



Nr 526  
Juni 2020



## Försurning och övergödning i Kronobergs län

Resultat från Krondroppsnätet till och med 2018/19

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



I samarbete med: Lunds universitet



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

**Medel från:** Kronobergs luftvårdsförbund

**Fotograf framsida:** Sofie Hellsten

**Rapportnummer** C 526

**ISBN** 978-91-7883-186-9

**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](http://www.ivl.se)

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

# Förord

På uppdrag av Kronobergs luftvårdsförbund genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar i Kronobergs län. Mätningarna sker inom ramen för Krondroppsnätet (<http://www.krondroppsnatet.ivl.se/>).

Kronobergs län har varit medlem i Krondroppsnätet under 33 år. I denna rapport redovisas resultaten från mätningar under det hydrologiska året 2018/19 i Kronobergs län, tillsammans med resultat från tidigare års mätningar. 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 Kronobergs län. 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 Lufthalter av kväve .....	10
2.2 Förändras kvävenedfallet över Kronobergs län? .....	11
2.3 Läcker det kväve från skogarna i Kronobergs län? .....	14
3 Försurning – fortfarande ett problem? .....	16
3.1 Fortsätter lufthalterna av svaveldioxid att minska? .....	17
3.2 Fortsätter den minskande nedfallstrenden för svavel? .....	17
3.3 Hur går återhämtningen från försurningen? .....	19
4 Aktuellt & notiser.....	24
4.1 Revision Försurande/Övergödande ämnen inom Programområde Luft inom Naturvårdsverket .....	25
4.2 Ny studie påvisar mikrokräp i nederbörd och krondropp .....	25
4.3 Pågående projekt där Krondroppsytor modelleras .....	26
4.4 Vilka effekter kan vi förvänta oss av Covid-19?.....	26
4.5 Projekt angående andel torrdeposition till provtagningsutrustning har pausats .....	26
4.6 Totalt nedfall av kväve och svavel på länsnivå – Specialrapport under 2019 .....	26
4.7 Vetenskapliga artiklar 2019 .....	27
5 Tack.....	27
6 Referenser.....	27
Bilaga 1. Mätplatserna i Kronobergs län .....	29

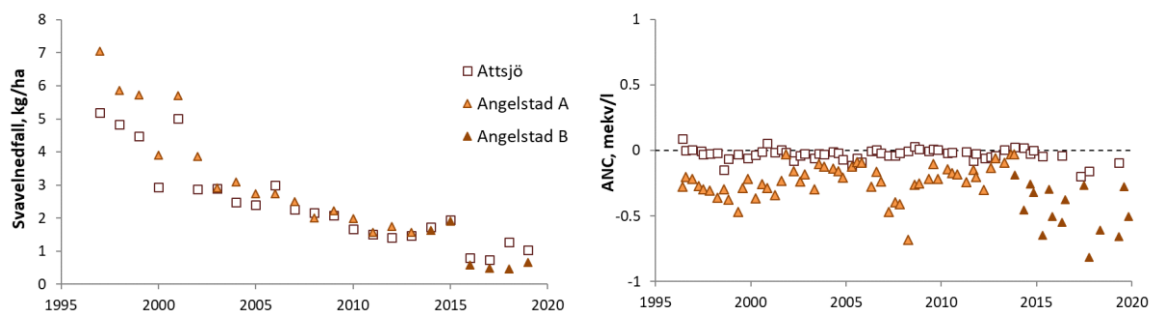
## Sammanfattning

Mätningar av atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi har bedrivits inom Krondroppsnetet i Kronobergs län sedan 1996. Under det hydrologiska året 2018/19 gjordes mätningar på fyra platser i länet, vid granytorna i Fälleshult, Angelstad och Tagel, samt vid tallskogen i Attsjö i östra delen av länet.

### Mycket kväve i markerna ger höga markvattenhalter vid störningar

Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog i Kronobergs län har beräknats till mellan 8 och 14 kg per hektar för det hydrologiska året 2018/19, med högst nedfall i länets västra delar. Detta överskrider den kritiska belastningsgräns som har satts för barrskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år. Det länsvisa totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog i Kronobergs län har minskat med 27 % under perioden 2001–2018. Vid Tagel, den enda mätplats i länet där mätningar på öppet fält görs, har kvävenedfallet med nederbörden på öppet fält minskat med 48 % (1996/97–2018/19). Samtidigt har nederbörden minskat i samma storleksordning, vilket kan vara en av förklaringarna till det minskade kvävenedfallet.

Halterna av nitrat i markvatten har under de senaste åren varit mycket låga i ostörd växande skog i länet. Stormskador kan dock leda till tillfälliga perioder med ökade halter av nitrat i markvattnet och risk för utlakning till grund- och ytvatten. Att skogen mår bra och fortsätter ta upp kväve är viktigt, inte bara för miljö kvalitetsmålen *Levande skogar*, *Begränsad klimatpåverkan* och *Ingen övergödning*, utan även för *Bara naturlig försurning*.



Svavelnedfall som krondropp (till vänster) och syraneutraliserande förmåga (ANC) i markvattnet (till höger) vid två mätplatser i länet, tallskogen i Attsjö i länets östra del och i granskogen i Angelstad i länets västra del. Mätningarna vid Angelstad flyttades en kort sträcka 2013, vilket visas med olika symboler.

### Lågt svavelnedfall men långsam återhämtning från försurning

Försurning utgör fortsatt ett stort miljöproblem i Kronobergs län. Svavelnedfallet till skog i länet har dock minskat kraftigt under de senaste drygt två decennierna, med mellan 78 och 93 %. Numera ligger svavelnedfallet på omkring 1 kg per hektar jämfört med 5 till 8 kg per hektar i slutet av 1990-talet. Trots detta går återhämtningen från försurning i markvattnet i länets skogar långsamt, med stora variationer mellan de olika mätplatserna.

Ett historiskt högt försurande nedfall under många år återspeglas i bestående surt markvatten, med pH runt eller under 5 och utan buffringskapacitet. Den återupptagna mätserien vid Fälleshult i länets västra del uppvisar dock mindre sura förhållanden jämfört med de tre övriga mätplatserna i länet. För att markvattnet ska bidra till en återhämtning från försurning i sjöar och vattendrag måste det ha ett värde på den syraneutraliserande förmågan (ANC) som är klart högre än noll. Vid länets ytor ligger ANC i markvattnet kring eller under noll, och särskilt Angelstad uppvisar kraftigt negativa värden. Vid Angelstad förekommer också förhöjda halter av toxiskt oorganiskt aluminium.

En analys av trenderna på 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 från försurning, 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.



# 1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?

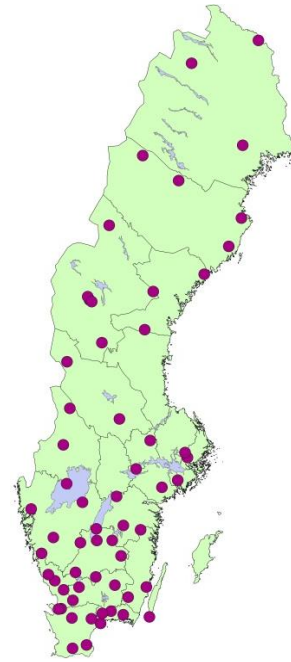
Nikkaluokta-öppet fält Fotograf: Åke Jönsson

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, som har stor betydelse för försurnings- och övergödningsproblematiken.

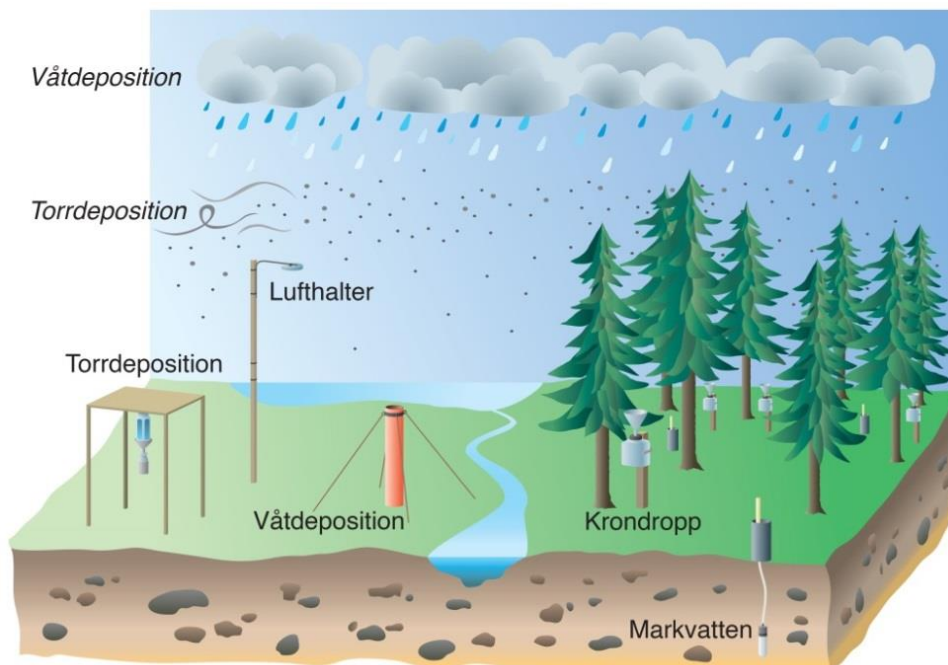
Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnetet varierat. Som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har ytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 59 platser i Sverige, 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 dels under trädkronorna som krondropp. Vissa ämnen samverkar med trädkronorna, 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 ( $\text{NO}_x$ ), främst från transporter och industri, tillsammans med utsläpp av ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), 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 försämrad dricksvattenkvalitet, samt övergödning av ytvatten.

