



Nr C 390
Maj 2019



Försurning och övergödning i Blekinge län

Resultat från Krondroppsnätet till och med 2017/18

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



I samarbete med: Lunds universitet



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

Medel från: Blekinge Kustvatten och Luftvårdsförbund

Fotograf framsida: Louise Karlsson

Rapportnummer C 390

ISBN 978-91-7883-041-1

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2019**

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 Blekinge Kustvatten och Luftvårdsförbund genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar av lufthalter, nedfall och markvattenkemi i Blekinge län inom Krondroppsnetet.

Blekinge län har varit medlem i Krondroppsnetet under lång tid och har en mätserie på 33 år. I denna rapport redovisas resultaten från mätningar under det hydrologiska året 2017/18. Ett hydrologiskt år omfattar mätningar från och med oktober till och med september påföljande år.

Årets mätningar ger tillsammans med tidigare års mätningar en bra bild över försurningsläget och kvävesituationen i Blekinge län. Vidare redovisas resultaten i förhållande till övriga svenska mätningar inom Krondroppsnetet. I rapporten redovisas även andra relaterade projekt samt aktuella händelser från 2018, som är relevanta ur Krondroppsnetets 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 kväve?	10
2.2 Utsläppen av kväve minskar – men minskar nedfallet?	11
2.3 Tar skogen upp allt kväve?	14
2.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används mätningarna av kväve i nedfall och markvatten bäst?	16
3 Försurning – fortfarande ett problem?	18
3.1 Minskar lufthalterna av svaveldioxid ytterligare?	19
3.2 Fortsätter svavelnedfallet att minska?.....	20
3.3 Hur går återhämtningen från försurningen?.....	22
3.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används de försurningsrelaterade mätningarna bäst?	26
4 Aktuellt & notiser.....	28
4.1 Sommarens torka	29
4.2 Sommarens bränder.....	30
4.3 Fördjupad utvärdering 2019.....	32
4.4 Aktuell forskning/specialprojekt som berör Krondroppsnetet	32
4.4.1 Hur stor är depositionen av fosfor till Östersjön?.....	32
4.4.2 Högt nedfall av svavel och kväve på hög höjd i norra Sverige	32
4.5 Vetenskapliga artiklar 2018.....	33
4.6 På gång – aktuella projekt och utvärderingar	33
4.6.1 Delar av Naturvårdsverkets verksamhet inom programområde Luft utvärderas igen.....	33
4.6.2 Specialrapport - länsvis total deposition av kväve och svavel	33
4.6.3 Andelen torrdeposition till provtagningsutrustning för nederbörd undersöks.....	34
4.6.4 Kväveutlakning till ytvatten efter avverkning?	34
5 Tack.....	34
6 Referenser.....	35
Bilaga 1. Mätplatserna i Blekinge län.....	37

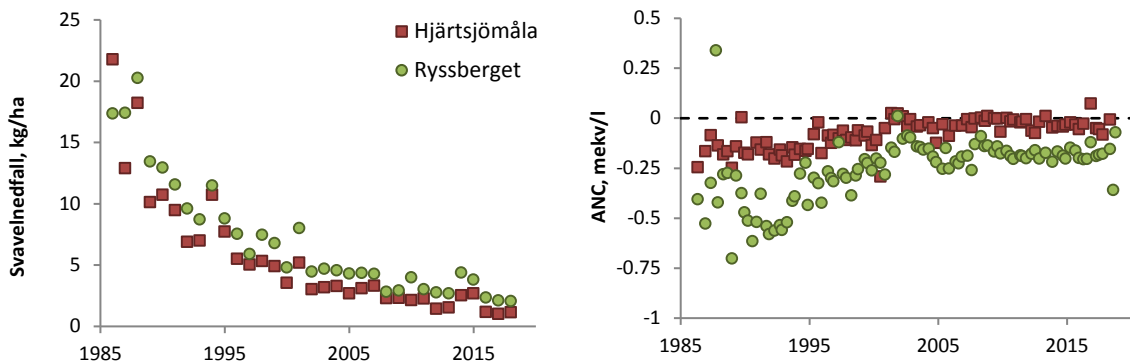
Sammanfattning

Blekinge är det län i Sverige som har längst mätserier inom Krondroppsnetet, 33 år. Under det hydrologiska året 2017/18 gjordes mätningar på fyra platser, dels vid två bokskogsytor i västra delen av länet och dels vid en tallyta och en granyta längre österut.

Lågt svavelnedfall men långsam återhämtning från försurning

Svavelnedfallet är den starkast bidragande faktorn till försurningen av mark- och ytvatten. Nedfallet har dock minskat kraftigt de senaste decennierna i hela Sverige, och kraftigast har minskningen varit i sydväst. I Blekinge län har nedfallet av svavel (exklusive havssaltsbidrag) minskat vid alla mätplatser, från nivåer omkring 20 kg per hektar i slutet på 1980-talet till mindre än 2 kg per hektar under 2017/18.

Högt försurande nedfall under många år återspeglas i surt markvatten utan buffringskapacitet och låga pH. Den syraneutraliserande förmågan (ANC) i markvattnet är fortfarande tydligt negativ vid mätplatserna i länet, förutom vid den nya ytan vid Vång där ANC är positivt. ANC har dock ökat signifikant vid alla mätplatser i länet, men ökningen är långsam. Korta perioder med mycket nedfall av havssalt kan leda till ännu surare markvatten, vilket syns tydligt vid en av mätplatserna i länet (Ryssberget). En analys av trenderna för samtliga mätplatser i södra Sverige visar att det finns många ytor utan signifikant återhämtning från försurning, och i de fall där återhämtning kan påvisas är den långsam. För att mark och vatten ska återhämta sig, och miljömålet *Bara naturlig försurning* ska uppnås, krävs fortsatt lågt svavelnedfall, att nedfallet av kväve inte överskrider vad skogen kan ta upp och att skogsbrukets försurningspåverkan hålls på en låg nivå.



Svavelnedfall (till vänster) och syraneutraliserande förmåga (ANC) i markvattnet (till höger) för de två längsta mätserierna i länet, bokskogen vid Ryssberget i sydväst och tallskogen i Hjärtsjömåla vid den nordligaste mätplatsen i länet.

Mycket kväve i markerna ger höga markvattenhalter vid störningar

Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till skog i Blekinge län har beräknats till mellan 6 och 8 kg per hektar för det hydrologiska året 2017/18. Kvävenedfallet över öppet fält vid Komperskulla har under mätperioden varit upp mot 14 kg kväve per hektar och år, vilket klart överskrider den kritiska belastningsgräns som har satts för granskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år. Kvävenedfallet vid Komperskulla har minskat med 42 % sedan 1996 och är numera nere på omkring 5 kg kväve per hektar.

Under det hydrologiska året 2017/18 var halterna av nitratkväve i markvattnet generellt mycket låga vid mätplatserna i länet, med undantag av Ryssberget (0,3 mg per liter) och hygget vid Vång, där en halt på mer än 5 mg per liter uppmättes. Det är troligt att nitralthalterna på hygget kommer att vara fortsatt höga under några år till följd av avverkningen som ägde rum i oktober 2016. Tidigare års mätningar har visat att markvattnet även har haft förhöjda nitralthalter vid ett fåtal tillfällen i ostörda skogar både vid Ryssberget och Vång. Detta innebär en risk för kväveutlakning till sjöar och vattendrag, och därmed en negativ påverkan på miljömålet *Ingen övergödning*. Om kvävet inte tas upp av skogsekosystemet, utan i stället läcker ut från markprofilen i form av nitratkväve, bidrar det även till försurning av markvatten och potentiellt även ytvatten. Att skogen mår bra och fortsätter ta upp kväve är alltså viktigt, inte bara för miljö kvalitetsmålen *Levande skogar*, *Begränsad klimatpåverkan* och *Ingen övergödning*, utan även för *Bara naturlig försurning*.

1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?



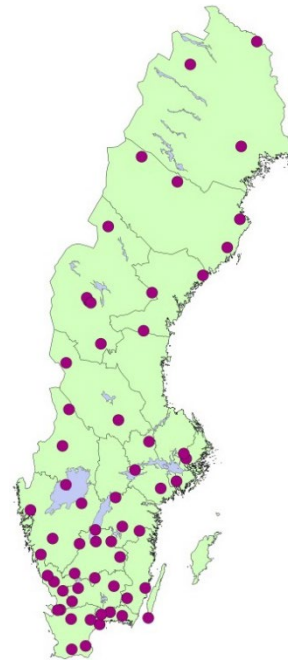
Fotograf: Gunilla Pihl Karlsson

Inom Krondroppsnetet genomfördes under det hydrologiska året 2017/18 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 mäts, däribland svavel- och kväveföreningar, som har stor betydelse för försurnings- och övergödningproblematiken.

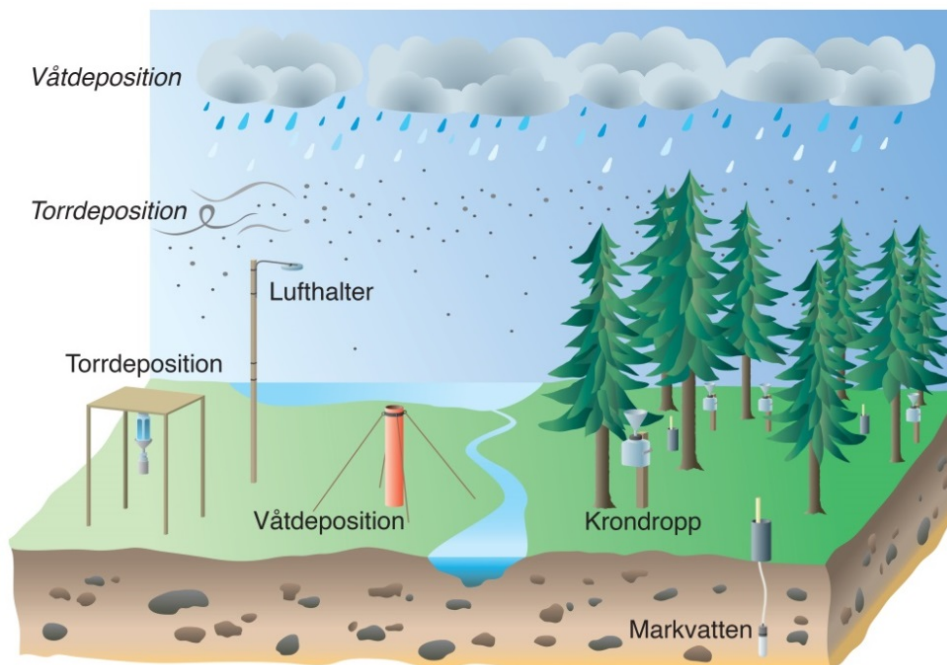
Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnetet varierat, som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har ytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 59 platser i Sverige, Figur 1, och numera finns mätserier med mer än 30 års data på 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 2017/18.



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 kron-
dropp, 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 skogsmarkens reaktion. Prov-
tagningen görs med hjälp av undertrycks-
lysimetrar som suger vatten i mineraljorden
på 50 centimeters djup.



Foto: krondroppsprovtagare



markvattenutrustning

Mätningar på öppet fält

Våtdeposition av flera olika ämnen mäts med
nederbördsprovtagare på öppet fält, där även
torrdeposition mäts med hjälp av strängprov-
tagare. Likaså mäts lufthalterna av svavel-
dioxid, kvävedioxid, ammoniak och ozon på
öppet fält 3 meters höjd över marknivå på
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 neder-
börden, vilket kallas våtdeposition. En annan del sker
genom att gaser och partiklar "fastnar" i trädkronorna,
vilket kallas torrdeposition. Det som avsatts som torr-
deposition 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 träd-
kronorna. Detta gör att krondroppsmätningarna 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 torr-
depositionen.



Foto: strängprovtagare

Data från Krondroppsnetet är fritt tillgängliga från Krondroppsnetets webbplats:

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



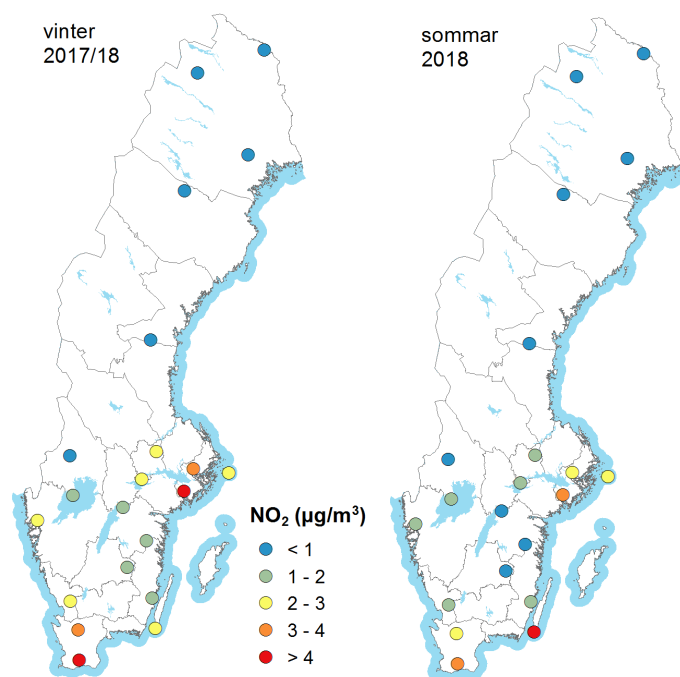
2 Kväve och övergödning

Fotograf: Sofie Hellsten

Kvävednedfallet kan påverka både markvegetation och vattenkvalitet. Utsläpp av kväveoxider (NO_x), främst från transporter och industri, tillsammans med utsläpp av ammoniak (NH₃), främst från jordbruket, leder till kvävednedfall 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.

