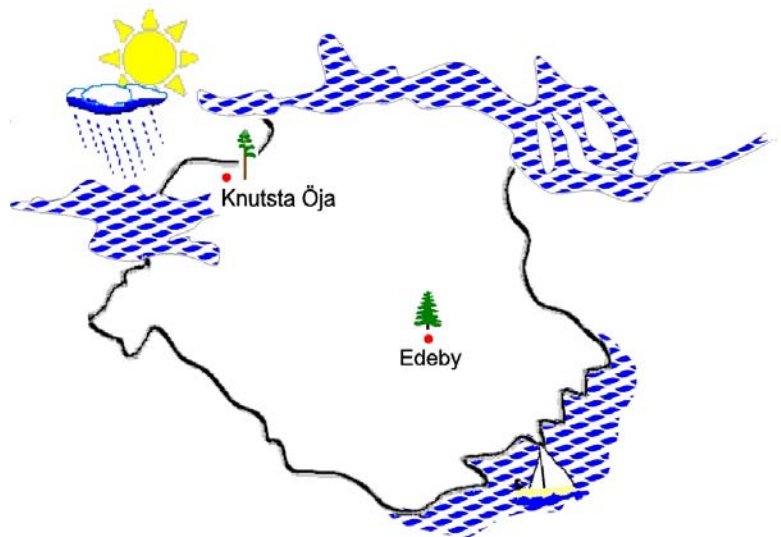


För Södermanlands läns Luftvårdsförbund

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

Resultat till och med september 2007



Gunilla Pihl Karlsson, Anna Nettelblatt, Cecilia Akselsson,  
Sofie Hellsten, Per Erik Karlsson, Veronika Kronnäs &  
Gunnar Malm

B 1783

Juni 2008

## För Södermanlands läns Luftvårdsförbund

# Övervakning av luftföroreningar i Södermanlands län

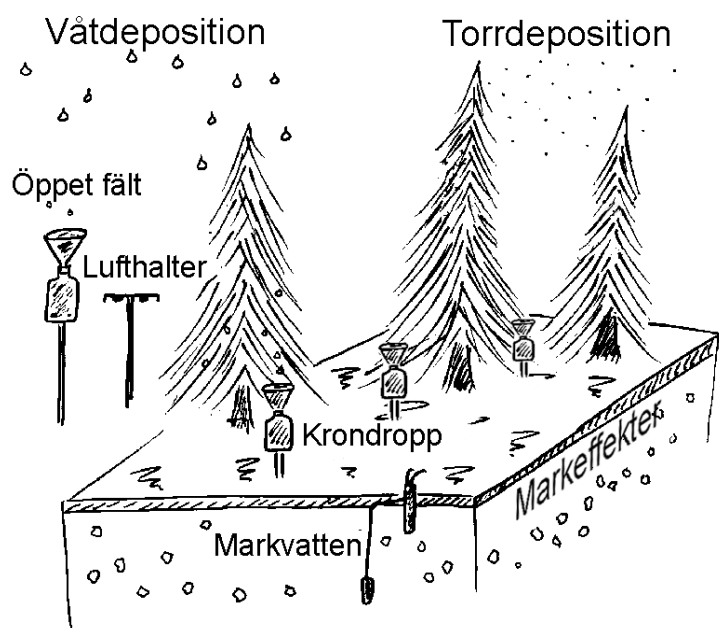
### Resultat till och med september 2007

På uppdrag av Södermanlands läns Luftvårdsförbund mäter och provtar IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet numera på två platser i länet. Krondroppsnetet har sedan starten 1985 löpt i perioder och 2007 initierades ett nytt fyraårigt samarbetsprojekt. Denna rapport är den första enligt "Program 2007". Grundtanken med "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 fördjupade modellberäkningar som ursprungligen utvecklats på en nationell nivå men som skalas upp till regionala nivåer. Den regionala fördjupningen inom "Program 2007" omfattar miljö kvalitetsmålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft*.

Nedfallet av svavel och kväve är störst i sydvästra Sverige och avtar åt nordost. Mätningarna i Södermanlands län visar på måttlig belastning i länet jämfört med situationen i Sverige som helhet. Mätningarna visar att svavelnedfallet minskat kraftigt sedan mätningarna startade. Minskningen är störst i skogsytor, vilket beror på att torrdepositionen minskat kraftigt. För kväve finns inga tydliga trender. Under det hydrologiska året 2006/07 var svaveldepositionen till skogsytor mellan 1 och 2,1 kg/ha. Detta är betydligt mindre än föregående år. Generellt har låga svavel- och kvävedepositioner observerats vid flertalet lokaler i Sverige. Kvävedepositionen i Knutsta var 1,6 kg/ha och i Edeby 2,9 kg/ha, vilket även det är avsevärt mindre än under föregående år. Nedfallet av svavel var något högre till skogsytan än till öppet fält, vilket kan bero på större torrdeposition. Kvävedepositionen via krondropp var däremot lägre än depositionen på öppet fält, vilket indikerar att kväve tagits upp i trädkronorna. Stormarna i januari syns i nedfallsmätningarna genom förhöjda klorid- och natriumhalter, vilket är speciellt tydligt i Knutsta. Markvattnets pH-värde som medianvärde är mellan 5,6 och 5,9. Både markvattnet i Edeby och Knutsta har relativt höga halter av baskatjoner samt relativt låga halter av oorganiskt aluminium. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium är hög vilket är bra ur försurningssynpunkt. Markvattnets syraneutraliserande förmåga, ANC, är positivt vid de båda lokalerna (medianvärdet för hela tidsserien). Det indikerar mindre sura förhållanden. Markvattnets innehåll av nitratkväve har oftast varit mycket lågt, vilket är normalt i brukad skog.

Modellberäkningarna för Södermanlands län visar på ett litet kvarstående försurningsproblem. Den kritiska belastningen för skogsmark överskrids på 15 % av skogsmarken i länet med nuvarande deposition, vilket minskar till 5 % i framtiden om nedfallet sjunker enligt beräkningar med CLE-scenariet. Andelen försurade sjöar var enligt beräkningarna relativt låg, upp till 9 % i dagsläget. Kväveackumuleringen är högst i sydvästra Sverige, där kvävenedfallet är störst, Skåne och Halland är de län där det ackumuleras mest med upp till 10 kg kväve per hektar och år. Det är i dessa delar som risken för förhöjd kväveutlakning är som störst. I Södermanland varierar kväveackumuleringen mellan 3 och 5 kg per hektar och år, och risken för förhöjd kväveutlakning bedöms som relativt liten under nuvarande förhållanden. Kvävebelastningen är dock tillräckligt hög för att det ska finnas en risk för påverkan på markvegetationens sammansättning.

De regionala modelleringarna som presenteras i denna rapportering var ett första försök att syntetisera mätningar och modellberäkningar i Södermanlands län som berör *Bara Naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft* för att kunna ta ett samlat grepp om dessa frågor på regional nivå, framför allt med fokus på luftföroreningarnas påverkan. Kommande år bör modellansatserna utvärderas och utvecklas i samarbete mellan IVL, Länsstyrelserna och Luftvårdsförbunden, för att optimera resultatet för miljömålsuppföljning. Vidare bör resultaten från modelleringarna studeras mer i detalj, jämföras med mätningar från Krondroppsnetet och andra miljöövervakningsnät samt tolkas utifrån detta. Det är även önskvärt att studera tidsserierna för nedfall och framför allt markvattenkemi noggrant, för att kunna dra slutsatser om återhämtningsförloppet



Figur 1. Principskiss för mätningarna.

**Uppdragsgivare:**

Södermanlands läns Luftvårdsförbund

**Utförande organ:**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB  
Box 5302,  
SE-400 14 Göteborg

**Författare:** G. Pihl Karlsson, A. Nettelblatt,  
C. Akselsson, S. Hellsten, P.E. Karlsson, V.  
Kronnäs, G. Malm & F. Moldan

**Nyckelord:** Deposition, svavel, kväve,  
skogsytor, försurning, markvatten, lufthalter,  
Södermanlands län

**IVL rapport B 1783**

**Beställs från:**

Södermanlands läns Luftvårdsförbund  
Maria Gustavsson  
c/o Länsstyrelsen i Södermanland  
612 86 Nyköping  
eller

[publikationsservice@ivl.se](mailto:publikationsservice@ivl.se)

IVL, Publikationsservice

Box 21060

SE-100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00

Fax: 08: 598 563 90



## Innehållsförteckning

Inledning.....	5
Ord att förklara.....	7
Stationsvis redovisning.....	8
Edeby (D 11).....	8
Stigtomtamalmen (D 12).....	9
Vallmotorp (D 13).....	10
Knutsta, Öja socken (D 14).....	10
Åker (D 51).....	11
Råsjön (D 52).....	11
Tidsutveckling deposition.....	12
Tidsutveckling markvatten.....	13
Tidsutveckling lufthalter.....	14
Svaveldioxid (SO <sub>2</sub> ).....	15
Kvävedioxid (NO <sub>2</sub> ).....	15
Ammoniak (NH <sub>3</sub> ).....	16
Marknära ozon (O <sub>3</sub> ).....	17
Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljö kvalitetsmål.....	18
Bara naturlig försurning.....	19
Deposition av svavel och kväve, nu och 2020.....	19
Överskridande av kritisk belastning skogsmark, nu och 2020.....	21
Antropogent försurade sjöar nu och 2020.....	23
Skogsbrukets försurningspåverkan.....	25
Syntes av försurningsparametrarna.....	25
Ingen övergödning.....	26
Deposition av kväve, nu och 2020.....	26
Kväveackumulering.....	26
Frisk luft.....	28
Beräkningar av målvärden för ozon utifrån månadsmedelvärden för koncentration.....	29
Beräknade överskridanden av målvärden för ozon i Södermanlands län.....	32
Kväve i skog - brist eller överskott?.....	32
Krondroppsnätet under 20 år - från svavel till kväve.....	32
Kväve, skog och miljö kvalitetsmålen.....	33
Var ligger forskningsfronten idag?.....	33
Kvävedeposition och halter i markvatten som underlag vid miljömålsuppföljning.....	33
Klimatförändringar - hur påverkar det nedfall av luftföroreningar och markvattenkemi?.....	34
Ny hemsida.....	36
Referenser.....	36
Appendix. Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten.....	38

Rapporten godkänd  
2008-06-26



John Munthe  
Avdelningschef

## Inledning

På uppdrag av luftvårdsförbund, länsstyrelser, Skogsstyrelsen samt vissa kommuner 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. Samarbetsprogrammet har löpt i olika perioder och 2007 initierades ett nytt fyraårigt samarbetsprogram. Denna rapport är den första enligt Program 2007, och innebär relativt omfattande revideringar från tidigare Program 2004, på grund av att nya nationella underlag finns tillgängliga och att EU's bidragssystem omformats. Grundtanken med 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 fördjupade modellberäkningar som ursprungligen utvecklats på en nationell nivå men som skalas upp till regionala nivåer. Modellberäkningar på regional nivå görs dels för att det ger större geografisk täckning än vad mätningarna i sig ger, dels för att det innebär möjligheter att utvärdera andra parametrar än de som mäts. Ytterligare en fördel är att modeller kan användas för att beräkna framtida trender vid olika scenarier för nedfall, skogsbruk och klimat.

Den regionala fördjupningen inom Program 2007 omfattar miljö kvalitetsmålen *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Frisk luft*. Dessa miljömål påverkas starkt av regionalt och globalt spridda luftföroreningar, men även annan påverkan har betydelse, främst markanvändning i form av jord- och skogsbruk. Det finns även kopplingar till klimatfrågorna genom t.ex. förändrad nederbörds mängd samt att skogen kan fungera som kolsänka och även producera förnybara bränslen. Markanvändningen kan både öka och minska miljöeffekterna som orsakas av luftföroreningar. Det gör att effekter av luftföroreningar i vissa fall måste jämföras med påverkan från pågående markanvändning för att en uppföljning av miljö kvalitetsmålen ska bli meningsfull. Fördjupningen anpassas till de specifika förhållandena i länen samt prioriterade regionala miljö kvalitetsmål och åtgärdsbehov. Årets rapport innehåller därför en stor mängd nya delar bl.a. om modellresultat, regional miljö målsuppföljning, kväve, tidstrender lufthalter tillsammans med en mer traditionell stationsvis rapportering.

Utifrån de månadsvisa **depositions mätningarna** kan den årliga depositionen av främst svavel och kväve beräknas i de skogsytor där mätningar utförs. Nedfall av svavel och kväve används som indikator för uppföljning av ett flertal miljömål; *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande skogar* samt *Storslagen fjällmiljö*. Mätningarna bidrar även till att visa om modellberäkningarna av deposition ger rimliga resultat. Nationella mätningar av luftföroreningar ingår i regel som indata i modellerna och kan därför inte användas för validering av modellerna. Depositionsmätningar inom Krondropps nätet har, och har även haft, stor betydelse för utvecklingen av de modellverktyg som används i Sverige och Europa. Tidigare mätningar i Krondropps nätet har visat att den faktiska utvecklingen av depositionen kan avvika avsevärt från prognosen för hur depositionen kommer att förändras med tiden. Syftet med **lufthaltsmätningarna** är bl.a. att ge underlag för effektbedömningar, trendanalyser, jämförelser med miljömålet *Frisk Luft* samt beskrivning av eventuella skillnader mot luftföroreningssituationen i stort. Lufthalter av svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon ingår som indikatorer för uppföljning av miljömålet *Frisk luft*. Syftet med **markvattenmätningarna** är att utnyttja olika parametrar i markvattnet som indikatorer för markens tillstånd, vegetationens inverkan samt utlakning till grund- och ytvatten. Markvattendata kan användas i samband med uppföljning av miljömålen *Bara naturlig försurning*, *Levande skogar*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Hav i balans*, *Levande kust och skärgård*, *Ingen övergödning*, *Grundvatten av god kvalitet* samt *Myllrande våtmarker*. Det är viktigt att långsiktigt undersöka markvattnets sammansättning som indikator på i vilken utsträckning utsläppsminskningar av luftföroreningar ger en förväntad förbättring av miljötillståndet. Detta gäller i synnerhet med tanke på att skogsmarkens återhämtning från försurning är en långsam process och

att kritiska belastningsgränser fortfarande överskrids, framför allt i delar av södra Sverige. Arbetet med dynamiska modellberäkningar av försurningsutveckling i mark och vatten har utvecklats mycket det senaste året och mätningarna kan även visa om modellberäkningarna överensstämmer med vad som kan observeras i fält genom markvattenmätningar och analys av försurningsindikerande parametrar som pH, oorganiskt aluminium, sulfat och baskatjoner.

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i Skogsstyrelsens skogliga observationsytor. Skogsstyrelsen undersöker regelbundet skogens och skogsmarkens tillstånd, som tillväxt, kronutglesning samt barr- och markkemi. Det gör att luftföroreningarnas inverkan på skogens och markens tillstånd kan analyseras. De skogliga observationsytorna ingår i såväl ett nationellt som ett europeiskt nät. Metoderna har i princip behållits sedan början av mätningarna och ingår nu i EU's manualer för miljöövervakning ([http://www.icp-forests.org/pdf/Chapt6\\_compl2006.pdf](http://www.icp-forests.org/pdf/Chapt6_compl2006.pdf)).

Deposition till skogsmark mäts i Krondroppsnätet med hjälp av **krondroppsmätningarna** på för närvarande 67 lokaler (2006/2007). Till depositionen i skogsmark bidrar dels våtdepositionen, det vill säga föroreningarna som följer med nederbörden ner, dels torrdepositionen som förs via vinden och fastnar i trädkronorna som fungerar som "uppsamlare" och filtrerar partiklar, gaser och aerosoler från luften. Föroreningarna sköljs sedan ner av nederbörden som samlas i dunkar/hinkar. Provinsamlarna är placerade på förutbestämda platser. För vissa ämnen finns en interncirkulation i trädkronorna, vilket gör att det som mäts upp via krondropp skiljer sig från den totala depositionen.

**Mätningarna på öppet fält** speglar huvudsakligen våtdeposition. Inom Krondroppsnätet sker mätningar på öppet fält vid totalt 23 lokaler, varav mätningarna vid 13 lokaler bekostas via deltagarna inom Krondroppsnätet. Mätningarna vid övriga 10 lokaler sker inom den svenska miljöövervakningen som finansieras av Naturvårdsverket.

**Haltmätningar av luftföroreningar** sker på 23 lokaler i Krondroppsnätet med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. De månadsvisa mätningarna omfattar svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon.

**Markvattenmätningar** sker vid 67 lokaler med hjälp av undertryckslysimetrar som suger vatten via ett fint, keramiskt filter. Keramikroppen är placerad i mineraljorden på 50 cm djup, under den egentliga rotzonen. Markvattenprovtagning utförs tre gånger per år och de olika provtagningsstillfällena avser att representera förhållandena före, under respektive efter vegetationsperioden.

