



Nr C 535
Juni 2020



Försurning och övergödning i Skåne län

Resultat från Krondroppsnetet till och med 2018/19

Gunilla Pihl Karlsson, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Per Erik Karlsson



I samarbete med: Lunds universitet



Författare Gunilla Pihl Karlsson (IVL), Sofie Hellsten (IVL), Cecilia Akselsson (Lunds universitet), Per Erik Karlsson (IVL)

Medel från: Skånes Luftvårdsförbund

Fotograf framsida: Sofie Hellsten

Rapportnummer C 535

ISBN 978-91-7883-195-1

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2020**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Förord

På uppdrag av Skånes Luftvårdsförbund genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar av lufthalter, atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi i Skåne inom Krondroppsnätet.

Skåne län har varit medlem i Krondroppsnätet under 30 år. I denna rapport redovisas resultaten från mätningar under det hydrologiska året 2018/19 i Skåne. Ett hydrologiskt år omfattar oktober till och med september påföljande år.

Mätningarna från 2018/19 ger, tillsammans med tidigare års mätningar, en bra bild över försurningsläget och kvävesituationen i Skåne. Vidare redovisas resultaten i förhållande till övriga mätningar inom Krondroppsnätet. I rapporten redovisas även andra relaterade projekt samt aktuella händelser från 2019, som är relevanta ur Krondroppsnätets synvinkel. I Bilaga 1 visas information om länets mätningar och mätplatser.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?	6
2 Kväve och övergödning.....	9
2.1 Minskar lufthalterna av kväveoxider?	10
2.2 Förändras kvävenedfallet över Skåne?	13
2.3 Läcker det kväve från skogarna i Skåne?.....	16
3 Försurning – fortfarande ett problem?	18
3.1 Minskar lufthalterna av svaveldioxid fortfarande?	19
3.2 Fortsätter den minskande nedfallstrenden för svavel?	21
3.3 Pågår återhämtning i skogsmarken i Skåne?.....	22
4 Aktuellt & notiser.....	27
4.1 Revision Försurande/Övergödande ämnen inom Programområde Luft inom Naturvårdsverket	28
4.2 Ny studie påvisar mikrokräp i nederbörd och krondropp	28
4.3 Pågående projekt där Krondroppsytor modelleras.....	29
4.4 Vilka effekter kan vi förvänta oss av Covid-19?.....	29
4.5 Projekt angående andel torrdeposition till provtagningsutrustning har pausats	29
4.6 Totalt nedfall av kväve och svavel på länsnivå – Specialrapport under 2019	29
4.7 Vetenskapliga artiklar 2019.....	30
5 Tack.....	30
6 Referenser.....	30
Bilaga 1. Mätplatserna i Skåne län.....	32

Sammanfattning

Kvävenedfallet minskar, men det går långsamt

Kvävenedfall innebär en risk för kväveutlakning från skogsmark till grund- och ytvatten. *Nedfall av kväve till barrskog* är därför en av fyra indikatorer till miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning*. Indikatoren är även viktig för andra miljö kvalitetsmål, framför allt *Bara naturlig försurning*. Kvävenedfallet i Skåne är avsevärt högre än den kritiska belastningsgränsen för kväve, 5 kg per hektar och år. Under 2018/19 uppmättes 8 och 11 kg per hektar och år på öppet fält vid de två mätplatserna i Skåne. Det totala nedfallet till skog, där även torrdeposition ingår, går inte att mäta med direkta mätningar eftersom trädkronorna tar upp en stor del av kvävet som deponeras. Det totala kvävenedfallet får i stället beräknas, och beräknades vara ungefär dubbelt så högt som nedfallet på öppet fält. Skåne är därmed det län i landet som tar emot mest kvävenedfall. Nedfallet av kväve på öppet fält minskade signifikant i de två mätserier där mätningar fortfarande pågår aktivt, även om minskningen var liten. I Klintaskogen/Stenshult kunde förändringen åtminstone delvis förklaras av förändrad nederbördsmängd, medan förändringen i Västra Torup/Hissmossa kunde härledas till minskade kväveemissioner. En trendanalys för totaldeposition av kväve i sydvästra Sverige visar på en signifikant minskning sedan 2001, med ungefär 30 %. Däremot syns ingen statistiskt säkerställd minskning av kvävenedfallet vid de båda skånska ytorna. Att minskade kväveemissioner spelar roll för minskningen i kvävenedfall styrks av att även kvävedioxidhalterna i luft minskat signifikant.

För mycket kväve i skånsk skogsmark

Mätningar av nitratkvävehalten i markvatten i Skåne och Halland har genom åren visat på förhöjda halter på flera platser, medan halterna på andra platser varit mycket låga i likhet med resten av Sverige. Av de aktiva mätplatserna i Skåne har två platser, Stenshult och Hissmossa, uppvisat förhöjda halter av nitratkväve i markvatten de senaste åren. I Stenshult har halterna ofta varit över 5 mg/l, medan halten i Hissmossa varit omkring 2 mg/l. I Arkelstorp B och Maryd har halterna däremot generellt varit mycket låga. Resultaten indikerar att Skåne ligger i en region med kraftigt förhöjd risk för nitratutlakning. Platsspecifika egenskaper med avseende på mark och skog avgör om kvävet hålls kvar i skogsmarken eller läcker ut. Under det senaste året var nitratkvävehalten avsevärt lägre än tidigare år i Hissmossa, och även något lägre än vanligt i Stenshult. Detta beror troligen inte på skillnader i kvävenedfall, utan snarare på variationer i näringsupptag i träden eller att kväveutlakning tidigare är stimulerats av någon form av störningar. Utöver risken för förhöjda nitratkvävehalter i grundvatten samt övergödning av ytvatten, innebär kväveutlakningen även ökad försurning. Kvävedynamiken är därför viktig både för miljömålen *Ingen övergödning* och *Bara naturlig försurning*.

Minskade svavelemissioner återspeglas i lufthalter och nedfall

Nedfall av svavel är den främsta orsaken till försurning av mark och vatten, och mot bakgrund av detta är *Nedfall av svavel* en av de fyra indikatorerna i miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*. Både svaveldioxidhalter i luft och svavelnedfall till skog har minskat i hela Sverige de senaste decennierna, och minskningen är störst i Skåne och andra sydliga län. I början av 1990-talet var svavelnedfallet i Skåne, exklusive havssaltsbidrag, ofta omkring 20 kg per hektar och år, jämfört med 1-3,5 kg per hektar under det hydrologiska året 2018/19. Minskningen kan förklaras av den kraftiga minskningen av svavelemissioner, som främst beror på att användning av kol och olja minskat i Europa.

Återhämtningen i markvattnet går långsamt

Trots den kraftiga minskningen av svavelnedfall till skog, så är markvattnet fortfarande kraftigt försurat på många håll i Skåne. Vid tre av fyra av de aktiva mätplatserna har pH oftast varit mellan 4,3 och 4,7, och ANC har varit negativt. På den fjärde har pH varit högre, 4,7-5,0, och ANC (syraneutraliserande förmåga) har varit svagt positivt. I Arkelstorp A i nordöstra Skåne, där mätningar gjorts under 24 år (1989-2013), kan en liten, men signifikant, återhämtning påvisas i form av ökat ANC. De andra mätplatserna har avsevärt kortare tidsserier, vilket minskar möjligheterna att visa på tidstrender. Nämnas kan dock att även i Stenshult, som tillhör de suraste mätplatserna i hela Sverige, har ANC ökat signifikant under den nioåriga mätperioden. Ökningen i Stenshult kan till stor del förklaras av högre nitratkvävehalter i början av mätperioden, vilket visar på att kvävedynamiken är av största vikt vid återhämtning från försurning. Om kvävenedfallet inte kan tas om hand av skog och skogsmark, utan istället läcker ut, kan ingen återhämtning förväntas. Även havssaltsepisoder spelar en stor roll för tidstrenderna, vilket syns tydligt vid framför allt Arkelstorp A och Hissmossa.



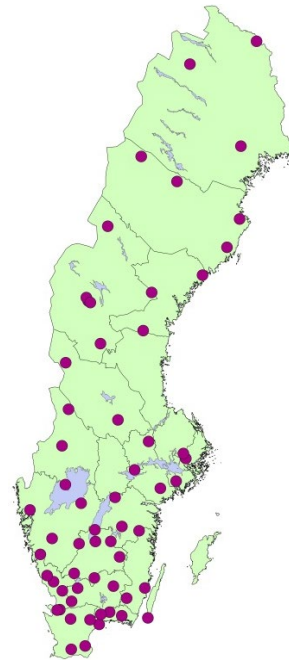
Nikkaluokta-öppet fält Fotograf: Åke Jönsson

Inom Krondroppsnetet genomfördes under det hydrologiska året 2018/19 mätningar vid 59 provytor i skog och på öppet fält fördelade över hela landet. Här mäts lufthalter, våtdeposition, torrdeposition, krondropp och markvattenkemi. Ett stort antal ämnen och parametrar analyseras, däribland svavel- och kväveföreningar, vilka har stor betydelse för försurnings- och övergödningssproblematiken.

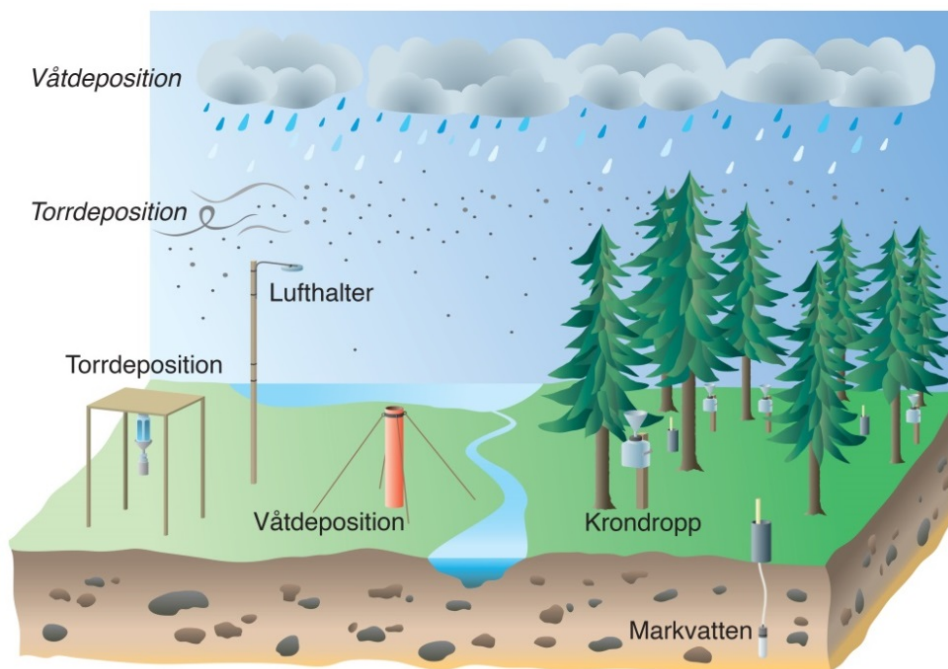
Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnetet varierat. Som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har ytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 59 platser i Sverige (Figur 1), och numera finns mätserier med mer än 30 års data för några ytor.

Mätningarna bedrivs både på öppet fält och i skogen under träd-kronorna (Figur 2). Nedfall och lufthalter mäts månadsvis, medan markvattenkemi mäts tre gånger om året för att representera förhållandena före, under respektive efter vegetationsperioden.

Allt arbete inom Krondroppsnetet, från provtagning till kemisk analys, validering och databearbetning utförs enligt väl utarbetade rutiner, och laboratorerna innehar ackreditering för de kemiska analyserna. Detta ger en hög kvalitet på data, och garanterar att data från olika platser och från olika år är direkt jämförbara.



Figur 1. Samtliga ytor inom Krondroppsnetet 2018/19.



Figur 2. Inom Krondroppsnetet mäts lufthalter, våt- och torrdeposition samt markvattenkemi. Nedfallet mäts dels på öppet fält och dels under träd-kronorna som krondropp. Vissa ämnen samverkar med träd-kronorna, och därför används även strängprovtagare för att kunna bestämma torrdepositionen av dessa ämnen. (Illustration: Bo Reinerdahl)

Mätningar i skogen

Under trädkronorna i skogen mäts krondropp, som ger ett summerat mått på både våt- och torrdeposition, vilket dock för vissa ämnen måste korrigeras för samverkan med trädkronorna. Kemin i markvattnet mäts under trädens rötter för att undersöka effekter av nedfall på skogsmarken. Provtagningen görs med hjälp av undertryckslysimetrar som suger vatten i mineraljorden på 50 centimeters djup.



Foto: krondropsprovtagare



markvattenutrustning

Mätningar på öppet fält

Våtdeposition av flera olika ämnen mäts med nederbördsprovtagare på öppet fält, där även torrdeposition mäts med hjälp av strängprovtagare. Likaså mäts lufthalterna av svaveldioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon på öppet fält på tre meters höjd över marknivå vid vissa platser i landet.



Foto: öppen fältprovtagare



lufthaltsprovtagare

Våt- respektive torrdeposition

Det samlade nedfallet av olika ämnen till skog involverar flera olika processer. En del av nedfallet sker via nederbörden, vilket kallas våtdeposition. En annan del sker genom att gaser och partiklar "fastnar" i trädkronorna, vilket kallas torrdeposition. Det som avsatts som torrdeposition sköljs med nederbörden till skogsmarken i form av krondropp. Krondropp ger därför i teorin ett samlat mått på summan av våt- och torrdeposition. Torrdepositionen skulle därför kunna beräknas som skillnaden mellan nedfall som krondropp och nedfall via nederbörd på öppet fält. Dock kan vissa ämnen tas upp direkt i trädkronorna, alternativt läcka ut från trädkronorna. Detta gör att krondropsmätningarna ger ett bra mått på det samlade nedfallet endast för ämnen som inte samverkar med trädkronorna, såsom svavel, natrium och klorid. För övriga ämnen, exempelvis kväve och baskatjoner, krävs kompletterande mätningar med strängprovtagare, för att korrekt kunna beräkna torrdepositionen.



