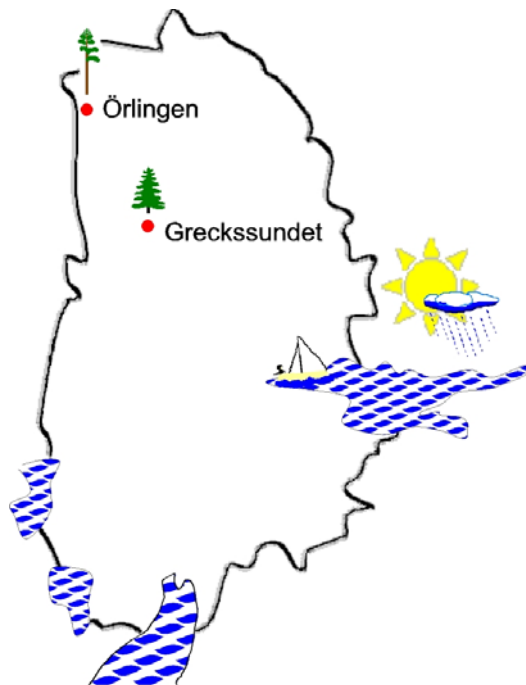


För Örebro läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroeningar i Örebro län – mätningar och modellering

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

Kalenderår: resultat t.o.m. 2007



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

B 1842

Juni 2009

¹⁾ Lunds universitet

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Ord att förklara.....	4
Stationsvis redovisning.....	5
Trendanalys med Mann-Kendall och Seasonal-Kendall-metodik.....	5
Greckssundet (T 02).....	5
Örlingen (T 03).....	7
Sammanfattande bedömning av luftföroreningsituationen i Örebro län 2007/08.....	10
Modellberäknad deposition av svavel och kväve på kommun- och länsnivå.....	11
Jämförelse mot mål och normer 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.....	22

Rapporten godkänd

2009-06-09

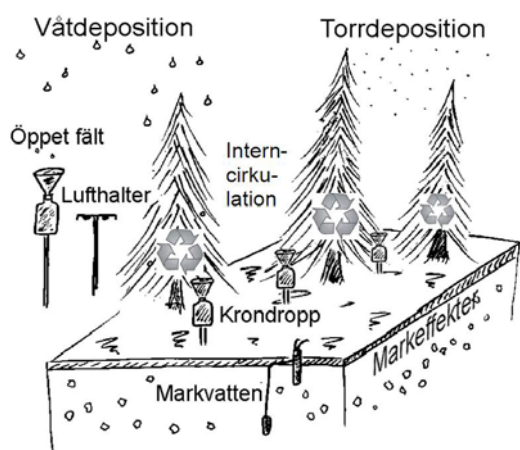


John Munthe
Avdelningschef

Sammanfattning

På uppdrag av Örebro 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. I dagsläget mäts endast depositionen via krondropp samt markvattenkemi vid länets båda lokaler.

Sedan mätningarna i länet startade har svaveldepositionen minskat kraftigt, något som är tydligt i hela Sverige. Det hydrologiska året 2007/08 kännetecknades av låga svavelhalter i nederbörden och låg svaveldeposition. Under 2007/08 var svaveldepositionen till de båda skogsytorna i länet 1,5 kg/ha, vilket vid Greckssundet var mätseriens lägsta notering. Kvävededfallet är lättast att tolka från mätningar över öppet fält p.g.a. kvävets interncirkulation i trädkronorna. I dagsläget finns inga mätningar över öppet fält i länet. När det gäller nedfallet av kväve via krondroppet syns inga tydliga trender vare sig i Örebro län eller i övriga Sverige. Årets kvävedeposition via krondroppet vid Greckssundet var mycket låg för lokalen, 3,2 kg/ha. Vid Örlingen var kvävedepositionen via krondroppet mer normal för lokalen, 2,5 kg/ha. Markvattnet i skogsytorna i Örebro visar inga tecken på återhämtning från försurning. Vid Örlingen syns snarare en ökad försurning i markvattnet med signifikant minskande pH, ANC (den syraneutraliserande förmågan) är negativ och har minskat signifikant under mätningarnas gång. Inte heller syns någon minskning i halten oorganiskt aluminium. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium var vid en mätning under 2008 lägre än 1, vilket anses medföra ökad risk för skador på skogen. Inte heller i Greckssundet syns några tecken på återhämtning, utan halterna har under mätningarnas gång genomgående legat på samma nivå. Den enda signifikanta förändringen är minskande svavelhalter i markvattnet.



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:

Örebro läns Luftvårdsförbund

Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 5302

SE-400 14 Göteborg

Författare: G. Pihl Karlsson, C. Akselsson,

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

Nyckelord: Deposition, svavel, kväve, skogsytor, försurning, markvatten, lufthalter, Örebro län

IVL rapport B 1842

Beställs från någon av nedanstående:

Örebro läns IVL, Publikationsservice

Luftvårdsförbund Box 21060

Peter Ekelund SE-100 31 Stockholm

c/o Länsstyrelsen Tel: 08-598 563 00

701 86 Örebro Fax: 08: 598 563 90

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 **Krondroppsnetet** 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 Krondroppsnetets nya webbplats, www.krondroppsnetet.ivl.se. Mätningarna av deposition används för att beräkna den årliga depositionen vid mätplatsen, men bidrar även till att visa i vilken utsträckning de nationella modellberäkningarna av depositionen ger rimliga resultat. **Deposition av luftföroreningar** mäts månadsvis inom Krondroppsnetet, 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 resultatnriktade 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.

För undersökningarna i **Örebro län** har provtagning utförts av Mikael Nyberg, Länsstyrelsen. 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. Krondroppsnetet under 2007/08. Samordnade mätningar av luftföroreningar i skogliga observationsytor.

Ord att förklara

ANC: ”Acid Neutralising Capacity” (syraneutraliserande förmåga) beräknas som starka basers katjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) minus starka syror anjoner (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) räknat i ekvivalenter. Positivt värde utgörs av syrabuffrande vätekarbonat och organiska anjoner. Negativt värde uttrycker aciditet.

Antropogent: Orsakad av människan.

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

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

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

Deposition: Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

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

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

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 (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (O_3) mäts i dessa undersökningar som månadsmedelvärde med hjälp av diffusionsprovtagare.

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

SO₄-S_{ex}: Mängd antropogent svavel i form av sulfatjoner. Svavel från havssalt har räknats bort med hjälp av uppmätt kloridhalt. Används vid jämförelse med 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 Krondroppsnetet 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.

