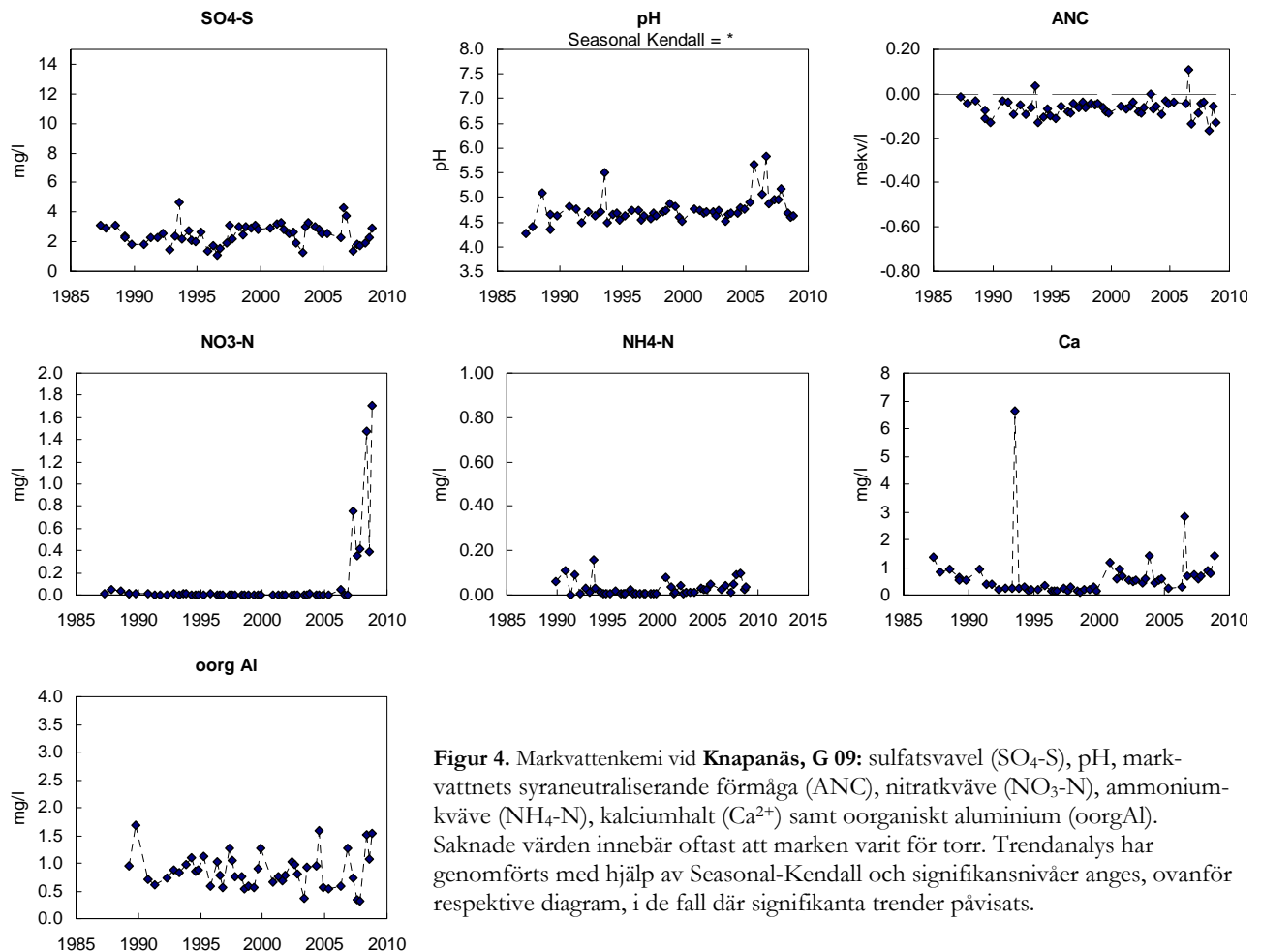
I Figur 4 visas halterna av ett antal ämnen i markvattnet i Knapanäs för alla provtagningar sedan mätningarna påbörjades 1987. Markvattnet i Knapanäs är tydligt försurningspåverkat. Trots att svavelnedfallet i Knapanäs har minskat signifikant under den 21-åriga mätperioden, har inte halten sulfatsvavel i markvattnet minskat. Markvattnets pH är nu åter i nivå med medianvärdet på 4,7 för hela mätperioden, efter att ha varit förhöjt med pH-värden upp till 5,8 i samband med stormen Gudrun. pH-värdet har ökat signifikant under den 21-åriga mätserien, vilket indikerar en viss grad av återhämtning från försurning.

Den syraneutraliserande förmågan (ANC) har varit negativ under i stort sett hela mätperioden, och så var fallet även under det hydrologiska året 2007/08. Halten oorganiskt aluminium i markvattnet i Knapanäs var högt under 2007/08 (upp till 1,5 mg/l). Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har ökat signifikant i Knapanäs under mätperioden, framförallt beroende på att halten baskatjoner (främst magnesium och natrium) har ökat. Tidigare har kvoten mellan baskatjoner och



oorganiskt aluminium ofta varit under 1, där värden under 1 indikerar en ökad risk för försurningsrelaterade skador på ekosystemet på sikt. Under 2007/08 var kvoten låg, men över 1.

Nitratkvävehalten har generellt varit låg under mätperioden, under 0,05 mg/l. Under 2007 och 2008 har dock förhöjda halter av nitratkväve på upp till 1,7 mg/l uppmätts i markvattnet i Knapanäs. Detta är troligtvis en effekt av stormen Gudrun, som drabbade området hårt. Även om träden i ytan står kvar kan rötterna och därmed upptaget ha påverkats. Även de uppmätta ammoniumhalterna är något förhöjda efter stormen Gudrun.



**Figur 4.** Markvattenkemi vid Knapanäs, G 09: sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), kalciumhalt ( $\text{Ca}^{2+}$ ) samt oorganiskt aluminium (oorgAl). 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.

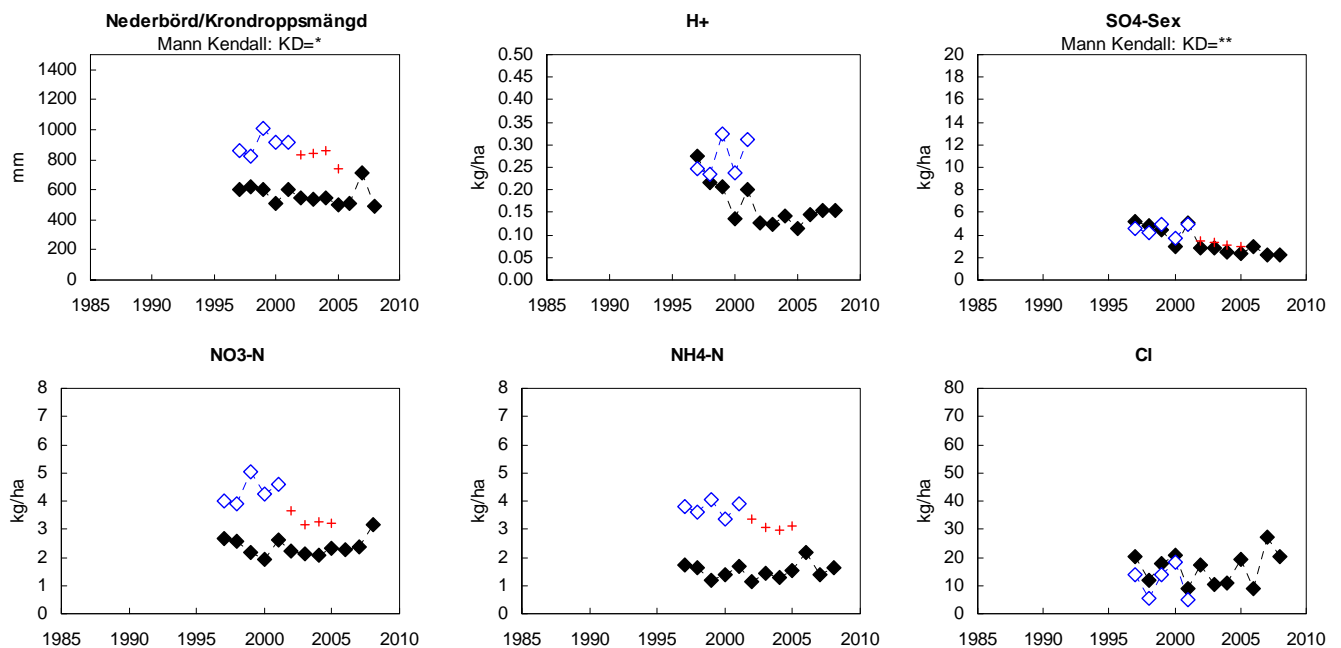
**Attsjö (G 21):** EU-yta med 88-årig tallskog två mil öster om Växjö. Beståndet ligger i ett plant område och ståndortsindex är lågt; T22. Liksom på övriga EU-ytor i Kronobergs län startade mätningarna i maj 1996. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001 och numera mäts enbart deposition i skog (krondropp) och markvattenkemi.

I Figur 5 visas mätningar för ett urval parametrar för deposition som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Attsjö sedan mätstarten. Den av SMHI modellerade våtdepositionen vid Attsjö visas i Figur 5 som plustecken (+). Krondroppsmängden har minskat signifikant sedan mätningarna startade 1996, och under det hydrologiska året 2007/08 uppmättes den lägsta mängden hittills.

Det hydrologiska året 2007/08 uppmättes det antropogena svavelnedfallet via krondropp i skogsytan till 2,2 kg svavel per hektar och år (Figur 5). Det antropogena svavelnedfallet har minskat signifikant och är nu mindre än hälften av vad som uppmättes i början av den 12-åriga mätserien. Det totala sura nedfallet via krondropp, beräknat som  $H^+$ , tenderar till att ha minskat sedan 1996, om än inte statistiskt signifikant.

Nedfallet av oorganiskt kväve (nitrat- och ammoniumkväve) via krondropp uppmättes under 2007/08 till 4,8 kg per hektar och år, vilket är den högsta noteringen sedan mätningarna startade 1996. I likhet med nedfallet vid Knapanäs var det framförallt nedfallet av nitratkväve som var högt. För kväve finns ingen motsvarande minskande trend under mätserien som för svavel. För kväve ser det snarare ut som att nedfallet har ökat något, även om ökningen för närvarande inte är statistiskt signifikant vare sig för nitrat- eller ammoniumkväve.

