

Försurning och övergödning i Hallands län

Resultat från Krondroppsnetet till och med 2022/23



LUNDS
UNIVERSITET



SVENSKA
MILJÖINSTITUTET

Rapportnummer: C847

I samarbete med: Lunds universitet

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

Medel från: Länsstyrelsen i Hallands län

Granskare: Karin Söderlund

Godkännare: Karin Sjöberg

ISBN: 978-91-7883-604-8

Sammanfattning

På uppdrag av Länsstyrelsen i Hallands län genomför IVL Svenska Miljöinstitutet, i samarbete med Lunds universitet, mätningar av lufthalter, atmosfäriskt nedfall och markvattenkemi i Hallands län. Mätningarna sker inom ramen för Krondroppsnätet (<http://www.krondroppsnatet.ivl.se/>).

Hallands län har varit medlem i Krondroppsnätet sedan 1987. I denna rapport redovisas resultaten från aktiva mätningar i länet under det hydrologiska året (oktober till och med september nästkommande år) 2022/23, tillsammans med resultat från tidigare års mätningar. Resultaten redovisas även i förhållande till mätningar vid övriga mätplatser inom Krondroppsnätet. Mätningarna ger en bra bild över försurningsläget och kvävesituationen i Hallands län.

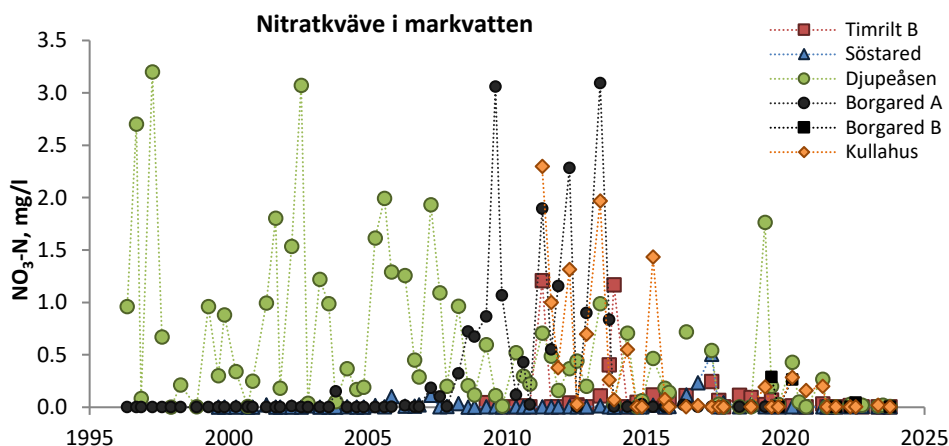
Under det hydrologiska året 2022/23 bedrevs mätningar vid fem platser i länet, från Kullahus på Hallandsåsen i söder till Söstared i nordligaste Halland.

Utöver en redovisning av mätresultaten från Krondroppsnätet redovisas i rapporten även resultat från andra Krondroppsnätsrelaterade projekt, samt aktuella händelser från 2023 som är relevanta ur Krondroppsnätets synvinkel.

Kvävenedfallet minskar men är fortfarande över kritisk belastning

Vid mätplatsen i Timrilt var det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve 10 kg/ha under 2022/23, vilket är det lägsta värdet som uppmätts sedan mätstarten 1996. Kvävenedfallet har minskat under den senaste 20-årsperioden. Vid Timrilt har det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve minskat med 40 % sedan 2001/02. Trots minskningen är nedfallet vid Timrilt fortfarande högre än den kritiska belastningsgränsen för barrskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år.

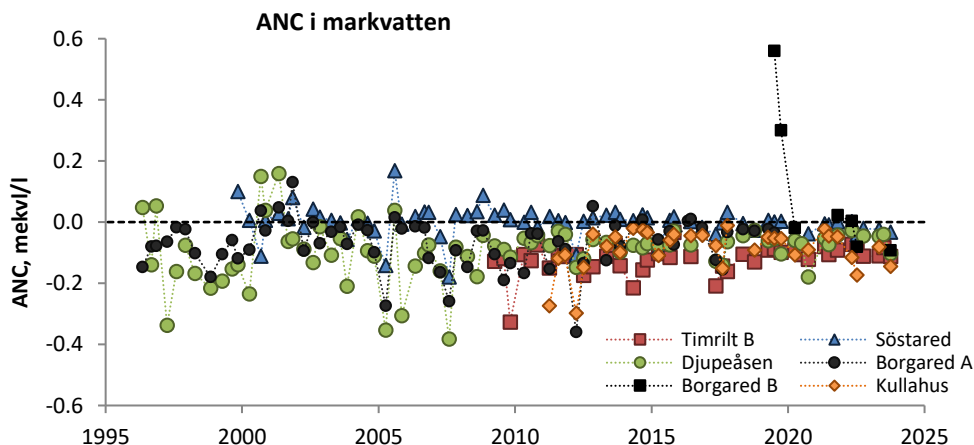
Tydligt förhöjda halter av nitrat (halter över detektionsgränsen) har regelbundet förekommit i markvattnet i växande, ostörd skog i Halland (figur nedan), och stormskador från Gudrun (2005) och Per (2007), har ytterligare ökat på nitratkvävehalterna i markvattnet, exempelvis vid Borgared. Halterna av nitrat i markvattnet har dock minskat vid flera platser, både i ostörd och stormskadad skog, och halterna under de tre senaste åren har varit låga. Kväve som inte tas upp av skogsekosystemen kan orsaka ett diffust läckage till grund- och ytvatten, vilket i sin tur kan bidra till fortsatt försurning av mark- och ytvatten. Läckande kväve från skogsmarken bidrar även till övergödning av sjö- och kustvatten.



Svavelnedfallet har minskat kraftigt, men återhämtningen går långsamt

Svavelnedfallet i Halland har historiskt sett varit mycket högt, vid vissa platser i slutet av 1980-talet upp mot 30 kg per hektar och år. Nedfallet av svavel har dock minskat kraftigt. I länets norra del var svavelnedfallet i början av 1990-talet cirka 12 kilo per hektar och år. Under 2022/23 var svavelnedfallet som högst strax över 1 kg per hektar.

Markvattnet på 50 cm djup vid de skogliga mätplatserna i Halland är fortfarande försurat, med låg buffringskapacitet (ANC), se figur nedan. Det finns dock tecken på återhämtning från försurning, med ökande pH och ANC, samtidigt som halterna av toxiskt oorganiskt aluminium minskar. Fortfarande ligger ANC under noll vid samtliga mätplatser i länet. Att det vatten som lämnar skogsmarken har dålig buffringskapacitet kan vara en förklaring till den långsamma återhämtningen från försurning i sjöar och vattendrag i Halland.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?	6
2 Kväve och övergödning	9
2.1 Lufthalter av kväve	9
2.2 Kvävenedfall	13
2.3 Kväve i markvattnet	16
3 Försurning	19
3.1 Lufthalter av svaveldioxid	19
3.2 Svavelnedfall	21
3.3 Försurningen i markvattnet	23
4 Aktuellt och notiser	29
4.1 Ny webbplats för Krondroppsnetet	29
4.2 Byte av analysmetod för organiskt kväve	29
4.3 Norsk-svensk försurnings- och kalkningskonferens, november 2023	30
4.4 Krondroppsnetet bidrar till en nytukommen bok om atmosfäriskt nedfall av kväve och dess effekter på skog	31
4.5 Världens största skogskonferens - IUFRO-konferensen - till Stockholm 2024	31
4.6 Europeisk jämförelse av mätresultat	32
4.7 Skärpt lagstiftning för renare luft i Europa	33
4.8 Miljötilståndet i Jämtlands fjällvärld	34
4.9 Luftvårdsförbund i sydost har ny gemensam webbplats	34
4.10 Vetenskapliga artiklar där resultat från Krondroppsnetet använts	35
4.10.1 Ny artikel från Krondroppsnetet	35
4.10.2 Påverkan på årlig stamtillväxt vid krondroppsytor	36
4.10.3 Vilken roll spelar pollen i krondropp?	36
4.10.4 Hur bidrar nitrifikationen i träd Kronorna till skogens kvävecykel?	37
5 Tack	38
6 Till minne	40
7 Referensförteckning	41
Bilaga. Mätplatserna i Hallands län	44

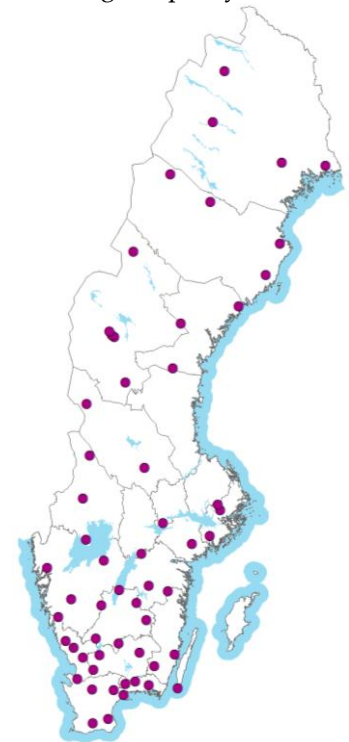
1 Krondroppsnetets mätningar – var, när och hur?

Inom Krondroppsnetet genomfördes under det hydrologiska året 2022/23 mätningar vid 57 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 övergödningsproblematiken.