Foto: strängprovtagare

Data från Krondroppsnätet är fritt tillgängliga från Krondroppsnätets webbplats:

<http://www.krondroppsnatet.ivl.se/>. På webbplatsen finns även samtliga kontaktuppgifter.

2 Kväve och övergödning

Kvävenedfallet kan påverka både markvegetation och vattenkvalitet. Utsläpp av kväveoxider (NO_x), främst från transporter och industri, tillsammans med utsläpp av ammoniak (NH_3), främst från jordbruket, leder till kvävenedfall som kan bidra till både övergödning och försurning av mark och vatten. Övergödning av marken kan leda till en förändrad markvegetation. Det kväve som inte tas upp av skogsekosystemen, och som uppmäts som förhöjda halter av främst nitratkväve i markvattnet, kan transporteras vidare och bidra till förhöjda nitrathalter i grundvattnet och därmed försämrade dricksvattenkvalitet, samt övergödning av ytvatten.

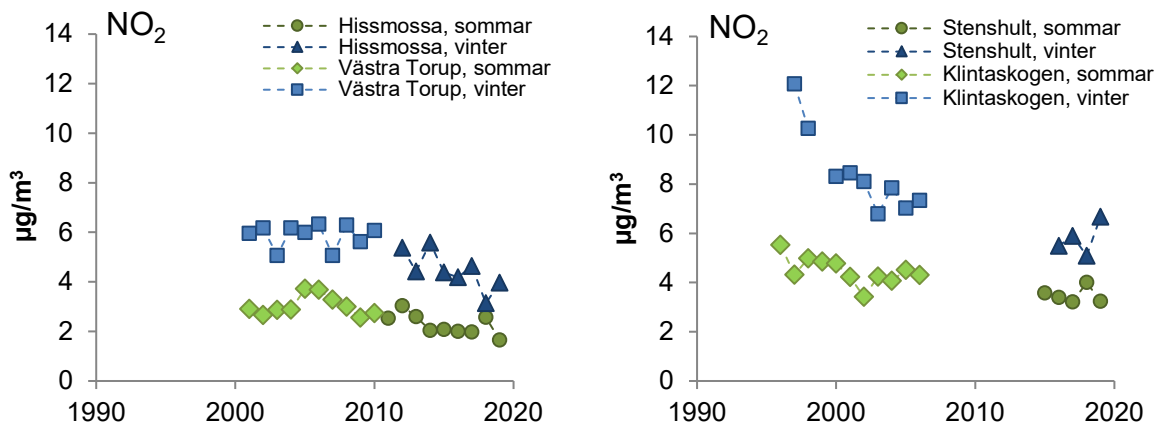
Kode Fotograf: Sofie Hellsten

Nedfall av kväve till barrskog är en av de fyra indikatorerna för miljömålet *Ingen övergödning*, eftersom kvävenedfall påverkar risken för kväveutlakning till grund- och ytvatten, och kan även påverka markvegetationens sammansättning. Resultaten från mätningar och beräkningar i Skåne visar att kvävenedfallet är avsevärt högre än den kritiska belastningsgränsen på 5 kg per hektar och år, och att det är svårt att minska nedfallet. Under 2018/19 var det beräknade totala kvävenedfallet vid de två mätplatserna i Skåne 16 och 21 kg per hektar och år, vilket är de högsta noteringarna i Sverige. En trendanalys för totaldeposition i sydvästra Sverige visar på en signifikant minskning med 30% sedan 2001. I enlighet med detta visar även de två tidsserierna för halter av kvävedioxid i Skåne på en viss minskning. Däremot syns ingen statistiskt säkerställd minskning av kvävenedfallet vid de båda skånska ytorna. Av de fyra aktiva mätplatserna i Skåne är det två, Stenshult och Hissmossa som uppvisat förhöjda nitratkvävehalter i markvatten de senaste åren. Detta gällde även under det hydrologiska året 2018/19, då halterna som högst uppgick till 4,1 mg/l och 0,5 mg/l vid dessa båda mätplatser. Det är lägre än de närmast föregående åren, men visar tydligt att det finns mer kväve i dessa skogar än vad vegetation och mark kan ta upp, vilket innebär en risk för att överskottskvävet lakas ut till grund- och ytvatten.

2.1 Minskar lufthalterna av kväveoxider?

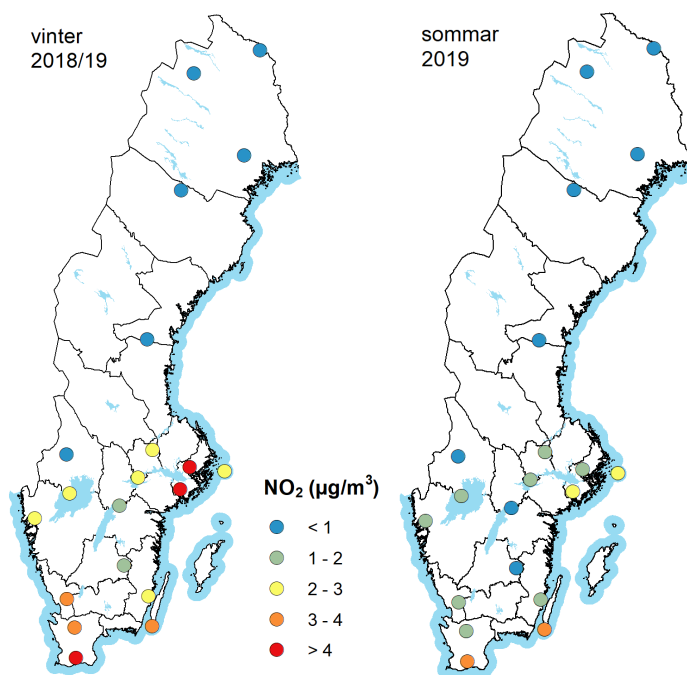
Mätningar av lufthalter utanför tätort fyller en viktig funktion att bekräfta uppgifter om minskade utsläpp av långväga transporterade luftföroreningar. I Skåne län finns pågående tidsserier av lufthalter av kvävedioxid (NO_2) på månadsbasis (Figur 3). Mätningarna av ammoniak (NH_3) avslutades i mars 2018 och redovisas inte i denna rapport. Vid Västra Torup påbörjades mätningarna av lufthalter 2001, men mätutrustningen flyttades 2010 till den närliggande platsen Hissmossa i samband med att krondroppsytan flyttades på grund av avverkning av skogen. Vid Klintaskogen påbörjades mätningarna 1996, men avslutades efter 2006. Mätningarna av lufthalter på den nya ytan i Stenshult, som ligger drygt en mil från Klintaskogen, påbörjades först 2015. Platsernas karaktär är likartad, vilket gör att lufthalterna är jämförbara, men flytten av mätutrustning måste beaktas när tidsserierna analyseras.

Lufthalterna av NO_2 har sedan mätstarten minskat signifikant, både under sommar- och vinterhalvåret. I Västra Torup/Hissmossa har halterna på sommaren minskat från omkring 6 till 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och på vintern från 3 till 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, från år 2001. I Klintaskogen/Stenshult är tidsserien något längre, från 1996. Halterna har minskat från omkring 11 till 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på sommaren och från 5 till mindre än 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på vintern. Lufthalterna av NO_2 i Skåne har på kalenderår (data visas ej) minskat med cirka 30 % vid Klintaskogen/Stenshult sedan 1996 och cirka 40 % vid Västra Torup/Hissmossa. De rapporterade utsläppen av NO_x (som NO_2) inom EU-28 har under perioden 1996–2017 minskat med 51 % och i Sverige under motsvarande period med 50 % och under perioden 2001–2017 med 45 % respektive 41 % (CEIP, 2020). Detta innebär att lufthalterna vid Klintaskogen/Stenshult har minskat i lägre takt jämfört med emissionerna, något som kan bero på att lufthalterna på mer utsatta platser i Skåne även påverkas av luftutsläpp från fartygstrafiken runt sina kuster samt andra lokala utsläpp i regionen. Lufthalterna vid den mindre belastade platsen, Västra Torup/Hissmossa, har dock minskat i stort sett i samma takt som emissionsminskningen under samma tidsperiod.



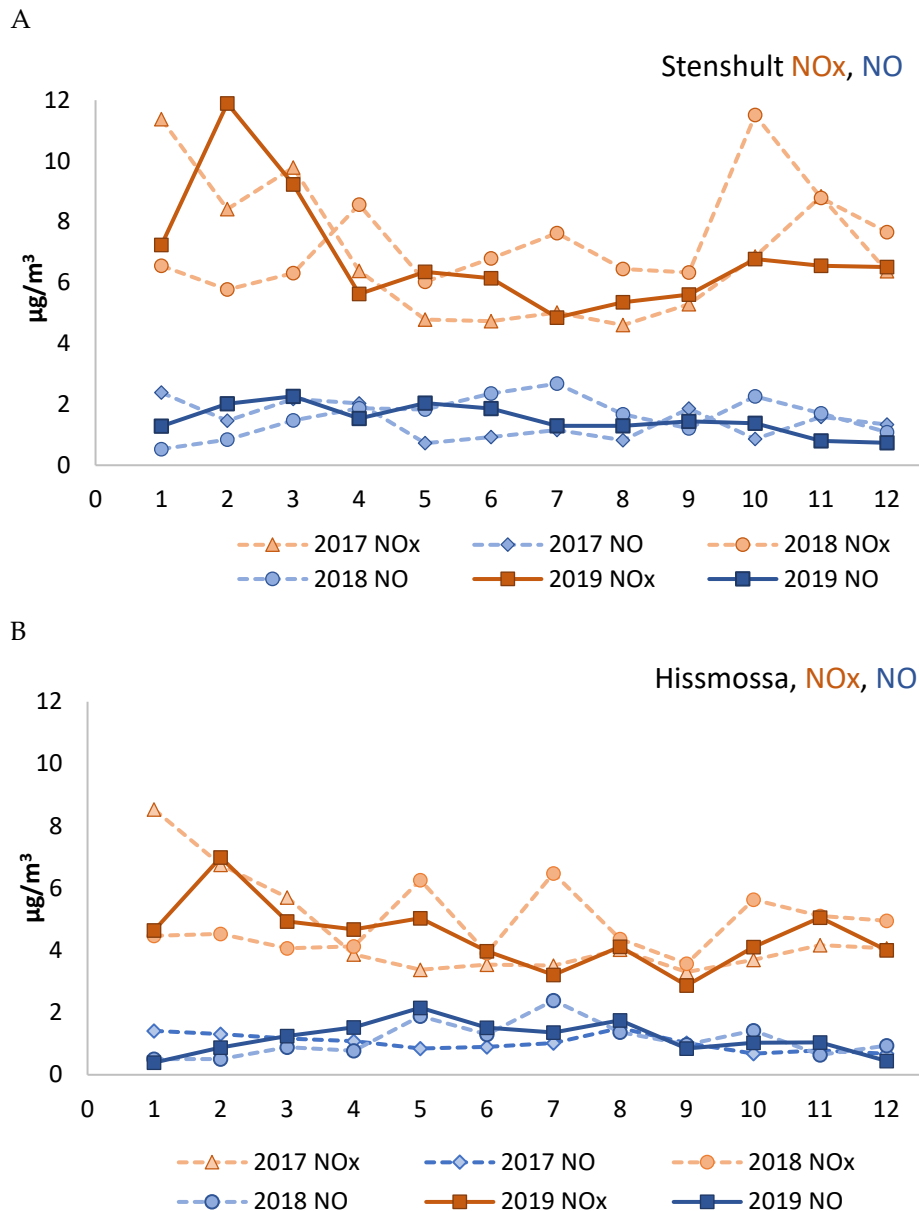
Figur 3. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) som medelvärde för sommar- respektive vinterhalvår vid Västra Torup/Hissmossa sedan 2001, samt vid Klintaskogen/Stenshult sedan 1996. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. NO₂-halterna minskade signifikant sedan mätstarten under både sommar- och vinterhalvår vid båda mätplatserna.

I Figur 4 visas kvävedioxidhalterna under vintern 2018/19 och sommaren 2019 vid alla platser med lufthaltsmätningar inom Krondroppsnetet. Högst halter av NO₂ uppmättes vintertid i Skåne och i Stockholmsregionen följt av Halland och Ölands södra udde. Lägst halter uppmättes i norra halvan av Sverige. Halterna av kväveoxider är generellt lägre sommartid men fördelningen över landet är likartat som på vintern.



Figur 4. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

Sedan 2017 mäts även NO_x och NO vid Stenshult och Hissmossa (Figur 5). Resultaten från de tre åren då mätningar gjorts visar att NO_x varierar mycket mellan månaderna, och variationerna har sett olika ut olika år. Värdena från 2019 utmärkte sig enbart under enstaka månader i Stenshult. I februari var NO_x-halten avsevärt högre än tidigare och i november var den lägre än tidigare. För NO var variationen betydligt mindre.



Figur 5. Lufthalter av kväveoxider (NO_x) och kväveoxid (NO) som månadsvärden vid Hissmossa (A) och Stenshult (B) 2017, 2018 och 2019. NO_x är summan av NO och NO₂ och redovisas som om allt vore NO₂. På x-axeln visas månad på året.

NO_x-halterna under 2019 var något lägre än 2018, men på samma nivå som 2017 vid båda mätplatserna. NO-halterna skiljde sig inte mycket åt mellan åren (Tabell 1).

