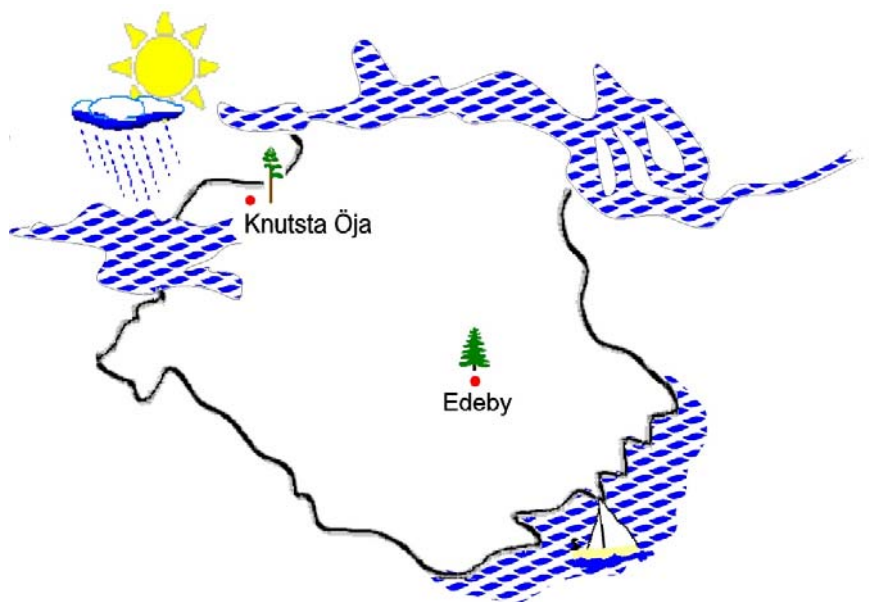


För Södermanlands läns Luftvårdsförbund

## Övervakning av luftföroreningar i Södermanlands 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 1841

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
Edeby (D 11).....	5
Knutsta, Öja socken (D 14).....	7
Sammanfattande bedömning av luftföroreningsituationen för Södermanlands län 2007/08.....	10
Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå.....	11
Jämförelse mot miljökvalitetsmål på kalenderår.....	13
Temainriktad rapport.....	14
Ny webbplats.....	15
Nytt från Naturvårdsverket.....	15
Referenser.....	16
Bilaga 1. Data i tabellform – deposition & markvatten.....	17
Bilaga 2. Beskrivning av trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik.....	24

Rapporten godkänd

2009-06-09



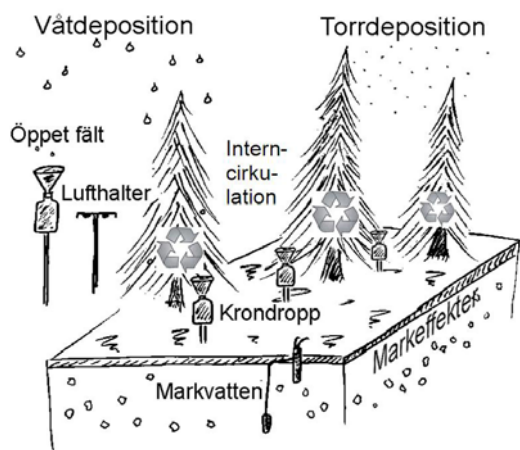
John Munthe  
Avdelningschef

## Sammanfattning

På uppdrag av Södermanlands läns Luftvårdsförbund mäter IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på två 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 deras effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med fördjupade modellberäkningar på regional nivå som baseras på modellberäkningar på nationell nivå med hög geografisk upplösning. Denna rapport fokuserar på redovisning av mätresultat. Den modellansats som ingår rör kommunvis deposition.

Mätningarna på öppet fält i Edeby visade att nederbörden var förhållandevis hög under det hydrologiska året 2007/08, 891 mm. Låga svavelhalter i nederbörden ledde till att svaveldeposition var förhållandevis låg, endast 1,9 kg till granytan i Edeby och 0,9 kg till tallytan i Knutsta. Detta är de lägsta noteringarna i mätserien, som visar på en signifikant minskning under de 12 år som mätningar utförts. Detta mönster stämmer överens med den generella bilden för Sverige. Kvävenedfallet, som är lättast att tolka utifrån mätningarna på öppet fält eftersom kväve interncirkulerar i trädskronorna i skogsytorna, uppgick till 5,8 kg per hektar på öppet fält-ytan i Edeby, vilket är en av de högsta noteringarna i mätserien.

Markvattnets pH uppgick till 5,7 i Edeby och 4,9-5,4 i Knutsta under det hydrologiska året 2007/08. För Edeby var detta i nivå med tidigare mätningar, medan pH i Knutsta var lägre är vanligt. Inga signifikanta trender har påvisats för pH. Halten oorganiskt aluminium har generellt varit mycket låg. Anmärkningsvärt var ett högt värde på oorganiskt aluminium som uppmättes i Knutsta i augusti 2008, 5,1 mg/l. Fortsatta mätningar får visa om detta var ett enstaka avvikande värde eller om halterna är förhöjda även fortsättningsvis. Halten oorganiskt kväve har generellt varit låg.



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

### Uppdragsgivare:

Södermanlands 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, Södermanlands län

### IVL rapport B 1841

### Beställs från:

Södermanlands läns Luftvårdsförbund  
Maria Gustavsson  
c/o Länsstyrelsen i Södermanland  
611 86 Nyköping  
eller  
IVL, Publikationsservice  
Box 21060  
SE-100 31 Stockholm  
Tel: 08-598 563 00  
Fax: 08: 598 563 90  
[publikationsservice@ivl.se](mailto:publikationsservice@ivl.se)

## Inledning

På uppdrag av främst luftvårdsförbund och länsstyrelser genomför IVL Svenska Miljöinstitutet AB sedan 1985 länsbaserade undersökningar med regional upplösning av luftföroreningar och dess effekter med avseende bland annat på försurning, övergödning och marknära ozon. Grundtanken med nuvarande samarbetsprogram, ”Program 2007”, är att utifrån depositions-, markvatten- samt lufthaltsmätningar ge kunskap om belastning av luftföroreningar och dess effekter på vegetation, mark och vatten. Mätningarna kompletteras med modellberäkningar för att kunna ta ett samlat grepp främst på miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* på regional nivå. Förutom ovan nämnda miljömål berör aktiviteterna inom Krondropps nätets 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 nätets 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 nätets, 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 **Södermanlands län** är resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av I. Brunell, Länsstyrelsen och P. Urstad, Eskilstuna 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 nätets 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:** 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 miljökvalitetsmål.

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

**Torrdeposition:** Gaser och partiklar som deponeras. Dessa fastnar exempelvis på trädkronor och sköljs ned med nederbörden mot marken. För svavel och havssalt beräknas torrdeposition i dessa undersökningar som nedfall via krondropp minus nedfall på öppet fält.

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

**Våtdeposition:** Deposition via nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom 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. 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 och markvattendata.

