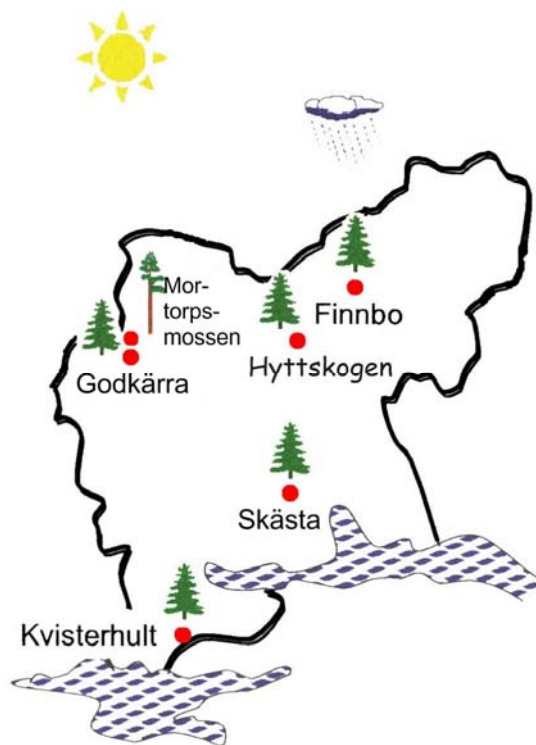




För Västmanlands läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Västmanlands län – mätningar och modellering

Resultat till och med september 2007



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

B 1787

Juni 2008

För Västmanlands läns Luftvårdsförbund

Övervakning av luftföroreningar i Västmanlands län

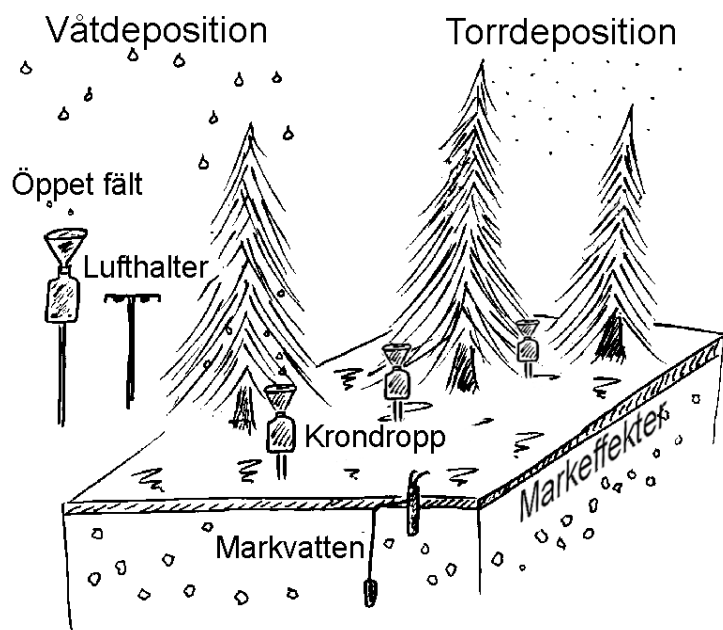
Resultat till och med september 2007

På uppdrag av Västmanlands läns Luftvårdsförbund mäter och provtar IVL nedfall av luftföroreningar och markvattenkvalitet på sex platser i länet. Krondroppsnätet 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*.

Mätningarna i Västmanlands län visar på måttlig belastning i länet jämfört med situationen i Sverige som helhet. Mätningarna visar att svavelnedfallet minskat sedan mätningarna startade i Västmanlands län 1993. Minskningen är större i skog än på öppet fält, vilket beror på att torrdepositionen minskat kraftigt. För kväve syns inga tydliga trender. Under det hydrologiska året 2006/07 var depositionen av antropogent svavel och oorganiskt kväve till både öppet fältytorna och skogsytorna lågt. Generellt har låga svavel- och kvävedepositioner observerats vid flertalet lokaler i Sverige under det senaste mätåret. Stormarna i januari syns tydligt i mätningarna genom förhöjda klorid- och natriumhalter i öppet fält och i krondropp. Ur försurningssynpunkt återfinns det mest försurade markvattnet i Kvisterhult där den syraneutraliserande förmågan (ANC) är negativ och kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium (BC/Al) är mindre än 1, vilket indikerar en risk för skador på ekosystemet. Den lokal som ur försurningssynpunkt har det bästa markvattnet är Finnbo där ANC är positiv och BC/Al-kvoten generellt är mycket hög. Markvattnets innehåll av nitratkväve har vid samtliga mätlokaler ett medianvärde under detektionsgränsen. Låga halter av nitratkväve är normalt i brukad skog. Lufthalterna av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon var låga vid de olika lokalerna i länet liksom vid flertalet lokaler i Sverige under mätperioden. Om man ser till befintliga målvärden för svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon är det endast marknära ozon som ligger i närheten av eller över befintliga målvärden. Mätningarna visar att regeringens långsiktiga mål för marknära ozon överskrids vid båda lokaler som mäter ozon i länet; Kvisterhult och Hyttskog.

Modellberäkningarna för Västmanlands län visar på ett visst kvarvarande försurningsproblem i länet, både vad gäller skogsmark och sjöar. Den kritiska belastningen för skogsmark överskrids på 14 % av skogsmarken i länet med nuvarande deposition, men om nedfallet sjunker enligt beräkningar med CLE-scenariet kommer motsvarande andel enbart att vara 2 % i framtiden. Andelen försurade sjöar, i dagsläget, överskrider enligt beräkningarna gränsen för delmålet, 10 %, både med nedfallet 2007 och med minskad deposition år 2020, enligt CLE-scenariet. Detta stämmer med mätningarna som fortfarande visar på sura förhållanden vid en del av lokalerna i Västmanland, vilket gör att fortsatta mätningar blir intressanta för att följa upp utvecklingen i framtiden. Kväveackumuleringen är högst i sydvästra Sverige, där kvävenedfallet är störst. I större delen av Västmanlands län ackumuleras mellan 2 och 4 kg per hektar och år.

De regionala modelleringarna som presenteras i denna rapportering var ett första försök att syntetisera mätningar och modellberäkningar i Västmanlands 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 Krondroppsnätet 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:

Västmanlands läns Luftvårdsförbund

Utförande organ:

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Box 5302,
400 14 Göteborg

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

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

IVL rapport B 1787

Beställs från:

Västmanlands läns Luftvårdsförbund
Per Hedenbo
c/o Länsstyrelsen i Västmanland
Miljövårdsenheten
721 86 Västerås

eller

IVL, Publikationsservice
Box 21060
SE-100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00
Fax: 08: 598 563 90

publikationsservice@ivl.se

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| Inledning..... | 4 |
| Ord att förklara..... | 6 |
| Stationsvis redovisning..... | 7 |
| Finnbo (U 01)..... | 7 |
| Godkärna (U02)..... | 8 |
| Kvisterhult (U 04)..... | 8 |
| Hyttskogen (U 06)..... | 11 |
| Mortorpsmossen (U 07)..... | 12 |
| Skästa (U 08)..... | 12 |
| Tidsutveckling deposition..... | 13 |
| Tidsutveckling markvatten..... | 15 |
| Tidsutveckling lufthalter..... | 15 |
| Svaveldioxid (SO ₂)..... | 16 |
| Kvävedioxid (NO ₂)..... | 17 |
| Ammoniak (NH ₃)..... | 17 |
| Marknära ozon (O ₃)..... | 18 |
| Modellering och metodutveckling för uppföljning av regionala miljö kvalitetsmål..... | 19 |
| <i>Bara naturlig försurning</i> | 20 |
| Deposition av S och N, nu och 2020..... | 20 |
| Överskridande av kritisk belastning skogsmark, nu och 2020..... | 22 |
| Antropogent försurade sjöar nu och 2020..... | 24 |
| Skogsbrukets försurningspåverkan..... | 26 |
| Syntes av försurningsparametrarna..... | 26 |
| <i>Ingen övergödning</i> | 27 |
| Deposition av kväve, nu och 2020..... | 27 |
| Kväveackumulering..... | 27 |
| <i>Frisk luft</i> | 30 |
| Beräkningar av målvärden för ozon utifrån månadsmedelvärden för koncentration..... | 31 |
| Beräknade överskridanden av målvärden för ozon i Västmanlands län..... | 33 |
| Kväve i skog - brist eller överskott?..... | 34 |
| Krondroppsnätet under 20 år - från svavel till kväve..... | 34 |
| Kväve, skog och miljö kvalitetsmålen..... | 34 |
| Var ligger forskningsfronten idag?..... | 35 |
| Kvävedeposition och halter i markvatten som underlag vid miljömålsuppföljning..... | 35 |
| Klimatförändringar - hur påverkar det nedfall av luftföroreningar och markvattenkemi?..... | 36 |
| Ny hemsida..... | 38 |
| Referenser:..... | 38 |
| Appendix. Data i tabellform - deposition, lufthalter, markvatten..... | 40 |

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 Krondroppsnätet har, och har även haft, stor betydelse för utvecklingen av de modellverktyg som används i Sverige och Europa. Tidigare mätningar i Krondroppsnätet har visat att den faktiska utvecklingen av depositionen kan avvika avsevärt från prognosen för hur depositionen kommer att förändras med tiden. Syftet med **lufthalts mätningarna** är bl.a. att ge underlag för effektbedömningar, trendanalyser, jämförelser med miljömålet *Frisk Luft* samt beskrivning av eventuella skillnader mot luftföroreningssituationen i stort. Luftalter av svaveldioxid, kvävedioxid och marknära ozon ingår som indikatorer för uppföljning av miljömålet *Frisk luft*. Syftet med **markvatten mätningarna** 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 försurnings-indikerande parametrar som pH, oorganiskt aluminium, sulfat och baskatjoner.

Huvuddelen av undersökningarna av luftföroreningar sker i Skogsstyrelsens skogliga observations-tytor. Skogsstyrelsen undersöker regelbundet skogens och skogsmarkens tillstånd, som tillväxt, kron-utglesning 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).

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.

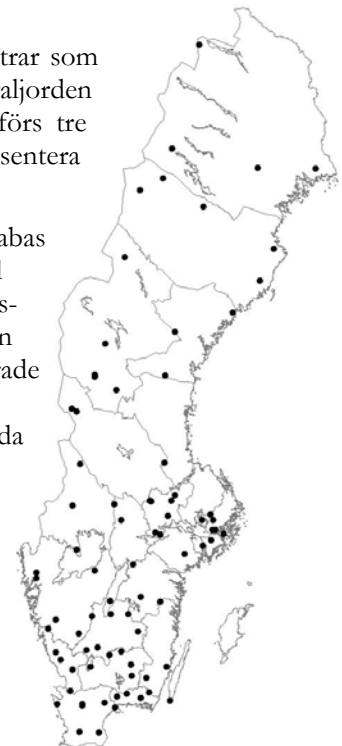
Haltmätningar av luftföroreningar sker på 23 lokaler i Krondroppsnätet med hjälp av diffusionsprovtagare som kvantitativt absorberar den gas som skall mätas. De månadsvisa mätningarna omfattar svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon.

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 provtagningstillfällena 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 miljö kvalitetsnormer innebär det att under programmets gång förutom hydrologiskt år även kalenderår kommer att beaktas då miljömål och miljö kvalitetsnormer är baserade på kalenderår. Resultat avseende tillstånd och tidsutveckling redovisas i årliga rapporter och på Krondroppsnätets hemsida, under 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 **Västmanland** har provtagning utförts av Kjell Eklund, Lars Gullberg och Tomas Karlsson. 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 Nettelbladt. 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 (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) minus starka syror anjoner (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) räknat i ekvivalenter. Positivt värde utgörs av syrabuffrande vätekarbonat och organiska anjoner. Negativt värde uttrycker aciditet.

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

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

Deposition: Nedfall av luftföroreningar från atmosfären.

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

EU-yyta: 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.

Intensivyta: 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 (SO_2), kvävedioxid (NO_2), ammoniak (NH_3) och ozon (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 SO_2 , NO_2 , 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).

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

MATCH-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 miljökvalitetsmål.

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

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

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

Våtdeposition: Deposition via nederbörd. Mäts i dessa undersökningar genom nederbörds-kemiska mätningar på öppet fält eller modellberäknas genom samarbete med SMHI (högupplöst Sverigemodell).

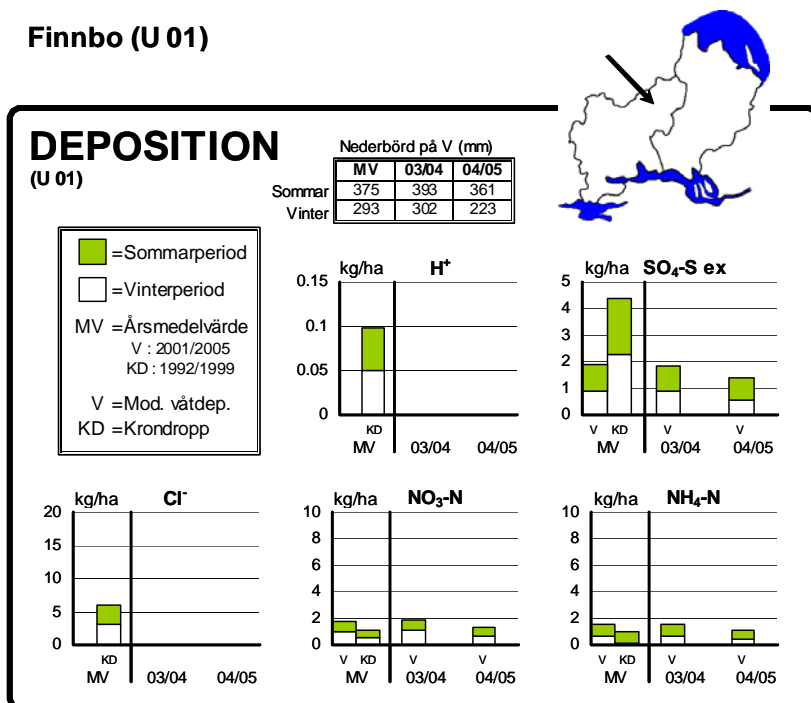
Öppet fält: Öppet område där nederbörds-kemi och/eller lufthalter mäts.

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 Västmanlands län samt i Sverige både vad gäller uppmätta samt modellberäknade halter och deposition.