Tabell 1. Kalenderårsmedelvärden för NO_x- och NO-halter under 2017, 2018 och 2019 vid Hissmossa och Stenshult. NO_x är summan av NO och NO₂ och redovisas som om allt vore NO₂

NO _x , µg/m ³	Hissmossa	Stenshult	NO, µg/m ³	Hissmossa	Stenshult
2017	4.5	6.9	2017	1.0	1.4
2018	4.8	7.4	2018	1.1	1.6
2019	4.5	6.8	2019	1.2	1.5

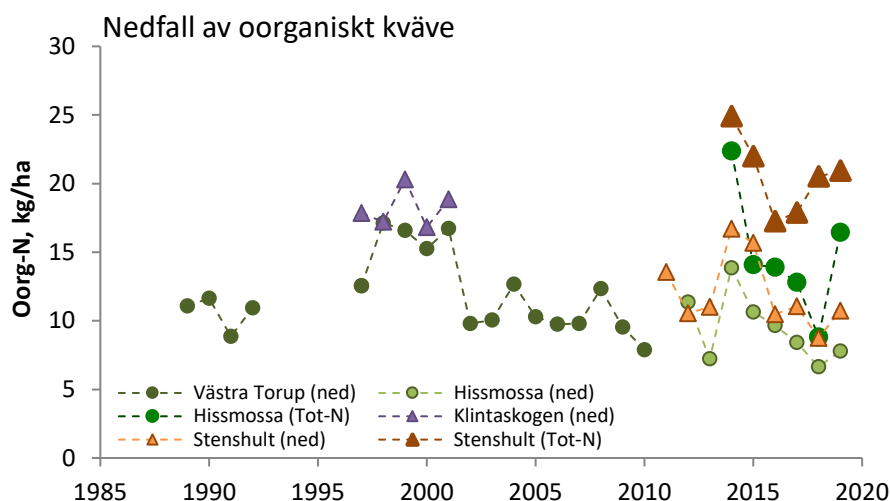
2.2 Förändras kvävenedfallet över Skåne?

Kvävenedfall innebär en risk för ett överskott av kväve i skogsmarken, vilket leder till en risk för utlakning av kväve till grund- och ytvatten och förändring av markvegetationens sammansättning. *Nedfall av kväve till barrskog* är därför en av fyra indikatorer i miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning*. Den kritiska belastningsgränsen för övergödande kväve i barrskog på våra breddgrader har satts till 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011). Kvävenedfall innebär risker även för en rad andra miljö kvalitetsmål, bland annat *Bara naturlig försurning*, eftersom överskottskväve verkar försurande (Kapitel 3).

Totalt nedfall av oorganiskt kväve (nitrat- och ammoniumkväve) till skog går inte att mäta enbart med hjälp av krondropp, eftersom kronorna tar upp mycket av kvävet innan det når mätutrustningen. Därför används ofta mätningar från öppet fält för att visa på nivåer och tidstrender av kvävenedfall, men det innebär en underskattning av det totala nedfallet till skog, eftersom torrdepositionen inte finns med. På senare år har ny metodik utvecklats för att uppskatta det totala nedfallet av oorganiskt kväve, baserat på mätningar på öppet fält, via krondropp samt med strängprovtagare (Karlsson m.fl., 2018a; 2019). Här presenteras både resultat från öppet fält (främst för att visa på tidstrender) och det totala nedfallet.

I Skåne finns sedan 2013/14 två platser där mätningar på öppet fält, via krondropp samt med strängprovtagare finns representerade, och där det därmed är möjligt att beräkna totalt nedfall av kväve: Stenshult och Hissmossa. Dessa är ersättningsytor för de avslutade ytorna Klintaskogen som liksom Stenshult ligger på Romeleåsen, och Västra Torup som ligger i närheten av Hissmossa. Vid analys av tidstrender på öppet fält slås gamla och nya ytor ihop till samma tidsserie, eftersom de antas representera mycket liknande förhållanden.

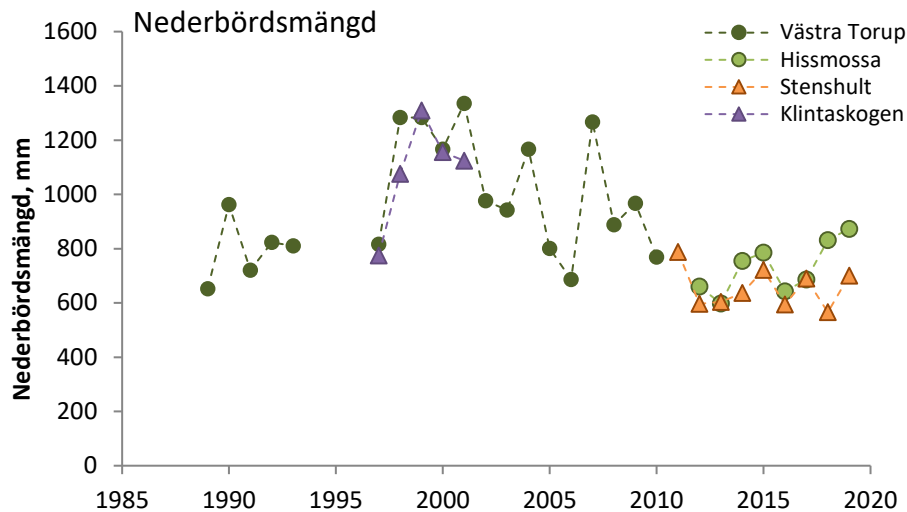
Nedfallet av oorganiskt kväve på öppet fält har under perioden 1988/89 till 2018/19 varierat mellan 7 och 20 kg per hektar och år i Västra Torup/Hissmossa respektive Klintaskogen/Stenshult (Figur 6). Under det hydrologiska året 2018/19 uppmättes ett nedfall på öppet fält på 8 kg per hektar i Hissmossa och 11 kg i Stenshult, vilket är 1–2 kg högre än föregående hydrologiskt år som uppvisade tidsseriernas lägsta noteringar, bland annat för att nederbörden då var lägre. Klintaskogen/Stenshult, som ligger i södra Skåne, har generellt uppvisat högre värden än Västra Torup/Hissmossa, med toppnoteringen 20 kg per hektar och år i Klintaskogen 1998/99.



Figur 6. Årligt nedfall av oorganiskt kväve vid Västra Torup, Hissmossa, Klintaskogen och Stenshult, baserat på hydrologiskt år. Dels visas kvävenedfallet med nederbörden på öppet fält för alla tillgängliga mätår och dels visas det totala oorganiska kvävenedfallet (torr- och våtdeposition) för de hydrologiska åren 2013/14–2018/19 vid Hissmossa och Stenshult.

Nedfallet på öppet fält har varierat mellan åren och mycket av variationen kan förklaras av variation i nederbördsmängd (Figur 7). Det finns dock även en svag men signifikant minskning av kvävenedfall i Västra Torup/Hissmossa som inte kan förklaras av nederbörden, vilken inte visar upp någon signifikant förändring. Troligen beror det minskande kvävenedfallet på minskande kväveemissioner. Den signifikanta minskningen av kvävenedfallet på öppet fält i Klintaskogen/Stenshult kan dock i stor utsträckning förklaras av att även

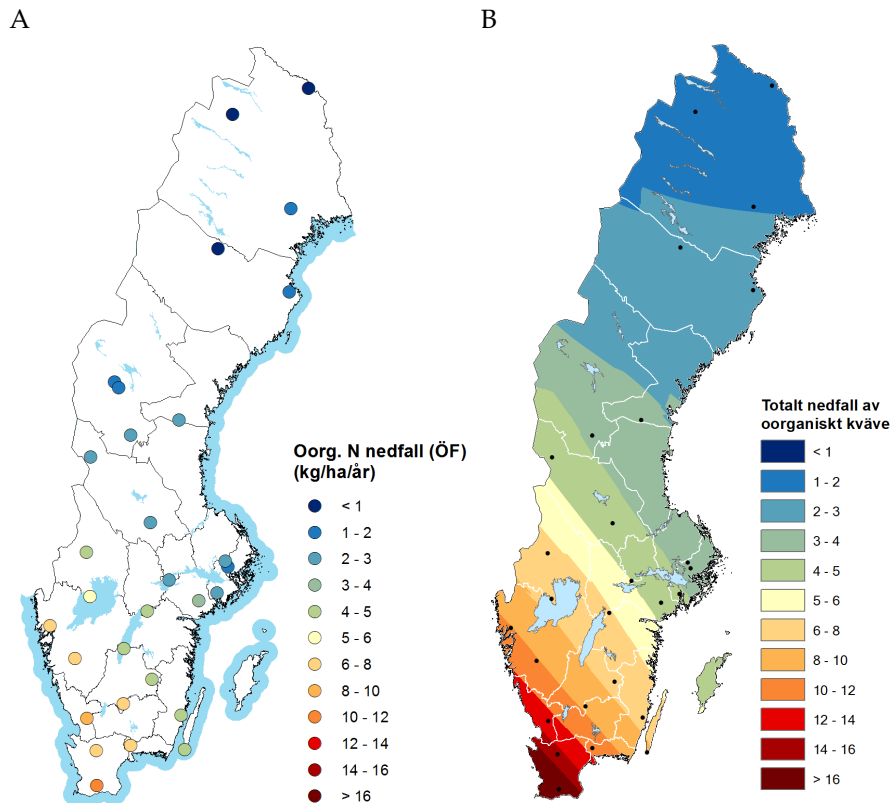
nederbörden har minskat signifikant under mätperioden. Resultaten för Klintaskogen/Stenshult är dock svårtolkade, eftersom tidsserien innehåller en lucka på mer än 10 år.



Figur 7. Uppmätta nederbördsmängder för de hydrologiska åren 2013/14–2018/19 vid Västra Torup, Hissmossa, Klintaskogen och Stenshult.

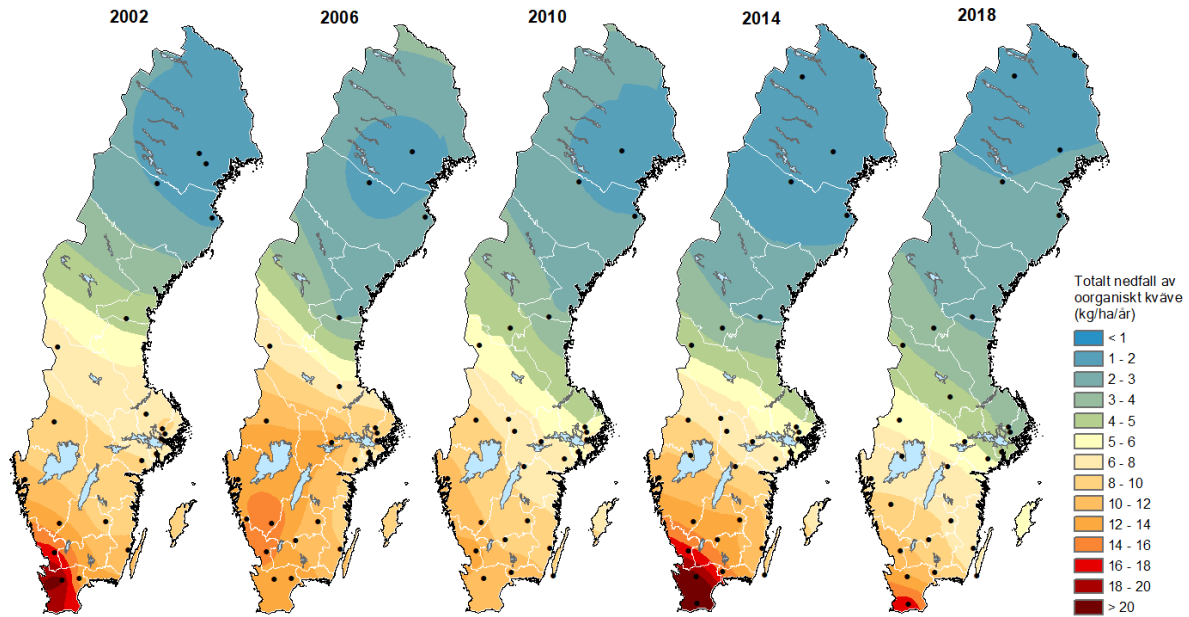
Det totala nedfallet till skog vid Hissmossa och Stenshult uppgick under 2018/19 till 16 respektive 21 kg per hektar (Figur 6). För Hissmossa är detta den näst högsta noteringen under mätperioden, medan det för Stenshult ligger i nivå med tidigare års mätningar. Det innebär att det totala nedfallet till skog under 2018/19 var dubbelt så stort som på öppet fält. Så har det varit även några av de tidigare åren, medan det andra år varit mindre skillnader. Resultaten visar att de data på kvävenedfall från öppet fält som tidigare använts bland annat inom uppföljning av miljö kvalitetsmålen kraftigt underskattat det faktiska totala nedfallet till skog i Skåne, och att den nya indikatorn som införts bättre visar hur mycket kväve som når skogarna.

Uppmätt nedfall av kväve på öppet fält i Skåne under 2018/19, 8 och 11 kg per hektar, ligger i övre delen av spannet för hela Sverige, där nedfallet varierade mellan <1 kg per hektar i norr och 11 kg per hektar i söder (Figur 8 A). Det beräknade totala nedfallet som även innefattar torrdeposition var avsevärt högre, 16 och 21 kg i Skåne och 2–21 kg i hela Sverige (Figur 8 B). Betydelsen av torrdepositionen är störst i södra Sverige. Den kritiska belastningen för övergödande kväve till barrskog i Sverige, 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011), överskreds därmed kraftigt i hela Skåne län. Under det hydrologiska året 2018/19 överskreds gränsen i hela Götaland samt i Värmland, större delen av Örebro län och delar av Södermanlands län.



Figur 8. Nedfall av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) under det hydrologiska året 2018/19 A. Uppmätt nedfall till öppet fält. B. En geografiskt interpolerad karta över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition). Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp och mätningar av torrdeposition med strängprovtagare enligt metodik i Karlsson m.fl. (2018a). Interpolering har gjorts med Kriging-metodik.