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

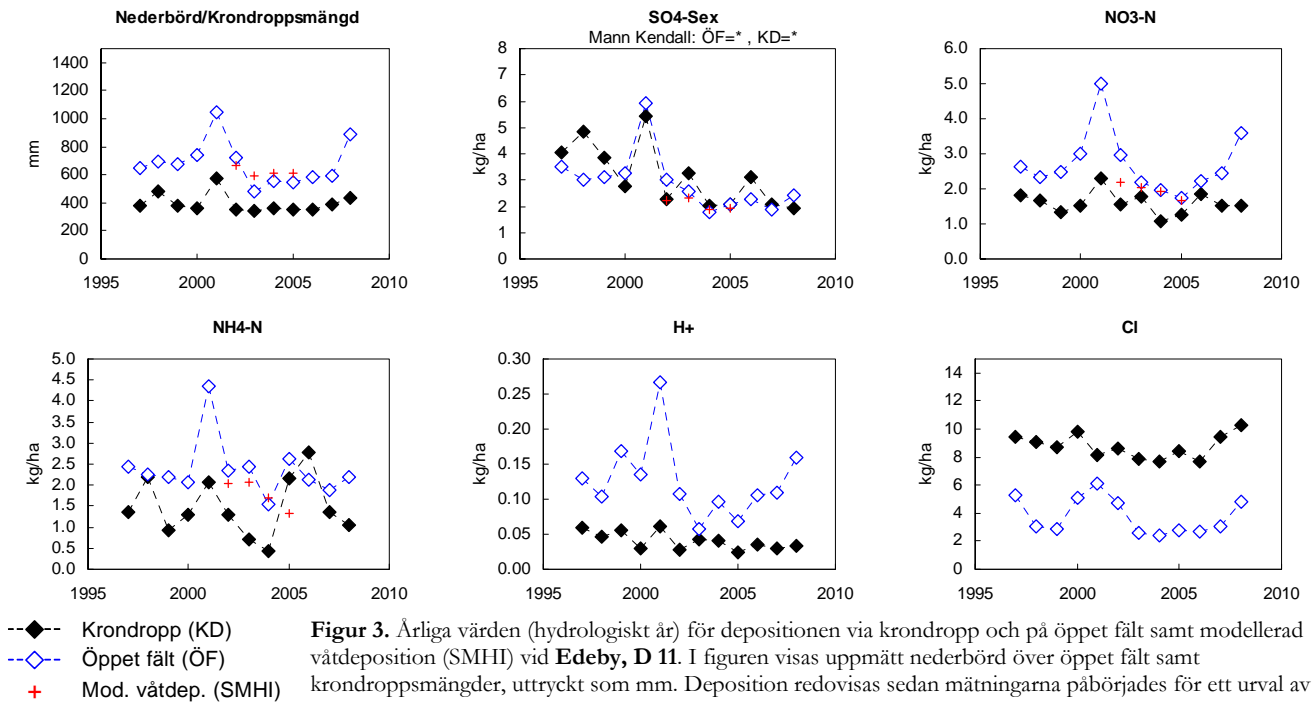
Mann-Kendall är en utvärderingsmetod för att påvisa signifikanta linjära trender (Mann, 1945). Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att eventuella kraftigt avvikande värden inte 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.

**Edeby (D 11):** Granyta med 78-årig skog. Lokalen ligger i nedre delen av en sluttning i en svacka mellan höjder och kalspolade hållar. Markfuktigheten i de centrala delarna är frisk-fuktig och markvegetationstypen lågört. Jordmånen är av övergångstyp utbildad på mjällig lera. Mätning av deposition och markvatten startade 1996. Lokalen är en av tio intensivtytor i landet, som sedan 2001 ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning av deposition till skog. Lufthaltmätningarna avslutades i december 2006. Idag mäts nedfall till skogsytan och till ytan på öppet fält samt markvattenkemi.

Under det hydrologiska året 2007/08 uppmättes 891 mm nederbörd på öppet fält i Edeby, vilket är den näst högsta noteringen i den 12-åriga mätserien, endast under 2000/01 föll det mer nederbörd (Figur 3). Mycket låga svavelhalter i nederbörden ledde ändå till att svaveldepositionen var förhållandevis låg, 2,4 kg svavel till ytan på öppet fält och 1,9 kg till granytan. I början av tidsserien var svaveldepositionen i granytan något högre än på öppet fält, vilket förklaras av högre torrdeposition i skogen, men i takt med att lufthalterna har minskat har även torrdepositionen minskat till mycket låga nivåer under senare år, och då är nedfallet till skogen och på öppet fält ungefär på samma nivå. Det totala nedfallet av kväve mäts bäst på öppet fält, eftersom en del kväve tas upp i trädkronorna vid krondroppsmätningarna. Under 2007/08 deponerades 3,6 kg nitratkväve och 2,2 kg ammoniumkväve till öppet fält-ytan i Edeby, det vill säga sammanlagt 5,8 kg oorganiskt kväve. Detta är en hög nivå jämfört med tidigare noteringar i mätserien, och kan förklaras med att nitratkvävenedfallet var ovanligt högt. Nedfallet av nitratkväve har varit nära korrelerat med nederbörds mängden under mätserien och det höga nitratkvävenedfallet under 2007/08 kan kopplas