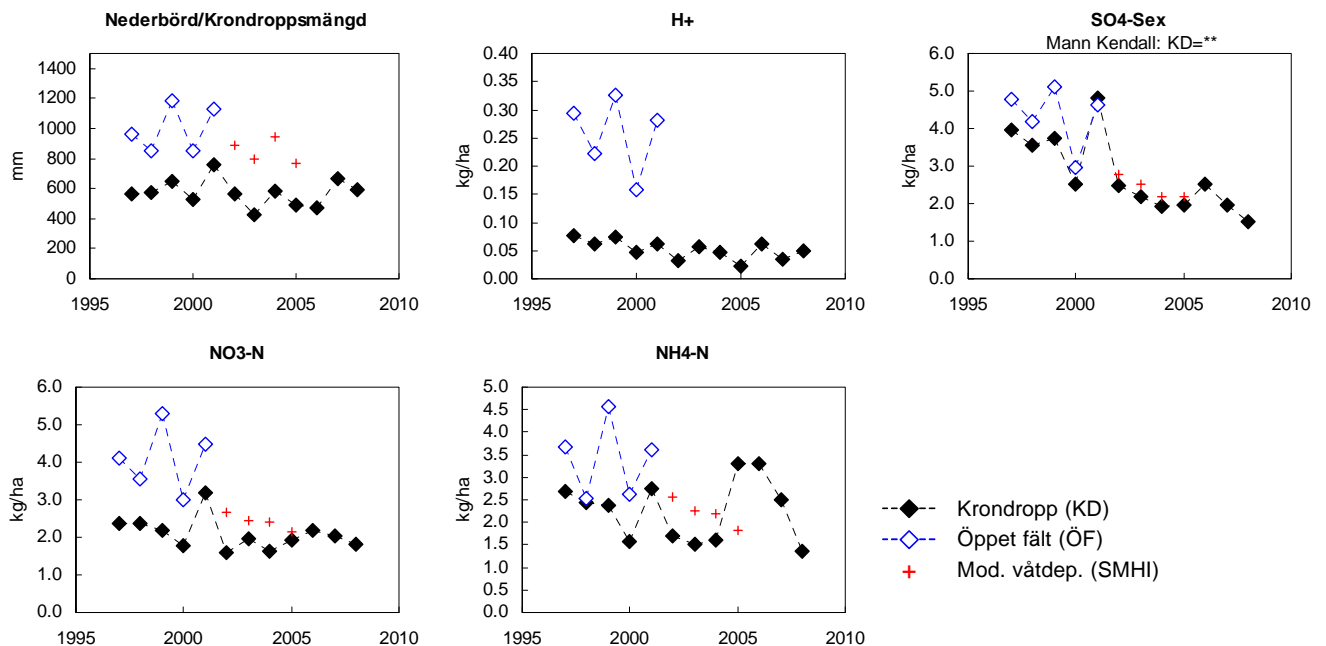
Mann-Kendall ska inte användas på data med säsongsvariation, utan då skall istället Seasonal Kendall användas. Seasonal Kendall är en vidareutveckling av Mann-Kendall-metoden. I våra analyser har vi använt Mann-Kendall för årsvisa värden för deposition och Seasonal Kendall för markvattendata. Signifikans 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.

Greckssundet (T 02): EU-yta med 60-årig granskog två mil nordväst om Nora.

Jordarten är finkornig moränmark och jordmånen av övergångstyp. Beståndet har hög bonitet och ståndortsindex G32. Undersökning av deposition och markvatten påbörjades i januari 1996. Från och med januari 2002 mäts deposition enbart i skogsytan. Utöver deposition via krondropp mäts även markvattenkemi.

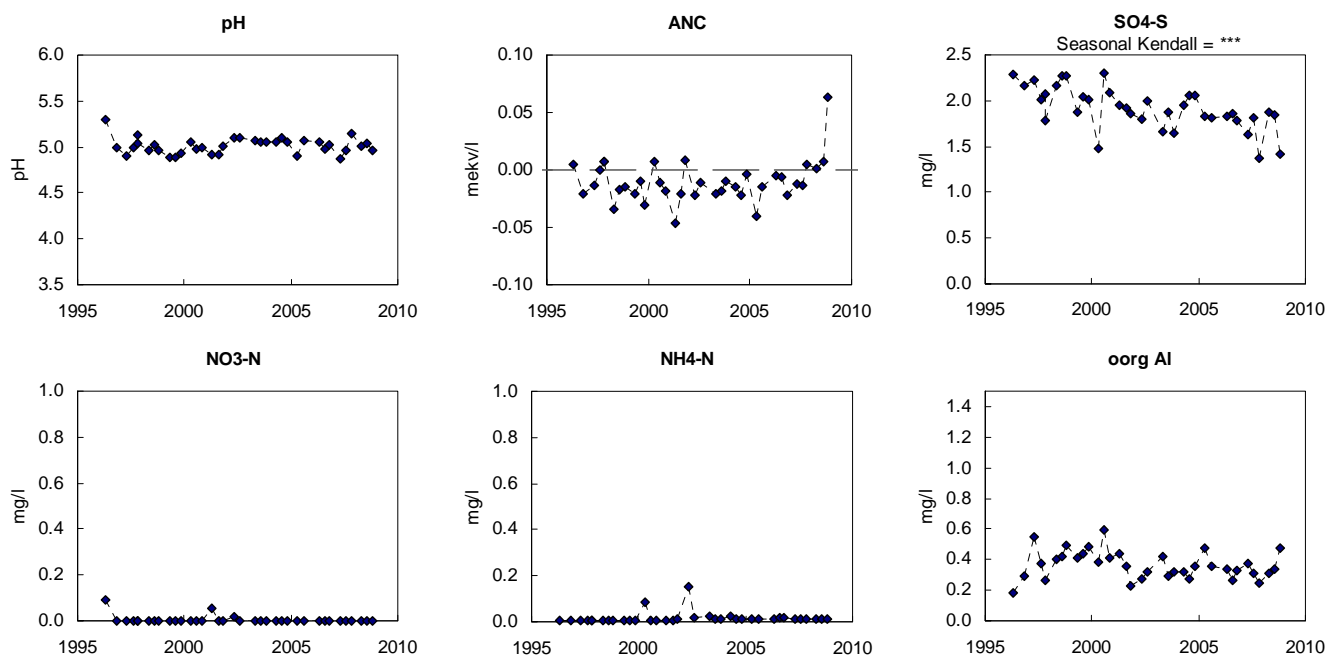
I Figur 3 visas samtliga mätningar från ett urval parametrar sedan mätstarten i krondropp samt öppet fält som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Greckssundet. Den av SMHI modellerade våtdepositionen för öppet fält vid Greckssundet visas i figuren som plustecken.