Totaldepositionen av kväve finns beräknad för alla kalenderår sedan 2001 (Karlsson m.fl., 2018a; 2019, samt <http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/>). I Figur 9 visas kartor över totaldepositionen av kväve för perioden 2002–2018 med fyra års intervall. En trendanalys visade att det beräknade totala kvävenedfallet till barrskog i sydvästra Sverige minskade signifikant med 30 % under perioden 2001–2018 (<http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/>). Däremot syns ingen statistiskt säkerställd minskning av kvävenedfallet om man statistiskt analyserar endast de båda skånska ytorna. En statistisk analys av tidstrender har genomförts med hjälp av Mann-Kendall-metodik för de areaviktade länsvisa medelvärden för totalt kvävenedfall under perioden 2001–2018 (Pihl Karlsson m.fl., 2019). Inte heller där syns en statistiskt signifikant minskning för Skåne län.



Figur 9. Geografiskt interpolerade kartor över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition) av oorganiskt kväve (NO_x + NH₄) under kalenderåren 2002, 2006, 2010, 2014 samt 2018. Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp och mätningar av torrdeposition med strängprovtagare enligt metodik i Karlsson m.fl. (2018a). Under perioden 2008–2013 bedrevs inga mätningar med strängprovtagare, så torrdepositionen har för denna period interpolerats över tid. Den geografiska interpoleringen har gjorts med Kriging-metodik.

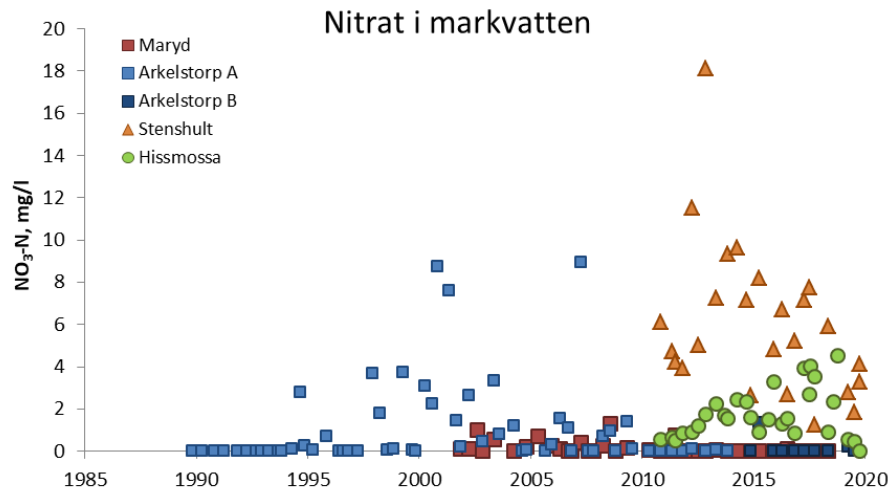
2.3 Läckert det kväve från skogarna i Skåne?

Mätningar av nitratkvävehalter i markvattnet ger en stark indikation på kvävestatusen i skogen. I Sveriges skogar tas vanligtvis det mesta av oorganiskt kväve upp av träd, övrig vegetation och mikroorganismer, med mycket låg utlakning från rotzonen som följd (Tamm, 1991). I sydvästra Sverige, framför allt Skåne och Halland, har det dock genom åren funnits många exempel på platser inom Krondroppsnätet med kraftigt förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet (Akselsson m.fl., 2010). Detta indikerar att en risk finns för utlakning till grund- och ytvatten, vilket kan bidra till övergödning av sjöar och hav. Kväveutlakning innebär även ökad försurning, eftersom nitratkväve reagerar med vatten och bildar salpetersyra, medan ammoniumkväve som inte tas upp kan nitrifieras, vilket frigör vätejoner. Exempel på platser med förhöjda halter av nitratkväve finns även i andra delar av Sverige, men då oftast efter störningar som avverkning, storm eller insektsangrepp (Hellsten m.fl., 2015; Karlsson m.fl., 2018b).

Av de fyra platserna med markvattenkemiska mätningar utmärker sig två platser, Stenshult och Hissmossa (Figur 10), med generellt kraftigt förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet. Stenshult, som är den av de aktiva mätplatserna i Sverige som tar emot mest kvävenedfall, har under mätserien uppvisat mycket höga halter, ofta över 5 mg/l och vid flera tillfällen närmre 10 mg/l. Under det hydrologiska året 2018/19 var halterna betydligt lägre, mellan 1,8 och 4,1 mg/l. I Hissmossa har halterna tidigare år ofta varit omkring 2 mg/l. Under 2019 var halterna lägre än tidigare och den högsta uppmätta halten under 2019 uppgick till 0,5 mg/l. Kommande års mätningar får visa om dessa något lägre värden under 2019 är en tillfällighet eller om det kan vara så att de höga halterna tidigare år har initierats av någon form av störning.

I Maryd har halterna av nitratkväve i markvattnet varit mycket låga, oftast under detektionsgränsen de senaste åtta åren. Tidigare förekom förhöjda halter vissa år. Den högsta noteringen, 1,3 mg/l, uppmättes i augusti 2008. Även Arkelstorp B, som startade 2014 som ersättning för Arkelstorp A, har under mätserien uppvisat mycket låga halter med undantag av den andra mätningen från mars 2015, då halten var kraftigt förhöjd (1,3 mg/l), vilket kan vara en effekt av störning i och med att provtagarna installerades. Under 2018/19 uppgick halten till 0,2 mg/l i april, vilket är en mycket låg nivå, men ändå en avsevärd förhöjning jämfört med

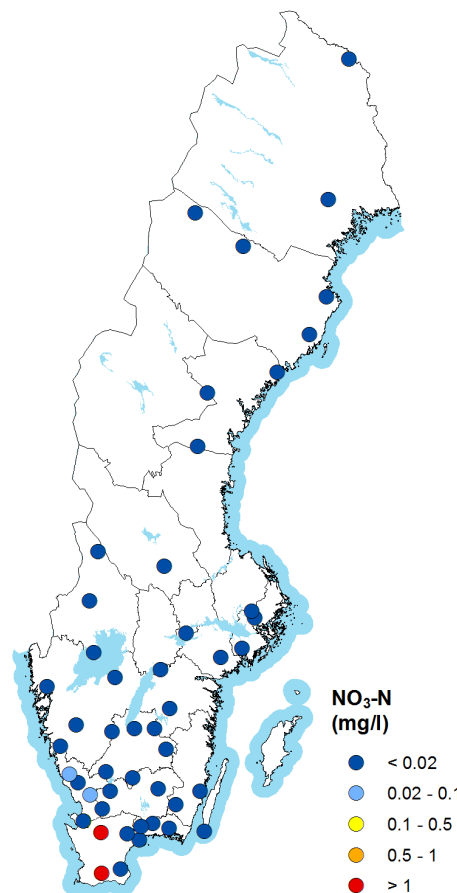
tidigare värden. Detta skulle kunna vara en indikation på att det finns mer kväve i systemet än vad som kan tas upp. Den tidigare ytan, Arkelstorp A som ligger mycket nära, uppvisade periodvisa kraftigt förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet. Fortsatta mätningar får visa om även Arkelstorp B kommer att uppvisa ett liknande mönster.



Figur 10. Nitrathalter i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

En genomgång av samtliga aktiva krondroppsytor visar att förhöjda halter av nitratkväve enbart förekommer på två av de aktiva mätplatserna i landet, båda i Skåne: Stenshult och Hissmossa. Medianen för åren 2017–2019 var för dessa platser 4,4 och 2,5 mg/l, vilket innebär en kraftig förhöjning (Figur 11). För Maryd och Arkelstorp B var medianvärdet under detektionsgränsen, precis som på merparten av mätplatserna i Sverige.

Figur 11. Koncentrationen av nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnätet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar (2017–2019). Ytor med mindre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats eller gödslats har tagits bort.



3 Försurning – fortfarande ett problem?

Försurning av mark och vatten orsakas av både svavel- och kvävenedfall, men även skogsbruket bidrar eftersom träd tillväxt innebär försurning, som permanentas när biomassa skördas och förs bort från skogen. Utsläpp av oxiderat svavel (SO_x) från industrin och från förbränning av kol och olja är den största orsaken till försurning av mark och vatten i Sverige. Vid låga pH omvandlas aluminium till en giftig trevärd jon, som kan skada fiskar och andra vattenlevande organismer samt även skada trädens rötter. En ytterligare effekt av lågt pH är att vissa andra metaller, t.ex. kadmium och bly, blir mer lösliga i marken och kan läcka ut till ytvattnet.

Jättatjärnen Fotograf: Per Erik Karlsson

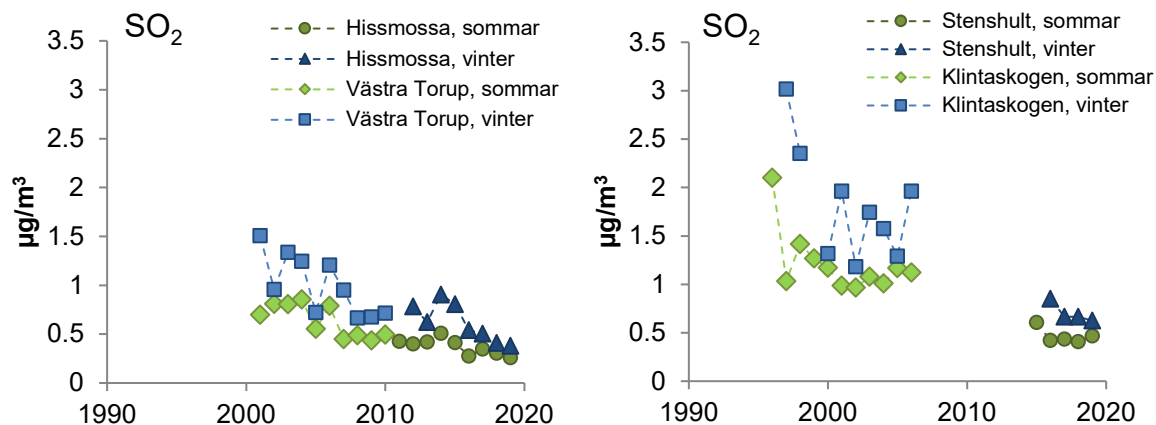
Nedfall av svavel är en av de fyra indikatorerna för miljömålet *Bara naturlig försurning*, och är den största orsaken till den försurning av mark och vatten som människan orsakat sedan den storskaliga förbränningen av kol och olja tog fart. Andra bidragande faktorer är nedfall av kväve, som försurar om det inte tas upp av vegetation, och skogsbruk, då skörd av biomassa innebär bortförsl av buffringskapacitet. Mätningar av både svaveldioxid i luft och nedfall av svavel till skog visar på kraftiga minskningar de senaste decennierna. Under 2018/19 var nedfallet som högst 3,5 kg per hektar i Skåne, vilket är många gånger lägre än i början av 90-talet, men ändå högre än i övriga Sverige. Resultaten från markvattenmätningarna visar att markvattnet fortfarande är surt, att återhämtningen går långsamt, och att kvävedynamiken har stor betydelse för möjligheten till återhämtning. Markvattnets pH var oftast mellan 4,3 och 4,8 under 2018/19, och ANC (syranneutraliserande förmåga) var negativt på tre av de fyra mätplatserna. På två av mätplatserna kan signifikant återhämtning påvisas i form av ökat ANC vid den tidigare mätplatsen i Arkelstorp A (1989–2013) och vid Stenshult sedan 2010. I Arkelstorp kan trenden förklaras av minskad svavelbelastning, medan det i Stenshult främst är minskad nitrifiering som givit upphov till denna trend.

3.1 Minskar lufthalterna av svaveldioxid fortfarande?

Liksom för kvävedioxid fyller mätningar av lufthalter av svaveldioxid (SO₂) utanför tätort en viktig funktion att bekräfta uppgifter om minskade utsläpp. Det finns långa värdefulla tidsserier av lufthalter av SO₂ på månadsbasis inom länet. Precis som för kväveoxider finns två tidsserier, där dock provtagningsutrustningen flyttats en kort bit under mätperioden, Klintaskogen/Stenshult som startade 1996 och Västra Torup/Hissmossa som startade 2001. Eftersom platsernas karaktär före och efter flytt är likartad, analyseras tidstrenderna över hela mätperioden.

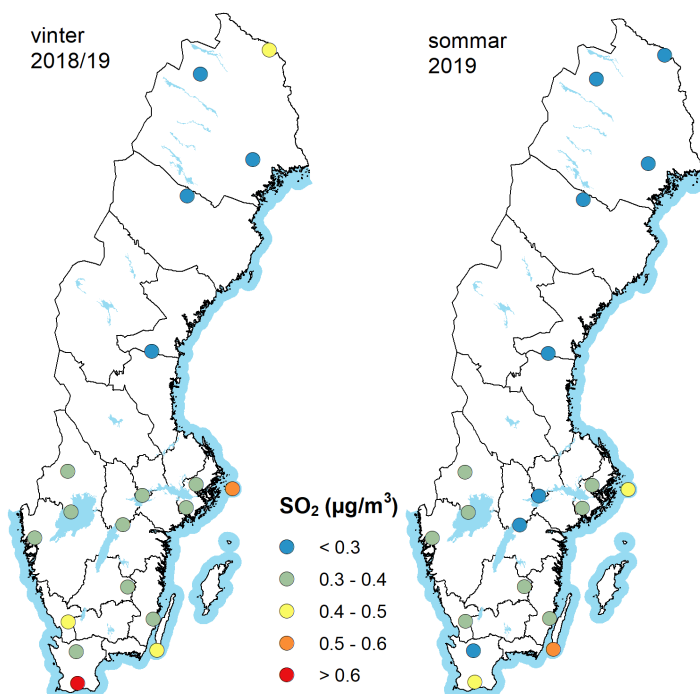
Halten av SO₂ har minskat kraftigt under mätperioden, både vid Västra Torup och Klintaskogen (Figur 12). I Västra Torup/Hissmossa har halterna på sommaren minskat från omkring 0,8 till 0,3 µg/m³, och på vintern var halterna vid flera tillfällen i början av 2000-talet 1,5 µg/m³ eller strax under, medan halterna de senaste åren varit omkring 0,4 µg/m³. I Klintaskogen/Stenshult är tidsserien något längre, från 1996. I början var sommarhalterna över 1 µg/m³, och det första året var halten avsevärt högre än så, 2,1 µg/m³. De senaste åren har halterna varit under 0,5 µg/m³. Vinterhalterna har minskat från 2,5–3 µg/m³ till 0,6 µg/m³. Eftersom det är ett avbrott i tidsserien är det svårt att utesluta att flytten av mätstationen kan ha påverkat trenden, men det faktum att trenden är liknande i Västra Torup/Hissmossa stödjer resultatet. På kalenderår har lufthalterna av SO₂ minskat statistiskt säkerställt vid de båda mätplatserna i Skåne med cirka 65 % sedan respektive mätstart.