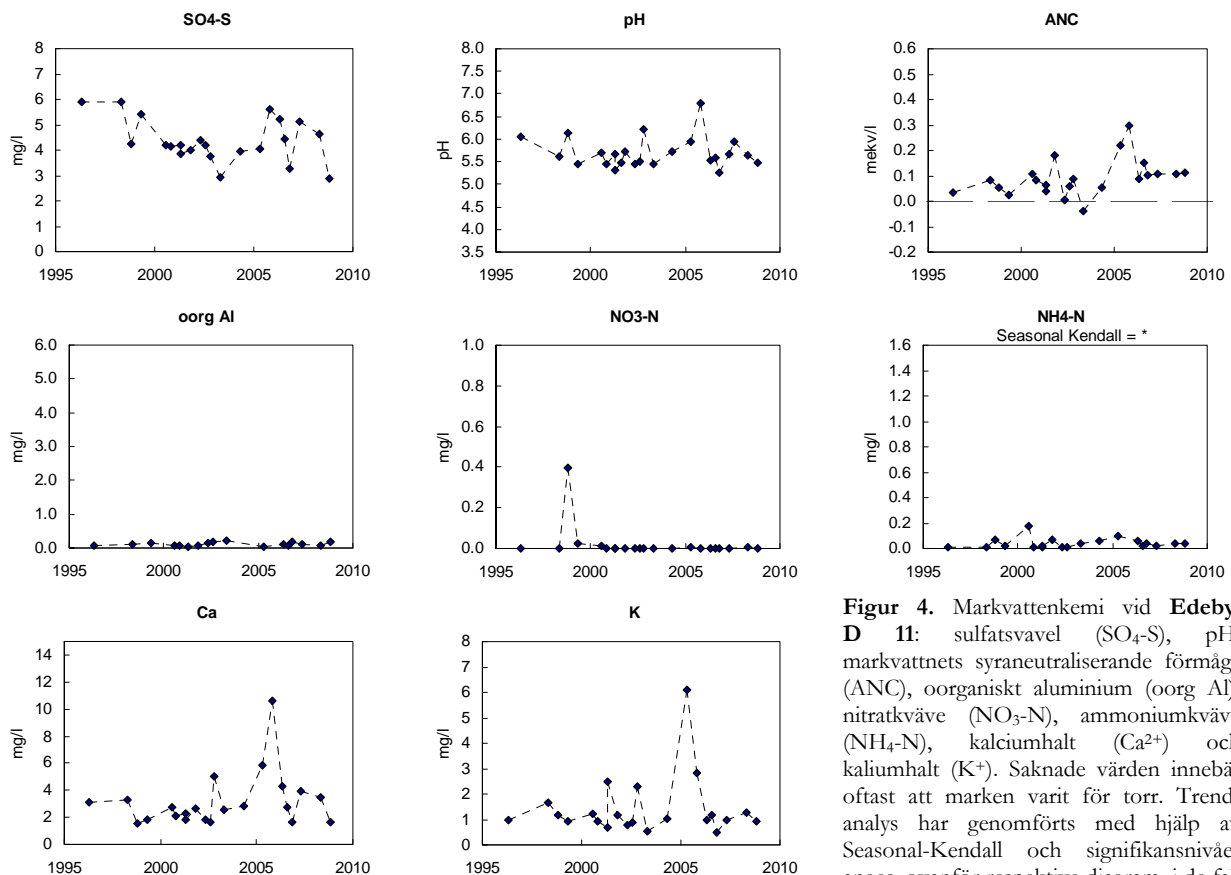
till den stora nederbördsmängden. Modellerad nederbörd samt våtdeposition av svavel och kväve (MATCH-Sverige-modellen, Persson m.fl. 2004) var på samma nivå som uppmätta värden på öppet fält i Edeby.



**Figur 3.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid Edeby, D 11. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO<sub>4</sub>-S ex), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N); ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N); vätejoner (H<sup>+</sup>); kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Modellerad nederbörd samt våtdeposition av svavel och kväve (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.

Markvattnet i Edeby brukar ha pH-värden omkring 5,6, svagt positivt ANC (syraneutraliserande förmåga) och låg halt av oorganiskt aluminium. För det hydrologiska året 2007/08 finns bara resultat från aprilmätningen eftersom provmängden var för liten vid de båda andra tillfällena, i april uppmättes pH till 5,7, ANC var 0.11 och halten oorganiskt aluminium 0.09, vilket var i nivå med tidigare mätningar (Figur 4). Mätningen i oktober 2008, som tillhör nästa hydrologiska år, visade på samma nivåer. Inga trender har påvisats för dessa parametrar; svavelhalten, halten av baskationerna kalcium och kalium, trots att svavelnedfallet minskat signifikant. Halten nitratkväve var mycket låg under 2007/08, vilket den har varit under hela mätserien förutom vid ett tillfälle under 1998 då den var något förhöjd. Även halten ammoniumkväve var låg.



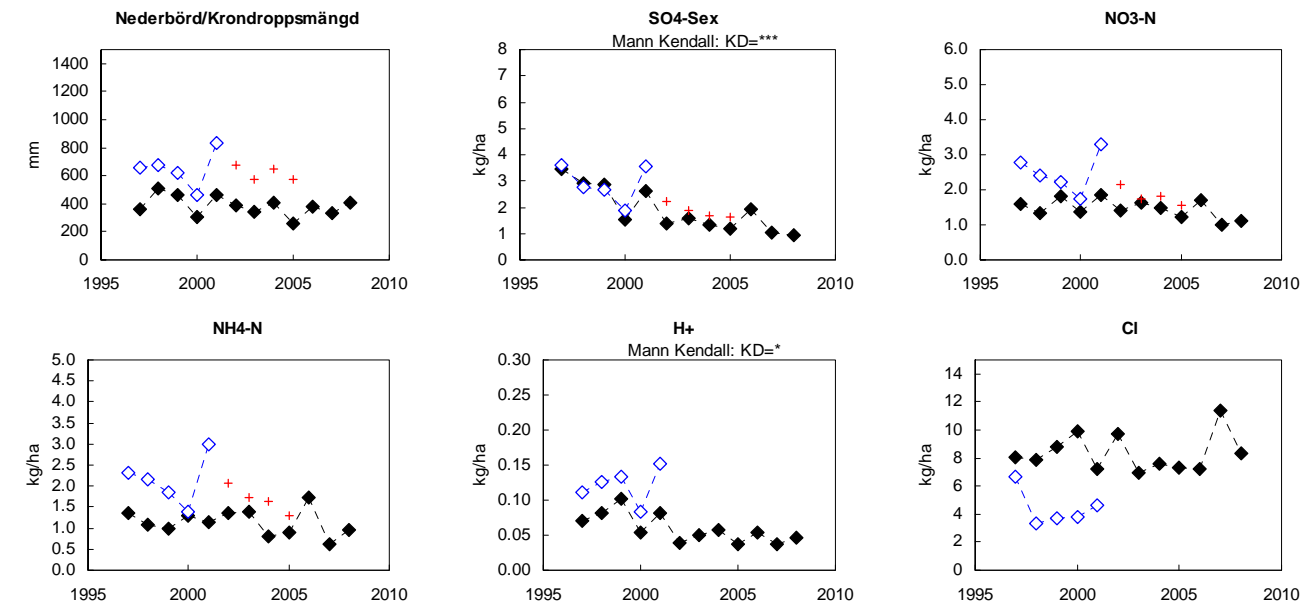


**Figur 4.** Markvattenkemi vid **Edeby, D 11**: sulfatsvavel ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ), pH, markvattnets syranneutraliserande förmåga (ANC), oorganiskt aluminium (oorg Al), nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ammoniumkväve ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), kalciumhalt ( $\text{Ca}^{2+}$ ) och kaliumhalt ( $\text{K}^+$ ). Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Trendanalys har genomförts med hjälp av Seasonal-Kendall och signifikansnivåer anges, ovanför respektive diagram, i de fall där signifikanta trender påvisats.

### **Knutsta, Öja socken (D 14):** 75-årig tallskogsyta och viss inblandning av gran.

Lokalen ligger på sluttningen av en rullstensås och har fältskikt av blåbär. Markfuktigheten är frisk, jordmånen är järnpodsol och jordarten isälvssand. Från och med december 2001 mäts deposition enbart i skogsytan. Utöver deposition via krondropp mäts även markvattenkemi.