Resultaten från alla undersökningarna inom Krondroppsnätet samlas i en databas på IVL där bearbetning sker. Ett mätår är ett hydrologiskt år, från oktober till september. Då resultaten används för att följa upp miljömål och miljökvalitetsnormer innebär det att under programmets gång förutom hydrologiskt år även kalenderår kommer att beaktas då miljömål och miljökvalitetsnormer är baserade på kalenderår. Resultat avseende tillstånd och tidsutveckling redovisas i årliga rapporter och på Krondroppsnätets hemsida, under [www.ivl.se](http://www.ivl.se). En ny hemsida håller på att utvecklas och under hösten 2008 beräknas den vara klar.

Vissa ord och begrepp förklaras på nästa sida.

I **Södermanland** har provtagning utförts av Ingemar Brunell, Länsstyrelsen och Peter 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 och A Nettelblad. Databehandling och rapportering av resultaten har utförts av C Akselsson, S Hellsten, P E Karlsson, V Kronnäs, G Malm samt G Pihl Karlsson.



Figur 2. Krondroppsnätet under 2006/07. 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.

**Antropogen:** 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.

**EU-yta:** 223 skogliga observationsytor lades ut 1995-97. 100 ingår i ett Europeiskt nät och några av dessa används även för regionala mätningar av luftföroreningar.

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

**Intensivytta:** 10 av SVOs skogliga observationsytor. Ingår i Naturvårdsverkets nationella program.

**Interncirkulation:** Vissa ämnen, till exempel kalcium, magnesium, kalium och mangan, interncirkuleras mellan träd och mark. De deltar i jonbytesprocesser där vätejoner tas upp och baskatjoner avges i trädkronan.

**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 av aciditet:** Den högsta deposition av försurande ämnen som inte kommer att förorsaka kemiska förändringar som leder till långsiktiga skadliga effekter på strukturen och funktionen i ett ekosystem.

**Krondropp:** Nederbörd som passerat trädkronorna. Ger ofta bra mått på total belastning i skog av ämnen som inte påverkas av interncirkulation eller upptag, såsom svavel och klorid. För kväve indikeras i regel upptag eller omvandling i trädkronan. Det gör att nedfallet av kväve 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.

**Luft- och nederbörds-kemiska nätet:** Ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakningsprogram och samordnas av IVL. Mätningar sker på öppet fält av bland annat svavel- och kväveföreningar och baskatjoner i nederbörd samt  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  i luft på månadsbasis.

**MAGIC:** Dynamisk modell för beräkning av ytvattenkemi, utvecklad i USA och använd i många länder.

**MAGIC-biblioteket:** "Bibliotek" med MAGIC-körningar som baseras på befintliga modelleringar med MAGIC-modellen på några hundra sjöar i Sverige och kan användas för att bedöma försurningspåverkan i en sjö där vissa mätningar finns tillgängliga ([www.ivl.se/magicbibliotek](http://www.ivl.se/magicbibliotek)).

**Markvatten:** Vatten i markens omättade zon, oftast på väg nedåt mot grundvattnet. Provtagas i dessa undersökningar med lysimetrar, 50 cm ner i mineraljorden. Suger vatten via ett fint, keramiskt filter (typ P 80).

**MATCH-Sweden:** 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.

**PROFILE:** Markkemisk modell för beräkning av vitting och kritisk belastning för aciditet i mark, utvecklad vid Lunds Universitet och använd i många länder.

**Riksinventeringen för skog (RIS):** En rikstäckande inventering av skog och mark i Sverige som samordnas av SLU och finansieras av Naturvårdsverket och SLU.

**$\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$ :** 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 nederbörds-kemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (högupplöst Sverigemodell).

**Öppet fält:** Öppet område där nederbörds-kemi och/eller lufthalter mäts.



## Stationsvis redovisning

Här presenteras årets mätningar vid de olika lokalerna. I Appendix återfinns data i tabellform; depositionsdata, lufthalter samt markvattendata. I kapitlet "Tidsutveckling lufthalter", senare i rapporten, finns en utförlig analys över hur lufthalterna varierat över tiden i länet samt i hela Svealand. I kapitlet "Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljö kvalitetsmål", senare i rapporten, presenteras en analys över situationen i Södermanlands län samt i Sverige både vad gäller uppmätta samt modellberäknade halter och deposition.

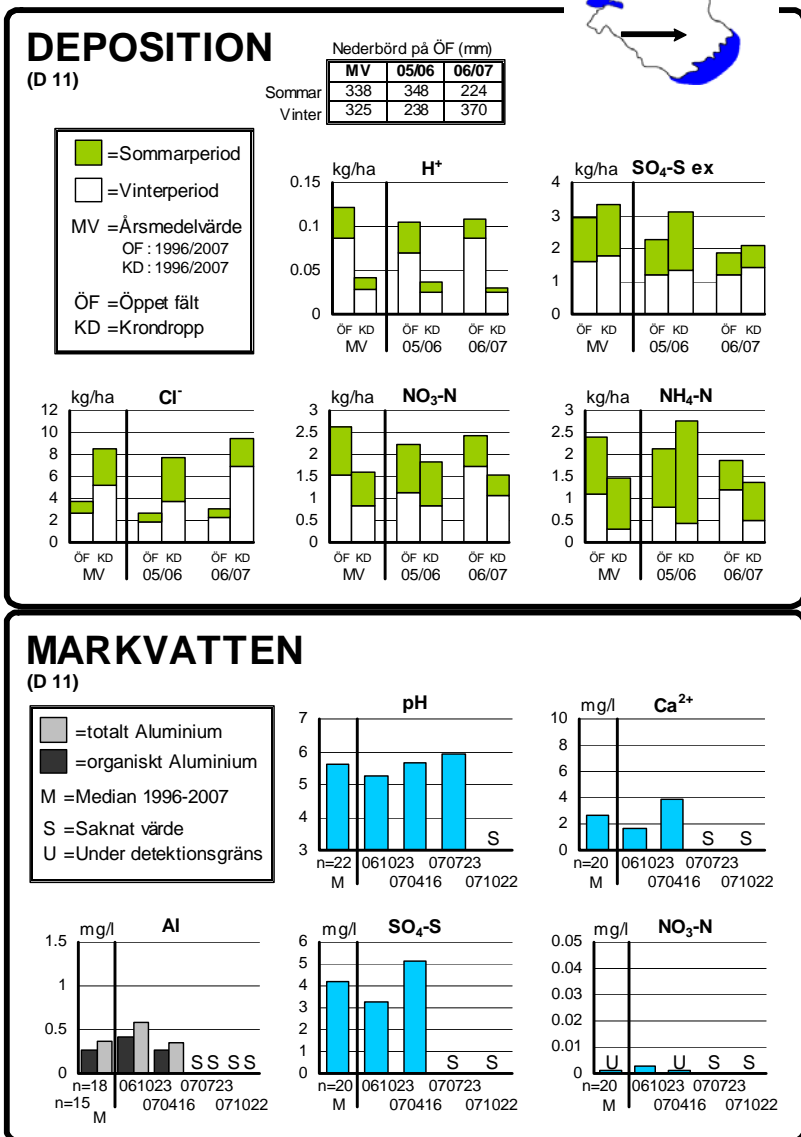
**Edeby (D 11):** EU-yta med 77-årig granskog. Lokalen ligger i nedre delen av en sluttning i en svacka mellan höjder och kalspolade hållar. Markfuktigheten i de centrala delarna är frisk-fuktig och markvegetationstypen, lågört. Jordmånen är av övergångstyp utbildad på mjällig lera. Mätning av deposition och markvatten startade 1996. Lokalen är en av tio intensivytor i landet, som sedan 2001 ingår i Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning av deposition till skog. Lufthaltsmätningarna avslutades i december 2006.

Hydrologiska året 2006/07 uppmättes 595 mm nederbörd på öppet fält vid Edeby, vilket är normalt för lokalen. Våtdepositionen av antropogent svavel och oorganiskt kväve var 1,9 kg/ha svavel och 4,3 kg/ha kväve under 2006/07, vilket är likvärdigt med föregående år, Figur 3. Våtdepositionen av organiskt bundet kväve uppmättes till 0,6 kg/ha under 2006/07, vilket är en tangering av den lägsta depositionen som uppmätts vid lokalen. Totalt medför detta att kvävenedfallet på öppet fält var 4,9 kg/ha. I krondroppet uppmättes mycket låga nedfall av svavel (2,1 kg/ha) och kväve (2,9 kg oorganiskt kväve och 2 kg/ha organiskt kväve). Detta är den lägsta kvävedepositionen som uppmätts sedan 2003/04. Skillnaden i nedfall av kväve till marken i skogen och på öppet fält förklaras av upptag eller omvandling av kväve i trädskronorna, vilket är normalt i växande skog.

Markvattenmätningarna i Edeby visar att markvattnets sammansättning varit relativt stabil sedan 1996. Mätseriens medianvärde för markvattnets pH-värde är 5,6, Figur 3, Appendix Tabell A:4. Mediankvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har normalt varit hög och så var fallet även under årets mätningar. Markvattnets ANC, det vill säga förmåga att neutralisera syror, har varit positiv. Statistiska beräkningar visar att ANC har ökat signifikant sedan mätningarna startade 1996, vilket tyder på att markens buffringkapacitet har ökat. Halterna av nitratkväve har oftast varit under detektionsgränsen medan halterna av ammoniumkväve periodvis kan överstiga detektionsgränsen, speciellt under vinter och vår. Resultaten från hydrologiska året 2006/07 var generellt i nivå med tidigare års mätningar. Statistiska beräkningar visar att halterna av klorid och natrium har ökat signifikant sedan mätningarna startade 1996. Dessa parametrar hör ofta ihop med havssaltsdeposition och de senare årens stormar har lett till ökning på ett stort antal lokaler i Sverige.

**Edeby (D 11)**

Gran, 77 år



**Figur 3.** Depositions- och markvattendata från Edeby D 11. I figuren redovisas deposition av ett urval ämnen i öppet fält och i kronddropp de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för perioden 1996-2007 för öppet fält och kronddropp. Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). För markvatten redovisas det senaste årets provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Al är uppdelat i total och organisk halt. Skillnaden utgör oorganiskt Al som i höga halter medför risk för skador på känsliga organismer i mark och vatten. Kemiska beteckningar som används i figurerna är vätejoner ( $H^+$ ), sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ( $SO_4\text{-S}_{ex}$ ), sulfatsvavel ( $SO_4\text{-S}$ ), kloridjoner ( $Cl^-$ ), nitratkväve ( $NO_3\text{-N}$ ), ammoniumkväve ( $NH_4\text{-N}$ ), kalciumjoner ( $Ca^{2+}$ ) och aluminium ( $Al$ ).

**Stigtomtamalmen (D 12):** Nationell observationsyta med snart 60-årig tallskog på torr mark. Ytan har fältskikt av smalbladigt gräs och jordmån av järnpodsol utbildad på jordarten grovmo. Mätning av deposition och markvatten startade 1996. I januari 2001 avslutades de

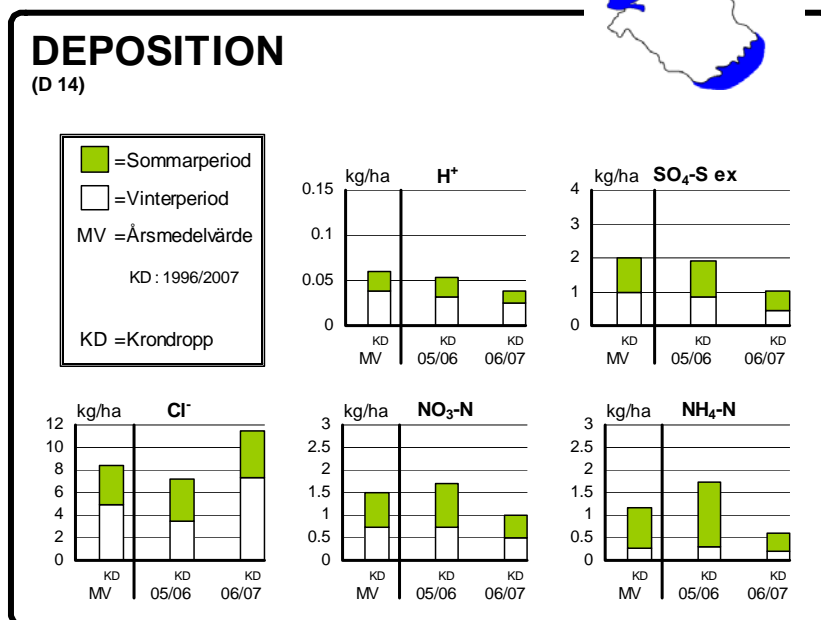
nederbördskemiska mätningarna på öppet fält. Depositionsmätningarna i krondropp samt markvattenmätningarna avslutades i december 2006.

**Vallmotorp (D 13):** Nationell observationsyta med 70-årig granskog på plan mark nordost om Katrineholm. Jordarten är grovkornigt sediment (grusig sand) och jordmänen järnpodsol. Fältskikt, som oftast består av ris eller gräs, saknas. Mätning av deposition och markvatten startade 1996 och i januari 2001 avslutades de nederbördskemiska mätningarna på öppet fält. Depositionsmätningarna i krondropp samt markvattenmätningarna avslutades i december 2006.

**Knutsta, Öja socken (D 14):** EU-yta med 74-årig tallskog och viss inblandning av gran. Lokalen ligger på slutningen av en rullstensås och har fältskikt av blåbär. Markfuktigheten är frisk, jordmänen är järnpodsol och jordarten isälvsand. Från och med december 2001 mäts deposition enbart i skogsytan. Tallytan i Knutsta har generellt låg deposition av svavel och kväve jämfört med Edeby. Nedfallssituationen i Knutsta kan förklaras med ytans västliga läge i länet och att mindre torrdeposition "fångas upp" av tallskog jämfört med granskog. Under det senaste hydrologiska året uppmättes 1,0 kg antropogent svavel till marken i tallytan, Figur 4, vilket är det hittills lägsta nedfallet sedan mätningarnas start. Sedan mätningarna startade 1996 har den generella trenden i nedfallet av svavel varit nedåtgående. Då det gäller nedfallet av kväve finns ingen tydlig trend. Liksom för svavelnedfallet var kvävenedfallet via krondropp i Knutsta det hittills lägsta sedan mätstarten. Under 2006/07 var nedfallet 3,2 kg/ha, varav hälften var organiskt bundet kväve. Under året var klorid- och natriumdepositionen den hittills högsta som uppmätts vid lokalen, vilket kan förklaras av de stormar som dragit fram under mätperioden.

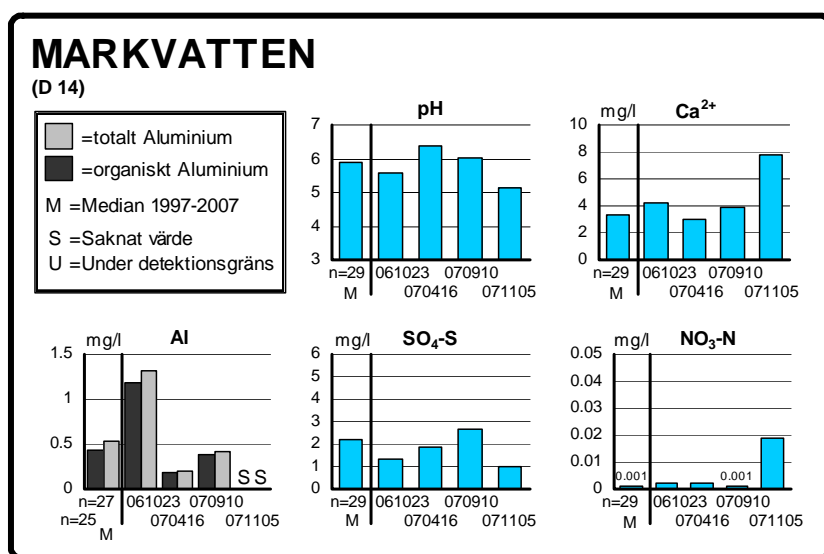
#### Knutsta (D 14)

Tall, 74 år



**Figur 4.** Depositionsdata från Knutsta, D 14. I figuren redovisas deposition av ett urval ämnen i krondropp de två senaste åren och jämförs med ett medelvärde för perioden 1996-2007 för både öppet och krondropp. Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). Kemiska beteckningar som används i figurerna är vätejoner (H<sup>+</sup>), sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO<sub>4</sub>-Sex), kloridjoner (Cl<sup>-</sup>), nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N) och ammoniumkväve (NH<sub>4</sub>-N).