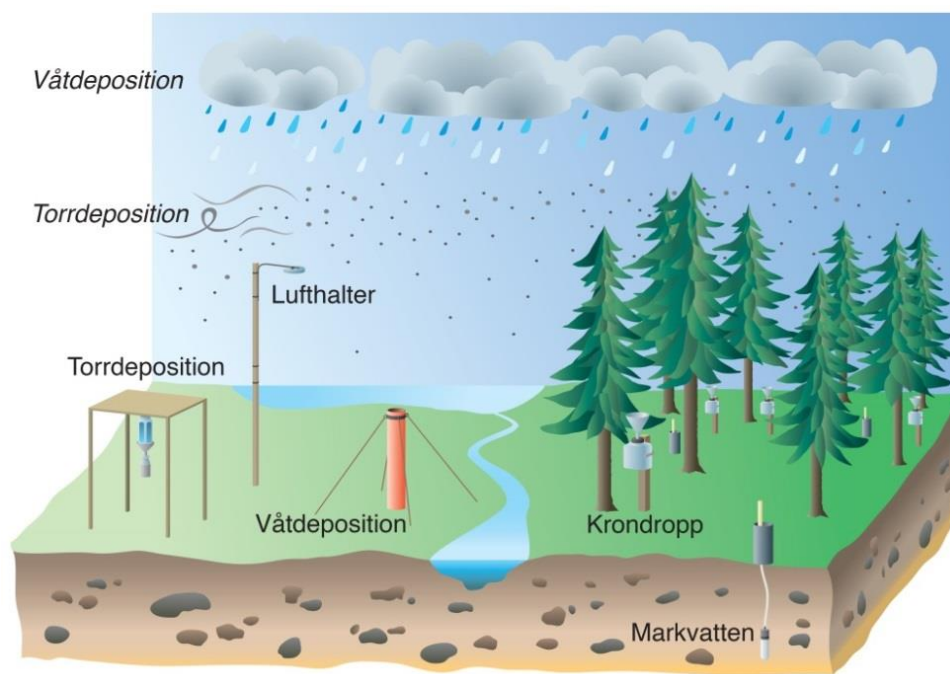
Genom åren har antalet mätplatser inom Krondroppsnetet varierat, som mest fanns i mitten av 1990-talet cirka 185 ytor. Då övervakningen sker i brukad skog har provytor flyttats vid avverkning samt efter kraftiga störningar, till exempel vid omfattande stormskador. Idag bedrivs mätningar på 57 platser 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 trädkronorna, 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 laboratorierna 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 2022/23.



Figur 2. Inom Krondroppsnätet mäts lufthalter, våt- och torrdeposition samt markvattenkemi. Nedfallet mäts dels på öppet fält, dels under trädkronorna 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 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 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 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 krondroppsmätningarna ger ett bra mått på det samlade nedfallet endast för ämnen som inte samverkar med träd-kronorna, 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

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.



Foto: krondroppsprovtagare



markvattenutrustning

Kemin i markvattnet mäts under trädens rötter för att undersöka effekter av nedfall på skogsmarkens reaktion. Provtagningen görs med hjälp av undertryckslysimetrar som suger vatten i mineraljorden på 50 centimeters djup.

Data från Krondroppsnetet är fritt tillgängliga från Krondroppsnetets webbplats: <http://www.krondroppsnetet.ivl.se/>. På webbplatsen finns även samtliga kontaktuppgifter.

2 Kväve och övergödning

Utsläpp till luft av kväveoxider (NO_x), främst från transporter och industri, tillsammans med utsläpp av ammoniak (NH₃), främst från jordbruket, leder till atmosfäriskt nedfall av kväve som kan bidra till både övergödning och försurning av mark och vatten.

Miljö kvalitetsmålet "Ingen övergödning" nås inte i Hallands län till 2030 och miljö tillståndet bedöms vara oklart (Länsstyrelsen Hallands län, 2024). I Halland är främst vattendrag och kustvatten påverkade av övergödning. Generellt visar statusen i länets ytvatten inga tydliga tecken på förbättring. En långsiktig satsning på åtgärdsarbete bedöms vara en förutsättning för att målet ska kunna nås. Påverkan av luftburet kväve från svenska och internationella källor bidrar till övergödningen. Kvävenedfallet till skog i Hallands län har minskat men fortfarande överskrider den kritiska belastningsgränsen för granskog i Sverige, 5 kg kväve per hektar och år, i hela länet.

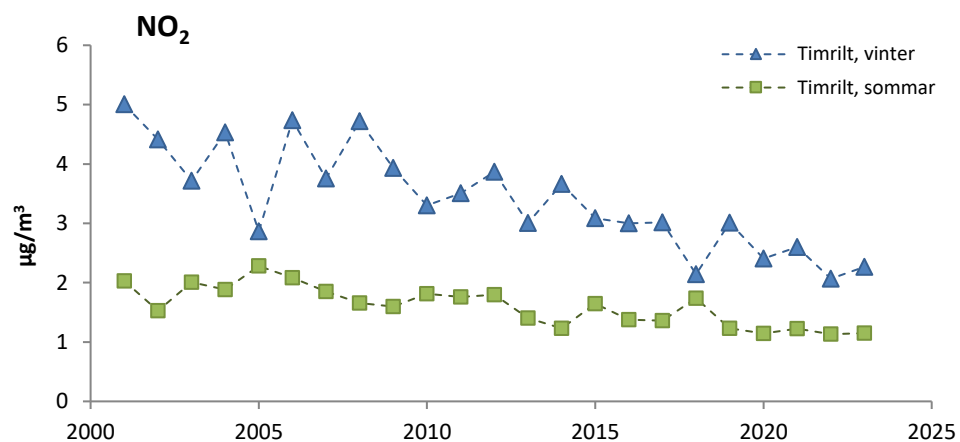
Mätningarna av markvattenkemin i skogsmarken i Halland visar att många års kväveackumulering i skogarna i länet har lett till kväveutlakning i ostörda skogar, speciellt i skogar som drabbats av stormskador. Halterna av nitrat i markvattnet har dock under de senaste åren varit lägre än tidigare, sannolikt beroende på att kvävenedfallet har minskat och effekterna från stormarna har avtagit. Det kväve som inte tas upp av skogsekosystemen kan transporteras vidare och bidrar till ett diffust läckage av kväve till grund- och ytvatten.

2.1 Lufthalter av kväve

Mätningar av lufthalter i bakgrundsmiljön spelar en viktig roll för att bekräfta att luftföroreningarna över Sverige minskar i takt med de rapporterade minskade utsläppen av långväga transporterade luftföroreningar från både Sverige och Europa.

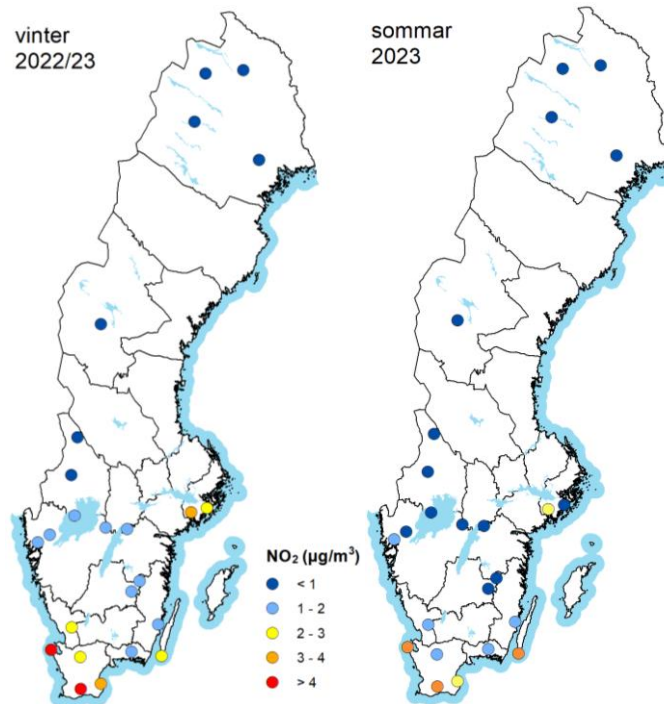
I Hallands län finns sedan 2001 månadsvisa mätningar av lufthalter av kvävedioxid (NO₂, Figur 3) och ammoniak (NH₃, Figur 5) vid Timrilt. Observera att under sommarhalvåret 2023 skedde en felaktig provpreparering av vissa NO₂-provtagare varför månadshalterna vid Timrilt för augusti och september i stället har uppskattats utifrån relationen till närliggande korrekta mätningar i Skåne.

Lufthalterna av NO₂ är generellt högre vintertid än sommartid. Sedan 2001 har lufthalterna av NO₂ vid Timrilt minskat med 53 % vintertid och 45 % sommartid. Utsläppen av NO_x från EU-27+UK har under perioden 2001–2021 minskat med 54 % medan utsläppen från Sverige har minskat med 45 % (CEIP, 2024). Lufthalterna av NO₂ vid Timrilt har således minskat i linje med minskningen av rapporterade utsläpp av kväveoxider från såväl Sverige som från EU som helhet.



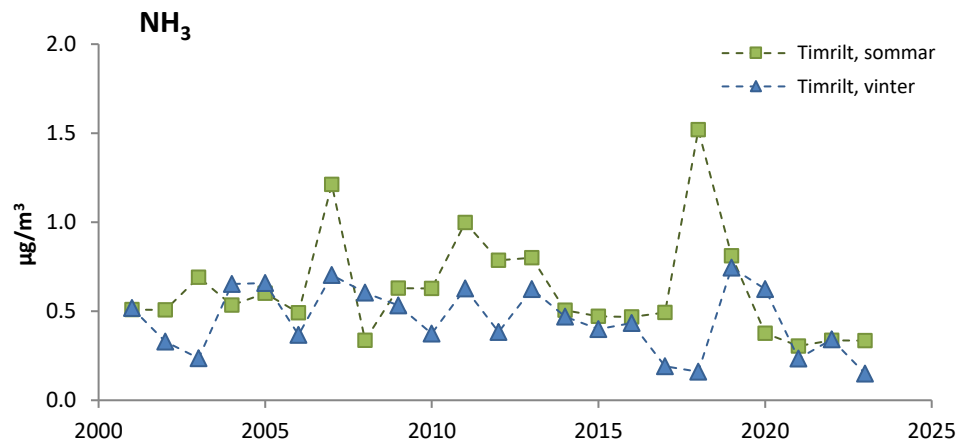
Figur 3. Lufthalter av NO₂ i bakgrundsluft vid Timrilt, beräknat som årsvisa medelhalter separat för sommarhalvåret och vinterhalvåret. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars. Observera att under sommarhalvåret 2023 skedde en felaktig provpreparering av vissa NO₂-provtagare varför månadshalterna för augusti och september har uppskattats utifrån närliggande korrekta mätningar.

I Figur 4 visas lufthalterna av kvävedioxid vid alla platser med lufthaltsmätningar inom Krondroppsnetet. Högst halter av kvävedioxid (NO₂) uppmättes vintertid i Skåne och i Stockholmsregionen. Halterna av NO₂ är generellt lägre sommartid (med undantag av Ottenby på Öland) och fördelningen över landet är likartad som på vintern.