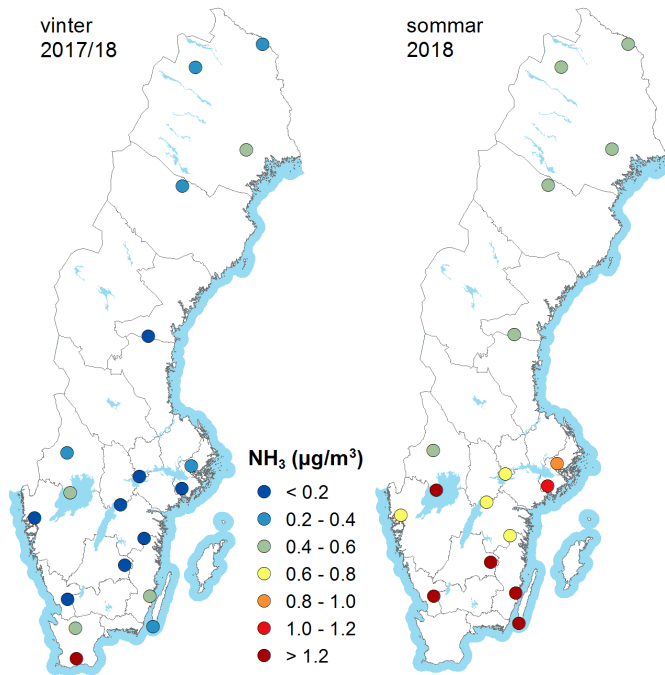
2.1 Minskar lufthalterna av kväve?

Lufthalterna av olika kväveformer kan ge en första indikation på om kvävebelastningen förändras. I Blekinge län mäts inga lufthalter inom Krondroppsnetet, men i Figur 3 visas kvävedioxidhalterna under vintern 2017/18 och sommaren 2018 vid alla mätplatser inom Krondroppsnetet. Under vintern uppmättes högst halter av NO₂ i Skåne- och Stockholmsregionen följt av Halland och Ölands södra udde och lägst halter uppmättes i norra halvan av Sverige. När det gäller halter av NO₂ sommartid var mönstret över landet likartat, men uppmätta halter är generellt lägre under sommaren. Halterna av NO₂ har minskat signifikant vid 15 av de 16 mätplatserna som varit aktiva sedan 2001. Den största minskningen sedan 2001 (45 %) har skett vid Blåbärskullen i Värmland. De rapporterade utsläppen av NO_x (som NO₂) från EU-28 har under perioden 2001–2016 minskat med 43 % och från Sverige under motsvarande period med 38 % (CEIP, 2019).



Figur 3. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige.

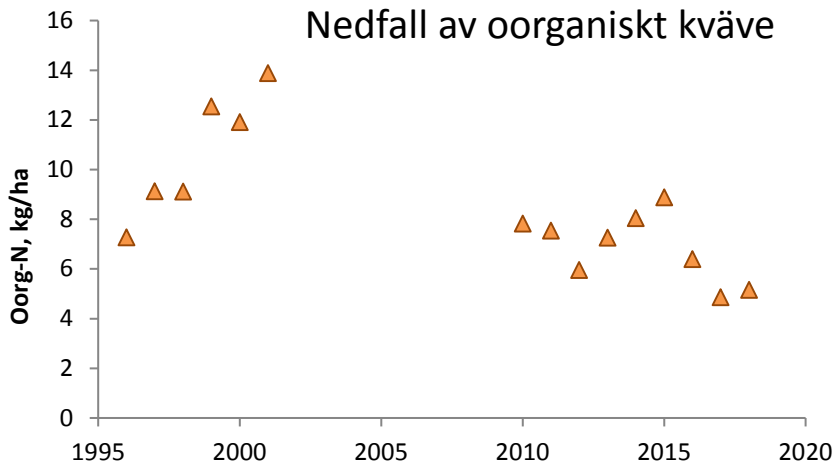
I Figur 4 visas halterna av ammoniak under vintern 2017/18 och sommaren 2018 vid alla mätplatser inom Krondroppsnetet. Högst halter uppmättes sommaren 2018 i södra Götaland och sydöstra Svealand. Under vintern uppmättes högst ammoniakhalter vid Stenshult på Romeleåsen i Skåne. Under vintern förekommer under vissa månader ibland även höga halter av ammoniak i norra Sverige. Vi har ännu inte hittat någon uppenbar förklaring till dessa höga halter under vintern. NH₃ har ökat signifikant vid 2 mätplatser. Någon statistiskt säkerställd minskning noteras inte vid någon av platserna. Samtidigt har de rapporterade utsläppen av NH₃ från EU-28 minskat med 12 % under 2001–2016 och från Sverige under motsvarande period med 11 % (CEIP, 2019).



Figur 4. Lufthalter av ammoniak (NH_3) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige.

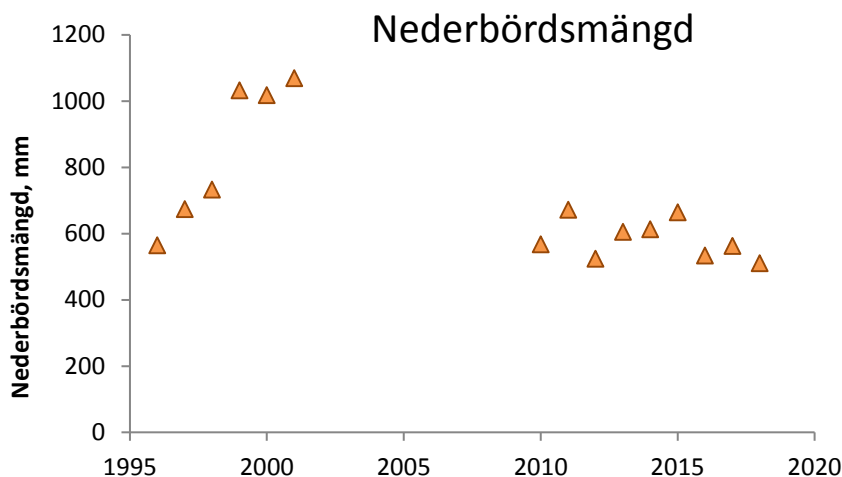
2.2 Utsläppen av kväve minskar – men minskar nedfallet?

Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden, vilket huvudsakligen motsvarar våtdepositionen, har vid Komperškulla under mätperioden varierat mellan 5 och 14 kg per hektar och år, Figur 5. Under det hydrologiska året 2017/18 uppmättes ett nedfall på drygt 5 kg oorganiskt kväve per hektar på öppet fält. Vid Komperškulla har nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden minskat med 42 % sedan 1996. Som jämförelse har de rapporterade utsläppen av kväveoxider minskat med 48 % från EU-28 respektive 46 % från Sverige under 20-årsperioden 1997–2016, och ammoniak har minskat med 17 % från EU-28 respektive 15 % från Sverige under motsvarande tidsperiod (CEIP, 2019). Tidigare har det varit svårt att med mätningar visa att kvävenedfallet i Sverige har minskat i motsvarande grad (t.ex. Hansen m.fl., 2013). Detta kan ha flera olika förklaringar. Dels spelar nederbörds mängderna roll för storleken på kvävenedfallet. Vidare kan generella förändringar i atmosfärens kemiska sammansättning spela roll för hur långt och med vilken effektivitet som utsläpp av föroreningar från kontinentala och södra Europa transporteras till Sverige. Slutligen finns det svårigheter med att mäta kvävenedfall till skog via krondropp, på grund av den interncirkulering av kväve som sker i trädkronorna, vilket beskrivs i kapitel 1. På grund av de senaste årens relativt låga kvävenedfall är det, för vissa mätplatser och större områden, lättare att visa på ett minskat kvävenedfall över Sverige.



Figur 5. Årligt nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden på öppet fält vid Komperskulla, baserat på hydrologiskt år.

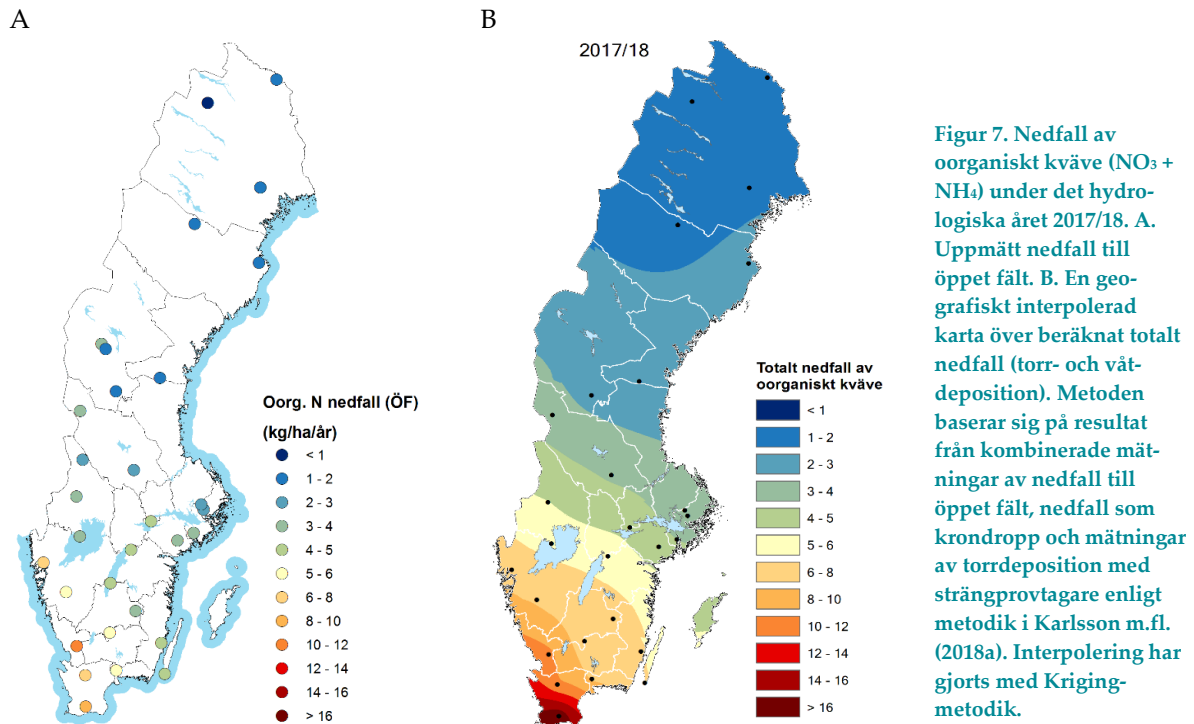
Nedfallet av kväve varierar mellan olika år och mätplatser, till viss del beroende på variation i nederbörds-mängder. Nederbörds-mängderna vid Komperskulla har varierat mellan 510 och 1070 mm sedan 1995/96, se Figur 6. Under det hydrologiska året 2017/18 var nederbörden 511 mm, vilket är den lägsta noteringen i tids-serien. Nederbörds-mängden har minskat signifikant med 24 % sedan 1995/96.



Figur 6. Uppmätta nederbörds-mängder vid Komperskulla.

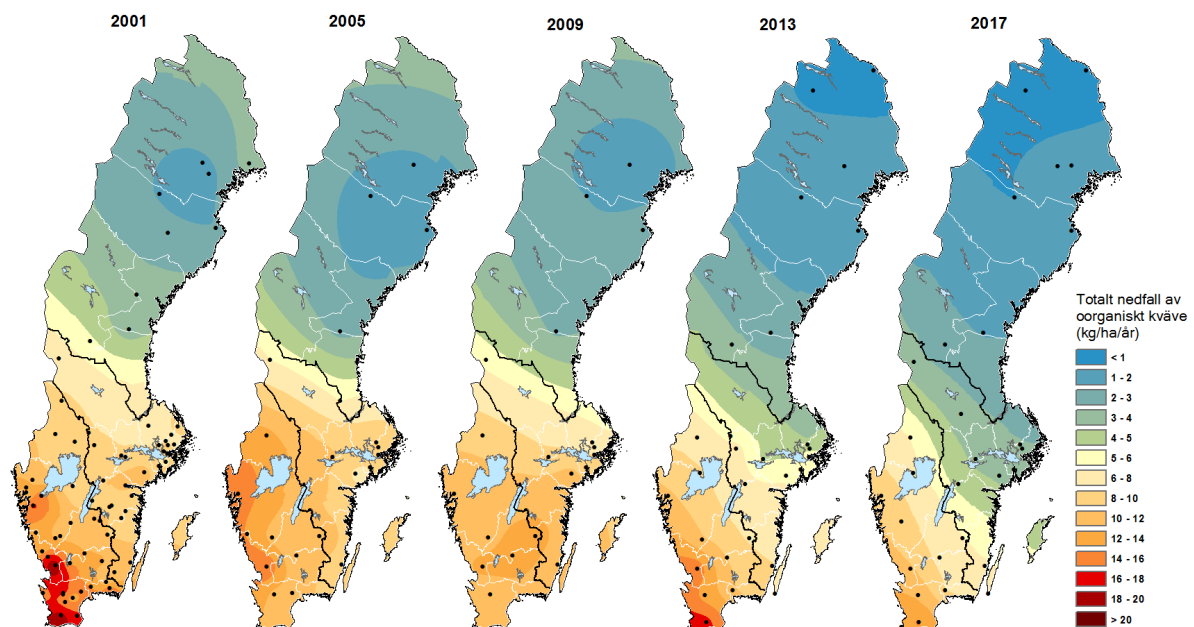
I Figur 7 visas en karta över det uppmätta kvävenedfallet med nederbörden till öppet fält respektive en geografiskt interpolerad karta över det beräknade totala nedfallet av kväve till barrskog under 2017/18 för hela landet. Metoden för att beräkna det totala nedfallet av kväve till barrskog beskrivs i rapporten Karlsson m.fl. (2018a). Det beräknade årliga totala kvävenedfallet över Blekinge län låg i intervallet 6–8 kg per hektar och år. Den kritiska belastningen för övergödande kväve till gran- och tallskog i Sverige, 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011) överskreds därför i hela Blekinge län under 2017/18, Figur 5 & 7, och har gjort så under mycket lång tid. Mätresultat från alla tidigare mätningar vid olika platser i Blekinge län visades i föregående års krondropps-nätsrapport för Blekinge (Pihl Karlsson m.fl., 2018).