Nedfallet av klorid, som till stor del beror på vindar och stormfrekvens, uppmättes till 20 kg per hektar i Attsjö under 2007/08, vilket är lägre än föregående år, men något högre än medeldepositionen på 16 kg per hektar under mätperioden.

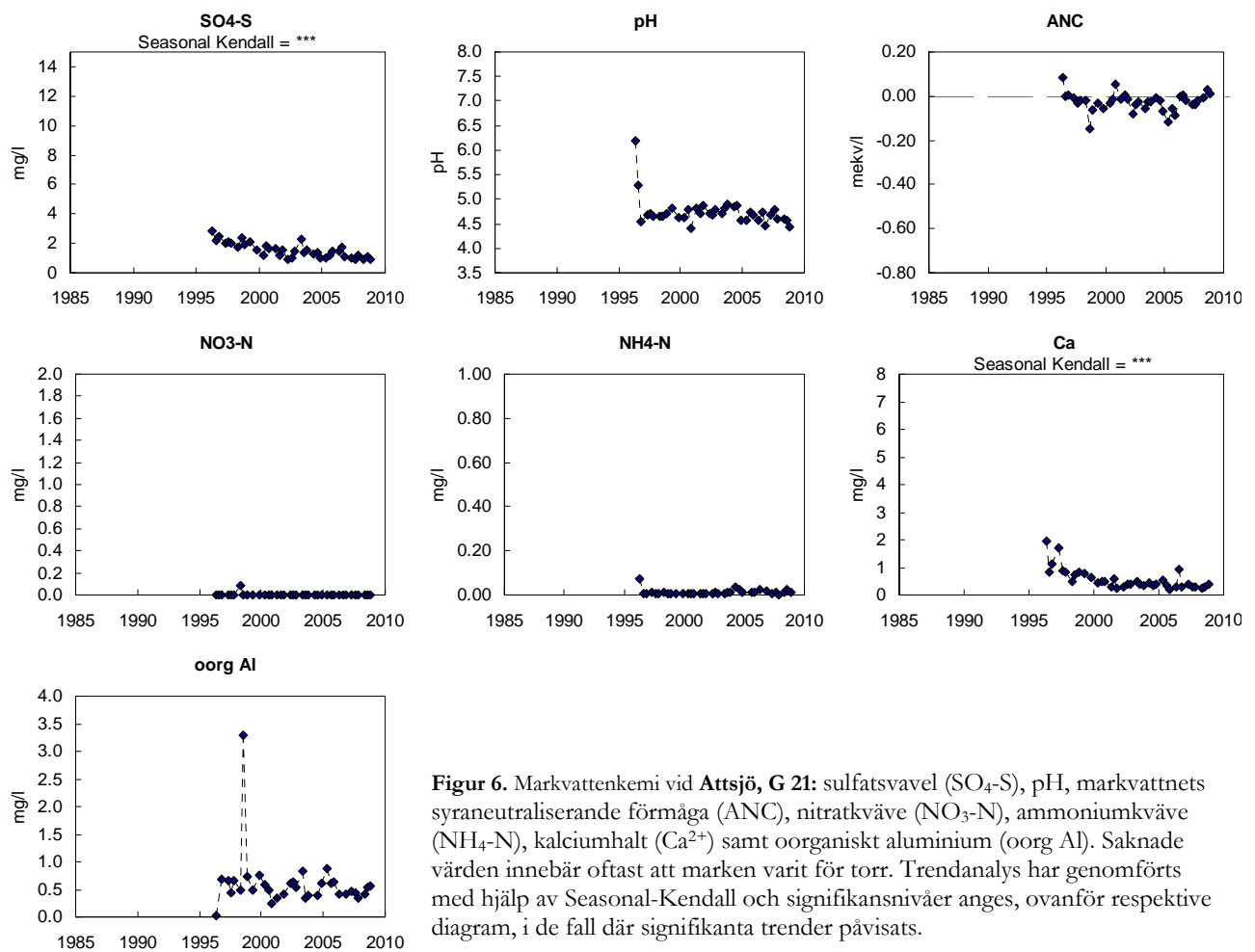


**Figur 5.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid **Attsjö, G21**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: vätejoner ( $H^+$ ); sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ( $SO_4-S\ ex$ ), nitratkväve ( $NO_3-N$ ); ammoniumkväve ( $NH_4-N$ ); kloridjoner ( $Cl$ ). 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 6 visas samtliga mätningars markvattenhalter för ett antal ämnen vid Attsjö sedan mätstarten 1996. Markvattnets pH i Attsjö har varit omkring 4,7 under mätperioden, vilket är på samma nivå som i Knapanäs. Under det hydrologiska året 2007/08 var pH-värdet i Attsjö 4,6. Svavelnedfallet har minskat signifikant, och sulfatsvavelhalten i markvattnet har också minskat signifikant under den 12-åriga mätperioden (Figur 6).

Den syraneutraliserande förmågan i markvattnet, ANC, var omkring noll under det hydrologiska året. Tidigare har ANC i markvattnet i Attsjö ofta varit under noll. Baskatjonhalterna var låga, exempelvis kalcium- och magnesiumhalter under 0,4 mg/l samt kaliumhalter under 0,5 mg/l under 2007/08. Halten för samtliga baskatjoner ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  och  $\text{K}^{+}$ ) har minskat signifikant under mätperioden. För halten oorganiskt aluminium syns dock inga trender. Under det hydrologiska året 2007/08 var halterna oorganiskt aluminium i markvattnet 0,3-0,6 mg/l, att jämföra med medianvärdet för mätperioden på 0,5 mg/l

Halten nitratkväve och ammoniumkväve i markvattnet har varit under eller nära detektionsgränsen förutom vid enstaka tillfällen. Detta innebär att skogen effektivt tar upp det kväve som finns.



**Figur 6.** Markvattenkemi vid **Attsjö, G 21**: sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), kalciumhalt ( $\text{Ca}^{2+}$ ) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

**Tagel (G 22):** Yta nordväst om Alvesta med 83-årig granskog, ståndortsindex G28. Från januari 1998 till januari 2007 mättes lufthalterna av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och marknära ozon på öppet fält. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001, men mätningarna återupptogs i januari 2004. Krondroppsmätningarna flyttades på grund av barkborreangrepp hösten 2007 till en ny yta ca 800 m sydost om den gamla ytan till en granskog med ungefär samma ålder som den gamla. För närvarande mäts således vid Tagel nedfallet både över öppet fält och via krondropp samt markvattenkemi vid krondroppsytan.

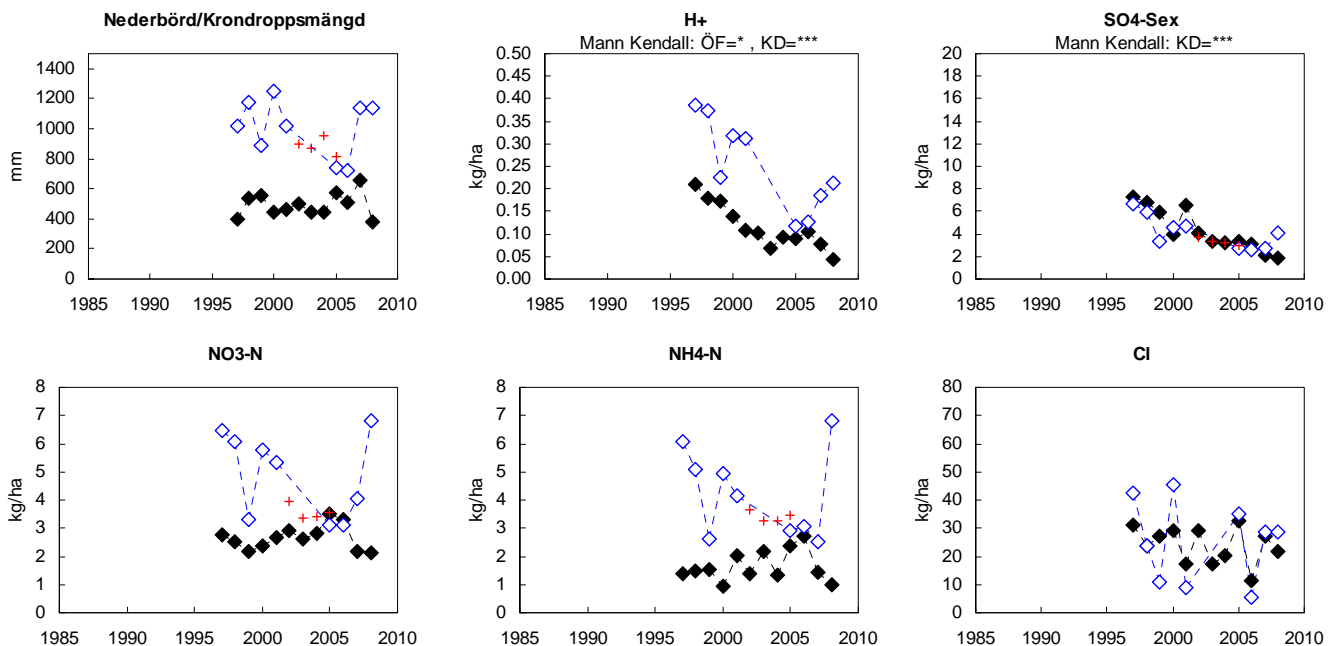
I Figur 7 visas samtliga mätresultat för ett urval parametrar för deposition som årsmedelvärde

(hydrologiskt år) vid Tagel sedan mätstarten. Den av SMHI modellerade våtdepositionen vid Tagel visas i Figur 7 som plustecken (+).

Mätningarna på öppet fält visar, i likhet med föregående hydrologiska år, på en förhållandevis hög nederbörds mängd (1142 mm). Nedfallet av både kväve och antropogent svavel var betydligt högre än förra året trots att nederbörden låg på samma nivå. Detta tyder på att halterna i nederbörden var högre än föregående hydrologiska år. Nedfallet av svavel uppgick till 4,1 kg per hektar på öppet fält och det oorganiska kvävenedfallet var 13,6 kg per hektar. Modellerad nederbörd samt våtdeposition av svavel och kväve med MATCH-Sverige-modellen (Persson m.fl., 2004) indikerar att de modellerade värdena ligger på liknande nivåer som de uppmätta värdena i Tagel, se Figur 7.