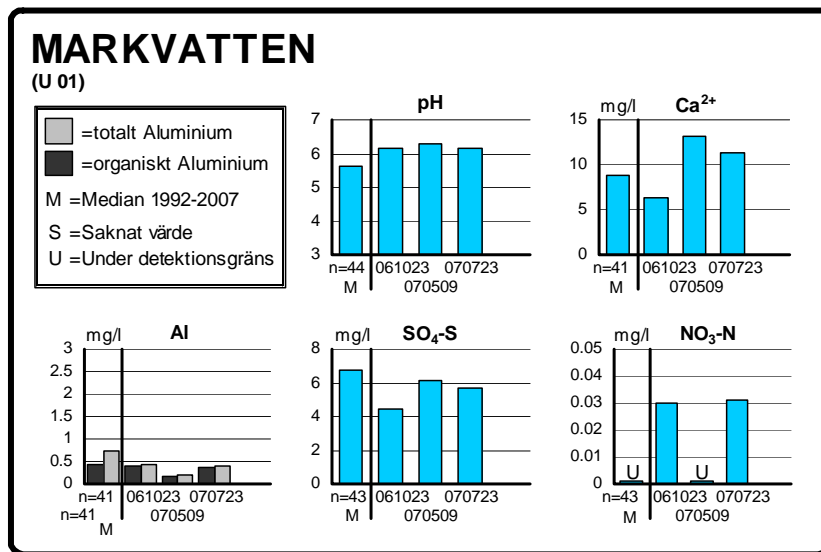
Finnbo (U 01): Före detta granyta med inslag av tall och lövträd på tidigare betesmark. Det gamla beståndet är på moränmark och jordmånen är brunjord. Skogen avverkades 90 år gammal i januari 2000 varvid krondroppsmätningarna avslutades. I december 2000 avslutades även mätningarna på öppet fält. Våtdepositionen har dock modellerats och visas för åren 2004/05 i Figur 3. Markvattenmätningarna har dock fortsatt för att studera eventuella hyggeseffekter.

Finnbo (U 01)



Figur 3. Resultat från Finnbo, U 01. OBS! Beståndet avverkades i januari 2000. I figuren redovisas modellberäknad våtdeposition av ett urval ämnen de två senaste åren som modelleringar finns och jämförs med ett periodmedelvärde för tidigare mätningar i krondropp samt den modellerade våtdepositionen. Observera att olika tidsperioder gäller för periodmedelvärdena 1992-1999 för krondroppet och 2001-2005 för den modellerade våtdepositionen. Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). Kemiska beteckningar som används i figuren är vätejoner (H⁺), sulfatsvavel utan havssaltsbeslag (SO₄-S ex), kloridjoner (Cl⁻), nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N).

Både år 2005 och 2006 visar markvattenmätningarna tydliga hyggeseffekter speciellt i form av ökad utlakning av nitrat, se även Figur 22. Vanligen uppträder man hyggeseffekter 1-2 år efter avverkning varför dessa resultat var oväntade. Mätningarna 2007 visar en återgång till de låga halter som fanns före 2005, se Figur 4, Appendix Tabell A:5 vilket speglar den bild som är vanlig för hyggeseffekter. pH-värdet och kalciumhalterna ligger högt och ANC är också högt vilket tyder på att lokalen ej är försurad.



Figur 4. Resultat från Finnbo, U 01. OBS! Beståndet avverkades i januari 2000 men markvattenmätningar fortsätter för att följa utvecklingen under hyggesfasen. I figuren redovisas markvatten för 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 (Ca²⁺), aluminium (Al), sulfatsvavel (SO₄-S) och nitratkväve (NO₃-N).

Godkärra (U 02): Granyta som planterades 1907. Samtliga depositions-mätningar avslutades 2003, men mätningarna i luft har fortsatt. Under det senaste hydrologiska året avslutades ozonmätningarna (januari 2007) och i dagsläget mäts endast kvävedioxid (NO₂) vid Godkärra. Även svaveldioxid och ammoniak har mätts men de mätningarna har upphört tidigare.

Årsmedelhalterna av NO₂ har under åren varierat mellan 1,5 och 2,5 µg/m³ och under mätperioden 2006/07 var årsmedelhalten de hittills lägsta som uppmätts vid mätlokalen, 1,5 µg/m³. Månads-halterna av NO₂ i Godkärra 2006/07 har varit låga och varierat mellan 0,8 och 2,4 µg/m³, och de högsta halterna uppmättes under vintern. Precis som under tidigare mätperioder, har NO₂-halterna generellt varit lägre än på alla de övriga lokalerna i länet. En mer omfattande analys av lufthalter finns under kapitlet "Tidsutveckling lufthalter" senare i rapporten.

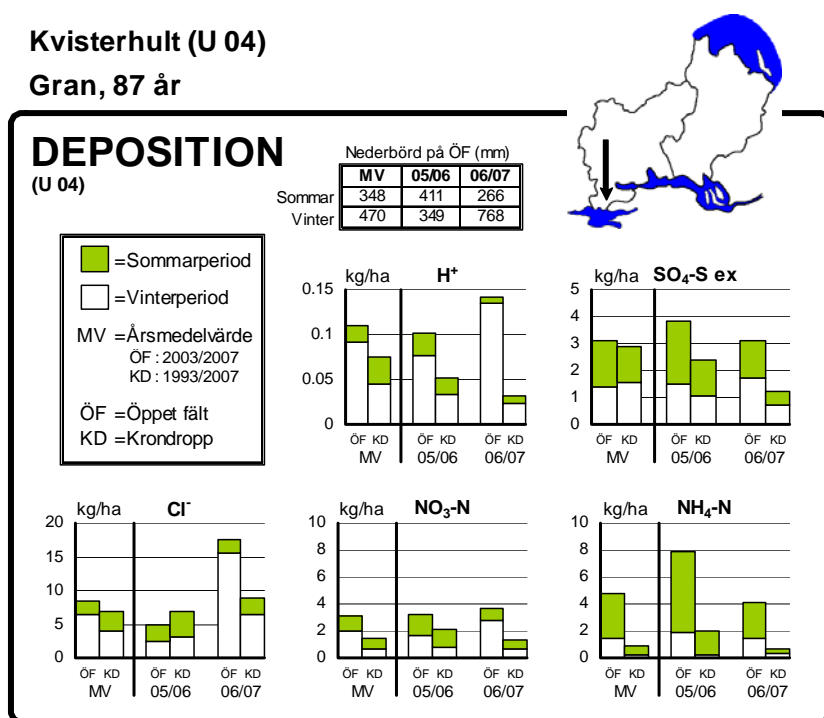
Kvisterhult (U 04): EU-yta med 87-årig granskog och ståndortsindex G28 på finkornig moränmark, där mätningarna startade 1993. Jordmånen är järnpodsol. De nederbörds-kemiska mätningarna på öppet fält avslutades i december 2001 men återupptogs i november 2003. Syftet är att ha en lokal i länet där nederbörds-kemiska mätningar på öppet fält, främst avseende kvävenedfall, kan jämföras med de modellberäkningar som utförs av SMHI.

Det senaste årets data från mätningar i öppet fält visar på ungefär samma deposition av svavel (3,1 kg/ha) som för de tidigare åren. Mellanårsvariationen är relativt liten för svaveldepositionen. För kväve är halterna under det senaste hydrologiska året (7,7 kg/ha) lägre än året innan (11,2 kg/ha) men på samma nivå som året dessförinnan. Både årsdepositionen av Na och Cl var höga vilket kan förklaras av de mycket höga halter som var i januari 2007 vid Kvisterhult i samband med oväder. Under denna period kom fler stormar samtidigt som det var nederbördsrikt och mildt väder.

Det senaste årets krondroppsmätningar visade att svavelnedfallet till marken (1,2 kg/ha) är fortsatt lågt, Figur 5. Under senare år har det blivit vanligare att krondropp visar lägre värden än mätningarna på öppet fält. Tidigare har detta bara noterats i tallytor i områden med låg till måttlig deposition (mellersta och norra Sverige). På senare tid har det dock blivit vanligare och även noterats i granytor i södra Sverige. Trolig orsak är en liten torrdeposition av svavel. Detta gör att faktorer som ligger inom felmarginalen (exempelvis hur effektivt trädkronorna tvättas av) märks på ett annat sätt än när torrdepositionen är stor. Nedfallet av kväve via krondropp varierar mellan åren och under det senaste hydrologiska året var kvävedepositionen relativt låg, 2,0 kg/ha och år. Även i krondroppet var natrium- och kloriddepositionen förhöjd, dock inte i lika stor utsträckning som för depositionen i öppet fält.

Kvisterhult (U 04)

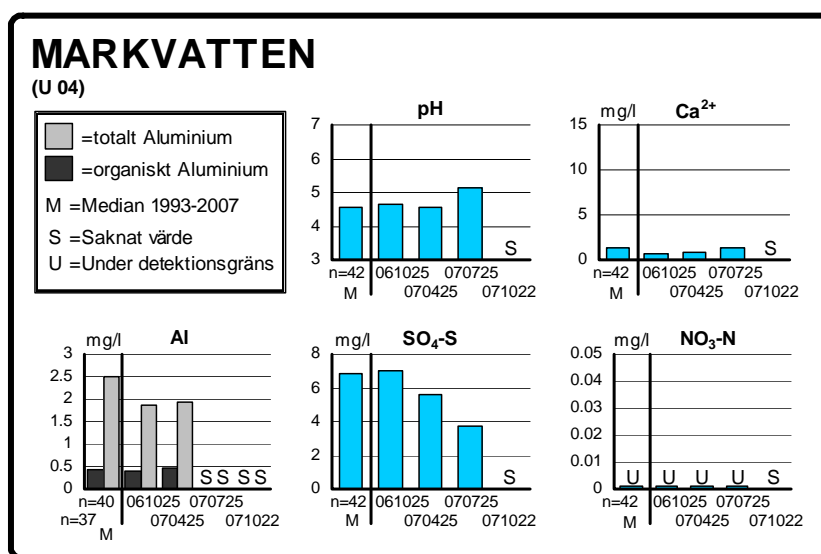
Gran, 87 år



Figur 5. Depositionsdata från Kvisterhult, U 04. Figuren redovisar deposition i öppet fält och i krondropp av ett urval ämnen de två senaste åren och jämförs med ett längre periodmedelvärde. Observera att olika tidsperioder gäller för uppmätt deposition på öppet fält (2003-2007) och via krondropp (1993-2007). Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). Kemiska beteckningar som används i figurerna är vätejoner (H⁺), sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), kloridjoner (Cl⁻), nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N).

Kvisterhult har generellt haft surt och stabilt markvatten som varit surare än på någon annan lokal i länet. Vid den senaste provtagningen var pH-värdet för första gången på 42 mätningar över 5.0 (pH-värdet var 5.1), Figur 6, Appendix Tabell A:5. Tidigare har pH-värdet varierat mellan 4,3 och 4,7. Dock bör det poängteras att det sista provet hade en mycket liten volym vilket kan påverka resultaten. Förutom låga pH-värden har halterna av baskatjoner varit låga och halterna av aluminium höga (2,5 mg/l som medianvärde för totalt aluminium, varav merparten i oorganisk form). Tillsammans ger det låg kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium och ökad risk för skador på ekosystemet på sikt. Tabell 4 visar vid de två första provtillfällena tydligt negativa värden för ANC; avsaknad av syranutraliserande förmåga. Detta gäller dock inte för sista provtillfället, det med liten volym, då kalciumhalterna var höga samtidigt som sulfat- och kloridhalterna var låga vilket gav ett ANC nära noll. Både ammoniumkväve och nitratkväve har i princip alltid varit under

detektionsgränsen, vilket är normalt i brukad skogsmark och indikerar att kväve utnyttjas väl i ekosystemet. Dock visar mätningarna av ammoniumkväve något högre värden sedan 2003. Trots generellt minskad svavelbelastning i området noteras inga direkta tecken på återhämtning från försurning av markvattnet. Snarare visar resultaten ökad försurningsgrad genom att kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium har sjunkit signifikant och varit under 1 vid så gott som alla provtagningar sedan 1999. Denna kvot kunde ej beräknas för det sista provtillfället på grund av för liten provvolym vilket gjorde att alla analyser ej kunde genomföras. Övriga parametrar som kan indikera förändrad försurningsgrad är pH-värde och ANC. Dessa visar dock inga signifikanta förändringar utan ligger kvar på samma nivåer som tidigare år om man bortser från det sista provtagningstillfället. Övriga signifikanta förändringar som noterats i markvattnet i Kvisterhult är sjunkande halter för baskatjonerna (kalcium, magnesium, kalium), totalt organiskt kol (TOC) och kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium samt ökande halter av klorid och ammoniumkväve.

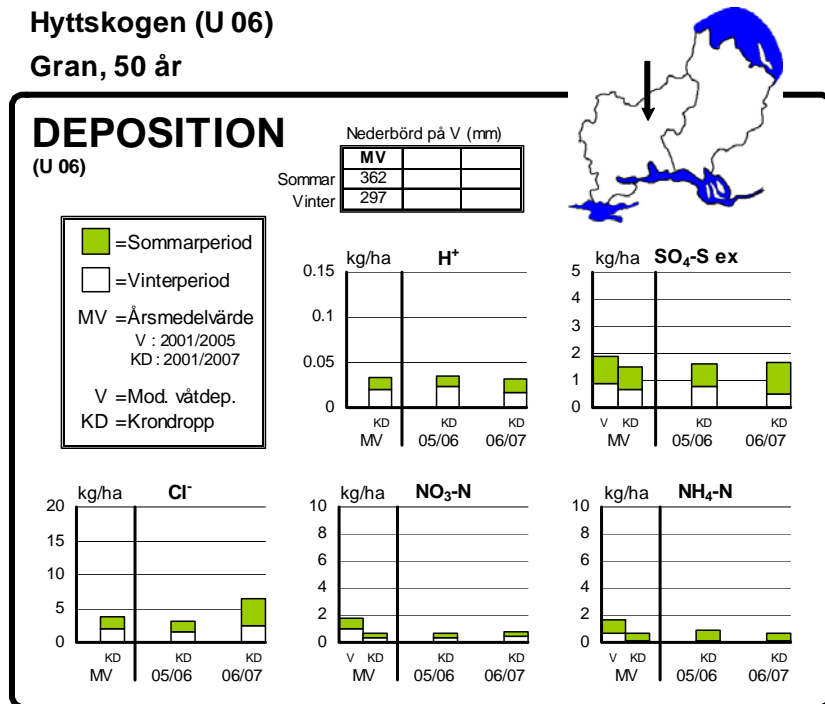


Figur 6. Markvattendata från Kvisterhult, U 04. I figuren redovisas markvattnet för det senaste årets tre provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden innebär 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 vätejoner (H^+), sulfatsvavel (SO_4-S), kloridjoner (Cl), nitratkväve (NO_3-N), ammoniumkväve (NH_4-N), kalciumjoner (Ca^{2+}) och aluminium (Al).