Totaldepositionen av oorganiskt kväve i Sverige under det hydrologiska året 2017/18 varierade mellan 1 kg per hektar och år i norr och 20 kg per hektar och år i sydväst, Figur 7B, vilket är betydligt högre än nedfallet på öppet fält, Figur 7A, framför allt i södra Sverige. Totaldepositionen överskred den kritiska belastningen för övergödande kväve i hela Götaland och södra halvan av Värmland under det hydrologiska året 2017/18.



Figur 7. Nedfall av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) under det hydrologiska året 2017/18. 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 samt <http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/>). I Figur 8 visas kartor över totaldepositionen av kväve för perioden 2001–2017 med fyra års intervall. En trendanalys visade att det beräknade totala kvävenedfallet till barrskog i sydvästra Sverige (dit Blekinge räknades i dessa analyser) minskade signifikant under perioden 2001–2017 med 26 % (<http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/>).



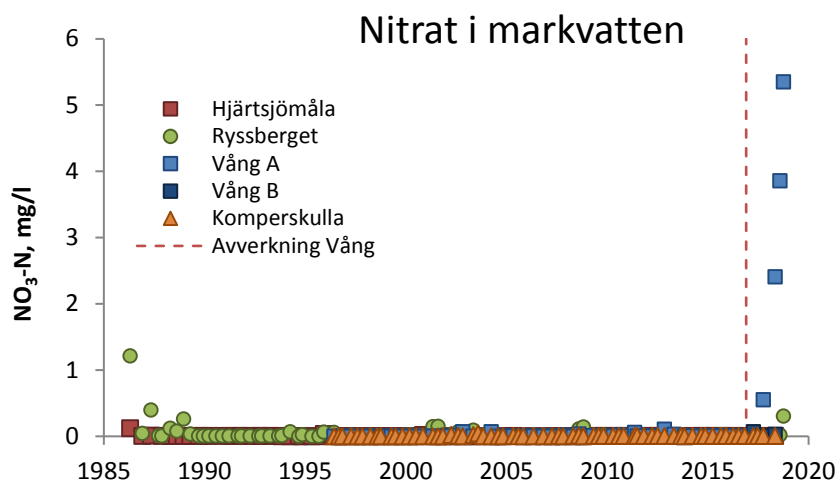
Figur 8. Geografiskt interpolerade kartor över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition) av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) under kalenderåren 2001, 2005, 2009, 2013 samt 2017. Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp 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 Tar skogen upp allt kväve?

I Sveriges skogar tas vanligtvis nästan allt oorganiskt kväve upp av träd, övrig vegetation och mikroorganismer, med mycket låg utlakning som följd (Tamm, 1991). I sydvästligaste Sverige, framför allt i Skåne och Halland, har dock kraftigt förhöjda halter av nitratkväve uppmätts i markvattnet på ett flertal mätplatser genom åren (Akselsson m.fl., 2010). Även i andra delar av landet finns exempel på förhöjda halter inom Krondroppsnetet, men då oftast efter störningar såsom avverkning, storm eller insektsangrepp (Hellsten m.fl., 2015; Karlsson m.fl., 2018b).

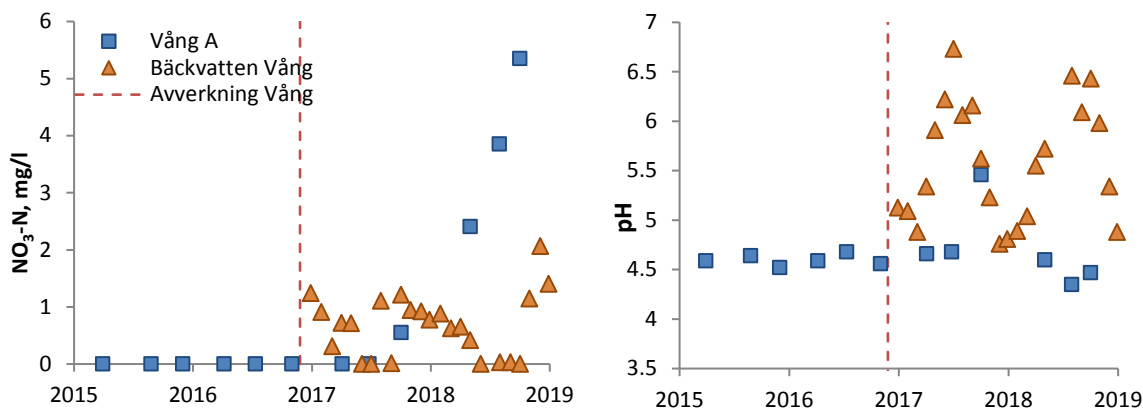
Under 2018 var nitralternerna i markvattnet i ostörd skog generellt låga på mätplatserna i Blekinge län, se Figur 9. I Hjärtsjömåla och Komperskulla uppmättes inga halter över detektionsgränsen, och även i den nya ytan vid Vång (B) var halten nära detektionsgränsen. I Ryssberget var halten något förhöjd, omkring 0,3 mg per liter. På grund av den torra sommaren så fanns dock sommar- och höstmätningar från 2018 enbart från Ryssberget och hygget i Vång A. Vid den avverkade ytan vid Vång uppmättes nitralter mellan 2,4 och 5,4 mg per liter under 2018. En episod med kraftigt förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet brukar inträffa efter en avverkning (Akselsson m.fl., 2004). Det är därför troligt att halterna i Vång kommer att vara fortsatt höga under några år. Ryssberget, men även Vång (före avverkningen), har tidvis uppvisat något förhöjda nitralter i markvattnet, vilket indikerar att kväve åtminstone periodvis finns i överskott.

Sammantaget visar mätningarna i Blekinge län att kvävenedfallet ännu inte gett upphov till något betydande läckage av nitrat till markvattnet i växande skog. Fortsatta mätningar efter avverkningen av granskogen vid Vång hösten 2016 kommer att ge svar på hur höga nitralternerna i markvattnet kan bli efter betydande störningar av skogsmarken.



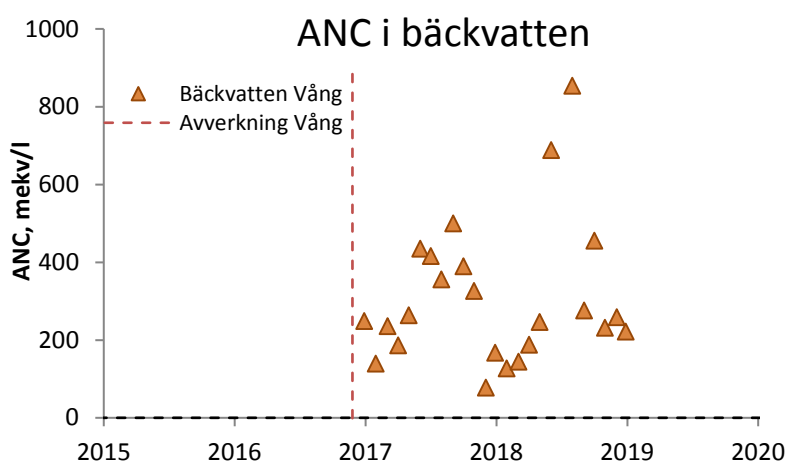
Figur 9. Nitralter i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Vid Vång påbörjades i samband med avverkningen även månadsvisa mätningar av vattenkemi i en bäck som angränsar till den avverkade skogen vid den gamla krondroppsytan. Bäckens vatten kommer uppströms från ett beskogat avrinningsområde och passerar förbi det avverkade området. Tyvärr finns inga mätresultat från bäcken före avverkningen. Halterna av nitrat i bäcken varierar efter avverkning med lägre halter under sommarhalvår och högre under vinterhalvår (Figur 10). Det finns en antydning till att halterna av nitrat i bäcken ligger högre under hösten 2018, jämfört med hösten 2017, vilket skulle kunna ha ett samband med de ökande halterna av nitrat i markvattnet vid hygget under 2018. Den torra sommaren 2018 skulle dock även kunna ha en roll här. Fortsatta mätningar får visa om variationer i nitralternerna i bäcken kan korreleras med variationer i nitralternerna i markvattnet på hygget.



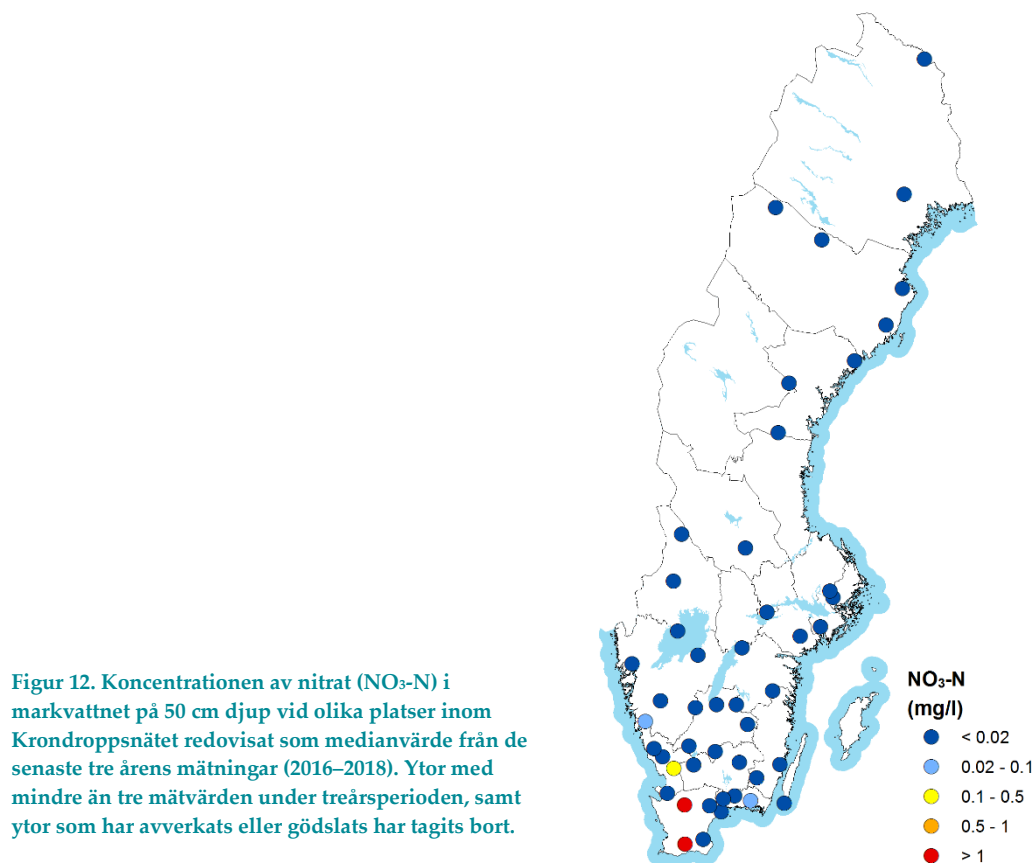
Figur 10. Nitrathalter och pH-värde i bäck- och markvattnet vid Vång. En avverkning skedde vid Vång A i oktober 2016.

pH-värdet i bäcken är högre jämfört med markvattnet på hygget, Figur 10. pH i bäcken ligger runt 6,0–6,5 sommartid, men avsevärt lägre vintertid, runt 5,0. pH i försurningskänsliga trendvattendrag i sydvästra Sverige ligger normalt mellan 6,25 och 6,5 (Fölster m.fl., 2014, i denna studie ingick dock inga vattendrag från Blekinge). Den syraneutraliserande förmågan (ANC) i bäckvattnet är på betydligt högre nivåer (75–850 mekv/l, se Figur 11) jämfört med markvattnet, där ANC är under 0 vid Vång A (Figur 19 nedan). Detta tyder på att bäckvattnet, till skillnad från markvattnet, har en betydande syrabuffrande förmåga, högre än vad som är normalfallet för trendvattendrag i sydvästra Sverige (Fölster m.fl., 2014). Det avrinnande vattnet från skogen påverkas av vittringsprocesser i marken där vätejoner konsumeras samtidigt som fria baskatjoner produceras så att jordens basmättnadsgrad höjs. Dessa vittringsprocesser motverkar försurning.



Figur 11. ANC (den syraneutraliserande förmågan) i bäckvattnet vid Vång, där en avverkning skedde i oktober 2016.

En sammanställning av data från samtliga nu aktiva Krondroppsnytor i Sverige visar att nitratkvävehalterna (angivet som median för åren 2016–2018) generellt har varit låga i hela Sverige under denna tidsperiod, med undantag av två mätplatser i Skåne, Stenshult och Hissmossa, där medianen översteg 1 mg per liter, vilket innebär en kraftig förhöjning, Figur 12. För tre av de fyra ytorna med växande skog i Blekinge län var medianvärdet under detektionsgränsen, precis som på merparten av mätplatserna i Sverige. Även vid den nya ytan vid Vång B var medianvärdet lågt (0,03 mg per liter). Vång A visas inte på kartan, eftersom ytan är avverkad och därmed inte är jämförbar med övriga mätplatser i växande skog.



Figur 12. Koncentrationen av nitrat (NO₃-N) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar (2016–2018). Ytor med mindre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats eller gödslats har tagits bort.

2.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används mätningarna av kväve i nedfall och markvatten bäst?

Regional miljömålsuppföljning utgör ett instrument för att utvärdera om den samlade miljöbelastningen från lokala utsläpp av föroreningar tillsammans med långdistanstransporterade föroreningar ligger inom ramen för vad som kan anses som acceptabelt.

Ett minskat kvävenedfall är viktigt för flera olika miljökvalitetsmål: *Ingen övergödning, Bara naturlig försurning, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet, Myllrande våtmarker, Levande skogar och Storskalig fjällmiljö*. Kväveutsläppen har dock visat sig vara svårare att minska än till exempel svavelutsläppen (Pihl Karlsson m.fl., 2011). Det är därför viktigt att följa upp hur kvävenedfallet utvecklas, vilket ledde till att en ny indikator utvecklades och infördes under 2018, *Nedfall av kväve till barrskog*. Indikatorn gäller för miljökvalitetsmålet *Ingen övergödning*, men kan även användas vid utvärdering av övriga ovan nämnda miljökvalitetsmål.