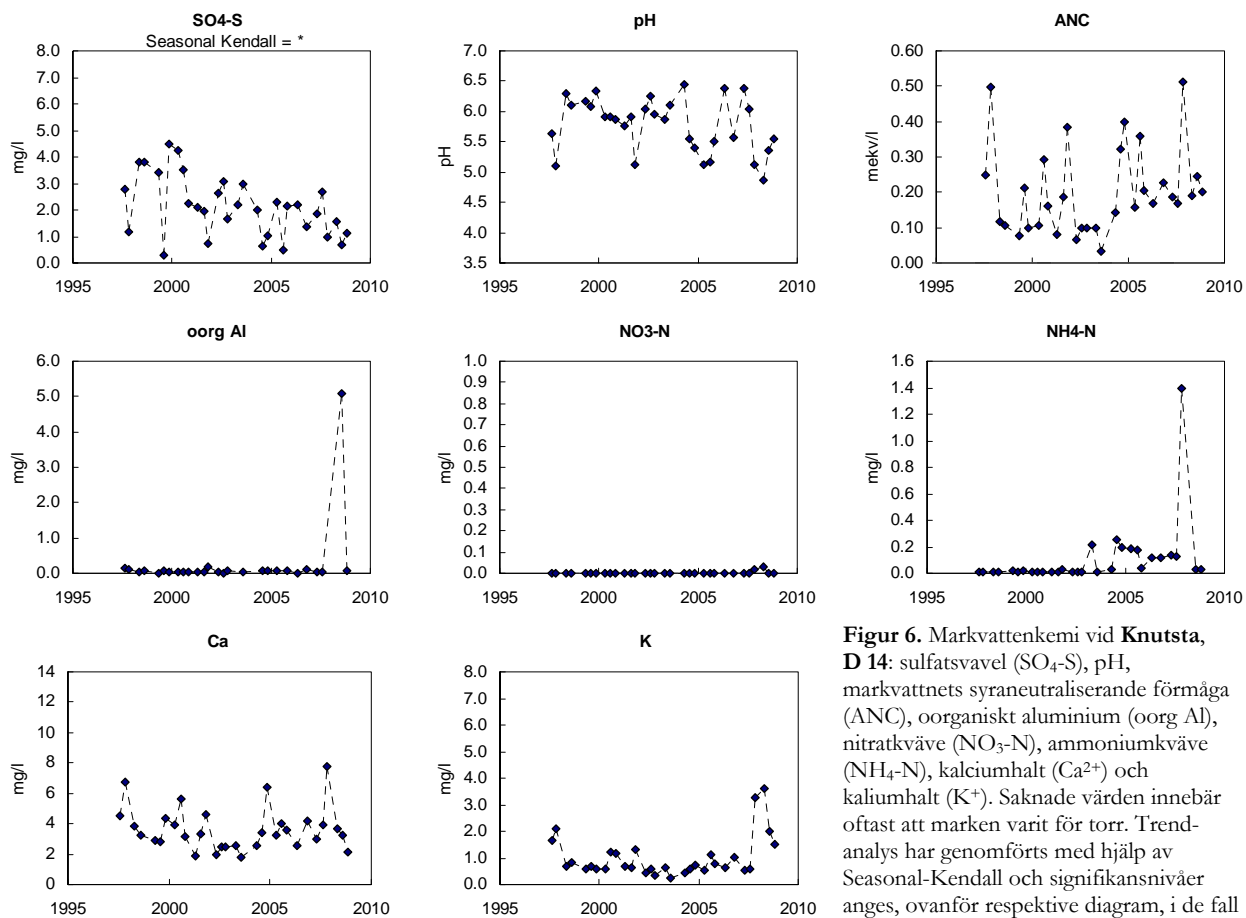
Nedfallet i Knutsta i den nordvästra delen av länet har generellt varit lägre än Edeby. Under 2007/08 deponerades 0,9 kg svavel och 2,1 kg oorganiskt kväve via krondropp till tallytan (Figur 5). Liksom på flertalet ytor i landet var svavelnedfallet den lägsta som uppmätts, och även kvävenedfallet var förhållandevis lågt. Svaveldepositionen till skogsytan har minskat signifikant under den 12-åriga mätserien, liksom nedfallet av vätejoner. Kloriddepositionen var liksom tidigare år relativt låg, 8,3 kg/ha, något lägre än i Edeby.



- ◆-- Krondropp (KD)
- ◇-- Öppet fält (ÖF)
- + Mod. våtdep. (SMHI)

**Figur 5.** Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid **Knutsta, D 14**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO<sub>4</sub>-S ex), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N); ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N); vätejoner (H<sup>+</sup>); kloridjoner (Cl). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Modellerad nederbörd samt våtdeposition av svavel och kväve (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.

Markvattnet i Knutsta har generellt haft något högre pH än i Edeby. Under 2007/08 var förhållandet dock det omvända, med pH-värden mellan 4,9 och 5,4 i Knutsta (Figur 6). Endast en mätning av oorganiskt aluminium finns från det hydrologiska året. I augusti uppmättes hela 5,1 mg oorganiskt aluminium per liter i markvattnet. Orsaken till denna kraftiga topp är okänd och kommande mätningar får visa om det var en tillfällig topp. Det minskade svavelnedfallet återspeglas i signifikant minskade svavelhalter i markvattnet. Inga signifikanta trender har dock påvisats för pH, ANC, oorganiskt aluminium eller baskatjonerna kalcium och kalium. Halten nitratkväve var låg under mätperioden medan halten ammoniumkväve var något förhöjd under den senare halvan av mätperioden, med en topp i november 2007 på 1,4 mg/l. Vid detta tillfälle var dock provvolymen liten, vilket innebär stora osäkerheter.



**Figur 6.** Markvattenkemi vid **Knutsta, D 14**: 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>) och kaliumhalt (K<sup>+</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.

## Sammanfattande bedömning av luftförorenings-situationen för Södermanlands län 2007/08



I Södermanlands län finns två aktiva lokaler inom Krondroppsnätet (Tabell 1). Krondropp och markvattenkemi mäts både i granytan i Edeby och i tallytan i Knutsta sedan 12 år. I Edeby mäts dessutom nedfall på öppet fält.

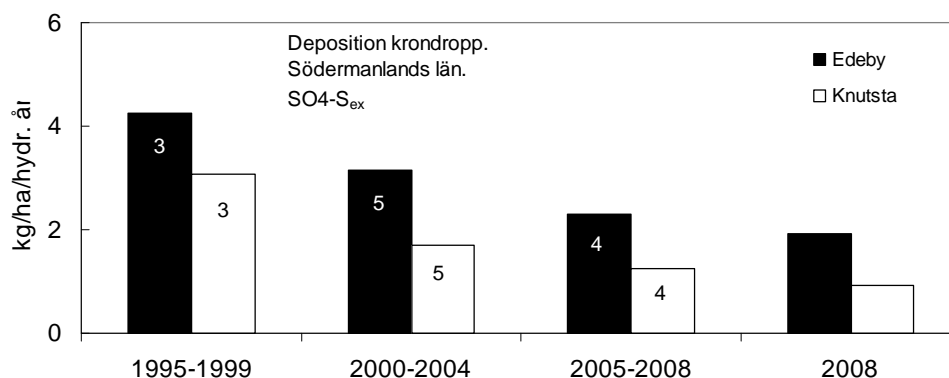
Den bästa uppskattningen av det totala svavelnedfallet fås genom mätningar av krondropp eftersom dessa mätningar inkluderar både våt- och torrdeposition och det sker inget betydande upptag av svavel i trädkronorna. Vad gäller kvävenedfallet

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 i någon större utsträckning.