Markvattnet i Knutsta är mindre försurat än markvattnet vid Edeby. Medianvärden för pH från samtliga markvattenprovtagningar sedan 1997 visar 5,9, och under årets mätperiod varierade pH-värdet mellan 5,6 och 6,4, Figur 5, Appendix Tabell A:4. Figuren visar även det första mättillfället för nästa mätperiod och då har pH-värdet minskat. Halterna av kväve är så gott som alltid under detektionsgränsen i markvattnet. Den senaste mätningen visar dock på lite högre halter av ammoniumkväve jämfört med tidigare mätningar. Detta indikerar att något förhöjd kväveutlakning kan förekomma. Det första mättillfället för nästa mätperiod visade förhöjda halter av nitrat och kalcium men fler mätningar under året får visa om detta är en tillfällighet eller ej. De enda statistiskt säkerställda förändringar som noterades var för svavelhalten som minskat sedan mätningarnas start, samt halten av mangan och ammonium som ökat. Den senaste mätperioden visade på lägre järnhalter jämfört med tidigare år.



**Figur 5.** Markvattendata från Knutsta, D 14. I figuren redovisas resultaten från det senaste årets tre provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär oftast att marken varit för torr. Al är uppdelat i total och organisk halt. Skillnaden utgör oorganiskt Al som i höga halter medför risk för skador på känsliga organismer i mark och vatten. Kemiska beteckningar som används i figurerna är kalciumjoner (Ca<sup>2+</sup>), aluminium (Al<sup>+</sup>), sulfatsvavel (SO<sub>4</sub>-S) och nitratkväve (NO<sub>3</sub>-N).

**Åker (D 51):** 73-årig granskog sydost om Strängnäs. Åker är en av två lokaler som har varit med sedan mätningarna i länet startade i januari 1991. De nederbördskemiska mätningarna på öppet fält avslutades i januari 2001. Depositionsmätningarna i krondropp samt markvattenmätningarna avslutades i december 2006.

**Råsjön (D 52):** Gammal drygt 80-årig självföryngrad granskog i småkuperad terräng på sandig-moig moränmark. Jordmånen är podsol och ståndortsindex G26. Tillsammans med Åker har den länets längsta mätserie, från januari 1991. Liksom i Åker avslutades de nederbördskemiska mätningarna på öppet fält i januari 2001. Depositionsmätningarna i krondropp samt markvattenmätningarna avslutades i december 2006.

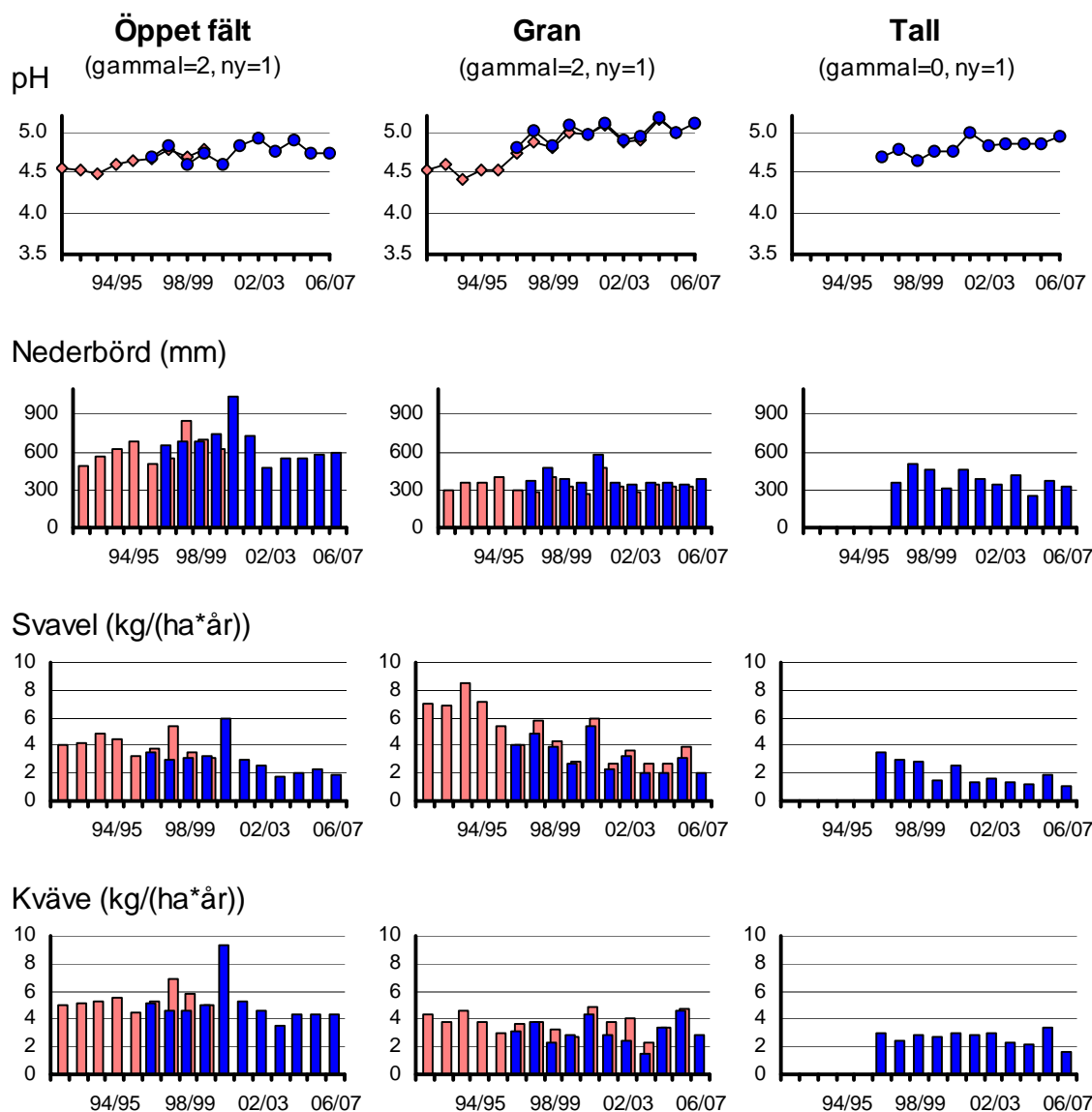
## Tidsutveckling deposition

Figur 6 visar utvecklingen av svavel och kvävedepositionen i Södermanlands län från 1991 fram till 2007. Två tidsserier för mätningar i öppet fält, granskog samt tallskog presenteras, en ”gammal” tidsserie samt en ”ny” tidsserie. Orsaken till att två tidsserier redovisas är att det 1996/97 startade mätningar vid många nya lokaler. Även relativt små geografiska skillnader kan ge upphov till skillnader i deposition och det är därför viktigt att redogöra för vilka lokaler som ingår i respektive tidsserier. Långa tidsserier behövs för att bedöma trender men det medför i många fall att antalet ingående lokaler blir få.

I det som betecknas ”gammal tidsserie” för mätningarna i öppet fält ingår mätningar från Åker och Råsjön mellan 1990 och 2000 medan den ”nya” tidsserien består av mätningar från Edeby mellan 1996 och 2007. Av figuren framgår att försurningsbelastningen i länet har minskat något som en följd av att utsläppet av försurande ämnen reducerats i Europa. pH-värdet har ökat något, och ligger idag omkring 4,8 vad gäller mätningarna vid öppet fält. Nederbördsmängden har fluktuerat under mätåren och är nu åter nere på liknande nivåer som i början av 1990-talet, efter att ha ökat något under slutet på 90-talet. Trots detta har våtdepositionen av antropogent svavel minskat något sedan mätningarna startade. Under 2006/07 var svaveldepositionen vid Edeby strax under 2 kg/ha vilket är den näst lägsta depositionen som uppmätts sedan mätningarna startade. När det gäller kväve ser man ingen motsvarande trend. Nedfallet av kväve har varit relativt konstant sedan 1991, omkring 4-5 kg/ha, på öppet fält.

I tidsserierna för mätningar i granytor ingår samma lokaler som för mätningarna i öppet fält. Nedfallet av svavel till granytorna har minskat kraftigt, vilket är särskilt tydligt i den ”gamla” tidsserien. 1991/92 var depositionen i genomsnitt strax under 8 kg/ha. 2006/07 var svaveldepositionen vid Edeby strax över 2 kg/ha. Utvecklingen är tydligare än på öppet fält och kommer av en kraftigt minskad torrdeposition. Det minskade nedfallet av svavel har medfört att krondroppets pH-värde har ökat från 4,5 till strax över 5. Inte heller i granytorna syns någon tydlig trend vad gäller kvävedepositionen.

För tidsserier för mätningarna i tallytor finns endast en ”ny” tidsserie med mätningar från Knutsta mellan 1996-2007. Även i mätningarna från tallytan ser man att svaveldepositionen minskat, pH-värdet har ökat och ingen trend syns vad gäller kvävedeposition.

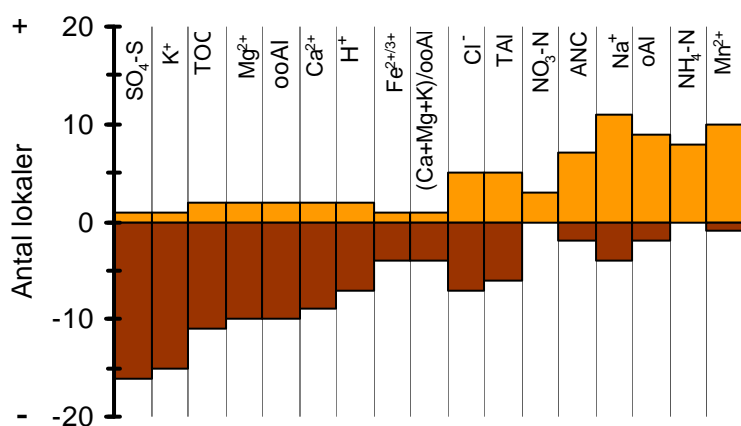


Figur 6. Årsmedelvärden för pH, nederbörd, deposition av svavel och oorganiskt kväve i tre miljöer i Södermanlands län; öppet fält, granskog och tallskog, uppdelat på två tidsserier. För "gammal" tidsserie för både öppet fält och granytan har mätningar från Åker och Råsjön (1991-2000) använts och för "ny" tidsserie för både öppet fält och granytan har mätningar från Edeby (1996-2007) använts. För tallytan finns endast en "ny" tidsserie och den omfattar mätningar från Knutsta mellan 1996-2007.

## Tidsutveckling markvatten

Linjär regressionsanalys har gjorts för att konstatera om markvattnets sammansättning förändrats signifikant sedan mätningarna startade på varje lokal. Sammanställningen ger indikationer på utveckling i skogsmark och markvatten på aktiva lokaler med minst fem provtagningar  $\sim 2$  år. För Södermanlands län innebär det att alla aktiva markvattenlokaler är med i analysen.

Figur 7 visar en tydlig trend med sjunkande halter av sulfatsvavel i markvattnet. Det har noterats på hälften av alla lokaler och är en logisk följd av minskad svaveldeposition. Förändringar av markvattnets försurningsgrad är inte lika tydliga, utan det finns exempel på både ökad och minskad försurning. Markens förmåga att buffra mot syror, uttryckt som ANC har tidigare år företrädesvis sjunkit, men nu ser man att antalet mätklokalerna där ANC signifikant ökar är fler än de lokaler där ANC signifikant minskar. Detta har delvis sin förklaring i att ett antal lokaler med signifikanta minskningar har avslutats och därmed ej längre är med i det redovisade materialet. Dock har även halter av oorganiskt aluminium minskat signifikant på flera lokaler, och mängden vätejoner har minskat på något färre lokaler, vilket skulle tyda på minskad försurning. Markvattnets innehåll av kalium har minskat signifikant på cirka hälften av lokalerna i Svealand och Norrland. På en tredjedel av lokalerna har halterna av magnesium minskat, och på en fjärdedel av lokalerna har även kalciumhalterna minskat. Kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium visar på minskad försurning (ökande kvot) för ett par lokaler, men minskande kvot (ökad försurning) på något fler lokaler. Sjunkande halter redovisas även för organiskt kol (TOC), vid en del lokaler.



Figur 7. Trendberäkningar för markvatten på 32 lokaler i Svealand och Norrland. Positivt värde på y-axeln anger antal lokaler med signifikant ökade halter (+) sedan mätningarna startade på respektive lokal. På samma sätt anger negativt värde antal lokaler med signifikant minskade värden (-).

## Tidsutveckling lufthalter

Mätningar av lufthalter med diffusiva provtagare har pågått vid en plats i Södermanlands län sedan 1997, vid Edeby. Dessa mätningar avslutades dock i januari 2007.

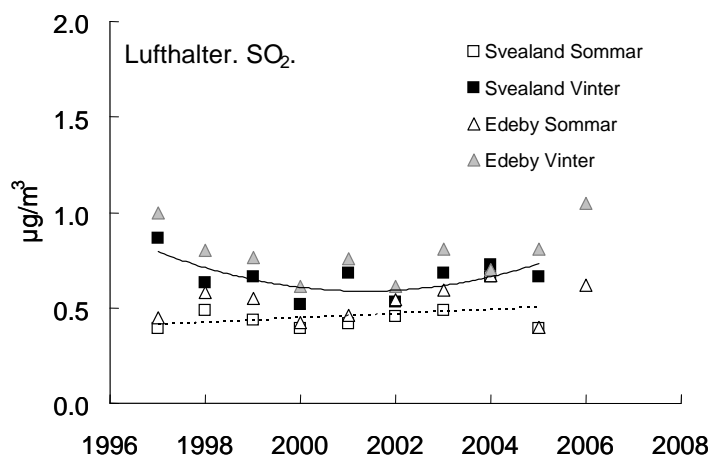
Mätningar av lufthalter påbörjades i Skåne redan 1994 och antalet mätplatser i Sverige har utökats allteftersom. Under hela perioden 1997 till 2005 mättes lufthalter sammanhängande vid fyra platser i Svealand, förutom vid Kvisterhult även vid Edeby i Södermanland, samt vid Södra Averstad och Transtrandsberget i Värmland. Eftersom mätningarna under hela denna period pågått vid samma mätplatser passar denna period bra för trendanalyser. Tyvärr har lufthaltsmätningarna avslutats vid många platser i Sverige, vilket försvårar fortsatta trendanalyser.

Vi visar årliga medelvärden för de tidigare luftmätningarna i Edeby samt årliga medelvärden för de fyra platser i Svealand som nämnts ovan, uppdelat på sommar- och vinterhalvår.

## Svaveldioxid (SO<sub>2</sub>)

Beräkningar inom EMEP visar att en överväldigande del av svavelnedfallet över Sverige beror av långväga transport med källor utanför Sveriges gränser (EMEP, 2007). EU's samlade SO<sub>x</sub> emissioner har minskat till en nivå ca 25 % av vad de var i början av 1980-talet (EMEP, 2007). Följaktligen har såväl nedfallet som lufthalterna av SO<sub>2</sub> minskat sedan mätningar inom Krondroppsnetet påbörjades under 1990-talet.

I Figur 8 visas lufthalter av SO<sub>2</sub> för Södermanlands län och Svealand som helhet, uppdelat på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats för Södermanlands län, Edeby, och fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Edeby utgör en mätplats. Figuren visar att halterna av SO<sub>2</sub> vid såväl Edeby som medelvärden för Svealand sedan 1998 varit mycket låga, med halter vid Edeby som legat i nivå eller något över medelvärdena för Svealand som helhet. Halterna vintertid för såväl Edeby som Svealand tenderar till att nå ett minimum i början av 2000-talet för att därefter öka något.



**Figur 8.** Lufthalter av SO<sub>2</sub> i Södermanlands län och för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Södermanlands län, Edeby, och fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Edeby utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1998-2005 för Svealand sommarhalvår (streckad linje) och Svealand vinterhalvår (heldragen linje). Trendanalyserna som baseras sig på en polynomfunktion har en korrelationskoefficient för Svealand vintervärden på 0,47 och för Svealand sommarvärden på 0,13. Motsvarande värden för en linjär funktion blir 0,04 och 0,13 för vinter och sommar värden. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

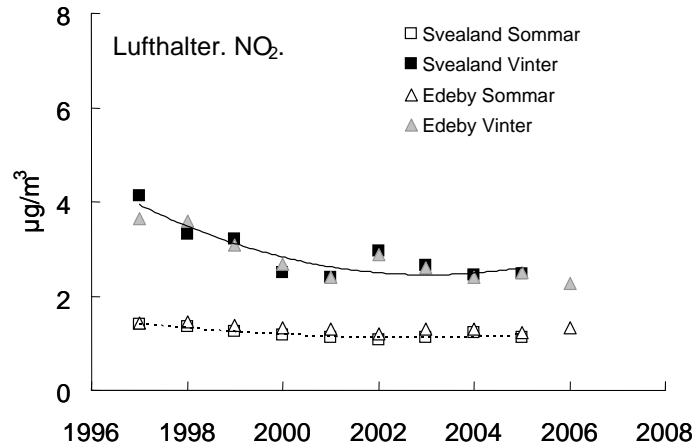
## Kvävedioxid (NO<sub>2</sub>)

Även EU's samlade emissioner av oxiderat (NO<sub>x</sub>) och reducerat (NH<sub>3</sub>) kväve har minskat, men inte alls lika mycket som svavel, utan endast till en nivå ca 70-80 % av vad de var i början av 1980-talet (EMEP, 2007). Ursprunget för nedfallet av kväve över Sverige är dessutom lite mer komplicerat, där oxiderat kväve till mer än 90 % har sitt ursprung utanför Sveriges gränser, medan motsvarande värde vad gäller reducerat kväve ligger mellan 50 och 80 % för Svealand (EMEP, 2007).