De rapporterade utsläppen av SO_x inom EU-28 har under perioden 1996–2017 minskat med 89 % och i Sverige under motsvarande period med 71 % och under perioden 2001–2017 med 83 % respektive 62 % (CEIP, 2020). Lufthalterna av SO₂ i Skåne län har minskat i betydligt lägre takt jämfört med minskningen av de rapporterade utsläppen av SO₂ från Europa och Europa. Detta kan bero på att lufthalterna av SO₂ i Skåne även påverkas av luftutsläpp från fartygstrafiken runt de skånska kusterna samt andra lokala utsläpp i regionen.



Figur 12. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår för Västra Torup/Hissmossa sedan 2001, och Klintaskogen/Stenshult sedan 1996. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. SO₂-halterna har minskat signifikant sedan mätstarten under både sommar- och vinterhalvår vid båda mätplatserna.

I Figur 13 visas halterna av SO₂ under vintern 2018/19 och sommaren 2019 vid alla platser med lufthaltsmätningar inom Krondroppsnätet. Under vintern 2018/19 uppmättes högst SO₂-halter vid de kustnära mätplatserna i södra och mellersta Sverige, Stenshult, Timrilt öster om Halmstad, Ottenby vid Ölands södra udde, samt i Svenska Högarna i Stockholms yttre skärgård. Under sommaren 2019 var halterna generellt lägre, men fortfarande var halterna högst vid Stenshult, Ottenby och Svenska Högarna. De högsta tillåtna halterna av svavel i fartygsbränsle på Östersjön sänktes i januari 2015 från 1% till 0,1 %. Lufthaltsmätningarna av svavel inom Krondroppsnätet tyder dock på att fartygstrafiken har en fortsatt påverkan på svavelförekomsterna vid kustnära områden i södra och mellersta Sverige. I Norrland finns ingen kustnära lufthaltsmätning av svavel.



Figur 13. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige. Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

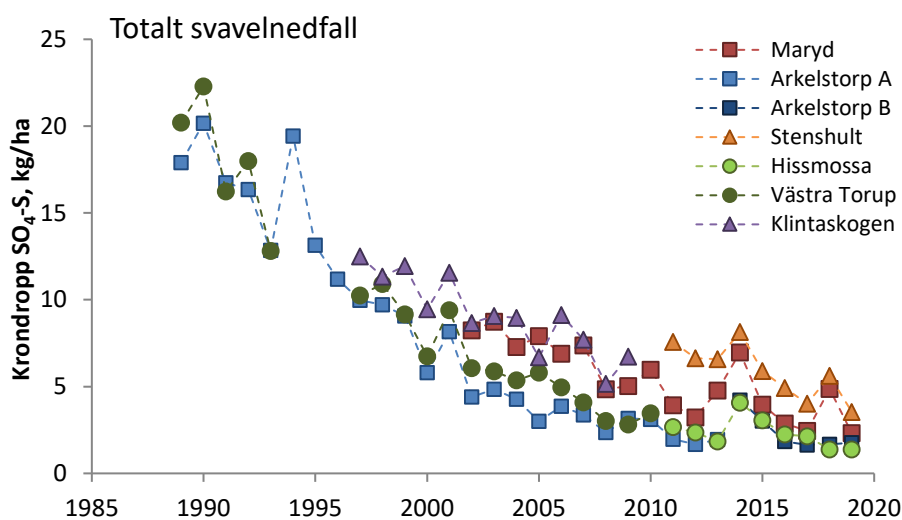
3.2 Fortsätter den minskande nedfallstrenden för svavel?

Nedfall av svavel framför allt från eldning av kol och olja, är den främsta orsaken till försurning av mark och vatten, och *Nedfall av svavel* är därför en av fyra indikatorer för miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning*. Andra viktiga faktorer är kvävenedfall (se kapitel 2) och försurning från skogsbruk, som numera finns representerat i en indikator, *Skogsbrukets försurande påverkan*. Svavelnedfall via krondropp ger ett samlat mått på det totala nedfallet till skog. I Skåne fanns fyra aktiva mätplatser under det hydrologiska året 2018/19: Maryd, Arkelstorp B, Stenshult och Hissmossa. Här redovisas även data för tre lokaler som ersattes av nya i samband med avverkning: Arkelstorp A (föregångare till Arkelstorp B), Klintaskogen (föregångare till Stenshult) och Västra Torup (föregångare till Hissmossa). Tidsserieanalys görs för sammansatta tidsserier av gamla och nya mätplatser, eftersom förhållandena liknar varandra, men det är viktigt att ha flytten av provtagningsutrustning i åtanke när resultaten analyseras.

Nedfallet i Skåne 2018/19 uppmättes till mellan 1,1 kg per hektar (i Hissmossa) och 3,5 kg per hektar (i Stenshult). På tre av de fyra aktiva mätplatserna, Hissmossa, Stenshult och Maryd, noterades det lägsta värdet i mätserien under 2018/19. I Arkelstorp B var nedfallet i nivå med de tre senaste åren.

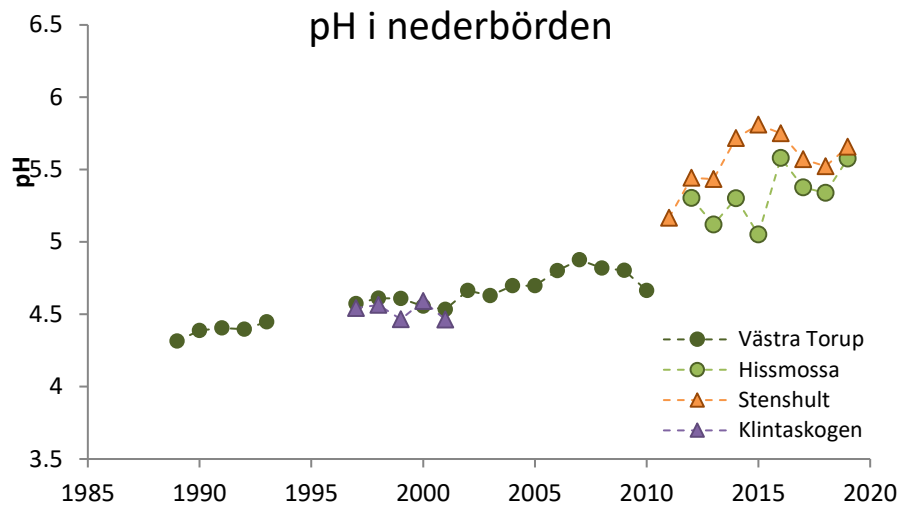
På samtliga ytor har nedfallet minskat signifikant under respektive mätserie. I Arkelstorp A/Arkelstorp B och Västra Torup/Hissmossa finns omkring 30-åriga mätserier, och svavelnedfall (exklusive havssaltsbidraget) har minskat från omkring 20 kg per hektar och år till 1–2 kg per hektar och år under mätperioden (Figur 14). Mätserierna i de sydliga lokalerna Klintaskogen/Stenshult och Maryd började senare (1996/97 respektive 2001/02) och under den period som mätningarna pågått har nivåerna varit något högre än på de nordliga lokalerna. Mätningarna i Stenshult har generellt uppvisat högst värden, och även om inga parallella mätningar finns med Klintaskogen, som också ligger på Romeleåsen, verkar Stenshult vara något mer utsatt för nedfall än Klintaskogen, vilket kan förklaras av ytans exponerade läge mot söder.

Minskningen i svavelnedfall sker i takt med minskningen av svavelemissioner i Europa (CEIP, 2020). Minskningar i tillåten svavelhalt i fartygsbränslekan vara en delförklaring till de senaste årens låga värden.

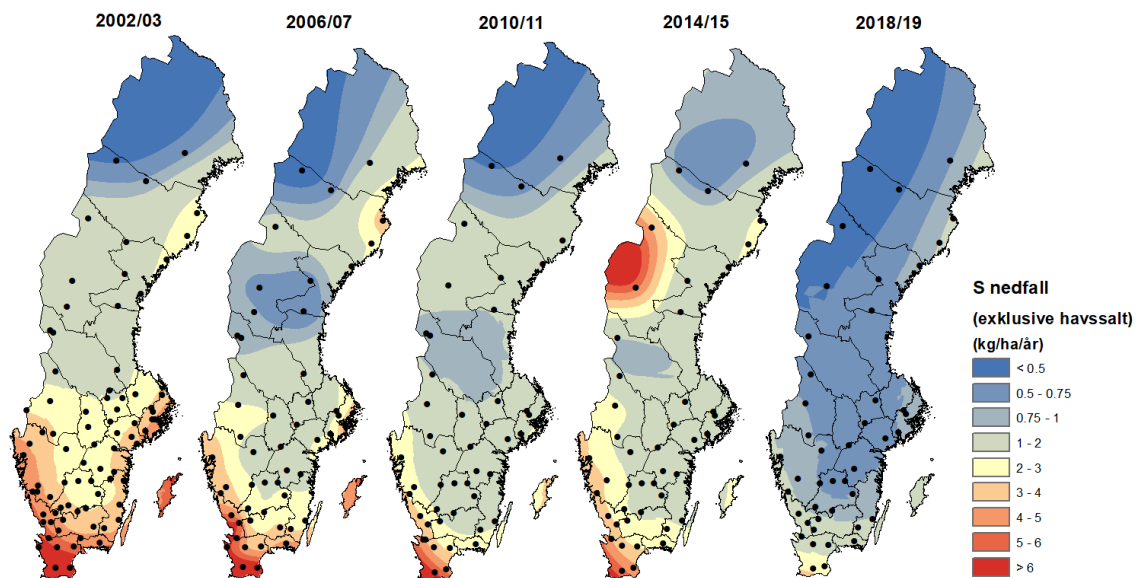


Figur 14. Årligt nedfall av svavel till Maryd, Arkelstorp, Stenshult, Hissmossa, Västra Torup och Klintaskogen i Skåne län, mätt som krondropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober–september. Mätningarna vid Arkelstorp flyttades en kortare sträcka 2013, vilket indikeras med olika symboler för Arkelstorp A och B. Mätningarna vid Hissmossa ersatte Västra Torup och Stenshult ersatte Klintaskogen.

Minskat svavelnedfall återspeglas även i ökat pH i nederbörden. I Västra Torup var pH under 4,5 i början av mätserien, men steg till 4,7–4,9 under det hydrologiska året 2009/10, innan skogen avverkades. Ersättningsytan Hissmossa har uppvisat pH-värden mellan 5,1 och 5,6 under 2011/12–2018/19 (Figur 15). Klintaskogen/Stenshult har avsevärt färre år med mätningar, men har varit på ungefär samma nivå som Västra Torup/Hissmossa under de år då mätningar gjorts.



Skåne tillhör de delar av landet där svavelnedfallet varit som högst, och där det minskat mest genom åren, även om minskningar skett i alla områden i Sverige (Figur 16). Fortfarande finns en geografisk gradient, med högre nedfall i sydvästra Sverige än i norr, men skillnaden mellan olika delar av Sverige är numera liten. De förhöjda svavelhalterna på grund av vulkanutbrottet på Island under augusti 2014-februari 2015 syns tydligt i Jämtlands län det hydrologiska året 2014/15 (Hellsten m.fl., 2017).



Figur 16. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) med fyra års mellanrum under perioden 2002/03–2018/19 i krondroppet vid mätstationerna (grandominerade) inom Krondroppsnätet i Sverige. Interpolering har gjorts med Kriging-metodik.

3.3 Pågår återhämtning i skogsmarken i Skåne?

Mätningar i markvattnet på 50 cm djup, det vill säga under rotzonen, ger ett bra mått på markens försurningsstatus, och en indikation om kvaliteten på det vatten som är på väg mot grund- och ytvatten. Markvattnet påverkas av markkemin i markprofilen, som i sin tur beror på markens geologiska sammansättning, påverkan av nuvarande och historiskt nedfall av svavel och kväve, samt skogsbruk. Genom

att Skåne tillhör den del av Sverige som tagit emot mest svavel- och kvävenedfall (Figur 9; 16), är det också den del av landet där markvattenkemin är mest påverkad.