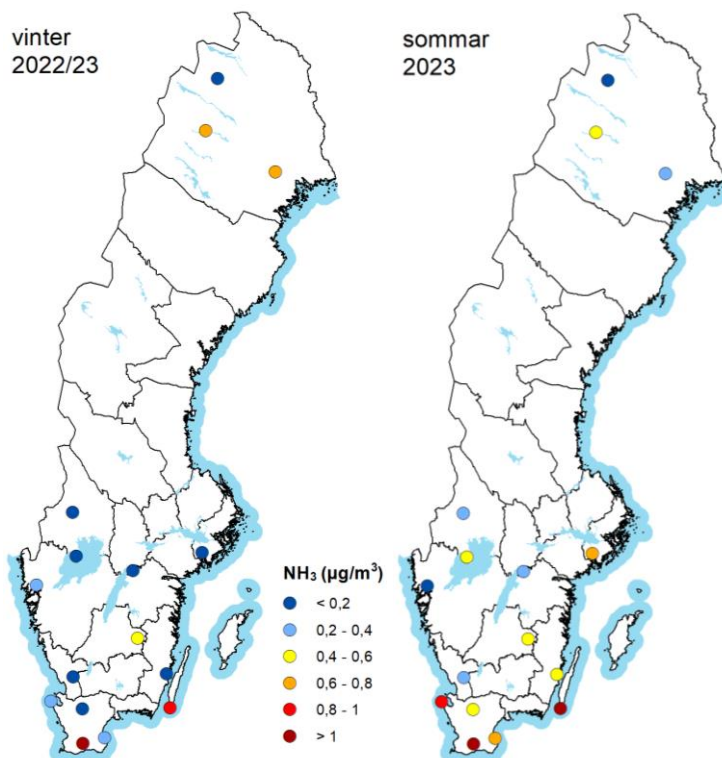
Figur 4. Lufthalter av kvävedioxid (NO₂) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Vidare visas resultat från sju mätplatser inom det nationella mätnätet SveLod (två i Västra Götalands län, en vardera i Blekinge, Kalmar, Stockholms, Norrbottens och Värmlands län). Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september. Observera att under sommarhalvåret 2023 skedde en felaktig provpreparering av vissa NO₂-provtagare varför månadshalterna vid ett flertal mätplatser för några månader i slutet av sommarhalvåret 2023 har uppskattats utifrån relationen till närliggande korrekta mätningar.

Ammoniak (NH₃) deponeras nära utsläppskällorna eftersom depositions- hastigheten för ammoniak är hög. Det innebär att lufthalterna i bakgrundsmiljön vanligtvis är låga. Gasformigt NH₃ har en hög depositions- hastighet och transporteras därför inte lika långt från utsläppskällan jämfört med kväveoxider. NH₃ kan dock relativt snabbt omvandlas till partikelformigt NH₄, som kan transporteras betydligt längre. Lufthalterna av NH₃ vid Timrilt är något högre under sommar-, jämfört med vinterhalvår, se Figur 5. Lufthalterna av NH₃ på kalenderår har inte förändrats sedan 2001 vid Timrilt medan de rapporterade utsläppen av NH₃ från både EU-27+UK och Sverige 2001–2021 har minskat med 14 % (CEIP, 2024).



Figur 5. Lufthalter av NH₃ i bakgrundsluft vid Timrilt, beräknat som årsvisa medelhalter separat för sommar och vinterhalvår. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.

I Figur 6 visas halterna av NH₃ under vintern 2022/23 och sommaren 2023 vid alla mätplatser inom Krondroppsnetet. Högst halter uppmättes vid Stenshult i Skåne, både under vintern och sommaren, troligtvis kopplat till utsläpp från djurhållning och gödsling inom jordbruket. Även vid Ottenby på Ölands södra udde var halterna höga, både under sommar- och vinterhalvåret. Höga halter under vinterhalvåret vid ett par ytor i norra Sverige kan troligtvis härstamma från småskalig vedförbränning vintertid.



Figur 6. Lufthalter av ammoniak (NH_3) som medelvärden för vinter- respektive sommarhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnätet i Sverige. Vinterhalvåret omfattar oktober till mars och sommarhalvåret omfattar april till september.

2.2 Kvävenedfall

Kväve är ett av de ämnen där det, baserat enbart på mätningar av krondropp, inte går att direkt mäta det totala atmosfäriska nedfallet till skogen, inklusive både torr- och våtdeposition, eftersom en del av det deponerade kvävet tas upp direkt av trädkronorna och därför inte når insamlarna för krondropp under träden. För att beräkna det totala nedfallet av oorganiskt kväve (summan av nitrat och ammonium) till skogen krävs därför samlokaliserad mätutrustning för nederbörd till öppet fält, krondroppsmätningar samt mätningar av torrdeposition med strängprovtagare (Karlsson m.fl., 2022). Denna typ av samlokaliserade mätningar finns vid elva mätplatser runt om i Sverige, varav en vid Timrilt i Hallands län.

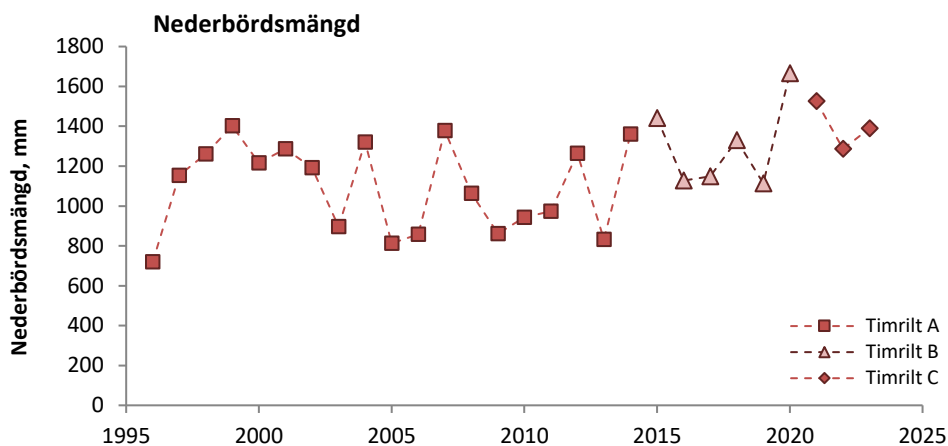
Nederbördsmängderna påverkar storleken på det atmosfäriska nedfallet, och variationer i nederbörden kan därför påverka tidsutvecklingen av kvävenedfallet. Timrilt ligger i det inre av Halland där nederbördsmängderna är höga. Nedfalls-mätningarna på öppet fält har bedrivits vid Timrilt sedan 1996. Mätplatsen har

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I HALLANDS LÄN

Resultat från Krondroppsnetet till och med 2022/23

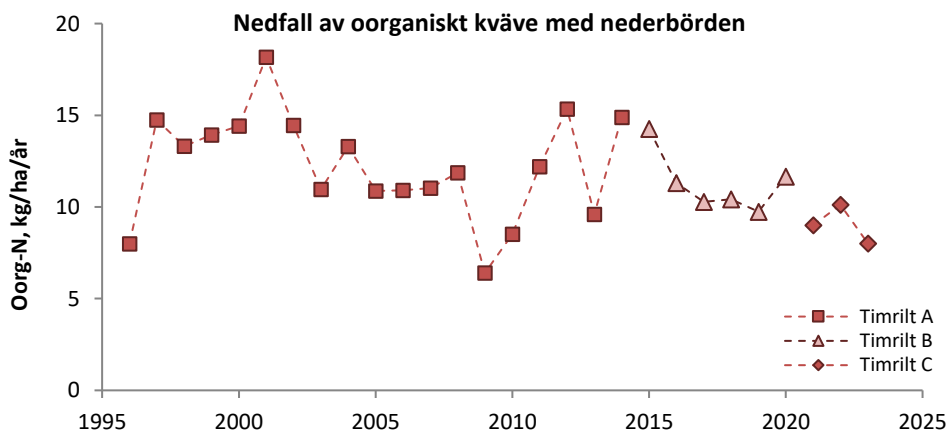
Juni 2024

flyttats en kort sträcka vid två tillfällen, februari 2015 och i december 2020, men tidsserien har bedömts kunna behållas intakt. Nederbördsmängderna vid Timrilt har under 2000-talet ökat statistiskt säkerställt med 44 % (Figur 7).



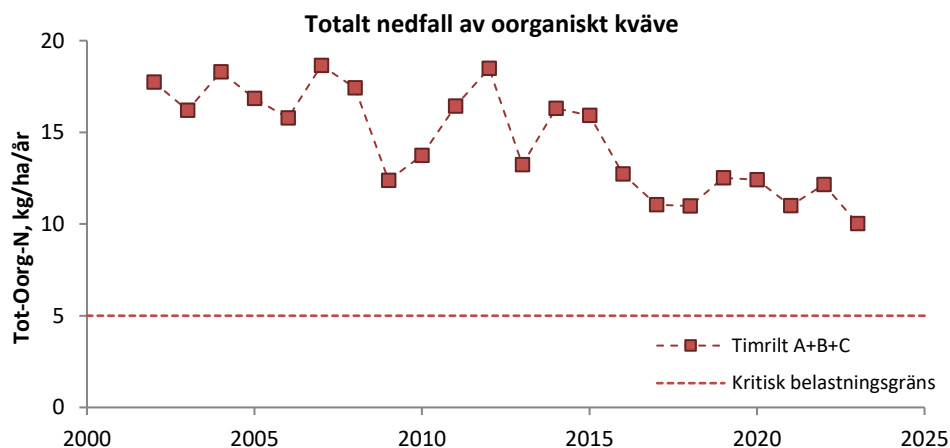
Figur 7. Uppmätta nederbördsmängder vid Timrilt baserat på hydrologiskt år. Mätningarna vid Timrilt flyttades i februari 2015 och december 2020.

Vid Timrilt har det oorganiska kvävenedfallet med nederbörden till öppet fält, vilket motsvarar vätdepositionen, varierat mellan 6,4 och 18,2 kg per hektar och år under mätperioden 1995/96–2022/23, Figur 8. Under det hydrologiska året 2022/23 uppmättes ett nedfall på öppet fält vid Timrilt på 8,0 kg oorganiskt kväve per hektar, vilket är den tredje lägsta noteringen sedan mätstarten. Det uppmätta kvävenedfallet med nederbörden vid Timrilt har under perioden 2000/01–2022/23 minskat statistiskt signifikant med 27 %.



Figur 8. Årligt nedfall av oorganiskt kväve med nederbörden till öppet fält vid Timrilt, baserat på hydrologiskt år.