Svavelnedfallet i granytan var lägre än på öppet fält, 1,9 kg per hektar och år (Figur 7), vilket är det lägsta uppmätta svavelnedfallet i länet under det hydrologiska året 2007/08. Tidigare, när torrdepositionen var högre, var oftast svaveldepositionen via kron dropp högre än på 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 på öppet fält, som i Tagel. Den totala syrabelastningen, beräknat som  $H^+$ , har minskat både i kron droppet och på öppet fält vid Tagel.

Nedfallet av kväve i granytan uppgick till 3,1 kg per hektar och år, alltså betydligt lägre än vad som uppmättes på öppet fält. Skillnaden är det som tagits upp i träd kronan. Under det hydrologiska året 2007/08 uppmättes det lägsta nedfallet av oorganiskt kväve i skogsytan sedan mätningarna startade 1996.



- ◆ Kron dropp (KD)
- ◆ Öppet fält (ÖF)
- + Mod. våtdep. (SMHI)

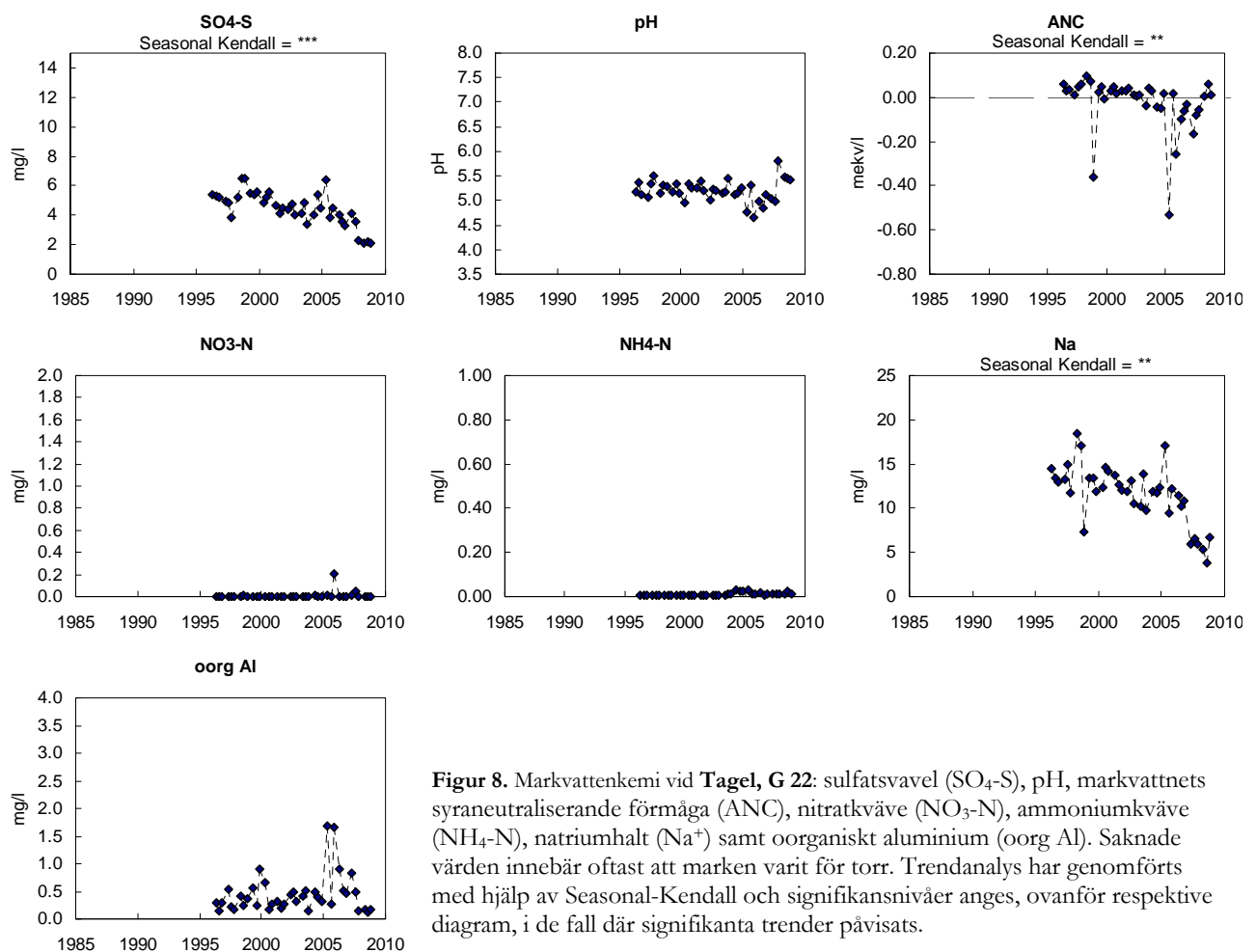
**Figur 7.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via kron dropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid **Tagel, G22**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt kron droppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: vätejoner ( $H^+$ ); sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ( $SO_4\text{-S ex}$ ), nitratkväve ( $NO_3\text{-N}$ ); ammoniumkväve ( $NH_4\text{-N}$ ); kloridjoner ( $Cl$ ). ÖF, öppet fält; KD, kron dropp. 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 samtliga mätningars markvattenhalter för ett antal ämnen vid Tagel sedan mätstarten 1996. De markvattenkemiska mätningarna vid Tagel visar att svavelhalten i markvattnet har minskat signifikant, från cirka 5 mg/l till 2 mg/l. Det är en följd av den minskande svavelbelastningen i ytan. Tagel har generellt varit den minst försurade ytan i länet, med pH-värden i markvattnet som ofta är över 5. Under 2007/08 var pH-värdet betydligt högre (5,4-5,8) än föregående hydrologiska år. Som nämnts ovan kan detta bero på att mätningarna flyttades hösten 2007.

Den syraneutraliserande förmågan har minskat signifikant i markvattnet vid Tagel, men under det senaste hydrologiska året låg ANC runt 0, vilket är högre än föregående hydrologiska år då ANC var negativt. Även TOC (totalt organiskt kol) och magnesium-, klorid- och natriumhalten i markvattnet vid Tagel har minskat signifikant. Sedan 2007 har natriumhalterna varit under 7 mg/l, vilket kan jämföras med medianvärdet på 12 för hela mätserien, se Figur 8.

Sammanfattningsvis kan sägas att man i Tagel tidigare såg tecken på ökande försurningsgrad (minskat pH och ANC samt ökande halter oorganiskt aluminium). Under det hydrologiska året 2007/08 börjar man dock se indikationer på minskad försurningsgrad. Kommande års mätningar får avgöra vilka förändringar som kan ha berott på flytten av krondroppsytan.

Nitratkväve- och ammoniumhalten i markvattnet vid Tagel har generellt varit mycket låg, oftast under detektionsgränsen. Detta innebär att skogen effektivt tar upp det kväve som finns.



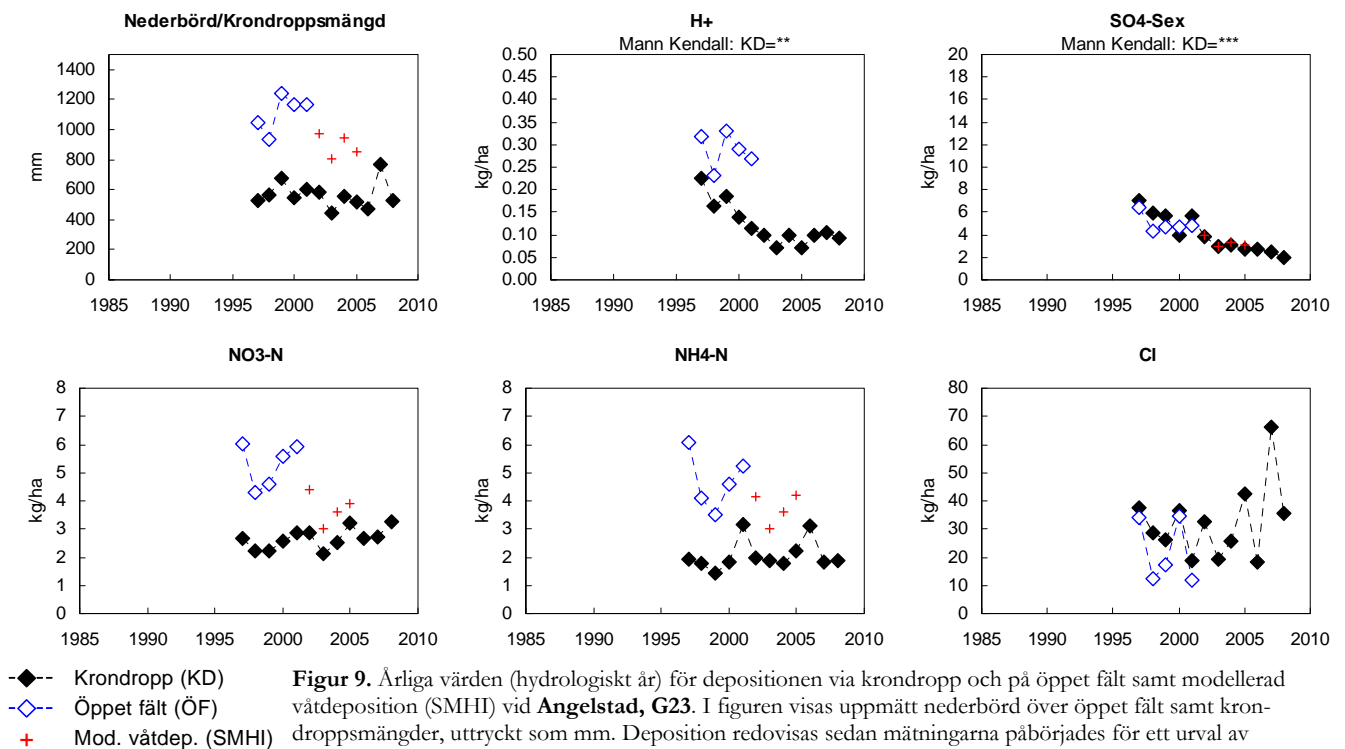
**Figur 8.** Markvattenkemi vid Tagel, G 22: sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N), ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N), natriumhalt (Na<sup>+</sup>) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

**Angelstad (G 23):** Yta sydost om Bolmen med 68-årig granskog, ståndortsindex G32. På samma sätt som för övriga EU-tytor i länet startade mätning av deposition och markvatten i maj 1996. De nederbördskemiska mätningarna avslutades i december 2001 och numera mäts enbart deposition i skog (krondropp) och markvattenkemi.