Figur 9 visar lufthalter av NO<sub>2</sub> för Södermanlands län och Svealand, uppdelat på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för samma mätplatser och perioder som redovisats för SO<sub>2</sub> ovan. Lufthalterna av NO<sub>2</sub> vid Edeby ligger i nivå



med medelvärden för Svealand. För såväl Edeby som Svealand som helhet syns en minskning av NO<sub>2</sub>-halterna vintertid sedan 1997. Den mesta minskningen sker dock i slutet av 1990-talet.

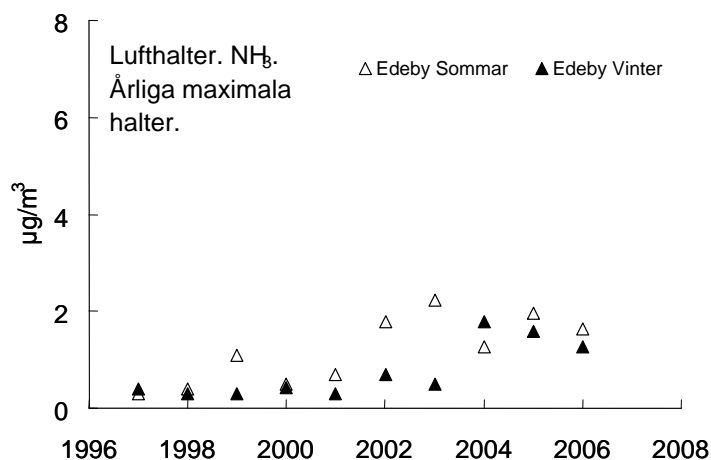


**Figur 9.** Lufthalter av NO<sub>2</sub> för Södermanlands län och för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats för Södermanlands län, Edeby, och fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Edeby utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1997-2005 för Svealand sommarhalvår (streckad svart linje) och Svealand vinterhalvår (heldragen svart linje). Trendanalyserna som baserar sig på en polynomfunktion har en korrelationskoefficient för Svealand vintervärden på 0,81 och för Svealand sommarvärden på 0,82. Motsvarande värden för en linjär funktion blir 0,62 och 0,55 för vinter och sommar värden. En polynomfunktion beskriver således trenderna i data bättre än en linjär funktion. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

## Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

Ammoniak har en mycket hög depositions hastighet mot mark och växtlighet, vilket gör att effekterna av utsläpp påverkar lufthalterna huvudsakligen inom korta avstånd. Detta gör att variationerna i lufthalterna av ammoniak blir mycket stora, såväl mellan olika månader och år som mellan olika platser. Det är därför svårt att göra statistik och trendanalyser av NH<sub>3</sub>-halter.

I Figur 10 visas, baserat på månadsmätningar, maximalt uppmätta månadshalter av NH<sub>3</sub>, under sommaren respektive vintern, för Edeby. Halter visas endast för länet, eftersom halterna varierar kraftigt över södra och mellersta Sverige. De årliga maximala halterna av NH<sub>3</sub> som uppmätts i länet visar möjligen en svag tendens till att öka. Även för Östergötlands och Kalmar län har de maximalt uppmätta halterna för NH<sub>3</sub> ökat på senare år.

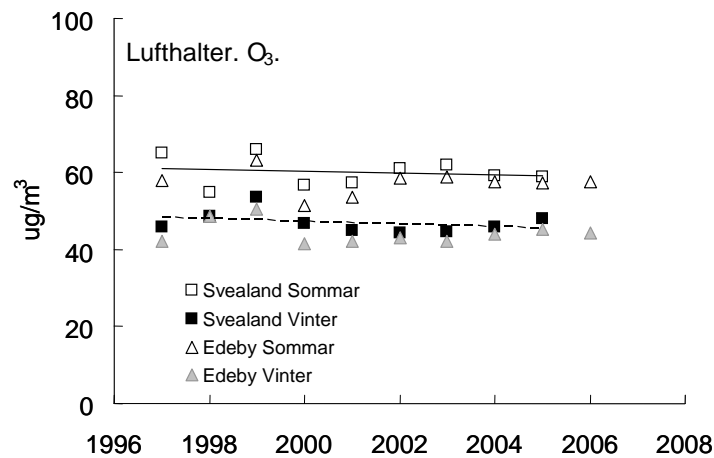


**Figur 10.** Lufthalter av ammoniak för Södermanlands län, som årliga maximala värden uppdelat på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar vid en mätplats i länet, Edeby. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

### Marknära ozon (O<sub>3</sub>)

Marknära ozon är en sekundär luftförorening, som bildas nära marken genom en serie kemiska reaktioner som drivs av energin från solljuset. De viktigaste utgångsämnen för ozonbildning är kväveoxider (NO<sub>x</sub>) och flyktiga organiska kolväten (VOC). Förekomsten av ozon i Sverige nu och i framtiden beror av flera storskaliga förändringar. Utsläpp av höga halter av ozonbildande ämnen ifrån kontinental Europa och Storbritannien kan under vissa väderförhållanden transporteras i väl sammanhållna luftmassor till Sverige. Om det råder soligt väder under transporten och över Sverige ger detta upphov till dagar med mycket höga ozonhalter, så kallade ozonepisoder. Genom de beslut om utsläpps begränsningar som tagits inom konventionen om långväga transporterade luftföroreningar (LRTAP) samt inom EU, förväntas frekvensen av ozonepisoder över Sverige minska i framtiden. De samlade utsläppen av flyktiga organiska kolväten från EU har minskat med mer än 50 % sedan 1980, medan den andra viktiga ämnesgruppen för ozonbildning, NO<sub>x</sub>, som redan nämnts minskat i mindre utsträckning, ca 30 %. Samtidigt sker en höjning av bakgrundshalterna av ozon över hela norra halvklotet. Orsakerna till denna höjning är antropogena utsläpp av ozonbildande ämnen som transporteras över hela norra halvklotet genom interkontinental transport. Ozon har därmed blivit ett delvis globalt problem och det har beräknats att ca en tredjedel av den ozonbildning som sker över södra Sverige beror av utsläpp av ozonbildande ämnen över Nordamerika och Sydostasien (Derwent m.fl., 2004). Ozonförekomsten i södra och norra Sverige är till olika del beroende av ozonepisoder respektive bakgrundshalter och uppvisar därför lite olika trender.

Ozonhalterna som medelvärde för Edeby ligger något lägre jämfört med medelvärden för Svealand i stort (Figur 11). Halterna är svagt minskande under perioden 1997-2005 för Svealand i stort.



**Figur 11.** Lufthalter av ozon som medelvärde för Södermanlands län och som medelvärde för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelat på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Södermanland, Edeby, och fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Edeby utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1997-2005 för Svealand sommarhalvår (heldragen linje, minskning 0,2 µg/m<sup>3</sup> årligen) och Svealand vinterhalvår (streckad linje, minskning 0,3 µg/m<sup>3</sup> årligen). Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

## Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljö kvalitetsmål

Mätningarna av nedfall, markvattenkemi och lufthalter inom Krondroppsnätet är viktiga för att följa upp i vilken utsträckning nationella och internationella beslut om minskade emissioner leder till minskat nedfall samt minskade halter i luften, och om detta i så fall återspeglas i markvattenkemin. För att kunna utgöra en bas för nationell och regional miljömålsuppföljning krävs mätningar med minst den omfattning som finns i programmet 2007-2010. Uppföljning av nationella såväl som regionala miljö kvalitetsmål kräver även kartläggningar med högre geografisk upplösning, samt ibland även kartläggning av andra indikatorer än de som mäts. Detta kan lösas med hjälp av olika typer av modellering. En annan fördel med modeller är att de kan användas för att göra jämförande studier av olika framtida trender vid olika scenarier för nedfall, skogsbruk och klimat, vilket kan utgöra ett bra underlag för beslut om framtida emissionsminskningar samt underlag för rådgivning beträffande skogsbruksmetoder. På nationell nivå har denna typ av modellering gjorts (t.ex. Naturvårdsverket, 2007a och b, Zetterberg m.fl., 2006) och underlaget för de nationella modelleringarna är ofta genomförda med tillräckligt hög geografisk upplösning så att det är användbart även på regional nivå.

I detta kapitel presenteras metodik och resultat från modelleringsansatser på nationell nivå och på regional nivå i Södermanlands län inom miljö kvalitetsmålen "Bara Naturlig Försurning" och "Ingen Övergödning", samt en beskrivning av pågående metodutveckling för miljö kvalitetsmålet "Friske Luft". För varje miljö kvalitetsmål finns nationella och regionala delmål samt indikatorer. Indikatorerna visar förändringar av parametrar som är viktiga för uppföljningen av miljö kvalitetsmålen och dess delmål. Dessutom finns nationella målformuleringar för samtliga miljö kvalitetsmål med avseende på vad målet bör innebära inom tidsperspektivet en generation. Samtliga modellerade parametrar som presenteras här har en direkt eller indirekt koppling till något av delmålen, indikatorerna eller generationsperspektivet för något av de tre här ovan nämnda miljö kvalitetsmålen.

Modelleringarna ska ses som exempel på vad som kan göras och modelleringsansatserna är tänkta att utvecklas i samråd mellan IVL, Länsstyrelserna och Luftvårdsförbunden under den fyraåriga programperioden. En samordning kan även med fördel göras med de nationella modelleringsansatserna under denna period.

## Bara naturlig försurning

Miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* lyder:

*"De försurande effekterna av nedfall och markanvändning skall underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen skall heller inte öka korrosionshastigheten i tekniska material eller kulturföremål och byggnader."*

De parametrar som belyses i denna rapport beträffande Bara naturlig försurning presenteras i Tabell 1, liksom kopplingen till delmål, indikator eller mål inom generationsperspektivet. I flera fall kopplar parametrarna till flera olika delmål, indikatorer och generationsperspektivformuleringar, och i de fallen omnämns de som bedöms passa bäst in på parametrarna.

**Tabell 1.** Översikt över modellerade parametrar inom miljömålet Bara naturlig försurning.

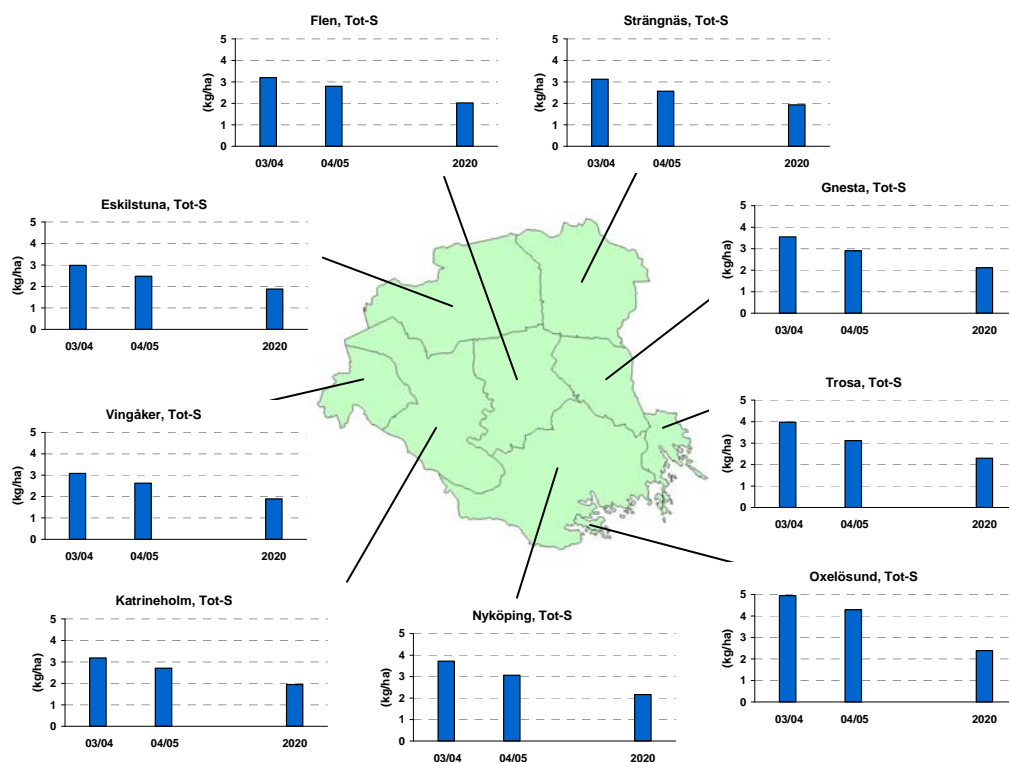
Modellerad parameter	Upplösning	Delmål/Indikator/Generationsperspektiv
Deposition av S, nu och 2020	kommun	Indikator: Nedfall av svavel
Deposition av N, nu och 2020	kommun	Indikator: Nedfall av kväve
Överskridande av kritisk belastning i skogsmark, nu och 2020	nationell, regional	Generationsperspektivet: Depositionen av försurande ämnen överskrider inte den kritiska belastningen för mark och vatten.
Antropogent försurade sjöar nu och 2020	nationell, regional	Regionalt delmål: Försurning av sjöar
Skogsbrukets försurningspåverkan	nationell	Generationsperspektivet: Markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet

### **Deposition av svavel och kväve, nu och 2020**

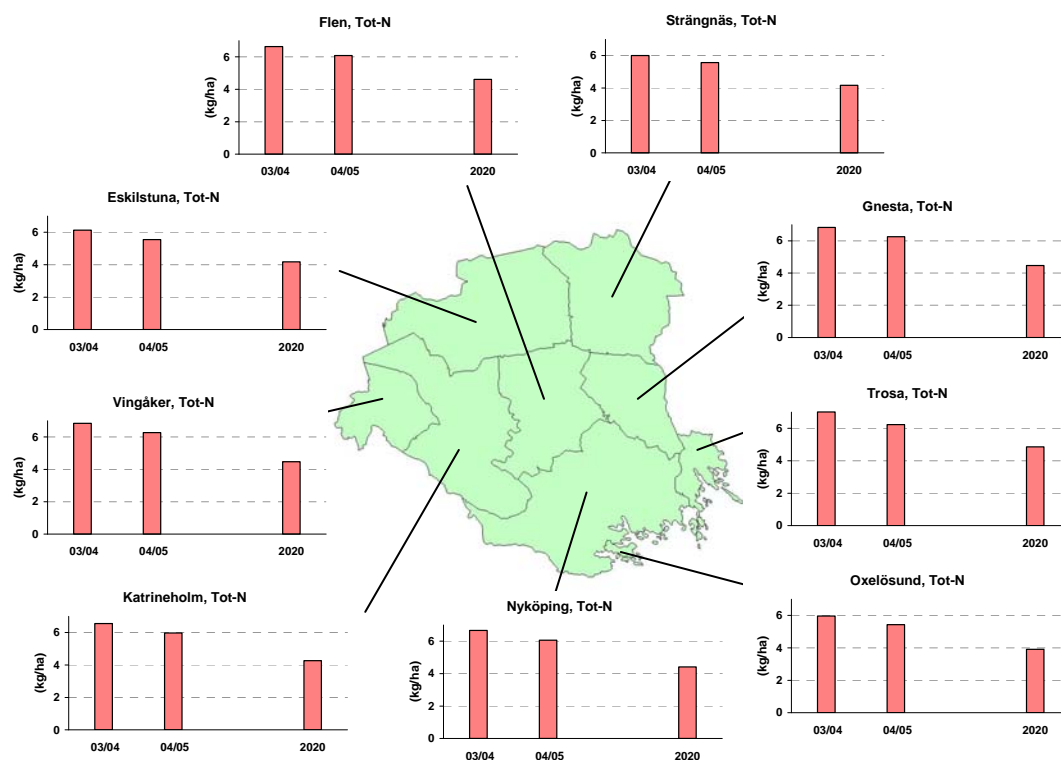
Två av de modellerade parametrarna för miljömålet "*Bara naturlig försurning*" kopplar till indikatorerna nedfall av svavel och nedfall av kväve. Nedfall av svavel och kväve baseras på beräkningar med det s.k. "MATCH-Sverige" modellsystemet som SMHI driver på uppdrag av Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning (Persson m.fl., 2004). I detta spridningsmodellssystem 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. Baserat på dessa nationella beräkningar (20x20 km) har SMHI, i samarbete med Krondroppsnätsprogrammet, utvecklat en beräkningsmetodik med en högre geografisk upplösning (5\*5 km). Depositionsdata i denna upplösning är anpassad till markanvändning och nederbörd inom respektive 5\*5 km ruta. Med hjälp av oberoende mätdata från Krondropps nätet kan ytterligare förfiningar göras av beräkningarna inom "MATCH-Sverige"-modellen. Data från Krondropps nätet är därför viktiga för den kontinuerliga modellutvecklingen, dels som ett oberoende dataset att utvärdera mot, dels för att utveckla modellen med avseende på torrdeposition till skog.