Vid Timrilt har det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve minskat signifikant med 40 % sedan 2001/02, se Figur 9. Under det senaste hydrologiska året uppmättes det lägsta nedfallet under mätserien, 10,0 kg/ha, vilket kan jämföras med de högsta noteringarna på över 18,5 kg/ha som uppmättes 2006/07 samt 2011/12, se Figur 9. Även om kvävenedfallet vid Timrilt har minskat, så är det fortfarande högre än den kritiska belastningsgränsen för kvävenedfall till barrskog. Nedfallet vid Timrilt är också högt i förhållande till andra mätplatser i Sverige. Under 2022/23 var det endast Stenshult i Skåne som hade ett högre mätvärde för kvävenedfall på 15,4 kg/ha, se Figur 10B.



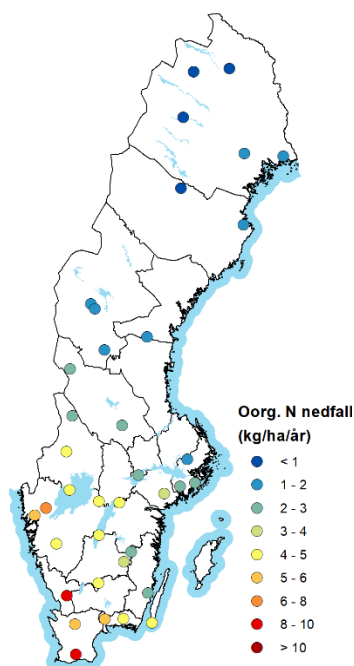
Figur 9. Årligt beräknat totalt nedfall av oorganiskt kväve vid Timrilt, baserat på hydrologiskt år. Det totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog är baserat på metodik som beskrivs i Karlsson m.fl. (2019, 2022). Horisontell streckad linje indikerar kritisk belastning för kvävenedfall till barrskog.

Kvävenedfallet för det hydrologiska året 2022/23 visas för alla mätplatser med öppet fält i Figur 10A medan det beräknade totala oorganiska kvävenedfallet för mätplatserna visas i Figur 10B. Jämfört med det totala nedfallet var kvävenedfallet på öppet fält tydligt lägre, mindre än 1 kg per hektar i norr, och aldrig över 10 kg per hektar i söder (Figur 10A). Det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve till barrskog i Sverige under det hydrologiska året 2022/23 varierade mellan 1 och 2 kg per hektar i norr och överskred 10 kg per hektar på två platser i sydväst (Figur 10B). Vid Timrilt beräknades det totala kvävenedfallet under 2022/23 till 10,0 kg per hektar, dvs 2 kg per hektar mer än det uppmätta kvävenedfallet med enbart nederbörden vid Timrilt.

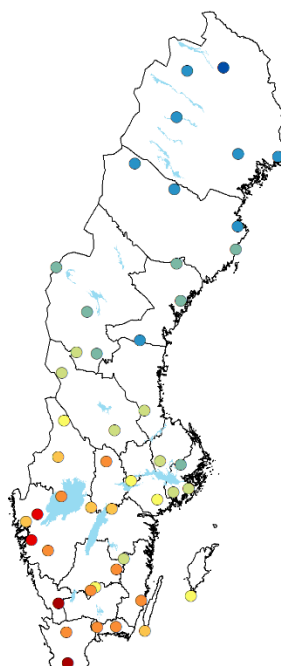
I Figur 10C visas en geografiskt interpolerad karta över det totala kvävenedfallet till barrskog över Sverige för det hydrologiska året 2022/23, baserat på samtliga mätplatser som finns i Sverige. I Halland varierade det beräknade, årliga totala kvävenedfallet mellan 7,1 och 8,7 kg per hektar under 2022/23, med lägst nedfall i de norra

delarna, medan det yttäckande medelvärdet för länet var 7,9 kg per hektar. 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 Hallands län under 2022/23.

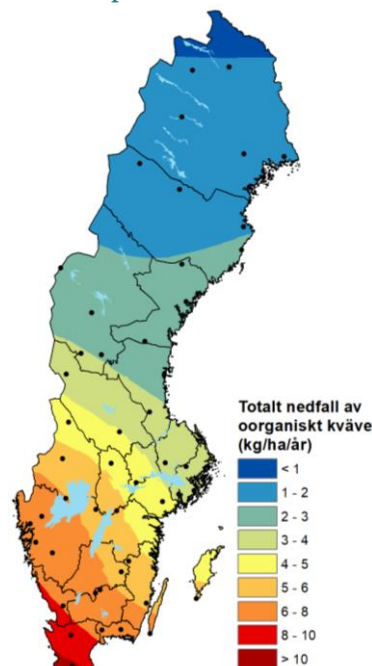
10A. Kvävenedfall med nederbörden



10B. Totalt kvävenedfall



10C. Totalt kvävenedfall (interpolerad karta)



Figur 10. Nedfall av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) under det hydrologiska året 2022/23. A. Uppmätt nedfall till öppet fält. B. Motsvarande karta som A men med beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition). C. geografiskt interpolerad karta. 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. (2019; 2022).

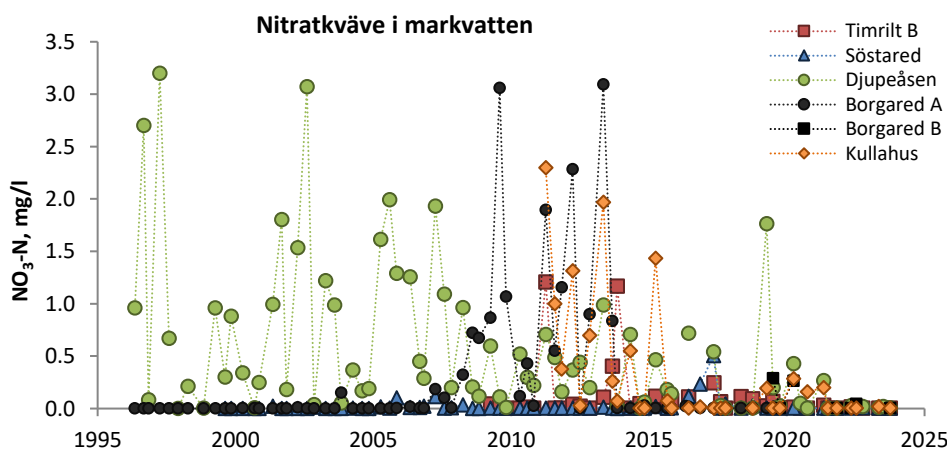
2.3 Kväve i markvattnet

Skogsekosystemen i Sverige tar vanligtvis upp allt oorganiskt kväve, i träd, övrig vegetation och markens mikroorganismer (Tamm, 1991). Utlakning av kväve från rotzonen blir därför i de flesta fall låg. I sydvästligaste Sverige, framför allt i Skåne och Halland, förekommer dock förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet vid en del mätplatser (Akselsson m.fl., 2010). Även i andra delar av landet finns exempel på förhöjda halter i markvattnet, men då oftast i samband med störningar som avverkning, stormfällan eller insektsangrepp (Hellsten m.fl., 2015; Karlsson m.fl., 2018).

Resultaten från mätningar av halter av nitrat i markvatten i Hallands län fram till år 2022/23 visas i Figur 11. Flera av försöksytorna i länet skadades av stormarna Gudrun 2005 och Per 2007. Mätningarna av markvattnet vid dessa platser har kunnat fortgå under ett antal år efter det att stormfällena uppstod. Skadorna finns dokumenterade i Hellsten m.fl., (2015).

Resultaten visar att det regelbundet förekommer förhöjda halter av nitrat i markvattnet, även i ostörd, växande skog vid flera mätplatser i Hallands län. Mätningarna av markvattenkemi vid Djupeåsen har pågått sedan 1996 och en genomgång av information från gamla rapporter inom Krondroppsnetet tyder inte på att trädbestånden har påverkats av störningar i någon större utsträckning före 2005. Vid Djupeåsen har halterna av nitrat i markvattnet minskar statistiskt säkerställt, och är nu nere på låga nivåer.

Ytan vid Borgared A skadades kraftigt i stormen Gudrun i januari 2005, men halterna av nitrat ökade först under 2008 efter stormen Per, som inträffade 2007. Nitrathalterna i markvattnet förblev sedan höga fram till och med 2013.



Figur 11. Halter av nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvatten i Hallands län fram till år 2022/23. Borgared A skadades i stormen Gudrun då ca 15 granar i provytan föll.

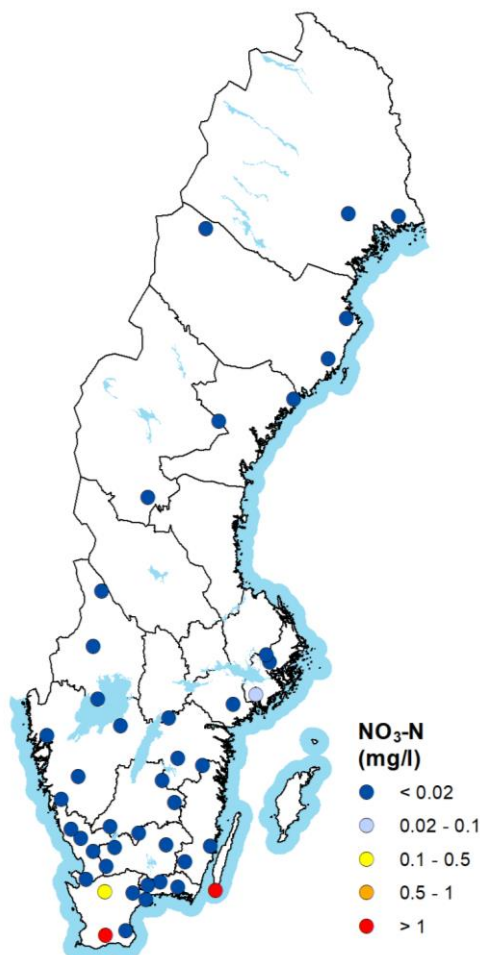
En sammanställning av data från samtliga nu aktiva Krondroppsytor i Sverige (Figur 12) visar att nitratkvävehalterna (angivet som median för åren 2021–2023) generellt har varit låga i hela Sverige under de senaste åren. Endast vid två platser, Stenshult på Romeleåsen i Skåne och Ottenby vid Ölands södra udde var nitratkvävehalterna kraftigt förhöjda, med ett medianvärde på över 1 mg/l. Stenshult är den plats med högst kvävenedfall i Sverige (beräknad totaldeposition är 15,4 kg per hektar och år under 2022/23), jämfört med 5,7 vid Ottenby och 10,0 vid Timrilt i

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I HALLANDS LÄN

Resultat från Krondropps nätet till och med 2022/23

Juni 2024

Halland. Även markvattnet vid Hissmossa i Skåne visar förhöjda halter i markvattnet, med ett medianvärde på över 0,1 mg/l, och en yta i Stockholms län (Farstanäs) visar något förhöjda halter. Inga av mätplatserna i Hallands län uppvisar förhöjda halter av nitratkväve i markvattnet, som medianvärde för de senaste tre årens mätningar, men tidigare år har förhöjningar påvisats vid exempelvis Djupeåsen, Borgared och Kullahus. Resultaten tyder på att många skogar i sydligaste Sverige är nära kvävemättnad, och i vissa fall redan uppnått kvävemättnad. Detta innebär att de är mycket känsliga för störningar som påverkar trädens upptag av kväve, och därmed kan medföra kraftigt förhöjd utlakning av nitratkväve från rotzonen.