Halter i luft av svaveldioxid (SO_2) och kvävedioxid (NO_2) har mätts i Kvisterhult sedan oktober 1993, ammoniak (NH_3) sedan februari 1995 och marknära ozon (O_3) sedan april 1996. Under åren har årsmedelhalterna av SO_2 varierat mellan 0,4 och 1,3 $\mu g/m^3$, sedan 1996/97 har dock årsmedelhalten inte överskridit 0,7 $\mu g/m^3$. Under mätperioden 2006/07 var årsmedelhalten mycket låg, 0,4 $\mu g/m^3$. Årsmedelhalterna av NO_2 har genom åren varierat mellan 1,8 och 3,5 $\mu g/m^3$ och under mätperioden 2006/07 var årsmedelhalten den hittills lägsta uppmätta vid lokalen, 1,8 $\mu g/m^3$. Sommarmedelvärdet av NH_3 har sedan mätningarnas start varierat mellan < 0,3 (detektionsgränsen för NH_3) och 0,8 $\mu g/m^3$. Under sommaren 2007 var medelhalten 0,4 $\mu g/m^3$. Sommarhalvsmedelhalterna för ozon har under åren varierat mellan 53 och 64 $\mu g/m^3$ och under sommaren 2007 var halten mycket låg, 53 $\mu g/m^3$, vilket kan förklaras av det regniga solfattiga vädret. En mer omfattande analys av lufthalter i relation till större regioner finns under kapitlet "Tidsutveckling lufthalter" senare i rapporten.

Hyttskogen (U 06): 50-årig granskog med visst inslag av tall och björk strax nordväst om Sala. Ståndortsindex är G22. Jordmånen är järnpodsol och ytan är belägen i ett moränområde. Denna markttyp är länets vanligaste skogsmarktstyp. Krondroppsmätningar startade i oktober 2001. Mätningar av lufthalter startade i juni 2003 och utförs 0,5 km norr om Hyttskogen.

Sex års krondroppsmätningar i Hyttskogen har visat låg belastning av antropogent svavel till marken i skogen, 1,5 kg/ha som genomsnitt, Figur 7. Även kvävednedfallet har varit lågt, 1,5 kg/ha och är räknat som summa nitratkväve och ammoniumkväve för 2006/07.



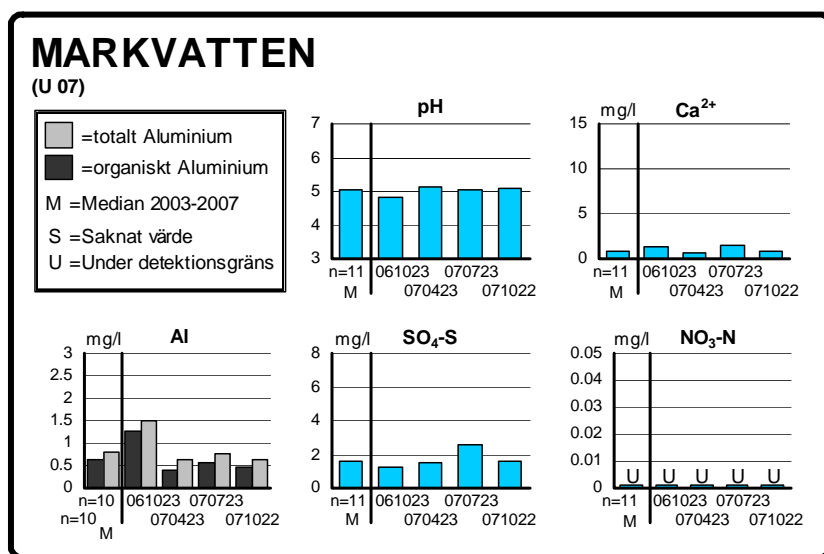
Figur 7. Depositiondata från Hyttskogen, U 06. I figuren redovisas deposition i krondropp av ett urval ämnen de två senaste åren och jämförs med ett längre periodmedelvärde 2001-2007. Även den modellerade våtdepositionen för perioden 2001-05 finns med som jämförelse. Åren är indelade i sommar- (april-sep) och vinterperiod (okt-mars). Kemiska beteckningar som används i figurerna är vätejoner (H⁺), sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S ex), kloridjoner (Cl⁻), nitratkväve (NO₃-N) och ammoniumkväve (NH₄-N).

Under 2006/07 fanns tyvärr inte tillräcklig provmängd för att analys skulle kunna genomföras vid någon av markvattenprovtagningarna, Appendix Tabell A:5.

Halter i luft av kvävedioxid (NO₂) har mätts i Hyttskogen sedan 2002 och mätningarna av marknära ozon (O₃) startade 2003. Mätningarna i Hyttskogen ersätter tidigare mätningar vid lokalen Finnbo där NO₂-mätningar startades i oktober 1993 och O₃-mätningar i april 1996. Årsmedelhalterna av NO₂ har under åren i Hyttskogen varierat mellan 2,0 - 3,8 µg/m³ och under den senaste mätperioden var årsmedelvärdet 3,0 µg/m³. Månadsmedelhalterna varierade mellan 1,7 och 5,4 µg/m³ med de högsta halterna under vintern. Sommarhalvsmedelhalterna för ozon har under åren varierat mellan 46-58 µg/m³ och under sommaren 2007 var halten 53 µg/m³. En mer omfattande analys av lufthalter finns under kapitlet "Tidsutveckling lufthalter" senare i rapporten.

Mortorpsmossen (U 07): På denna yta som består av 67-årig blandskog, där beståndet är grandominerat men själva provytan domineras av tall (60 % tall och 40 % gran) har mätningar av krondropp, markvatten och lufthalter pågått sedan år 2003. Ytan är belägen på moränmark med ett ståndortsindex på T24. Mätningarna i krondropp avslutades i december 2006.

Fyra års markvattenmätningar i Mortorpsmossen visar på ett i medeltal relativt lågt pH-värde i förhållande till de andra lokalerna, runt 5,0 (Figur 8). Det är bara Kvisterhult som ligger lägre (4,5), de övriga lokalerna ligger mellan 5,6 och 6,1. Halterna av baskatjoner och oorganiskt aluminium var i nivå med halterna vid lokalerna Kvisterhult, Hyttskogen och Skästa under de år som mätningar utförts vid Mortorpsmossen. Den korta mätserien (11 mättillfällen) gör det svårt att se några tydliga trender för markvattnet, men statistiska beräkningar visar att halten av järn i markvattnet har sjunkit signifikant sedan mätningen startade 2003.

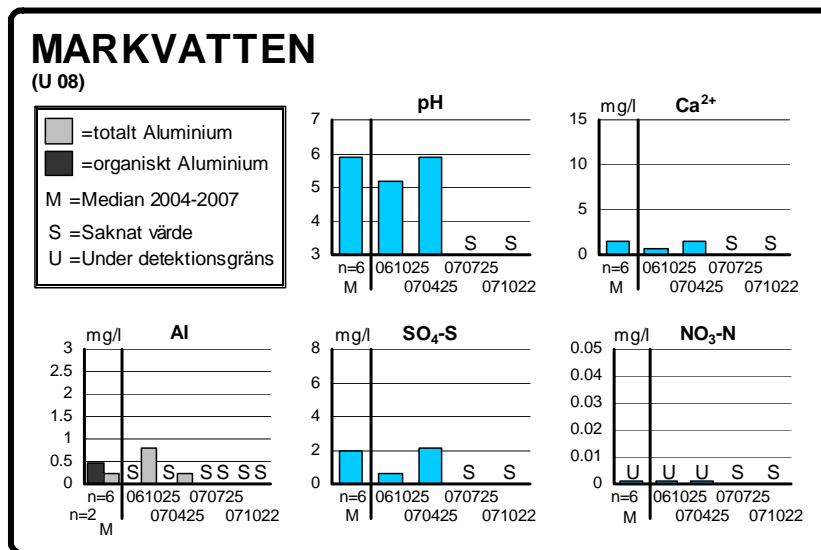


Figur 8. Markvattendata från Mortorpsmossen, U 07. I figuren redovisas markvatten för det senaste årets tre provtagningar, vilka jämförs med ett långtidsvärde. Medianvärde används för att undvika en kraftig inverkan av enstaka höga halter som ibland uppträder under torra förhållanden. Saknade värden 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 (Ca²⁺), aluminium (Al), sulfatsvavel (SO₄-S) och nitratkväve (NO₃-N).

Skästa (U 08): 63-årig granskog där mätningar av deposition i krondropp och markvatten etablerades 2004. I oktober 2004 startades även lufthaltsmätningar av kvävedioxid (NO₂) och marknära ozon (O₃). Krondroppsmätningarna avslutades i december 2006.

Totalt sex provtagningar i markvatten har genomförts vid lokalen Skästa. Den sista markvattenprovtagningen i Skästa under perioden 2006/07 gav dock för liten provvolym för att analys kunde ske.

Resultaten indikerar relativt höga pH-värden runt 5,9 se Figur 9, Appendix Tabell A:5, samt låga men dock positiva värden för ANC och en relativt hög kvot mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium kvot, vilket innebär en relativt god status ur försurningssynpunkt. I likhet med Mortorpsmossen är det vanskligt att dra några slutsatser för trender i markvattnet då endast sex mättillfällen redovisas, men under de tre år som mätningarna pågått så har kalciumhalterna och ANC sjunkit. Fortsatta mätningar i Skästa får visa om dessa trender är statistiskt säkerställda.



Figur 9. Markvattendata från Skästa U08. I figuren redovisas markvattenmätningar av ett urval ämnen från de senaste provtagningarna, 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 i figurerna är kalciumjoner (Ca²⁺), aluminium (Al), sulfatsvavel (SO₄-S) och nitratkväve (NO₃-N).

Halter i luft av kvävedioxid (NO₂) och marknära ozon (O₃) har mätts i Skästa sedan oktober 2004. Under de tre år som mätningarna har pågått har årsmedelhalterna av NO₂ varierat mellan 3,7 och 4,5 µg/m³ med det lägsta medelvärdet under den senaste mätperioden. Ozonmätningarna vid Skästa avslutades under februari 2007 varför inga sommarhalvsmedelhalter finns. En mer omfattande analys av lufthalter finns under kapitlet ”Tidsutveckling lufthalter” senare i rapporten.

Tidsutveckling deposition

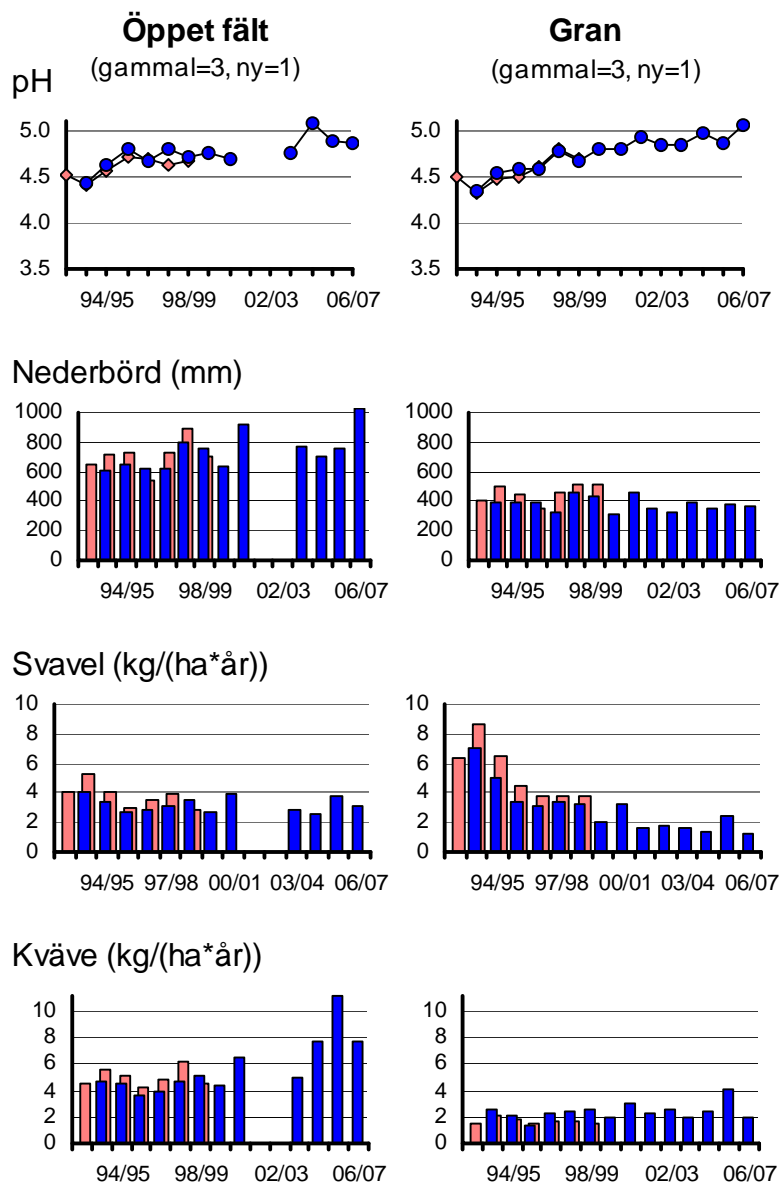
Figur 10 visar utvecklingen av svavel och kvävedepositionen i Västmanlands län från 1992 fram till 2007. Två tidsserier för mätningar i öppet fält och granskog presenteras, en ”gammal” tidsserie samt en ”ny” tidsserie. Orsaken till att två tidsserier redovisas är att det 1993/94 startade mätningar vid 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 tidsserie. Långa tidsserier behövs för att bedöma trender men det medför i många fall att antalet ingående lokaler blir få.

För ”gammal tidsserie” för både öppet fält samt gran har mätningar från Finnbo, Godkärra och Vretbacken använts medan ”ny tidsserie” består av mätningar från Kvisterhult.

När det gäller mätningar på öppet fält visar figuren att nederbördens pH-värde var cirka 4,5 i början av 1990-talet. Under perioden för den ”gamla tidsserien” 1995/96 - 2000/01 har nederbörden varit mindre sur, i genomsnitt pH-värde 4,7. Vid Kvisterhult som representerar den ”nya tidsserien” ser man att pH-värdet ökat från 4,4 (1993/94) till 4,9 (2006/07). Trots att nederbördsmängderna ökat under mätperioden har svavelnedfallet via nederbörden (i genomsnitt 3.1 kg/ha 2006/07) minskat något. Det förklaras av lägre svavelhalter i nederbörd från slutet av perioden (0,4 mg/l) än i dess början (0,7 mg/l). Vid lokalen Kvisterhult ser man en tendens till en ökning av kvävedepositionen på öppet fält. Figuren visar att kvävedepositionen varierar mellan åren men vid mätningarnas start var nedfallet 4,7 kg/ha och för 2006/07 var kvävedepositionen 7,7 kg/ha. Det är främst de senaste åren

som en ökning av kvävednedfallet noteras. Man bör dock betänka att detta är vid en enskild plats och att någon generell trend för kvävednedfall ej syns ännu i Sverige.