Kommunvis deposition har tagits fram genom att beräkna medelvärdet för de rutor som ingår i respektive kommun. Detta har gjorts för svavel och kväve för de hydrologiska åren 2003/2004 och 2004/2005, som för närvarande är de år där modelldata från SMHI finns tillgängliga i denna form, se Figur 12 & 13. Data finns även för tidigare år, men på grund av modellförändringar är inte dessa data direkt jämförbara. Beräkningar har även gjorts för 2020 enligt depositionsscenarioet CLE, Current legislation, som är ett slags basscenario som utgår från dagens beslut om minskade utsläpp inom Europa.

Nedfallet (våt- och torrdeposition) av svavel beräknades till mellan 2,5 och 5 kg per hektar och år i Södermanlands kommuner. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 2 - 2,5 kg per hektar till år 2020. Depositionen av kväve beräknades till mellan 5,5 och 7 kg per hektar. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 4 - 5 kg per hektar till år 2020. Nedfallet går inte att direkt jämföra med uppmätt nedfall i Krondroppssystemerna, eftersom det modellerade nedfallet är ett medelvärde för en hel kommun medan Krondroppsmätningarna gäller en specifik yta, med specifika exponeringsegenskaper. Dessutom är den modellerade depositionen ett medelvärde för de markanvändningsslag som ingår i kommunen, medan nedfallet gäller antingen skog eller öppet fält. När det gäller kväve är det även viktigt att komma ihåg att modelleringen ger totaldepositionen av kväve medan krondroppsmätningarna visar på totaldepositionen minus det som interncirkuleras i trädkronan.



**Figur 12.** Svavelnedfall på kommunnivå i Södermanlands län under de hydrologiska åren 2003/04, 2004/05 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.



Figur 13. Kvävenedfall på kommunnivå i Södermanlands län under de hydrologiska åren 2003/04, 2004/05 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.

## Överskridande av kritisk belastning skogsmark, nu och 2020

### Konceptet Kritisk belastning för försurning av skogsmark

Miljömålsbeskrivningen anger att Miljökvalitetsmålet "Bara naturlig försurning" i ett generationsperspektiv bör innebära följande: "Depositionen av försurande ämnen överskrider inte den kritiska belastningen för mark och vatten." Kritisk belastning för aciditet är den maximala försurande deposition ett ekosystem tål. För att beräkna kritisk belastning krävs:

- att en indikator för ekosystemet identifieras, det vill säga ett djur eller en växt som används som måttstock för ekosystemet,
- att ett kriterium definieras för indikatorn, det vill säga en mätbar parameter som relaterar till indikatorns status, samt
- att en kritisk gräns sätts för kriteriet, som relaterar till vad indikatorn tål.

Kritisk belastning beräknas därefter som den maximalt tillåtna deposition som kan tillåtas för att kriteriet ska uppfyllas. Nationella beräkningar av kritisk belastning görs för skogsmark och sjöar. I denna rapport presenteras resultat för skogsmark.

För skogsmark utgör träd indikatorn, kriteriet är kvoten mellan baskatjoner (Ca, Mg och K) och oorganiskt aluminium i markvatten i rotzonen, och den kritiska gränsen definieras som att kvoten måste vara minst 1. Det innebär att den lägsta deposition som leder till att kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium (baserat på enheten mol) underskrider 1 är den kritiska belastningen för aciditet. Det är viktigt att komma ihåg att överskridandet av den kritiska

belastningen beräknat på detta sätt enbart visar på huruvida nedfallet är högre än vad den valda indikatorn, i detta fall trädet, tål på lång sikt. Olika ekosystem och olika indikatorer kan tåla olika mycket. Metodiken finns utförligt beskriven i den fördjupade utvärderingen av miljökvalitetsmålet "Bara naturlig försurning" (Naturvårdsverket, 2007b).

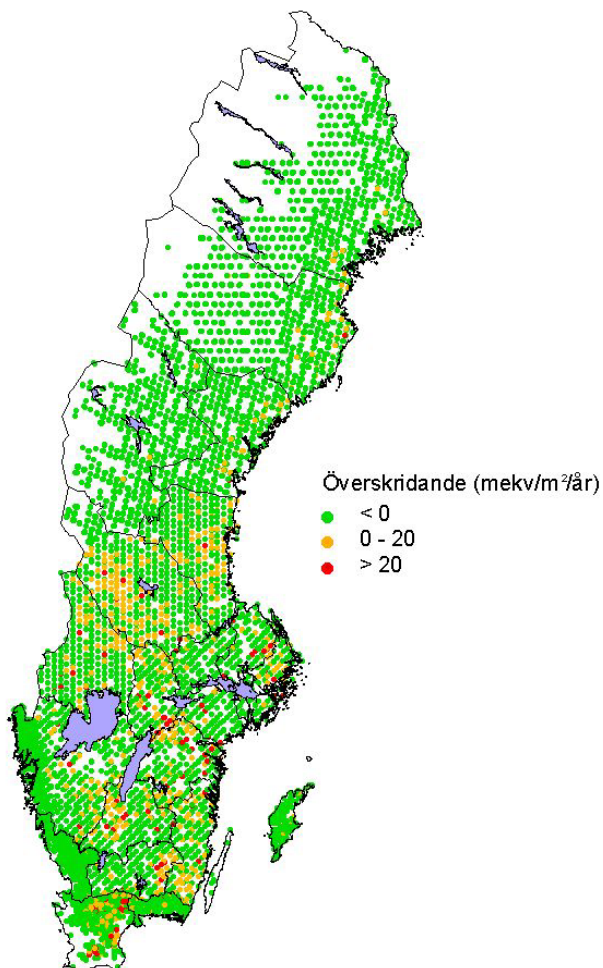
### **Beskrivning av beräkningsmodellen**

Överskridande av kritisk belastning för aciditet (försurning) i skogsmark har beräknats i nationell skala (Naturvårdsverket, 2007b), på 16 106 ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) med PROFILE-modellen (Sverdrup & Warfvinge, 1993). PROFILE-modellen är en statisk modell, vilket innebär att kritisk belastning beräknas utifrån nuvarande nedfall, och ingen försurningshistorik finns därmed med. Den säger heller inget om när negativa effekter kommer att uppstå om den kritiska belastningen överskrids, eller om markerna återhämtar sig helt och hur lång tid det i så fall tar i områden där den kritiska belastningen inte överskrids. För att kunna göra denna typ av bedömningar krävs dynamiska markmodeller, t.ex. ForSAFE-VEG (Wallman, m.fl., 2004, Belyazid, m.fl., 2006), där depositionshistoriken är indata i modellen och modellresultatet visar på tidsutvecklingen i framtiden. Dessa modeller kräver mer indata, men körningar med de enklare modellerna kan med fördel kompletteras med körningar med dynamiska modeller på ett begränsat antal ytor, för att få en mer fullständig bild av försurningsläget.

Beräkningarna med PROFILE har gjorts med antagandet att enbart stammar skördas, inte grenar och toppar. Inför den fördjupade utvärderingen 2007 gjordes en noggrann genomgång av metodiken. En viktig förändring, jämfört med tidigare års beräkningar, var att ett rotviktat medelvärde för kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium användes, i stället för att som tidigare använda den lägsta kvoten oavsett jordlager. Detta medför att den kritiska belastningen idag beräknas vara högre, och överskridandet lägre, jämfört med tidigare beräkningar. Många ytor har ett nedfall som är nära den kritiska belastningen, och små förändringar i beräkningarna kan därmed leda till stora skillnader i bedömningen av andelen ytor som överskrids.

### **Resultat för Sverige och Södermanlands län**

Nationellt överskrids den kritiska belastningen på 13 % av skogsmarken baserat på medeldepositionen för 2003-2005. År 2020, enligt CLE-scenariet, överskrids den kritiska belastningen enbart på 1 % av skogsmarken. I södra Sverige finns fler ytor med överskridande än i norra Sverige (Figur 14). I Södermanland, där 297 ytor modellerats, överskrids den kritiska belastningen på 15 % av skogsmarken, vilket är något mer än genomsnittet för landet. Störst andel skogsmark med överskridande finns i västra delen av länet. År 2020, överskrids den kritiska belastningen på 5 % av skogsmarken i länet, enligt CLE-scenariet.



Figur 14. Överskridande av kritisk belastning i skogsmark i Sverige på ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS).

### **Antropogent försurade sjöar nu och 2020**

Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket, 2008) är sjöar antropogent försurade om deras pH-värde minskat med minst 0,4 enheter sedan förindustriell tid. Detta kan bedömas med hjälp av MAGIC-modellen (Cosby, m.fl., 2001) eller med MAGIC-biblioteket ([www.ivl.se/magicbibliotek](http://www.ivl.se/magicbibliotek)) som baseras på befintliga modelleringar med MAGIC-modellen på några hundra sjöar i Sverige. För detta krävs sjökemidata från någon tidpunkt, t.ex. från en Riksinventering. Bedömningar har gjorts för 2007 samt för CLE-scenariet för 2020. Målåret för delmålet är 2010, men här valdes att presentera resultat för 2020, för att täcka in en längre tidsperiod.

Resultatet för Sverige och Södermanlands län visas i Figur 15. Figuren visar resultat från modelleringar med MAGIC samt från bedömningar med MAGIC-biblioteket baserat på provtagningar från två Riksinventeringar, 2000 och 2005. I de fall där en sjö provtagits i båda Riksinventeringarna har resultat från den senaste använts i kartan. En skillnad mellan Riksinventeringarna är att i Riksinventeringen 2005 ingår sjöar som är större än 1 ha, medan i Riksinventeringen 2000 ingår endast sjöar som är större än 4 ha. Sjökemin är starkt beroende av årets hydrologiska förhållanden, vilket påverkar försurningsbedömningen, så skillnader i resultaten kan delvis bero på det. I Sverige finns totalt 810 sjöar som är modellerade med MAGIC-modellen,

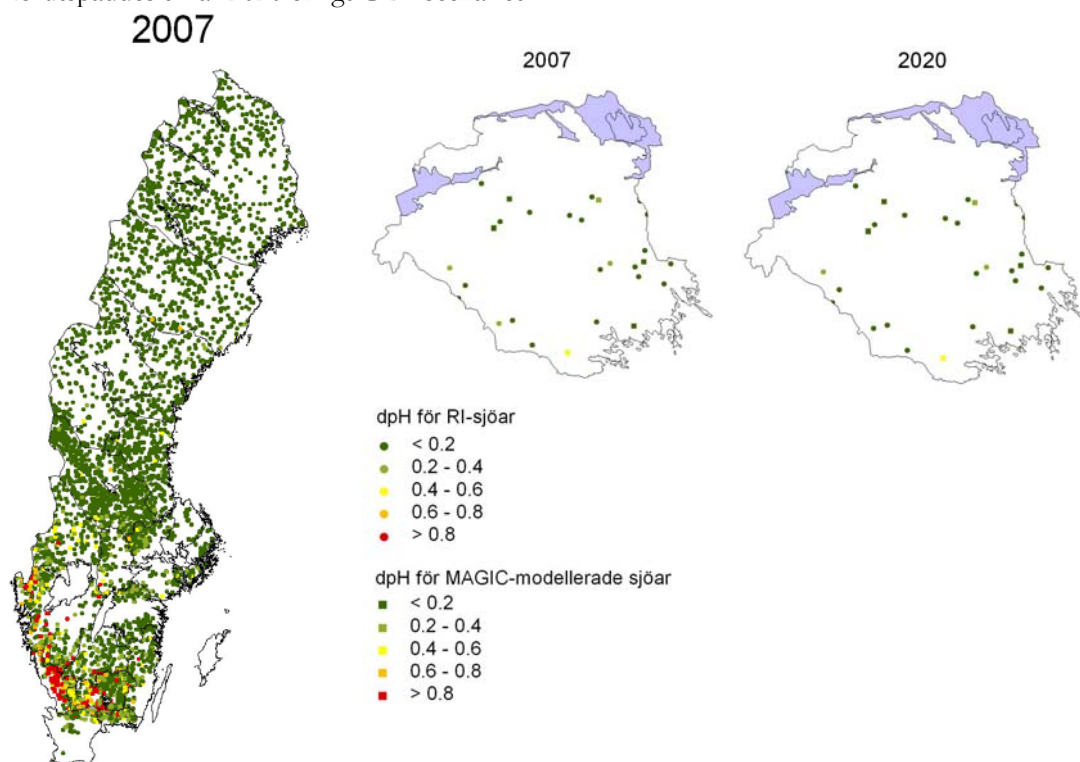


3464 som är bedömda med MAGIC-biblioteket enligt Riksinventeringen 2000 och 2876 enligt Riksinventeringen 2005. Andelen antropogent försurade sjöar år 2007 beräknades till 4,2 % vid bedömningen baserad på Riksinventeringen 2000 och 3,4 % vid bedömningen baserad på Riksinventeringen 2005. Motsvarande andelar år 2020 bedöms bli något lägre, 3,8 % respektive 2,9 %. Andelen sjöar med större pH-förändring än 0,4 är störst i sydvästra Sverige och avtar snabbt åt nordost.

Ett av de regionala delmålen för Södermanlands län i Bara naturlig försurning lyder:

*"År 2010 skall högst 5 % av antalet sjöar i Södermanlands län vara drabbade av försurning som orsakats av människan."*

I Södermanlands län finns 6 sjöar som är modellerade med MAGIC-modellen, 33 som är bedömda med MAGIC-biblioteket enligt Riksinventeringen 2000 och 41 enligt Riksinventeringen 2005. Andel försurade sjöar i Södermanlands län beräknades dels baserat på bedömningar med MAGIC-biblioteket enligt Riksinventeringen 2000 och dels enligt Riksinventeringen 2005. Eftersom inte alla sjöar i länet är bedömda har en viktning gjorts, där varje bedömd sjö har viktats med avseende på hur många av länets sjöar den kan antas representera. Andelen antropogent försurade sjöar i Södermanlands län år 2007 beräknades till 9 % baserat på Riksinventeringen 2000 och 0 % baserat på Riksinventeringen 2005. Detta är i nivå med delmålet på 5 %, men antalet sjöar som beräkningarna baseras på är få, vilket innebär en stor osäkerhet. Ingen förändring av andelen förutspåddes till år 2020 enligt CLE-scenariet.



**Figur 15.** pH-förändring sedan förindustriell tid (dpH) i sjöar 2007 och 2020 (enligt CLE-scenariot), baserat på MAGIC. Fyrkanterna är sjöar modellerade med MAGIC-modellen, medan cirklarna är sjöar inom Riksinventeringarna som är bedömda enligt MAGIC-biblioteket, d.v.s. sjöar som inte är modellerade, utan jämförda med liknande modellerade sjöar. I de fall där en sjö är bedömd både baserat på Riksinventeringen 2000 och Riksinventeringen 2005 är det den senare som använts i kartan.

### **Skogsbrukets försurningspåverkan**

När skogen tar upp näringsämnen från marken, främst i form av positivt laddade joner, sker en tillförsel av vätejoner till marken. Detta innebär att marken försuras kontinuerligt medan trädet växer. I naturliga system, där ingen biomassa skördas, sker så småningom nedbrytning av biomassan som leder till neutralisering av syran som orsakades av tillväxten. Vid skörd av stammar, och ibland även av grenar, toppar, barr och stubbar, blir däremot försurningen bestående.

Miljömålsbeskrivningen anger att Miljökvalitetsmålet "*Bara naturlig försurning*" i ett generationsperspektiv bör innebära att "Markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet". Inom den fördjupade utvärderingen för miljömålet "*Bara naturlig försurning*" (Naturvårdsverket, 2007b) har skogsbrukets bidrag till försurningen kvantifierats och jämförts med bidraget från försurande nedfall. Detta gjordes på drygt 10 000 gran- och talltytor inom Riksinventeringen för skog (RIS). Enbart kvävenedfallet som inte tas upp av skogsekosystemet, utan lakas ut, antogs vara försurande. Beräkningarna visar att skogsbrukets bidrag vanligtvis är mellan 30 och 70 %. Den högre siffran gäller då inte bara stam utan även grenar och toppar skördas, vilket leder till större baskatjonförluster. Både depositionen och skogsbruket försurar mer i söder än i norr, eftersom både nedfallet och tillväxten är högre i söder. Skogsbrukets bidrag är störst i sydost, där tillväxten är hög och nedfallet lägre än i sydväst.

### **Syntes av försurningsparametrarna**

Kartläggningen av antropogent försurade sjöar i Sverige visar en tydlig gradient med störst andel försurade sjöar i sydväst. Överskridande av kritisk belastning i skogsmark visar att det generellt finns större areal med överskridande i södra halvan av Sverige än i norra halvan men den östvästliga gradient som finns för sjöar i södra Sverige finns inte för skogsmark. Tvärtom finns färre ytor med överskridande av kritisk belastning för skogsmark i Halland och f.d. Göteborgs och Bohus län än i de centrala och östra delarna av Götaland.