I Figur 9 visas mätvärden för ett urval parametrar för deposition som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Angelstad sedan mätstarten. Den av SMHI modellerade våtdepositionen vid Angelstad visas i Figur 9 som plustecken (+). Det hydrologiska året 2007/08 deponerades 2,0 kg svavel (exklusive havssaltsbidrag) via krondropp på granytan i Angelstad, vilket är det lägsta uppmätta svavelnedfallet sedan mätningarna startade 1996. Nedfallet har minskat signifikant under den 12-åriga mätserien, från 6-7 kg per hektar till 2-3 kg per hektar. I takt med att svavelnedfallet har minskat så har även det totala sura nedfallet beräknat som  $H^+$  minskat signifikant.

Nedfallet av oorganiskt kväve via krondropp uppgick till 5,2 kg per hektar och år under 2007/08, vilket är något högre än genomsnittet för lokalen. För kvävenedfallet finns inga signifikanta förändringar vare sig för nitratkväve eller ammoniumkväve.

Nedfallet av klorid var ungefär i nivå med genomsnittet för lokalen. Kloridnedfallet på 36 kg per hektar var hälften så mycket som föregående hydrologiska år.



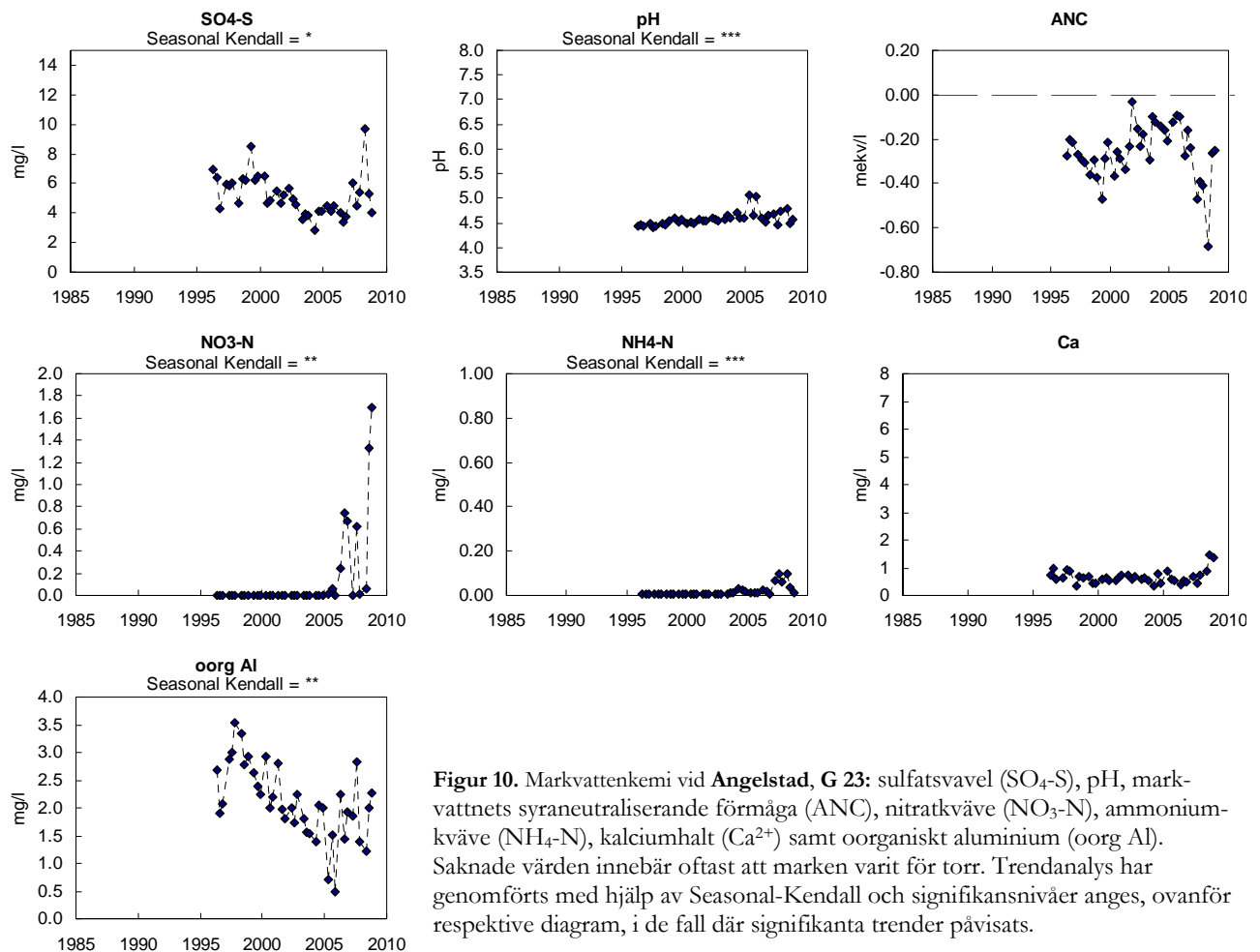
**Figur 9.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid **Angelstad, G23**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: vätejoner ( $H^+$ ); sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ( $SO_4-S_{ex}$ ), nitratkväve ( $NO_3-N$ ); ammoniumkväve ( $NH_4-N$ ); kloridjoner ( $Cl$ ). 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 10 visas samtliga mätningars markvattenhalter för ett antal ämnen vid Angelstad sedan mätstarten 1996. Angelstad är den mest försurningspåverkade lokalen i länet, med pH omkring 4,6, låg syraneutraliserande förmåga (ANC), låga halter av baskatjoner och höga halter av oorganiskt

aluminium, ofta över 2 mg/l. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har vanligtvis varit en bit under 1, vilket indikerar en risk för försurningsrelaterade skador på ekosystemet på sikt. Under det hydrologiska året 2007/08 var kvoten 0,9-1,3.

I takt med av svavelnedfallet har minskat i Angelstad har även sulfatsvavelhalten i markvattnet minskat signifikant. Dock visade det senaste hydrologiska årets mätningar på relativt höga halter sulfatsvavel (4,0-9,7). pH-värdet i markvattnet vid Angelstad har ökat signifikant sedan mätningarna påbörjades 1996, vilket tyder på en viss återhämtning från försurning. Under det hydrologiska året 2007/08 var pH-värdet i markvattnet 4,5-4,8. Halten oorganiskt aluminium har minskat signifikant under den 12-åriga mätserien, men den tidigare kraftiga minskningen har stannat av och under det hydrologiska året 2007/08 var halten 1,2-2,3 mg/l.

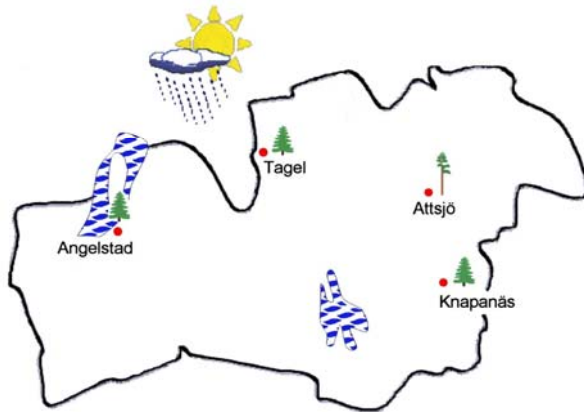
Ytan drabbades hårt av stormen Gudrun, vilket orsakade ökade nitratkvävehalter i markvatten, upp till 1,7 mg/l (oktober 2008). Innan stormen Gudrun var nitratkvävehalten under detektionsgränsen vid alla mätningarna sedan mätstarten i maj 1996. Även halten ammoniumkväve i markvattnet har ökat signifikant.



**Figur 10.** Markvattenkemi vid Angelstad, G 23: sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S), pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N), ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N), kalciumhalt (Ca<sup>2+</sup>) samt oorganiskt aluminium (oorg Al). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.



## Sammanfattande bedömning av luftförorenings-situationen i Kronobergs län 2007/08



I Kronobergs län finns för närvarande fyra aktiva ytor i Krondroppsnätet (Tabell 1). Knapanäs har med sin 21-åriga mätperiod den längsta tidsserien. Under det hydrologiska året 2007/08 var Knapanäs den lokal i länet som hade det högsta nedfallet av både svavel och kväve i krondropp. Tagel är annars den lokal i länet som har haft det högsta svavelnedfallet beräknat som ett genomsnitt under en 12-årsperiod. Under motsvarande tidsperiod har Angelstad haft det högsta kvävenedfallet och Attsjö det lägsta nedfallet av både svavel och kväve.

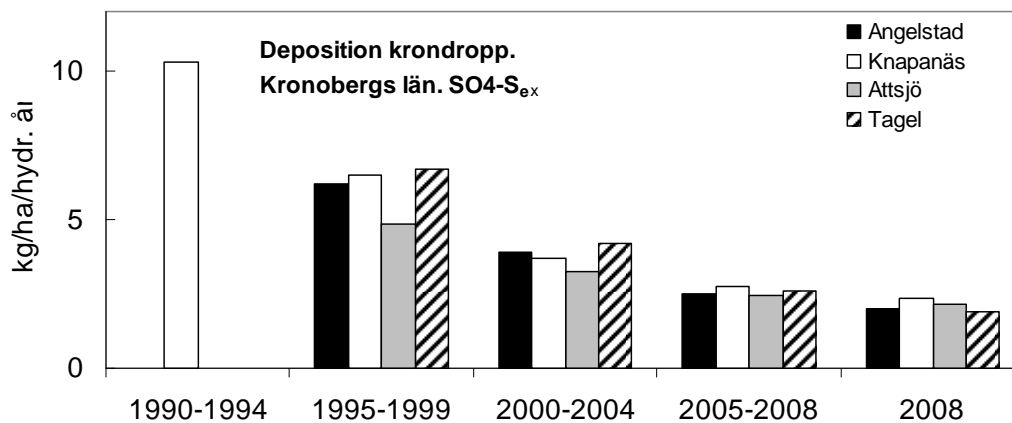
Tabell 1. Aktiva ytor i Kronobergs län 2007/08.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten	Lufthalter
Knapanäs (G 09)	Gran		X	X	
Attsjö (G 21)	Tall		X	X	
Tagel (G 22)	Gran	X	X	X	
Angelstad (G 23)	Gran		X	X	

Den bästa uppskattningen av det totala svavelnedfallet fås genom mätningar av krondropp eftersom dessa mätningar inkluderar både våt- och torrdeposition och det sker inget betydande upptag av svavel i trädskronorna. Vad gäller kvävenedfallet finns som redan nämnts flera problem vad gäller 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 **skogsytorna** var svavelnedfallet i länet lågt under 2007/08, 2,1 kg per hektar som ett genomsnitt för de fyra lokalerna, se Figur 11. I alla lokaler utom i Knapanäs, uppmättes det lägsta nedfallet sedan mätningarna påbörjades. Det antropogena svavelnedfallet i skogsytorna har minskat signifikant på samtliga lokaler i länet. Nedfallet har minskat med 67 % under de senaste 12 åren, från 6,5 kg per hektar 1996/97 till 2,1 kg per hektar (som ett genomsnitt för de fyra lokalerna). Denna trend är tydlig i stora delar av Sverige, framför allt i sydväst. Det är främst torrdepositionen som har minskat.