Krondropp från granskog visar liknande trend med stigande pH-värden, tydlig minskning av svavelnedfallet (främst torrdepositionens omfattning) men utan tendensen till ökning av krondroppsmängd och kvävednedfall. Denna utveckling gäller inte bara Västmanlands län utan är generell för stora delar av Sverige. Generellt för hela södra och östra Sverige är också en toppnotering för svavelnedfall under 1993/94. Trolig orsak var meteorologiska förhållanden som påverkade intransport av förorenad luft. Under 2006/07 noterades i genomsnitt 1,5 kg antropogent svavel och 1,8 kg oorganiskt kväve per hektar skogsmark i Västmanlands två granytor.

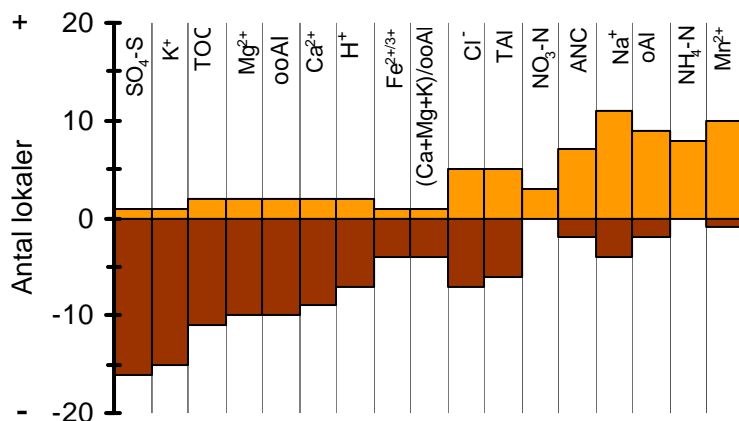


Figur 10. Årsmedelvärden för pH, nederbörd, deposition av svavel och oorganiskt kväve i två miljöer i Västmanland; öppet fält och granskog, uppdelat på två delvis överlappande tidsserier. Figuren visar tidsutvecklingen för ”gammal” serie (1992/93 – 1998/99) och ”ny” serie (1993/94 – 2006/07). För gammal tidsserie för både öppet fält samt gran har mätningar från Finnbo, Godkärra och Vretbacken använts medan den nya tidsserien består av mätningar från Kvisterhult.

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 ~2 år. För Västmanlands län innebär det att alla aktiva markvattenlokaler är med i analysen.

Figur 11 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 mätlokaler där ANC signifikant ökar är fler än de lokaler där ANC signifikanta 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 11. 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 pågår eller har pågått tills helt nyligen vid fyra platser i Västmanlands län sedan 1994. Vid Godkärra har halterna av SO₂ och NO₂ mätts året runt 1994-2007, SO₂ avslutades dock efter 2004. Ozon har mätts året runt 1996-2006. NH₃ mättes sommartid under en kort period 1995-2000. Vid Kvisterhult har SO₂ och NO₂ mätts med korta uppehåll året runt sedan 1994 och dessa mätningar pågår fortfarande. Ozon har mätts året runt sedan 1996 och även dessa mätningar pågår. NH₃ har mätts sommartid sedan 1995 och året runt sedan 2001 och dessa mätningar pågår. Vid Hyttskogen finns pågående mätningar av NO₂ och

ozon sedan 2004. Vid Skästa har NO₂ och ozon mätts året runt 2005-2006. Eftersom mätperioderna vid Hyttskogen och Skästa är korta, används de inte i denna analys av tidsutveckling.

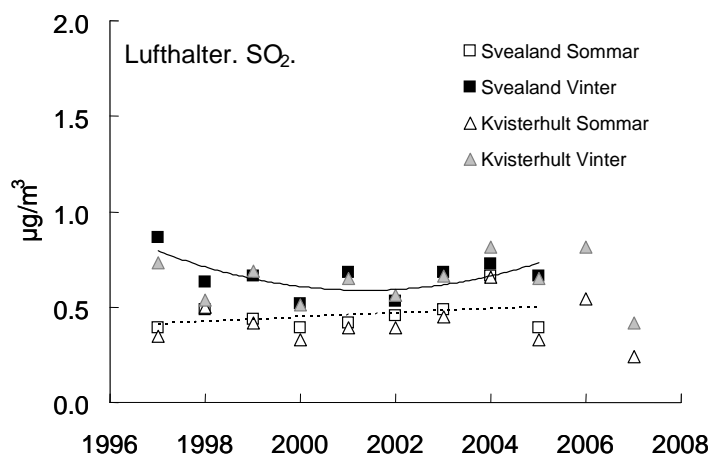
Mätningar av lufthalter påbörjades i Skåne redan 1994 och antalet mätplatser i Sverige har utökats allt eftersom. Under hela perioden 1997 till 2005 mättes lufthalter sammanhängande vid fyra platser i Svealand, förutom vid Kvisterhult även vid Edeby i Södermanland, samt vid Södra Averstad och Transtrandsberget 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 Svealand, vilket försvårar fortsatta trendanalyser.

Vi använder i denna analys av tidsutvecklingen årliga medelvärden för Godkärra och Kvisterhult, eftersom dessa platser har de längsta mätserierna i Västmanland, uppdelat på sommar- och vinterhalvår, och jämför med motsvarande medelvärden för de fyra platser i Svealand som nämnts ovan. Kvisterhult utgör således en av dessa fyra platser.

Svaveldioxid (SO₂)

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_x 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 SO₂ minskat sedan mätningar inom Krondroppsnetet påbörjades under 1990-talet.

I Figur 12 visas lufthalter av SO₂ för Västmanlands län och för Svealand som helhet, uppdelat på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats för Värmlands län, Kvisterhult, och för fyra mätplatser för Svealand, varav Kvisterhult utgör en mätplats. Figuren visar att halterna av SO₂ vid Kvisterhult och Svealand som helhet är mycket låga. Medelhalterna för Svealand vintertid tenderar till att nå ett minimum i början av 2000-talet för att därefter öka något. Tendensen till ökande halter av SO₂ under 2000-talet antyds även för mätningarna vid Kvisterhult och Godkärra (sistnämnda data visas ej). SO₂-halterna för året 2007 var dock låga, vilket sannolikt förklaras av den kraftiga nederbörden detta år.

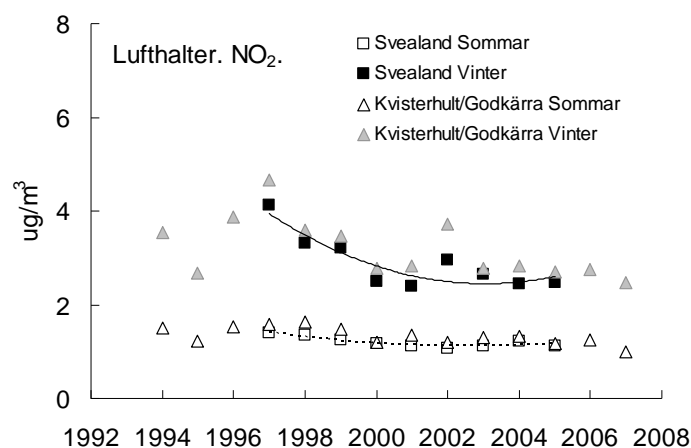


Figur 12. Lufthalter av SO₂ i Västmanlands län och för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Värmlands län, Kvisterhult, och för fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Kvisterhult utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1997-2005 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 (NO₂)

Även EU's samlade emissioner av oxiderat (NO_x) och reducerat (NH₃) 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 13 visar lufthalter av NO₂ för Västmanlands län och Svealand, uppdelade på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och, eftersom det finns långa kompletta mätserier för NO₂ vid både Godkärna och Kvisterhult, används medelvärden för båda dessa två mätplatser för att representera Västmanlands län. De fyra mätplatser som beskrivits ovan används för att representera Svealand som helhet, varav Kvisterhult utgör en mätplats. Lufthalterna av NO₂ vid Godkärna/Kvisterhult ligger något högre än medelvärden för Svealand. För såväl Godkärna/Kvisterhult som Svealand som helhet syns en tydlig minskning av NO₂ halterna vintertid i slutet av 1990-talet. Det är oklart vad som ligger bakom de varierande NO₂-halterna vid Kvisterhult/Godkärna i mitten av 1990-talet.

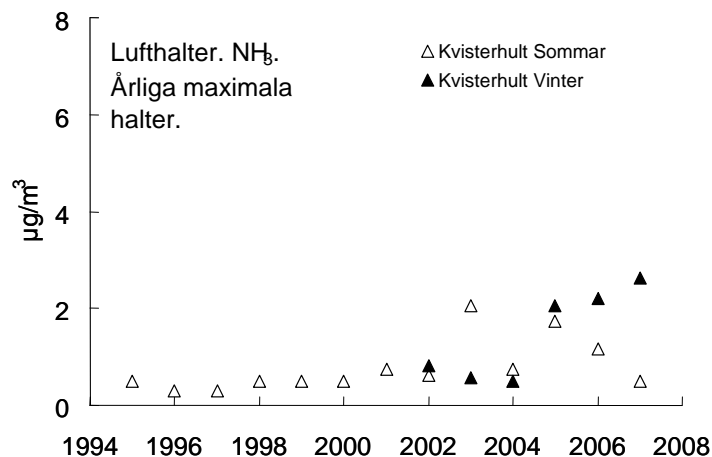


Figur 13. Lufthalter av NO₂ i Västmanlands län och för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelat på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för två mätplatser för Västmanlands län, Godkärna och Kvisterhult, och för fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Kvisterhult utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1997-2005 för Svealand sommarhalvår (streckad svart linje) och Svealand vinterhalvår (heldragen svart linje). Trendanalyserna som baseras 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. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

Ammoniak (NH₃)

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 NH₃-halter.

I Figur 14 visas, baserat på månadsmätningar, maximalt uppmätta månadshalter av NH_3 , under sommaren respektive vintern, för en mätplats i Västmanlands län, Kvisterhult, där NH_3 -halter mätts under en längre period. Halter visas endast för länet, eftersom halterna varierar kraftigt över södra och mellersta Sverige. Fram till 2002 uppmättes sommartid inga maximala halter av NH_3 över $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Efter detta år har halter runt $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts vid ett par tillfällen. Även vintertid har halter runt $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmätts. Också för flera andra län i södra Sverige har en ökad frekvens av maximalt uppmätta halter av NH_3 noterats under 2000-talet.

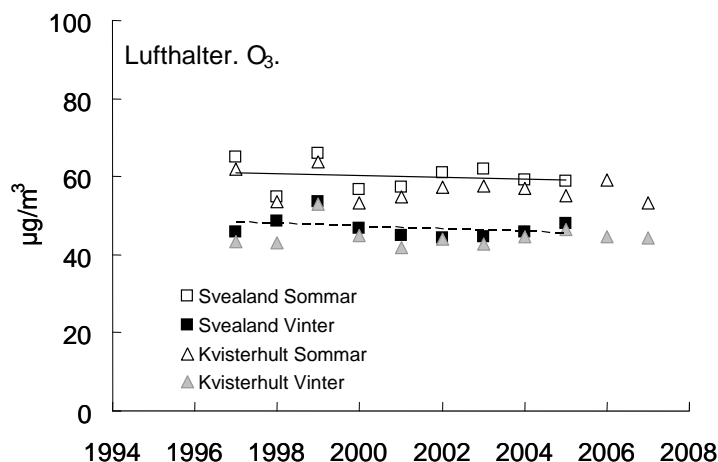


Figur 14. Lufthalter av ammoniak i Västmanlands län, som årliga maximala värden uppdelade på sommar och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar vid en mätplats i länet, Kvisterhult. Beräkningarna gäller kalenderår, sommar (april-september), vinter (jan-mars, okt-dec).

Marknära ozon (O_3)

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_x) 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 utsläppsbegränsningar 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_x , 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).

Ozonhalterna som medelvärde sommartid vid Kvisterhult, såväl som vid Godkärra (sistnämnda data visas ej) ligger något lägre jämfört med medelvärden för Svealand i stort (Figur 15). Halterna för Svealand i stort tenderar till att minska något under perioden 1997-2005 såväl sommar- som vintertid. Ozonhalterna vid Kvisterhult följer samma tendens.



Figur 15. Lufthalter av ozon i Västmanlands län och som medelvärde för Svealand, redovisat som periodmedelvärden uppdelade på sommar- och vinterhalvår. Värdena baseras på månadsvisa mätningar och utgör medelvärden för en mätplats i Västmanland, Kvisterhult, och fyra mätplatser för Svealand som helhet, varav Kvisterhult utgör en mätplats. Trendlinjer visas för perioden 1998-2005 för Svealand sommarhalvår (heldragen linje, minskning 0.2 µg/m³ årligen) och Svealand vinterhalvår (streckad linje, minskning 0.3 µg/m³ 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 Krondroppsnetet 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 Västmanlands län inom miljö kvalitetsmålen "*Bara Naturlig Försurning*" och "*Ingen Övergödning*", samt en beskrivning av pågående metodutveckling för miljö kvalitetsmålet "*Frisk 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.