Krondroppsmängden 2007/08 var lite lägre än föregående år (595 mm 2007/08 resp. 668 mm 2006/07). Nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondepositionen, visar ingen signifikant trend. Under 2007/08 syns inga dramatiska förändringar jämfört med de senaste åren för vätejondepositionen. Nedfallet av antropogent svavel i Greckssundet uppgick under det hydrologiska året 2007/08 till 1,5 kg per hektar, vilket är den lägsta svaveldepositionen som uppmätts sedan mätstarten 1996. Svaveldepositionen vid Greckssundet har signifikant minskat under åren som mätningarna pågått. Nedfallet av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) uppgick till 3,2 kg per hektar, vilket är en tangering av den lägsta oorganiska kvävedepositionen som uppmätts hittills vid lokalen.



Figur 3. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via krondropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid **Greckssundet, T 02**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt krondroppsmängder, uttryckt som mm. Deposition redovisas sedan mätningarna påbörjades för ett urval av ämnen: vätejoner (H^+); sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO_4-S_{ex}), nitratkväve (NO_3-N); ammoniumkväve (NH_4-N). ÖF, öppet fält; KD, krondropp. Modellerad nederbörd samt våtdepositionen 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.

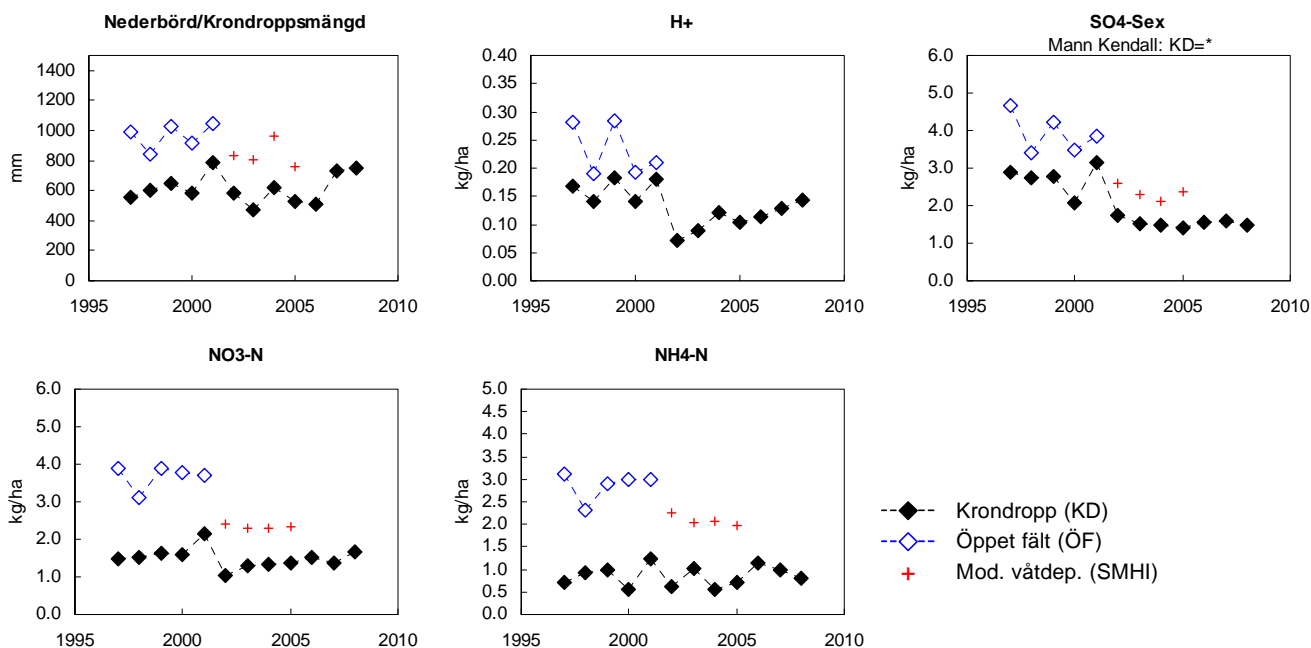
Markvatten från Greckssundet har i allmänhet visat stabila förhållanden och är en lokal som är relativt försurningspåverkad, med ett pH runt 5,0 (medianvärde) och en syraneutraliserande förmåga, ANC (medianvärde -0,013) i markvattnet. Vid mätningarna som genomfördes under 2008 var pH-värdet vid samtliga mätningar 5,0 och ANC varierade mellan 0,001-0,063. I Figur 4 visas samtliga mätningars markvattenhalter för ett antal ämnen sedan mätstart. Trendanalyser visar att sulfatsvavel i markvattnet har minskat kraftigt, i takt med att svavelnedfallet minskat. Halten nitratkväve var mycket låg, under detektionsgränsen, vid samtliga mätningar under 2008, vilket är normalt för växande bestånd och indikerar att tillgängligt kväve utnyttjats effektivt av vegetationen. Strax efter mätstarten i Greckssundet syns en förhöjd halt av nitratkväve vilket är vanligt då marken påverkas då mätutrustningen placeras ut. Utifrån resultaten för 2008 syns inga större förändringar vad gäller ammoniumkväve. Inte heller några större förändringar syns vad gäller halten oorganiskt aluminium. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium var 3,2, räknat som medianvärden för hela tidsserien. Kvoter under 1 anses medföra ökad risk för skador på ekosystemet. Sedan mätningarna startade har ett antal signifikanta minskningar av halter noterats. Det gäller förutom ovan nämnda förändringar även minskande halter av magnesium, kalium, organiskt aluminium samt TOC (totalt organiskt kol) samt ökande halter av natrium.



Figur 4. Markvattenkemi vid **Greckssundet, T 02**: pH; markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC); sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$); nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$); ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$) 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.