Beräkningarna för Södermanlands län visar på ett litet kvarstående försurningsproblem. Den kritiska belastningen för skogsmark överskrids på 15 % av skogsmarken i länet med nuvarande deposition, vilket minskar till 5 % om nedfallet sjunker enligt beräkningar med CLE-scenariet. Andelen försurade sjöar var enligt beräkningarna relativt låg, upp till 9 %. Vid tolkning av resultaten för skog och sjöar är det viktigt att notera att beräkningarna för skog och sjöar skiljer sig åt konceptuellt, framför allt i tre avseenden:

- Beräkningarna för skog avser framtida risker, om det försurande nedfallet antas vara konstant på nuvarande nivå eller nivån för 2020, medan beräkningarna för sjöar avser läget vid en specifik tidpunkt, nu eller 2020.
- Beräkningarna för skog gäller rotzonen, men vid beräkningarna för sjöar har även djupare jordlager stor betydelse.
- Beräkningarna för skog baseras på kvoten mellan baskatjoner och aluminium i rotzonen medan beräkningarna för sjöar gäller en pH-förändring i sjön.

Även om resultaten inte är direkt jämförbara på grund av olikheterna i antagandena ovan är det intressant att studera resultaten tillsammans, och en grundligare jämförelse bör därför göras. Havssaltsdepositionen, som avtar snabbt i storlek med avståndet från havet, har en direkt påverkan på kriteriet för skogsmark, kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium i markvatten, och kan påverka ytliga jordlager (rotzonen), djupare jordlager och ytvatten på olika sätt. Denna effekt bör utredas närmre. Resultaten för sjöar och mark bör även jämföras med kritisk belastning för

sjöar samt mätningar av tillståndet idag, t.ex. markvattenkemi från Krondroppsnätet och markkemi från Riksinventeringen för skog, för att öka förståelsen för kopplingen mellan försurning av mark och vatten.

Skogsbrukets bidrag till försurningen är påtagligt och det är viktigt att ha en helhetssyn när det gäller försurningsfrågan, som både inkluderar luftföroreningar och skogsbruk.

## Ingen övergödning

Risken med förhöjd kvävebelastning kan delas upp i två delar, risken för förändringar i markvegetationens sammansättning och biodiversitet samt risken för förhöjd utlakning av kväve till yt- och grundvatten. Påverkan på markvegetationen sker vid en lägre deposition jämfört med risken för förhöjd utlakning. I delar av Sverige där nedfallet varit förhållandevis lågt är kväveriskerna främst kopplade till markvegetationens sammansättning och biodiversitet, medan fokus i de sydvästliga delarna av Sverige är på risken för utlakning, eftersom dessa delar under en lång tid har haft en hög deposition och förändringar av markvegetationen har därför i många fall redan skett. De parametrar som belyses i denna rapport beträffande "*Ingen övergödning*" presenteras i Tabell 2, liksom kopplingen till delmål, indikator eller mål inom generationsperspektivet.

**Tabell 2.** Översikt över modellerade parametrar inom miljömålet "*Ingen övergödning*".

Modellerad parameter	Upplösning	Delmål/Indikator/Generationsperspektiv
Deposition av N, nu och 2020	kommun	Indikator: Tillförsel av kväve till kusten
Kväveackumulering	nationell, regional	Indikator: Tillförsel av kväve till kusten. Generationsperspektivet: Skogsmark har ett näringstillstånd som bidrar till att bevara den naturliga artsammansättningen.

### **Deposition av kväve, nu och 2020**

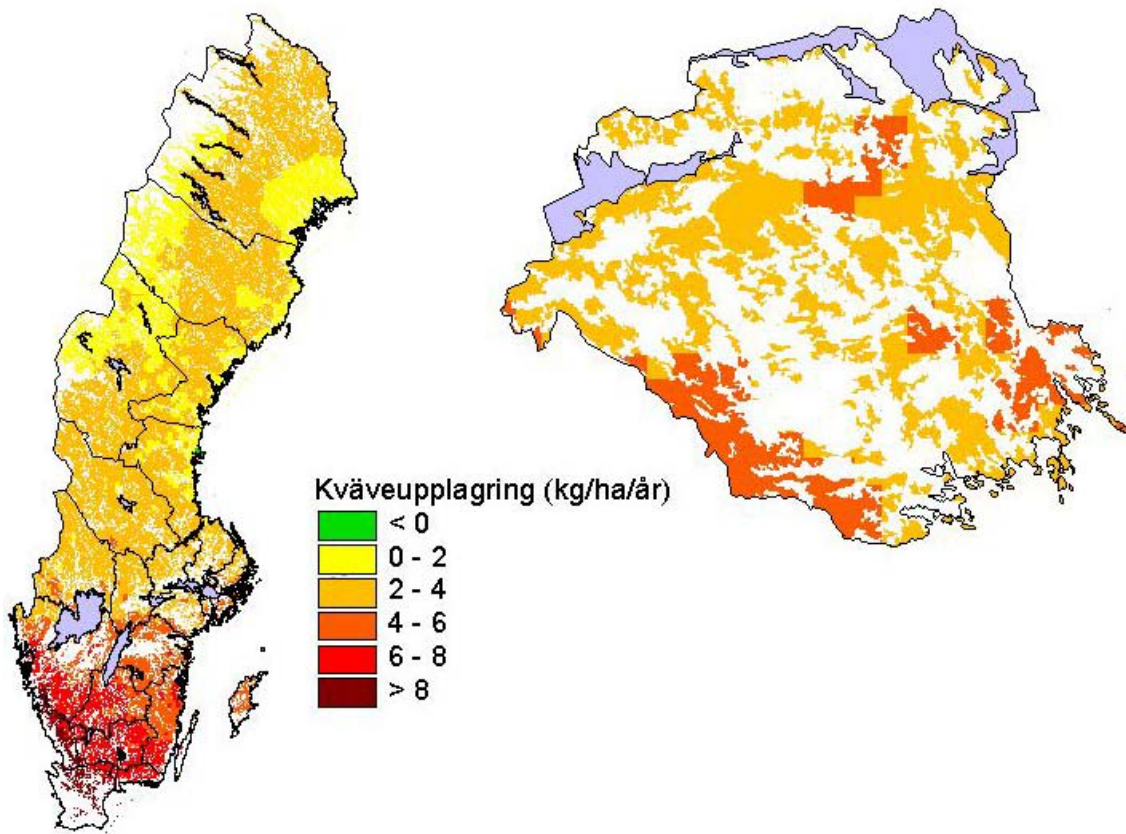
Hög kvävedeposition kan bidra till övergödning av haven, dels genom direkt deposition på sjöar och hav, dels genom avrinning från marken. Kvävedeposition är därför en viktig del vid uppföljning av indikatorn Tillförsel av kväve till kusten. Depositionen av kväve på kommunnivå har presenterats under "*Bara naturlig försurning*" (Figur 13), och kommenteras där.

### **Kväveackumulering**

Kväveackumulering i skogsmark kan utgöra en viktig del vid uppföljning av indikatorn Tillförsel av kväve till kusten och kopplar även till formuleringen att skogsmarken i ett generationsperspektiv ska ha "ett näringstillstånd som bidrar till att bevara den naturliga artsammansättningen". Kväveackumulering innebär en risk för förändringar i vegetationens sammansättning och hög kväveackumulering innebär även en risk för förhöjd utlakning av kväve till ytvatten. Eftersom skogsmark täcker så stor del av landytan i Sverige skulle en förhöjd utlakning kunna bidra påtagligt till kvävetillförseln till kusten. Kväveackumulering i skogsekosystemet kan beräknas som flöde in i systemet minus flöde ut ur systemet (Akselsson & Westling, 2005). Interncirkulationen av kväve i systemet, det vill säga utbyte mellan mark och vegetation, räknas inte med i denna typ av massbalans, utan endast det kväve som tillförs till systemet eller bortförs från systemet. Formeln som använts i beräkningarna som presenteras här, och som gäller väl-dränerad skogsmark, lyder:

$$\text{Ackumulering} = \text{Nedfall} + \text{Fixering} - \text{Utlakning} - \text{Skördeförluster}$$

Denitrifikationen har försumrats i och med att beräkningarna gäller enbart väl-dränerad skogsmark. Beräkningar har gjorts för ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) och resultatet har därefter interpolerats till rutor på 5\*5 km. Figur 16 visar kväveackumulering i granskog vid stamuttag, baserat på 5600 granytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) i Sverige.



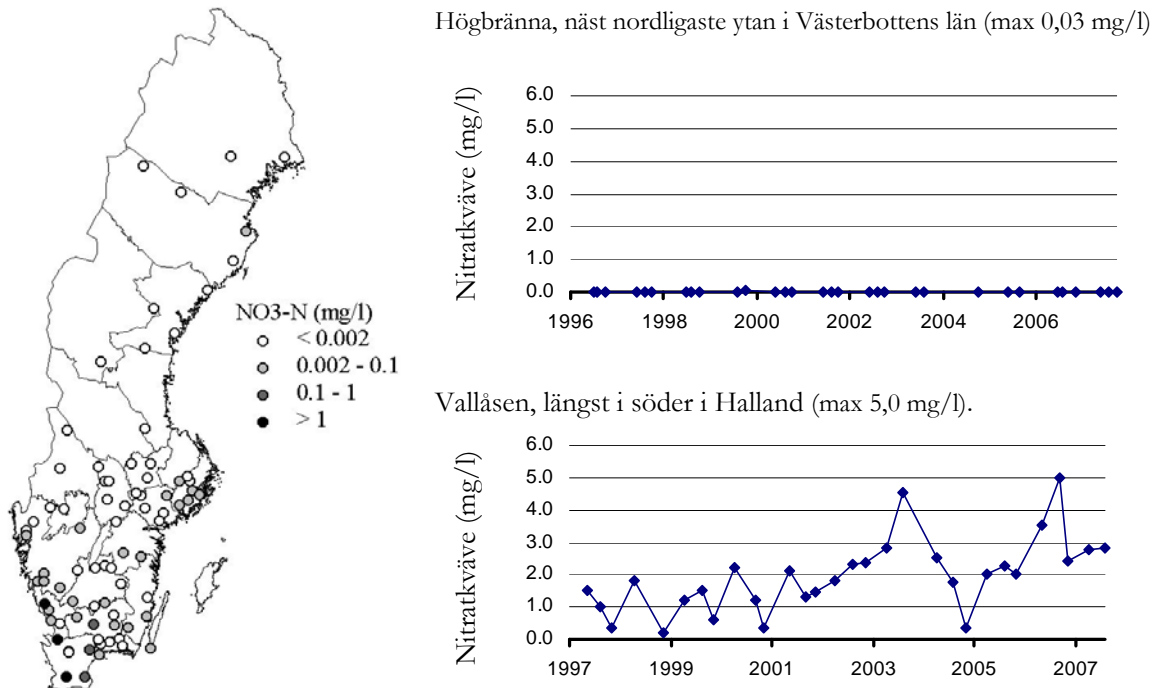
**Figur 16.** Kväveackumulering i granskog i Sverige och i Södermanland. Färgade områden är alla typer av skogsmark medan vita områden är mark med annan markanvändning. Kväveupplagringen som anges gäller enbart granskog.

Kväveackumuleringen är högst i sydvästra Sverige, där kvävenedfallet är störst. Skåne och Halland är de län där det ackumuleras mest med upp till 10 kg kväve per hektar och år. I norra delarna av Sverige är ackumuleringen låg, på många håll under 2 kg per hektar och år. I Södermanland varierar kväveackumuleringen mellan 3 och 5 kg per hektar och år.

Halten av nitratkväve i markvatten är generellt mycket låg i skogsmark, ofta under detektionsgränsen 0,002 mg/l, men i sydvästra Götaland finns flera exempel inom Krondropps nätet på hög frekvens av kraftigt förhöjda halter i markvattnet (Figur 17). I övriga delar av Götaland, samt i delar av Svealand, finns fler exempel på halter över detektionsgränsen än i norra Sverige, men förhöjningarna är vanligtvis mycket små. I Figur 17 visas två exempel på tidsserier med nitrathalter i markvatten i Sverige. En av ytorna med hög frekvens av kraftigt förhöjda halter, Vallåsen, har valts i södra Sverige och en yta med generellt mycket låga halter, Högränna, har valts i norra Sverige.

Båda de aktiva ytorna i Södermanland, Edeby och Knutsta har uppvisat mycket låga halter av nitratkväve, endast i undantagsfall har halterna varit förhöjda, och i dessa fall har förhöjningen varit

liten. Nedfallsnivåerna i länet är dock tillräckligt höga för att kunna förändra markvegetationens sammansättning enligt gödslingsförsök i norra Sverige, där bakgrundsdepositionen är låg (Nordin, m.fl., 2005).



**Figur 17.** Medianvärde för nitratkväve i markvatten de tre senaste hydrologiska åren i Krondroppsnätets skogsytor, förutom de som är kraftigt stormdrabbade och därmed har störd kvävestatus på grund av det (t.v.) och tidsutvecklingen för nitratkväve i markvatten i en yta i norr, Högrädda och en längst i söder, Vallåsen (t.h.).

## Frisk luft

Miljö kvalitetsmålet *Frisk luft* lyder:

*"Luften skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas."*

Utifrån ovanstående definition av miljömålet har man satt upp delmål och långsiktiga mål för olika lufthalter. Ett urval av dessa visas i Tabell 3.

Det finns även delmål och långsiktiga mål för olika lufthalter inom Miljö kvalitetsnormerna, varav de halter som bör uppnås för ozon nära marken visas i Tabell 4. Vad gäller kväveoxider anges att i områden som ligger minst 20 km från en storstad alternativt 5 km från annan bebyggelse, industrianläggning eller motorväg får årsmedelvärdet inte överskrida  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Svaveldioxid får i dessa områden inte överskrida  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , varken som års- eller vintermedelvärde.

**Tabell 3.** Miljökvalitetsmålet *Frisk Luft*. Ett urval av dess delmål och långsiktiga mål samt föreslagna förändringar. Mål som grundar sig på maximala timvärden har utelämnats.

Ämne	Delmål	Regeringens långsiktiga mål	Föreslagna förändringar, ännu ej beslutade
Svavel-dioxid (SO <sub>2</sub> )	Halten 5 µg/m <sup>3</sup> som årsmedelvärde skall vara uppnådd i samtliga kommuner 2005		Målet föreslås utgå eftersom det är uppnått.
Kväve-dioxid (NO <sub>2</sub> )	Halten 20 µg/m <sup>3</sup> som årsmedelvärde för NO <sub>2</sub> skall i huvudsak underskridas år 2010		
Marknära ozon (O <sub>3</sub> )	Halten marknära ozon skall inte överskrida 120 µg/m <sup>3</sup> som 8-timmarsmedelvärde år 2010.	Halterna som inte bör överskridas är 70 µg/m <sup>3</sup> som 8-timmarsmedelvärde och 50 µg/m <sup>3</sup> som medelvärde för sommarhalvåret	Som reviderat delmål föreslås att det maximala 8-timmarsmedelvärdet inte skall överstiga 100 µg/m <sup>3</sup> mer än 35 dagar årligen som medelvärde under tre år. Målvärdet för sommarhalvåret föreslås utgå. Som nytt delmål för att skydda växtligheten föreslås AOT40 april-september, 20 000 µg/m <sup>3</sup> timmar som medelvärde under fem år.

**Tabell 4.** Målvärden för ozon som inte bör överskridas enligt Miljökvalitetsnormen. SFS 2007:771 Förordning (2001:527) om miljökvalitetsnormer för utomhusluft.

Målvärde för 2010		Målvärde för 2020	
Hälsa	Vegetationen	Hälsa	Vegetationen
Max 8-timmarsmedelvärde <120 µg/m <sup>3</sup> *	AOT40, <18000 µg/m <sup>3</sup> timmar, medelvärde under 5 år **	Max 8-timmarsmedelvärde <120 µg/m <sup>3</sup> *	AOT40, <6000 µg/m <sup>3</sup> timmar * **

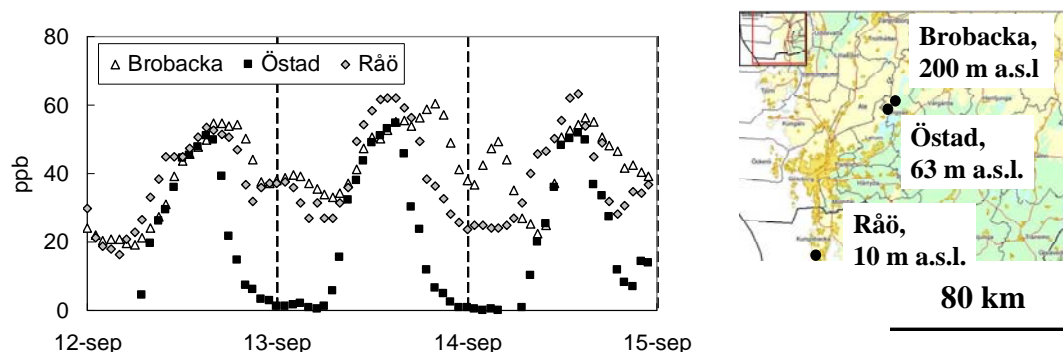
\* värdet får ej överskridas \*\* "Accumulated exposure Over a Threshold 40 ppb". Beräknas utifrån timvärden från maj till juli, mellan kl 8 och kl 20 mellaneuropeisk tid dagligen. Från varje timvärde subtraheras 80 µg/m<sup>3</sup>. Om resultatet är >0 så ackumuleras detta värde. AOT40 uttrycks som µg/m<sup>3</sup> -timmar.