**Figur 11.** En översikt över nedfallet av antropogent sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S<sub>ex</sub>) mätt som krondropp vid de nu aktiva lokalerna inom länet och för olika tidsperioder. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Exempelvis motsvarar tidsintervallet 1995-1999 de hydrologiska åren 1994/95 – 1998/99. För Angelstad, Attsjö och Tagel ingår endast tre års mätningar i femårsperioden 1995-1999. I övrigt ingår alla årsdata i alla perioder.

Kvävedepositionen på **öppet fält** i Tagel uppgick till 13,6 kg per hektar, varav hälften var i form av nitratkväve och den andra hälften var ammoniumkväve. Detta är den högsta uppmätta kvävedepositionen sedan mätningarna startade 1996, men ingen trend motsvarande som för svavel kan påvisas.

**Markvattenmätningarna** i länet uppvisar tendenser till minskad markförsurning, framförallt i skogsytor i Knapanäs, och Angelstad. Trots den kraftigt minskade syrabelastningen går återhämtningen långsamt. Angelstad är den mest försurningspåverkade lokalen och Tagel är den minst försurade ytan, med pH-värden i markvattnet som ofta är över 5, jämfört med 4,7 för de övriga ytorna i länet.

Kronoberg drabbades av stormen Gudrun i januari 2005 och markvattenmätningarna i Knapanäs och Angelstad uppvisar förhöjda halter av nitrat- och ammoniumkväve efter stormen. Detta är troligtvis en effekt av stormen, eftersom man normalt sett brukar se en förhöjning av nitrathalten i markvattnet i samband med avverkning eller stormskador.

## 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

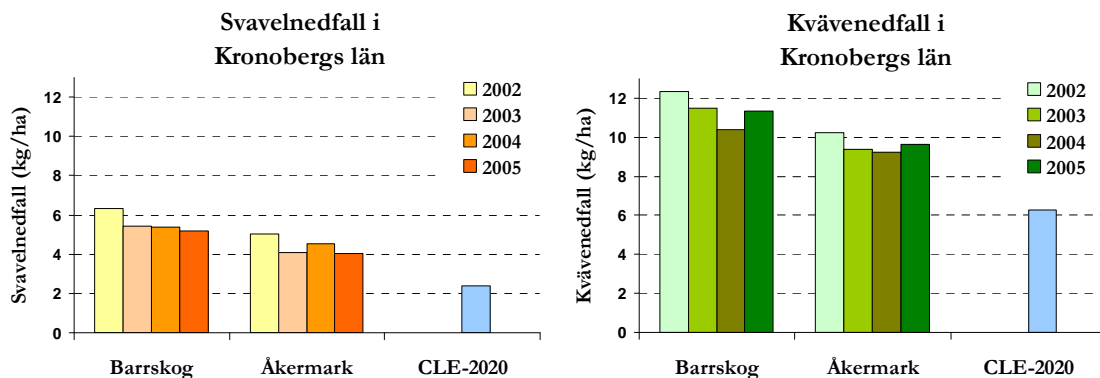
beslut om minskade utsläpp inom Europa. För CLE-scenariet har ett medelvärde beräknats för de markanvändningsslag som ingår i länet/kommunen, och det finns därmed ingen uppdelning på barrskog och åkermark, som det gör för årsberäkningarna. Nedfallet redovisas på länsnivå i Figur 12 och på kommunnivå i Tabell 2 och Tabell 3.

Svavelnedfallet (utan havssalt) i Kronobergs län beräknades till omkring 5,2-6,3 kg per hektar och år i barrskog och 4,0-5,0 kg på åkermark under 2002-2005. Kvävenedfallet (våt- och torrdeposition) beräknades till omkring 10,4-12,4 kg per hektar och år i barrskog och 9,3-10,2 kg på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till omkring 2,4 kg svavel och 6,3 kg kväve per hektar till år 2020.

Det modellerade svavelnedfallet i barrskog är högre än det uppmätta krondroppet vid de fyra krondroppsytorerna i länet under den aktuella tidsperioden 2002-2005. Detta indikerar att MATCH-modellen överskattar nedfallet av svavel i länet i förhållande till de mätningar som görs. Det modellerade nedfallet går dock inte att direkt jämföra med uppmätt nedfall i Krondroppsytorerna 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.



**Figur 12.** Nedfall av svavel och kväve (kg per hektar och kalenderår) i Kronobergs län under 2002-2005 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen.

**Tabell 2.** Svavelnedfall (utan havssalt) på kommunnivå i Kronobergs 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
Alvesta	6.3	5.3	5.2	5.1	5.0	4.0	4.4	4.0	2.3
Lessebo	6.0	5.3	4.9	5.3	4.7	3.9	4.1	4.1	2.4
Ljungby	6.5	5.5	5.8	5.1	5.3	4.2	5.0	4.1	2.4
Markaryd	7.4	6.4	6.8	5.5	6.1	5.0	5.9	4.3	2.8
Tingsryd	6.6	5.3	5.2	5.6	5.1	3.9	4.4	4.3	2.4
Uppvidinge	5.5	5.0	4.7	4.8	4.3	3.8	3.9	3.7	2.4
Växjö	6.0	5.4	5.0	5.0	4.7	4.1	4.2	3.9	2.4
Älmhult	6.8	5.7	5.8	5.5	5.4	4.3	5.0	4.2	2.5

\* 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 Kronobergs 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
Alvesta	12.3	11.5	10.3	11.5	10.2	9.3	9.2	9.8	6.3
Lessebo	11.3	10.4	9.1	10.3	9.1	8.4	8.0	8.5	5.7
Ljungby	13.3	12.3	11.4	12.3	11.2	10.0	10.3	10.6	6.7
Markaryd	15.5	14.7	13.4	13.7	13.2	12.2	12.1	11.8	7.9
Tingsryd	12.4	10.9	9.9	11.7	10.1	8.8	8.8	10.0	5.8
Uppvidinge	10.3	10.0	8.7	9.0	8.3	8.0	7.7	7.3	5.5
Växjö	11.5	11.1	9.7	10.5	9.4	9.1	8.6	8.8	5.9
Älmhult	13.4	12.2	11.3	12.8	11.2	9.9	10.1	11.0	6.8

\* Ett basscenario baserat på dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa (medelvärde för de markanvändningsslag 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 i Sverige har enligt tidigare bedömningar antagits ha en kritisk belastningsgräns inom intervallet 0-3 kg svavel per hektar och år (Nilsson & Grennfelt, 1988).

I Figur 13a visas svavelnedfallet till skogsmark på två krondroppsytor i Kronobergs län, Knapanäs som är den yta med längst tidserie och Tagel. Svavelnedfall till skog är en indikator för miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* och

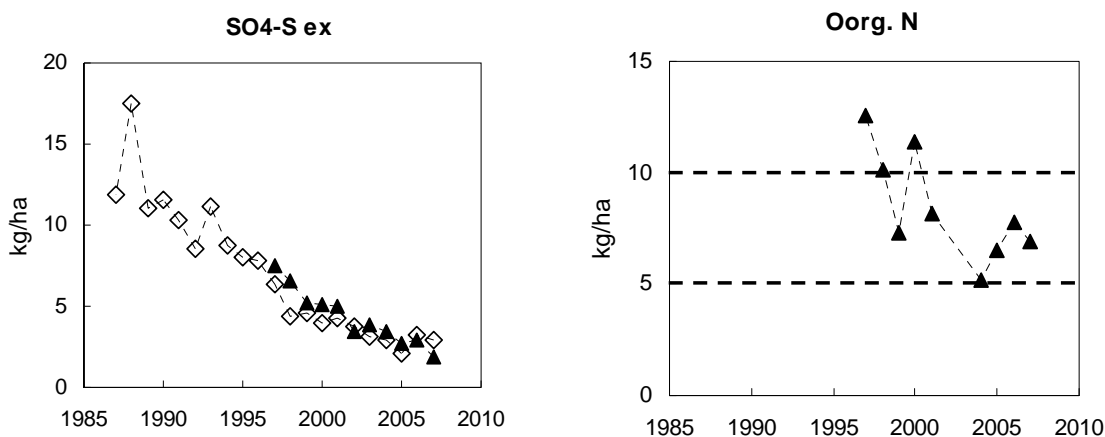
*Storslagen fjällmiljö.* Figuren visar att nedfallet i Kronobergs län varit i nivå med den övre gränsen av intervallet 0-3 kg per hektar under de senaste åren. För en mer detaljerad genomgång av kritisk belastning för aciditet hänvisas till förra årets länsrapport (Pihl Karlsson m.fl., 2008).

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. Beträffande övergödande kväve pågår för närvarande mycket arbete kopplat till kritisk belastning runt om i Europa. Nyligen uppdaterades den kritiska belastningsgränsen, bland annat baserat på lågdosförsök i norra Sverige (Nordin m.fl., 2005). Den kritiska belastningsgränsen som gäller generellt i Sverige är 5-10 kg per hektar och år (UNECE, 2007). Den lägre gränsen kan antas gälla för de känsligaste ekosystemen.

I Figur 13b visas kvävenedfallet på öppet fält i Tagel, som är den enda ytan där nedfall på öppet fält fortfarande pågår. 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 i Tagel varit inom intervallet 5-10 kg under senare år. 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 internrecirkulationen i trädskronan, används här kvävenedfallet på öppet fält. Totaldeposition av kväve till skog kan förväntas vara något högre på grund av torrdepositionen.

a.

b.