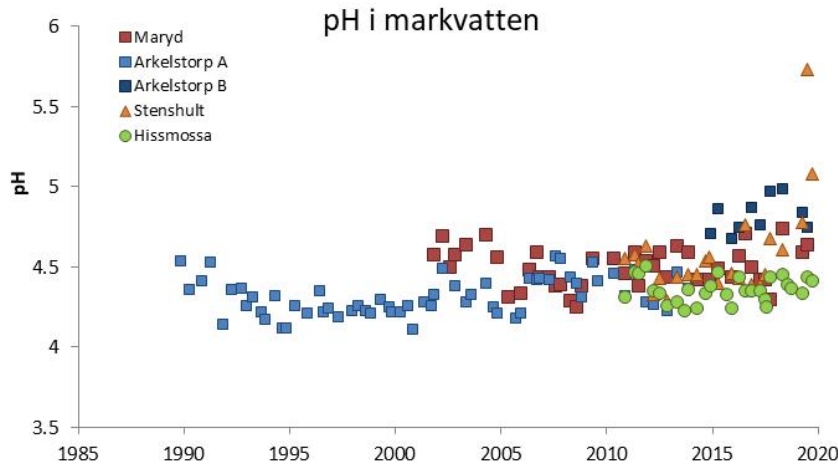
Markvattnets pH och ANC (syraneutraliserande förmåga) är två mått på försurningen i markvattnet som kan användas för att följa återhämtningsförloppet. Ett negativt ANC innebär att det inte finns någon buffringskapacitet i markvattnet. Bedömningen av vid vilket pH som markvattnet kan anses försurat beror till viss del på jordens mineralinnehåll i området, halterna av organiska ämnen m.m. Ett pH < 4,5 anses dock i de flesta fall indikera kraftig försurning. Enligt bedömningsgrunderna för försurad mark innebär pH under 4,4 hög surhet, medan pH mellan 4,4 och 5,5 innebär måttlig surhet. Markvattnet vid mätplatserna i Skåne kännetecknas generellt av pH-värden en bra bit under 5, negativt ANC och förhöjda halter av oorganiskt aluminium.

Minskat svavelnedfall ger förutsättningar för att markvattnets försurning minskar, men det är en process som tar tid, och där även andra faktorer påverkar. Den höga kvävebelastningen gör att nitrifiering, som är en försurande process, sätter fart i många skogar, vilket vanligtvis endast brukar ske efter avverkning (Akselsson m.fl., 2004). Om kväve frigörs genom nitrifiering hindras återhämtningen. Markvattenkemin kan även påverkas tillfälligt vid episoder av havssaltsnedfall, då jonbyte kan ske på markpartiklarna genom att framför allt natrium i havssaltet tar vätejonernas plats, vilket gör att vätejoner frigörs till marklösningen och ger en så kallad surstöt (Akselsson m.fl., 2013). Detta är vanligt i Skåne och andra län längs västkusten.

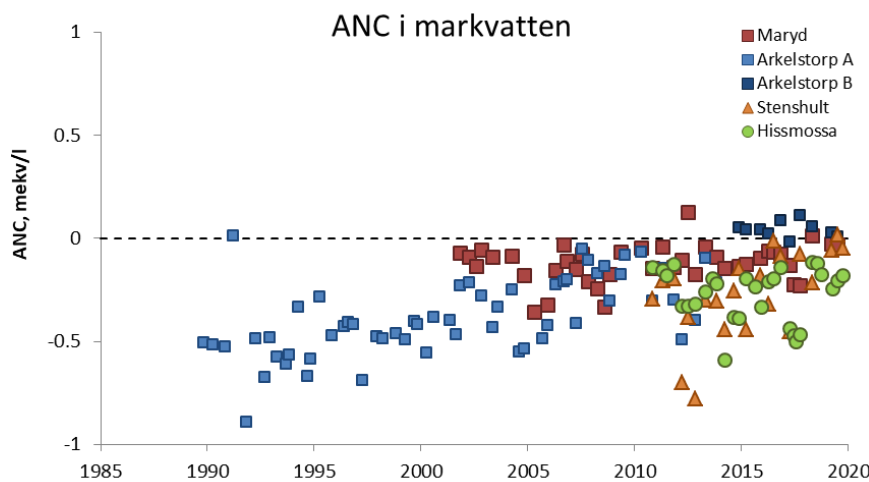
För att kunna säga något säkert om trender över tid är det fördelaktigt med så långa tidsserier som möjligt så att inte mellanårsvariationer påverkar för mycket. I Skåne är tidsserierna vid de aktiva ytorna 5 år (Arkelstorp B), 9 år (Stenshult och Hissmossa) och 18 år (Maryd). Den femåriga tidsserien är för kort för att kunna säga något om tidstrender. I markvattenfigurerna visas därför även den 24-åriga mätserien för Arkelstorp A, som inte är aktiv men som var föregångaren till Arkelstorp B.

Precis som föregående år påverkades provtagningarna under 2019 av att det var torrt i markerna, om än inte alls i samma utsträckning som 2018. I Maryd och Arkelstorp B kunde ingen provtagning göras under hösten och i Stenshult var provmängden låg vid sommarmätningen, vilket påverkar tillförlitligheten i resultaten vid den mätningen.

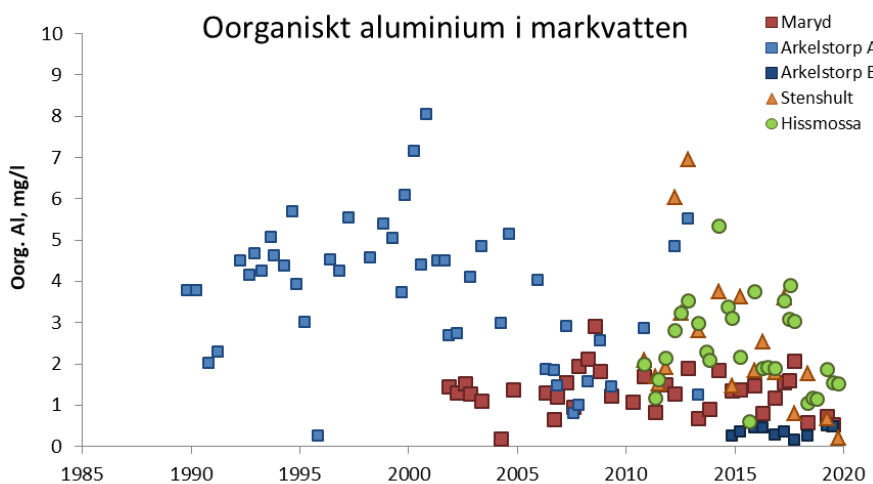
Hissmossa uppvisar vanligtvis de mest sura förhållandena, vilket beror på en kombination av höga svavel- och kloridkoncentrationer samt ofta förhöjd nitratkvävehalt i markvattnet. Så var även fallet under 2019 (Figur 17–19) då pH uppmättes till 4,3–4,4 och ANC omkring -0,2 mekv/l. Det är i nivå med tidigare års mätningar, även om variationen varit stor för ANC som vid ett flertal mättillfällen gått ner till omkring -0,6 mekv/l. Halten oorganiskt aluminium varierade för Hissmossa mellan 1,5 och 1,9 mg/l, vilket är bland de lägre värdena i mätserien, men fortfarande kraftigt förhöjt, och högre än vid de andra platserna. I Maryd var pH 4,6 och ANC -0,03 mekv/l under 2019. Arkelstorp B uppvisade, liksom tidigare år, de minst försurade förhållandena, med pH omkring 4,8 och ANC svagt positivt, upp till 0,02 mekv/l. Halten oorganiskt aluminium var omkring 0,5 mg/l i både Maryd och Arkelstorp B, vilket är avsevärt lägre än vanligt i Maryd men något högre än vanligt i Arkelstorp B. Stenshult, där pH tidigare år varierat mellan 4,3 och 4,7, uppvisade mätseriens högsta mätvärden under 2019. Enbart vårvärdet, 4,8, är dock direkt jämförbart med tidigare års mätningar, eftersom sommarvärdet (5,7) uppmättes i ett prov med liten vattenvolym och därför är mindre tillförlitligt. Höstmätningen (5,1) inföll efter att skogen i Stenshult avverkats, 13 augusti 2019. Även ANC och halten oorganiskt aluminium uppvisade mindre försurade förhållanden än vanligt i Stenshult, med ANC på -0,06 mekv/l och en halt av oorganiskt aluminium på 0,7 mg/l under vårmätningen. Kommande år får visa hur avverkningen påverkar markvattenkemin i Stenshult, som är den mätplats som har tagit emot mest svavel- och kvävenedfall av samtliga mätplatser inom Krondroppsnetet.



Figur 17. pH i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.



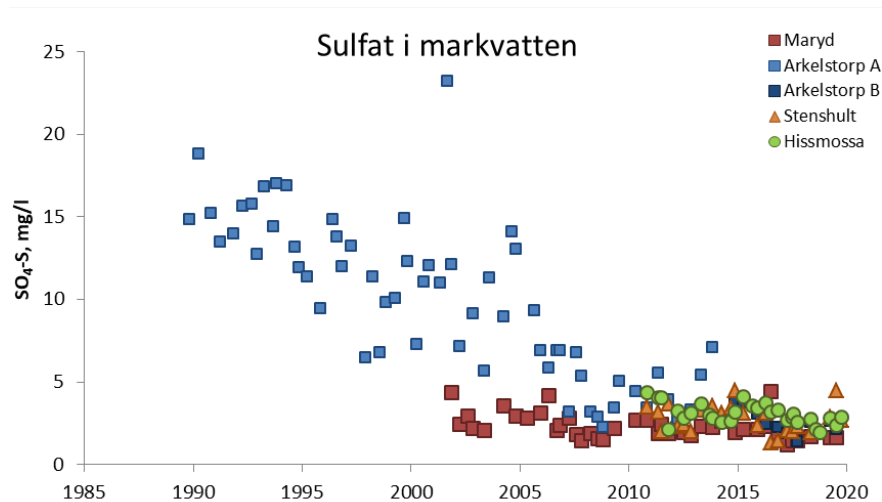
Figur 18. ANC (den syra-neutraliserande förmågan) i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.



Figur 19. Oorganiskt aluminium i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Den första effekten som förväntas i samband med minskning av svavelnedfall är minskade svavelhalter i markvattnet. Minskade halter kunde påvisas vid mätplatserna Maryd och Arkelstorp A, som har längst tidsserier (Figur 20). I Maryd var svavelhalterna som högst 4,3 mg/l i början av den 18-åriga mätserien, och hade minskat till omkring 1,5 mg/l i slutet av mätserien. I Arkelstorp A var halterna generellt betydligt högre, 14–19 mg/l de tre första åren i den 24-åriga mätserien, och 3–7 mg/l de tre sista åren innan avverkningen 2013.

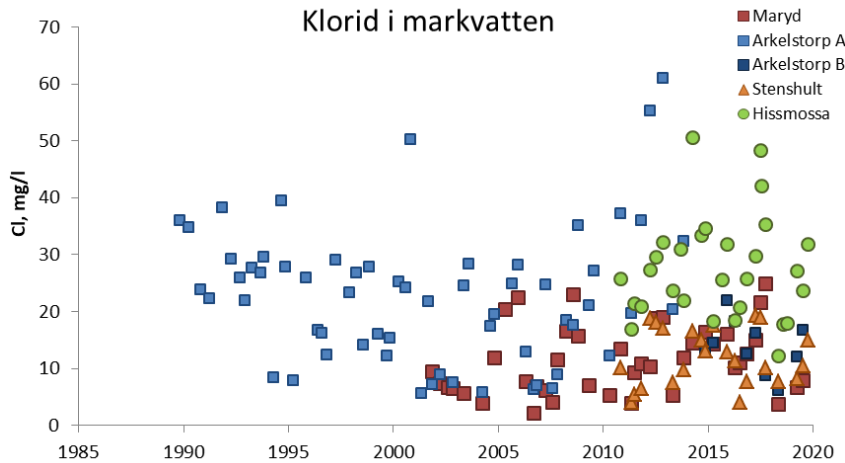
I Hissmossa och Stenshult kunde ingen signifikant förändring påvisas under de nio åren, men för båda finns det tendenser till minskade halter under perioden. Under 2019 var halterna nere på relativt låga nivåer för samtliga platser, 1,6–2,9 mg/l, bortsett från vid sommarmätningen i Stenshult i juli 2019, som är otillförlitlig på grund av liten vattenmängd.