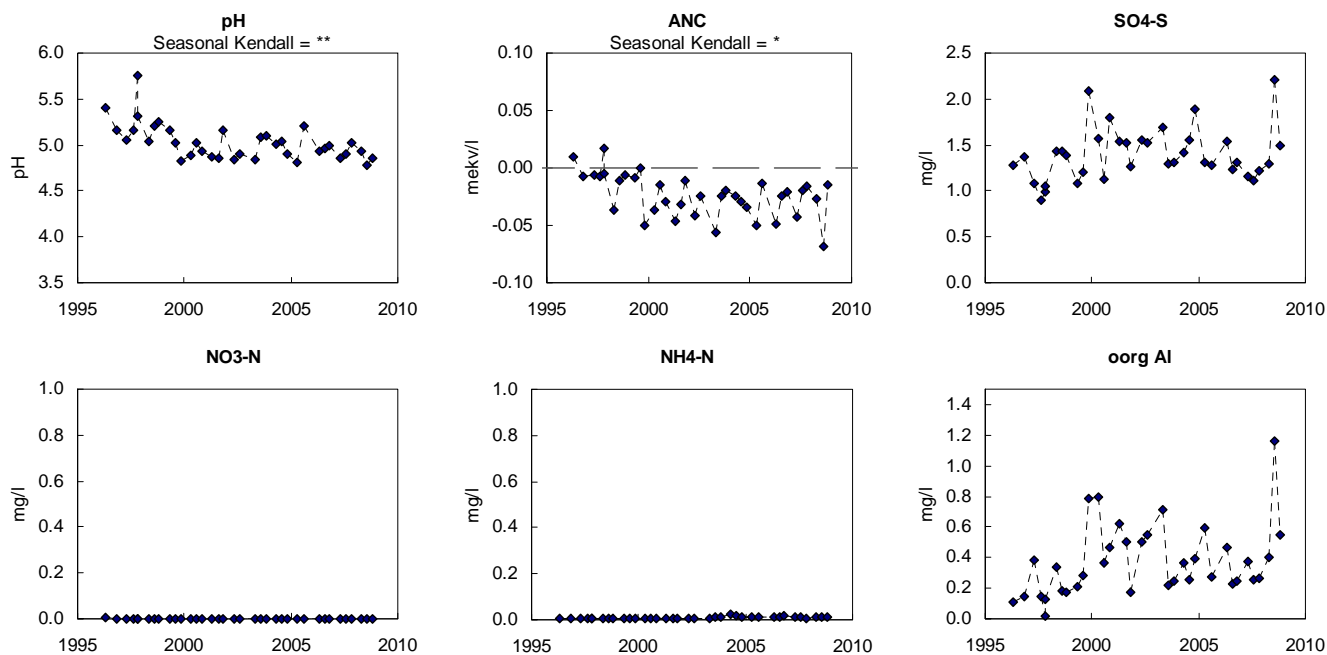
Örlingen (T 03): EU-yta med drygt 60-årig tallskog i länets nordvästra hörn. Jordarten är finkornig sedimentmark med ringa stenighet. Jordmånen är järnpodsol och boniteten T25. På samma sätt som i Greckssundet startade mätningarna i januari 1996. Nederbördskemiska mätningarna avslutades i december 2001.

I Figur 5 visas samtliga mätningar sedan mätstarten i krondropp samt öppet fält som årsmedelvärde (hydrologiskt år) vid Örlingen. Den av SMHI modellerad våtdepositionen för öppet fält vid Örlingen visas i figuren som plustecken. Krondroppsmängden 2007/08 var lite högre än föregående år (749 mm 2007/08 resp. 734 mm 2006/07) och är det näst högsta krondroppsmängden som uppmätts vid Örlingen. Nedfallet av försurande ämnen, beräknat som vätejondepositionen, visar ingen signifikant trend. Under 2007/08 observerades inga dramatiska förändringar jämfört med de senaste åren för vätejondepositionen. Nedfallet av antropogent svavel i Örlingen uppgick under det hydrologiska året 2007/08 till 1,5 kg per hektar, vilket är den näst lägsta svaveldepositionen som uppmätts sedan mätstarten 1996. Svaveldepositionen vid Örlingen har minskat signifikant under åren som mätningarna pågått. Nedfallet av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) uppgick till 2,5 kg per hektar, vilket är det tredje högsta oorganiska kvävedepositionen som uppmätts hittills. Kvävenedfall via krondropp varierar mellan olika år beroende på att upptag och omvandling av kväve i trädkronorna i stor utsträckning påverkas av väderleken och vegetationens förmåga att utnyttja tillgängligt kväve. Tidigare års resultat indikerar att Örlingen generellt haft lägre halter av svavel och kväve i krondropp än länets andra lokal. Sannolikt beror det på att länets nordvästra delar är mindre påverkade av luftföroreningar än områden längre söderut.



Figur 5. Årliga värden (hydrologiskt år) för depositionen via kronddropp och på öppet fält samt modellerad våtdeposition (SMHI) vid **Örlingen, T 03**. I figuren visas uppmätt nederbörd över öppet fält samt kronddroppsmängder, 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) samt ammoniumkväve (NH_4-N). ÖF, öppet fält; KD, kronddropp. Modellerad nederbörd samt våtdepositionen 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.

Markvatten från Örlingens granyta visar liknande sammansättning som Greckssundets tallyta, d.v.s. relativt låga halter av flertalet ämnen. I likhet med Greckssundet har Örlingen ett lågt pH-värde, 5,0 som medianvärde för hela mätperioden. Däremot skiljer sig de båda lokalerna något när det gäller hur koncentrationen av olika ämnen har utvecklats sedan mätningarna startade. I Figur 6 visas samtliga mätningars markvattenhalter för ett antal ämnen sedan mätstart. pH-värdet i markvattnet i Örlingen har minskat signifikant sedan mätstarten. Även markvattnets syraneutraliserande förmåga, ANC (medianvärde -0,024) har minskat signifikant. Halten sulfatsvavel i markvattnet visar ingen större förändring vid Örlingen. Liksom vid Greckssundet var halten nitratkväve mycket låg, under detektionsgränsen, vid samtliga mätningar under 2008. Halten nitratkväve vid Örlingen har varit mycket låg under hela mätperioden, vilket är normalt för växande bestånd och indikerar att tillgängligt kväve utnyttjats effektivt av vegetationen. Även halten av ammoniumkväve i markvattnet var låg under 2008, vilket är i linje med tidigare mätningar. Medianvärdet för kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium är låg i markvattnet vid Örlingen, 2,6. Vid ett mättillfälle (juli 2008) var kvoten under 1, vilket anses medföra ökad risk för skador på skogen. Halten oorganiskt aluminium visade ett förhöjt värde för mätningen i juli 2008, dock minskade halten till mätningen i oktober. Sedan mätningarna startade har ett antal signifikanta minskningar av halter noterats. Det gäller förutom ovan nämnda förändringar även minskande halter av kalcium, organiskt aluminium samt TOC (totalt organiskt kol) samt ökande halter av natrium. Vissa av de signifikanta förändringar som har noterats indikerar att markvattnets försurningsgrad har ökat sedan mätningarna startade. Det gäller framförallt sjunkande värden för pH och syraneutraliserande förmåga (ANC).