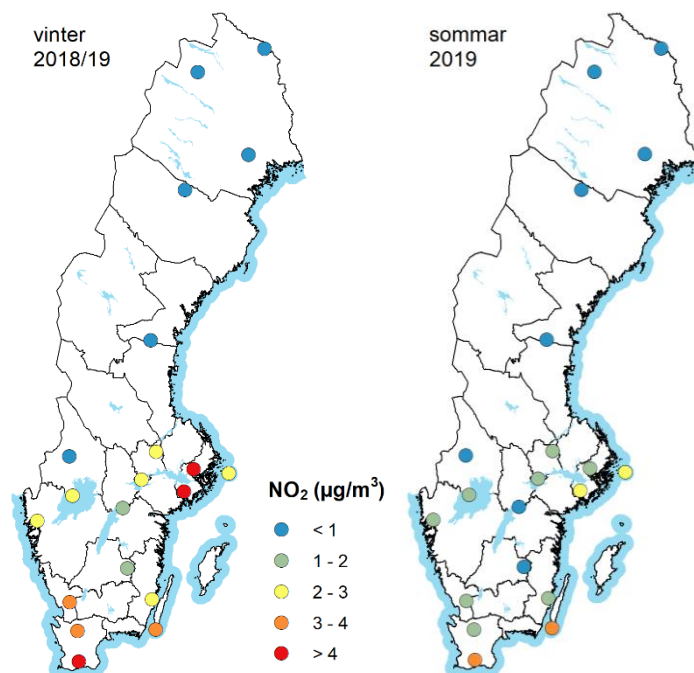
Kode Fotograf: Sofie Hellsten

Miljö kvalitetsmålet "Ingen övergödning" nås inte i Kronobergs län. Påverkan av luftburet kväve från svenska och internationella källor förs fram som ett av skälen till att målet inte nås. Kvävenedfallet till skog i Kronobergs län överskrider den kritiska belastningsgränsen för granskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år.

Skogarna i länet har kapacitet att lagra kväve i marken, men mätningar i granytorna vid Angelstad och Fälleshult i de västra delarna av länet visar att störningar av skogsekosystemet, såsom exempelvis stormskador, kan göra att kväve börjar läcka ut i markvattnet. Det kväve som inte tas upp av skogsekosystemen kan transporteras vidare och bidra till förhöjda nitrathalter i grundvattnet och därmed försämrade dricksvattenkvalitet, samt övergödning av ytvatten.

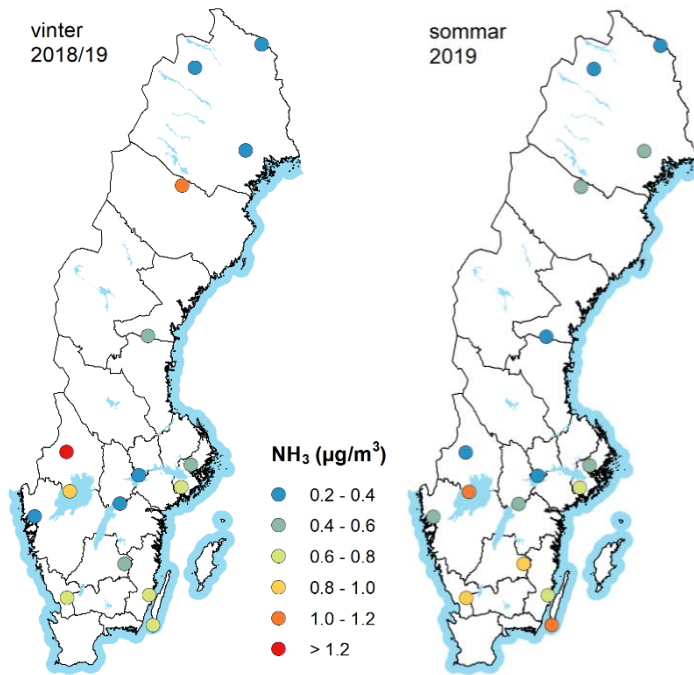
## 2.1 Lufthalter av kväve

Mätningar av lufthalter utanför tätort fyller en viktig funktion att bekräfta uppgifter om minskade utsläpp av långväga transporterade luftföroreningar. Lufthalterna av olika kväveformer kan ge en första indikation på om kvävebelastningen förändras. I Kronobergs län finns inga mätningar av lufthalter i Krondropps nätets regi, men i Figur 3 visas kvävedioxidhalterna vid alla platser med lufthaltsmätningar inom Krondropps nätet. Högst halter av kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ) uppmättes vintertid i Skåne- och Stockholmsregionen följt av Halland och Ölands södra udde. Lägst halter uppmättes i norra halvan av Sverige. Halterna av kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) är generellt lägre sommartid men fördelningen över landet är likartad som på vintern.



Figur 3. Lufthalter av kvävedioxid ( $\text{NO}_2$ ) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondropps nätet i Sverige. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) deponeras ofta relativt nära utsläppskällan på grund av att den har en hög depositionshastighet och lufthalterna i bakgrundsmiljön blir generellt låga. I Figur 4 visas halterna av ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) under vintern 2018/19 och sommaren 2019 vid alla mätplatser inom Krondropps nätet. Högst halter uppmättes sommaren 2019 i Götaland, sannolikt på grund av utsläpp från djurhållning och gödsling inom jordbruket. Under vintern uppmättes högst ammoniakhalter vid Blåbärskullen i Värmland samt vid Högbränna i Västerbottens inland. Dessa höga halter är svårförklarade, men har förekommit till och från under flera år. Det är känt att ammoniak också kan bildas vid ofullständig förbränning av biomassa, så en möjlig förklaring är utsläpp från småskalig vedförbränning vintertid.



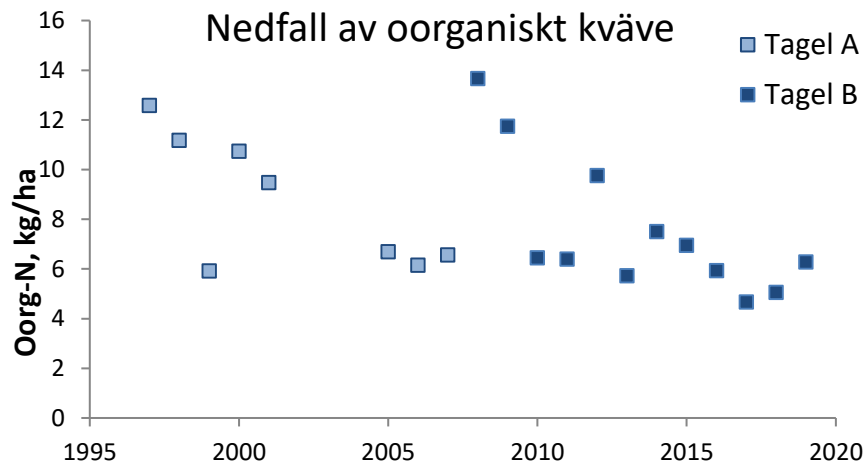
Figur 4. Lufthalter av ammoniak (NH<sub>3</sub>) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.

## 2.2 Förändras kvävenedfallet över Kronobergs län?

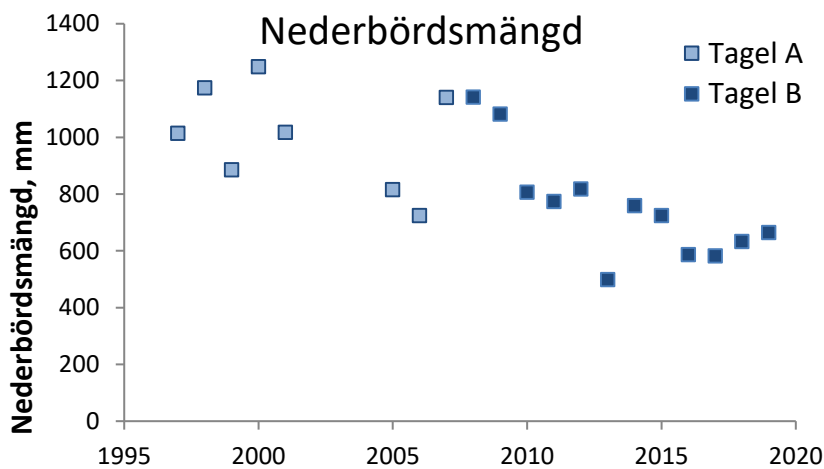
Tagel, i länets norra del, är den enda mätplats i länet där mätningar på öppet fält görs. Nedfallsmätningarna vid Tagel har flyttats en kortare sträcka vid ett tillfälle, vilket bedöms ha liten betydelse när det gäller mätningar av nedfall. Därför analyseras tidsserien för nedfall utan hänsyn till denna förflyttning.