Figur 12. Koncentrationen av nitrat (NO_3-N) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondropps nätet redovisat som medianvärde från de senaste tre årens mätningar (2021–2023). Ytor med färre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats har tagits bort.

3 Försurning

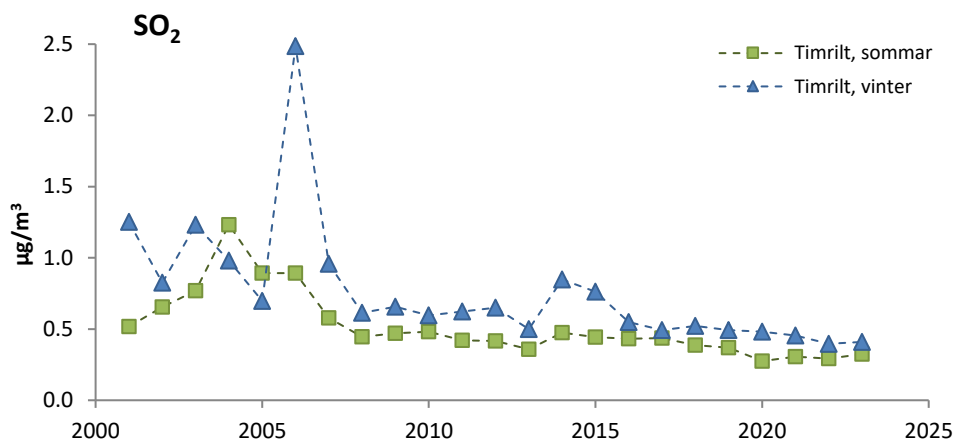
Försurning av mark och vatten orsakas av både svavel- och kvävenedfall, men även skogsbruket bidrar eftersom träd tillväxt innebär försurning, som permanentas när biomassa skördas och förs bort från skogen. Vid låga pH uppträder aluminium som en giftig trevärd jon, som kan skada fiskar och andra vattenlevande organismer samt även skada trädens rötter. Kalkning av ytvatten och askåterföring till skogsmark är metoder som används för att motverka försurningen.

Miljö kvalitetsmålet "Bara naturlig försurning" kommer inte att nås i Halland till 2030 och miljö tillståndet bedöms vara neutralt (Länsstyrelsen i Hallands län, 2024). I halländska vatten behövs stora mängder kalk spridas för att motverka försurningen. Det finns en positiv trend med minskat svavelnedfall och svagt ökande pH-värden i yt- och markvatten. Mycket tyder dock på att det mesta av den naturliga återhämtningen redan skett och man behöver fortsätta kalka. Skogsbrukets påverkan har fått större betydelse och askåterföring på skogsmark behöver öka.

Det atmosfäriska nedfallet av svavel i länet har minskat kraftigt. Svavelnedfallet är den främsta orsaken till försurningen historiskt sett, men kvävenedfall och skogsbruk har ökat i betydelse, eftersom svavelnedfallet minskat kraftigt till skillnad från kvävenedfallet, och eftersom uttaget av biomassa från skog har ökat, då skörd av grenar och toppar ökat för att tillgodose efterfrågan på förnybar energi. Havssaltsepisoder och störningar som leder till nitrifiering innebär surstötter, vilket fördröjer återhämtningen.

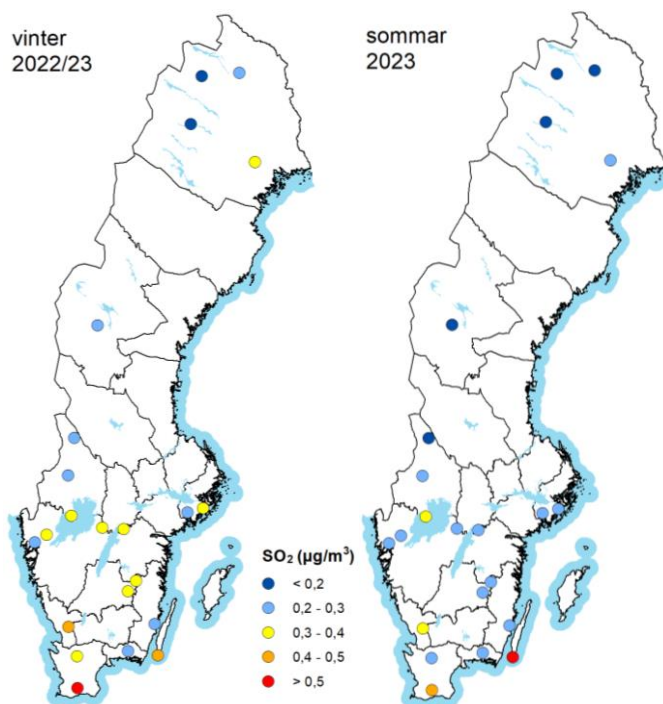
3.1 Lufthalter av svaveldioxid

Mätningar av lufthalter utanför tätort fyller en viktig funktion för att bekräfta uppgifter om minskade utsläpp av långväga transporterade luftföroreningar. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) mäts på månadsbasis vid Timrilt sedan 2001 (Figur 13). Halterna är generellt högre vintertid än sommartid. Lufthalterna av SO₂ vid Timrilt har sedan 2001 minskat med 52 % vintertid och 55 % sommartid. Utsläppen av SO_x från EU-27+UK har under perioden 2001–2021 minskat 95 % medan utsläppen från Sverige har minskat med 72 % (CEIP, 2024). Lufthalterna av SO₂ vid Timrilt minskar således i mindre utsträckning jämfört med rapporterade utsläpp av svaveloxider från såväl Sverige som från EU-27 + UK. Det höga värdet för vintern 2005/06 beror på ett högt värde för oktober 2005, 7,6 µg/m³. Orsaken till detta höga värde är inte känt.



Figur 13. Lufthalter av SO₂ i bakgrundsluft vid Timrilt, beräknat som årsvisa medelhalter separat för sommar och vinterhalvår. Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.

I Figur 14 visas halterna av SO₂ under vinterhalvåret 2022/23 och sommarhalvåret 2023 vid nu aktiva mätplatser inom Krondroppsnätet i hela Sverige. Under vintern 2022/23 uppmättes högst SO₂-halter vid de kustnära mätplatserna i södra Sverige, framför allt vid Stenshult på Romeleåsen i södra Skåne. Under sommaren 2023 var halterna generellt lägre, med undantag av Ottenby på södra Öland. I januari 2015 sänktes halterna av svavel i fartygsbränsle på Östersjön från 1 % till 0,1 %. Luft-haltsmätningarna av svavel inom Krondroppsnätet tyder dock på att fartygs- trafik har en fortsatt påverkan på lufthalterna vid kustnära områden i södra och mellersta Sverige. Vid Timrilt låg svaveldioxidhalterna på 0,3, respektive 0,4 µg/m³, under sommar- och vinterhalvåret.



Figur 14. Lufthalter av svaveldioxid (SO₂) som medelvärden för sommar- respektive vinterhalvår vid mätstationerna inom Krondroppsnetet i Sverige. Vidare visas resultat från sju mätplatser inom det nationella mätnätet SveLod (två i Västra Götalands län, en vardera i Blekinge, Kalmar, Stockholms, Norrbottens och Värmlands län). Sommarhalvåret omfattar april till september och vinterhalvåret omfattar oktober till mars.

3.2 Svavelnedfall

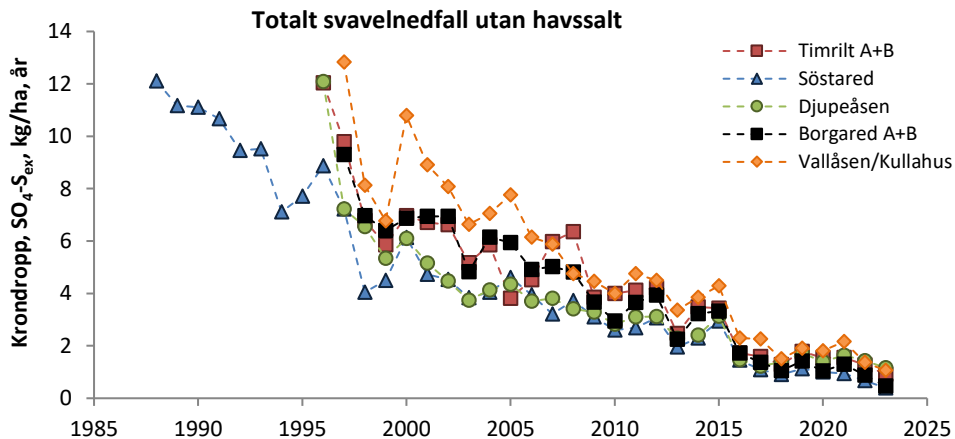
Svavelnedfallet via krondropp ger ett samlat mått på det totala svavelnedfallet till skog. Svavelnedfallet i Halland har historiskt sett varit mycket högt, vid vissa platser i slutet av 1980-talet upp mot 30 kg per hektar och år (Pihl Karlsson m.fl., 2018). Svavelnedfallet till skogen i Hallands län har minskat kraftigt sedan 1990-talet för samtliga nu aktiva skogsytor i länet (Figur 15). Under det hydrologiska året 2022/23 varierade svavelnedfallet mellan 0,4 och 1,1 kg per hektar och år vid de fem mätplatserna i länet. De åtta senaste åren har svavelnedfallet vid mätplatserna i Hallands län i regel varierat mellan 0,4 och 2,3 kg per hektar.