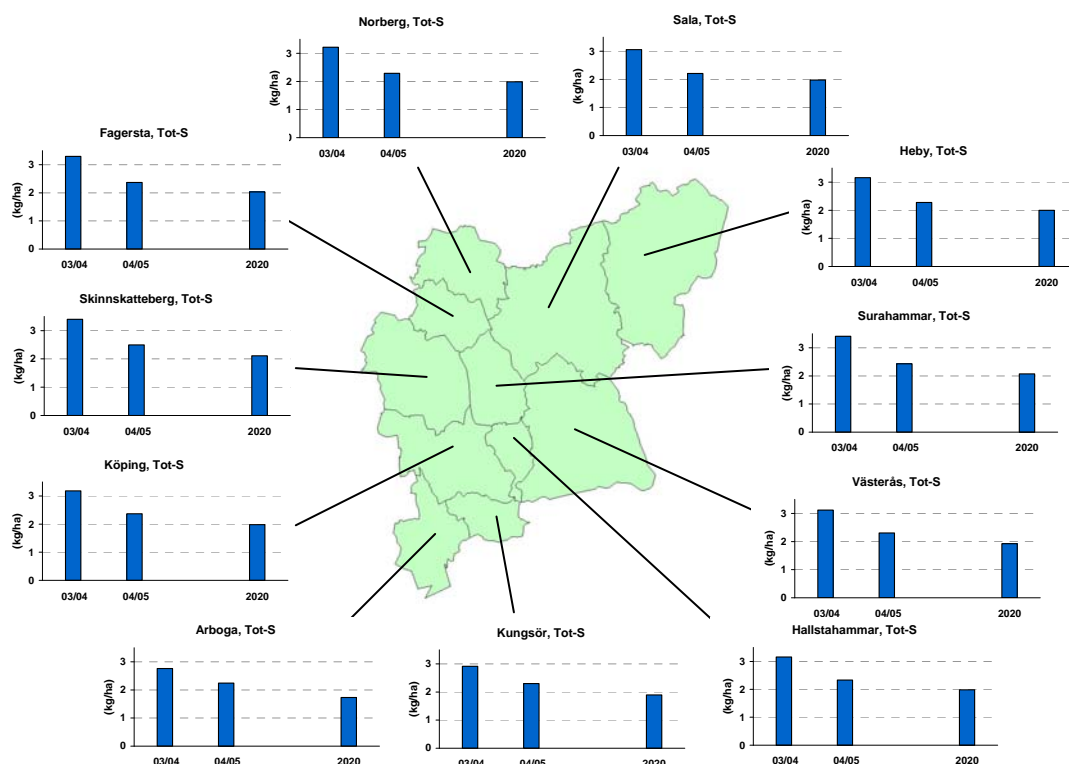
| Modellerad parameter | Upp-lösning | Delmål/Indikator/Generationsperspektiv |
|--|---------------------|---|
| Deposition av S, nu och 2020 | kommun | Indikator: Nedfall av svavel |
| Deposition av N, nu och 2020 | kommun | Indikator: Nedfall av kväve |
| Överskridande av kritisk belastning i skogsmark, 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: Färre försurade vatten |
| Skogsbrukets försurningspåverkan | nationell | Generationsperspektivet: Markanvändningens bidrag till försurning av mark och vatten motverkas genom att skogsbruket anpassas till växtplatsens försurningskänslighet |

Deposition av S och N, nu och 2020

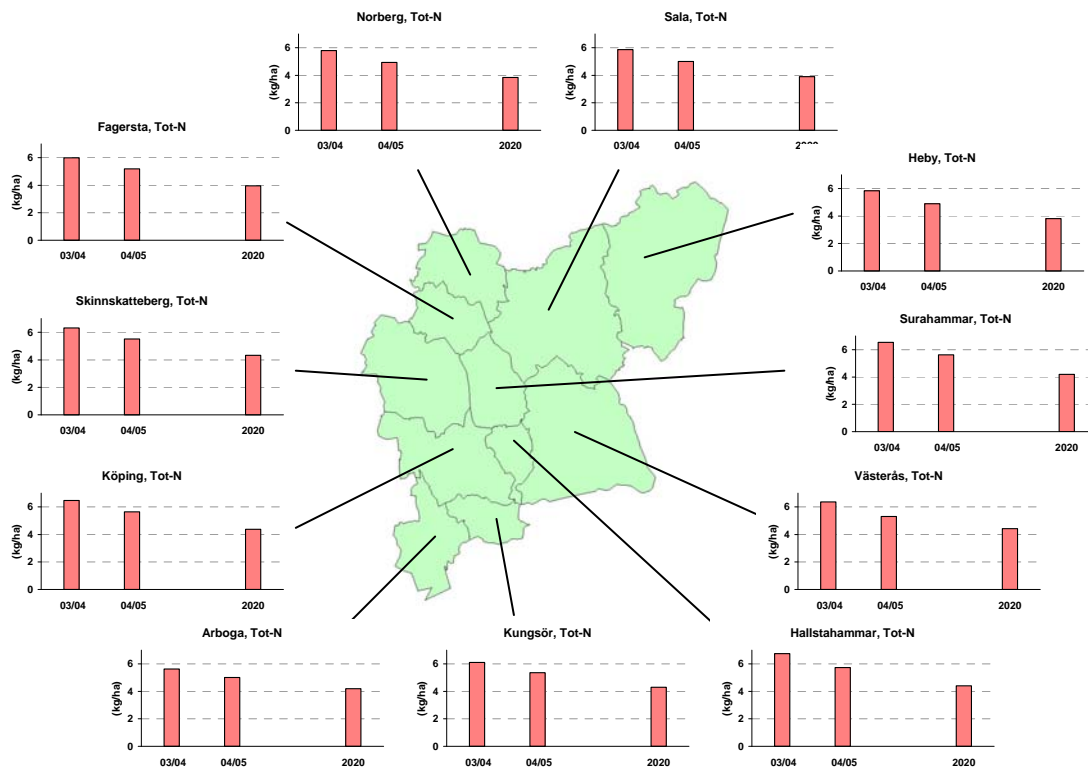
Två av de modellerade parametrarna för miljömålet "Bara naturlig försurning" kopplar till indikatorerna nedfall av svavel och nedfall av kväve. Nedfall av svavel och kväve baseras på beräkningar med det s.k. "MATCH-Sverige" modellsystemet som SMHI driver på uppdrag av Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning (Persson m.fl., 2004). I detta spridningsmodell-system 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 Krondropps nätprogrammet, 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 16 & 17. 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 omkring 3 kg per hektar och år under 2003/04 i samtliga kommuner och något lägre 2004/05. Variationen i länet var ganska liten. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 2 kg per hektar till år 2020. Depositionen av kväve beräknades till ungefär 6 kg per hektar och år under 2003/04 och något lägre under 2004/05. Enligt CLE-scenariet ska nedfallet minska till 4 kg per hektar till år 2020. Nedfallet går inte att direkt jämföra med uppmätt nedfall i Krondroppsytorna, 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 16. Svavelnedfall på kommunnivå i Västmanlands län under de hydrologiska åren 2003/04, 2004/05 och år 2020 enligt CLE-scenariet, modellerat med MATCH-Sverige modellen.



Figur 17. Kvävenedfall på kommunnivå i Västmanlands 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 miljö kvalitetsmålet "Bara naturlig försurning" (Naturvårdsverket, 2007b).

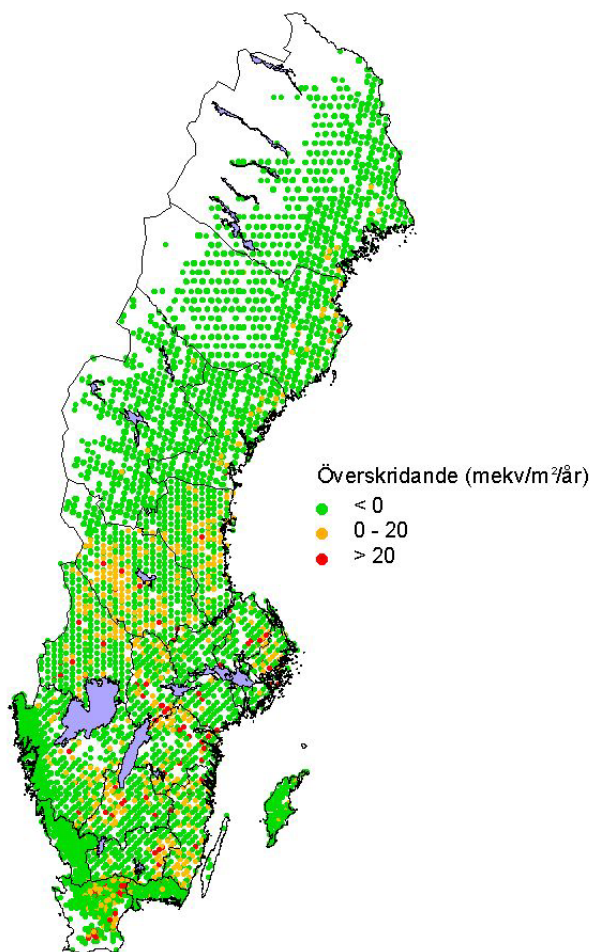
Beskrivning av beräkningsmodellen

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 Västmanlands län

Med den reviderade beräkningsmetodiken visar resultaten att 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 18). I Västmanlands län, där 362 ytor modellerats, överskrids den kritiska belastningen på 14 % av skogsmarken, alltså i nivå med genomsnittet för landet. Det finns ingen gradient i länet utan ytorna med överskridande är relativt jämnt spridda över länet. År 2020, överskrids den kritiska belastningen enbart på 2 % av skogsmarken, enligt CLE-scenariet.



Figur 18. 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) 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. Måläret för delmålet är 2010, men här valdes att presentera resultat för 2020, för att täcka in en längre tidsperiod.

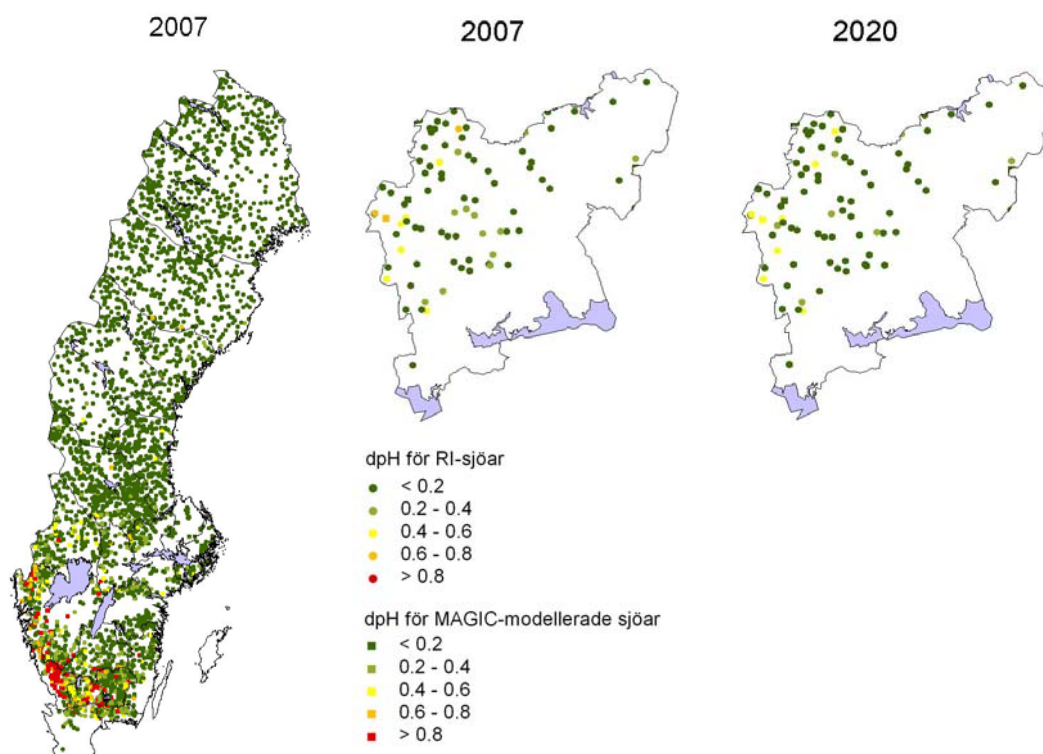
Resultatet för Sverige och Västmanlands län visas i Figur 19. Figuren visar resultat från modelleringar med MAGIC samt från bedömningar med MAGIC-biblioteket baserat på provtagningar från två Riksinventeringar, 2000 och 2005. I de fall där en sjö provtagits i båda Riksinventeringarna har resultat från 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 Västmanland i "Bara naturlig försurning" lyder:

"År 2010 skall högst 10 procent av antalet sjöar och högst 5 procent av sträckan rinnande vatten i länet behöva kalkas för att minska effekterna av försurning orsakad av människan."

I Västmanlands län finns två sjöar som är modellerade med MAGIC-modellen, 69 som är bedömda med MAGIC-biblioteket enligt Riksinventeringen 2000 och 68 enligt Riksinventeringen 2005. Andel försurade sjöar i Västmanlands 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 Västmanland år 2007 beräknades till 15 % både baserat på Riksinventeringen 2000 och Riksinventeringen 2005, vilket överskrider delmålet på 10 %. År 2020 beräknades antalet försurade sjöar ha minskat till 13 %. De försurade sjöarna är belägna i den västra delen av länet.



Figur 19. 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 och barr, 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 om 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 men den öst-västliga 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 Västmanlands län visar på att dagens försurande nedfall är större än vad skogsekosystemet tål i delar av länet, baserat på kriteriet att kvoten mellan baskatjoner och oorganiskt aluminium i marklösningen inte får underskrida 1. Beräkningarna visar dock att minskningen av nedfallet enligt CLE-scenariet är tillräcklig för att åtgärda detta på i stort sett all skogsmark i länet. Även vad gäller sjöar finns ett kvarvarande försurningsproblem. Andelen försurade sjöar överskred enligt beräkningarna gränsen för delmålet, 10 %, både med nedfallet 2007 och med minskad deposition år 2020, enligt CLE-scenariet. 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

Miljö kvalitetsmålet "Ingen övergödning" lyder:

"Halterna av gödande ämnen i mark och vatten skall inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten."

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 låg 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: Nedfall av kväve |
| Kväveackumulering | nationell, regional | Indikator: Kväve i havet 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 17), och kommenteras där.