Nederbördsmängderna påverkar storleken på kvävenedfallet och variationer i nederbörden kan därför förklara en del av tidsutvecklingen i kvävenedfall. 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.

Vid Tagel har nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden, vilket huvudsakligen motsvarar våtdepositionen, varierat mellan 4,6 och 13,6 kg per hektar och år under mätperioden 1997–2019, Figur 5. Under det hydrologiska året 2018/19 uppmättes ett nedfall på 6,3 kg oorganiskt kväve per hektar på öppet fält, vilket är 1,2 kg högre än föregående hydrologiskt år, bland annat för att nederbörden då var lägre. Det finns en statistiskt säkerställd minskning av nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden vid Tagel på 48 % sedan mätstart 1996. Denna minskning är i samma storleksordning som den statistiskt säkerställda minskningen av nederbörden vid Tagel (47 %), se Figur 6, vilket kan vara en av förklaringarna till det minskade kvävenedfallet. Som jämförelse har de rapporterade utsläppen av oorganiskt kväve (NH<sub>3</sub> + NO<sub>x</sub> (som NO<sub>2</sub>)) minskat med sammanlagt 33 % inom EU-28 och 35 % i Sverige under perioden 1997–2017 (CEIP, 2020).



Figur 5. Årligt nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden på öppet fält vid Tagel, G 22, baserat på hydrologiskt år. Mätningarna flyttades 1 oktober 2007, vilket indikeras med olika symboler för Tagel A och B.

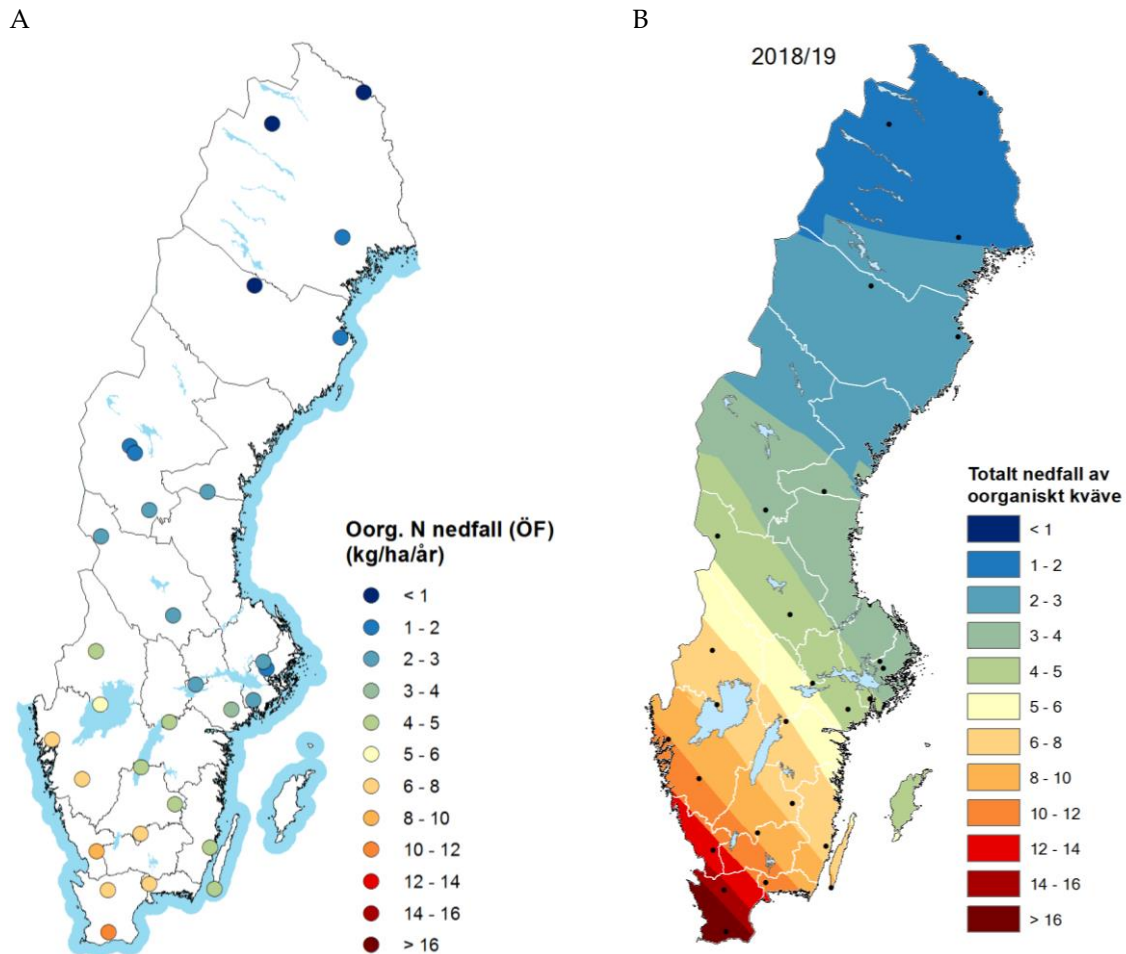


Figur 6. Uppmätta nederbördsmängder vid Tagel. Mätningarna flyttades 1 oktober 2007, vilket indikeras med olika symboler för Tagel A och B.

För att beräkna det totala nedfallet av kväve till skog krävs samlokaliserad mätutrustning för nedfall med nederbörden till öppet fält, krondropp samt mätningar av torrdeposition med strängprovtagare. Naturvårdsverket finansierar en del av denna mätutrustning vid tio platser i landet, men ingen av dessa mätplatser ligger i Kronobergs län. Baserat på mätningarna vid dessa tio platser kan dock det totala kvävenedfallet till skog beräknas även för andra platser, där det endast finns mätningar av nedfall med nederbörden till öppet fält. Det totala kvävenedfallet till barrskog kan därför beräknas för länets mätplats Tagel. Genom att använda geografisk interpolation har det totala kvävenedfallet beräknats yttäckande för hela landet (Figur 7B).

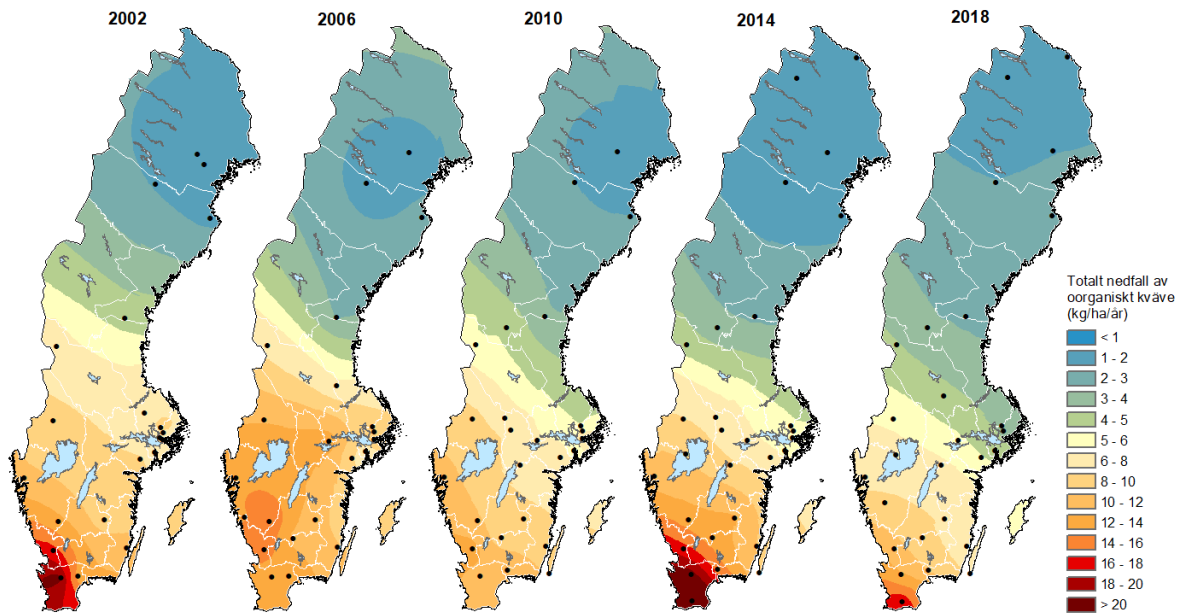
Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog i Sverige under det hydrologiska året 2018/19 varierade mellan 1 kg per hektar och år i norr och 21 kg per hektar och år i sydväst, Figur 7B. Detta är avsevärt högre än den uppmätta våtdepositionen av kväve på öppet fält, Figur 7A, framför allt i södra Sverige. Detta visar på vikten av att genomföra mätningar som gör det möjligt att beräkna totaldeposition av kväve till skog. Totaldepositionen överskred den kritiska belastningen för övergödande kväve i hela Götaland och i sydvästra delen av Svealand under det hydrologiska året 2018/19.

Det beräknade, årliga totala kvävenedfallet över Kronobergs län varierade under det hydrologiska året 2018/19 mellan 8 och 14 kg per hektar, med högst nedfall i de västra delarna (Figur 7B). Den kritiska belastningen för övergödande kväve till gran- och tallskog i Sverige, 5 kg per hektar och år (Moldan m.fl., 2011) överskreds därmed i hela Kronobergs län under 2018/19, och har gjort så under lång tid.