**Figur 13.** Svavelnedfall (exklusive havssaltsbidrag) till skogsmark i Knapanäs (◊) och Tagel (▲) (a) och nedfall av oorganiskt kväve (nitratkväve och ammoniumkväve) på öppet fält i Tagel (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.

## Marknära ozon vid Asa

Ozonhalter mäts med instrument på timbasis vid Asa Försökspark, ca 20 km norr om Växjö, i regi av Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), sedan 2007 på uppdrag av Luftvårdsförbunden i Jönköpings- och Kronobergs län. Mätningarna har tidigare pågått mellan 1993 och 2001 finansierat av SLU, men efter ett längre uppehåll kunde mätningarna återupptas 2007 med finansiering från Luftvårdsförbunden. Från och med 2008 övergår finansieringen av mätningarna till det så kallade "Ozonmättnätet i södra Sverige".

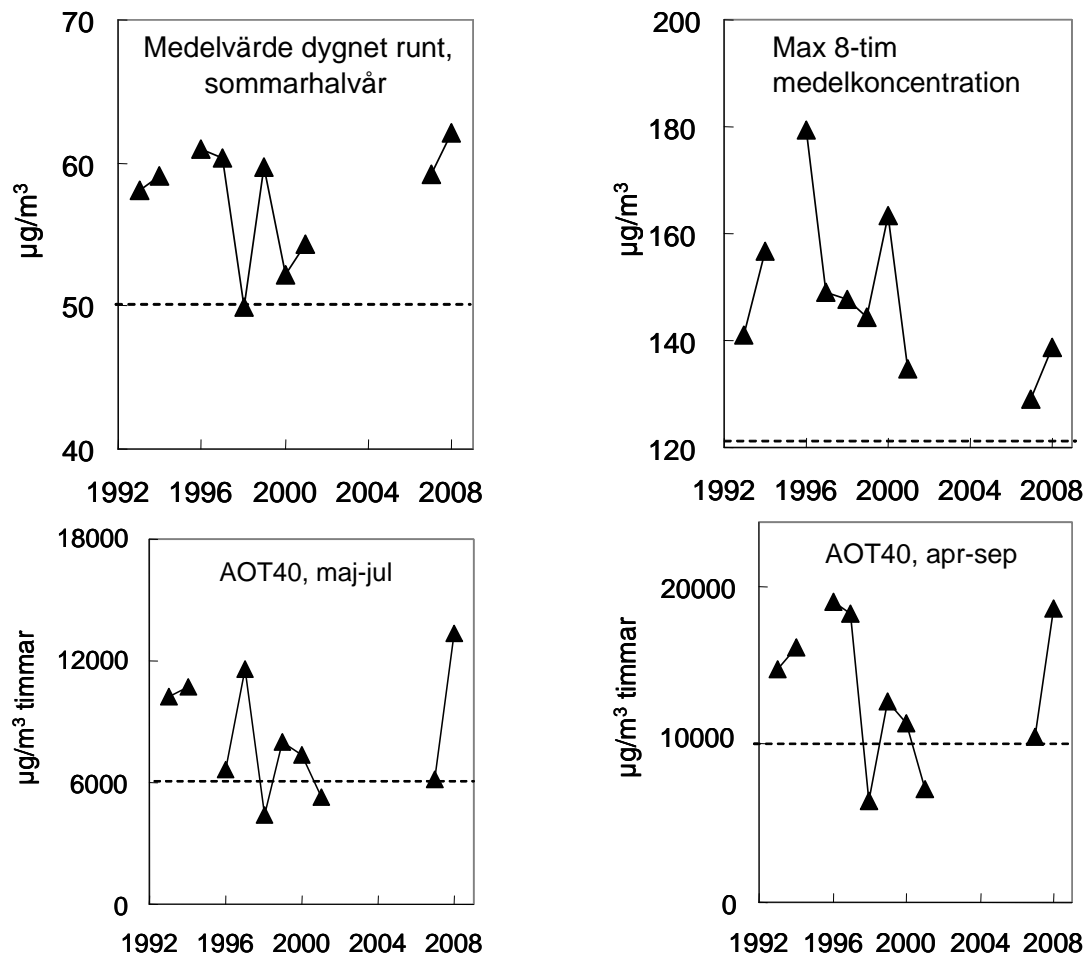
Årsvisa värden beräknade från ozonmätningarna vid Asa visas i Figur 15 för hela mätperioden för ozonmedelhalten sommarhalvår, den maximala 8-timmarsmedelkoncentrationen, AOT40 maj-juli samt AOT40 april-september. Med AOT menas en ackumulerad exponering över 40 ppb ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Detta beräknas så att varje timvärde för ozonkoncentration under dagtid (kl 08-20) subtraheras med  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  och om resultatet är ett positivt värde ackumuleras detta under den tidsperiod som är aktuell.

Ozonmedelhalten sommartid har legat mellan 58 och  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  med det högsta värdet under det senaste året 2008. Generationsmålet inom miljö kvalitetsmålet *Friske Luft* anger att sommarmedelvärdet till år 2020 inte bör överskrida  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket det har gjort alla år sedan mätningarna påbörjades. Miljö kvalitetsnormen säger att det maximala 8-timmarsmedelvärdet för ozon från och med år 2010 inte bör överskrida  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket det har gjort varje år utom ett sedan mätningarna startade.

Miljö kvalitetsnormen säger vidare att AOT40 maj-juli inte bör överskrida  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar till år 2010 och inte överskrida  $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar till år 2020. AOT40 maj-juli har inte överskridit  $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar något år men däremot överskridit  $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  timmar varje år utom två sedan mätstarten.

Ozonförekomsten i Sverige beror till största delen på långväga transport av ozonbildande ämnen från kontinentala och södra Europa men även från andra kontinenter såsom Nordamerika och Asien. Därför är miljö kvalitetsnormen för ozon utformad som en "börnorm". För att minska ozonförekomsten är således Sverige beroende av framgångsrika internationella förhandlingar om minskningar av utsläppen av ozonbildande ämnen från länder i Europa men även över hela norra halvklotet. EU har genom det så kallade "takteriktivet" satt gränser för utsläpp av ozonbildande ämnen.

En stor del av metodutvecklingen och förhandlingsarbetet inom detta område försiggår inom "Konventionen om Långväga Transporterade Luftföroreningar", LRTAP ([www.unece.org/env/lrtap](http://www.unece.org/env/lrtap)). Inom LRTAP-konventionen tillämpas för närvarande ett målvärde för att skydda Europas skogar mot negativ inverkan från ozon. Detta målvärde grundar sig på AOT40 april-september och värdet är  $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Även detta värde överskrids vid Asa alla år utom två sedan mätstarten.



**Figur 15.** Årsvisa värden baserat på ozonmätningar med instrument vid Asa, 5m över mark, för ozonmedelhalten sommarhalvår, den maximala 8-timmarsmedelkoncentrationen, AOT40 maj-juli samt AOT40 april-september. Streckade horisontella linjer anger olika målvärden som tillämpas inom miljö kvalitetsmålet *Friske Luft*, inom miljö kvalitetsnormen för ozon samt inom Luftkonventionen (LRTAP).

## 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.krondroppsnatet.ivl.se](http://www.krondroppsnatet.ivl.se). Där presenteras överskådligt information om hur vi arbetar inom Krondroppsnätet 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

Krondroppsnätet ingår sedan 2000 som delprogram inom Programområde luft, det nationella luftövervakningsprogrammet som drivs av Naturvårdsverket. Delprogrammet kompletterar de pågående mätningarna som sker inom Krondroppsnätet 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 under 2009 på öppet fält samt en station för krondropp, markvatten och lufthalter. 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@naturvardsverket.se](mailto:anna.jonsson@naturvardsverket.se), tel: 08-6981627.

### Specialprojekt som rör Krondroppsnätet

Två specialprojekt med anknytning till Krondroppsnätet finansieras av Naturvårdsverket under 2009.

#### 1. Utveckling av Krondroppsnätet utifrån regionala och nationella behov

Krondroppsnätet 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 Krondroppsnätet spelar och utreda hur Krondroppsnätet kan utvecklas efter 2010 då nuvarande programperiod avslutas. I del två kommer man att beskriva den roll som Krondroppsnätet 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 nederbörds mängden 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, Rensner 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 Kronobergs län – mätningar och modellering. Resultat till och med september 2007. IVL Rapport B 1778.
- 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 samt markvatten.

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

Lokal	Period	Nedb	kg/ha →										
			H <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>
Tagel (G 22 A)	07/08	1142	0,21	5,4	4,1	28,6	6,8	6,8	3,5	3,2	21,0	2,3	0,64
	06/07	1140	0,18	4,1	2,8	28,8	4,0	2,5	2,5	2,9	17,4	1,8	0,61
	05/06	725	0,13	2,8	2,6	5,5	3,1	3,0	1,2	0,6	3,3	1,6	0,25
	04/05	736	0,12	4,4	2,8	35,1	3,1	2,9	2,0	2,6	19,5	1,4	0,11
	00/01	1018	0,31	5,1	4,7	8,8	5,3	4,1	1,8	0,9	5,4	0,6	0,22
	99/00	1249	0,32	6,7	4,6	45,4	5,8	4,9	2,5	3,5	27,2	1,9	0,19
	98/99	886	0,23	3,8	3,3	10,8	3,3	2,6	1,4	0,8	6,2	1,1	0,09
	97/98	1174	0,37	7,1	6,0	23,5	6,1	5,1	2,5	1,9	13,7	2,4	0,16
	96/97	1015	0,38	8,6	6,6	42,3	6,5	6,1	2,6	3,1	21,7	1,8	0,09

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

Lokal	Period	Nedb	kg/ha →										
			H <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>
Tagel (G 22 A)	2007	1003	0,19	4,0	2,9	24,8	4,1	2,8	2,4	2,7	15,2	1,5	0,45
	2006	941	0,16	3,5	2,9	12,7	4,2	3,6	1,6	1,2	7,7	2,0	0,42
	2005	739	0,13	4,5	2,9	35,1	3,3	3,2	2,0	2,6	19,4	1,2	0,12
	2004	835	0,13	2,7	2,4	7,6	2,8	2,4	1,1	0,7	4,6	1,0	0,08
	2001	922	0,23	4,5	4,1	9,8	4,5	3,7	2,0	0,9	6,1	0,9	0,16
	2000	1269	0,38	6,5	5,2	29,5	6,3	5,1	2,2	2,5	17,7	1,3	0,25
	1999	992	0,23	4,8	3,6	25,0	3,9	3,4	1,9	1,9	15,0	1,6	0,10
	1998	1145	0,34	6,8	5,6	25,1	5,5	4,6	2,3	1,9	14,6	2,2	0,11
	1997	1055	0,38	8,4	6,5	41,4	6,5	6,1	2,6	3,1	21,2	1,9	0,15