Svavelnedfallet vid länets mätplatser har sedan hydrologiska året 2000/01 minskat statistiskt säkerställt med 80 - 98 %. Dessa nedfallsminskningar kan jämföras med att utsläppen av svaveloxider (SO_x), mätt som SO₂, har minskat med 95 % inom EU-27 + UK och med 72 % i Sverige mellan 2001 och 2021 (CEIP, 2024). Svavelnedfallet över Hallands län minskar således i ungefär samma takt som minskningarna av svavelutsläppen i Europa.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I HALLANDS LÄN

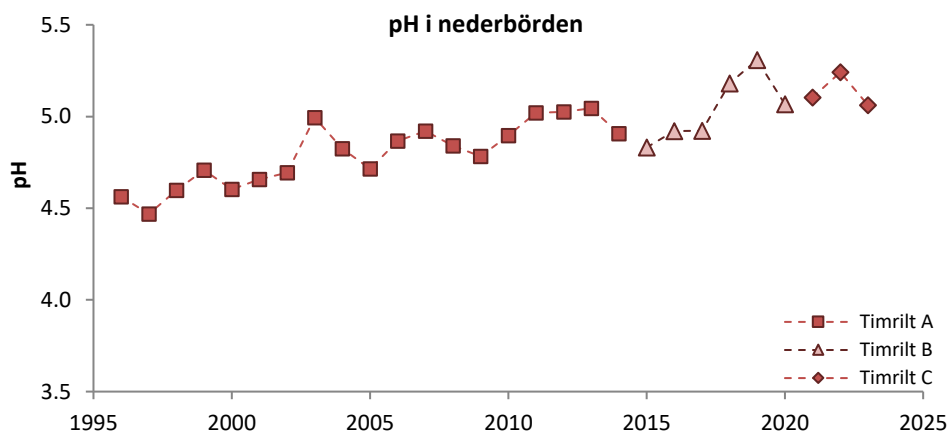
Resultat från Krondroppsnetet till och med 2022/23

Juni 2024



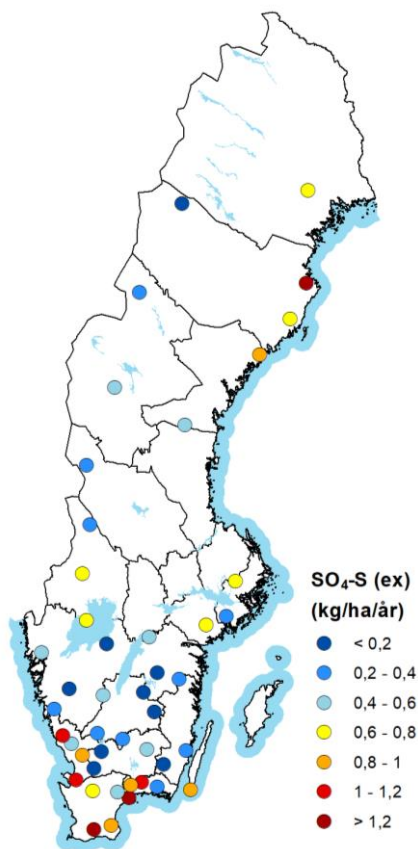
Figur 15. Årligt nedfall av svavel till aktiva provtytor i Hallands län, mätt som krondropp. Bidraget från havssalt har exkluderats. Beräkningarna gäller hydrologiskt år, oktober-september. Mätningarna vid Borgared och Timrilt har flyttats en kortare sträcka, vilket indikeras med olika symboler, A och B. Alla provtytor utgörs av granskog, förutom Djupeåsen som är bokskog och Söstared som är en blandskog med tall och gran. Under 2014/15 skedde ett vulkanutbrott på Island där stora mängder SO₂ släpptes ut i atmosfären och som under vissa väderförhållanden transporterades in över Skandinavien och Finland (Hellsten m.fl., 2017).

Minskat svavelnedfall återspeglas även i ett signifikant ökat pH i nederbörden vid Timrilt (Figur 16). Under det senaste hydrologiska året var pH-värdet i nederbörden vid Timrilt, 5,1, vilket kan jämföras med de första mätningarna under andra halvan av 1990-talet då pH uppmättes till 4,5–4,6. Sedan 2001 har pH-värdet vid Timrilt ökat signifikant med 9 %.



Figur 16. pH i nederbörden vid Timrilt i Hallands län. Nederbörden mäts månadsvis och pH-värdet medelvärdesbildas för hydrologiskt år, oktober-september. Mätningarna flyttades en kort sträcka under 2015 och december 2020, vilket indikeras med olika symboler för Timrilt A, B och C.

Svavelnedfallet via krondropp ger ett samlat mått på det totala svavelnedfallet till skog, inklusive både torr- och våtdeposition. Nedfallet av svavel till granskog i Sverige visas i Figur 17. Det framgår att den högsta belastningen av svavelnedfallet är i sydvästra Sverige.



Figur 17. Svavelnedfall (exklusive bidraget från havssalt) under 2022/23 i krondroppet vid mätstationerna inom Krondroppsnetet.

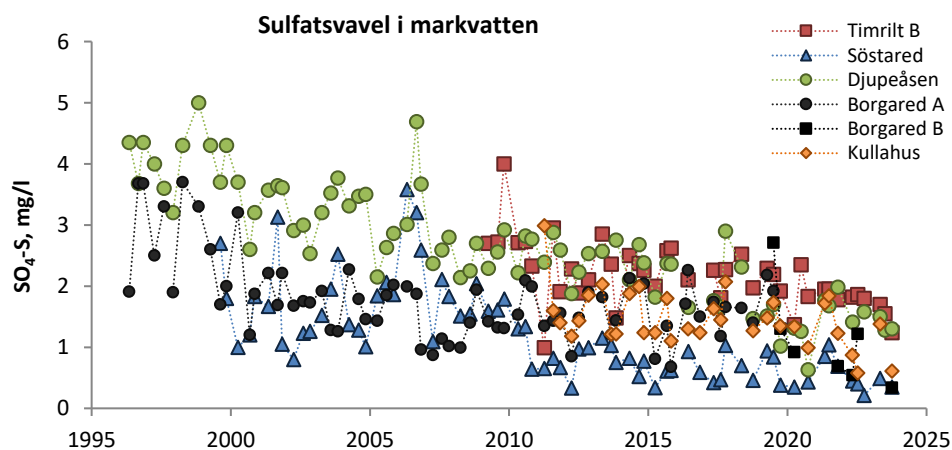
3.3 Försurningen i markvattnet

Markens försurningsgrad och hur den förändras över tid beror till stor del på svavelnedfallet och hur det förändras över tid, tillsammans med markens förmåga att motstå försurning, vilket främst påverkas av hur snabbt vittring sker. I kväverika jordar kan överskott av kväve också bidra till försurning. Temporära försurningseffekter kan uppstå till följd av episoder av havssalt som leder till utbyte av joner, samt olika typer av markstörningar som ökar halten av löst organiskt kol i marken, vilket också påverkar försurningsgraden (Akselsson m.fl., 2013). På längre sikt påverkar även skogsbruket markvattnets försurningsstatus genom uttag av biomassa från skogen (Akselsson & Belyazid, 2018; Akselsson, m.

fl. 2021). Till exempel, när grenar och toppar (grot) tas bort, förs buffringskapacitet bort, vilket minskar möjligheterna till återhämtning. Dock går dessa effekter inte att påvisa inom ramen för Krondroppsnetet, eftersom det skulle kräva mycket längre tidsserier. I Hallands län bedrivs ett omfattande skogsbruk.

Markvattenmätningarna vid Timrilt och Borgared har flyttats korta avstånd. Till skillnad från nedfallsmätningarna kan markvattenkemin variera mycket mellan närliggande platser. Därför behandlas tidsserierna för de flyttade platserna separat i statistiska analyser. Detta begränsar möjligheterna till statistiska trendanalyser. Att sätta upp nya lysimetrar vid en ny mätplats orsakar alltid en viss störning i marken, så resultaten för Borgared B bör tolkas med försiktighet.

För att förstå de långsiktiga trenderna för markvattnets försurningsstatus kan tids-trender för halterna av svavel, klorid och nitratkväve i markvattnet vara en bra utgångspunkt. Dessa halter kan användas som mått på konsekvenserna av svavelnedfall, havssaltsepisoder med efterföljande jonbyte samt överskott av kväve. Exempelvis återspeglas det minskade svavelnedfallet i signifikant minskade svavelhalter i markvattnet på alla mätplatser i länet, med undantag av Kullahus som har den kortaste mätperioden, se Figur 18, samt Borgared B, som har för kort mätperiod och därför inte ingått i trendanalysen. Minskningen för respektive mätperiod ligger mellan 36 och 77 %. Mätperioderna är dock olika långa. Utöver svavelnedfall spelar även markens egenskaper roll för svavelhalterna i markvattnet, till exempel dess buffringskapacitet samt dess förmåga att adsorbera svavel.



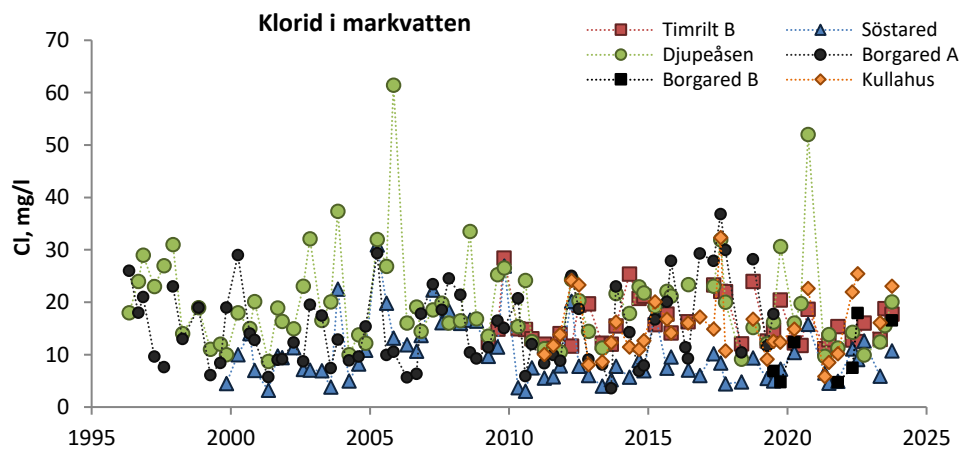
Figur 18. Svavelhalter i markvattnet i växande skog vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I HALLANDS LÄN