Figur 7. 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 8 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 (dit Kronobergs län i detta fall räknas) minskade signifikant, med 30 %, under perioden 2001–2018 (<http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/nedfall-av-kvave-till-barrskog/>). För hela Kronobergs läns del är minskningen 27 % (Pihl Karlsson m.fl., 2019). Under 2014 var kvävenedfallet i sydligaste Sverige mycket högt, något vi inte funnit någon förklaring till, vilket diskuteras i Karlsson m.fl. (2019).

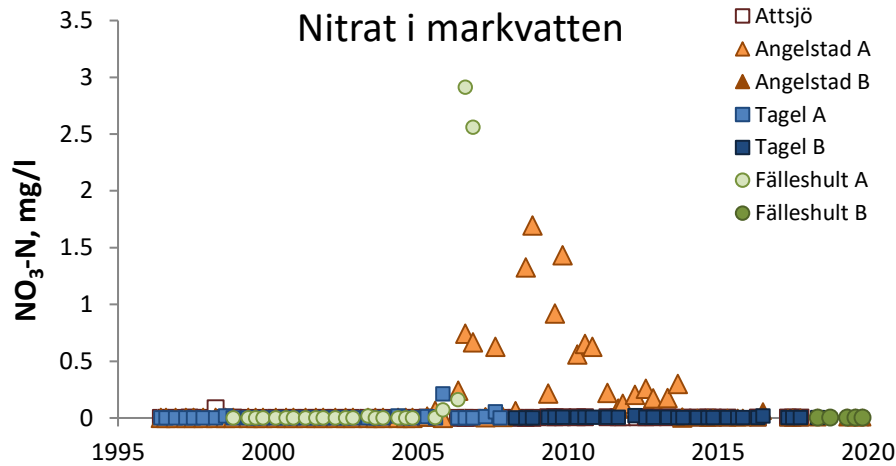


Figur 8. Geografiskt interpolerade kartor över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition) av oorganiskt kväve (NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>) under kalenderåren 2002, 2006, 2010, 2014 samt 2018. Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp och mätningar av torrdeposition med strängprovtagare enligt metodik i Karlsson m.fl. (2018a; 2019). 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 Läcker det kväve från skogarna i Kronobergs län?

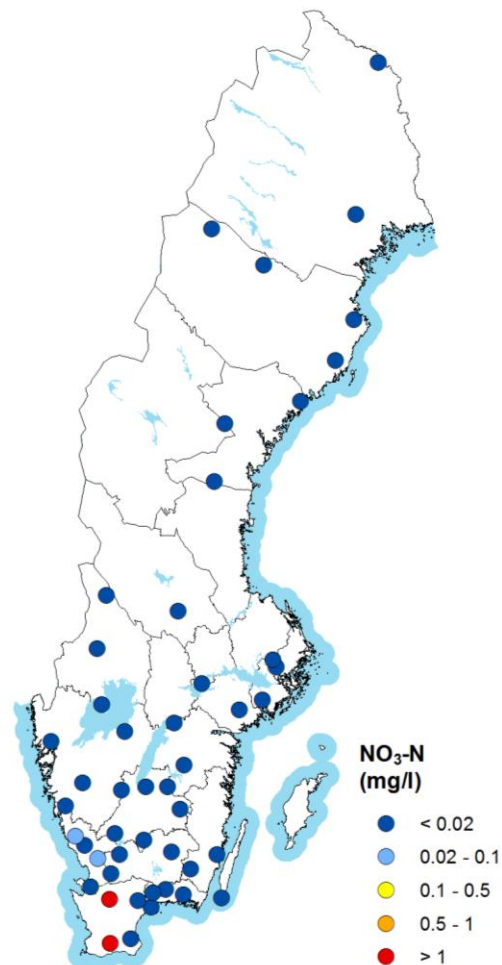
I Sveriges skogar tas vanligtvis nästan allt oorganiskt kväve upp av träd, övrig vegetation och mikroorganismer, med mycket låg utlakning från rotzonen som följd (Tamm, 1991). I sydvästligaste Sverige, framför allt i Skåne och Halland, har dock kraftigt förhöjda halter av nitrat-kväve uppmätts i markvattnet 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 som avverkning, storm eller insektsangrepp (Hellsten m.fl., 2015; Karlsson m.fl., 2018b).

Mätningar av nitratkvävehalter i markvatten ger en stark indikation på kvävestatusen i skogen. Mätresultaten från 2019 visas tillsammans med resultat från tidigare år, för alla nu aktiva mätplatser i Kronobergs län i Figur 9. Resultaten visar att det inte förekommer nitrat i markvattnet i ostörd, växande skog i Kronobergs län. Störningar, såsom stormarna Gudrun, 2005, och Per, 2007, ledde dock till tydliga förhöjningar av nitrathalter i markvattnet, exempelvis vid Angelstad och Fälleshult. Resultat från den nya krondroppsytan vid Fälleshult i sydvästra delen av länet tyder på att nitrat inte heller förekommer i markvattnet i granskogen vid denna plats, trots att den ligger i den del av länet som är mest utsatt vad gäller kvävenedfall. Dock ser man att halterna av nitratkväve steg kraftigt vid Fälleshult i samband med stormen Gudrun och avverkningen av den tidigare krondroppsytan 2006.



Figur 9. 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 sammanställning av data från samtliga nu aktiva Krondroppsytor i Sverige (Figur 10) visar att nitratkvävehalterna (angivet som median för åren 2017–2019) generellt har varit låga i hela Sverige under de senaste tre åren, med undantag av två mätplatser i Skåne, Stenshult och Hissmossa, där medianen översteg 1 mg per liter, vilket innebär en kraftig förhöjning. För alla provytor i Kronobergs län var medianvärdet för denna period under detektionsgränsen, precis som på flerparten av mätplatserna i Sverige.



Figur 10. Koncentrationen av nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar (2017–2019). Resultat från 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 kvävednedfall, men även skogsbruket bidrar eftersom träd tillväxt innebär försurning, som permanentas när biomassa skördas och förs bort från skogen. Utsläpp av svaveloxider ( $\text{SO}_x$ ) från industrin och från förbränning av kol och olja är den största orsaken till försurning av mark och vatten i Sverige. Vid låga pH uppträder aluminium som 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, också blir mer lösliga i marken och kan läcka ut till ytvattnet.

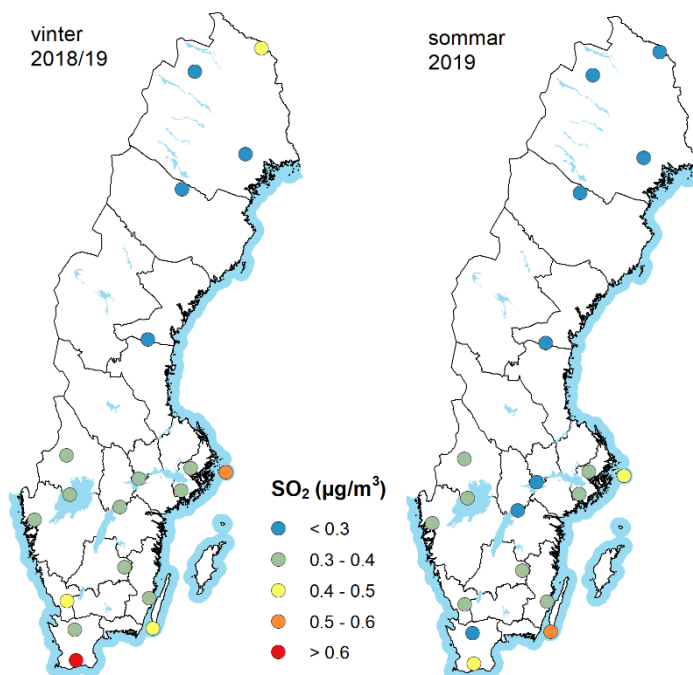
Jättatjärnen Fotograf: Per Erik Karlsson



Försurningen kvarstår som ett stort miljöproblem i Kronobergs län. Det bedrivs en omfattande kalkningsverksamhet i länet. Nedfallet av svavel över Kronobergs län har minskat kraftigt sedan 1990-talet, men trots det minskade sura nedfallet går återhämtningen från försurning i markvattnet i länets skogar långsamt.

### 3.1 Fortsätter lufthalterna av svaveldioxid att minska?

Det finns inga mätningar av lufthalter i Kronobergs län i Krondroppsnetets regi. I Figur 11 visas därför svaveldioxidhalterna under vinterhalvåret 2018/19 och sommarhalvåret 2019 vid övriga mätplatser inom Krondroppsnetet. Under vintern 2018/19 uppmättes högst SO<sub>2</sub>-halter vid de kustnära mätplatserna i södra och mellersta Sverige, Stenshult, på Romeleåsen i södra Skåne, Timrilt öster om Halmstad, Ottenby vid Ölands södra udde, samt vid Svenska Högarna i Stockholms yttre skärgård. Under sommaren 2019 var halterna generellt lägre, men fortfarande var halterna högst vid Stenshult, Ottenby och Svenska Högarna. I januari 2015 sänktes halterna av svavel i fartygsbränsle på Östersjön från 1% till 0,1 %. Lufthaltsmätningarna av svavel inom Krondroppsnetet 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.