**Tabell A:2a. Öppet fältdata** (våtdeposition) från Kronobergs län för yta Tagel där organiskt kväve 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
		mm	kg/ha	→	
Tagel (G 22 A)	07/08	1142	13,7		2,2
	06/07	1140	6,6		1,7
	05/06	725	6,1		0,7
	04/05	736	6,0		0,6
	00/01	1018	9,5		
	99/00	1249	10,7		
	98/99	886	5,9		
	97/98	1174	11,2		
	96/97	1015	12,6		

**Tabell A:2b. Öppet fältdata** (våtdeposition) från Kronobergs län för yta Tagel där organiskt kväve 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
		mm	kg/ha	→	
Tagel (G 22 A)	2007	1003	6,9		1,4
	2006	941	7,8		1,0
	2005	739	6,4		0,4
	2004	835	5,2		0,7
	2001	922	8,2		1,1
	2000	1269	11,4		
	1999	992	7,3		
	1998	1145	10,1		
	1997	1055	12,7		

**Tabell B:1a. Krondroppsdata** från Kronobergs 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	→									
Knapanäs (G 09 A)	07/08	368	0,08	4,3	2,4	41,9	4,4	2,0	4,6	3,6	24,0	9,7	1,68
	06/07	540	0,08	5,6	3,3	49,6	4,2	2,2					
	05/06	385	0,09	3,8	3,1	15,3	3,4	2,0					
	04/05	382	0,03	3,4	2,1	27,6	2,5	1,4					
	03/04	471	0,05	3,6	3,0	13,1	2,0	0,9					
	02/03	430	0,04	4,0	3,5	11,5	2,3	1,6					
	01/02	496	0,05	4,0	3,3	16,0	2,7	1,8					
	00/01	553	0,08	6,1	5,7	9,1	2,4	2,3					
	99/00	409	0,07	3,7	2,9	17,6	2,2	1,2					
	98/99	504	0,09	5,3	4,7	12,7	2,4	1,7					
	97/98	452	0,08	5,6	5,1	12,3	1,6	1,4					
	96/97	452	0,12	7,1	6,3	17,9	1,9	1,3					
	95/96	348	0,13	7,8	7,3	11,1	1,7	1,3					
	94/95	500	0,14	9,9	9,0	18,7	1,9	1,6					
	93/94	497	0,24	12,4	11,6	17,3	2,3	2,0					
	92/93	374	0,11	10,1	9,0	24,8	1,5	1,5					
	91/92	359	0,13	10,5	9,6	18,7	1,8	1,7					
	90/91	348	0,21	10,7	10,1	13,6	1,6	1,2					
	89/90	369	0,20	12,0	11,2	18,4	2,2	1,2					
	88/89	332	0,20	11,0	10,2	16,0	2,3	1,7					
87/88	549	0,43	18,5	18,1	10,0	3,3	2,2						
Attsjö (G 21 A)	07/08	488	0,15	3,1	2,2	20,2	3,2	1,6	3,5	2,1	12,0	7,5	1,13
	06/07	714	0,15	3,5	2,3	27,3	2,4	1,4	3,9	2,3	15,8	7,8	1,22
	05/06	510	0,14	3,4	3,0	8,9	2,3	2,2	2,5	1,1	5,1	6,3	0,51
	04/05	497	0,11	3,3	2,4	19,1	2,3	1,5	3,3	1,9	10,9	7,8	0,66
	03/04	549	0,14	3,0	2,5	11,0	2,1	1,3	2,8	1,4	6,2	6,1	0,24
	02/03	534	0,12	3,4	2,9	10,4	2,1	1,5	2,8	1,6	5,5	6,4	0,36
	01/02	550	0,13	3,7	2,9	17,4	2,2	1,1	3,3	1,8	9,3	7,5	0,26
	00/01	599	0,20	5,4	5,0	8,7	2,6	1,7	3,5	1,6	5,0	8,7	0,88
	99/00	507	0,14	3,9	2,9	20,6	1,9	1,4	2,7	1,8	12,0	8,3	0,55
	98/99	603	0,21	5,3	4,5	17,8	2,2	1,2	3,7	2,0	10,0	9,4	0,77
97/98	616	0,22	5,4	4,8	12,0	2,6	1,6	3,4	1,5	6,9	7,7	0,66	
96/97	605	0,28	6,1	5,2	20,4	2,7	1,7	3,5	1,9	10,7	7,0	0,69	
Tagel (G 22 A)	07/08	378	0,04	2,9	1,9	21,6	2,1	1,0	3,9	2,2	10,4	14,6	1,17
	06/07	658	0,08	3,3	2,1	26,9	2,2	1,4	3,7	2,4	14,3	13,1	1,50
	05/06	508	0,11	3,6	3,1	11,2	3,3	2,7	3,0	1,6	5,4	10,6	0,85
	04/05	575	0,09	4,8	3,3	32,6	3,5	2,4	6,3	3,7	16,5	12,4	1,75
	03/04	448	0,09	4,1	3,2	20,2	2,8	1,3	4,8	2,7	10,1	13,2	1,19
	02/03	446	0,07	4,1	3,3	17,2	2,6	2,2	3,8	2,6	8,2	11,5	1,10
	01/02	504	0,10	5,4	4,1	28,9	2,9	1,4	5,1	3,3	15,7	12,4	1,56
	00/01	465	0,11	7,3	6,5	17,4	2,7	2,0	5,3	2,9	9,3	14,1	1,81
	99/00	447	0,14	5,3	4,0	29,2	2,4	0,9	4,7	2,9	16,2	10,9	1,28
	98/99	552	0,17	7,2	6,0	27,0	2,2	1,5	4,9	3,0	14,5	11,9	1,27
97/98	540	0,18	7,9	6,8	23,8	2,5	1,5	5,2	3,2	12,4	15,3	1,75	
96/97	400	0,21	8,7	7,3	30,9	2,8	1,4	5,6	3,4	16,2	11,4	1,79	

*Forts. Tabell B:1a. Krondroppsdata från Kronobergs 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	→									
Angelstad	07/08	525	0,09	3,7	2,0	35,6	3,3	1,9	4,2	3,5	19,8	12,8	0,63
(G 23 A)	06/07	772	0,11	5,6	2,5	66,1	2,7	1,8	5,5	5,2	33,9	19,9	0,74
	05/06	469	0,10	3,6	2,7	18,3	2,7	3,1	2,9	2,2	8,4	14,2	0,38
	04/05	519	0,07	4,7	2,7	42,3	3,2	2,2	5,2	4,4	20,6	22,9	0,29
	03/04	557	0,10	4,3	3,1	25,5	2,5	1,8	4,2	3,1	12,5	14,8	0,15
	02/03	448	0,07	3,8	2,9	19,1	2,1	1,9	3,2	2,5	9,3	12,5	0,12
	01/02	579	0,10	5,4	3,9	32,6	2,9	2,0	4,5	3,4	17,0	12,9	0,15
	00/01	598	0,11	6,6	5,7	18,7	2,8	3,2	4,3	2,8	9,8	16,9	0,32
	99/00	549	0,14	5,6	3,9	36,6	2,6	1,8	4,6	3,5	19,8	12,9	0,32
	98/99	672	0,18	6,9	5,7	26,3	2,2	1,4	4,3	3,1	13,8	14,2	0,16
	97/98	562	0,16	7,2	5,9	28,6	2,2	1,8	4,3	3,2	14,0	17,0	0,17
	96/97	527	0,23	8,8	7,0	37,3	2,7	1,9	5,2	3,7	19,2	12,7	0,40

**Tabell B:1b. Krondroppsdata från Kronobergs 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	→									
Knapanäs	2007	476	0,07	4,5	2,9	32,8	3,8	2,0	4,5	3,4	19,7	8,7	1,97
(G 09 A)	2006	448	0,10	4,6	3,2	31,4	3,9	2,2					
	2005	317	0,04	3,3	2,1	24,6	2,9	1,6					
	2004	527	0,05	3,7	2,9	17,7	1,7	0,9					
	2003	361	0,04	3,6	3,1	10,8	2,3	1,5					
	2002	534	0,06	4,4	3,7	14,7	2,8	1,8					
	2001	501	0,06	4,8	4,3	10,7	2,2	2,1					
	2000	443	0,06	4,7	4,0	13,8	2,1	1,4					
	1999	507	0,09	5,3	4,6	14,9	2,6	1,8					
	1998	446	0,07	5,0	4,4	12,5	1,5	1,5					
	1997	491	0,11	7,1	6,4	16,9	2,1	1,3					
	1996	358	0,16	8,4	7,8	13,7	1,7	1,3					
	1995	460	0,12	8,7	8,0	14,6	1,8	1,5					
	1994	479	0,18	9,6	8,7	19,3	2,0	1,8					
	1993	385	0,16	12,2	11,1	23,4	1,8	1,8					
	1992	375	0,12	9,3	8,5	17,0	1,8	1,4					
	1991	339	0,19	11,1	10,3	16,5	1,6	1,4					
	1990	378	0,24	12,5	11,6	19,0	2,3	1,2					
	1989	352	0,19	11,7	11,0	15,3	2,1	1,6					
	1988	548	0,41	18,1	17,5	13,2	3,4	2,2					
	1987	432	0,28	12,3	11,9	10,0	2,3	1,4					