Inom Krondroppsnetet beräknas från och med 2018 totalt nedfall av oorganiskt kväve till barrskog, vilket beskrivits ovan. Beräkningar har gjorts även bakåt i tiden, så att tidsserier finns från 2001. Resultaten från dessa beräkningar används för utvärdering av indikatorn *Nedfall av kväve till barrskog*. Nedfall av kväve har ingått i tidigare indikatorer för andra miljösmål, men har då baserats på nedfall med nederbörden på öppet fält. Det totala nedfallet är avsevärt högre än nedfallet på öppet fält, upp till dubbelt så högt vid vissa platser, och totalt kvävenedfall ger därmed en mer rättvisande bild av tillståndet vad gäller kvävebelastning av skog.

Eftersom kväve i svenska skogar vanligtvis tas upp effektivt av markorganismer och vegetation är utlakningen av oorganiskt kväve från skogsmark till ytvatten i nuläget liten jämfört med bidraget från

jordbruksmark. Fortsatt låg utlakning från skogsmark är en förutsättning för att miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning* och *Bara naturlig försurning* ska uppnås. Förhöjda nitratkvävehalter i markvatten är det första tecknet på att det finns mer kväve än vad skogsekosystemet kan ta upp, vilket medför en risk för utlakning till ytvatten. Det finns ingen miljömålsindikator som direkt följer upp nitratkvävehalter i markvatten, men det är ändå en viktig pusselbit vid utvärdering av främst miljökvalitetsmålen *Ingen övergödning* och *Bara naturlig försurning*, och nitrathalter i markvatten följs därför upp i fördjupade utvärderingar (Naturvårdsverket, 2015: Havs- och vattenmyndigheten, 2019) och ofta även i regionala miljömålsuppföljningar. Mätningar från Krondropps nätet utgör underlagsmaterialet vid dessa utvärderingar.

I de delar av Sverige som tagit emot mest kvävednedfall, främst Skåne och Halland, har förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet uppmätts på ett flertal platser inom Krondropps nätet genom åren. Detta är ett tydligt tecken på att det finns mer kväve än vad ekosystemet kan ta hand om, och indikerar en risk att skogsmark kan börja bidra mer till utlakningen av oorganiskt kväve. I Blekinge län var nitratkvävehalterna i markvattnet låga under det hydrologiska året 2017/18, med undantag av den avverkade ytan Vång A samt vid Ryssberget, där en mätning var något förhöjd. De förhöjda halterna vid hygget i Vång visar att kväveomsättningen i marken är mycket känslig för störningar.



3 Försurning – fortfarande ett problem?

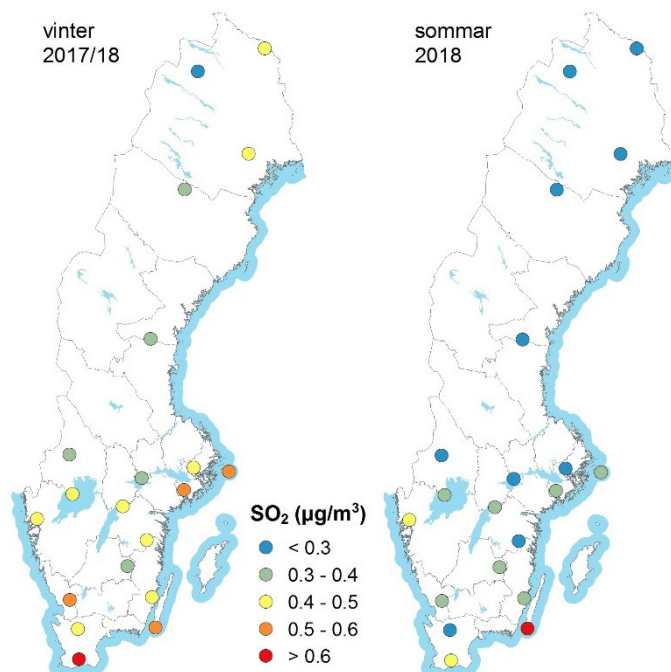
Fotograf: Cecilia Akselsson

Försurning av mark och vatten orsakas av både svavel- och kvävednedfall, men även skogsbruket bidrar eftersom träd tillväxt innebär försurning, som permanentas när biomassa skördas och förs bort från skogen. Utsläpp av svavel (SO_x) från industrin och 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 metaller, t.ex. kadmium och bly, blir mer lösliga i marken och kan läcka ut till ytvattnet.

3.1 Minskar lufthalterna av svaveldioxid ytterligare?

I Blekinge län saknas lufthaltsmätningar av svaveldioxid (SO_2), men i Figur 13 visas halterna av SO_2 under vintern 2017/18 och sommaren 2018 vid övriga mätplatser inom Krondroppsnetet. Under vintern 2017/18 uppmättes högst SO_2 -halter vid de kustnära mätplatserna i södra och mellersta Sverige. Även i norra Sverige var halterna av SO_2 relativt höga under vintern 2017/18 vilket eventuellt kan bero på småskalig vedeldning. Under sommaren 2018 var halterna generellt lägre, allra högst halter uppmättes vid Ottenby på södra Öland, troligen orsakat av fartygstrafiken i området. Halterna av SO_2 har minskat signifikant vid 12 av de 16 mätplatserna som har varit aktiva sedan 2001. Den största minskningen (66 %) har skett vid Ottenby. Som jämförelse har de rapporterade utsläppen av oxiderat svavel från EU-28 under perioden 2001–2016 minskat med 79 % och från Sverige under motsvarande period med 60 % (CEIP, 2019).

Lufthalterna av SO_2 under sommaren 2014 och vintern 2015 påverkades av omfattande svavelutsläpp från ett vulkanutbrott på Island (Hellsten m.fl., 2017). Dessutom sänktes halterna av svavel i fartygsbränsle 1 januari 2015 från 1 till 0,1 procent, vilket bör ha påverkat lufthalterna av svavel över hela södra Sverige. Det är svårt att direkt utvärdera de kombinerade effekterna av dessa händelser. Möjligen skulle en statistisk analys av månadsvisa data i relation till väderförhållanden och vindriktning m.m. kunna reda ut i vilken mån sänkta svavelhalter i fartygsbränsle bidragit till att minska lufthalterna av SO_2 .

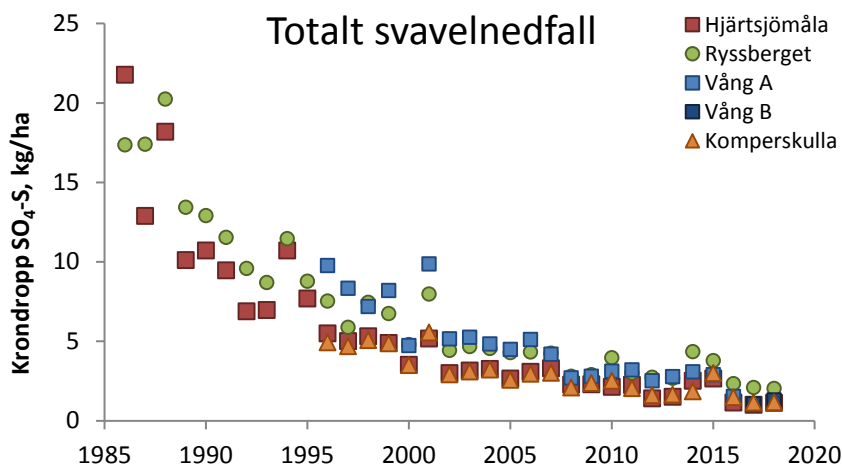


Figur 13. Lufthalter av svaveldioxid (SO_2) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige

3.2 Fortsätter svavelnedfallet att minska?

Svavelnedfallet via krondropp ger ett bra mått på det totala svavelnedfallet till skog, eftersom det inte sker något betydande upptag direkt i trädkronorna. Svavelnedfallet till skogen i länet har minskat kraftigt och minskningen är statistiskt säkerställd för samtliga nu aktiva skogsytor i länet. Under det hydrologiska året 2017/18 uppmättes det lägsta nedfallet någonsin vid Ryssberget, och de näst lägsta vid Hjärtsjömåla och Vång (där förra årets svavelnedfall var något lägre), Figur 14. Svavelnedfallet 2017/18 varierade mellan 1,0 kg per hektar i tallskogen vid Hjärtsjömåla och 2,1 kg per hektar i bokskogen vid Ryssberget i sydvästra delen av Blekinge.

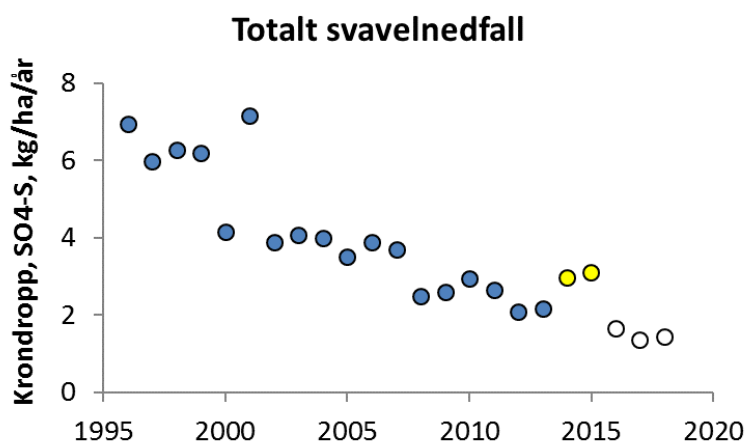
Vid Hjärtsjömåla och Ryssberget finns de längsta aktiva mätserierna i länet, 33 år. Där har svavelnedfallet utan havssaltsbidrag minskat med 95 respektive 92 % sedan mätstarten 1985/86, Figur 14. Vid Vång har svavelnedfallet minskat med 85 % sedan mätstarten 1995/96. Om man bara ser till 2000-talet (1999/00–2017/18) har svavelnedfallet vid mätplatserna i Blekinge län minskat med mellan 55 och 75 %. Detta kan jämföras med att under kalenderårsperioden 2000–2016 har emissionerna av SO_x, mätt som SO₂, från EU-28 minskat med 79 % och från Sverige med 61 % (CEIP, 2019).



Figur 14. Årligt nedfall av svavel till aktiva provytor i Blekinge län, mätt som krondropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober–september. Komperskulla och Ryssberget utgörs av bokskog, Hjärtsjömåla är en tallskog och Vång en granskog.

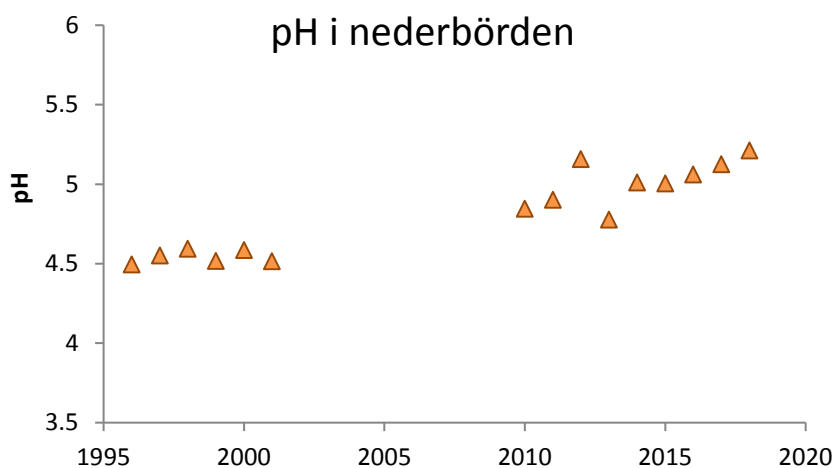
Som nämnts ovan sänktes den 1 januari 2015 gränsen för högsta tillåtna svavelhalt i fartygsbränsle, från 1,0 till 0,1 % svavel. Dessförinnan sänktes gränsen från 1,5 till 1,0 % till år 2010. För att analysera om svavelnedfallet till skogarna i Blekinge län minskat som ett resultat av dessa begränsningar har årliga data för nedfall av svavel som krondropp analyserats för fyra platser i Blekinge, Ryssberget, Komperskulla, Hjärtsjömåla och Vång (A+B), med kontinuerliga mätserier under perioden 1996/97–2017/18, Figur 15. Medelvärdet för de fyra platserna under perioden 1996/97–2012/13 har markerats med blå symboler. Dessa år representerar perioden före den senaste sänkningen av svavelhalten i fartygsbränslet. Medelvärdet för de hydrologiska åren 2013/14 och 2014/15 har markerats med gult då svavelnedfallet under dessa år var påverkade av ett vulkanutbrott på Island som pågick mellan den 31 augusti 2014 till 27 februari 2015 (Hellsten m.fl., 2017). Medelvärdet för åren 2015/16–2017/18 har markerats med vitt och representerar perioden efter den senaste sänkningen av svavelhalten i fartygsbränsle.

Minskningen av svavelnedfallet förefaller följa ett mer eller mindre linjärt förlopp under 2000-talet fram till och med 2013, Figur 15. Mätvärdena för åren 2015/16–2017/18 ligger i stort sett i linje med tidigare minskningstrend. Det är dock givetvis osäkert hur minskningen av svavelnedfallet hade fortsatt utan sänkningar av svavelinnehållet i fartygsbränsle. Det krävs därför mer omfattande analyser för att avgöra i vad mån svavelnedfallet över Kronoberg påverkats av minskningen av svavel i fartygsbränsle.