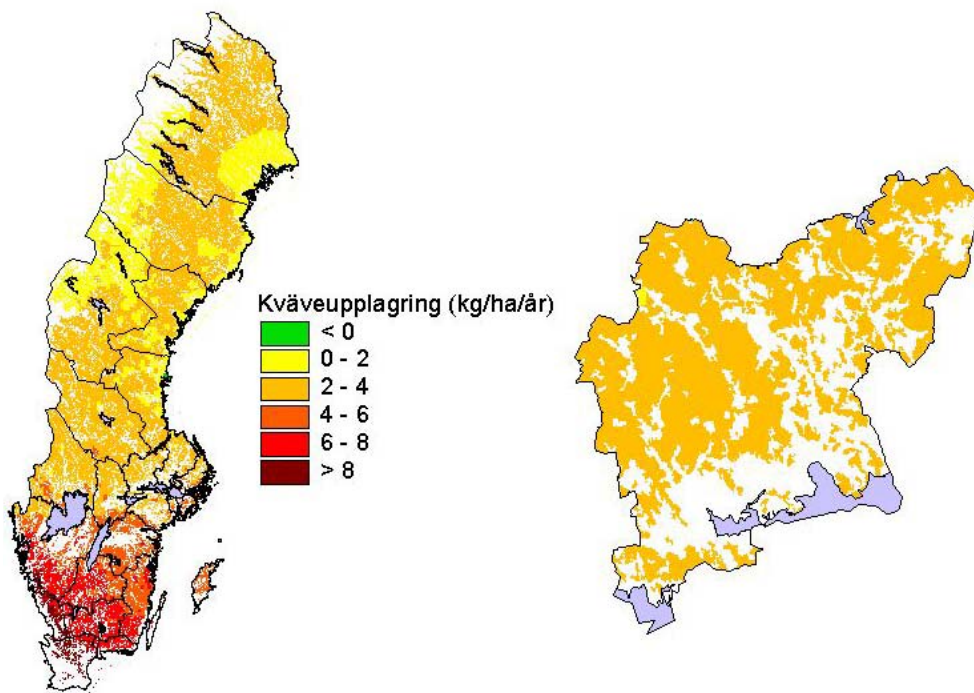
Kväveackumulering

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:

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

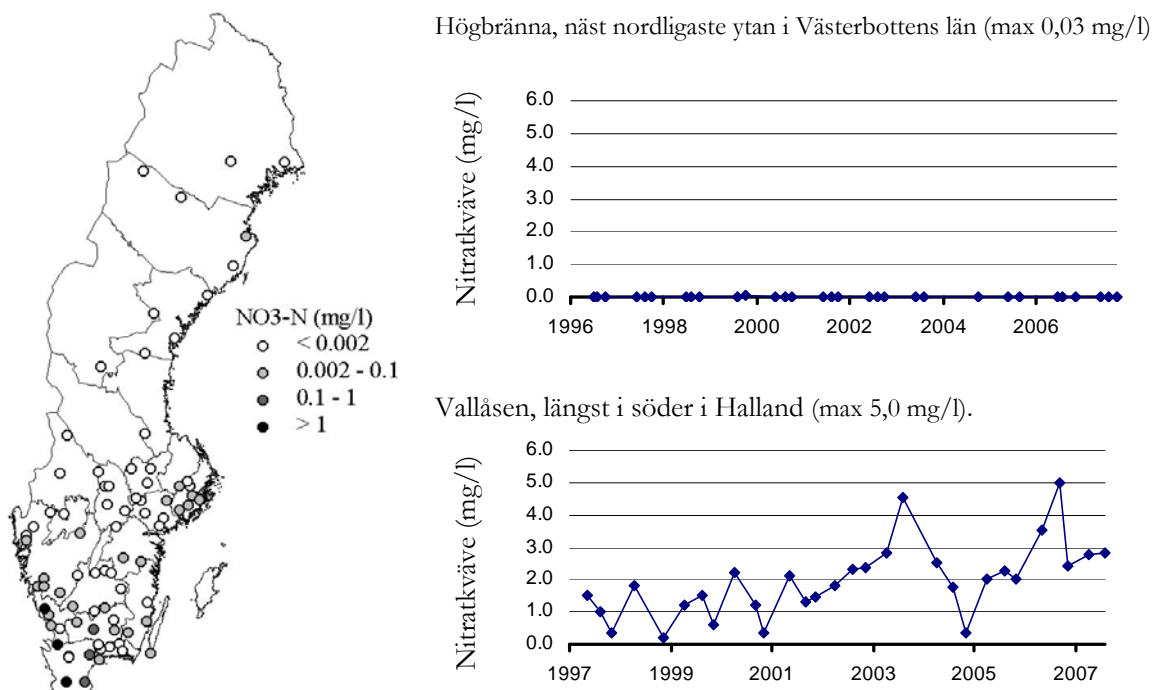
Denitrifikationen har försumrats i och med att beräkningarna gäller enbart väl-dränerad skogsmark. Beräkningar har gjorts för ytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) och resultatet har därefter interpolerats till rutor på 5*5 km. Figur 20 visar kväveackumulering i granskog vid stamuttag, baserat på 5600 granytor inom Riksinventeringen för skog (RIS) i Sverige.



Figur 20. Kväveackumulering i granskog i Sverige och i Västmanlands län. Färgade områden är alla typer av skogsmark medan vita områden är mark med annan markanvändning. Kväveupplagringen som anges gäller enbart granskog.

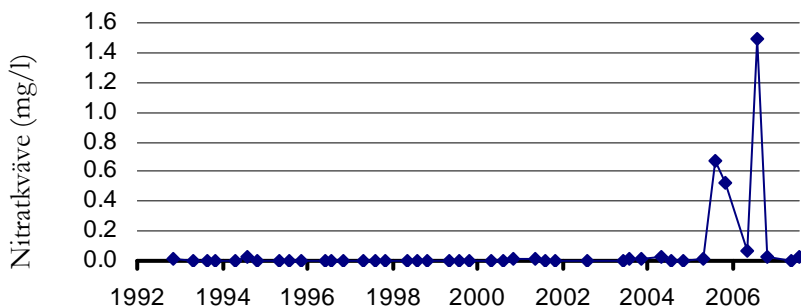
Kväveackumuleringen är högst i sydvästra Sverige, där kvävenedfallet är störst. I delar av Skåne och Halland ackumuleras mer än 8 kg kväve per hektar och år. I norra delarna av Sverige är ackumuleringen generellt låg, på många håll under 2 kg per hektar och år. I större delen av Västmanlands län ackumuleras mellan 2 och 4 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 Krondroppsnätet på hög frekvens av kraftigt förhöjda halter i markvattnet (Figur 21). 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 21 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, Högrännan, har valts i norra Sverige.



Figur 21. 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 en yta i norr, Högrännan och en längst i söder, Vallåsen (t.h.).

Risken för förhöjd kväveutlakning i Västmanlands län, med ett kvävenedfall på 5-7 kg per hektar och år och en kväveackumulering på 2-4 kg per hektar och år, bedöms som relativt liten under de förhållanden som råder idag. Markvattenmätningar i de fem aktiva ytorna i länet visar på mycket låga halter, som endast vid enstaka tillfällen överstiger 0.01 mg/l. Toppnoteringen är 0,12 mg/l bortsett från i Finnbo som avverkats år 2000, där halten som högst uppgick till 1,5 mg/l (Figur 22). Avverkning innebär att kväveupptaget minskar kraftigt, och brukar innebära en förhöjning av nitrathalten i markvatten under några år. Effekten blir kraftigare ju högre kvävebelastningen är i området. Nedfallsnivåerna är dock tillräckligt höga för att kunna förändra markvegetationens sammansättning enligt gödslingsförsök i norra Sverige, där bakgrundsdepositionen är låg (Nordin, m.fl., 2005).



Figur 22. Nitratkväve i markvatten i Finnbo, där skogen avverkades under 2000. De förhöjda halterna med början 2005 är en effekt av avverkningen. Vanligtvis brukar effekten synas en kort tid efter avverkningen och nå sitt maximum efter ett par år.

Frisk luft

Miljökvalitetsmålet 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.

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 | Halten 5 µg/m ³ som årsmedelvärde skall vara uppnådd för samtliga kommuner 2005 | | Målet föreslås utgå eftersom det är uppnått. |
| Kväve-dioxid | Halten 20 µg/m ³ som årsmedelvärde för kvävedioxid skall i huvudsak underskridas år 2010 | | |
| Marknära ozon | Halten marknära ozon skall inte överskrida 120 µg/m ³ som 8-timmarsmedelvärde år 2010. | Halterna som inte bör överskridas är 70 µg/m ³ som 8-timmarsmedelvärde och 50 µg/m ³ som medelvärde för sommarhalvåret | Som reviderat delmål föreslås att det maximala 8-timmarsmedelvärdet inte skall överstiga 100 µg/m ³ 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 ³ timmar som medelvärde under fem år. |

Det finns även delmål och långsiktiga mål för olika lufthalter inom Miljökvalitetsnormerna, 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 µg/m³. Svaveldioxid får i dessa områden inte överskrida 20 µg/m³, varken som års- eller vintermedelvärde.

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

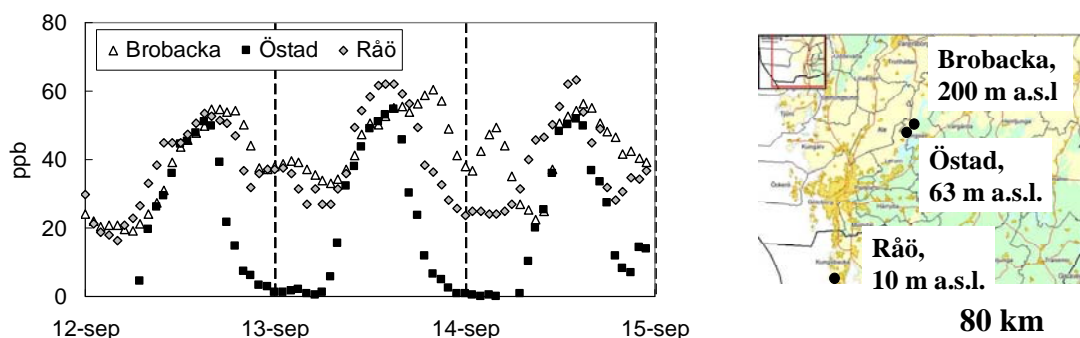
| Målvärde för 2010 | | Målvärde för 2020 | |
|--|--|--|--|
| Hälsa | Vegetationen | Hälsa | Vegetationen |
| Max 8-timmarsmedelvärde <120 µg/m ³ * | AOT40, <18000 µg/m ³ timmar, medelvärde under 5 år ** | Max 8-timmarsmedelvärde <120 µg/m ³ * | AOT40, <6000 µg/m ³ timmar * ** |

* 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/m³. Om resultatet är >0 så ackumuleras detta värde. AOT40 uttrycks som µg/m³ -timmar.

Det framgår av Figurerna 12, 13 & 15 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 Krondroppsnätet 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 depositionshastigheten 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 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 23.



Figur 23. 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.

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

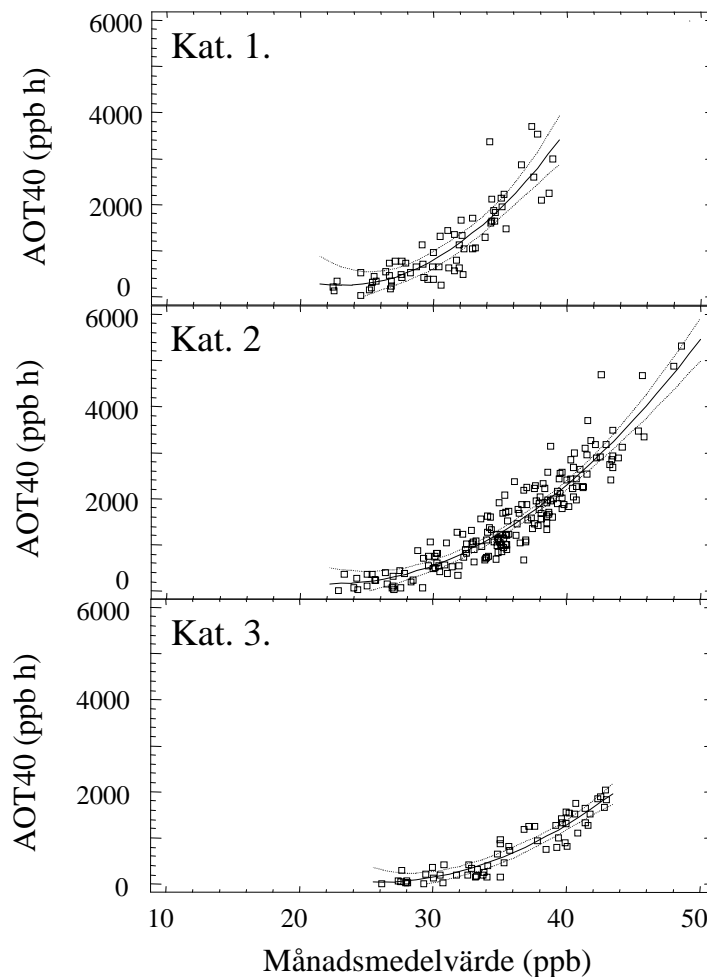
Tabell 5. Definition av fyra olika kategorier av mätlokaler för marknära ozon. Modifierad från Karlsson m.fl., 2004.

| 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 24). Korrelationerna mellan månadsmedelvärden och maximalt 8-timmars medelvärde 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 överskridanden av maximala 8-timmars medelvärden från månadsmedelvärden för ozonhalt.

Den huvudsakliga svårigheten med den utvecklade metodiken är att avgöra till vilken kategori en viss mätplats skall 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 24. 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 Västmanlands län

Lokalerna Kvisterhult och Hyttskogen har tills vidare antagits vara platser med en hög ozonbildning under dagen samt en relativt låg frekvens av nattliga temperaturinversioner, d.v.s. att dygnsvariationen i ozonhalter är relativt liten (kategori 2 i Figur 24). Jämförelser görs med instrumentmätningar vid EMEP's mätstation vid Grimsö, en plats belägen topografiskt lågt i landskapet strax norr om Örebro.

Den metod som används för att beräkna AOT40 ur månadsvärden är en förenkling och alla aspekter som gäller de enskilda stationerna finns ej medtagna. Vidare 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 dygnsvariationen 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 Grimsö för åren 2003-2007 med den statistiska metoden utifrån månadsmedelvärden stämmer relativt väl med de AOT40 som beräknats direkt från uppmätta timmedelvärden för ozon för samma period, dock med en viss överskattning.

Som medelvärde för de senaste fem åren överskrider inte de beräknade värdena för AOT40 det målvärde för AOT40 maj-juli, 6000 µg/m³, som anges inom Miljökvalitetsnormerna från år 2020, varken vid Kvisterhult eller vid Hyttskogen. Detta resultat är dock beroende av antagandet att platserna tillhör kategori 2. Om platserna istället antagits tillhöra kategori 1, skulle de beräknade värdena för AOT40 sannolikt ha överskridit målvärdet. Om mätningarna vid Kvisterhult och Hyttskogen kompletterades med enkla givare för lufttemperatur och luftfuktighet skulle vi kunna avgöra med större säkerhet till vilken ozonkategori respektive mätplats tillhör.

Det målvärde som finns inom det svenska miljömålet *Frisk Luft* som ska gälla från 2020, d.v.s. att sommarmedelhalten ska understiga 50 µg/m³, överskrids både vid Kvisterhult och vid Hyttskogen. Överskridandet är dock litet. De beräknade värdena för AOT40 och sommarmedelhalter vid Grimsö, baserade på instrumentmätningar, överskrider målvärdena, både vad gäller AOT40 och sommarmedelhalt.