Det framgår i Figurerna 8, 9 & 11 att de lufthalter som ligger i närheten av eller över befintliga målvärden är de för marknära ozon. I nedanstående text redovisas hur de månadsmedelvärden för ozonhalter som mäts inom Kronbroppsnätet kan användas för att utvärdera överskridande av vissa målvärden för ozon.

### **Beräkningar av målvärden för ozon utifrån månadsmedelvärden för koncentration**

Koncentrationen av ozon i luften nära marken vid en viss plats och vid en viss tidpunkt i landsbygdsmiljö är beroende av flera olika processer, varav de viktigaste är de storskaliga utsläppen av ozonbildande ämnen, den storskaliga meteorologin över Europa samt den lokala meteorologin vid mätplatsen. Den lokala meteorologin påverkar depositionen av ozon mot mark och vatten, såväl som den vertikala transporten av ozon från högre liggande luftlager mot luftlagren närmast marken. Ozonhalterna i luften nära marken i kustnära områden är vanligtvis relativt höga därför att nertransporten av ozon från högre liggande luftlager är effektiv på grund av mycket vind, samtidigt som depositionen av ozon mot vattenytan är relativt låg. När luftmassorna kommer in över land

ökar depositionen på grund av att depositions hastigheten mot mark och växtlighet är avsevärt högre jämfört med den mot vatten. Under dagtid är nertransporten från högre liggande luftlager fortfarande hög, vilket gör att ozonhalterna förblir relativt höga. Nattetid minskar emellertid nertransporten av ozon kraftigt i samband med lufttemperaturinversionen och medföljande stabilisering av luftlagren. Resultatet kan bli att ozonhalterna blir mycket låga nattetid för topografiskt lågt liggande platser i inlandet. Dessa förlopp illustreras med en sekvens av ozonmätningar på timbasis med instrument från tre platser i Västsverige, Figur 18.



**Figur 18.** En sekvens med mätningar av ozonhalter med instrument vid tre olika platser i Västsverige som timmedelvärden under tre dagar med högtrycksbetonat väder i september 2006. Råö är en permanent mätplats inom EMEPs nätverk, belägen ca 40 km söder om Göteborg precis vid kusten. Östads Säteri är en mätplats som drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet och Göteborgs Universitet, belägen topografiskt lågt i landskapet, ca 50 km nordost om Göteborg. Brobacka är en tillfällig mätplats, belägen på toppen av ett berg, högt över omgivande landskap, ca 8 km nordost om Östads Säteri. a.s.l. betecknar höjd över havet.

Baserat på ovan beskrivna processer har ozonförekomsten vid olika platser i landskapet delats upp i fyra olika kategorier, Tabell 5

**Tabell 5.** Definition av fyra olika kategorier av mätlokaler för marknära ozon. Modifierad från Karlsson m.fl., 2004.

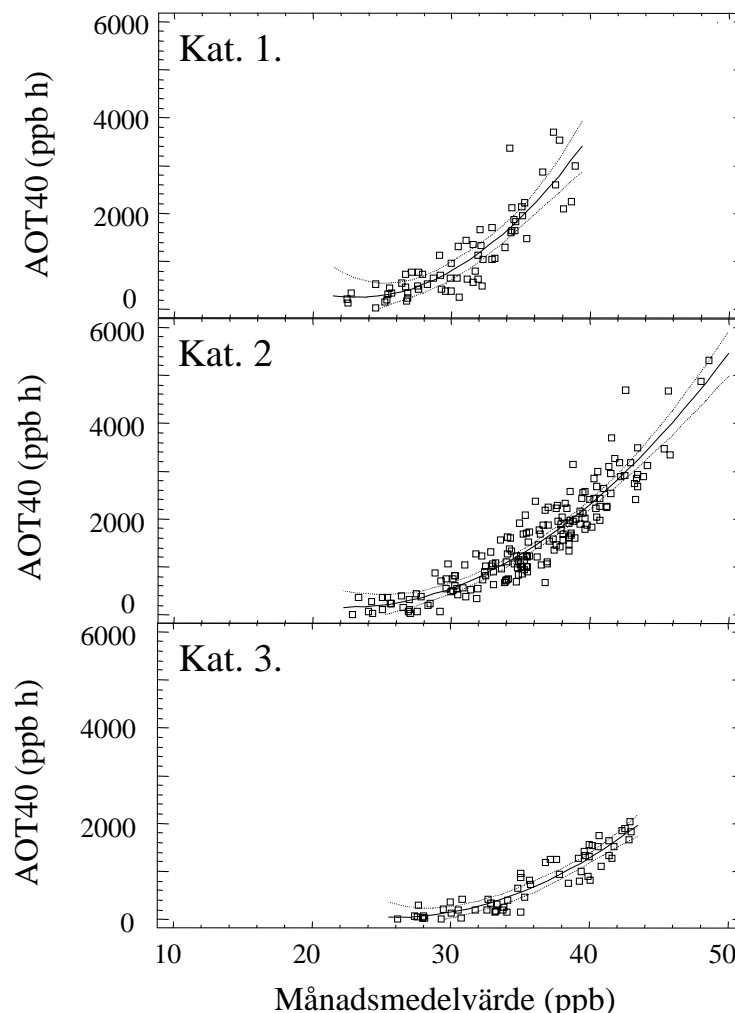
Benämning	Representerar	Skillnad i ozonhalter mellan dag och natt	Frekvens överskridanden av målvärden
Låglänta	Mätlokaler som ej är belägna utpräglat högt över omgivande landskap.	Stor	Låg
Kustnära	Mätlokaler belägna mycket nära kusten.	Relativt liten	Hög
Höglänta	Mätlokaler belägna utpräglat högt över angränsande landskap.	Relativt liten	Hög
Nordliga och öar	Alla mätlokaler belägna i Norrland samt öar.	Mycket liten	Låg

I en studie finansierad av Naturvårdsverkets miljöövervakningsenhet har IVL Svenska Miljöinstitutet utvecklat en metod för att med hjälp av månadsmedelhalter för ozon, från månadsmedelhalter mätt t.ex. med passiva provtagare, kunna kartlägga eventuella överskridanden av olika målvärden i landsbygdsmiljö (Pihl Karlsson & Karlsson, 2005). En god korrelation erhöles mellan månadsmedelvärden och AOT40, det ozonindex som används till skydd för växtligheten, för platser i landsbygdsmiljö, under förutsättning att berörda platser kunde hänföras till olika geografiska/topografiska kategorier (Figur 19). Korrelationerna mellan månadsmedelvärden och

maximalt 8-timmarsmedelvärde var sämre, jämfört med AOT40. Detta beror på att en enda ozonepisod under mätperioden är tillräckligt för att ge ett högt värde för detta ozonindex. Om gränsvärdet för det maximala 8-timmarsmedelvärdet sänks från 120 till 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kommer det att bli lättare att beräkna detta från månadsmedelvärden för ozonhalt.

Den huvudsakliga svårigheten med den utvecklade metodiken är att avgöra till vilken kategori en viss mätplats ska hänföras, t.ex. beroende på lokal topografi. Emellertid finns det en stark samvariation mellan dygnsvariationen i ozonhalter och dygnsvariationen för lufttemperaturen. Detta beror på att båda påverkas av luftens stabilitet. Mätningar av lufttemperaturen med timupplösning vid mätplatserna för ozon skulle väsentligt kunna bidra med information för att avgöra kategoritillhörighet för en viss mätplats. Dessa givare är relativt billiga och kan sitta ute hela sommarhalvåret utan tillsyn.

Möjligheterna att göra en yttäckande bedömning av överskridanden av målvärden för ozon utifrån det som beskrivits ovan, är för närvarande under utveckling, finansierat av ett flertal Länsstyrelser i södra Sverige.



**Figur 19.** Samband mellan månadsmedelhalter och AOT40 dagtid månadsvis för månaderna maj-juli för lokaler i landsbygdsmiljö, uppdelade i olika kategorier. Kat. 1, Platser belägna topografiskt lågt i inlandet; Kat. 2, Platser belägna kustnära eller topografiskt högt i inlandet; Kat. 3, Platser belägna i norra Sverige alternativt på små öar långt från land. En ppb motsvarar ca 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



## Beräknade överskridanden av målvärden för ozon i Södermanlands län

Lokalen i Edeby har tills vidare antagits vara en plats med en hög ozonbildning under dagen samt en relativt låg frekvens av nattliga temperaturinversioner, d.v.s. att dygnvariationen i ozonhalter är relativt liten (kategori 2 i Figur 19). Jämförelser görs med instrumentmätningar vid EMEP's mätstation vid ITM/EMEP's mätstation vid Aspvreten, en kustnära plats belägen i Södermanland. Aspvreten antas också tillhöra kategori 2.

Den metod som används för att beräkna AOT40 ur månadsvärden är en förenkling. Bland annat tar den inte hänsyn till mellanårsvariationer i vädret. Sommaren 2007 var relativt regnig och blåsig. Detta gjorde att uppkomsten av nattliga temperaturinversioner sannolikt var mindre frekvent än normalt och därmed att dygnvariationen i ozonhalter var mindre än normalt. Därför presenterar vi inte beräknade AOT40-värden för enskilda år utan endast som medelvärden för de senaste fem åren, i den mån data finns för alla år.

I Tabell 6 nedan kan man se att de AOT40-värden som beräknats för Aspvreten för åren 2003-2006 med den statistiska metoden baserat på månadsmedelvärden, stämmer relativt väl med de AOT40 som beräknats direkt från uppmätta timmedelvärden för ozon för samma period.

Som medelvärde för de senaste fem åren överskrider inte de beräknade värdena för AOT40 vid Edeby det målvärde för AOT40 maj-juli, 6000 µg/m<sup>3</sup>, som anges inom Miljökvalitetsnormerna från år 2020. Detta resultat är dock beroende av antagandet att mätplatsen tillhör kategori 2. Om platsen istället antagits tillhöra kategori 1, skulle målvärdet sannolikt ha överskridits. Om mätningarna vid Edeby hade kompletterats med enkla givare för lufttemperatur och luftfuktighet skulle vi kunna avgöra med större säkerhet till vilken ozonkategori mätplatsen tillhör. Nu har ju tyvärr luftmätningarna vid Edeby avslutats.

Det målvärde som finns inom det svenska miljömålet *Frisk Luft* som ska gälla från 2020, d.v.s. att sommarmedelhalten ska understiga 50 µg/m<sup>3</sup>, överskrids vid Edeby. Överskridandet är dock även här relativt litet. Överskridandena är betydligt högre vid Aspvreten, både vad gäller AOT40 och sommarmedelhalten.

**Tabell 6.** Beräknade resultat som medelvärden för de senaste fem åren:

Namn	Kategori	AOT40 Maj-Jul * µg/m <sup>3</sup> timmar	Medelhalt Apr-Sept µg/m <sup>3</sup>
Edeby (D 11 A) **	2	4472	57.8
Aspvreten (ITM, EMEP) uppmätta halter ***	2	12912	70.2
Aspvreten(ITM, EMEP) beräknad från månadsmedelvärde ***	2	10988	-

\* ljusa timmar beräknat mellan 08-20 CET. \*\* Edeby ej 2007. \*\*\* Aspvreten ej 2007

## Kväve i skog - brist eller överskott?

### Krondroppsnetet under 20 år - från svavel till kväve

I mitten av 1980-talet, när mätningarna inom Krondroppsnetet startade, var det främst försurning orsakad av svavelnedfall som sågs som det stora problemet kopplat till luftföroreningar. Sedan dess har svavelnedfallet minskat kraftigt. För kväve syns däremot inte motsvarande minskning. Svavelnedfallet minskades effektivt genom åtgärder mot punktutsläpp, medan kväveutsläppen som är mer diffusa, exempelvis från trafik och jordbruk, kan visa sig vara svårare att komma åt.

Svårigheterna att minska kvävenedfallet, samt kvävet centrala roll inom flera olika miljö kvalitetsmål, har gjort att fokus på senare år har flyttat från svavel till kväve.

## Kväve, skog och miljö kvalitetsmålen

Kväve har länge varit centralt inom skogsbruket, eftersom bristen på kväve generellt sett begränsar tillväxten och därmed produktionen. Kvävecykeln i skogsmark spelar en viktig roll i flera av miljö kvalitetsmålen: *Ingen övergödning, Bara naturlig försurning, Begränsad klimatpåverkan, Grundvatten av god kvalitet, Levande skogar, Levande sjöar och vattendrag* samt *Myllrande våtmarker*. Relativt låga doser av kväve påverkar markvegetationens sammansättning i skog och myr (*Levande skogar, Ingen övergödning, Myllrande våtmarker*) enligt studier i skogsmark i norra Sverige, där kvävenedfallet är nära bakgrundsnivån (Nordin m.fl., 2005) samt enligt studier på myrar (Gunnarsson m.fl., 2002). I områden mer exponerade för kväve är det största problemet risken för höga halter i yt- och grundvatten, utlakning, försurning och övergödning (*Ingen övergödning, Grundvatten av god kvalitet, Bara Naturlig Försurning, Levande sjöar och vattendrag*). Kväve och kol är nära sammanlänkade i allt organiskt material, och kvävecykeln påverkar därmed kolinbindningen, samt även avgången av växthusgaser (*Begränsad klimatpåverkan*).

## Var ligger forskningsfronten idag?

Skogen är generellt kvävebegränsad och skogsekosystemet har stor kapacitet att ta upp tillgängligt kväve. I en kvävebegränsad skog sker kväveutlakning i oorganisk form, i stort sett enbart i hyggesfasen. Hög kvävebelastning under lång tid innebär dock att ekosystemets förmåga att binda kväve kan överskridas, vilket är vanligt förekommande bland annat i stora delar av Europa (Gundersen m.fl., 1998). I Sverige är det tydligt att det är vanligare med förhöjda nitrathalter i markvattnet i växande skog i sydvästra Sverige än i norra Sverige, vilket kan vara ett tecken på att marken är nära kvävemättad. Vidare är kväveutlakningen av oorganiskt kväve från hyggen i områden med hög kvävebelastning betydligt mer omfattande än i mindre kvävebelastade områden, vilket också är ett tecken på hög kvävestatus i marken. Kvävet som ackumulerats i skogsmark, främst i sydvästra Sverige, kan ses som en "kvävebomb", som om det frigörs och läcker ut kommer att innebära både övergödning och försurning (Galloway, 1995). Det finns fortfarande många frågetecken vad gäller om och när skogsmarkens förmåga att ta hand om kvävet överskrids.

Inom Naturvårdsverkets forskningsprogram SCARP, Swedish Clean Air Research Programme ([www.scarp.se](http://www.scarp.se)), finns ett delprogram om ekosystemeffekter, där fokus ligger på effekter av kväve i form av förhöjd utlakning samt förändring av markvegetationens sammansättning. I delprogrammet är målet att förbättra befintliga ekosystemmodeller med avseende på kväveprocesserna, baserat på resultat från experiment och miljöövervakning. Markvegetationens och mikroorganismernas upptag av kväve är exempel på processer som bör förbättras i modellerna. Modellerna kan användas för att förutspå risken för utlakning och markvegetationsförändringar vid olika scenarier för nedfall, skogsbruk och klimat. Detta är viktigt underlag i arbetet med att minska utsläppen, samt även som underlag för rådgivning inom skogsbruket, exempelvis beträffande kvävegödning, uttag av avverkningsrester samt anläggning av skärmställningar (150-200 träd per hektar som får stå kvar efter avverkning med huvudsyftet att förbättra förhållandena för förnyring). I arbetet med modellutveckling är tillgång till data från experiment och miljöövervakning ovärderlig.

## Kvävedeposition och halter i markvatten som underlag vid miljömålsuppföljning

Nedfall av kväve är en av indikatorerna för miljömålet *Bara naturlig försurning*. Hittills har data från öppet fält använts, då krondropsdata för kväve inte visar den totala depositionen till skog eftersom

kväve till viss del interncirkuleras i träden. Eftersom antalet stationer i öppet fält reducerats kraftigt under senare år kan det dock bli aktuellt att använda krondropsdata som korrigerats för interncirkuleringen av kväve genom de metoder som finns för detta.