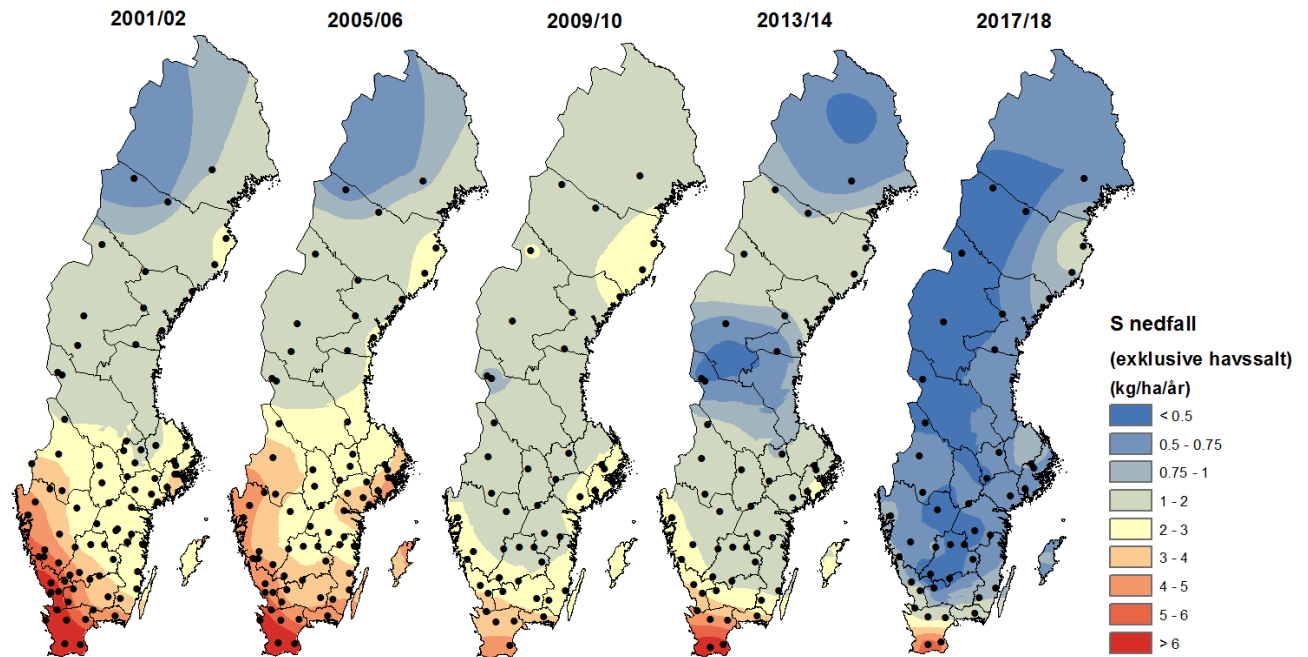
Figur 15. Årliga medelvärden för nedfall av svavel ($\text{SO}_4\text{-S}$) mätt som krondropp för fyra platser i Blekinge, Ryssberget, Komperskulla, Hjärtsjömåla och Vång (A+B), under 1996/97–2017/18. Mätningarna 1996/97–2012/13 är markerade med blå symboler. Dessa mätningar utgör år före sänkningen av svavelhalten i fartygsbränsle. De hydrologiska åren 2013/14 och 2014/15 är markerade med gult då de är påverkade av vulkanutbrottet på Island (31 augusti 2014 – 27 februari 2015). Åren 2015/16–2017/18 är markerade med vitt och inträffar efter den senaste sänkningen av svavelhalten i fartygsbränslet.

Främst som en följd av ett minskat svavelinnehåll har nederbördens pH vid Komperskulla ökat med 15 % mellan 1995/96 och 2017/18 (Figur 16). Försurningsbelastningen via nederbörden har därför minskat.



Figur 16. pH i nederbörden vid Komperskulla. Nederbörden mäts månadsvis och pH-värdet medelvärdesbildas för hydrologiskt år, oktober–september.

Nedfallet av svavel till granskog i Sverige visas i Figur 17 för vart fjärde år sedan 2001/02. Det framgår att den högsta belastningen av svavelnedfallet har varit i sydvästra Sverige. Skillnaderna har dock minskat med åren och under 2017/18 hade Blekinge en svavelbelastning jämförbar med vissa områden längs Norrlandskusten. I kartan ser man även de förhöjda svavelhalterna på grund av vulkanutbrottet på Island under 2013/14.



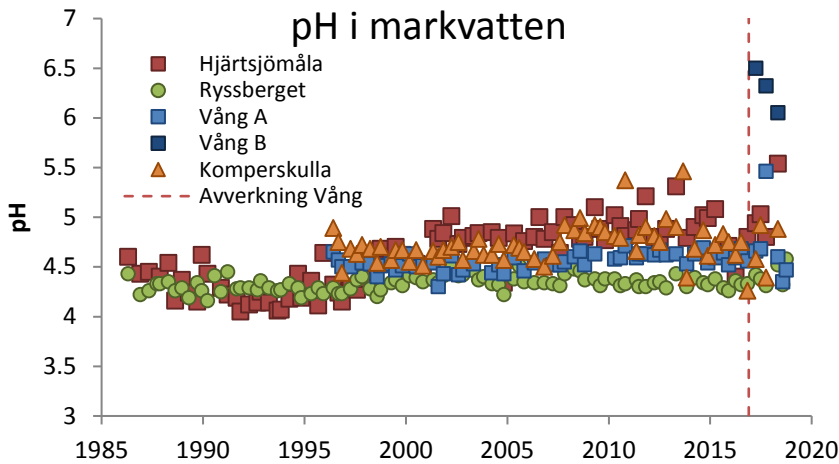
Figur 17. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) med fyra års mellanrum under perioden 2001/02–2017/18 i krondroppet vid mätstationerna (grandominerade) inom Krondroppsnetet i Sverige. Interpolering har gjorts med Kriging-metodik.

3.3 Hur går återhämtningen från försurningen?

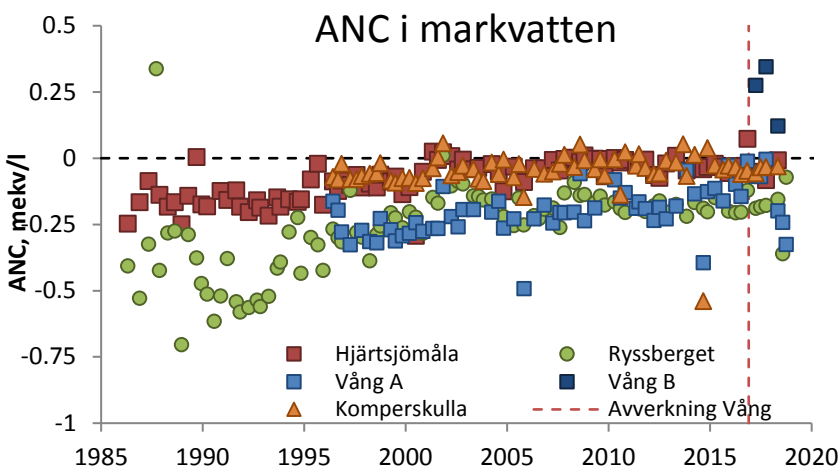
Markvattnets försurningsstatus vid Krondroppsnetets mätplatser beror till stor del på nuvarande och historiskt nedfall av svavel på platsen i kombination med markens buffringsförmåga. På vissa platser, och under vissa perioder, kan dock även annat ha stor påverkan: överskott av kväve som inte tas upp av vegetationen, havssaltsnedfall som leder till jonbyte samt olika former av störningar i marken som kan öka halten löst organiskt kol i marken (Akselsson m.fl., 2013). På längre sikt påverkar även skogsbruket markvattnets försurningsstatus (Akselsson m.fl., 2018).

Liksom tidigare år uppvisar markvattnet på mätplatserna i Blekinge län under 2018 effekter av försurning i form av låga värden för pH, lågt ANC (syranutraliserande förmåga) och förhöjda halter av oorganiskt aluminium, Figur 18–20. Den nya ytan vid Vång är däremot inte särskilt försurningspåverkad, med positiva värden på ANC och pH-värden över 6. Detta kan jämföras med pH-värdet i markvattnet vid Ryssberget, Komperskulla och Vång (A) som var lägre än 5 under 2018. Vid Hjärtsjömåla var pH-värdet i markvattnet runt 5 eller något högre, Figur 18. På grund av den torra sommaren så fanns sommar- och höstmätningar från 2018 enbart från Ryssberget och hygget i Vång (A).

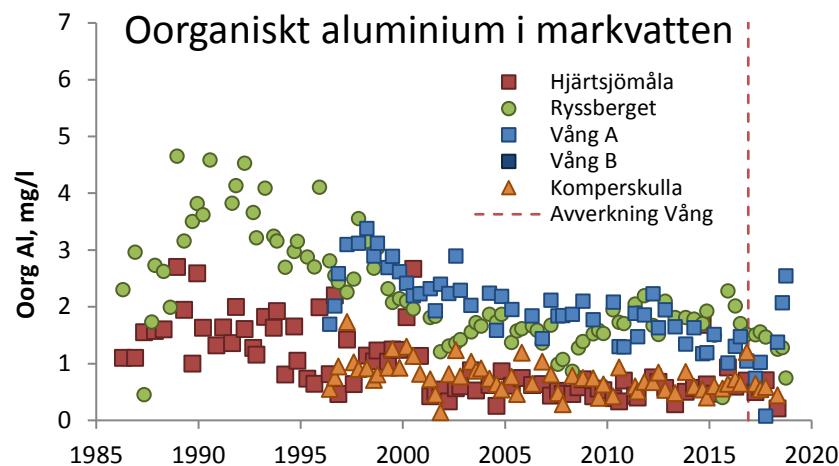
Markvattnets ANC var negativt vid samtliga mättillfällen under året, på alla mätplatser, med undantag av den nya ytan vid Vång (B), Figur 19. Ett negativt värde på ANC innebär att avrinnande vatten från rotzonen inte har någon syrabuffrande förmåga. Mest negativt, omkring -0,3 mekv/l eller lägre vid minst ett mättillfälle, var ANC i Ryssberget och hygget vid Vång (A). Det var även dessa två mätplatser som hade högst halter av oorganiskt aluminium, upp till 1,3 mg per liter i Ryssberget och 2,5 mg per liter i Vång A, Figur 20. Det var endast vid Ryssberget och Vång A som det under 2018 fanns mätningar sommar och höst.



Figur 18. 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.



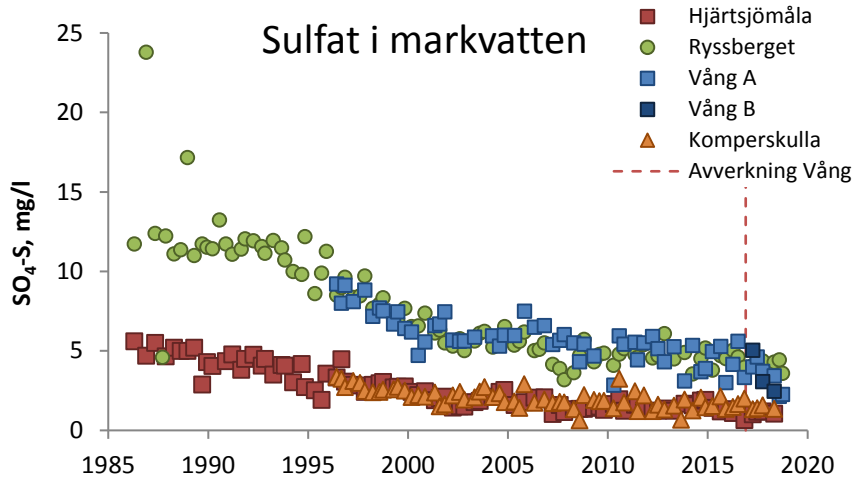
Figur 19. ANC (den syra-neutraliserande förmågan) i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.



Figur 20. 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. Vid Vång B var pH så högt att inget oorganiskt aluminium finns.

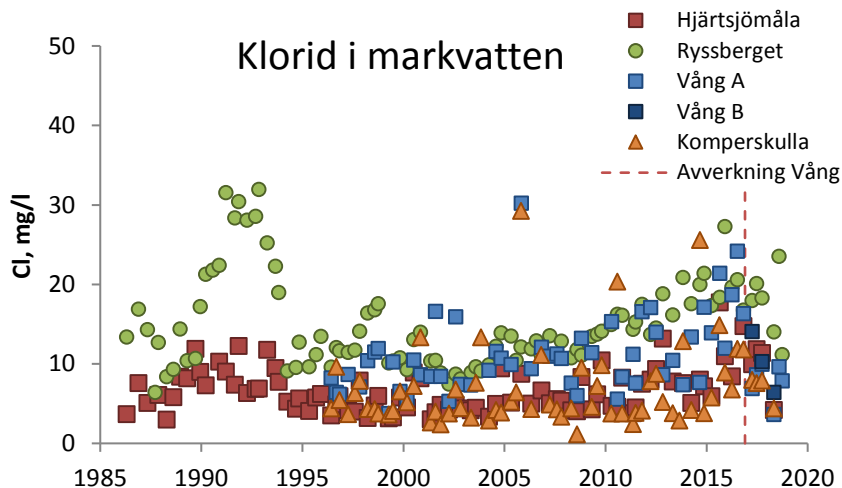
För att förstå de långsiktiga trenderna för markvattnets försurningsstatus är tidstrender för svavel-, klorid- och nitratkvävehalter i markvattnet en bra utgångspunkt, som mått på svavelnedfall, havssaltsepisoder med efterföljande jonbyte, och överskott av kväve (se ovan). Samtliga fyra mätplatser i länet, uppvisar en signifikant minskning av svavelhalten i markvattnet, Figur 21, som följd av minskningen i svavelnedfall (avsnitt 3.2). Sulfathalterna är lägre i Hjärtsjömåla och Komperskulla (1–2 mg/l) jämfört med de två ytorna vid Vång (2–3 mg/l) samt Ryssberget där halterna var högst under 2017/18 (3–4 mg/l).

Samtliga tidigare mätningar, inklusive avslutade mätlokaler, visas i föregående års krondroppsnätsrapport (Pihl Karlsson m.fl., 2018). Utöver svavelnedfall spelar även markens egenskaper roll för svavelhalten i markvattnet, till exempel dess buffringskapacitet samt dess förmåga att adsorbera svavel.



Figur 21. 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.