Figur 6. Markvattenkemi vid **Örlingen, T 03:** pH, markvattnets syraneutraliserande förmåga (ANC), sulfatsvavel (SO₄-S), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N) 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 Örebro län 2007/08



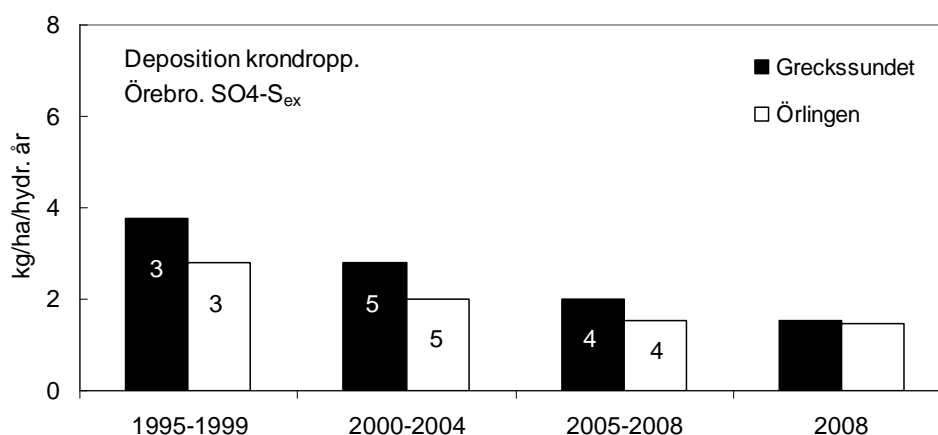
I Örebro län finns två aktiva lokaler inom Krondroppsnätet (Tabell 1), Örlingen och Greckssundet. Mätningarna vid de båda lokalerna startade i januari 1996. I dagsläget ingår mätningar av nedfallsmätningar i skogen (krondropp) samt mätningar av markvattenkemi.

Den bästa uppskattningen av det totala svavelnedfallet fås genom mätningar av krondropp eftersom dessa mätningar inkluderar både våt- och torrdeposition och det 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 nedfallet av svavel 1,5 kg per hektar under det hydrologiska året 2007/08. Nedfallet har minskat under mätperioden (Figur 7). Det hydrologiska året 2007/08 kännetecknades av låga svavelhalter i nederbörden och låg svaveldeposition i hela Sverige, och depositionen som uppmättes under 2007/08 vid Greckssundet var mätseriens lägsta notering.

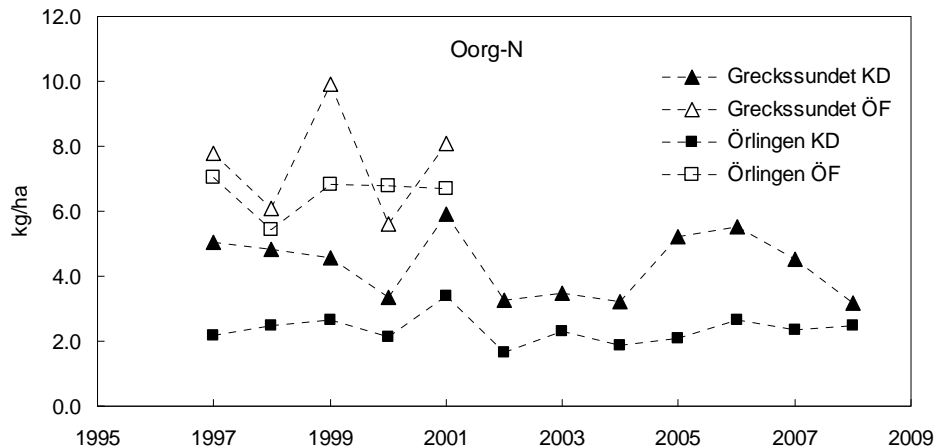
Tabell 1. Aktiva ytor i Örebro län 2007/08.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten	Lufthalter
Greckssundet (T 02)	Tall		X	X	
Örlingen (T 03)	Gran		X	X	



Figur 7. En översikt över nedfallet av antropogent sulfatsvavel (SO₄-S_{ex}) mätt som krondropp vid olika platser inom länet och för olika tidsperioder. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Exempelvis motsvarar tidsintervallet 1995-1999 de hydrologiska åren 1994/95 – 1998/99 (siffrorna i staplarna anger antal år data finns tillgängligt).

Tyvärr finns endast mätningar över öppet fält mellan 1996-2001. När det gäller nedfallet av oorganiskt kväve (nitrat- + ammoniumkväve) via krondroppet syns inte någon trend i mätningarna under mätperioden (Figur 8). Årets kvävedeposition vid Greckssundet var mycket låg. Vid Örlingen var den oorganiska kvävedepositionen via krondroppet mer normal för lokalen.



Figur 8. En översikt över nedfallet av kväve (nitratkväve+ammoniumkväve) på öppet fält (ÖF) samt via krondroppet (KD) vid Greckssundet och Örlingen. Tidsangivelserna gäller hydrologiska år, d.v.s. från 1 oktober till 30 september. Exempelvis motsvarar tidsintervallet 1997 perioden hydrologiska åren 1996/97.

Markvattnet visar fortfarande tecken på försurning. Inga tecken på återhämtning från försurning syns i markvattnets kvalitet. Vid Örlingen syns snarare en ökad försurning i markvattnet med signifikant sjunkande pH. ANC (den syranutraliserande förmågan) är under noll i markvattnet vid Örlingen och har minskat signifikant under mätningarnas gång. Inte heller syns någon minskning i halten oorganiskt aluminium. Markvattnet i Örlingen är fortfarande surt. Inte heller i Greckssundet syns några tecken på återhämtning utan halterna har under mätningarnas gång legat på samma nivå. Endast svavelhalterna i markvattnet har minskat signifikant.

I Örebro län mäts i dagsläget inga **lufthalter**.