I **skogsytorna** var nedfallet av svavel lågt under det hydrologiska året 2007/08, knappt 2 kg per hektar till granytan i Edeby och knappt 1 kg till tallytan i Knutsta. Det har skett en tydlig minskning under de tolvåriga mätserierna (Figur 7). Det hydrologiska året 2007/08 kännetecknades av låga svavelhalter i nederbörden och låg svaveldeposition i hela Sverige, och på ytorna i Södermanlands län var depositionen som uppmättes under 2007/08 mätseriens lägsta noteringar. Även kvävenedfallet via krondropp var förhållandevis lågt under 2007/08.

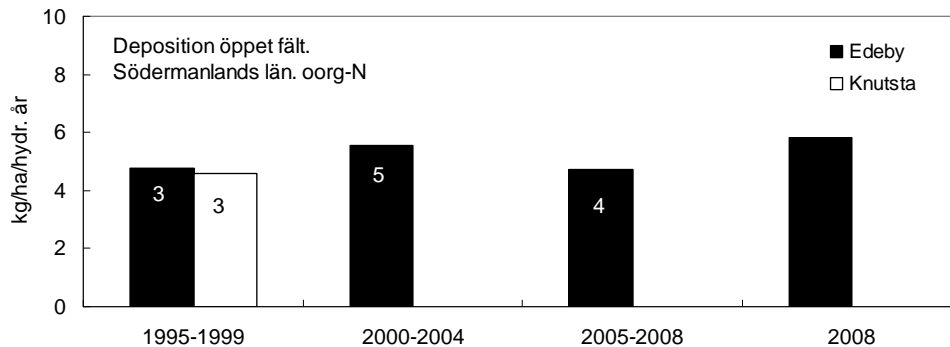
**Tabell 1.** Aktiva ytor i Södermanlands län 2007/08.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten	Lufthalter
Edeby (D 11)	Gran	X	X	X	
Knutsta (D 14)	Tall		X	X	



**Figur 7.** En översikt över nedfallet av antropogent sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S<sub>ex</sub>) mätt som krondropp i granytan i Edeby och i tallytan i Knutsta 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 (siffrorna i staplarna anger antal år data finns tillgängligt).

Kvävenedfallet på öppet fält i Edeby uppgick till 3,6 kg nitratkväve och 2,2 kg ammoniumkväve under 2007/08, det vill säga sammanlagt 5,8 kg kväve. Detta är ungefär i nivå med tidigare år i mätserien (Figur 8) och ingen trend motsvarande som för svavel kan påvisas, trots att nederbörden var hög, 891 mm, vilket är den näst högsta noteringen i mätserien.



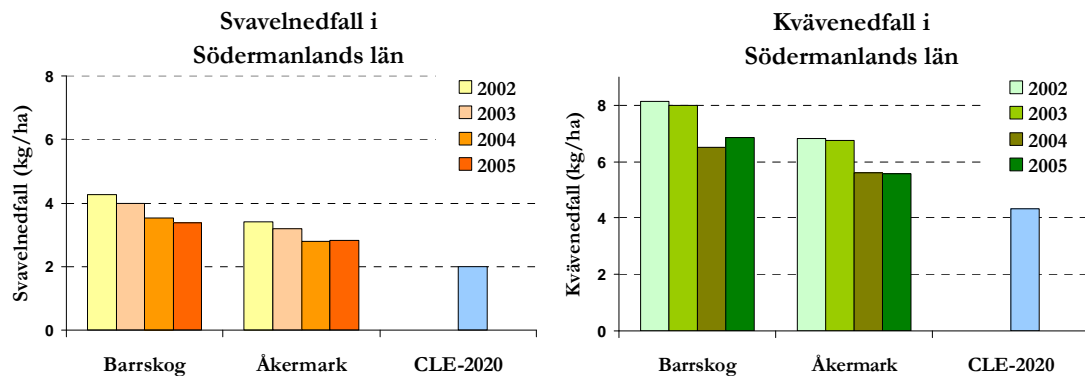
**Figur 8.** En översikt över nedfallet av kväve (nitratkväve+ammoniumkväve) på öppet fält vid på öppet fält-ytan i Edeby för olika tidsperioder. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Exempelvis motsvarar tidsintervallet 1995-1999 de hydrologiska åren 1994/95 – 1998/99 (siffrorna i staplarna anger antal år data finns tillgängligt).

**Markvattnet** på ytorna i länet har haft pH-värden omkring 5,5 i Edeby och omkring 6 i Knutsta under de 12 åren som mätningar utförts. Ingen ökning av pH har skett trots minskat svavelnedfall. Halten oorganiskt aluminium har generellt varit mycket låg. Under 2007/08 var pH på samma nivå som tidigare i Edeby, 5,7, medan pH i Knutsta var lägre än vanligt, 4,9-5,4. Halten oorganiskt aluminium i Knutsta var kraftigt förhöjd vid ett tillfälle, i augusti 2008, då 5,1 mg/l uppmättes. Orsaken till denna förhöjning är okänd, och fortsatta mätningar får visa om det var en tillfällighet. Nitratkvävehalten var liksom tidigare år mycket låg vilket tyder på att skogen tar upp tillgängligt kväve på ett effektivt sätt.

## 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 9 och på kommunnivå i Tabell 2 och Tabell 3.



**Figur 9.** Nedfall av antropogent svavel och kväve (kg per hektar och kalenderår) i Södermanlands län under 2002-2005 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige-modellen.

Svavelnedfallet (utan havssalt) i Södermanlands län beräknades till omkring 3,4-4,3 kg per hektar och år i barrskog och 2,8-3,4 kg på åkermark under 2002-2005. Kvävenedfallet (våt- och torrdeposition) beräknades till omkring 6,5-8,1 kg per hektar och år i barrskog och 5,6-6,8 kg på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till omkring 2,0 kg svavel och 4,3 kg kväve per hektar till år 2020.

Det modellerade svavelnedfallet i barrskog är högre än det uppmätta krondroppet på båda 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 dock inte att direkt jämföra med uppmätt nedfall i Krondropsytorna 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 insamlingsstratten.

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 utsläppsscenarier.