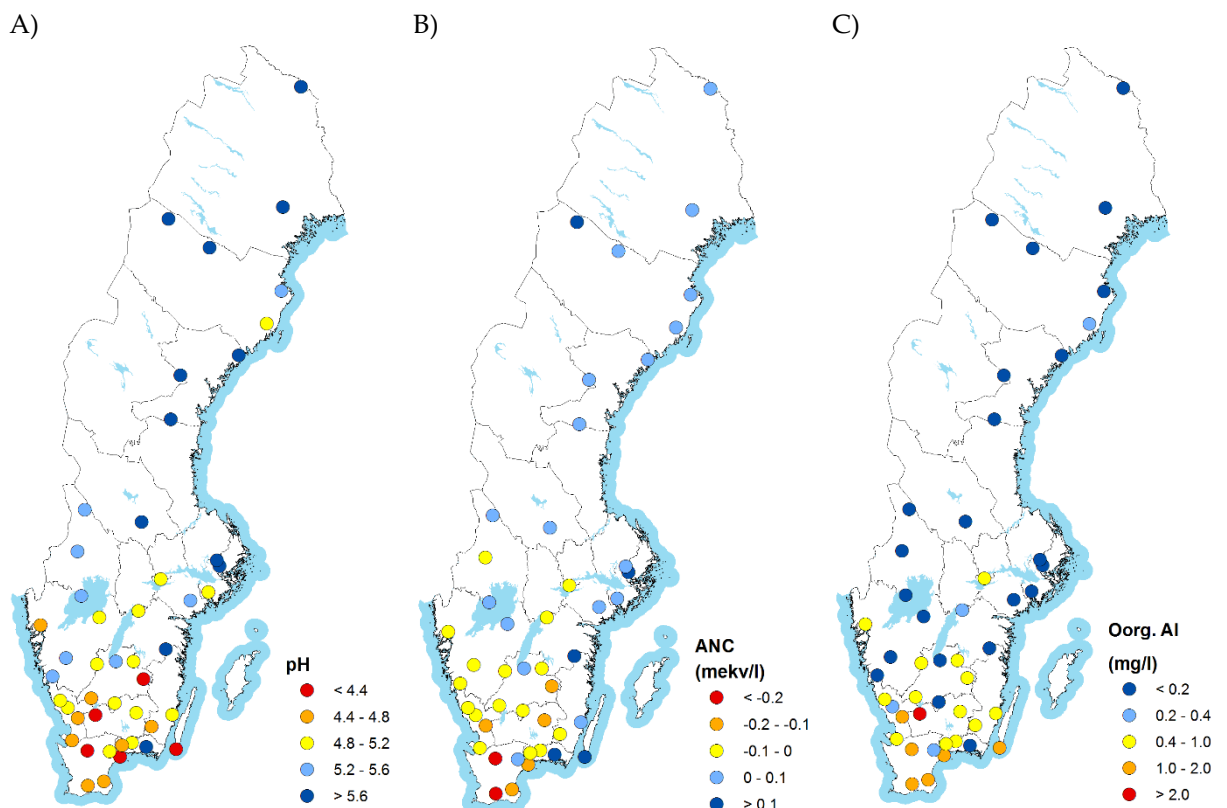
Närheten till havet innebär att skogarna i Blekinge län utsatts för mycket havssalt, och att havssaltsepisoder får stora effekter på markvattenkemin. Ryssberget var på grund av sitt utsatta läge den mätplats som hade högst kloridhalter i markvattnet i början av 1990-talet, omkring 30 mg per liter, Figur 22. Under de senaste åren uppvisar Ryssberget återigen höga kloridhalter i markvattnet (över 20 mg per liter). Även de övriga mätplatserna i länet har haft högre kloridhalter under de senaste fem åren jämfört med tidigare år. Detta tyder på ännu en havssaltsepisod som kan påverka markvattnets försurningsstatus.



Figur 22. 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.

Av de fyra mätplatser som har långa tidsserier har en signifikant återhämtning från försurning skett på samtliga mätplatser. Markvattnets pH ökade (med undantag av Komperskulla) och halten oorganiskt aluminium minskade signifikant på alla platserna, medan ANC ökade. Ryssberget och Vång A är de ytor där svavel- och kloridkoncentrationerna varit som högst. Detta förklaras av att detta är de två ytor i länet där markvattnet varit surast och haft lägst ANC och högst halter oorganiskt aluminium. I andra änden av spektret ligger den nya ytan vid Vång med minst försurad markvatten. Havssaltseffekten syns tydligt i Ryssberget i början av 1990-talet, vilket resulterade i lågt ANC och förhöjda halter av oorganiskt aluminium.

Markvattnets försurningsstatus i Blekinge län jämfört med resten av landet, angivet som median för åren 2016–2018, visar att Blekinge tillhör de län där markvattnet är relativt mycket försurningspåverkat, på grund av ett högt svavelnedfall under flera decennier i denna del av landet, Figur 23. Med undantag av den nya ytan vid Vång har mätplatserna med växande skog i Blekinge län medianvärden för pH mellan 4,4 och 4,9, vilket innebär samma nivå som flertalet mätplatser i Skåne och Halland, Figur 23a. Ryssberget utmärker sig med genomgående mycket lågt värde på pH i markvattnet under lång tid (Figur 18). Den nya ytan vid Vång avviker med högre pH än på övriga platser, pH 6,3. Ett högre medianvärde för pH i markvattnet 2016–2018 har endast uppmätts vid en annan mätplats inom Krondroppsnetet, nämligen vid Ammarnäs i Västerbotten, där medianvärdet var 6,7. Gradienten för medianen för markvattnets ANC de tre senaste åren följer i stora drag pH-gradienten i Sverige. ANC är negativt för samtliga mätplatser i Blekinge län, med undantag av Vång B, Figur 23b. De flesta av mätplatserna i Götaland uppvisar negativt ANC, i Svealand är ANC vanligtvis omkring 0, och i Norrland är det positivt. Även halten oorganiskt aluminium uppvisar en liknande gradient, Figur 23c. I Blekinge län är medianvärdena 2016–2018 för oorganiskt aluminium mellan 0,6 och 1,5 mg per liter, förutom i Vång B där det inte har noterats några halter av oorganiskt aluminium i markvattnet.



Figur 23. pH (A) och ANC (B) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren (2016–2018). 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.

3.4 Regional miljömålsuppföljning - hur används de försurningsrelaterade mätningarna bäst?

Den sammanlagda effekten av svavelnedfall, kvävenedfall och skogsbruk är avgörande för hur återhämtningen från försurningen går, och alla dessa tre påverkansfaktorer är därmed viktiga vid uppföljningen av miljökvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* (Naturvårdsverket, 2019a, 2019b).

Krondroppsnetet är centralt för utvärdering av svavel- och kvävenedfall. För indikatorn *Nedfall av svavel*, som enligt definitionen avser summan av vått och torrt nedfall till granskog, utgör Krondroppsnetets 36 mätningar i granskog i Sverige, varav en i Blekinge län, ett robust underlag. För närvarande används dock endast mätningar från öppet fält från Krondroppsnetet och andra miljöövervakningsnät (LNKN, IM) i den årliga nationella uppföljningen samt i de fördjupade utvärderingarna (Naturvårdsverket, 2019a, 2019b), vilket innebär en underskattning av nedfallet, framför allt för äldre data då torrdepositionen var ännu högre än idag. I regionala miljömålsuppföljningar används dock svaveldeposition via krondropp, till exempel i Blekinge län (Länsstyrelsen, 2019). På granytan vid Vång har svavelnedfallet minskat signifikant med 85 % sedan mätstarten 1996.

Kvävenedfall utgör inte en indikator för *Bara naturlig försurning* i nuläget, men är viktig för uppföljning av miljökvalitetsmålet. Eftersom kvävenedfall ingår som indikator för *Ingen övergödning* kan utvärderingen av denna indikator, som baseras på mätningar och beräkningar av totaldeposition inom Krondroppsnetet, användas även inom försurningsmålet (se ovan).

Återhämtning från försurning återspeglas i försurningsutvecklingen i mark och vatten. Från och med 2018 finns ingen indikator för försurad mark, den enda indikatorn för återhämtning är *Försurade sjöar*. Försurad skogsmark är ändå viktig att följa upp, dels för att följa utvecklingen i marken i sig, dels för att återhämtning i marken är viktig för återhämtningen av sjöar och vattendrag. Därför följs tillståndet både i fasta marken och i markvatten upp i fördjupade utvärderingar (Naturvårdsverket 2015, 2019a) och regionala miljömålsuppföljningar.

Markkemi följs upp inom Markinventeringen, nationellt samt uppdelat på Norrland, sydvästra och mellersta/östra Sverige. Enligt den fördjupade utvärderingen från 2015 (Naturvårdsverket, 2015), ökade andelen skogsmark med hög eller mycket hög surhetsgrad från mitten av 1980-talet till 2005 i sydvästra Sverige. Därefter minskade andelen till 2011, till nästan samma nivå som i början av tidsserien. Tolkningen av denna utveckling försvåras dock av att metodiken var annorlunda i början av tidsserien. I den senaste fördjupade utvärderingen (Naturvårdsverket, 2019a) har utvecklingen i mark presenterats på ett annat sätt. I stället för att slå ihop olika försurningskriterier för att ta fram andel försurad skogsmark i olika klasser, har två bedömningar av andel försurad skogsmark gjorts, en baserad på pH i C-horisonten och en baserad på basmättnad i B-horisonten.

I sydvästra Sverige har andel försurad skogsmark baserat på pH i C-horisonten ökat signifikant mellan 1993 och 2014, vilket visar på att det blivit surare i denna horisont. En möjlig förklaring som anges är att sulfatjoner mobiliserats nedåt i markprofilen. I mellersta/östra Sverige har pH i C-horisonten legat på samma nivå mellan 1993 och 2014, med en naturlig mellanårsvariation, vilket visar på att det inte blivit surare i denna horisont. Andel försurad skogsmark baserat på basmättnad i B-horisonten visar istället på tendenser till minskad andel försurad skogsmark under samma period, dock ej signifikant, och i de sydvästra delarna av Sverige har andelen under de senaste åren ökat. Uttag av biomassa från skogen anges som en potentiell förklaring till att det inte skett någon signifikant förbättring av surhetstillståndet i B-horisonten enligt detta kriterium, trots kraftigt minskat surt nedfall.

I de fördjupade utvärderingarna från 2015 och 2019, samt i den regionala utvärderingen för Halland från 2018, används även markvattenkemi från Krondropps nätet i bedömningen av återhämtning från försurning. Markvatten från 50 centimeters djup antas motsvara vatten som lämnat rotzonen, och kan därmed ses som en viktig länk mellan fast mark och ytvatten. En annan fördel med markvattenkemin är att mätningarna görs på exakt samma platser, tre gånger per år, vilket ju inte är möjligt vid markprovtagning. Detta innebär att, även om det är stor variation på korta avstånd i marken, så är tidsserierna för markvattenkemi robusta.

I de fördjupade utvärderingarna 2015 och 2019 studerades nivåer och trender för ANC i markvatten på Krondropps nätets mätplatser. ANC (median för tidsperioden) var i de flesta fall under 0 i sydvästra Sverige. I mellersta/östra Sverige var det vanligare med ANC över 0 och i norra Sverige var ANC positivt på samtliga mätplatser. Detta stämmer överens med nedfallsgradienten, med minskande nedfall från sydväst till norr. I den fördjupade utvärderingen från 2015 analyserades trenderna för ANC (den syra-neutraliserande förmågan) för perioden 1996–2013. I den sydvästra delen av Sverige visade drygt 40 % av platserna på en signifikant återhämtning medan resten inte visade på någon signifikant förändring. I den senaste fördjupade utvärderingen utvärderades en längre period, 1996–2017, och denna analys visade på återhämtning på en tredjedel av platserna i sydvästra Sverige. Även i mellersta/östra Sverige och Norrland skedde återhämtning på ungefär en tredjedel av platserna. Vid två av platserna i sydvästra Sverige skedde en signifikant minskning av ANC, i Jönköpings och Värmlands län. På Värmlandslokalen är förklaringen ökat havssaltspåslag under de senaste åren, som lett till en minskning av ANC, och det är troligt att ANC ökar igen om inte den ökade havssaltpåverkan fortsätter. Vid de fyra platserna i Blekinge län, som ingick i den fördjupade utvärderingen för 2019, ökade ANC signifikant vid två av mätplatserna (Komperskulla och Vång), medan inga signifikanta förändringar i ANC kunde påvisas vid Ryssberget och Hjärtsjömåla.



4 Aktuellt & notiser

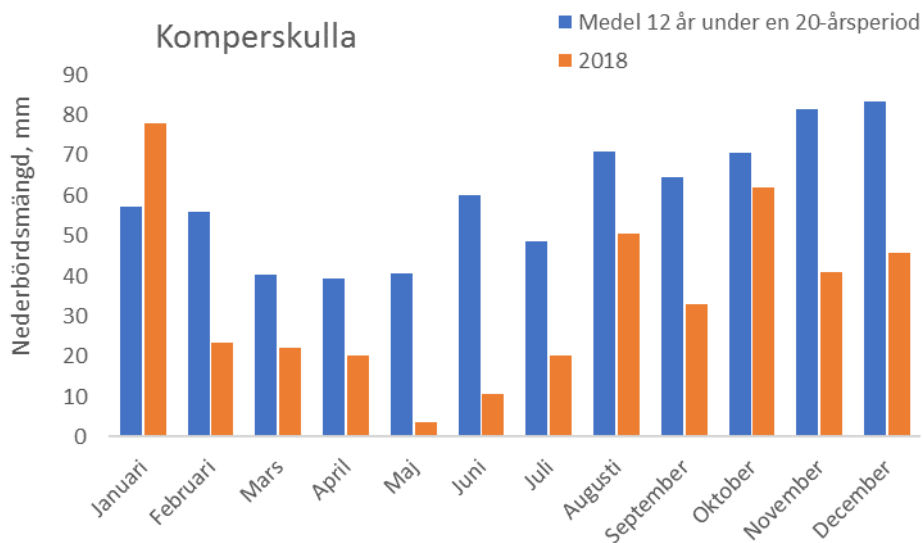
Fotograf: Louise Karlsson

4.1 Sommarens torka

Enligt SMHI fick hela Sverige en varm och solig sommar 2018. I större delen av Götaland och Svealand var det den varmaste sommaren som hittills uppmätts. Det var även en av de tio soligaste somrarna som registrerats och förutom i delar av norra Norrland var den i allmänhet torr. I det följande beskrivs vädret under sommaren 2018, baserat på utdrag från SMHI.