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

| Namn | Kategori | AOT40 Maj-Jul * µg/m ³ timmar | Medelhalt Apr-Sept µg/m ³ |
|--|----------|---|---|
| Kvisterhult (U 04) | II | 4105 | 56.4 |
| Hyttskogen (U 06) ** | II | 4241 | 54.8 |
| Grimsö (EMEP-station) | I | 6529 | 61.0 |
| Grimsö (EMEP-station) beräknad från medel | I | 8321 | - |

* ljusa timmar beräknat mellan 08-20 CET. ** Hyttskogen ej 2003

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 miljökvalitetsmål, har gjort att fokus på senare år har flyttat från svavel till kväve.

Kväve, skog och miljökvalitetsmålen

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 miljökvalitetsmålen: *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), 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 kvävegödsling, uttag av avverkningsrester samt anläggning av skärmställningar (150-200 träd per hektar som får stå kvar efter avverkning med huvudsyftet att förbättra förhållandena för förnygring). 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 krondroppsdata 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 krondroppsdata 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 Krondroppsnätet 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. Krondroppsnätets 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 25). Förutsägelserna 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.

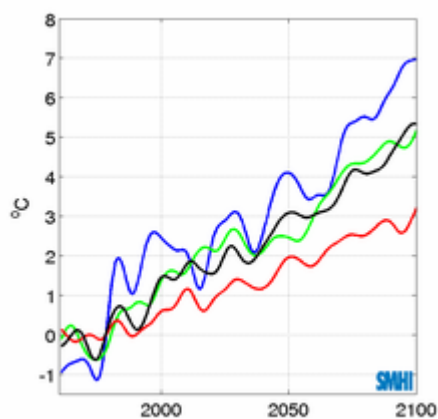
Framtida klimatförändringar kommer att påverka hur de långväga transporterade luftföroreningarna deponeras över Sverige genom att påverka det storskaliga transportmönstret för luftmassorna (Enghardt & Foltescu, 2007). Depositionen av försurande ämnen i Sverige mellan perioden 1961-1991 och 2070 – 2100 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

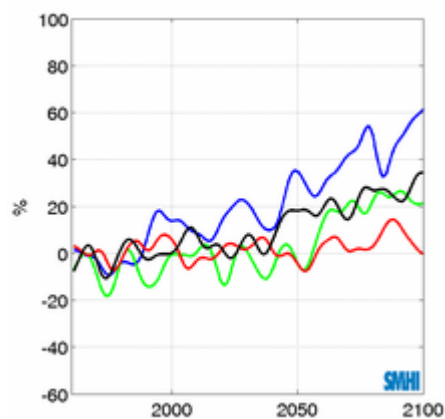
motverkas av att även vittringen ökar med ökad temperatur. Ändrad temperatur och fuktighet kan även påverka avgången av gasformigt kväve, som i sin tur kan påverka växthuseffekten. Om klimatförändringarna leder till en ökad stormfrekvens och mer stormskador finns en risk för ökad nitratutlakning, vilket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

Om kväveutlakning från skogsmark skulle bli mer utbredd, 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.

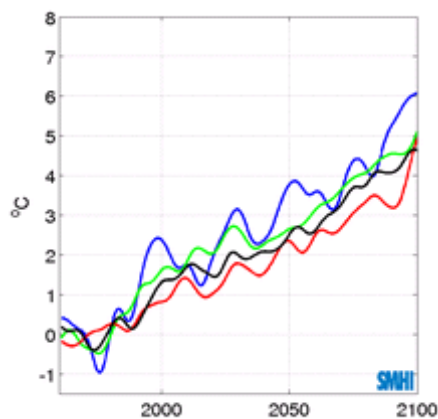
A. N Norrlands inland. Lufttemperaturer



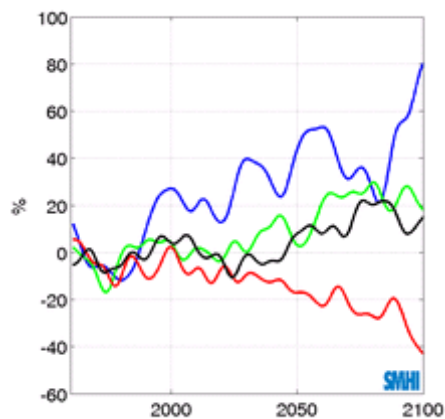
B. N Norrlands inland. Nederbörd



C. NV Götaland. Lufttemperaturer



D. NV Götaland. Nederbörd



Figur 25. 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.

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

Under tiden vi bygger den nya hemsidan finns uppdaterat material på den gamla hemsidan som nås via 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, SO₂, NO₂ 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 Västmanlands län. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år. Obs! Senaste årets data överst!

| Lokal | Period | Nedb | H ⁺ | SO ₄ -S | SO ₄ -S _{ex} | Cl ⁻ | NO ₃ -N | NH ₄ -N | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Mn ²⁺ |
|-------------|--------|------|----------------|--------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| | | mm | kg/ha | → | | | | | | | | | |
| Kvisterhult | 06/07 | 1034 | 0,14 | 3,9 | 3,1 | 17,6 | 3,6 | 4,1 | 3,3 | 1,7 | 11,0 | 7,7 | 0,51 |
| (U 04 A) | 05/06 | 760 | 0,10 | 4,0 | 3,8 | 4,9 | 3,3 | 7,9 | 1,8 | 1,1 | 3,7 | 4,3 | 0,22 |
| | 04/05 | 703 | 0,06 | 2,9 | 2,5 | 6,8 | 2,6 | 5,1 | 2,0 | 0,9 | 4,5 | 2,3 | 0,14 |
| | 03/04 | 775 | 0,13 | 3,1 | 2,9 | 4,4 | 2,9 | 2,2 | 1,2 | 0,6 | 2,5 | 1,1 | 0,08 |
| | 00/01 | 917 | 0,19 | 4,1 | 3,9 | 3,4 | 3,5 | 3,0 | 1,7 | 0,5 | 2,4 | 1,0 | 0,15 |
| | 99/00 | 633 | 0,11 | 2,8 | 2,6 | 3,6 | 2,3 | 2,1 | 1,6 | 0,4 | 2,4 | 1,4 | 0,16 |
| | 98/99 | 758 | 0,15 | 3,7 | 3,5 | 3,7 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 0,4 | 2,2 | 1,5 | 0,08 |
| | 97/98 | 796 | 0,13 | 3,3 | 3,1 | 2,7 | 2,5 | 2,2 | 3,2 | 0,4 | 1,7 | 2,2 | 0,11 |
| | 96/97 | 625 | 0,14 | 3,0 | 2,8 | 3,8 | 2,2 | 1,8 | 1,3 | 0,5 | 2,1 | 0,9 | 0,08 |
| | 95/96 | 621 | 0,10 | 2,8 | 2,7 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 0,4 | 1,7 | 1,8 | 0,05 |
| | 94/95 | 648 | 0,16 | 3,5 | 3,4 | 2,6 | 2,3 | 2,3 | 1,9 | 0,3 | 1,5 | 1,0 | 0,02 |
| | 93/94 | 611 | 0,23 | 4,1 | 4,0 | 2,7 | 2,5 | 2,2 | 1,0 | 0,3 | 1,4 | 1,0 | 0,02 |

Tabell A:1b. Mätdata från Västmanlands län för öppet fält 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 = NO₃-N + NH₄-N) och (orgN = Kj-N - NH₄-N)

| Lokal | Period | Nedb | oorg N | org N | TOC |
|-------------|--------|------|--------|-------|-----|
| | | mm | kg/ha | → | |
| Kvisterhult | 06/07 | 1034 | 7,7 | 4,3 | |
| (U 04 A) | 05/06 | 760 | 11,2 | 0 | |
| | 04/05 | 703 | 7,7 | 4,7 | |
| | 03/04 | 775 | 5,0 | 2,0 | |
| | 97/98 | 796 | 4,7 | 0,6 | |

Tabell A:2a. Krondroppsdata från Västmanlands län, komplett hydrologisk årsdeposition. Nederbörd (Nedb) anges i mm/år, övriga parametrar i kg/hektar och år.

| Lokal | Period | Ned | H ⁺ | SO ₄ -S | SO ₄ -S _{ex} | Cl ⁻ | NO ₃ -N | NH ₄ -N | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Mn ²⁺ |
|-------------------------|--------|------|----------------|--------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| | | mm | kg/ha | → | | | | | | | | | |
| Kvisterhult (U 04 A) | 06/07 | 367 | 0,03 | 1,6 | 1,2 | 9,0 | 1,3 | 0,7 | 2,7 | 1,1 | 4,0 | 12,6 | 0,79 |
| | 05/06 | 376 | 0,05 | 2,7 | 2,4 | 6,8 | 2,1 | 2,0 | 2,8 | 1,0 | 2,9 | 13,7 | 0,78 |
| | 04/05 | 352 | 0,04 | 1,7 | 1,4 | 7,5 | 1,4 | 0,9 | 2,6 | 1,0 | 3,6 | 10,0 | 0,74 |
| | 03/04 | 388 | 0,06 | 2,0 | 1,7 | 7,4 | 1,4 | 0,5 | 2,8 | 1,1 | 3,2 | 11,1 | 0,73 |
| | 02/03 | 322 | 0,05 | 2,0 | 1,7 | 6,6 | 1,5 | 1,0 | 2,1 | 1,0 | 2,6 | 9,0 | 0,46 |
| | 01/02 | 358 | 0,04 | 2,0 | 1,6 | 7,6 | 1,3 | 1,0 | 2,2 | 0,9 | 3,2 | 10,6 | 0,55 |
| | 00/01 | 457 | 0,07 | 3,6 | 3,3 | 6,2 | 1,9 | 1,1 | 3,1 | 1,1 | 2,9 | 12,5 | 1,02 |
| | 99/00 | 312 | 0,05 | 2,4 | 2,0 | 7,8 | 1,3 | 0,6 | 2,2 | 0,9 | 3,5 | 10,3 | 0,77 |
| | 98/99 | 430 | 0,09 | 3,5 | 3,2 | 6,6 | 1,7 | 1,0 | 2,6 | 1,0 | 2,9 | 11,0 | 0,75 |
| | 97/98 | 456 | 0,08 | 3,6 | 3,3 | 6,9 | 1,5 | 0,9 | 3,0 | 1,1 | 2,6 | 12,7 | 1,02 |
| | 96/97 | 331 | 0,09 | 3,5 | 3,1 | 7,3 | 1,4 | 0,9 | 2,8 | 1,0 | 3,1 | 9,1 | 0,86 |
| | 95/96 | 386 | 0,10 | 3,7 | 3,4 | 5,2 | 0,9 | 0,4 | 2,6 | 0,9 | 2,0 | 10,1 | 0,85 |
| | 94/95 | 390 | 0,12 | 5,3 | 5,0 | 6,7 | 1,2 | 0,9 | 3,5 | 1,1 | 2,6 | 10,8 | 1,19 |
| 93/94 | 390 | 0,18 | 7,3 | 7,0 | 6,5 | 1,7 | 0,9 | 3,8 | 1,3 | 2,4 | 10,9 | 1,30 | |
| Hyttskogen (U 06 A) | 06/07 | 638 | 0,03 | 2,0 | 1,7 | 6,5 | 0,8 | 0,7 | | | | | |
| | 05/06 | 430 | 0,04 | 1,7 | 1,6 | 3,2 | 0,6 | 0,9 | | | | | |
| | 04/05 | 455 | 0,03 | 1,3 | 1,2 | 3,2 | 0,5 | 0,6 | | | | | |
| | 03/04 | 556 | 0,04 | 1,4 | 1,3 | 3,0 | 0,7 | 0,5 | | | | | |
| | 02/03 | 417 | 0,03 | 1,8 | 1,7 | 3,0 | 1,0 | 0,7 | | | | | |
| | 01/02 | 486 | 0,03 | 1,7 | 1,5 | 4,2 | 0,7 | 0,8 | | | | | |

Tabell A:2b. Krondroppsdata från Västmanlands 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. (oorg N = NO₃-N + NH₄-N) och (org N = Kj-N - NH₄-N)

| Lokal | Period | Ned | oorg N | org N | TOC |
|-------------------------|--------|-----|--------|-------|-----|
| | | mm | kg/ha | → | |
| Kvisterhult (U 04 A) | 06/07 | 367 | 2,0 | 1,7 | |
| | 05/06 | 376 | 4,1 | 2,0 | |
| | 04/05 | 352 | 2,4 | 1,6 | |
| | 03/04 | 388 | 1,9 | 2,0 | |
| | 02/03 | 322 | 2,5 | 2,0 | |
| | 01/02 | 358 | 2,3 | 2,1 | |
| | 97/98 | 456 | 2,4 | 2,0 | |

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

| Lokal | Period | Nedb | SO ₄ -S _{ex} | NO ₃ -N | NH ₄ -N |
|-------------|--------|------|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| | | mm | kg/ha | → | |
| Finnbo | 04/05 | 585 | 1,4 | 1,3 | 1,1 |
| (U 01 A) | 03/04 | 695 | 1,8 | 1,8 | 1,6 |
| | 02/03 | 684 | 2,2 | 2,1 | 1,8 |
| | 01/02 | 710 | 2,1 | 2,0 | 1,8 |
| Godkärra | 04/05 | 689 | 1,6 | 1,5 | 1,3 |
| (U 02 A) | 03/04 | 849 | 2,0 | 2,0 | 1,8 |
| | 01/02 | 778 | 2,5 | 2,3 | 2,3 |
| Kvisterhult | 04/05 | 569 | 1,6 | 1,5 | 1,3 |
| (U 04 A) | 03/04 | 679 | 1,7 | 1,9 | 1,7 |
| | 02/03 | 610 | 2,0 | 1,9 | 1,8 |
| | 01/02 | 687 | 2,2 | 2,1 | 2,0 |
| Hyttskogen | 04/05 | 602 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| (U 06 A) | 03/04 | 696 | 1,8 | 1,9 | 1,6 |
| | 02/03 | 666 | 2,3 | 2,1 | 2,0 |
| | 01/02 | 668 | 2,0 | 1,9 | 1,8 |
| Mortorps- | 04/05 | 689 | 1,6 | 1,5 | 1,3 |
| mossen | 03/04 | 849 | 2,0 | 2,0 | 1,8 |
| (U 07 A) | 02/03 | 754 | 2,4 | 2,2 | 1,9 |
| Skästa | 04/05 | 649 | 1,6 | 1,4 | 1,2 |
| (U 08 A) | 03/04 | 765 | 2,0 | 2,1 | 1,9 |

Tabell A:4. Lufthalter i Västmanlands län, diffusionsprovtagning.