**Tabell 2.** Svavelnedfall (utan havssalt) på kommunnivå i Södermanlands 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
Eskilstuna	4.0	3.7	3.2	2.9	3.2	2.9	2.5	2.5	1.9
Flen	4.2	4.0	3.4	3.3	3.3	3.2	2.7	2.8	2.0
Gnesta	4.5	4.1	3.7	3.6	3.6	3.3	3.0	3.0	2.1
Katrineholm	4.2	3.9	3.4	3.2	3.4	3.2	2.6	2.7	1.9
Nyköping	4.6	4.4	3.9	3.8	3.7	3.5	3.1	3.2	2.2
Oxelösund	4.7	4.9	4.8	5.5	3.7	3.9	3.8	4.5	2.4
Strängnäs	4.1	3.7	3.4	3.2	3.3	2.9	2.7	2.7	1.9
Trosa	4.5	4.3	4.2	4.5	3.6	3.5	3.4	3.6	2.3
Vingåker	4.1	3.8	3.2	3.0	3.3	3.0	2.5	2.5	1.9

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

**Tabell 3.** Kvävenedfall på kommunnivå i Södermanlands 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
Eskilstuna	7.8	7.7	6.3	6.6	6.6	6.5	5.4	5.4	4.2
Flen	8.3	8.3	6.7	7.0	7.0	7.0	5.8	5.7	4.6
Gnesta	8.5	8.3	6.9	7.2	7.1	7.0	6.0	5.9	4.5
Katrineholm	8.4	8.2	6.6	6.8	7.0	6.9	5.7	5.6	4.3
Nyköping	8.3	8.3	6.7	7.0	6.9	6.9	5.7	5.6	4.4
Oxelösund	7.2	7.5	6.3	6.9	5.8	6.0	5.1	5.2	3.9
Strängnäs	7.8	7.5	6.3	6.8	6.5	6.3	5.4	5.6	4.2
Trosa	7.9	7.8	6.7	7.0	6.5	6.5	5.7	5.6	4.9
Vingåker	8.0	7.7	6.1	6.5	6.8	6.5	5.3	5.3	4.2

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

## Jämförelse mot miljö kvalitetsmål på kalenderår

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).

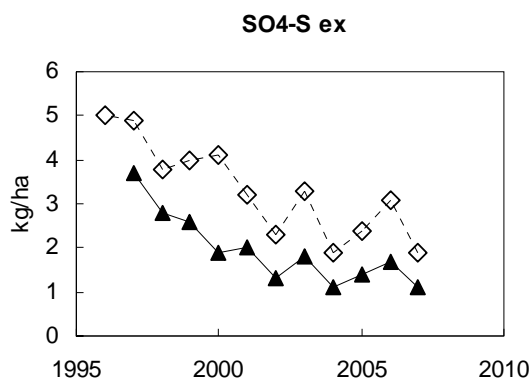
I Figur 10a visas svavelnedfallet till skogsmark, som är en indikator för *Miljömålen Bara naturlig försurning, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet, Levande skogar* och *Storslagen fjällmiljö*, på de två aktiva krondroppsytorna Edeby och Knutsta. Figuren visar att nedfallet i Edeby varit 2-3 kg/ha under de senaste åren. I Knutsta har nedfallet varit 1-2 kg/ha under hela 2000-talet. För en

mer detaljerad genomgång av kritisk belastning för aciditet hänvisas till förra årets länsrapport (Pihl Karlsson m.fl., 2008).

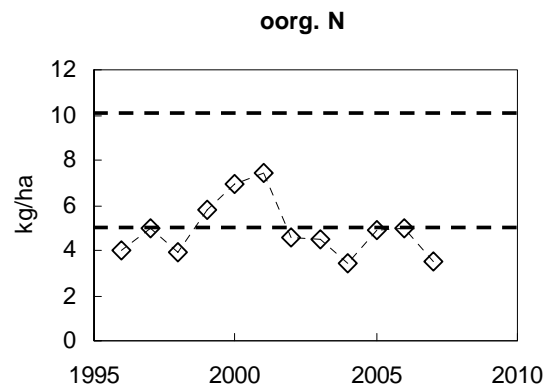
Miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* anger bland annat att halterna av gödande ämnen i mark och vatten inte ska ha någon negativ inverkan på förutsättningarna för biologisk mångfald. Beträffande övergödande kväve pågår för närvarande mycket arbete kopplat till kritisk belastning runt om i Europa. 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 10b visas kvävenedfallet på öppet fält i Edeby i jämförelse med intervallet 5-10 kg per hektar och år. 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 senare år varit i nivå med eller under den nedre gränsen av intervallet 5-10 kg och under 2007 var nedfallet betydligt lägre. Indikatorn gäller egentligen skogsmark, men eftersom krondroppsmätningarna inte ger ett mått på totaldepositionen, utan påverkas av interncirkulationen i trädkronan, används här kvävenedfallet på öppet fält. Totaldeposition av kväve till skog kan förväntas vara något högre på grund av torrdepositionen. Nedfallet bör därför minska ytterligare för att den kritiska belastningsgränsen med säkerhet inte ska överskridas.

a.



b.



**Figur 10.** Svavelnedfall (exklusive havssaltsbidrag) till skogsmark (a) och nedfall av oorganiskt kväve (nitratkväve och ammoniumkväve) på öppet fält (b) som årssumma på kalenderår (kg per hektar och år) på de två ytor där nedfallsmätningar pågår, Edeby (◇) och Knutsta (▲). De streckade linjerna i kvävefiguren visar gränserna för intervallet för kritisk belastning för kväve, 5-10 kg per hektar och år.

## 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, resultatnriktade 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, Ressner E. och Klein T., 2004. Nationell miljöövervakning - MATCH-Sverige modellen 1999-2002. Rapportserie: SMHI Meteorologi, Nr 113.
- Pihl Karlsson, G., Nettelblatt, A., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P-E., Kronnäs, V. & Malm, G. 2008. Övervakning av luftföroreningar i Södermanlands län – mätningar och modellering. Resultat till och med september 2007. IVL Rapport B 1783.
- 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 & markvatten

**Tabell A:1a.** Medelvärde under hydrologiskt år från mätningar på öppet fält i Södermanlands 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	→									
Edeby	07/08	891	0,16	2,6	2,4	4,8	3,6	2,2	2,9	1,0	3,6	0,9	0,36
(D 11 A)	06/07	595	0,11	2,0	1,9	3,0	2,4	1,9	1,7	0,6	3,3	1,1	0,19
	05/06	586	0,10	2,4	2,3	2,7	2,2	2,1	1,4	0,4	1,5	1,5	0,15
	04/05	546	0,07	2,2	2,1	2,8	1,7	2,6	1,2	0,4	2,0	1,9	0,08
	03/04	554	0,10	1,9	1,8	2,4	1,9	1,5	0,9	0,3	1,5	0,7	0,06
	02/03	483	0,06	2,7	2,6	2,6	2,2	2,4	1,3	0,5	2,1	1,3	0,06
	01/02	726	0,11	3,2	3,0	4,7	3,0	2,4	2,2	0,6	2,9	1,2	0,08
	00/01	1047	0,27	6,2	5,9	6,1	5,0	4,4	2,8	0,9	3,8	1,4	0,32
	99/00	738	0,13	3,5	3,3	5,1	3,0	2,1	1,8	0,5	3,4	1,6	0,21
	98/99	678	0,17	3,3	3,1	2,9	2,5	2,2	1,6	0,5	1,9	1,3	0,08
	97/98	691	0,10	3,2	3,0	3,1	2,3	2,2	1,5	0,4	2,0	1,8	0,08
	96/97	647	0,13	3,8	3,5	5,3	2,6	2,4	2,2	0,7	2,8	1,5	0,08