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

Lokal	Period	Nedb mm	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>
			kg/ha	→									
Attsjö (G 21 A)	2007	594	0,12	3,0	2,1	19,3	2,2	1,4	3,2	1,9	11,9	6,2	1,06
	2006	616	0,17	3,6	2,8	15,7	2,6	2,2	3,2	1,5	8,7	7,2	0,75
	2005	455	0,11	2,9	2,3	13,6	2,1	1,5	2,4	1,4	8,0	6,6	0,42
	2004	586	0,14	3,4	2,6	17,8	2,1	1,3	3,6	1,8	9,5	7,6	0,42
	2003	489	0,13	3,4	3,0	10,2	2,4	1,6	2,7	1,6	5,6	5,6	0,47
	2002	570	0,13	3,5	2,8	15,1	2,3	1,1	3,1	1,6	8,2	7,5	0,09
	2001	576	0,17	4,4	3,9	11,0	2,4	1,5	3,4	1,6	5,9	8,4	0,75
	2000	542	0,15	4,4	3,7	13,9	2,0	1,5	2,8	1,7	8,5	7,8	0,73
	1999	572	0,19	5,0	4,1	20,0	2,3	1,2	3,7	2,0	11,3	9,9	0,83
	1998	635	0,20	5,5	4,7	16,3	2,3	1,6	3,5	1,7	8,9	8,5	0,52
1997	623	0,28	6,0	5,2	18,3	2,9	1,8	3,6	1,9	10,0	6,7	0,70	
Tagel (G 22 A)	2007	537	0,05	2,8	1,9	19,9	1,6	1,3	3,3	2,1	11,0	12,1	1,25
	2006	596	0,11	3,7	2,9	17,2	3,5	2,8	3,4	1,9	8,2	13,0	1,14
	2005	469	0,08	3,4	2,7	15,7	3,3	2,3	3,8	2,2	8,9	7,3	0,86
	2004	578	0,10	5,0	3,4	35,1	2,7	1,3	6,6	3,8	16,8	15,9	1,66
	2003	409	0,07	4,8	3,9	17,9	3,1	2,3	4,0	2,7	8,8	12,0	1,45
	2002	529	0,11	4,6	3,4	26,1	2,9	1,4	5,0	3,0	14,3	12,1	1,23
	2001	425	0,09	5,8	5,0	18,5	2,5	2,0	4,8	2,9	9,3	12,6	1,66
	2000	451	0,12	6,1	5,1	22,7	2,3	1,0	4,7	2,8	12,5	12,5	1,51
	1999	531	0,17	6,5	5,2	28,0	2,6	1,6	5,1	3,0	15,8	11,2	1,41
	1998	568	0,17	7,9	6,6	28,6	2,1	1,4	5,0	3,2	14,3	15,5	1,34
1997	433	0,20	8,8	7,5	27,9	3,0	1,3	6,0	3,6	14,6	12,0	1,96	
Angelstad (G 23 A)	2007	621	0,08	4,5	2,2	49,2	2,5	1,8	4,5	4,2	26,3	15,6	0,70
	2006	607	0,12	4,4	2,8	35,2	3,0	3,2	4,0	3,2	16,5	19,0	0,47
	2005	464	0,07	3,9	2,4	32,0	3,1	2,3	3,9	3,5	16,4	19,5	0,26
	2004	607	0,10	4,5	3,0	32,8	2,3	1,7	4,7	3,5	15,3	15,1	0,11
	2003	414	0,07	4,1	3,1	21,4	2,5	2,0	3,4	2,7	10,1	13,2	0,18
	2002	592	0,11	4,9	3,6	27,6	2,8	1,9	4,1	2,9	15,1	12,9	0,09
	2001	538	0,08	5,5	4,5	22,4	2,5	2,9	4,4	3,2	11,0	15,3	0,31
	2000	564	0,13	6,2	4,9	27,8	2,7	2,1	4,4	3,2	15,2	14,6	0,33
	1999	677	0,18	6,7	5,2	32,8	2,5	1,5	5,0	3,5	17,5	13,9	0,22
	1998	582	0,15	7,0	5,7	28,2	2,0	1,8	3,8	2,9	14,1	17,3	0,14
1997	548	0,21	8,4	6,8	35,4	2,8	1,9	5,4	3,8	18,0	13,1	0,37	

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

Lokal	Period	Nedb mm	oorg N		org N
			kg/ha	→	
Attsjö (G 21 A)	07/08	488	4,8		2,1
	06/07	714	3,8		1,8
	05/06	510	4,5		1,1
	04/05	497	3,8		1,5
	03/04	549	3,4		1,3
	02/03	534	3,6		2,2
	01/02	550	3,3		1,9
Tagel (G 22 A)	07/08	378	3,1		2,5
	06/07	658	3,6		2,0
	05/06	508	6,0		2,5
	04/05	575	5,9		2,7
	03/04	448	4,2		3,0
	02/03	446	4,8		3,6
	01/02	504	4,3		3,3
Angelstad (G 23 A)	07/08	525	5,2		2,9
	06/07	772	4,5		2,9
	05/06	469	5,8		3,4
	04/05	519	5,4		3,2
	03/04	557	4,3		2,6
	02/03	448	4,0		3,3
	01/02	579	4,8		2,8

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

Lokal	Period	Nedb mm	oorg N		org N
			kg/ha	→	
Attsjö (G 21 A)	2007	594	3,6		1,6
	2006	616	4,8		1,2
	2005	455	3,6		1,4
	2004	586	3,3		1,5
	2003	489	4,0		1,8
	2002	570	3,4		1,9
	2001	576	3,9		2,5
Tagel (G 22 A)	2007	537	2,9		1,9
	2006	596	6,3		2,6
	2005	469	5,6		1,9
	2004	578	4,0		3,3
	2003	409	5,3		3,3
	2002	529	4,4		3,6
	2001	425	4,5		3,4
Angelstad (G 23 A)	2007	621	4,3		2,7
	2006	607	6,2		3,6
	2005	464	5,4		2,8
	2004	607	4,0		2,5
	2003	414	4,5		3,0
	2002	592	4,7		3,2
	2001	538	5,4		3,5

**Tabell A:5. Markvattendata** från Kronobergs län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2007 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2008. n = antalet mätvärden inom tidsserien.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	SO <sub>4</sub> -S	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+/3+</sup>	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l	→	mg/l	→												
Knapanäs (G 09 A)	2007-10-30	5,2	-	-0,040	1,73	4,78	0,416	0,091	0,68	0,53	3,41	0,28	0,500	1,870	0,323	0,523	6,3	3,8
	2008-04-01	4,7	-	-0,164	1,93	8,80	1,477	0,095	0,90	0,79	4,45	0,26	0,659	0,021	1,518	1,730	4,5	1,1
	2008-08-07	4,6	-	-0,054	2,25	12,06	0,393	0,027	0,79	0,71	8,06	0,25	0,107	0,043	1,061	1,540	11,0	1,4
	2008-10-28	4,6	-	-0,131	2,90	13,82	1,710	0,034	1,41	1,36	8,38	0,60	0,687	0,020	1,548	1,870	8,3	1,9
	<b>median</b>	<b>4,7</b>	<b>-0,060</b>	<b>2,55</b>	<b>3,78</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,011</b>	<b>0,47</b>	<b>0,34</b>	<b>3,33</b>	<b>0,19</b>	<b>0,042</b>	<b>0,011</b>	<b>0,819</b>	<b>1,004</b>	<b>5,9</b>	<b>0,8</b>	
<i>n=</i>	<i>55</i>		<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>47</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>52</i>	<i>46</i>	<i>52</i>	<i>49</i>	<i>46</i>
Attsjö (G 21 A)	2007-10-30	4,6	-	-0,020	1,19	4,92	<0,002	<0,020	0,30	0,19	3,59	0,28	0,088	0,074	0,337	0,726	10,3	1,8
	2008-04-01	4,6	-	-0,004	0,90	4,15	<0,002	<0,020	0,23	0,27	2,98	0,22	<0,030	0,088	0,405	0,734	8,5	1,5
	2008-08-07	4,6	-	0,028	1,09	6,24	<0,002	0,022	0,29	0,34	5,03	0,41	0,126	0,083	0,532	1,000	11,9	1,6
	2008-10-28	4,4	-	0,013	0,92	7,13	<0,002	<0,020	0,40	0,40	4,73	0,51	0,186	0,123	0,551	1,140	14,8	1,9
	<b>median</b>	<b>4,7</b>	<b>-0,022</b>	<b>1,45</b>	<b>4,14</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,012</b>	<b>0,43</b>	<b>0,3</b>	<b>2,53</b>	<b>0,37</b>	<b>0,048</b>	<b>0,034</b>	<b>0,516</b>	<b>0,766</b>	<b>9,6</b>	<b>1,7</b>	
<i>n=</i>	<i>38</i>		<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>36</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>38</i>	<i>34</i>	<i>38</i>	<i>33</i>	<i>34</i>	
Tagel (G 22 A)	2007-10-01	5,8	0,181	-0,057	2,28	9,49	<0,002	<0,020	0,90	0,56	5,97	0,09	1,171	6,350	0,144	0,151	3,7	9,0
	2008-04-01	5,5	-	0,004	2,12	8,49	<0,002	<0,020	1,07	1,07	5,27	0,20	<0,030	0,012	0,179	0,210	2,1	11
	2008-08-07	5,5	-	0,061	2,18	3,53	<0,002	0,022	0,81	0,59	3,86	1,53	0,471	0,039	0,112	0,167	6,4	20
	2008-10-28	5,4	0,011	0,010	2,10	12,30	<0,002	<0,020	1,40	0,96	6,68	1,91	<0,030	0,017	0,178	0,235	4,1	19
	<b>median</b>	<b>5,2</b>	<b>0,018</b>	<b>4,49</b>	<b>12,67</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>0,88</b>	<b>0,8</b>	<b>12,06</b>	<b>0,09</b>	<b>0,04</b>	<b>0,011</b>	<b>0,329</b>	<b>0,37</b>	<b>4,3</b>	<b>4,5</b>	
<i>n=</i>	<i>39</i>		<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>38</i>	<i>39</i>	
Angelstad (G 23 A)	2007-10-30	4,7	-	-0,411	5,37	23,30	0,008	0,062	0,73	0,64	11,24	0,15	<0,020	5,920	1,381	1,530	4,8	0,9
	2008-04-01	4,8	-	-0,682	9,67	23,36	0,058	0,096	0,89	0,61	11,15	0,19	<0,030	15,900	1,226	1,320	5,9	1,1
	2008-08-07	4,5	-	-0,262	5,28	31,98	1,324	0,034	1,45	1,19	20,39	0,28	0,510	0,049	2,012	2,160	3,7	1,2
	2008-10-28	4,6	-	-0,253	4,07	20,59	1,694	<0,020	1,38	1,62	11,33	0,31	<0,030	0,273	2,261	2,440	3,6	1,3
	<b>median</b>	<b>4,6</b>	<b>-0,254</b>	<b>4,87</b>	<b>16,83</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,62</b>	<b>0,73</b>	<b>10,88</b>	<b>0,14</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,036</b>	<b>2,012</b>	<b>2,161</b>	<b>4,3</b>	<b>0,7</b>	
<i>n=</i>	<i>39</i>		<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>39</i>	<i>38</i>	<i>39</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

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