Resultat från Krondroppsnetet till och med 2022/23

Juni 2024

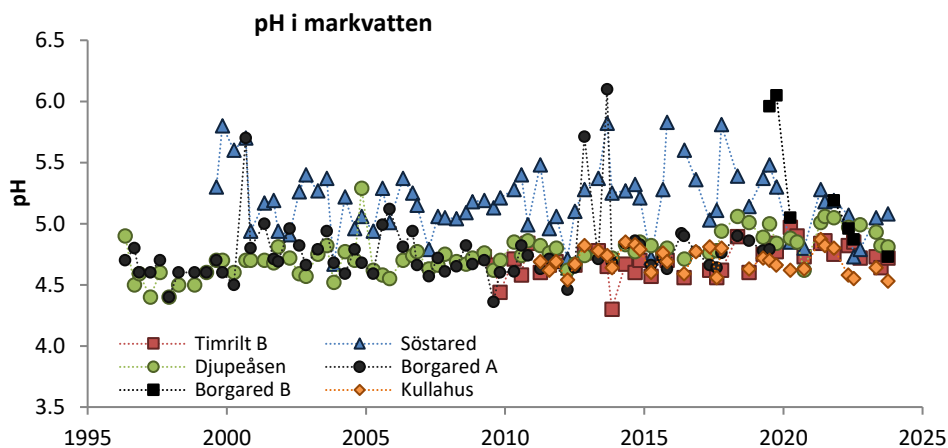
Det västliga läget innebär att skogarna i Halland utsatts för mycket havssalt, och att havssaltsepisoder får stora effekter på markvattenkemin. Halterna av klorid har inte förändrats signifikant, se Figur 19. Efter stormarna, då skogen skadades kraftigt, har halterna minskat, sannolikt på grund av att torrdepositionen minskat. Söstared i norr har generellt haft lägst kloridkoncentrationer i markvattnet, men havssaltsepisoder i samband med stormar mellan 2005–2010 ledde till förhöjd kloridhalt under ett antal år.



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

pH är ett av de mått som kan användas för att följa markvattnets återhämtningsförlopp efter försurning. 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. Enligt bedömningsgrunderna för försurad mark innebär pH under 4,4 hög surhet, medan pH 4,4–5,5 innebär måttlig surhet. Fortplantning av öring kräver sjövattnet med pH >6 och mört >5,5. Även markvattnets ANC (syranneutraliserande förmåga) används för att följa markvattnets återhämtningsförlopp. Ett negativt värde på ANC innebär att det inte finns någon buffringskapacitet i markvattnet. Halterna av toxiskt, oorganiskt aluminium ökar vid ett lågt pH och kan därför användas som ett mått på försurningspåverkan.

pH-värdena i markvattnet i Hallands län ligger omkring 5,0 eller lägre, vilket enligt bedömningsgrunderna för försurning i marken är måttligt försurat, förutom vid Söstared där pH är över 5,0. Vid platser som varit stormpåverkade ligger pH i markvattnet lägre. pH i markvattnet har sedan mätstarten ökat signifikant vid den ostörda bokskogen vid Djupeåsen (Figur 20), medan det inte är någon statistiskt säkerställd förändring vid övriga platser. Visuellt verkar dock tendensen vara ökande vid de flesta platser.

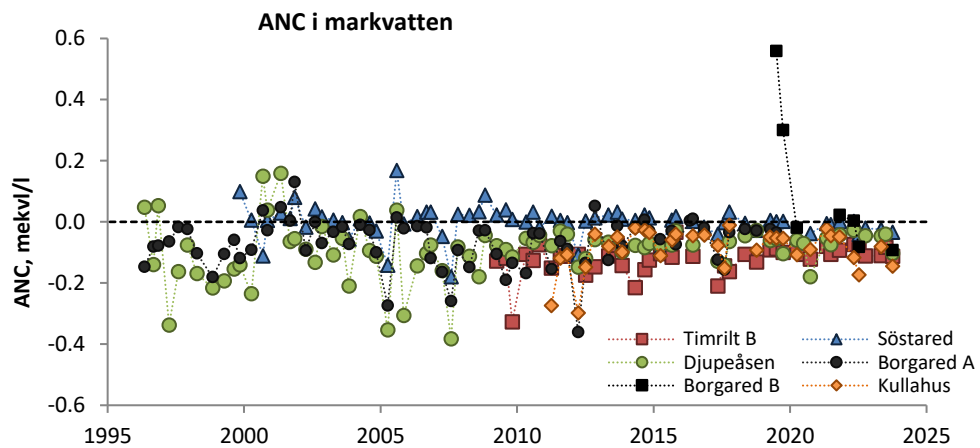


Figur 20. pH i markvattnet vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

Som beskrivits ovan, påverkas pH i markvattnet av en mängd olika faktorer. Ett mer robust mått på försurning är markvattnets ANC. För att markvattnet ska bidra till en återhämtning från försurning i sjöar och vattendrag måste ANC ha ett värde som är klart större än noll.

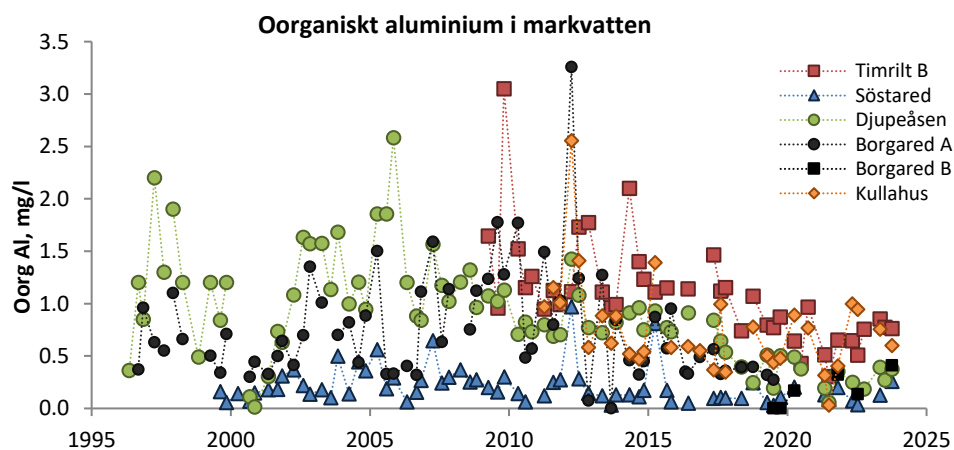
Under 2023 var ANC inte över noll vid någon mätplats i länet, Figur 21. ANC var mest negativ i granskogen vid Kullahus, cirka -0,15 mekv/l. Bokskogen vid Djupeåsen uppvisade högst värde på ANC, -0,04, men alltså fortfarande ett negativt värde.

Över tid har ANC vid länets mätplatser återhämtat sig från kraftigt negativa värden, både vad gäller ostörda och stormskadade provytor (Figur 21). Ökningen av ANC är dock endast statistiskt säkerställd för Djupeåsen 1995/96–2022/23 och för Timrilt B 2008/09–2022/23. Vid Söstared har ANC istället minskat signifikant.



Figur 21. ANC (den syraneutraliserande förmågan) i markvatten vid länets ytor. Markvattnet provtas normalt tre gånger årligen, före, under och efter växtsäsongen. Vissa provtillfällen kan saknas när det varit torrt i marken.

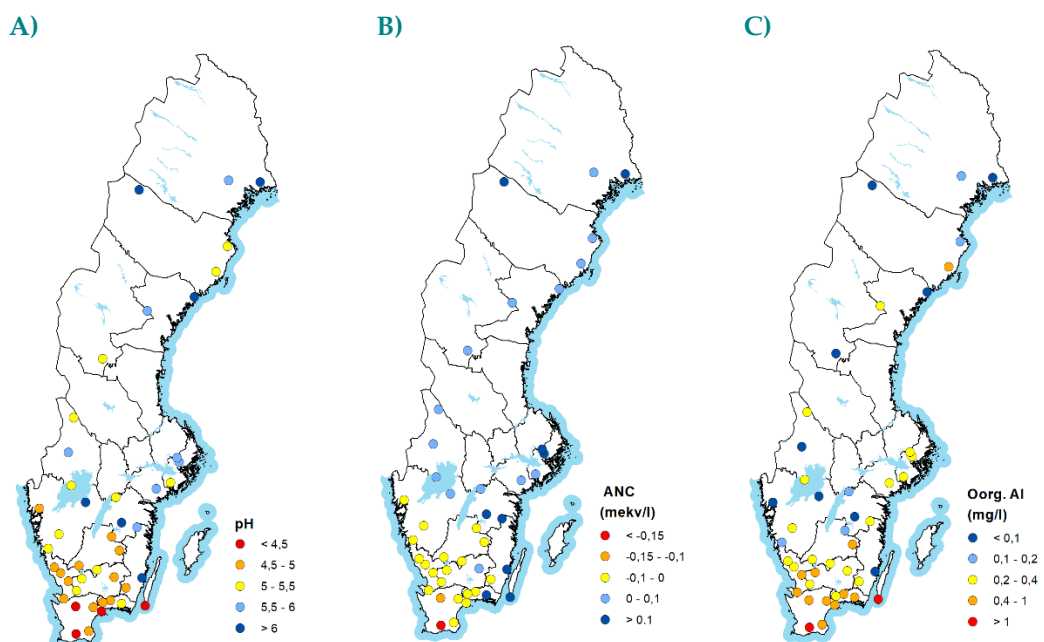
Halterna av toxiskt, oorganiskt aluminium har historiskt sett varit höga vid flertalet av länets provytor men halterna har minskat på senare tid, både vid ostörda och stormpåverkade skogar (Figur 22). Halterna av oorganiskt aluminium, har minskat vid samtliga mätplatser, med undantag av den stormskadade ytan vid Borgared.



Figur 22. Oorganiskt aluminium i markvatten 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 de mätplatser i ostörda skogar som har långa tidsserier har en återhämtning från försurningen skett, framför allt vid Djupeåsen, där markvattnets pH och ANC har ökat, medan halten oorganiskt aluminium har minskat. Mätplatsen vid Djupeåsen var den enda mätplatsen som visade signifikant ökande pH-värde i markvattnet.