| Lokal | Period | SO ₂ | NO ₂ | NH ₃ | O ₃ |
|----------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | ug/m ³ | ug/m ³ | ug/m ³ | ug/m ³ |
| Godkärra (U 02 A) | 0610 | - | 1,6 | - | 28 |
| | 0611 | - | 2,1 | - | 40 |
| | 0612 | - | 2,2 | - | 44 |
| | 0701 | - | 2,1 | - | - |
| | 0702 | - | 2,4 | - | - |
| | 0703 | - | 2,0 | - | - |
| | 0704 | - | 0,8 | - | - |
| | 0705 | - | 0,8 | - | - |
| | 0706 | - | 0,9 | - | - |
| | 0707 | - | 0,8 | - | - |
| | 0708 | - | 1,0 | - | - |
| | 0709 | - | 0,8 | - | - |
| | Mv hydr. år | 9310-9409 | 1,2 | 2,4 | - |
| 9410-9509 | | 0,8 | 1,8 | - | - |
| 9510-9609 | | 0,7 | 2,0 | - | - |
| 9610-9709 | | 0,4 | 2,5 | - | - |
| 9710-9809 | | 0,5 | 2,4 | - | - |
| 9810-9909 | | 0,5 | 2,2 | - | - |
| 9910-0009 | | 0,3 | 1,8 | - | - |
| 0010-0109 | | 0,5 | 2,0 | - | - |
| 0110-0209 | | 0,4 | 2,0 | - | - |
| 0210-0309 | | 0,5 | 1,8 | - | - |
| 0310-0409 | | 0,6 | 1,7 | - | - |
| 0410-0509 | | ⁽¹⁾ 0,4 | 1,8 | - | - |
| 0510-0609 | | - | 1,9 | - | - |
| 0610-0709 | | - | 1,5 | - | - |
| Mv sommar | | 9504-9509 | - | - | <0,3 |
| | 9604-9609 | - | - | 0,3 | 53 |
| | 9704-9709 | - | - | 0,4 | 57 |
| | 9804-9809 | - | - | 0,6 | 51 |
| | 9904-9909 | - | - | 0,4 | 61 |
| | 0004-0009 | - | - | 0,6 | 54 |
| | 0104-0109 | - | - | - | 54 |
| | 0204-0209 | - | - | - | 55 |
| | 0304-0309 | - | - | - | 56 |
| | 0404-0409 | - | - | - | 55 |
| | 0504-0509 | - | - | - | 54 |
| | 0604-0609 | - | - | - | 59 |
| 0704-0709 | - | - | - | - | |

Forts. Tabell A:4. Lufthalter i Västmanlands län, diffusionsprovtagning.

| Lokal | Period | SO ₂ | NO ₂ | NH ₃ | O ₃ |
|-------------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | ug/m ³ | ug/m ³ | ug/m ³ | ug/m ³ |
| Kvisterhult (U 04 A) | 0610 | 0,6 | 2,1 | 0,4 | 29 |
| | 0611 | 0,4 | 2,1 | 0,3 | 33 |
| | 0612 | 0,5 | 2,7 | 1,7 | 42 |
| | 0701 | 0,6 | 2,7 | 2,6 | 55 |
| | 0702 | 0,6 | 3,2 | <0,3 | 54 |
| | 0703 | 0,4 | 2,3 | 0,4 | 59 |
| | 0704 | 0,3 | 1,0 | 0,4 | 62 |
| | 0705 | 0,2 | 1,2 | 0,4 | 63 |
| | 0706 | 0,3 | 1,3 | 0,4 | 60 |
| | 0707 | 0,2 | 1,1 | 0,4 | 46 |
| | 0708 | 0,2 | 1,1 | 0,5 | 48 |
| | 0709 | <0,2 | 1,2 | 0,4 | 40 |
| Mv hydr. år | 9310-9409 | 1,3 | 2,9 | - | - |
| | 9410-9509 | - | 2,2 | - | - |
| | 9510-9609 | - | 2,9 | - | - |
| | 9610-9709 | 0,6 | 3,5 | - | - |
| | 9710-9809 | 0,5 | 3,0 | - | - |
| | 9810-9909 | 0,5 | 2,9 | - | - |
| | 9910-0009 | 0,4 | 2,5 | - | - |
| | 0010-0109 | 0,6 | 2,3 | - | - |
| | 0110-0209 | 0,4 | 2,5 | - | - |
| | 0210-0309 | 0,6 | 2,5 | - | - |
| | 0310-0409 | 0,7 | 2,4 | - | - |
| | 0410-0509 | 0,5 | 2,0 | - | - |
| | 0510-0609 | 0,7 | 2,5 | - | - |
| | 0610-0709 | 0,4 | 1,8 | - | - |
| Mv sommar | 9404-9409 | - | - | - | - |
| | 9504-9509 | - | - | <0,3 | - |
| | 9604-9609 | - | - | <0,3 | 57 |
| | 9704-9709 | - | - | <0,3 | 62 |
| | 9804-9809 | - | - | <0,3 | 54 |
| | 9904-9909 | - | - | <0,3 | 64 |
| | 0004-0009 | - | - | <0,3 | 53 |
| | 0104-0109 | - | - | 0,3 | 55 |
| | 0204-0209 | - | - | 0,4 | 57 |
| | 0304-0309 | - | - | 0,8 | 57 |
| | 0404-0409 | - | - | 0,3 | 57 |
| | 0504-0509 | - | - | 0,7 | 55 |
| 0604-0609 | - | - | 0,6 | 59 | |
| 0704-0709 | - | - | 0,4 | 53 | |

Forts. Tabell A:4. Lufthalter i Västmanlands län, diffusionsprovtagning.

| Lokal | Period | SO ₂ | NO ₂ | NH ₃ | O ₃ | |
|------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|---|
| | | ug/m ³ | ug/m ³ | ug/m ³ | ug/m ³ | |
| Hyttskogen (U 06 A) | 0610 | - | 2,9 | - | 29 | |
| | 0611 | - | 3,4 | - | 36 | |
| | 0612 | - | 3,2 | - | 43 | |
| | 0701 | - | 4,7 | - | 53 | |
| | 0702 | - | 5,4 | - | 52 | |
| | 0703 | - | 3,4 | - | 55 | |
| | 0704 | - | 3,1 | - | 63 | |
| | 0705 | - | 1,8 | - | 65 | |
| | 0706 | - | 2,2 | - | 61 | |
| | 0707 | - | 1,7 | - | 50 | |
| | 0708 | - | 1,9 | - | 40 | |
| | 0709 | - | 1,9 | - | 36 | |
| | Mv hydr. år | 0210-0309 | - | ⁽³⁾ 2,0 | - | - |
| | | 0310-0409 | - | 3,3 | - | - |
| | 0410-0509 | - | 3,2 | - | - | |
| | 0510-0609 | - | 3,8 | - | - | |
| | 0610-0709 | - | 3,0 | - | - | |
| Mv sommar | 0304-0309 | - | - | - | ⁽³⁾ 46 | |
| | 0404-0409 | - | - | - | 54 | |
| | 0504-0509 | - | - | - | 55 | |
| | 0604-0609 | - | - | - | 58 | |
| | 0704-0709 | - | - | - | 53 | |
| Skästa (U 08 A) | 0610 | - | 4,4 | - | 28 | |
| | 0611 | - | 4,3 | - | 38 | |
| | 0612 | - | 4,5 | - | 44 | |
| | 0701 | - | 4,4 | - | 54 | |
| | 0702 | - | 4,9 | - | 53 | |
| | 0703 | - | 4,2 | - | - | |
| | 0704 | - | 3,7 | - | - | |
| | 0705 | - | 3,4 | - | - | |
| | 0706 | - | 2,8 | - | - | |
| | 0707 | - | 2,6 | - | - | |
| | 0708 | - | 2,7 | - | - | |
| | 0709 | - | 2,8 | - | - | |
| | Mv hydr. år | 0410-0509 | - | 4,3 | - | - |
| | | 0510-0609 | - | 4,5 | - | - |
| | 0610-0709 | - | 3,7 | - | - | |
| Mv sommar | 0504-0509 | - | - | - | 57 | |
| | 0604-0609 | - | - | - | 60 | |
| | 0704-0709 | - | - | - | - | |

Tabell A:5. Markvattendata från Västmanlands län.

| Lokal | Datum | pH | Alk | ANC | SO ₄ -S | Cl- | NO ₃ -N | NH ₄ -N | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Mn ²⁺ | Fe ^{2+/3+} | ooAl | tAl | TOC | BC/ooAl |
|----------------------------|---------------|------------|---------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|--------------|-------------|------------|------------|
| | | | mekv/l → | | mg/l → | | | | | | | | | | | | | mol/mol |
| Finnbo (U 01 A) | 2006-10-23 | 6,2 | 0,158 | 0,305 | 4,42 | 1,60 | 0,030 | 0,050 | 6,32 | 1,55 | 4,02 | 0,40 | <0,030 | 0,098 | 0,029 | 0,433 | 11,6 | 216 |
| | 2007-05-09 | 6,3 | 0,451 | 0,723 | 6,12 | 2,27 | <0,002 | 0,106 | 13,17 | 2,84 | 6,32 | 0,15 | 0,061 | 0,144 | 0,034 | 0,205 | 8,9 | 356 |
| | 2007-07-23 | 6,2 | 0,411 | 0,642 | 5,70 | 1,74 | 0,031 | 0,026 | 11,32 | 2,40 | 6,50 | 0,16 | 0,075 | 0,148 | 0,043 | 0,402 | 12,3 | 242 |
| | median | 5,6 | | 0,215 | 6,78 | 5,36 | <0,002 | 0,038 | 8,8 | 2,3 | 5,91 | 0,42 | <0,02 | 0,217 | 0,046 | 0,72 | 16 | 154 |
| | <i>n=</i> | <i>44</i> | | <i>41</i> | <i>43</i> | <i>43</i> | <i>43</i> | <i>43</i> | <i>41</i> | <i>41</i> | <i>41</i> | <i>41</i> | <i>41</i> | <i>41</i> | <i>41</i> | <i>41</i> | <i>40</i> | <i>41</i> |
| Kvisterhult (U 04 A) | 2006-10-25 | 4,6 | - | -0,189 | 7,06 | 16,57 | <0,002 | 0,017 | 0,64 | 0,55 | 14,64 | 0,22 | 0,132 | 0,027 | 1,476 | 1,860 | 10,7 | 0,8 |
| | 2007-04-25 | 4,6 | - | -0,161 | 5,62 | 7,24 | <0,002 | <0,020 | 0,86 | 0,51 | 7,01 | 0,17 | 0,097 | 0,017 | 1,479 | 1,930 | 8,5 | 0,8 |
| | 2007-07-25 | 5,1 | - | -0,002 | 3,76 | 4,43 | <0,002 | - | 1,34 | 0,36 | 5,91 | 0,18 | 0,097 | - | - | - | - | - |
| | 2007-10-22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| median | 4,5 | | -0,178 | 6,87 | 6,54 | <0,002 | <0,01 | 1,31 | 0,85 | 7 | 0,32 | 0,056 | 0,026 | 1,917 | 2,489 | 10 | 0,9 | |
| | <i>n=</i> | <i>42</i> | | <i>42</i> | <i>42</i> | <i>42</i> | <i>42</i> | <i>41</i> | <i>42</i> | <i>42</i> | <i>42</i> | <i>42</i> | <i>42</i> | <i>40</i> | <i>37</i> | <i>40</i> | <i>38</i> | <i>37</i> |
| Hyttskogen (U 06 A) | 2006-10-23 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2007-04-23 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2007-07-23 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2007-10-24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| median | 6,1 | | 0,109 | 1,13 | 1,38 | <0,002 | 0,032 | 1,15 | 0,52 | 2,4 | 0,23 | <0,02 | 0,03 | 0,16 | 0,118 | 7,8 | 76 | |
| | <i>n=</i> | <i>10</i> | | <i>8</i> | <i>8</i> | <i>8</i> | <i>8</i> | <i>4</i> | <i>8</i> | <i>8</i> | <i>8</i> | <i>8</i> | <i>8</i> | <i>5</i> | <i>2</i> | <i>5</i> | <i>2</i> | <i>2</i> |
| Mortorpsmossen (U 07 A) | 2006-10-23 | 4,8 | - | 0,100 | 1,20 | 3,66 | <0,002 | 0,018 | 1,35 | 0,86 | 2,62 | 1,00 | 0,231 | 0,275 | 0,250 | 1,510 | 27,5 | 10 |
| | 2007-04-23 | 5,1 | - | 0,045 | 1,56 | 1,94 | <0,002 | 0,022 | 0,64 | 0,65 | 2,46 | 0,20 | 0,081 | 0,062 | 0,233 | 0,633 | 7,9 | 5,5 |
| | 2007-07-23 | 5,0 | - | 0,081 | 2,54 | 2,40 | <0,002 | <0,020 | 1,54 | 1,04 | 3,12 | 0,37 | 0,081 | 0,162 | 0,212 | 0,779 | 10,6 | 12 |
| | 2007-10-22 | 5,1 | - | 0,049 | 1,59 | 3,47 | <0,002 | 0,010 | 0,80 | 0,69 | 3,24 | 0,31 | 0,099 | 0,121 | 0,160 | 0,626 | 10,0 | 9,5 |
| median | 5,0 | | 0,067 | 1,59 | 2,65 | <0,002 | 0,018 | 0,91 | 0,78 | 2,62 | 0,42 | 0,081 | 0,597 | 0,216 | 0,796 | 13,2 | 9,4 | |
| | <i>n=</i> | <i>11</i> | | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>11</i> | <i>10</i> | <i>10</i> | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>10</i> |
| Skästa (U 08 A) | 2006-10-25 | 5,2 | - | 0,080 | 0,65 | 0,89 | <0,002 | 0,018 | 0,63 | 0,46 | 1,58 | 0,31 | 0,162 | 0,110 | - | 0,801 | 17,0 | - |
| | 2007-04-25 | 5,9 | - | 0,070 | 2,17 | 1,92 | <0,002 | <0,020 | 1,56 | 0,76 | 2,60 | 0,23 | 0,081 | 0,024 | - | 0,238 | 11,7 | - |
| | 2007-07-25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2007-10-22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| median | 5,9 | | 0,094 | 1,96 | 1,76 | <0,002 | 0,02 | 1,47 | 0,72 | 2,53 | 0,35 | 0,064 | 0,028 | 0,064 | 0,228 | 15,8 | 57 | |
| | <i>n=</i> | <i>6</i> | | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>6</i> | <i>2</i> | <i>6</i> | <i>3</i> | <i>2</i> | |