**Tabell A:1b.** Medelvärde under kalenderår från mätningar på öppet fält i Södermanlands 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	→									
Edeby	2007	583	0,09	1,8	1,7	2,9	2,1	1,4	2,3	0,6	3,4	1,1	0,14
(D 11 A)	2006	645	0,11	2,3	2,2	2,6	2,6	2,4	1,3	0,4	1,6	1,4	0,20
	2005	591	0,09	2,6	2,5	3,0	2,1	2,8	1,3	0,4	1,9	2,0	0,09
	2004	543	0,09	1,9	1,7	2,9	1,9	1,5	1,1	0,3	1,9	0,7	0,05
	2003	504	0,06	2,5	2,4	2,2	2,1	2,4	1,0	0,5	1,6	1,0	0,06
	2002	610	0,07	2,5	2,4	3,4	2,5	2,1	2,1	0,5	2,3	1,3	0,07
	2001	873	0,23	4,9	4,6	5,9	4,1	3,3	2,0	0,6	3,5	1,1	0,28
	2000	926	0,18	4,6	4,4	5,6	3,8	3,1	2,3	0,8	3,7	1,9	0,20
	1999	793	0,18	4,2	4,0	4,1	3,1	2,7	2,2	0,5	2,8	1,4	0,14
	1998	612	0,09	2,7	2,6	3,2	2,0	1,9	1,3	0,4	2,0	1,7	0,06
	1997	648	0,12	3,5	3,2	4,6	2,5	2,5	1,7	0,6	2,6	1,4	0,09
	1996	554	0,12	3,1	2,9	2,7	2,1	1,9	1,7	0,3	1,7	1,0	0,06

**Tabell A:2a.** Öppet fältdata från Södermanlands län, organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC), 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	→	
Edeby (D 11 A)	07/08	891	5,8	1,2	17
	06/07	595	4,3	0,6	22
	05/06	586	4,4	0,8	11
	04/05	546	4,3	0,1	16
	03/04	554	3,5	0,6	9
	02/03	483	4,6	1,5	17
	01/02	726	5,3	1,2	23
	00/01	1047	9,4	1,5	29
	99/00	738	5,1		
	98/99	678	4,7		
	97/98	691	4,6	1,5	
	96/97	647	5,1		

**Tabell A:2b.** Öppet fältdata från Södermanlands län, organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC), 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	→	
Edeby (D 11 A)	2007	583	3,5	0,8	23
	2006	645	5,0	0,7	13
	2005	591	4,9	0,1	17
	2004	543	3,4	0,7	9
	2003	504	4,5	1,3	15
	2002	610	4,6	1,1	15
	2001	873	7,4	1,2	30
	2000	926	6,9		
	1999	793	5,8		
	1998	612	3,8		
	1997	648	5,0		
	1996	554	3,9		

**Tabell B:1a.** Krondroppsdata från Södermanlands 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>e</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	→									
Edeby (D 11 A)	07/08	438	0,03	2,4	1,9	10,3	1,5	1,0	4,1	1,6	4,4	20,5	1,37
	06/07	385	0,03	2,5	2,1	9,4	1,5	1,4	2,9	1,1	3,6	14,2	0,79
	05/06	348	0,04	3,5	3,1	7,7	1,8	2,8	3,3	1,3	2,9	17,3	0,80
	04/05	354	0,02	2,5	2,1	8,4	1,3	2,2	3,7	1,3	3,9	14,2	0,92
	03/04	363	0,04	2,4	2,0	7,7	1,1	0,4	3,1	1,2	2,9	14,1	0,61
	02/03	345	0,04	3,6	3,3	7,9	1,8	0,7	3,1	1,4	3,5	12,9	0,52
	01/02	353	0,03	2,7	2,3	8,6	1,5	1,3	3,0	1,2	3,5	13,3	0,66
	00/01	573	0,06	5,8	5,4	8,1	2,3	2,1	4,4	1,6	4,0	18,9	1,14
	99/00	362	0,03	3,2	2,8	9,8	1,5	1,3	3,0	1,4	4,2	14,8	1,20
	98/99	379	0,06	4,3	3,9	8,7	1,3	0,9	3,1	1,3	3,4	16,5	0,98
	97/98	480	0,05	5,2	4,8	9,1	1,7	2,2	3,7	1,5	3,6	18,7	1,06
96/97	379	0,06	4,5	4,1	9,4	1,8	1,4	3,9	1,6	4,1	13,8	1,33	
Knutsta (D 14 A)	07/08	411	0,05	1,3	0,9	8,3	1,1	1,0	2,9	1,1	4,7	10,3	1,00
	06/07	333	0,04	1,5	1,0	11,4	1,0	0,6	2,8	1,4	5,7	10,0	0,71
	05/06	377	0,05	2,3	1,9	7,3	1,7	1,7	2,8	1,1	3,9	12,4	0,60
	04/05	257	0,04	1,5	1,2	7,3	1,2	0,9	2,3	1,1	3,8	6,4	0,25
	03/04	411	0,06	1,7	1,3	7,6	1,5	0,8	3,1	1,2	4,1	8,2	0,26
	02/03	340	0,05	1,9	1,6	6,9	1,6	1,4	2,1	1,1	3,3	7,8	0,27
	01/02	388	0,04	1,8	1,4	9,8	1,4	1,4	2,2	1,1	4,6	10,6	0,27
	00/01	467	0,08	3,0	2,6	7,2	1,9	1,2	3,3	1,3	3,7	10,3	0,79
	99/00	308	0,05	2,0	1,5	9,9	1,4	1,3	2,2	1,1	5,1	8,2	0,46
	98/99	464	0,10	3,3	2,9	8,8	1,8	1,0	3,3	1,3	4,2	10,2	0,58
	97/98	505	0,08	3,3	2,9	7,9	1,4	1,1	3,3	1,3	3,7	9,6	0,71
96/97	360	0,07	3,8	3,5	8,0	1,6	1,4	3,5	1,2	3,9	8,2	0,56	