Kväveutsläppen har inte minskat i alls samma utsträckning som svavelutsläppen, och detta syns tydligt även i depositionstrenderna. Små variationer i utsläpp och relativt stora variationer i nederbörd mellan åren gör att det är svårt att hitta trender som beror på faktiska minskningar i utsläpp. En ytterligare försvårande faktor är att koncentrationen av kväve kan påverkas av olika typer av kontaminering. Orsaken till kontaminering kan vara allt från fågelträck, pollen och insekter till mänskligt sabotage i form av exempelvis urin och snus. Denna typ av påverkan ger oftast tydligt utslag i resultaten och dessa korrigeras då alltid till en så korrekt nivå som möjligt. Allt detta gör att kvävetrender bör tolkas med försiktighet, och att det krävs många år med mätningar för att kunna fastställa en trend avseende halter eller deposition. Vi avser att, om möjlighet finns, sammanställa de emissionsdata, modelleringar och mätdata, både internationellt och nationellt som finns för att se på trender för kväveemissioner samt kvävenedfall. Detta arbete kommer då att presenteras på vår nya hemsida.

Det finns ett antal modeller och experiment som används för att bedöma risken för kväveutlakning från skogsmark. Det är dock mycket viktigt att även följa utvecklingen i skogsbestånd i olika delar av Sverige. Markvattenmätningarna inom Krondropsnätet utgör ett värdefullt underlag, med tidsserier på upp till två decennier på ett stort antal ytor runtom i Sverige. En ökad frekvens av förhöjda nitrathalter i markvatten, som är vanligt förekommande framför allt i sydvästra Sverige där kvävebelastningen är som högst, kan ses som ett tecken på att skogsmarken inte alltid kan utnyttja allt kväve. Trenderna av nitratkväve i markvatten i skogsmark kan användas som ett underlag vid miljömålsuppföljningen för *Ingen övergödning*, indikatorn Tillförsel av kväve till kusten.

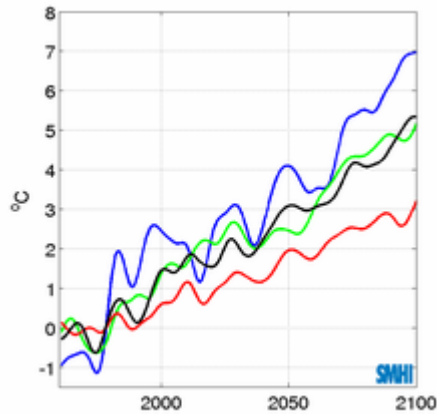
## Klimatförändringar - hur påverkar det nedfall av luftföroreningar och markvattenkemi?

Det står klart från både modelleringsansatser och analyser av meteorologiska mätningar att klimatet i Sverige håller på att förändras. En rapport från SMHI (SMHI, 2006) visar att det under de senaste 15 åren har blivit ett varmare och blötare klimat, jämfört med ett medelvärde för perioden 1961-1990. Över året är temperaturökningen närmare en grad och nederbördsökningen 7 %. Det finns skillnader både mellan landsdelar och mellan årstider. Temperaturökningen vintertid är störst i norra Sverige medan den under vår och sommar är störst i södra Sverige. Nederbördsökningen vintertid är störst i västra och norra Sverige. Sommartid ökar nederbörden i nästan hela Sverige, medan nederbörden under vår och höst har minskat på vissa ställen i landet. Krondropsnätets mätningar av nederbörden över öppet fält kan bidra med information om nederbördsförändringar. Vid Västra Torup i norra Skåne har nederbörden t ex ökat med ca 30 % under de senaste 18 åren.

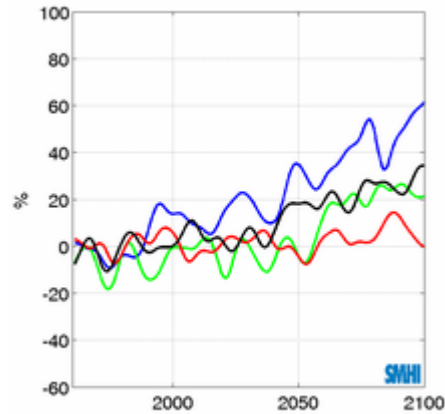
För att beräkna framtida klimatförändringar har FN's klimatpanel, IPCC, lagt fram ett antal framtida utsläppscenarier för växthusgaser baserat på antaganden om den tekniska, ekonomiska och sociala utvecklingen (se beskrivning i Bernes, 2003). Man har i huvudsak lagt fram fyra olika scenarier, som skiljer sig i två avseenden. Scenarierna som kallas A strävar i huvudsak efter ekonomisk tillväxt medan scenarier B strävar efter ett ekologiskt hållbart samhälle. Scenarier som slutar med siffran 1 strävar efter globalisering och omfattande världshandel, medan scenarier som slutar med siffran 2 strävar efter regional självförsörjning. Baserat på IPCC-scenarier har SMHI prognostiserat den framtida klimatförändringen i Sverige under de närmaste åren (Figur 20). Förutsägelseerna pekar på att lufttemperaturerna kommer att öka både i södra och norra Sverige

under alla årstider med upp mot 6-7 grader under 100 år. Nederbörden kommer att öka lite olika beroende på årstid. Under sommaren kan den till och med minska i delar av södra Sverige.

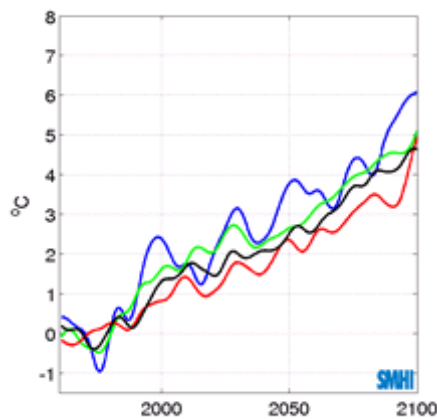
A. N Norrlands inland. Lufttemperaturer



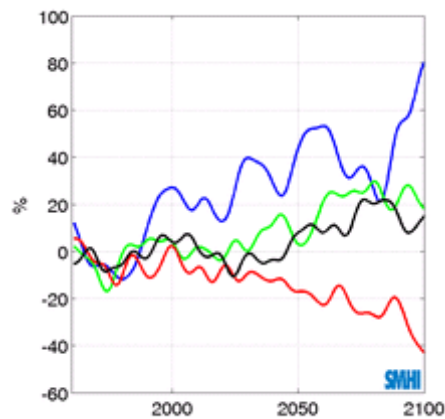
B. N Norrlands inland. Nederbörd



C. NV Götaland. Lufttemperaturer



D. NV Götaland. Nederbörd



**Figur 20.** Beräknade förändringar av temperaturen, uttryckt som °C (A,C) och förändringar av nederbörden, uttryckt som procent (B,D) mellan 1961 och 2100, jämfört med medelvärdet för perioden 1961-1990, beräknade separat för varje årstid, för IPCC scenario A2 (se Bernes, 2003). Vinter, blå; vår, grön; sommar, röd; höst, svart. Källa: SMHI.

Framtida klimatförändringar kommer att påverka hur de långväga transporterade luftföroreningarna deponeras över Sverige genom att påverka det storskaliga transportmönstret för luftmassorna (Enghardt & Foltescu, 2007). Depositionen av försurande ämnen i Sverige mellan perioden 1961-1991 och 2070 – 2100 förutsägs öka med mellan 0 och 20 %, lite beroende på landsdel och årstid. Ökningen gäller främst torrdeposition och i västra delarna av landet. Depositionen av oxiderat och reducerat kväve förutsägs öka i ungefär motsvarande utsträckning och i samma delar av landet.

Förändringar i nederbörd och nedfall kopplat till klimatförändringarna ger direkta effekter på markvattenkemin. Det ger dessutom indirekta effekter på markvattenkemin i och med att olika markprocesser påverkas av ändrade temperatur- och fuktighetsförhållanden. Ökad temperatur innebär snabbare nedbrytning och därmed snabbare frigörelse av kväve och andra näringsämnen. Tillväxten ökar också vid ökad temperatur, vilket kan innebära ökad försurning. Detta kan dock motverkas av att även vittringen ökar med ökad temperatur. Ändrad temperatur och fuktighet kan

även påverka avgången av gasformigt kväve, som i sin tur kan påverka växthuseffekten. Om klimatförändringarna leder till en ökad stormfrekvens och mer stormskador finns en risk för ökad nitratutlakning, vilket syns i ett flertal lokaler inom Krondroppsnätet efter stormen Gudrun.

Om kväveutlakning från skogsmark skulle bli mer utbrett, och inte bara omfatta hyggen utan även växande skog, skulle det innebära stora effekter för den totala kväveutlakningen eftersom skogsarealen är stor. Sammanfattningsvis innebär klimatförändringar att förutsättningarna i marken förändras kraftigt, och det är viktigt att följa upp vilka effekter detta får vad gäller exempelvis återhämtning från försurning och nitratutlakning från skogsmark.

## Ny hemsida

Under hösten 2008 planerar vi att lägga upp en ny hemsida. Där kommer det att lätt och överskådligt finnas tillgängligt: rapporter, mätdata, kartor, etc. Dessutom kommer man att finna gammalt material om man så önskar.

Vidare kommer vi att lägga upp information om hur vi arbetar när det gäller provtagning, analyser, databearbetning etc.

Vi hoppas att det kommer att bli en levande hemsida och om ni har önskemål och funderingar på dess utformning kontakta oss gärna via e-post genom: [gunilla@ivl.se](mailto:gunilla@ivl.se)

Under tiden vi bygger den nya hemsidan finns uppdaterat material på den gamla hemsidan som nås via [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

## Referenser

- Akselsson, C. & Westling, O., 2005. Regionalized nutrient budgets in forest soils for different deposition and forestry scenarios in Sweden. *Global Ecology and Biogeography* 14: 85-95.
- Belyazid, S., Westling, O., Sverdrup, H., 2006. Modelling changes in forest soil chemistry at 16 Swedish coniferous forest sites following deposition reduction. *Environmental Pollution* 144- 2, 596-609.
- Bernes, C. 2003. En varmare värld. Naturvårdsverket, Monitor 18. ISBN 91-620-1228-2.
- Cosby, B.J., Ferrier, R.C., Jenkins, A. and Wright, R.F., 2001. Modelling the effects of acid deposition: refinements, adjustments and inclusion of nitrogen dynamics in the MAGIC model. *Hydrology and Earth System Sciences* 5(3), 499-517.
- Derwent, R.G., Stevenson, D.S., Collins, W.J., Johnson, C.E., 2004. Intercontinental transport and the origins of the ozone observed at the surface in Europe. *Atmospheric Environment* 38, 1891-1901.
- EMEP, 2007. MSC-W Data Note 1/2007. ISSN 1890-0003
- Enghardt, M & Foltescu, V., 2007. *Meteorologi* nr 125. SMHI.
- Galloway, J.N., 1995. Acid deposition; perspectives in time and space. *Water, Air, and Soil Pollution* 85, 15-24.
- Gundersen, P, Callesen, I. och de Vries, W., 1998. Nitrate leaching in forest ecosystems is related to forest floor C/N ratios. *Environmental Pollution* 102, 403-407.
- Gunnarsson, U., Malmer, N., Rydin, H., 2002. Dynamics or constancy in Sphagnum dominated mire ecosystems? A 40-year study. *Ecography* 25: 685-704.
- Karlsson, P.E., Pleijel, H., Danielsson, H., 2004. Marknära ozon, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> och sot vid Östads Säteri 1987-2003. *IVL Report* B1556.
- Naturvårdsverket, 2007a. Bara naturlig försurning. Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. *Naturvårdsverket Rapport* 5766.

- Naturvårdsverket, 2007b. Bara naturlig försurning. Bilagor till underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålen. *Naturvårdsverket Rapport 5780*.
- Naturvårdsverket, 2008. Naturvårdsverkets författningssamling. NFS 2008:1.
- 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., Karlsson, P.E., 2005. Metod för kartläggning av överskridande av EU-direktiv och miljömål för marknära ozon. *IVL Rapport U 1111*.
- SFS 2007:771 Förordning (2001:527) om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft.
- SMHI, 2006. Faktablad nr 29.
- Sverdrup, H. and Warfvinge, P., 1993. Calculating field weathering rates using a mechanistic geochemical model (PROFILE). *Journal of Applied Geochemistry* 1993; 8: 273-283.
- Wallman, P., Svensson, M.G.E., Sverdrup, H. and Belyazid, S., 2004. ForSAFE - An integrated process-oriented forest model for long-term sustainability assessment. *Forest Ecology & Management* 207(1-2): 19-36.
- Zetterberg, T., Hellsten, S., Belyazid, S., Karlsson, P-E. och Akselsson, C., 2006. Regionala förutsättningar och miljörisker till följd av skogsmarksgödsling vid olika scenarier för skogsskötsel och kvävedeposition. *IVL Rapport B1691*.

## Appendix. Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten

**Tabell A:1a.** Data 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	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
(D 11 A)	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.** Öppet fältdata från Södermanlands län för yta Edeby där organiskt kväve och totalt organiskt kol (TOC) analyserats, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. (oorgN = NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N) och (orgN = Kj-N - NH<sub>4</sub>-N)

Lokal	Period	Nedb	oorg N	org N	TOC
		mm	kg/ha	→	
Edeby	06/07	595	4,3	0,6	22
(D 11 A)	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
	97/98	691	4,6	1,5	

**Tabell A:2a.** 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>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 (D 11 A)	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)	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 A:2b.** 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	org N	TOC
		mm	kg/ha	→	
Edeby (D 11 A)	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
	97/98	480	3,8	3,0	
Knutsta (D 14 A)	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	
	01/02	388	2,8	2,3	



**Tabell A:3.** Modellerad våtdeposition från Södermanlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

Lokal	Period	Nedb	SO <sub>4</sub> -S <sub>ex</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
		mm	kg/ha	→	
Edeby	04/05	609	1,9	1,7	1,3
(D 11 A)	03/04	608	1,9	1,9	1,7
	02/03	596	2,3	2,0	2,1
	01/02	668	2,2	2,2	2,0
Stigtomta-	04/05	613	1,9	1,6	1,3
malmén	03/04	605	1,9	1,9	1,8
(D 12 A)	02/03	636	2,5	2,2	2,2
	01/02	604	2,2	2,2	2,0
Vallmotorp	04/05	613	1,8	1,6	1,3
(D 13 A)	03/04	671	1,8	1,9	1,9
	02/03	638	2,3	2,1	2,1
	01/02	646	2,1	2,1	2,0
Knutsta	04/05	577	1,7	1,5	1,3
(D 14 A)	03/04	650	1,7	1,8	1,6
	02/03	574	1,9	1,7	1,7
	01/02	676	2,2	2,1	2,1
Åker	04/05	587	1,7	1,5	1,3
(D 51 A)	03/04	626	1,8	1,8	1,6
	02/03	595	2,1	1,9	1,8
	01/02	708	2,3	2,2	2,0
Råsjön	04/05	560	1,9	1,6	1,3
(D 52 A)	03/04	620	2,1	2,1	1,7
	02/03	596	2,5	2,2	2,1
	01/02	616	2,2	2,2	1,8

**Tabell A:4** Markvattendata från Södermanlands län.

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 →													mol/mol
Edeby	2006-10-23	5,3	-	0,104	3,26	8,70	0,003	0,042	1,61	2,16	6,47	0,50	0,297	0,097	0,170	0,590	16,5	23
(D 11 A)	2007-04-16	5,7	0,018	0,109	5,13	9,17	<0,002	0,024	3,94	2,21	6,57	0,95	0,043	0,020	0,095	0,354	11,0	61
	2007-07-23	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2007-10-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>median</b>	<b>5,6</b>		<b>0,082</b>	<b>4,21</b>	<b>6,52</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,021</b>	<b>2,71</b>	<b>1,95</b>	<b>4,99</b>	<b>1,01</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,022</b>	<b>0,095</b>	<b>0,369</b>	<b>9,6</b>	<b>61</b>
	<i>n</i> =	22		20	20	20	20	18	20	20	20	20	20	18	15	18	18	15
Knutsta	2006-10-23	5,6	-	0,228	1,34	6,21	0,002	0,120	4,19	1,34	3,25	1,03	0,219	0,172	0,128	1,310	33,9	39
(D 14 A)	2007-04-16	6,4	-	0,186	1,84	2,47	0,002	0,140	3,01	0,96	2,94	0,55	<0,030	0,032	0,028	0,208	6,9	124
	2007-09-10	6,0	-	0,167	2,68	6,05	0,001	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	-	-	-	-	-
	<b>median</b>	<b>5,9</b>		<b>0,167</b>	<b>2,17</b>	<b>3,54</b>	<b>&lt;0,002</b>	<b>0,018</b>	<b>3,32</b>	<b>0,93</b>	<b>3,51</b>	<b>0,65</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>0,119</b>	<b>0,041</b>	<b>0,529</b>	<b>14,5</b>	<b>106</b>
	<i>n</i> =	29		29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	27	25	27	26	25