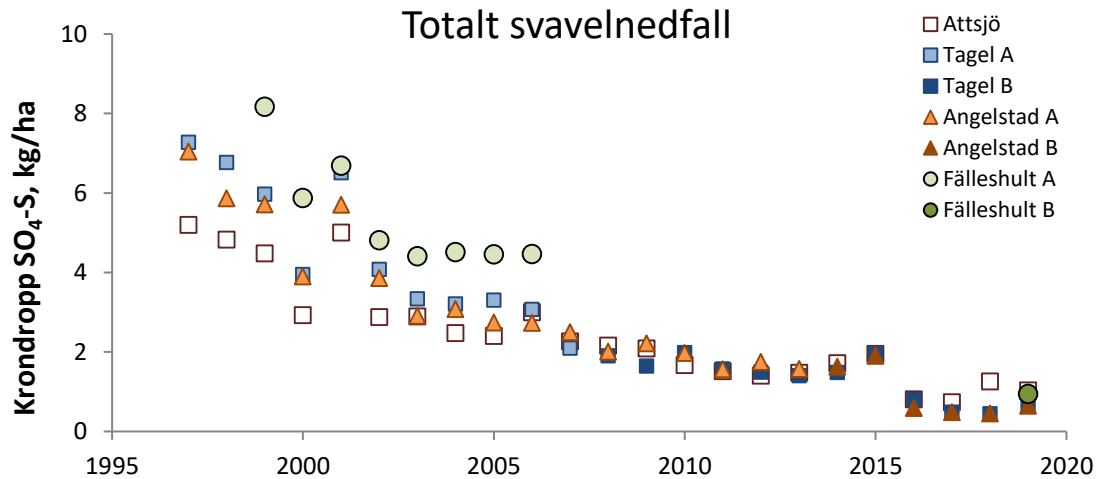
Figur 11. Lufthalter av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) som medelvärden för sommarrespektive vinterhalvår 2018/19 vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.

### 3.2 Fortsätter den minskande nedfallstrenden för svavel?

Svavelnedfallet via krondropp ger ett samlat mått på det totala svavelnedfallet till skog. Svavelnedfallet till skogen i Kronobergs län har minskat kraftigt sedan mitten av 1990-talet och minskningen är statistiskt säkerställd för samtliga nu aktiva skogsytor i länet (Figur 12). Under det hydrologiska året 2018/19 varierade svavelnedfallet mellan 0,5 och 1 kg per hektar och är vid de fyra mätplatserna i länet. Vid Fälleshult uppmättes ett svavelnedfall på 0,8 kg per hektar, vilket är betydligt lägre än depositionen på 4–5 kg per hektar som var aktuell när den tidigare ytan vid Fälleshut lades ner 2006. De fyra senaste åren har det totala svavelnedfallet vid mätplatserna i Kronobergs län varit under 1 kg per hektar, bortsett från Attsjö 2017/18, vilket troligtvis beror på en episod med förorenad luft som passerade Attsjö under februari och mars 2018. Minskingar av tillåten svavelhalt i fartygsbränsle, senast den 1 januari 2015 då gränsen sänktes från 1,0 till 0,1 % svavel, kan vara en delförklaring till de senaste årens låga värden.

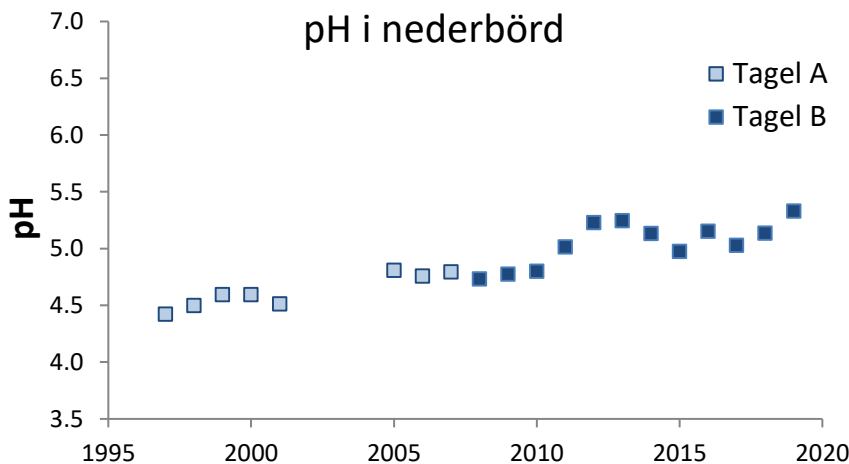
Svavelnedfallet har sedan 1996/97 minskat med 78 % vid Attsjö, 93 % vid Tagel och 89 % vid Angelstad. Vid Fälleshult (som har ett uppehåll i mätserien på 12 år) har svavelnedfallet minskat från 8 till 1 kg per hektar och år. Dessa nedfallsminskningar kan jämföras med att emissionerna av svaveloxider (SO<sub>x</sub>), mätt som SO<sub>2</sub>, har minskat med 77 % inom EU-28 och med 59 % i Sverige under kalenderårsperioden 2000–2017 (CEIP, 2020). Svavelnedfallet över Kronobergs län minskar således i ungefär samma takt som minskningarna av svavelutsläppen i Europa.

Som redan nämnts ovan har nedfallsmätningarna vid Tagel och Angelstad vid ett tillfälle vardera flyttats kortare sträckor. Ytan vid Fälleshult som avslutades 2008, återupptogs 2017 och flyttades några hundra meter. Analyserna av tidsserier för nedfall för dessa platser görs utan hänsyn till dessa förflyttningar, eftersom de troligen har liten betydelse.



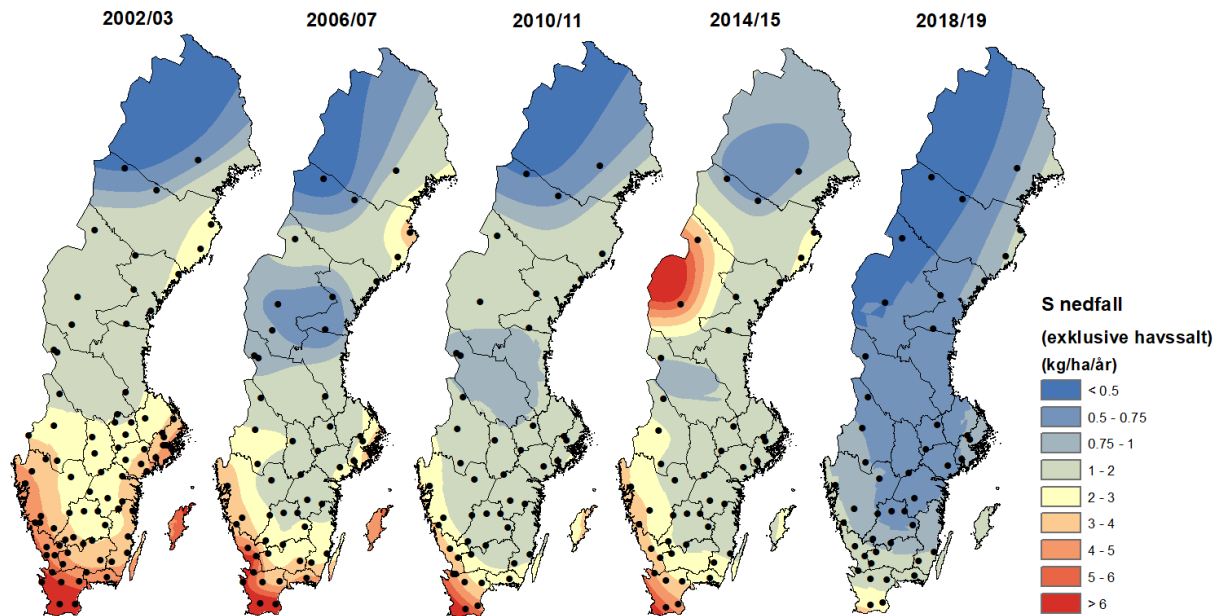
Figur 12. Årligt nedfall av svavel till aktiva provytor i Kronobergs län, mätt som kronddropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober-september. Mätningarna vid Tagel, Angelstad och Fälleshult har flyttats, vilket indikeras med olika symboler, A och B. Dessa tre ytor utgörs av granskog, medan ytan i Attsjö består av tallskog.

Minskat svavelnedfall återspeglas även i ökat pH i nederbörden. Under det senaste hydrologiska året uppmättes det högsta pH-värdet hittills i nederbörden vid Tagel sedan mätstarten. Mellan 1996/97 och 2018/19 har pH vid Tagel ökat signifikant med 17 % (Figur 13), främst som en följd av ett minskat svavelnedfall. Försurningsbelastningen via nederbörden har därför minskat.



Figur 13. pH i nederbörden vid Tagel. Nederbörden mäts månadsvis och pH-värdet medelvärdesbildas för hydrologiskt år, oktober-september. Mätningarna flyttades 1 oktober 2007, vilket indikeras med olika symboler för Tagel A och B.

Nedfallet av svavel till granskog i Sverige för vart fjärde år sedan 2002/03 visas i Figur 14. Det framgår att den högsta belastningen av svavelnedfallet har funnits i sydvästra Sverige. Skillnaderna över Sverige har dock minskat med åren. På kartan ser man tydligt det förhöjda svavelnedfallet som berodde på vulkanutbrottet på Island under 2014/15, framför allt i Jämtland (Hellsten m.fl., 2017).