**Tabell B:1b.** Krondroppsdata från Södermanlands 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> -Se	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	→									
Edeby (D 11 A)	2007	327	0,03	2,3	1,9	9,2	1,3	1,2	3,0	1,2	3,6	12,7	0,88
	2006	423	0,04	3,5	3,1	8,2	1,9	2,9	3,5	1,3	3,0	20,4	0,90
	2005	361	0,03	2,8	2,4	7,7	1,6	2,3	3,7	1,3	3,6	13,4	0,85
	2004	336	0,03	2,2	1,9	8,5	0,9	0,5	3,1	1,2	3,4	13,8	0,61
	2003	366	0,04	3,7	3,3	8,5	1,7	0,7	3,2	1,5	3,4	15,3	0,70
	2002	367	0,04	2,7	2,3	7,9	1,7	1,3	3,3	1,3	3,6	12,2	0,59
	2001	367	0,04	3,6	3,2	7,3	1,5	1,5	3,3	1,2	2,9	13,4	0,86
	2000	510	0,05	4,6	4,1	9,3	2,0	1,9	3,4	1,4	4,6	17,9	0,99
	1999	430	0,05	4,5	4,0	10,1	1,6	0,9	3,7	1,7	4,0	18,1	1,55
	1998	413	0,04	4,1	3,8	8,3	1,2	2,0	2,7	1,2	3,1	16,9	0,66
	1997	427	0,06	5,4	4,9	9,5	1,9	1,4	4,4	1,7	4,3	16,1	1,26
1996	342	0,08	5,4	5,0	7,1	1,5	1,2	3,6	1,3	2,9	12,8	1,36	
Knutsta (D 14 A)	2007	337	0,04	1,6	1,1	10,0	1,1	0,7	2,5	1,3	5,3	9,2	0,66
	2006	394	0,05	2,1	1,7	8,2	1,5	1,7	3,0	1,2	4,1	13,2	0,74
	2005	274	0,04	1,7	1,4	7,0	1,4	0,9	2,2	1,2	3,7	6,8	0,33
	2004	341	0,04	1,4	1,1	8,3	1,1	0,6	3,0	1,1	4,3	8,3	0,25
	2003	393	0,05	2,1	1,8	7,5	1,9	1,6	2,3	1,2	3,8	7,9	0,28
	2002	381	0,05	1,6	1,3	7,9	1,5	1,3	2,1	1,0	3,8	9,3	0,19
	2001	353	0,06	2,4	2,0	7,9	1,6	1,1	2,8	1,1	3,6	9,3	0,60
	2000	416	0,06	2,4	1,9	8,8	1,4	1,4	2,4	1,2	4,8	10,3	0,58
	1999	464	0,10	3,0	2,6	9,0	1,8	0,9	3,4	1,4	4,6	9,9	0,62
	1998	435	0,07	3,2	2,8	9,5	1,3	1,2	3,0	1,2	4,2	10,2	0,62
1997	426	0,09	4,0	3,7	7,6	1,7	1,3	3,6	1,3	3,8	8,0	0,65	

**Tabell B:2a.** Krondroppsdata från Södermanlands 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	Nedb	oorg N		TOC
			mm	kg/ha	
Edeby (D 11 A)	07/08	438	2,6	2,9	101
	06/07	385	2,9	2,0	74
	05/06	348	4,6	2,3	67
	04/05	354	3,4	2,0	69
	03/04	363	1,5	2,1	75
	02/03	345	2,5	2,7	93
	01/02	353	2,8	2,4	67
	00/01	573	4,4	3,3	87
	99/00	362	2,8		
	98/99	379	2,2		
	97/98	480	3,8	3,0	
96/97	379	3,2			
Knutsta (D 14 A)	07/08	411	2,1	1,7	
	06/07	333	1,6	1,6	
	05/06	377	3,4	2,2	
	04/05	257	2,1	1,3	
	03/04	411	2,3	2,1	
	02/03	340	3,0	2,0	
	01/02	388	2,8	2,3	
	00/01	467	3,0		
	99/00	308	2,7		
	98/99	464	2,8		
97/98	505	2,4			
96/97	360	2,9			

**Tabell B:2b.** Krondroppsdata från Södermanlands 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	→	
Edeby (D 11 A)	2007	327	2,5	2,0	73
	2006	423	4,8	2,5	80
	2005	361	3,9	2,1	66
	2004	336	1,4	2,0	70
	2003	366	2,4	2,7	100
	2002	367	3,0	2,5	68
	2001	367	3,0	2,4	64
	2000	510	3,9		
	1999	430	2,5		
	1998	413	3,2		
	1997	427	3,3		
	1996	342	2,6		
Knutsta (D 14 A)	2007	337	1,8	1,6	
	2006	394	3,2	2,2	
	2005	274	2,4	1,4	
	2004	341	1,7	1,7	
	2003	393	3,4	2,1	
	2002	381	2,8	2,2	
	2001	353	2,7	2,2	
	2000	416	2,8		
	1999	464	2,7		
	1998	435	2,5		
1997	426	3,0			



**Tabell C.** Markvattendata från Södermanlands län. Mätningar efter vegetationssäsongen 2007 samt före, under samt efter vegetationssäsongen 2008.

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 →	→													
Edeby (D 11 A)	2007-07-23	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2007-10-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2008-04-23	5,7	0,017	0,105	4,62	12,42	0,009	0,041	3,47	2,55	7,59	1,25	<0,03	0,032	0,085	0,424	13,4	71	
	2008-08-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2008-10-20	5,5	0,014	0,110	2,89	13,28	<0,002	0,036	1,66	2,65	7,82	0,95	<0,03	0,025	0,201	0,530	9,5	23	
	<b>median</b>	<b>5,6</b>		<b>0,086</b>	<b>4,21</b>	<b>6,76</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,03</b>	<b>2,71</b>	<b>1,99</b>	<b>5,24</b>	<b>1,01</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,024</b>	<b>0,095</b>	<b>0,374</b>	<b>9,6</b>	<b>61</b>	
<i>n</i> =	24		22	22	22	22	22	20	22	22	22	22	22	20	17	20	20	17	
Knutsta (D 14 A)	2007-09-10	6,0	-	0,167	2,68	6,05	<0,002	0,130	3,89	1,03	4,86	0,59	0,069	0,052	0,035	0,416	17,3	119	
	2007-11-05	5,1	-	0,513	0,98	8,02	0,019	1,398	7,76	1,99	3,85	3,29	0,381	-	-	-	-	-	
	2008-04-21	4,9	-	0,189	1,58	17,26	0,031	-	3,64	1,64	8,47	3,59	<0,03	-	-	-	-	-	
	2008-08-25	5,4	-	0,247	0,70	3,70	<0,002	0,034	3,23	0,87	2,55	1,99	<0,03	1,220	5,080	6,730	41,0	0,9	
	2008-11-17	5,6	0,028	0,200	1,11	5,00	<0,002	0,026	2,13	0,89	4,42	1,52	<0,03	0,197	0,077	1,107	26,8	45	
	<b>median</b>	<b>5,9</b>		<b>0,178</b>	<b>2,12</b>	<b>3,65</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,022</b>	<b>3,28</b>	<b>0,92</b>	<b>3,52</b>	<b>0,68</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,133</b>	<b>0,048</b>	<b>0,55</b>	<b>16,2</b>	<b>88</b>	
<i>n</i> =	32		32	32	32	32	31	32	32	32	32	32	32	29	27	29	28	27	

## 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 säsongsvariation, 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 säsongsvariation 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 Reinhold Company, Inc., New York.

Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend: *Econometrica* v. 13, p. 245–259.

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. och 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. och 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.