Figur 20. Svavelhalter i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

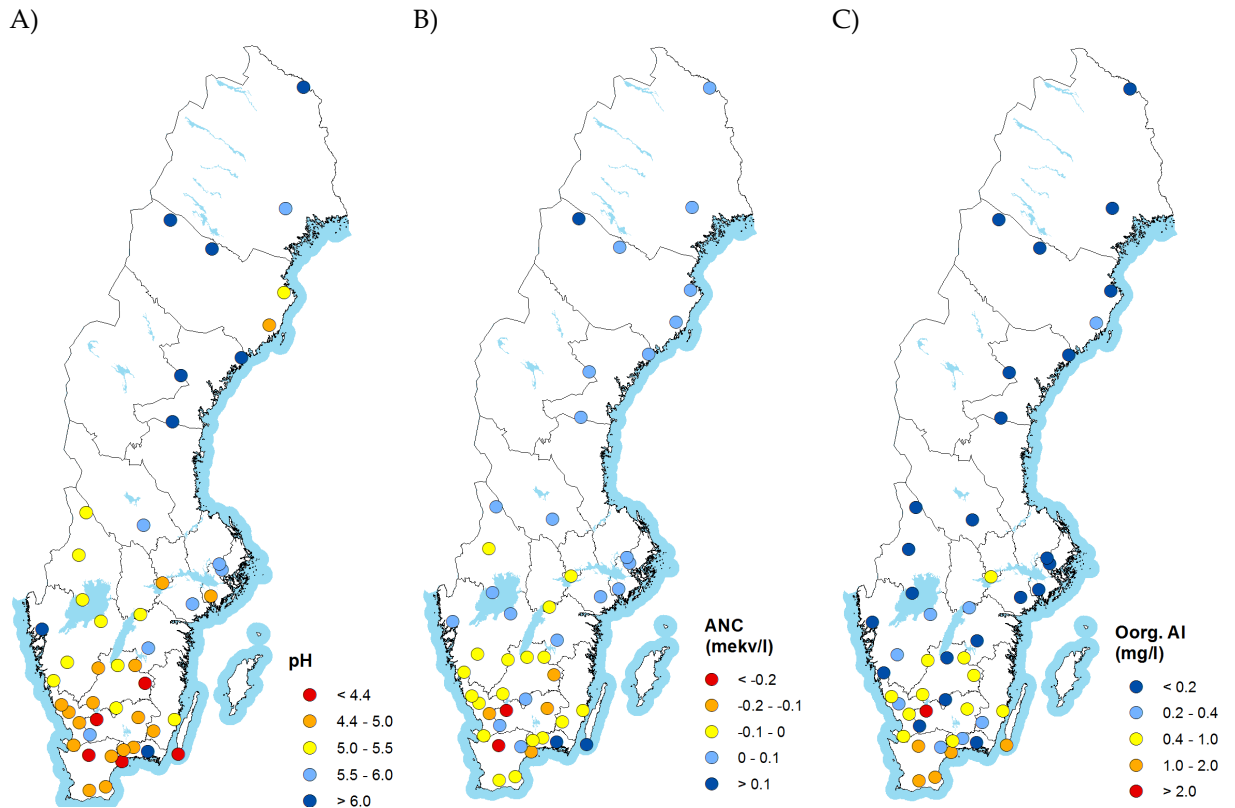
De enda trender över tiden som kan påvisas vad gäller de försurningsrelaterade parametrarna pH, ANC och halten oorganiskt aluminium är för ANC i Arkelstorp A samt ANC och oorganiskt aluminium i Stenshult. I Arkelstorp A kan trenden med ökande ANC och minskande halter oorganiskt aluminium förklaras av minskande svavelnedfall, vilken syns även på minskade svavelhalter i markvattnet. Nitrifiering, som syns genom förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet, och havssaltsepisoder, som kan identifieras med hjälp av kloridhalter i markvattnet, påverkar också pH, ANC och halten oorganiskt aluminium. I Stenshult kan den signifikanta ökningen av ANC och minskningen av oorganiskt aluminium under den nioåriga mätserien förklaras av högre nitratkvävehalter i markvattnet i början av perioden (Figur 10), där nitrifieringen lett till att vätejoner frigivits, som i sin tur lett till ökade halter av oorganiskt aluminium. Även pH är generellt något högre under den senare delen av perioden i Stenshult, även om den allra högsta noteringen, från sommaren 2019, kommer från ett prov med liten vattenvolym (se ovan), och därmed inte är tillförlitligt. Variationer av halten nitratkväve har haft stor påverkan på tidsutvecklingen av de försurningsrelaterade parametrarna även i Hissmossa.

Havssaltsepisoder syns genom ökade kloridhalter i markvattnet. Variationen i kloridhalt är stor på alla Skåne-ytor, men framför allt i Hissmossa och Arkelstorp A där halterna har varierat mellan omkring 10 och över 50 mg/l (Figur 21). 2019 var inget exceptionellt år när det gäller kloridhalter i markvattnet. Halterna var under 20 mg/l på samtliga platser, förutom Hissmossa där halterna var högre, över 30 mg/l vid ett tillfälle.



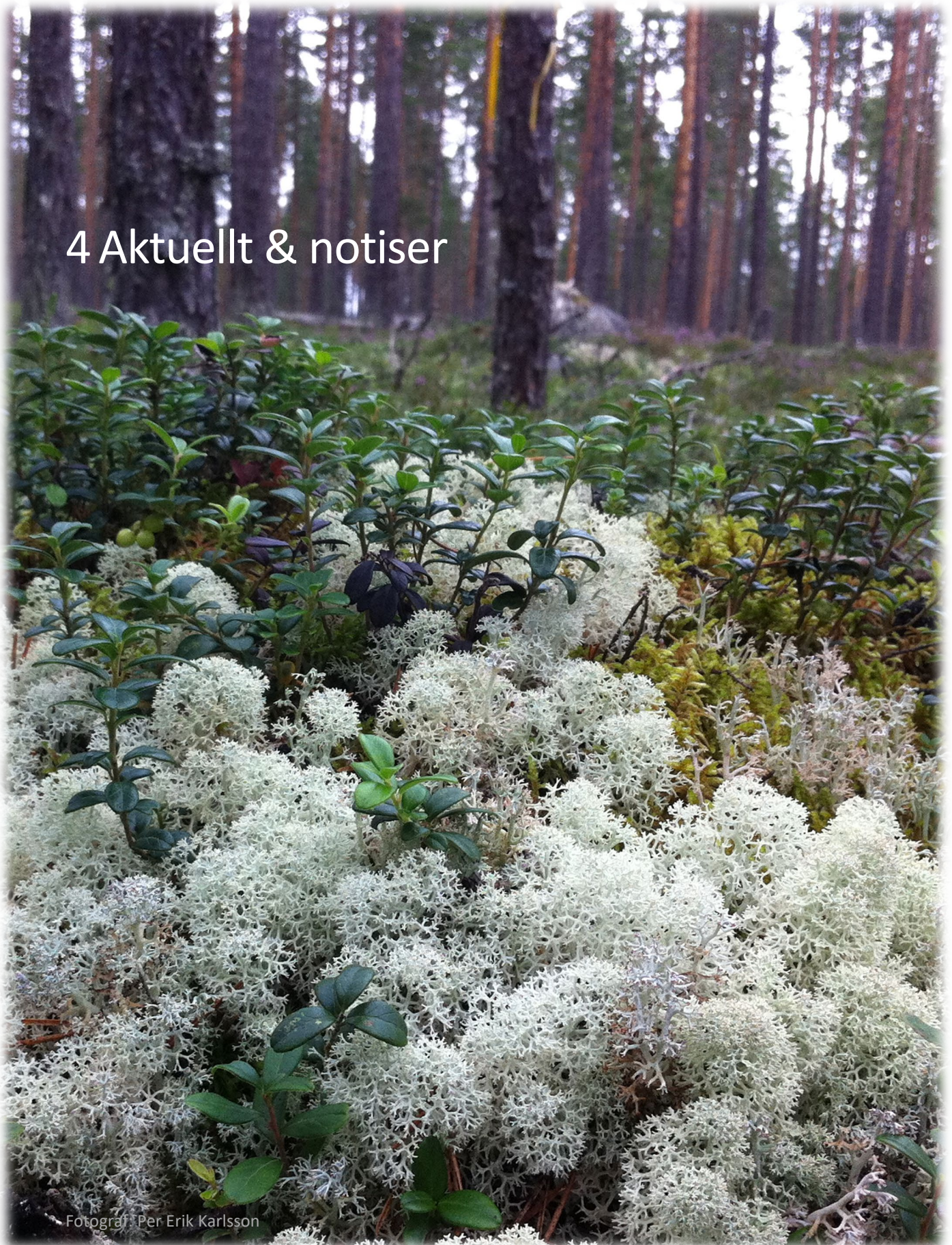
Figur 21. Klorid i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

I enlighet med den geografiska gradienten för svavel- och kvävednedfall tillhör Skåne den del av landet där markvattnet är mest försurningspåverkat (Figur 22). pH-värdets medianvärde för de tre senaste hydrologiska åren varierade mellan 4,4 och 4,8, vilket är i nivå eller något lägre än angränsande län, och avsevärt lägre än i norra halvan av Sverige där pH översteg 5,5 förutom vid två mätplatser längs norrlandskusten. De sydliga länen kännetecknas även av negativt ANC. För tre av fyra mätplatser i Skåne var medianen för ANC för de tre senaste åren negativt. Vid samtliga mätplatser i norra halvan av Sverige var ANC positivt. Skåne utmärkte sig även vad gäller halten av oorganiskt aluminium, där medianvärdet för de tre senaste hydrologiska åren var mellan 1 och 2 mg/l på tre av de fyra mätplatserna. Endast tre andra mätplatser i Sverige uppvisade medianvärden över 1 mg/l, i Blekinge, på Öland och i Kronobergs län.



Figur 22. pH (A), ANC (B) och Oorg Al (C) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnätet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren (2017–2019). ANC i avrinnande vatten bör vara betydligt över 0 när det når vattendragen. Ytor med mindre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats eller gödslats har tagits bort.

4 Aktuellt & notiser



Fotograf: Per Erik Karlsson

4.1 Revision Försurande/Övergödande ämnen inom Programområde Luft inom Naturvårdsverket

Naturvårdsverket startade 2015 en utvärdering av den pågående verksamheten inom Programområde Luft.

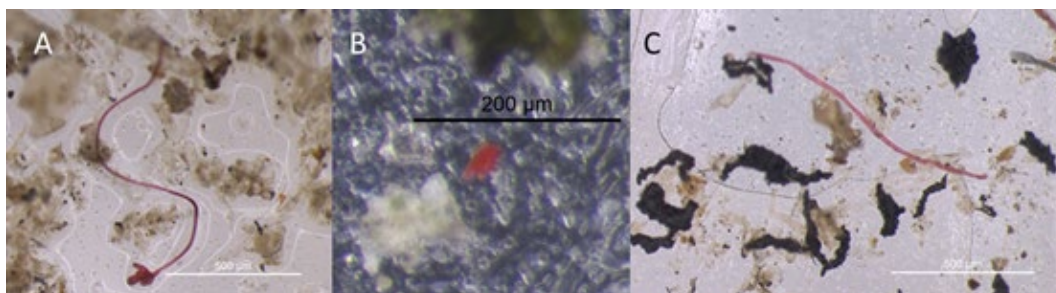
Som en del av denna påbörjades under 2018 en fördjupad revision inom Programområde Luft, som omfattade delprogrammen Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd, Krondroppsnetet-NV och MATCH-Sverigesystemet. Med Naturvårdsverket-NV avses den del av Krondroppsnetet som finansieras av Naturvårdsverket. Naturvårdsverket utsåg två internationella utvärderare, Christopher Evans och Alan Radbourne från "Centre for Ecology and Hydrology" i Bangor, Wales, UK. Utredarna träffade under april 2019 bland annat Krondroppsnetets projektledningsteam som ett led i utvärderingen.

Utgående från deras rapport har Naturvårdsverket sammanställt ett förslag till revision av verksamheterna som rör försurande och övergödande ämnen. I mars 2020 skickades Naturvårdsverkets förslag ut på remiss till berörda parter. Naturvårdsverket föreslår en ny utformning av programmet som bygger på en sammanslagning av tre befintliga mätprogram (LNKN, Krondroppsnetet-NV och EMEP) till ett nytt – Svenska Luft- och Depositionsätverket (SveLoD). Istället för tre delprogram kommer stationerna att vara uppdelade i Typ 1 (EMEP), Typ 2 (LNKN) och Typ 3 (Krondroppsnetet-NV).

De som fått remissen hade fram till den 24 april 2020 på sig att komma med yttrande och IVL har inkommit med en rad synpunkter. När den slutliga utformningen av programmet kommer att bli färdigt är ännu ej klart.

4.2 Ny studie påvisar mikrokräp i nederbörd och krondropp

Mikrokräpppartiklar har hittats i nederbörd och krondropp vid samtliga tio undersökta mätplatser inom Krondroppsnetet runt om i Sverige, från Norrbotten till Skåne, samt vid tre mätplatser i centrala Malmö, där mätningar sker på uppdrag av Malmö stad, Figur 23. Resultaten visar att mikrokräpppartiklar kan transporteras med luften till områden långt bort från utsläppskällorna. Även gummipartiklar från fordonsdäck återfanns i proverna.



Figur 23. Mikrokräpppartiklar från prover med atmosfäriskt nedfall. A) Röd plastfiber; B) rött plastfragment; C) gummifragment från fordonsdäck (styrenbutadiengummi, SBR) och icke-syntetiska textilfibrer.

Plastfibrer dominerade i antal vid fjorton av de tjugo proverna. Nedfall av gummipartiklar från fordonsdäck var avsevärt högre i centrala Malmö jämfört med platser utanför tätort. Mätningarna bekräftar tidigare studier, där mikrokräp har hittats i såväl snöprover från Svalbard som i nederbörd på hög höjd i Klippiga bergen i USA.

Undersökningen var en pilotstudie utförd av forskare vid IVL under oktober 2019, på uppdrag av Naturvårdsverket, Magnusson m. fl. 2020.

4.3 Pågående projekt där Krondroppsytor modelleras

Under hösten 2019 – hösten 2021 pågår ett modelleringsprojekt finansierat av Energimyndigheten, "Effekter av helträdsuttag på baskatjonomsättning och försurning - uppskalning till nationell nivå med ekosystemmodellen ForSAFE". Projektet är en fortsättning av ett tidigare projekt finansierat av Energimyndigheten, där ForSAFE-modellen användes för modellering i fyra långliggande helträdsförsök och sju mätplatser inom Krondroppsnetet. Det tidigare projektet syftade till att studera hur baskatjonförlusterna vid helträdsuttag fördelas mellan mark, vatten och träd. I det nya projektet modelleras ytterligare 20 mätplatser inom Krondroppsnetet, för att kunna få en bättre bild av hur effekterna varierar geografiskt. Arbetet utförs vid Lunds universitet.

4.4 Vilka effekter kan vi förvänta oss av Covid-19?

Luftföroreningarna i världen har minskat kraftigt under våren 2020 som en konsekvens av Corona-utbrottet. Konsekvenserna av pandemin har påverkat både utsläpp från lokala källor, likväl som långväga transport av luftföroreningar till Sverige. Myllyvirta & Thieriot (2020) har uppskattat att halten av kvävedioxid i Europa var 40 procent lägre under april månad 2020, jämfört med vad den skulle ha varit under normala omständigheter utan nedstängning av samhället, och att halterna för Sveriges del var 28 procent lägre. Modelleringsstudien uppskattade att halterna av PM₁₀ var 12 procent lägre i Europa och 28 procent lägre i Sverige under samma månad. Dessa minskningar i utsläpp av luftföroreningar får effekter på luftkvalitet och nedfall. Under nästa år kommer vi att fördjupa oss i hur denna förändring i utsläppsmönster återspeglas i mätningarna inom Krondroppsnetet, samt vad detta kan ha fått för konsekvenser för Sveriges del.