Figur 14. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) med fyra års mellanrum under perioden 2002/03–2018/19 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).

Delar av Kronobergs län tillhör de områden i södra Sverige som har tagit emot störst nedfall av svavel och kväve, och är därmed ett av de mest försurningsdrabbade länen. Det bedrivs även ett omfattande skogsbruk i länet.

Markvattenmätningarna vid Tagel, Angelstad och Fälleshult har flyttats kortare sträckor. I motsats till nedfallsmätningarna, kan markvattenkemin variera avsevärt mellan närliggande platser. Därför behandlas tidsserierna vad gäller flyttade platser separat när det till exempel gäller statistiska analyser.

Resultaten för några olika parametrar som beskriver försurningstillståndet i markvattnet vid nu aktiva mätplatser, fram till och med 2019, visas i Figur 15–17. Vid Attsjö kunde endast ett prov tas under 2019 eftersom det var så torrt i marken, och för vissa parametrar, exempelvis oorganiskt aluminium, kunde provet inte analyseras. De mätvärden som finns för 2019 ligger i de flesta fall i linje med den tidigare tidsutvecklingen för de olika parametrarna, med undantag av pH, där både Attsjö och Angelstad noterade de lägsta pH-värdet sedan mätningarna påbörjades.

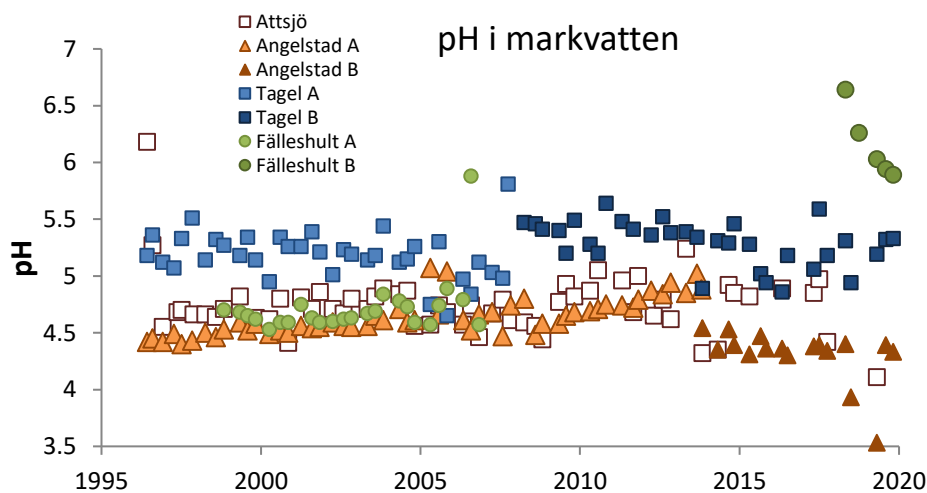
Markvattnets pH är ett mått på försurningen i markvattnet, som kan användas för att följa återhämtningsförloppet. Bedömningen av vid vilket pH som markvattnet kan anses försurat beror till viss del på jordens mineralinnehåll i området, halterna av organiska ämnen m.m. Ett pH <4,5 anses dock i de flesta fall indikera kraftig försurning. Enligt bedömningsgrunderna för försurad mark innebär pH under 4,4 hög surhet, medan pH 4,4–5,5 innebär måttlig surhet.

Även markvattnets ANC (syranutraliserande förmåga) används för att följa markvattnets återhämtningsförlopp. Ett negativt ANC innebär att det inte finns någon buffringskapacitet i markvattnet.

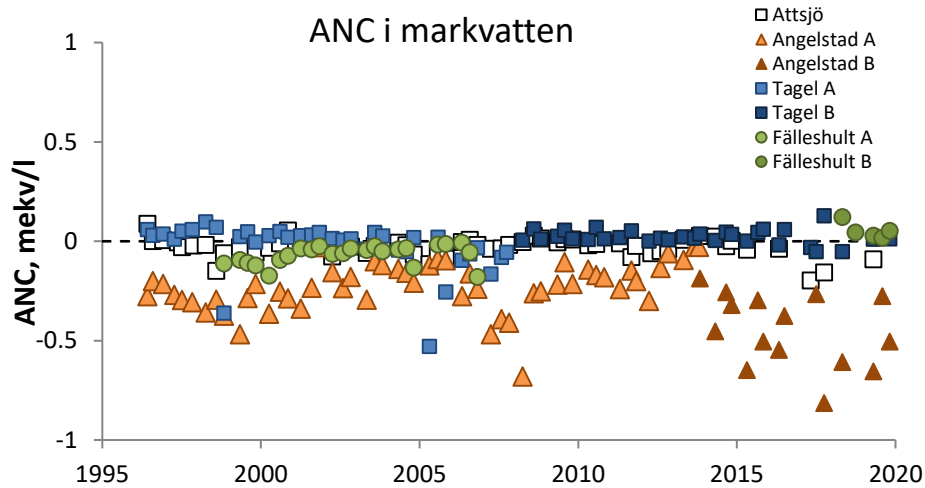
Markvattnet på mätplatserna i Kronobergs län har i flera fall låga värden för pH, lågt ANC (syranutraliserande förmåga) och förhöjda halter av oorganiskt aluminium. Både Angelstad och Attsjö uppvisade låga pH-värden i markvattnet under våren 2019, 3,5 respektive 4,1, vilket är den lägsta noteringen vid dessa mätplatser. En trolig förklaring till de låga pH-värdens är höga kloridhalter vid Angelstad och höga halter av sulfatsvavel vid Attsjö (se nedan). En annan delförklaring skulle kunna vara påverkan från det torra vädret 2018.

Bedömningen av tidsutvecklingen vad gäller försurningstillståndet i markvattnet kompliceras av att tre mätplatser har flyttats och det finns en lucka i mätningarna vid Fälleshult på 12 år. Den nya mätplatsen vid Angelstad uppvisar generellt en mycket sämre försurningsstatus jämfört med den gamla. Även vid Tagel var skillnaderna betydande mellan gamla och nya ytan, med högre pH vid den nya ytan. Den nya ytan Fälleshult uppvisar en bra status i markvattnet, med ett pH omkring 6, positiva värden på ANC och låga halter av oorganiskt aluminium i markvattnet.

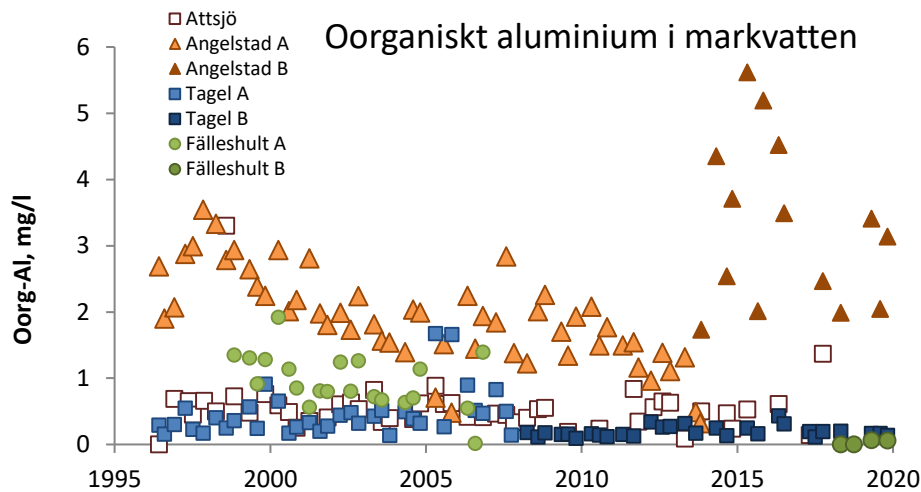
Det finns tecken på att försurningstillståndet i markvattnet vid tallytan i Attsjö försämrades under 2017, med lägre pH och ANC samt något förhöjda halter av oorganiskt aluminium. Under 2018 gick det inte att provta markvatten vid något tillfälle, och under 2019 kunde provtagningen bara göras vid ett tillfälle (våren) så ytterligare bedömningar av eventuella förändringar får göras när data från kommande år finns tillgängliga.



Figur 15. pH i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas tre gånger årligen, före, under och efter växetsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.



Figur 16. ANC (den syraneutraliserande 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 17. 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.

För att förstå de långsiktiga trenderna för markvattnets försurningsstatus kan tidstrender för svavel-, klorid- och nitratkvävehalter i markvattnet vara en bra utgångspunkt, som mått på konsekvenserna av svavelnedfall, havssaltsepisoder med efterföljande jonbyte, och överskott av kväve.