Maj 2018 blev rekordvarm och rekordsolig i stora delar av landet. Över norra Norrland passerade dock periodvis områden med moln och nederbörd. Juni bjöd på varierat väder med rekordvärme i söder men relativt svalt väder i norr. Nederbördsmängderna i juni var låga, utom i norra Norrland. Under juli steg temperaturerna i hela landet och det blev på många håll en av de varmaste julimånaderna som registrerats. Stora delar av juli dominerades av långvarig torka i större delen av Sverige. I mitten av månaden utbröt svåra skogsbränder i mellersta Sverige. I slutet av månaden förekom åska och lokalt kraftiga regnskurar. Inledningen av augusti var också mycket varm. Ostadigt väder kom dock att prägla månaden efter den 10 augusti och innebar regn på de flesta håll. I sydöstra Götaland var dock augusti länge mycket torr men kraftigt regn i slutet av månaden gjorde att det nederbördsmässigt till slut blev en ganska normal månad.

Generellt bland Krondroppsnetets mätplatser på öppet fält var det torrast under maj och juli 2018 jämfört med mätplatsernas 20-årsmedelvärde för perioden 1998–2017. Vid mätplatsen Komperskulla i Blekinge län var det lägst nederbördsmängd under maj och juni 2018 jämfört med medelvärdet för 12 år med data under de senaste 20 åren, se Figur 24. Men även under hela perioden februari till och med juli var det mycket torrt. Endast i januari 2018 var nederbördsmängden högre än medelvärdet för 12 år med data under de senaste 20 åren.



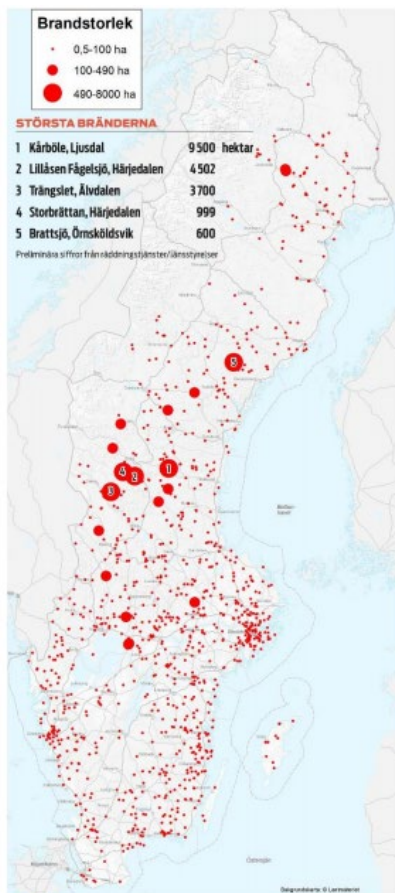
Figur 24. Nederbördsmängden under januari – december 2018 jämfört med månadsvis medelvärde för 12 års data under perioden 1998–2017 vid Komperskulla i Blekinge län. Data för år 2002 till och med 2009 saknas i medelvärdesberäkningen.

Att sommaren 2018 präglades av lite nederbörd och torka märktes även tydligt i markvattenmätningarna i Blekinge län genom att marken var för torr för markvattenprovtagning under sommaren och hösten vid Hjärtsjömåla, Komperskulla och den nya ytan vid Vång B. Utöver denna effekt på själva provtagningen kan torkan på sikt ha stor påverkan på markvattenkemi. Vattentillgången har stor påverkan på trädutväxt, nedbrytning och vittring, processer som i sin tur har stor påverkan på markvattenkemin. Nettoeffekten är svår att bedöma och kan variera geografiskt. Minskad tillväxt bidrar till ökade halter av olika näringsämnen i mark-

vattnet på grund av minskat upptag, medan minskad nedbrytning och vittring påverkar i andra riktningen, och vilka processer som påverkar mest beror på platsspecifika egenskaper.

Torka kan även öka risken för insektsangrepp och skogsskador (Seidl m.fl., 2017), vilket har en direkt påverkan på markvattenkemin (Karlsson m.fl., 2018b). Den direkta effekten av temperaturökningen på de olika processerna har också stor betydelse. Effekter av förändringar i dessa processer på näringsomsättningen kan enklast påvisas med markvattenkemiska mätningar, och dessa är därmed viktiga för att följa upp både återhämtning från försurning och kväveutlakning från skogsmark i ett förändrat klimat.

4.2 Sommarens bränder



Under sommaren 2018 brann cirka 25 000 hektar skog totalt i Sverige. Bränderna var många och utspridda i hela landet (se karta, till vänster, som beskriver brändernas utbredning i början av sommaren 2018).

Bränderna och dess förlopp har beskrivits i en rapport från statens offentliga utredningar (SOU, 2019). Skogsbränderna startade redan i maj. I Västmanlands län fanns i början av juni elva skogs- och markbränder i länet av varierande storlek. Samtidigt pågick även några större bränder i Värmland. Under helgen 14–15 juli bröt flera bränder ut som efterhand tillsammans täckte drygt 18 000 hektar. Värst drabbade var Gävleborgs, Jämtlands och Dalarnas län. Från slutet av maj till mitten av juli hade en uttorkning av de djupare marklagren pågått nästan oavbrutet, särskilt i Götaland och Svealand. I slutet av juli förbättrades situationen i Gävleborgs, Dalarnas och Jämtlands län. Bränderna fortsatte in i augusti men var inte på samma höga nivå som under juli. Data över brändernas slutliga utbredning kommer att finnas tillgänglig via MSB under försommaren 2019.



Påverkades nedfallet av bränderna?

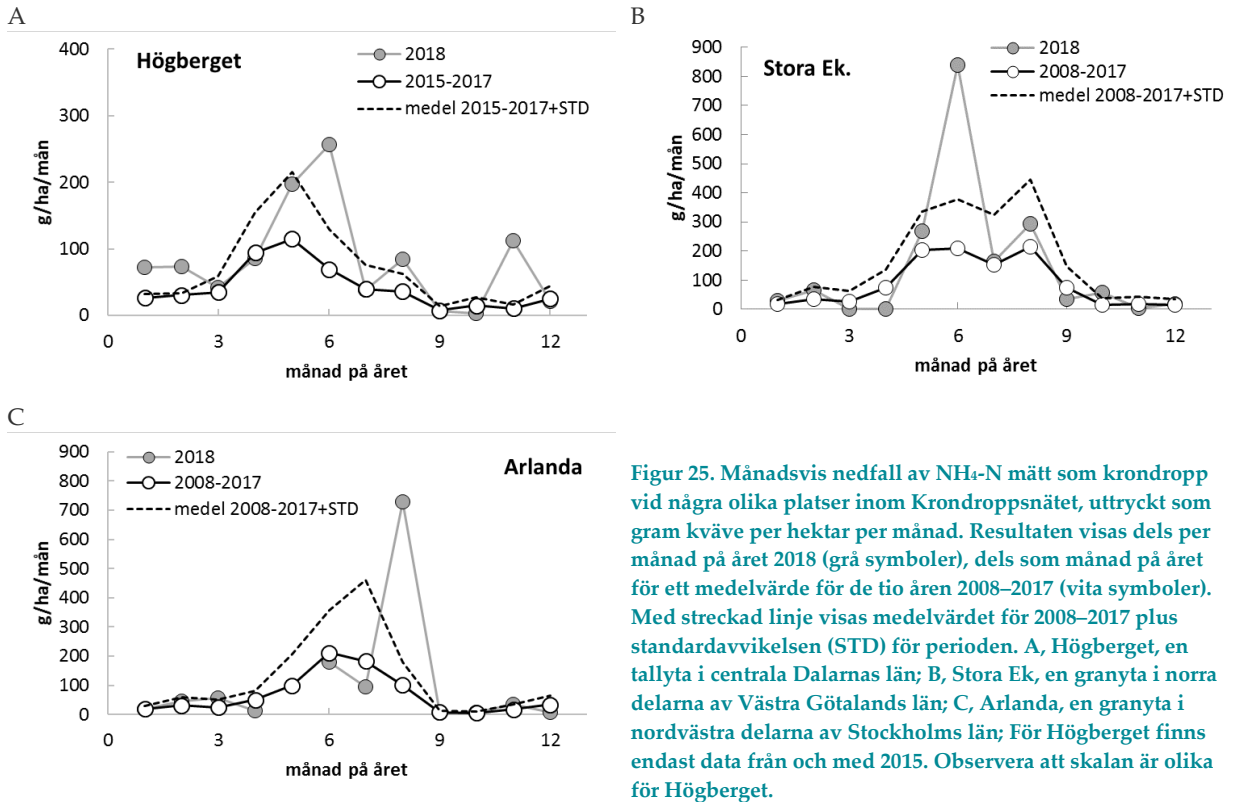
Vid skogsbränder med ofullständig förbränning kan det bildas ammoniak, NH_3 , som först uppträder som en gas. NH_3 har en hög depositions hastighet och transporteras därför inte långt. I luften kan dock NH_3 reagera med sura ämnen såsom sulfat, nitrat och klorid och bilda partikelbundet ammonium, NH_4 , som kan transporteras långa sträckor (Karlsson m.fl., 2013). Partikelbundet NH_4 fångas effektivt upp av kronorna hos barrträd. Andra ämnen som också förekommer i luften vid bränder är kalium och kalcium samt fosfor.

Månadsvis nedfall av $\text{NH}_4\text{-N}$ mätt som krondropp visas i Figur 25 för några olika platser inom Krondroppsnetet. Resultaten visas dels per månad på året 2018 (grå symboler), dels per månad på året som ett medelvärde för de tio åren 2008–2017 (vita symboler). Vid en del mätplatser fanns det ett tydligt förhöjt nedfall av $\text{NH}_4\text{-N}$ antingen under perioden maj-juni (Figur 25 A, B) eller under juli/augusti (Figur 25 C), medan det vid andra platser inte finns någon tydlig förhöjning av nedfallet.

NH_4 kan dock även transporteras i luften mycket långa sträckor från andra länder. För att säkerställa att de förhöjda nedfallet av NH_4 som krondropp under sommarmånaderna 2018 som visas i Figur 25 verkligen kom

från skogsbränderna krävs därför ytterligare analyser av den förorenade luftens ursprung, så kallade trajektorier.

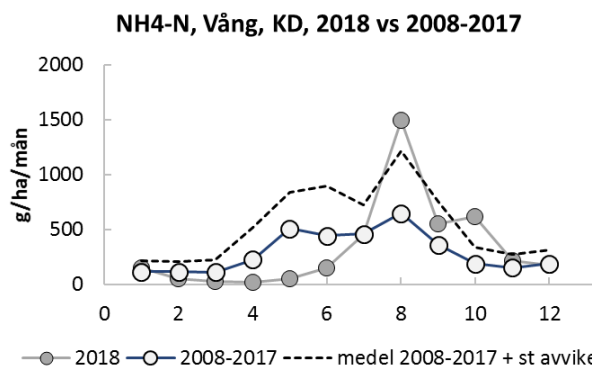
Träden kan ta upp en viss andel av det kväve som deponeras direkt i trädkronorna, utan att det når provsamlarna för krondropp vid marken. Det betyder att det nedfall av NH_4 som vi analyserar här måste ha varit av en betydande storlek, så att det överskrider den kapacitet som träden har för ett direkt upptag av kväve till trädkronorna.



Figur 25. Månadsvis nedfall av $\text{NH}_4\text{-N}$ mätt som krondropp vid några olika platser inom Krondroppsnetet, uttryckt som gram kväve per hektar per månad. Resultaten visas dels per månad på året 2018 (grå symboler), dels som månad på året för ett medelvärde för de tio åren 2008–2017 (vita symboler). Med streckad linje visas medelvärdet för 2008–2017 plus standardavvikelsen (STD) för perioden. A, Högberget, en tallyta i centrala Dalarnas län; B, Stora Ek, en granyta i norra delarna av Västra Götalands län; C, Arlanda, en granyta i nordvästra delarna av Stockholms län; För Högberget finns endast data från och med 2015. Observera att skalan är olika för Högberget.

Även vid mätplatsen Vång i Blekinge län fanns det antydning till ett förhöjt nedfall av $\text{NH}_4\text{-N}$ i augusti (Figur 26). Detta skulle kunna tyda på att även luftkvaliteten över Blekinge län var påverkad av de många skogsbränderna runt om i södra delen av landet. Det ska dock framhållas att det inte kan uteslutas att det förhöjda nedfallet av $\text{NH}_4\text{-N}$ vid Vång under augusti 2018 kan ha ett annat ursprung än skogsbränderna. För att avgöra detta behöver man göra en detaljerad analys av ursprungerna för de förorenade luftmassorna som passerade över Blekinge, en så kallad trajektorieanalys.

Figur 26. Månadsvis nedfall av $\text{NH}_4\text{-N}$ mätt som krondropp vid en mätplats med granskog i Blekinge län, Vång, uttryckt som gram kväve per hektar per månad. Resultaten visas dels per månad på året 2018 (grå symboler), dels som månad på året för ett medelvärde för de tio åren 2008–2017 (vita symboler). Med streckad linje visas medelvärdet för 2007–2017 plus standardavvikelsen (STD) för perioden. Hänsyn har inte tagits till att krondroppsmätningarna vid Vång flyttades en kortare sträcka 2016.



4.3 Fördjupad utvärdering 2019

I januari 2019 publicerades Fördjupad utvärdering av miljömålen 2019 (Naturvårdsverket, 2019b). Den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019 är en del i en systematisk och regelbunden uppföljning av miljöpolitiken och miljö kvalitetsmålen. Den ska fungera som underlag för regeringens politik och prioriteringar. Data från Krondropps nätet har utgjort en del av de underlagsdata som användes i den fördjupade utvärderingen 2019.