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 depositionsscenario 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

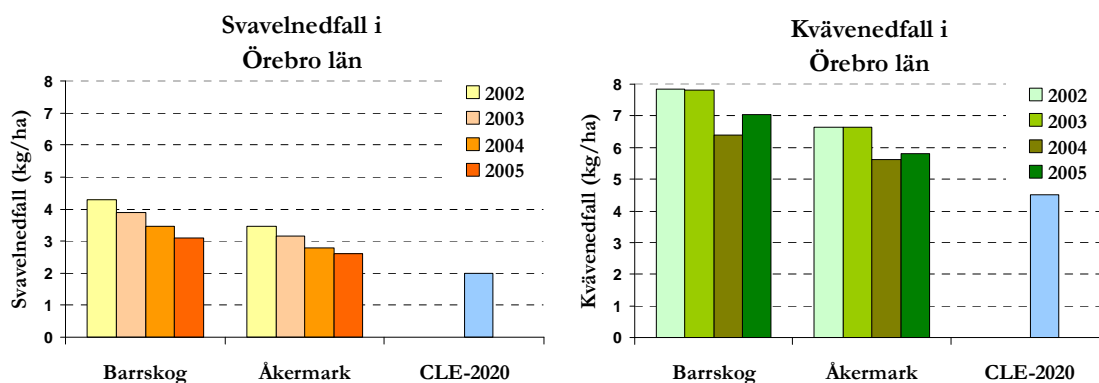
barrskog och åkermark, som det gör för årsberäkningarna. Nedfallet redovisas på länsnivå i Figur 9 och på kommunnivå i Tabell 2 och Tabell 3.

Svavelnedfallet (utan havssalt) i Örebro län beräknades till omkring 3,1-4,3 kg i barrskog och 2,6-3,5 kg per ha på åkermark under 2002-2005. Kvävenedfallet (våt- och torrdeposition) beräknades till omkring 6,4-7,8 kg i barrskog och 5,6-6,6 kg per ha på åkermark under motsvarande period. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till omkring 2,0 kg svavel och 4,5 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 indikerar att MATCH-modellen över-skattar 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 interncirkulationen av kväve i trädkronorna. Ytterligare en fördel är att modeller kan användas för att beräkna framtida trender vid olika utsläppsscenarier.



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

Tabell 2. Svavelnedfall (utan havssalt) på kommunnivå i Örebro 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
Askersund	4.7	4.3	3.6	3.1	3.8	3.4	2.9	2.6	2.0
Degerfors	4.2	4.1	3.5	3.5	3.3	3.3	2.8	2.9	2.0
Hallsberg	4.5	4.0	3.4	3.1	3.6	3.2	2.7	2.5	1.9
Hällefors	4.1	3.7	3.6	3.4	3.3	3.1	2.9	2.9	2.1
Karlskoga	4.2	3.9	3.6	3.3	3.4	3.2	3.0	2.8	2.0
Kumla	4.4	3.8	3.3	3.0	3.5	3.0	2.7	2.5	1.7
Laxå	4.4	4.1	3.5	3.4	3.5	3.2	2.8	2.8	1.9
Lekeberg	4.3	4.0	3.5	3.2	3.5	3.2	2.8	2.7	1.9
Lindesberg	4.2	3.8	3.4	2.7	3.4	3.1	2.7	2.3	2.1
Ljusnarsberg	4.1	3.7	3.4	3.0	3.4	3.0	2.8	2.6	2.1
Nora	4.3	3.9	3.5	3.0	3.5	3.2	2.9	2.6	2.1
Örebro	4.2	3.7	3.2	2.9	3.4	2.9	2.5	2.5	1.8

* 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 Örebro 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
Askersund	8.7	8.8	6.9	7.1	7.4	7.4	6.1	5.7	4.8
Degerfors	7.6	8.2	6.6	7.9	6.3	7.0	5.8	6.5	4.6
Hallsberg	8.6	8.4	6.7	7.1	7.3	7.1	5.9	5.8	4.6
Hällefors	6.9	6.9	6.0	7.3	5.9	5.9	5.3	6.1	4.3
Karlskoga	7.5	7.5	6.4	7.5	6.3	6.4	5.7	6.3	4.5
Kumla	8.6	8.3	6.8	7.0	7.3	7.1	6.0	5.8	4.5
Laxå	8.3	8.5	6.9	7.9	6.9	7.2	6.1	6.5	4.5
Lekeberg	8.3	8.4	6.9	7.4	7.1	7.2	6.1	6.2	4.7
Lindesberg	7.5	7.4	6.1	6.4	6.4	6.4	5.3	5.3	4.4
Ljusnarsberg	7.0	6.8	5.8	6.6	6.0	5.9	5.1	5.4	4.2
Nora	7.7	7.6	6.3	7.0	6.5	6.5	5.6	5.8	4.5
Örebro	8.0	7.7	6.3	6.7	6.8	6.5	5.5	5.5	4.6

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

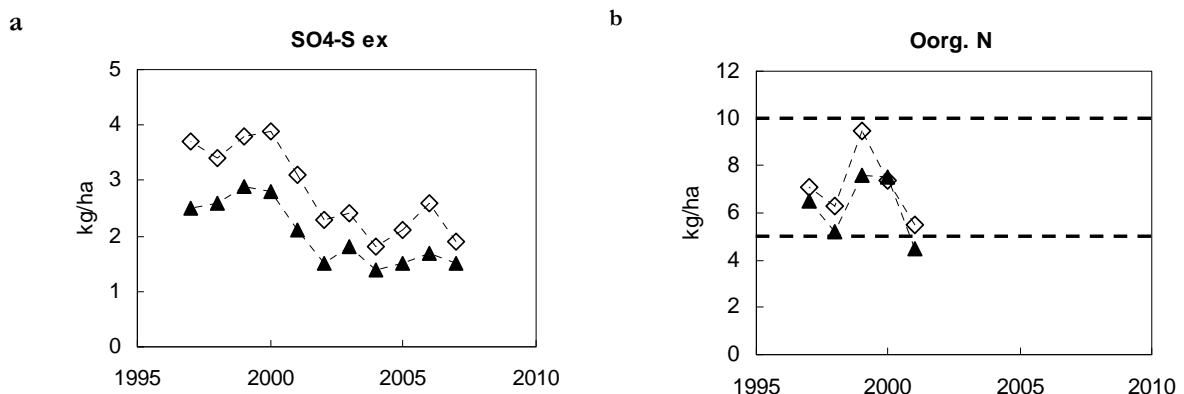
Jämförelse mot mål och normer på kalenderår

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 på de två aktiva krondroppsytorna i Örebro län, Greckssundet och Örlingen. 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 Örebro län varit avsevärt lägre än 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 10b visas kvävenedfallet på öppet fält i Greckssundet och Örlingen mellan 1997 och 2001 då mätningar pågick. Nedfall av kväve är indikator för miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar och Storslagen fjällmiljö*. Figuren visar att kvävenedfallet på ytorna i länet oftast var inom intervallet 5-10 kg. Detta betyder att nedfallet bör minska för att inte den kritiska belastningen ska överskridas. Mätningar från ytor i andra län visar att det inte skett någon signifikant minskning av kvävenedfallet sedan 2001. Indikatorn gäller egentligen skogsmark, men eftersom krondroppsmätningarna inte ger ett mått på totaldepositionen, utan påverkas av intern-cirkulationen i trädkronan, används här kvävenedfallet på öppet fält. Totaldeposition av kväve till skog kan förväntas vara något högre på grund av torrdepositionen.