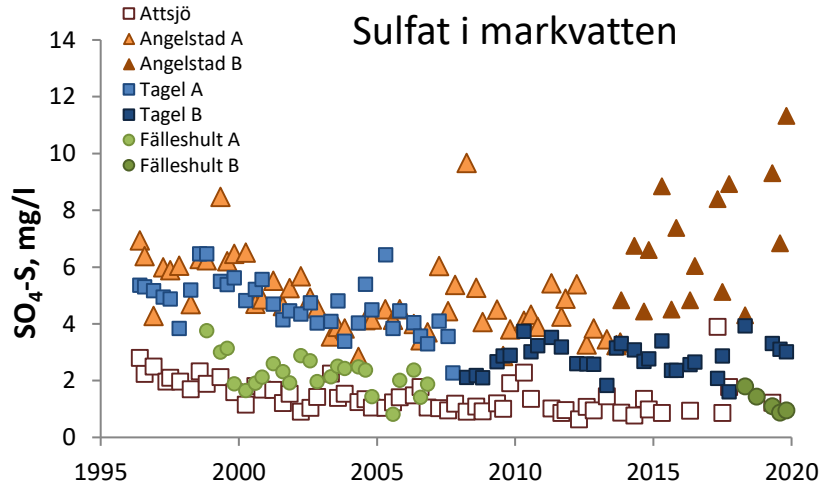
Normalt speglar tidsutvecklingen för svavelhalten i markvattnet det tidigare svavelnedfallet. Ofta finns dock skillnader i trenderna i nedfall och i markvattnet vilket till stor del beror på en fördröjning som orsakas av svaveladsorption/desorption i marken, som innebär att först försurningen, och sedan återhämtningen fördröjs.

De fyra mätplatserna i länet uppvisar en varierad bild av svavelhalten i markvattnet, Figur 18. I tallskogen i Attsjö har halterna av svavel i markvattnet varit relativt låga och minskat från drygt 2 mg per liter 1996 till omkring 1 mg per liter 2015. Under 2017 uppmättes dock den högsta halten någonsin under hela mätperioden (3,9 mg/l). Vad detta berodde på är oklart. Under 2018 gjordes inga provtagningar på grund av att det var för torrt i marken, men under 2019 kunde en provtagning genomföras, som visade att sulfathalterna åter var nere på låga nivåer (1,2 mg/l).

I Tagel är svavelhalterna i markvattnet omkring 3 mg per liter och till skillnad från den tidigare ytan vid Tagel så syns ingen nedgång. Den nya mätplatsen Angelstad B visar på relativt varierande och höga halter av svavel (4–11 mg/l). Under 2019 visade provtagningen vid Angelstad B på svavelhalter mellan 6,8 och 11,3 mg per liter. Innan ytan flyttades 2013 minskade svavelhalterna vid Angelstad signifikant från omkring 6 mg per liter

till 3 mg per liter (sedan 1996). Skillnaderna i svavelförekomst mellan de båda ytorna beror sannolikt på skillnader i markförhållanden.

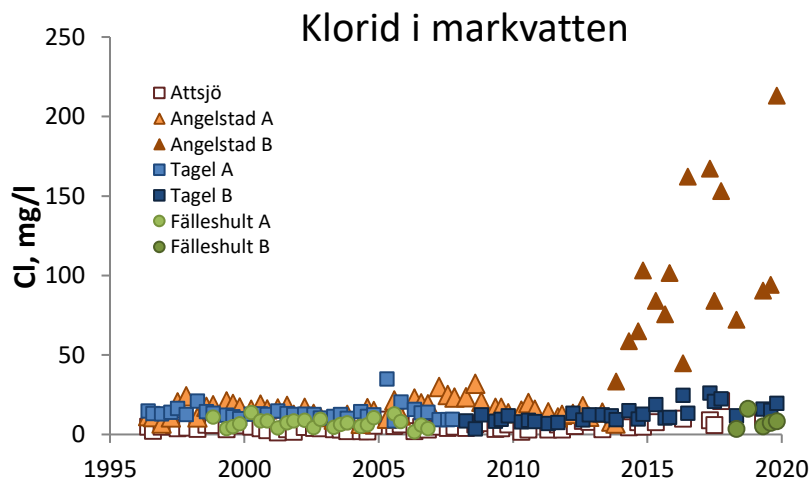
Vid den nya ytan vid Fälleshult B har halterna av svavel i markvatten varit mellan 0,9 och 1,8 mg per liter sedan mätstarten 2018. Detta är i nivå med mätvärdena vid den tidigare mätplatsen vid Fälleshult.



Figur 18. 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.

När man ska tolka försurningstrender är det viktigt att titta på många olika parametrar, däribland kloridhalten i markvattnet, eftersom det ger en indikation på havssalts-episoder, som kan orsaka surstötter. Främst orsakas detta av att natrium (Na+) i havssaltet byter plats med vätejoner, som leder till sänkt pH i markvattnet, och potentiellt även i ytvattnet om inte vattnet buffras på vägen mellan mark och vattendrag. Kloridhalter i markvattnet kan bli höga vid platser som utsatts för stormar som leder till havssaltsepisoder (Akselsson m.fl., 2013).

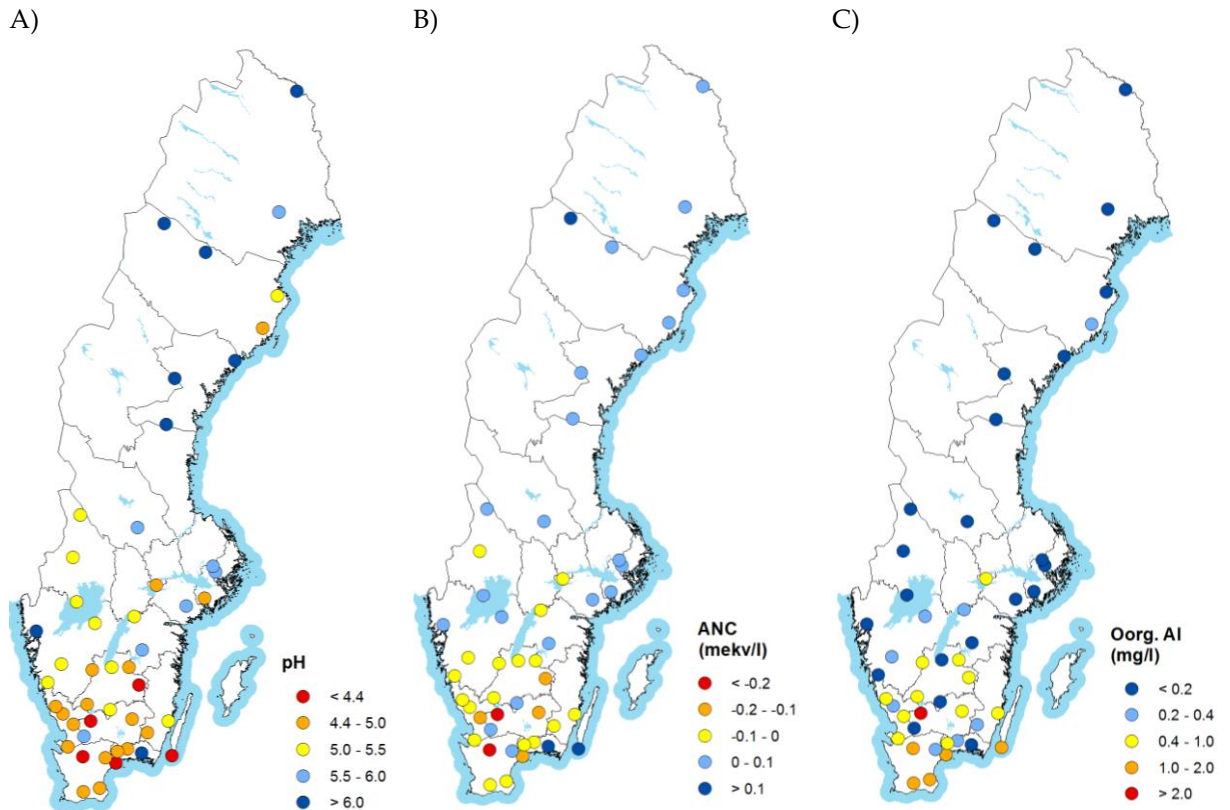
Halterna av klorid i markvattnet visas i Figur 19. Mätplatserna har uppvisat varierande kloridhalter, oftast mellan 5 och 25 mg per liter, med undantag av den nya provytan vid Angelstad där halterna av klorid i markvattnet är mycket höga och variabla. Detta bidrar till att förklara lågt pH i markvattnet vid denna provyta. Varför det är så höga halter av klorid i markvattnet vid den nya provytan i Angelstad, jämfört med den gamla provytan, är dock ännu okänt. Angelstad är dock den provytan i länet som ligger längst västerut och nedfallet av klorid i krondropp är ungefär tre gånger så högt vid Angelstad B, jämfört med Tagel B och Attsjö, och ungefär två gånger högre än vid Fälleshult.



Figur 19. 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.