Krondropps nätetts data används för två miljömålsindikatorer, indikatorn "Nedfall av svavel" och den nyutvecklade indikatorn "Nedfall av kväve till barrskog". Den förra ingår främst i miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* men används även för utvärdering av miljö kvalitetsmålen *Levande skogar* och *Ett rikt växt- och djurliv*. Den senare ingår främst i miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* men används även för utvärdering av miljö kvalitetsmålen *Bara naturlig försurning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Myllrande våtmarker*, *Levande skogar* och *Storslagen fjällmiljö*.

Markvattenkemiska data ingår inte i någon indikator i nuläget, men har liksom vid tidigare fördjupade utvärderingar använts för både utvärdering av *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. För försurningsmålet har nivåer och trender för ANC i markvatten illustrerats i en karta. För *Ingen övergödning* har situationen i Sverige vad gäller nitratkväve i markvattnet beskrivits, som ett mått på risken för ökad utlakning av kväve från skog.

4.4 Aktuell forskning/specialprojekt som berör Krondropps nätet

4.4.1 Hur stor är depositionen av fosfor till Östersjön?

Med finansiering från Havs- och vattenmyndigheten och inom ramen för SMED-Vatten har forskare verkssamma inom Krondropps nätet inventerat kunskapsläget vad gäller deposition av fosfor (P) till havsområden och andra vattenytor, med en särskild inriktning på Östersjön, (Karlsson & Pihl Karlsson, 2018).

De viktigaste källorna till förekomsten av fosfor i luften är markpartiklar, marina aerosoler, primära biologiska partiklar, aska från vulkaner, partiklar från biomassabränder, förbränning av olja och kol, och utsläpp från fosfatfabriker. Små aerosoler som bildas vid skogs- och gräsbränder kan ha en särskilt hög halt av fosfor. Inom HELCOM använder man för närvarande ett konstant årligt värde över hela Östersjön för nedfallet av totalt fosfor av 5 kg fosfor per km². Detta värde baseras främst på mätningar av bulkdepositionen av fosfor inom de olika medlemsländerna. En sammanställning av tillgängliga svenska mätningar, från den svenska miljöövervakningen inklusive Krondropps nätet, vid platser inom 50 km från kustlinjen vid Östersjön och Kattegatt under åren 2013–2017, visar på en deposition med nederbörden till öppet fält vid dessa platser på mellan 11,9 och 25,6 kg fosfor per km² och år. Dessa resultat, tillsammans med liknande resultat från andra länder, visar på att nuvarande värde som används inom HELCOM för det årliga nedfallet av fosfor till Östersjön, 5 kg fosfor per km², sannolikt är för lågt satt.

Rapporten finns tillgänglig på SMED-Vattens hemsida: <http://www.smed.se/vatten>.

4.4.2 Högt nedfall av svavel och kväve på hög höjd i norra Sverige

På uppdrag av Naturvårdsverket har IVL Svenska Miljöinstitutet sammanställt, beskrivit och analyserat mätningar av lufthalter och deposition av olika försurnande och gödande ämnen på hög höjd i norra Sverige. Med hög höjd avses mätningar vid trädgränsen och uppåt. Mätningarna påbörjades vid vissa platser redan

under hösten 1994, och totalt har mätningar bedrivits vid 14 platser. Idag återstår mätningar på hög höjd endast vid två platser i Jämtlands län.

Mätningarna visade att belastningen vad gäller nedfall av svavel och kväve ökar med ökad höjd över havet. Nedfallet av svavel och kväve är högre på kalvfället på mycket hög höjd jämfört med områden på lägre höjd vid trädgränsen. Det finns inte några stora skillnader i nedfall mellan Jämtlandsfjällen och de nordliga fjällen i Västerbotten och Norrbotten. Mätningar av lufthalter på hög höjd i norra Sverige har starkt bidragit till att påvisa tillfälliga passager av starkt förorenad luft över norra Sverige, till exempel av starkt förorenade luft från storskaliga bränder i Ryssland och av svavelhaltig luft från vulkanutbrott på Island.

Rapporten kommer att publiceras som en IVL C-rapport under våren 2019.

4.5 Vetenskapliga artiklar 2018

Under 2018 har ett flertal artiklar med anknytning till Krondroppsnetet publicerats.

- **Yu m.fl., (2018)** har använt data från Klintaskogen för att utveckla ForSAFE-modellen genom att lägga till fosforcykeln, vilket kan förbättra modelleringsresultaten framför allt i skogsområden med hög kvävebelastning, där fosfor kan begränsa tillväxten.
- **Karlsson m.fl. (2018b)**, visade på hög nitratkväveutlakning följt av minskning av pH och ANC i markvattnet vid en krondroppsytta, Klippan utanför Göteborg, efter att ett angrepp av granbarkborre dödat granarna, där de flesta träden dock stod kvar uppräta.
- **Johnson m.fl. (2018)**, analyserade förändringar av markvattenkemin under perioden 1996–2012 i 171 skogar från 10 europeiska länder. Resultaten visade på en kraftig minskning av sulfathalten i markvattnet som kunde relateras till emissionsminskningarna i Europa under samma period.

4.6 På gång – aktuella projekt och utvärderingar

4.6.1 Delar av Naturvårdsverkets verksamhet inom programområde Luft utvärderas igen

Som tidigare rapporterats har Naturvårdsverket aviserat att delar av Programområde Luft (PO Luft) kommer att utredas i god tid innan nästkommande programperiod. Utvärderingen syftar till att hitta förslag på effektivisering/samordning av verksamheterna Luft- och nederbördskemiska nätet (LNKN), EMEP, Krondroppsnetet och MATCH-modellering. Modelleringens möjligheter och begränsningar kommer då att belysas. Under programperioden planeras även att bland annat se över möjligheterna att samordna nationella mätningar med annan övervakning.

Naturvårdsverket har utsett två internationella utredare, Christopher Evans och Alan Radbourne från "Centre for Ecology and Hydrology" i Bangor, Wales, UK. Christopher Evans och Alan Radbourne har under april 2019 bland annat träffat Krondroppsnetets projektledningsteam som ett led i utredningen.

4.6.2 Specialrapport - länsvis total deposition av kväve och svavel

Under hösten 2019 kommer en specialrapport inom Krondroppsnetet. Planen är att rapporten ska innehålla länsvisa tidsserier för totalt svavel- respektive oorganiskt kvävenedfall för kalenderåren 2001–2018.

4.6.3 Andelen torrdeposition till provtagningsutrustning för nederbörd undersöks



Försöket "Rör Under Tak" (RUT) med mätningar av torrdepositionen till mätutrustningen på öppet fält fortsätter. Mätningarna påbörjades sommaren 2017 vid de 10 platser som idag har en strängprovtagare. Mätningen under tak jämförs med den vanliga WoF-provtagaren på öppet fält, som är ny sedan 2013, för att få ett mått på torrdepositionsandelen. Syftet med projektet är att minska osäkerheterna i uppskattningarna av våtdepositionen baserat på nederbördsräkningar för en mängd parametrar. Krondroppsnetet har nu fått finansiering från Naturvårdsverket för ytterligare mätningar fram till och med september 2019. Projektet är ursprungligen planerat att pågå under tre år fram till 2020.

4.6.4 Kväveutlakning till ytvatten efter avverkning?

Med finansiering från Havs- och vattenmyndigheten och Länsstyrelsen i Västra Götaland bedrivs utökade mätningar av mark-, grund- och bäckvatten inom ett 7 ha stort avrinningsområde vid Krondroppsytan Storskogen, mellan Alingsås och Borås, Figur 26. Referensmätningar har bedrivits under fyra år inför en avverkning av större delen av avrinningsområdet som ägde rum i juni 2018. Fortsatta mätningar visar på en tydlig ökning av halterna av nitrat i mark-, grund- och bäckvatten, med start ungefär ett halvår efter avverkningen. Med nuvarande finansiering kommer mätningarna att fortsätta under ytterligare drygt ett år. Målet är att kvantifiera storleken på det ökade läckaget av kväve ut ur avrinningsområdet efter avverkning.



Figur 26. Fotografier av området vid Krondroppsytan Storskogen, före och efter avverkning. Foto: Per Erik Karlsson.

5 Tack

Vi vill uttrycka ett varmt tack till samtliga provtagare inom Krondroppsnetet 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 Krondroppsnetets 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.
- Akselsson, C., Belyazid, S., 2018. Critical biomass harvesting – Applying a new concept for Swedish forest soils. *Forest Ecology and Management* 409, 67-73. DOI 10.1016/j.foreco.2017.11.020
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2019.100015>.
- Fölster, J., Valinia, S., Sandin, L., Futter, M. 2014. "För var dag blir det bättre men bra lär det aldrig bli". Försurning i sjöar och vattendrag 2014. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2014:20.
- Hansen, K., Pihl Karlsson, G., Ferm, M., Karlsson, P.E., Bennet, C., Granat, L., Kronnäs, V., von Brömssen, C., Engardt, M., Akselsson, C., Simpson, D., Hellsten, S. & Svensson, A. 2013. Trender i kvävenedfall över Sverige 1955–2011. IVL Report B2119.
- Havs- och vattenmyndigheten, 2019. Ingen övergödning. Fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålen 2019. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:1
- 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.
- Johnson, J., Graf Pannatier, E., Carnicelli, S., Cecchini, G., Clarke, N., Cools, N., Hansen, K., Meesenburg, H., Nieminen, T.M., Pihl Karlsson, G., Titeux, H., Vanguelova, E., Verstraeten, A., Vesterdal, L., Waldner, P. & Jonard, M. 2018. The response of soil solution chemistry in European forests to decreasing acid deposition. *Global Change Biology*. 2018;1–17. DOI: 10.1111/gcb.14156
- Karlsson, P.E., Martin Ferm, Tømmervik, H., Hole, L.R., Pihl Karlsson, G., Ruoho-Airola, T., Aas, W., Hellsten, S., Akselsson, C., Nørgaard Mikkelsen, T. and Nihlgård, B. 2013. Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution*, 176, 71–79.
- 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., 2018. Deposition av fosfor till Östersjön - Kunskapsläge och möjligheter till löpande mätningar. SMED Rapport Nr 18, 2018
- 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.
- Länsstyrelsen Blekinge, 2019. Miljö kvalitetsmålen 2018 – Årlig uppföljning av miljömålen i Blekinge, 2018:24, Dnr: 501-2917-2017.

- Naturvårdsverket, 2015. Mål i sikte. Analys och bedömning av de 16 miljökvalitetsmålen i fördjupad utvärdering. Volym 1. Naturvårdsverket rapport 6662.
- Naturvårdsverket, 2019a. Bara naturlig försurning – underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019, Naturvårdsverket rapport 6860.
- Naturvårdsverket, 2019b. Fördjupad utvärdering av miljömålen 2019. Med förslag till regeringen av myndigheter i samverkan. Arkitektkopia AB, Bromma
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E., 2011. Reduced European Emissions of S And N – Effects On Air Concentrations, Deposition And Soil Water Chemistry In Swedish Forests. *Environmental Pollution* 159: 3571–3582.
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E., 2018. Tillståndet i skogsmiljön i Blekinge län - Resultat från Krondropps nätet till och med 2016/17. IVL Rapport C322.
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M.J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T.A. och Reyer, C.P.O., 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change* 7: 395–402.
- SOU 2019:7. Skogsbränderna sommaren 2018. Betänkande av 2018 års skogsbrandsutredning.
- Tamm, C.O., 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. *Ecological Studies* 81. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Yu, L., Zanchi, G., Akselsson, C., Wallander, H., Belyazid, H., 2018. Modeling the forest phosphorous nutrition in a southwestern Swedish forest site. *Ecological Modelling* 369, 88–100
- Websida:
- CEIP, 2019. Emissionsdata är hämtade från:
http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/



Bilaga 1. Mätplatserna i Blekinge län

Fotograf: Per Erik Karlsson

Krondroppsnetet bedriver mätningar vid fem mätplatser i Blekinge län (Tabell B1.1).

Tabell B1.1. Aktiva mätplatser i Blekinge 2017/18.

Lokal	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatte n	Bäckvatten
Hjärtsjömåla (K 03)	Tall		X	X	
Ryssberget (K07)	Bok		X	X	
Komperskulla (K11)	Bok	X	X	X	
Vång (K13) A-yta	Gran			X	X
Vång (K13) B-yta	Gran		X	X	



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 Honkala 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.



Hjärtsjömåla (K 03)

Tallskog, planterad 1935. Ytan ligger i småkuperad terräng som drabbades av brand cirka 1920. Depositions- och markvattenmätningarna startade 1985. Denna yta har, tillsammans med Ryssberget, Sveriges längsta mätserie vad gäller krondropp och markvattenkemi.

Ryssberget (K 07)

Yta i en gammal bokskog, planterad 1876, med mätningar sedan 1985. Ytan är belägen strax norr om Sölvesborg. Den ligger topografiskt mycket högt jämfört med omgivande landskap och är starkt vindexponerad.



Komperskulla (K 11)

Yta i nordvästra Blekinge, med bokskog planterad 1925. Ytan ligger i en sluttning åt öster och är inte vindexponerad. Beståndet i Komperskulla är självföryngrat på gamla betesmarker. Mätningarna i Komperskulla startade i november 1995. Nederbördskemiska mätningar på öppet fält avslutades i december 2001, men återupptogs i juni 2009.



Vång (K 13A och B)

A-ytan i Vång är belägen i granskog, planterad 1931, söder om Tving. Ytan skadades något i stormen Gudrun 2005, då ett fåtal träd på ytan blåste ner. En större mängd träd blåste ner 200 m nordväst om ytan. Mätning av deposition och markvatten startade i oktober 1996. Vång avverkades under oktober 2016, men markvattenkemi mäts fortsatt för att följa upp avverkningseffekterna. För detta har även ytvattenmätningar startats i en bäck drygt 100 m från A-ytan. I december 2016 startades en ny yta i Vång, K13B, i granskog drygt 500 m från A-ytan. Fotografierna visar krondroppsytan Vång-B samt bäcken som provtas vid den avverkade skogen vid Vång-A.







LUNDS
UNIVERSITET



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