Figur 10. Svavelnedfall (exklusive havssaltsbidrag) till skogsmark (a) och nedfall av oorganiskt kväve (nitratkväve och ammoniumkväve) på öppet fält (b) i Greckssundet (◇) och Örlingen (▲) 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.

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 Krondroppsnetzets webbplats samt skickas ut till alla kunder som pdf-fil.

Ny webbplats

Under hösten 2008 har vi lagt upp en ny webbplats www.krondroppsnetet.ivl.se. Där presenteras överskådligt information om hur vi arbetar inom Krondroppsnetzets 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

Nytt från Naturvårdsverket

Nedan presenteras information från Naturvårdsverket

Förändringar i det nationella programmet

Krondroppsnetzets ingår sedan 2000 som delprogram inom Programområde luft, det nationella luftövervakningsprogrammet som drivs av Naturvårdsverket. Delprogrammet kompletterar de pågående mätningarna som sker inom Krondroppsnetzets 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, tel: 08-6981627.

Specialprojekt som rör Krondroppsnetzets

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

1. Utveckling av Krondroppsnetzets utifrån regionala och nationella behov

Krondroppsnetzets 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 Krondroppsnetzets spelar och utreda hur Krondroppsnetzets kan utvecklas efter 2010 då nuvarande programperiod avslutas. I del två kommer man att beskriva den roll som Krondroppsnetzets 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., Nettelbladt, A., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P-E., Kronnäs, V. & Malm, G. 2008. Övervakning av luftföroreningar i Örebro län – mätningar och modellering. Resultat till och med september 2007. IVL Rapport B 1784.
- 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. Krondroppsdata från Örebro län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb mm	H ⁺ kg/ha	SO ₄ -S →	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
Grecks- sundet (T 02 A)	07/08	595	0,05	1,9	1,5	8,7	1,8	1,3	2,7	1,4	5,0	13,0	0,88
	06/07	668	0,03	2,6	2,0	12,8	2,0	2,5	2,9	1,5	7,3	19,3	0,65
	05/06	471	0,06	2,9	2,5	7,8	2,2	3,3	2,7	1,1	3,3	17,5	0,48
	04/05	487	0,02	2,5	2,0	10,3	1,9	3,3	2,1	1,1	5,1	13,4	0,34
	03/04	587	0,05	2,4	1,9	10,2	1,6	1,6	2,3	1,1	4,0	16,9	0,16
	02/03	428	0,06	2,5	2,2	7,7	2,0	1,5	2,2	1,1	3,0	11,6	0,31
	01/02	566	0,03	3,0	2,5	10,4	1,6	1,7	2,4	1,1	4,5	14,4	0,15
	00/01	764	0,06	5,3	4,8	9,1	3,2	2,7	3,3	1,6	4,3	20,2	0,78
	99/00	531	0,05	3,0	2,5	10,3	1,8	1,6	2,0	1,0	4,6	13,3	0,38
	98/99	650	0,07	4,2	3,8	8,6	2,2	2,4	2,6	1,2	3,7	14,4	0,36
	97/98	571	0,06	3,9	3,6	7,7	2,4	2,5	2,3	1,1	3,2	14,9	0,45
	96/97	566	0,08	4,5	4,0	10,3	2,4	2,7	2,3	1,2	4,3	13,3	0,56
Örlingen (T 03 A)	07/08	749	0,14	1,8	1,5	7,7	1,7	0,8	2,7	1,1	4,8	6,1	0,76
	06/07	734	0,13	2,0	1,6	8,8	1,4	1,0	2,7	1,1	5,2	6,7	0,64
	05/06	513	0,11	1,8	1,6	4,4	1,5	1,1	2,1	0,7	2,3	4,7	0,41
	04/05	531	0,10	1,7	1,4	6,0	1,4	0,7	2,3	0,9	3,7	4,3	0,39
	03/04	619	0,12	1,7	1,5	5,0	1,3	0,6	2,1	0,8	2,6	4,6	0,24
	02/03	474	0,09	1,7	1,5	4,0	1,3	1,0	1,6	0,8	2,0	4,5	0,19
	01/02	582	0,07	2,0	1,8	5,4	1,0	0,6	1,8	0,7	2,7	7,7	0,10
	00/01	790	0,18	3,4	3,1	5,7	2,1	1,2	2,2	1,0	2,9	9,0	0,64
	99/00	579	0,14	2,4	2,1	8,1	1,6	0,5	2,2	1,0	4,4	5,8	0,38
	98/99	647	0,18	3,0	2,8	4,8	1,6	1,0	2,5	0,9	2,6	5,3	0,24
97/98	599	0,14	2,9	2,7	4,8	1,5	0,9	2,3	0,8	2,7	8,5	0,37	
96/97	559	0,17	3,2	2,9	6,6	1,5	0,7	2,3	0,9	3,1	4,7	0,44	