4.5 Projekt angående andel torrdeposition till provtagningsutrustning har pausats

Projektet "Rör Under Tak" (RUT) med mätningar av torrdepositionen till mätutrustningen för provtagning av nederbörd på öppet fält pausades i oktober 2019. Mätningarna påbörjades sommaren 2017 vid de 10 platser inom Krondroppsnetet som idag har strängprovtagare. Projektet syftar till att jämföra depositions-mätningar med utrustning placerat under tak, med mätningar med den vanliga provtagaren för nederbörd på öppet fält utan tak. Utrustningen under tak syftar till att kvantifiera den lilla andel torrdeposition som uppstår till den utrustning som egentligen är avsedd att mäta våtdeposition och därigenom minska osäkerheterna i uppskattningarna av våtdepositionen. På grund av budgetnedskärningar hos Naturvårdsverket har detta projekt inte fått fortsatt finansiering utan är pausat. Projektet var ursprungligen planerat att pågå under tre år fram till 2020. Vi hoppas att medel kommer att finnas framöver för att slutföra detta projekt.

4.6 Totalt nedfall av kväve och svavel på länsnivå – Specialrapport under 2019

Under 2019 publicerades en specialrapport där totalt nedfall av oorganiskt kväve och totalt nedfall av svavel till barrskog på länsnivå redovisades för perioden 2001–2018, Pihl Karlsson m.fl. (2019).

Syftet var att bidra till att belysa nedfallssituationen i länen med avseende på försurnings- och övergödningens problematik och att ge ett underlag till den regionala miljömålsuppföljningen, främst för miljömålen Bara naturlig försurning och Ingen övergödning.

Kritisk belastning för kväve i barrskog överskreds under perioden i stort sett i samtliga län, förutom de fyra nordligaste länen. Det totala kvävenedfallet till barrskog har under perioden dock minskat, med mellan 26 och 53 %, för samtliga län utom i Skåne och Västerbottens län.

Nedfallet av svavel till barrskog minskade kraftigt under perioden med mellan 50 och 87 %. Den statistiska analysen visade att det länsvisa nedfallet av svavel (utan bidrag från havssalt) sedan 2001 minskat statistiskt signifikant i samtliga undersökta län. Under de senaste tre åren har det totala nedfallet av svavel till barrskog i Sverige, om man undantar de tre sydliga länen Skåne, Halland och Blekinge, generellt varit mycket lågt, under 1 kg per hektar och år. Detta innebär att svavelnedfallets bidrag till fortsatt försurning är mycket litet i stora delar av Sverige. De sydligaste delarna av Sverige påverkas dock sannolikt alltfjämt från svavelutsläpp från de östra delarna av centrala Europa.

4.7 Vetenskapliga artiklar 2019

Under 2019 har ett flertal artiklar med anknytning till Krondropps nätet publicerats.

- **Ferm m.fl. (2019)** har publicerat en artikel med mätserier av nedfall av svavel och kväve med nederbörden i Sverige sedan 1955. Detta är bland de längsta mätserier som någonsin publicerats. Svavelnedfallet som vätdeposition kulminerade runt år 1970 vad gäller svavel och runt 1985 vad gäller kväve.
- **Karlsson m.fl. (2019b)**, har publicerat en metod för att uppskatta det totala nedfallet av kväve till barrskog i Sverige, med hjälp av så kallade strängprovtagare. Metoden används nu inom uppföljningen av miljö kvalitetsmålet Ingen Övergödning, indikatorn "nedfall av kväve till barrskog".
- **Kronnäs m.fl. (2019)** har använt data från Västra Torup och Hissmossa i Skåne för att undersöka vilka fördelar som finns med att modellera vittring dynamiskt med ForSAFE-modellen, jämfört med att modellera med den enklare PROFILE-modellen. De två modellerna gav årsmedelvärden av ungefär samma storlek, men en fördel med ForSAFE är att variationer under året och mellan år kan simuleras, liksom långsiktiga effekter av klimatförändring, förändrat nedfall och skogsbruk.

5 Tack

Vi vill uttrycka ett varmt tack till samtliga provtagare inom Krondropps nätet som utför ett mycket ovärderligt arbete i fält. Vi vill även uttrycka ett varmt tack till all personal på IVL:s laboratorium för ett mycket bra arbete. Slutligen tackar vi Krondropps nätets samtliga medlemmar för gott samarbete.

6 Referenser

- Akselsson, C., Westling, O., Örlander, G. 2004. Regional mapping of nitrogen leaching from clearcuts in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 202: 235-243.
- Akselsson, C., Belyazid, S., Hellsten, S., Klarqvist, M., Pihl-Karlsson, G., Karlsson, P.E., Lundin, L., 2010. Assessing the risk of N leaching from Swedish forest soils across a steep N deposition gradient in Sweden. *Environmental Pollution* 158: 3588–3595.
- Akselsson, C., Hultberg, H., Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S. 2013. Acidification trends in south Swedish forest soils 1986–2008 – slow recovery and high sensitivity to sea-salt episodes. *Science of the Total Environment* 444: 271-287.
- CEIP, 2020. Emissionsdata är hämtade från:
http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/

- Ferm, M., Granat L., Engardt M., Pihl Karlsson G., Danielsson H., Karlsson P.E. & Hansen K. 2019. Wet deposition of ammonium, nitrate and non-sea-salt sulphate in Sweden 1955 through 2017. *Atmospheric Environment: X 2* (2019) 100015.
- Hellsten, S., Stadmark, J., Pihl Karlsson, G., Karlsson, P.E., Akselsson, C. 2015. Increased concentrations of nitrate in forest soil water after windthrow in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*.356, 234-242.
- Hellsten, S., Gustafsson, M., Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Karlsson, P.E., Akselsson, C. 2017. Påverkan på atmosfäriskt nedfall och luftkvaliteten i Sverige av SO₂-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014–2015. IVL Rapport C 234.
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Akselsson, C. 2018a. Utveckling av en indikator för totalt nedfall av kväve till barrskog inom miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning*. IVL Rapport C286.
- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G. 2018b. A bark beetle attack caused elevated nitrate concentrations and acidification of soil water in a Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management* 422, 338-344.
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Akselsson, C., Ferm, M., & Hultberg, H. 2019. Total deposition of inorganic nitrogen to Norway spruce forests – Applying a surrogate surface method across a deposition gradient in Sweden. *Atmospheric Environment* 217. 116964
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116964>
- Kronnäs, V., Akselsson, C., Belyazid, S. 2019. Dynamic modelling of weathering rates – the benefit over steady-state modelling. *SOIL* 5: 33-47.
- Magnusson, K., Winberg von Friesen, L., Söderlund, K., Karlsson, P.E. & Pihl Karlsson, G. 2020. Atmosfäriskt nedfall av mikrokräp. IVL Rapport C511.
<https://www.ivl.se/download/18.5bc68544171830dff503b2/1587372619571/C511.pdf>
- Moldan, F. m.fl. 2011. Swedish NFC Report. I Modelling Critical Thresholds and Temporal changes of Geochemistry and Vegetation Diversity (Posch et. Al. red.). CCE Status Report 2011. ISBN 978-90-6960-254-7.
- Myllyvirta, L. & Thieriot, H. 2020. 11 000 air pollution-related deaths avoided in Europe as coal, oil consumption plummeted, Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA). Länk till rapporten: <https://energyandcleanair.org/wp/wp-content/uploads/2020/04/CREA-Europe-COVID-impacts.pdf>
- Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P.E & Akselsson, C. 2019. Länsvis totalt nedfall av oorganiskt kväve och svavel till barrskog, IVL Rapport C445.
- Tamm, C.O. 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. *Ecological Studies* 81. Springer Verlag, Berlin, Germany.



Bilaga 1. Mätplatserna i Skåne län

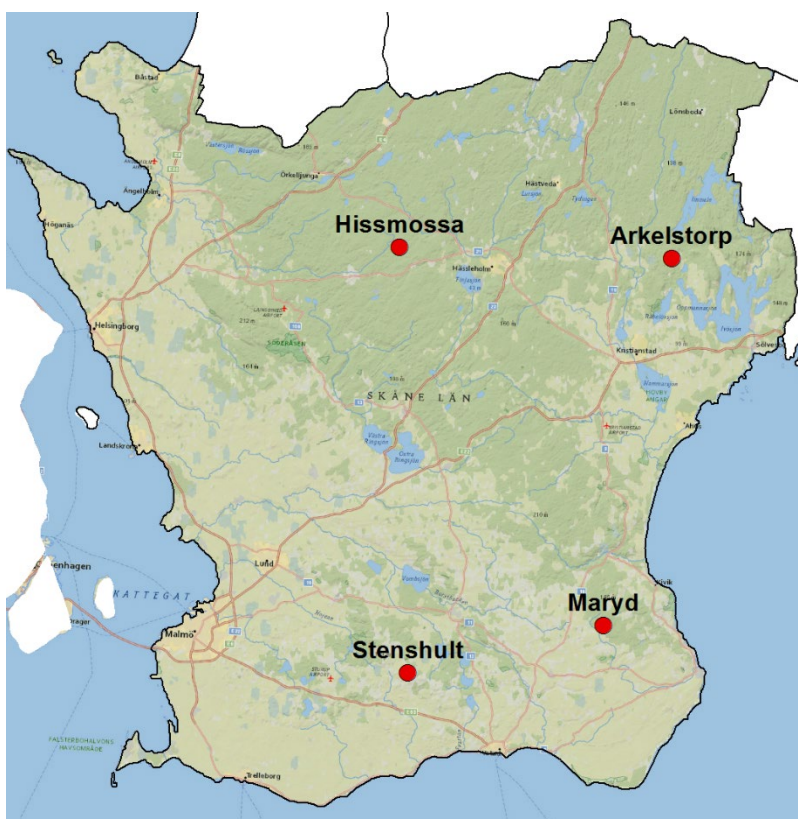
Fotograf: Per Erik Karlsson

Krondroppsnetet bedriver mätningar vid fyra mätplatser i Skåne län (Tabell B1).

Tabell B1. Aktiva mätplatser i Skåne 2018/19.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Kron-dropp	Sträng-prov	Mark-vatten	Lufthalter	
						SO ₂	NO _x *
Arkelstorp B (L 05B)	Gran		X		X		
Maryd (L 15)	Gran		X		X		
Hissmossa (L 18)	Gran	X ¹⁾	X	X ¹⁾	X	X	X
Stenshult (M 16)	Gran	X	X	X ¹⁾	X	X	X

* Mätningar inkluderar NO_x, NO₂ och NO¹⁾ Finansieras av Naturvårdsverket



Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).

Undersökningarna är ett resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Anders Jonshagen.

På IVL har Paula Andersson skött kontakter med provtagare medan främst Louise Björnberg, Camilla Hällinder-Ehrencrona, Jessica Ekström, Paula Andersson, Sari Blom och Vania Andersson har analyserat proverna.

Databasen har skötts av Gunnar Malm.

Datagranskning, databehandling och rapportering av resultaten har utförts av Cecilia Akselsson, Per Erik Karlsson, Sofie Hellsten samt Gunilla Pihl Karlsson.



Arkelstorp B (L 05B)

Ytan etablerades år 2013 mindre än 200 meter sydost om den tidigare ytan, L05A, på toppen av Hallabjället, i omkring 40-årig granskog. Krondroppsmätningarna startade i november 2013, men markvattenmätningarna startade först ett år senare (november 2014). Ytan är ganska nyligen gallrad, och det finns stickvägar i nordsydlig riktning med ca 20 m mellanrum vid ytan. För nedfall visas även data från den gamla ytan, **L05A Arkelstorp A**, och statistiska analyser har gjorts för den sammanslagna tidsserien, eftersom nedfallet bedöms vara jämförbart mellan ytorna. Markvattenkemin visas även för L05A fram till avverkning, men statistiska analyser har gjorts för de två tidsserierna separat, som alltid efter flytt av lysimetrar. L05A var belägen i granskog planterad 1955.

Maryd (L 15)

Granskog på bördig mark i sydöstra Skåne, planterad 1959. Mätning av nedfall (krondropp) och markvattenkemi i Maryd startade i oktober 2001.



Hissmossa (L 18)

Granskog i norra Skåne, planterad 1972. Ytan är tänkt som ersättningsyta för Västra Torup, som avverkades i augusti 2010. Hissmossa ligger ungefär 5 km norr om Västra Torup. Mätningarna i krondroppsytan i Hissmossa startade i augusti 2010. Nedfallsmätningarna på öppet fält och lufthaltmätningarna startade i november 2010. Mätningarna med strängprov startade i juni 2013. ÖF-mätningarna flyttades ett kort stycke den 4 september 2017. För lufthalter och nedfall visas även data från den gamla ytan, **L07A Västra Torup**, och statistiska analyser har gjorts för de sammanslagna tidsserierna, eftersom lufthalter och nedfall bedöms vara jämförbart mellan ytorna. **L07A** var belägen i granskog planterad 1940. Vid statistisk analys av markvattnet analyseras dock de båda mätplatserna separat.

Stenshult (M 16)

Omkring 50-årig granskog på relativt plan mark längst uppe på östra delen av Romeleåsen. Ytan startades som ersättning för den avslutade ytan Klintaskogen, som också var belägen på Romeleåsen, 12 km sydväst om Stenshult. Platsen är mycket öppet exponerad åt söder. Krondropps- mätningar startade i maj 2010, och markvattenmätningarna samt mätningarna på öppet fält i november samma år. Mätningarna med strängprov startade i juni 2013. Lufthaltsmätningarna startade i januari 2015. För lufthalter och nedfall visas även data från den gamla ytan, **M13A Klintaskogen**, och statistiska analyser har gjorts för de sammanslagna tidsserierna, eftersom lufthalter och nedfall bedöms vara jämförbart mellan ytorna. **M13A** var belägen i granskog planterad 1957. Vid statistisk analys av markvattnet analyseras dock de båda mätplatserna separat.





Skånes Luftvårdsförbund



LUNDS
UNIVERSITET



IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se