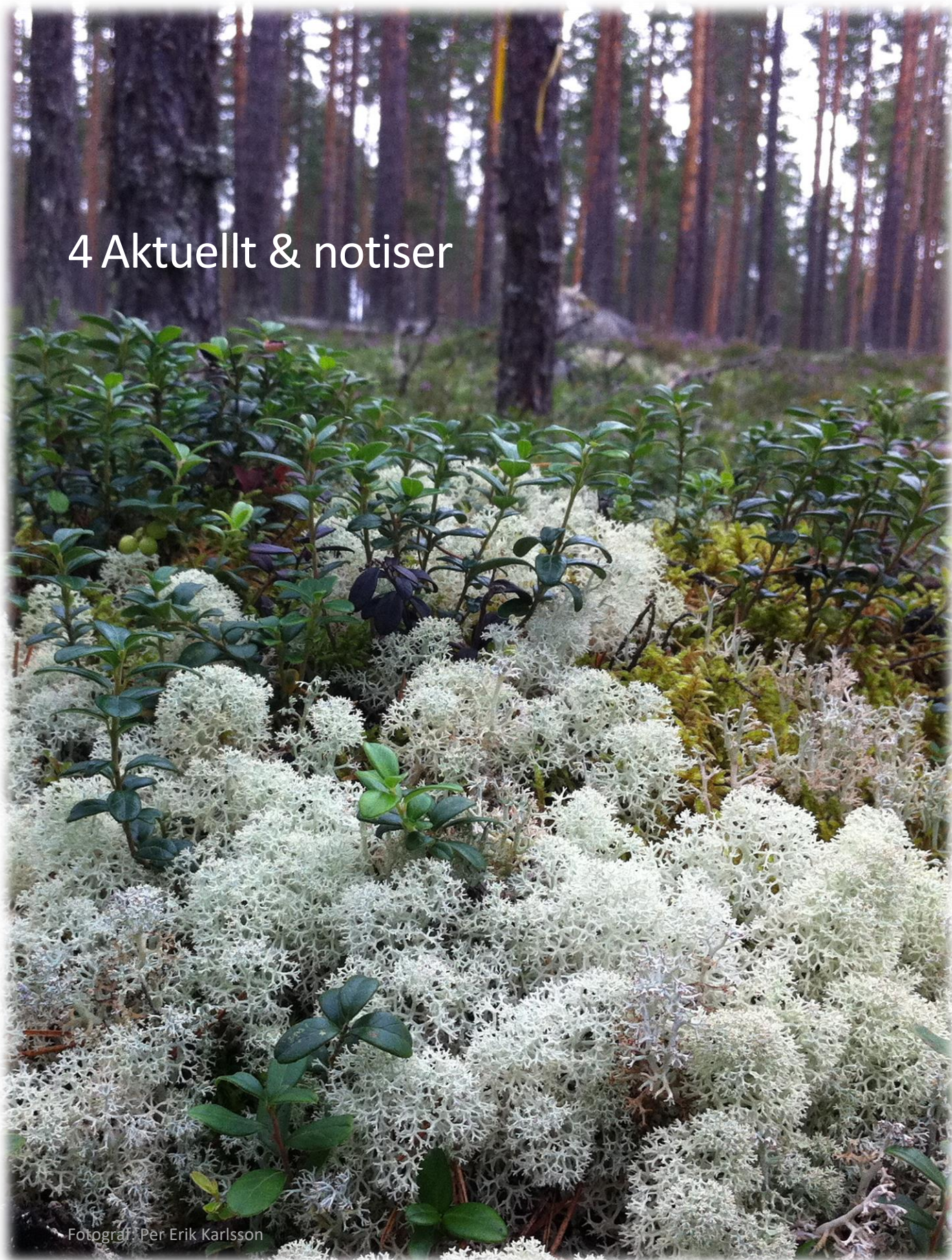
Markvattnets försurningsstatus i Kronobergs län, jämfört med resten av landet och angivet som median för åren 2017–2019, visar att Kronobergs län tillhör de län där markvattnet är mest försurningspåverkat (Figur

20). Situationen är likartad i kringliggande län. De fyra mätplatserna i Kronobergs län har medianvärden för pH som sträcker sig från under 4,4 till 6,0, vilket innebär samma nivå som flertalet mätplatser i Skåne, Blekinge och Halland, Figur 20a. ANC följer i stora drag pH-gradienten i Sverige, Figur 20b. ANC är negativt för samtliga mätplatser i Kronobergs län. De flesta av mätplatserna i Götaland uppvisar negativt ANC, i Svealand är ANC vanligtvis omkring noll, och i Norrland är det positivt. Även halten oorganiskt aluminium uppvisar en liknande gradient, Figur 20c. I Kronobergs län är medianvärdena 2017–2019 för oorganiskt aluminium väldigt varierande med låga värden vid Tagel och Fälleshult samt höga värden vid Angelstad.



Figur 20. pH (A), ANC (B) och Oorg AI (C) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondropps nätet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren (2017–2019). ANC i avrinnande vattnet bör vara betydligt över noll när det når vattendragen. Resultat för ytor med mindre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats eller gödslets 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.

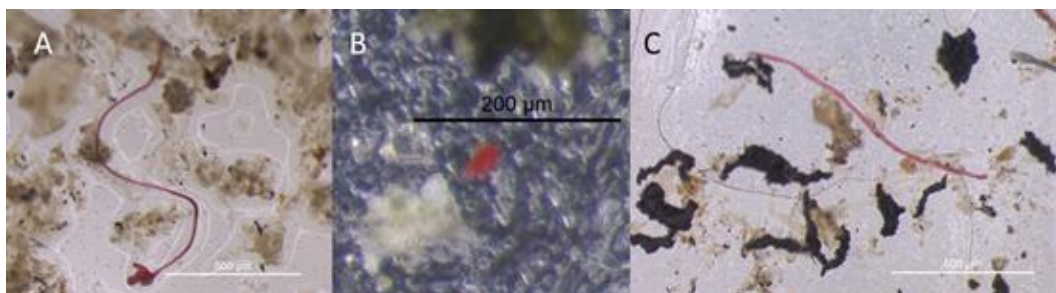
Som en del av denna påbörjades under 2018 en fördjupad revision inom Programområde Luft, som omfattade delprogrammen Försurande och övergödande ämnen i luft och nederbörd, Krondroppsnetet-NV och MATCH-Sverigesystemet. Med Naturvårdsverket-NV avses den del av Krondroppsnetet som finansieras av Naturvårdsverket. 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 21. Resultaten visar att mikrokräpppartiklar kan transporteras med luften till områden långt bort från utsläppskällorna. Även gummipartiklar från fordonsdäck återfanns i proverna.



Figur 21. Mikrokräpppartiklar från prover med atmosfäriskt nedfall. A) Röd plastfiber; B) rött plastfragment; C) gummifragment från fordonsdäck (styrenbutadiengummi, SBR) och icke-syntetiska textiltillfibrer.

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 Krondroppsnätet. 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 Krondroppsnätet, 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 PM<sub>10</sub> 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 Krondroppsnätet, 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 Krondroppsnätet 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 problematiken 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 Krondroppsnätet 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. (2019)**, 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 Krondroppsnätet 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 Krondroppsnätets samtliga medlemmar för gott samarbete.

## 6 Referenser

- 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
- CEIP. 2020. Emissionsdata är hämtade från:  
[http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/webdab\\_emepdatabase/reported\\_emissiondata/](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 SO<sub>2</sub>-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 Kronobergs län

Fotograf: Per Erik Karlsson

Inom Krondroppsnetet bedrivs mätningar vid fyra mätplatser i Kronobergs län (Tabell B1.1).

**Tabell B1.1.** Aktiva mätplatser i Kronobergs län 2018/19.

Mätplats	Dominerande trädslag	Öppet fält	Krondropp	Markvatten
Fälleshult (G 18)	Gran		X	X
Attsjö (G 21)	Tall		X	X
Tagel (G 22)	Gran	X	X	X
Angelstad (G 23)	Gran		X	X

Undersökningarna är ett resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Elis Bengtsson.

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.



Mätplatser som ingår i denna rapportering för Kronobergs län. Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).

**Angelstad (G 23)**

Yta sydost om Bolmen med 79-årig granskog. På samma sätt som för Attsjö och Tagel startade mätning av deposition och markvatten i maj 1996. Krondroppsytan vid Angelstad skadades av stormarna Gudrun och Per. Dessutom uppstod nya stormfällen vid ett antal tillfällen följande år. Krondroppsytan flyttades därför något hundratal meter åt sydost i mitten av oktober 2013.

**Attsjö (G 21)**

Yta med 99-årig tallskog två mil öster om Växjö. Beståndet ligger i ett plant område. Precis som i Angelstad och Tagel startade mätningarna i maj 1996.

**Tagel (G 22)**

Yta i 94-årig granskog nordväst om Alvesta. Depositions- och markvattenmätningarna startade 1996. Mätningar på öppet fält avslutades i december 2001, men återupptogs i januari 2004. Krondropps- och markvattenmätningarna flyttades hösten 2007, på grund av barkborreangrepp som uppkom efter stormen Gudrun. Den nya ytan ligger ca 800 m sydost om den gamla ytan i en granskog med ungefär samma ålder som den gamla.

**Fälleshult (G 18B)**

En nystartad granyta i västra delen av länet, ca 10 km väster om Strömsnäsbruk. Ytan ligger några hundra meter väster om den tidigare krondroppsytan vid Fälleshult som var aktiv mellan 1999 och 2008, då den avverkades efter stormskador. Den nya ytan startade upp i november 2017 och mätningarna påbörjades i december 2017. På ytan växer ca 35-40 år gammal granskog, med inslag av några få tallar. Ytan är småkuperad och relativt fuktig.





IVL Svenska Miljöinstitutet AB // Box 210 60 // 100 31 Stockholm  
Tel 010-788 65 00 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)