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

Lokal	Period	Nedb	H ⁺	SO ₄ -S	SO ₄ -S _{ex}	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺
		mm	kg/ha	→									
Grecks- sundet (T 02 A)	2007	541	0,04	2,3	1,9	8,6	1,6	1,7	2,7	1,3	5,8	13,9	0,61
	2006	655	0,07	3,1	2,6	11,2	2,6	3,9	2,9	1,3	4,9	22,9	0,66
	2005	442	0,02	2,5	2,1	8,6	2,0	2,9	2,3	1,0	4,1	12,4	0,38
	2004	574	0,04	2,4	1,8	11,6	1,5	1,9	2,5	1,1	5,3	15,8	0,17
	2003	512	0,06	2,8	2,4	9,5	2,2	2,0	2,0	1,2	3,4	14,9	0,36
	2002	559	0,04	2,7	2,3	9,1	1,7	1,2	2,7	1,2	4,1	12,9	0,12
	2001	480	0,04	3,5	3,1	9,0	2,2	2,3	2,7	1,2	3,5	15,0	0,51
	2000	731	0,06	4,3	3,9	9,3	2,4	2,1	2,3	1,2	4,6	17,7	0,56
	1999	659	0,06	4,3	3,8	9,9	2,3	2,7	2,8	1,3	4,4	15,7	0,41
	1998	584	0,07	3,8	3,4	8,9	2,1	2,2	2,2	1,0	3,7	15,2	0,38
1997	542	0,06	4,1	3,7	8,3	2,3	2,5	2,1	1,1	3,4	12,3	0,51	
Örlingen (T 03 A)	2007	613	0,11	1,8	1,5	6,2	1,2	1,0	2,3	0,9	3,9	6,2	0,45
	2006	696	0,13	2,0	1,7	7,1	1,7	1,2	2,8	1,0	3,7	5,7	0,63
	2005	509	0,11	1,7	1,5	5,5	1,5	0,7	2,2	0,8	3,3	4,2	0,35
	2004	577	0,11	1,7	1,4	6,2	1,1	0,5	2,3	0,9	3,6	4,6	0,27
	2003	573	0,12	2,0	1,8	4,3	1,7	1,1	1,6	0,9	2,1	4,7	0,29
	2002	564	0,08	1,8	1,5	5,0	1,0	0,6	2,0	0,7	2,5	6,4	0,06
	2001	556	0,11	2,3	2,1	5,0	1,3	0,9	1,6	0,7	2,4	9,2	0,37
	2000	754	0,19	3,1	2,8	6,7	2,1	0,8	2,3	1,1	3,8	6,3	0,57
	1999	645	0,16	3,3	2,9	6,8	1,9	0,9	3,0	1,0	3,6	5,8	0,33
	1998	585	0,16	2,8	2,6	5,4	1,3	1,0	2,3	0,8	3,0	8,4	0,28
1997	552	0,15	2,8	2,5	5,1	1,5	0,7	2,2	0,8	2,3	4,5	0,38	

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

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Greckssundet (T 02 A)	07/08	595	3,2	2,1
	06/07	668	4,5	2,6
	05/06	471	5,5	2,5
	04/05	487	5,2	2,1
	03/04	587	3,2	2,4
	02/03	428	3,5	2,4
	01/02	566	3,3	2,7
	00/01	764	5,9	
	99/00	531	3,4	
	98/99	650	4,6	
	97/98	571	4,8	
	96/97	566	5,1	
Örlingen (T 03 A)	07/08	749	2,5	1,5
	06/07	734	2,3	1,6
	05/06	513	2,7	1,2
	04/05	531	2,1	0,9
	03/04	619	1,9	1,2
	02/03	474	2,3	1,4
	01/02	582	1,7	1,5
	00/01	790	3,4	
	99/00	579	2,2	
	98/99	647	2,6	
	97/98	599	2,5	
	96/97	559	2,2	

Tabell B:2b. Krondroppsdata från Örebro 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 = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N)

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N
		mm	kg/ha	→
Greckssundet (T 02 A)	2007	541	3,3	2,1
	2006	655	6,6	3,2
	2005	442	4,8	1,8
	2004	574	3,4	2,7
	2003	512	4,2	2,2
	2002	559	2,9	2,8
	2001	480	4,5	2,6
	2000	731	4,5	
	1999	659	5,0	
	1998	584	4,3	
	1997	542	4,9	
Örlingen (T 03 A)	2007	613	2,1	1,5
	2006	696	2,9	1,4
	2005	509	2,1	0,8
	2004	577	1,7	1,3
	2003	573	2,8	1,4
	2002	564	1,7	1,3
	2001	556	2,2	1,6
	2000	754	2,9	
	1999	645	2,8	
	1998	585	2,3	
	1997	552	2,1	

Tabell D. Markvattendata från Örebro län.

Lokal	Datum	pH	Alk	ANC	SO ₄ -S	Cl ⁻	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mn ²⁺	Fe ^{2+/3+}	ooAl	tAl	TOC	BC/ooAl
			mekv/l →	mg/l →														
Grecks- sundet (T 02 A)	2007-10-24	5,1	-	0,005	1,38	5,81	<0,002	<0,020	0,71	0,49	3,94	0,31	<0,030	0,007	0,249	0,280	1,8	4,9
	2008-04-21	5,0	-	0,001	1,88	3,70	<0,002	<0,020	0,49	0,51	3,45	0,22	0,086	0,011	0,311	0,373	2,7	3,4
	2008-07-30	5,0	-	0,007	1,84	6,57	<0,002	<0,020	0,71	0,51	5,11	0,33	<0,030	0,002	0,337	0,362	2,0	3,7
	2008-10-20	5,0	-	0,063	1,41	6,42	<0,002	<0,020	0,65	0,47	5,74	0,45	0,106	0,023	0,479	0,612	3,0	2,7
	median	5,0		-0,013	1,88	3,74	<0,002	<0,02	0,6	0,51	2,99	0,32	<0,02	0,01	0,353	0,418	3,4	3,2
<i>n</i> =	37		37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	36	37	36	36	36
Örlingen (T 03 A)	2007-10-24	5,0	-	-0,015	1,22	1,92	<0,002	<0,020	0,67	0,21	1,45	0,08	<0,020	0,006	0,268	0,288	1,7	2,7
	2008-04-21	4,9	-	-0,027	1,30	2,08	<0,002	<0,020	0,46	0,14	1,69	0,17	<0,030	0,010	0,399	0,425	2,5	1,5
	2008-07-30	4,8	-	-0,068	2,21	2,26	<0,002	<0,020	0,60	0,24	1,69	0,42	0,089	0,012	1,159	1,230	3,6	0,8
	2008-10-20	4,9	-	-0,015	1,50	2,45	<0,002	<0,020	0,68	0,26	1,97	0,30	0,073	0,007	0,545	0,573	2,2	1,7
	median	5,0		-0,024	1,32	2,09	<0,002	<0,01	0,67	0,19	1,44	0,2	<0,02	0,004	0,34	0,353	3,3	2,6
<i>n</i> =	37		37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37

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

Mann-Kendall

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

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

Seasonal Kendall

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

Autokorrelation

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

Statistiskt verktyg

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

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

Referenser

Gilbert, R.O., 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Rienhold Company, Inc., New York.

Helsel, D.R., Mueller, D.K. och Slack, J.R., 2006. Computer program for the Kendall family of trend tests: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5275, 4 p.

Hirsch, R. M., Slack, J. R. och Smith, R. A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. Water Resour. Res., 18:107-121.

Hirsch, R. M. och Slack, J. R., 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resour. Res., 20:727-732.

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

Sen, S.T.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63:1379-1389.