Markvattnets försurningsstatus varierar i landet, med generellt lägre pH och ANC samt högre halter oorganiskt aluminium i de södra delarna än i de norra, i enlighet med svavelnedfallsgradienten, även om det finns lokala variationer inom regionerna (Figur 23). Markvattnets pH, som median för åren 2021–2023, varierade över landet mellan 3,9 och 7,0, ANC mellan -0,18 och 0,45 och halten oorganiskt aluminium uppgick som högst till 2,3 mg/l. Halland tillhör de län i landet där markvattnet är mest försurningspåverkat, tillsammans med mätplatser i Skåne, Blekinge, Kronoberg, Kalmar och Jönköpings län, på grund av ett högt svavelnedfall under flera decennier. Fyra mätplatser i Halland har medianvärden för pH mellan 4,5 och 5,0 (Figur 23A) och samtliga ytor uppvisar negativt ANC. De flesta av mätplatserna i Götaland uppvisar negativt ANC, i Svealand är ANC omkring 0, och i Norrland är värdet positivt, Figur 23B. Även halten oorganiskt aluminium uppvisar en liknande gradient som för pH och ANC, se Figur 23C.



Figur 23. pH (A), ANC (B) och Oorg Al (C) i markvattnet på 50 cm djup vid olika platser inom Krondroppsnetet. Det värde som anges är medianvärdet under de senaste tre åren (2021–2023). ANC i avrinnande vatten bör vara betydligt över noll för att motverka försurning i vattendrag och sjöar. Ytor med färre än tre mätvärden under treårsperioden, samt ytor som har avverkats är ej inkluderade.

4 Aktuellt och notiser

4.1 Ny webbplats för Krondroppsnetet

Under 2024 uppdateras Krondroppsnetets webbplats. Den får ett nytt utseende och delvis förändrade funktioner. Vi hoppas att detta kommer att underlätta för att hitta data, information och rapporter. Det kommer även fortsatt att finnas en speciell inloggning för provtagare med information/filmer om till exempel hur provtagningen ska ske. Adressen till den nya uppdaterade webbplatsen kommer att vara samma som tidigare, dvs: <http://www.krondroppsnetet.ivl.se/>.

4.2 Byte av analysmetod för organiskt kväve

Organiskt kväve har beräknats inom Krondroppsnetet sedan mätningarna startade, med hjälp av analyser av reducerat kväve med Kjeldahl-metoden (Kjeldahl, J. (1883); SS-EN 25663). Det organiska kvävet är bundet till organiskt material, och därmed inte lika direkt tillgängligt för upptag till träd och andra växter, men det kan genomgå biokemiska processer och därigenom bli tillgängligt för växtupptag (Näsholm m.fl., 2009). Organiskt kväve är också en viktig komponent i markvattnet och i avrinningen från skogsmark. Kvantifiering av denna kväveform behövs därmed för att kunna göra kompletta kvävebalansberäkningar. Den pågående klimatförändringen gör att det är viktigt med kontinuerliga mätningar. Ändrad temperatur och förändrade nederbördsmonster kan påverka markens förmåga att binda kol och kväve, vilket resulterar i förändrade koncentrationer av organiskt kol och kväve i markvatten och avrinnande vatten. Dessa förändringar kan i sin tur ha konsekvenser för kolinbindning i skogsekosystemet och potentiellt påverka uppfyllandet av miljö kvalitetsmålen för *Ingen övergödning* och *Bara Naturlig försurning*.

Vid analys med Kjeldahl-metoden omvandlas kväveföreningar av biologiskt ursprung, såsom aminosyror, proteiner och peptider, till ammoniak som sedan analyseras fotometriskt. Resultaten blir Kjeldahl-kväve (Kj-N) som omfattar allt kväve i reducerad form, det vill säga organiskt bundet kväve, samt det ammoniumkväve som fanns från början. Genom att subtrahera uppmätt ammoniak från Kj-N ges ett värde på organiskt kväve. Totalt oorganiskt och organiskt N erhålls genom att addera Kj-N med nitrit- och nitratkväve. Den största nackdelen med Kj-N-analysen är att kemikalierna som används i analysen är mycket starka syror som används vid höga temperaturer, vilket har en negativ påverkan på arbetsmiljön och omgivningen.

Under 2023 slutade laboratoriet på IVL att göra analyser av Kjeldahlkväve, då ett värmeblock som behövdes för analysen gick sönder. Det fanns inga andra laboratorier i Sverige eller Europa som gjorde Kj-N-analys som proverna kunde skickas till, då samtliga andra laboratorier hade bytt metod till att analysera totalkväve (TN) istället (SS-EN ISO 20236:2021). Detta, i kombination med ovan nämnda arbetsmiljöproblem, gjorde att vi även inom Krondroppsnätet bytte metod till TN-metoden. Vid analys av TN görs analyserna istället genom katalytisk oxidation och de bildade kväveoxiderna detekteras genom kemiluminiscens. Precis som med Kj-N kan TN användas för att beräkna organiskt kväve, men i detta fall behöver man dra bort både ammoniumkväve och nitrat- och nitritkväve (där nitritkväve vanligen inte finns i några signifikanta koncentrationer i närvaro av syre).

En nackdel med att byta metod är att det innebär en ökad osäkerhet vid analys av tidsserier, då metoderna kan ge lite olika resultat även när båda analyserna körs på samma prov. SLU undersökte om de båda metoderna gav systematiska skillnader när de bytte metod på sitt laboratorium, och såg att den nya metoden gav något lägre värden vid låga halter, men att det inte var några systematiska skillnader vid halter högre än 3 mg/l (Wallman m.fl., 2009). Vid tolkningen av resultaten och vid trendanalys kommer detta att beaktas framgent inom Krondroppsnätet.

4.3 Norsk-svensk försurnings- och kalkningskonferens, november 2023

Den 21–22 november 2023 gick Norsk-svensk försurnings- och kalkningskonferens av stapeln, i Gardemoen, Norge. Konferensen anordnas vanligen vartannat år av Miljødirektoratet i Norge och Havs- och Vattenmyndigheten (HAV). Cecilia Akselsson representerade Krondroppsnätet på konferensen och höll två föredrag, ett om Krondroppsnätet och ett om skogsbrukets försurningspåverkan. I föredraget om Krondroppsnätet presenterade Cecilia bland annat trender för svavel- och kvävenedfall, den långsamma återhämtningen av markvattenkemin och dess känslighet för störningar. I det andra föredraget presenterade hon indikatorn för skogsbrukets försurning som bygger på ”kritiskt biomassauttag”, resultat för de senaste indikatoruppföljningarna, samt resultat från en studie där kritiskt biomassauttag jämförs med ANC i markvattnet på 26 Krondroppsytor (Akselsson m.fl., 2021). I diskussionerna efteråt blev det tydligt att Krondroppsnätet är unikt i och med det stora antalet mätplatser och de långa tidsserierna. En synpunkt framkom även från norskt håll om att en indikator för försurning från skogsbruk borde övervägas även i Norge.

4.4 Krondropps nätet bidrar till en nyutkommen bok om atmosfäriskt nedfall av kväve och dess effekter på skog

Atmosfäriskt nedfall av kväve och dess effekter på ekosystemen behandlas på en global skala i en nyutkommen bok, med professorerna Enzai Du från Kina och Wim de Vries från Nederländerna som redaktörer. Boken innehåller kapitel om mätningar och modellering av kvävenedfall, biokemisk och ekologisk påverkan på främst skogsekosystemen samt kvävenedfallets betydelse för skogsbruk. I bokens olika kapitel citeras ett flertal vetenskapliga artiklar där Krondropps nätet har bidragit. Mätningar och olika sammanställningar som tas fram inom Krondropps nätet bidrar till att öka kunskaperna kring hur kvävenedfallet påverkar skogsekosystemen globalt.

Bok: Atmospheric Nitrogen Deposition to Global Forests - Spatial Variation, Impacts, and Management Implications. Redaktörer: Enzai Du och Wim de Vries. Academic Press, ISBN: 978-0-323-91140-5.

4.5 Världens största skogskonferens - IUFRO-konferensen - till Stockholm 2024

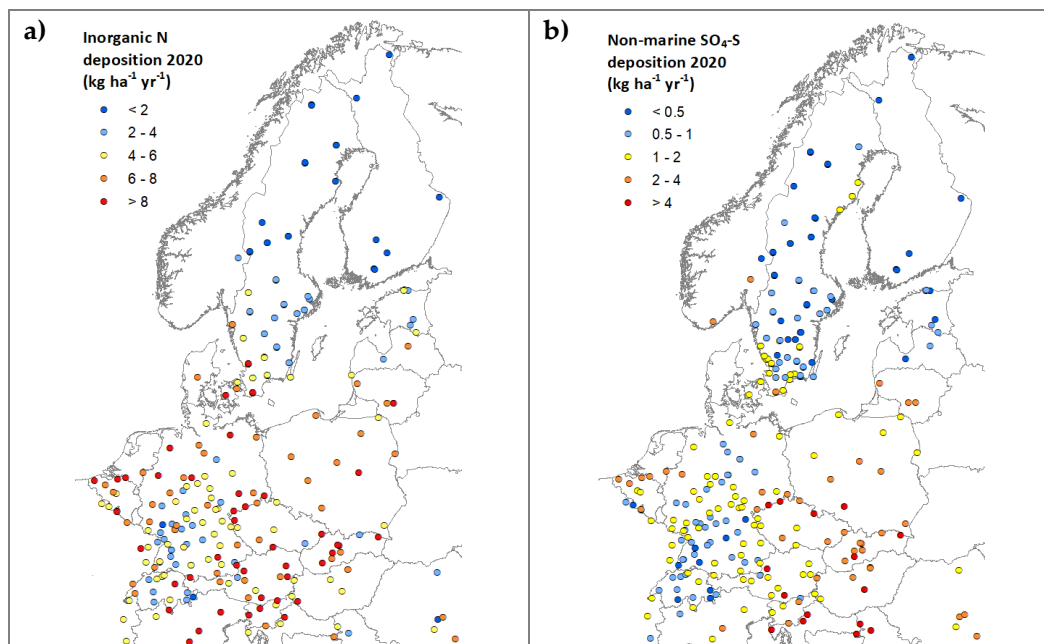
23–29 juni 2024 pågår den 26:e IUFRO World Congress i Stockholm. IUFRO World Congress är en av de största globala skogskonferenserna och den har hållits ungefär vart femte år sedan 1893. Kongressen samlar ledande forskare och toppledare från hela världen för att bidra, diskutera och samverka för en hållbar framtid inom skogsbruk, klimat och samhälle. Sverige är värd för konferensen i nära samarbete med de nordiska och baltiska länderna.

Under konferensen kommer deltagare från Krondropps nätet vara på plats och presentera resultat från mätningarna inom Krondropps nätet:

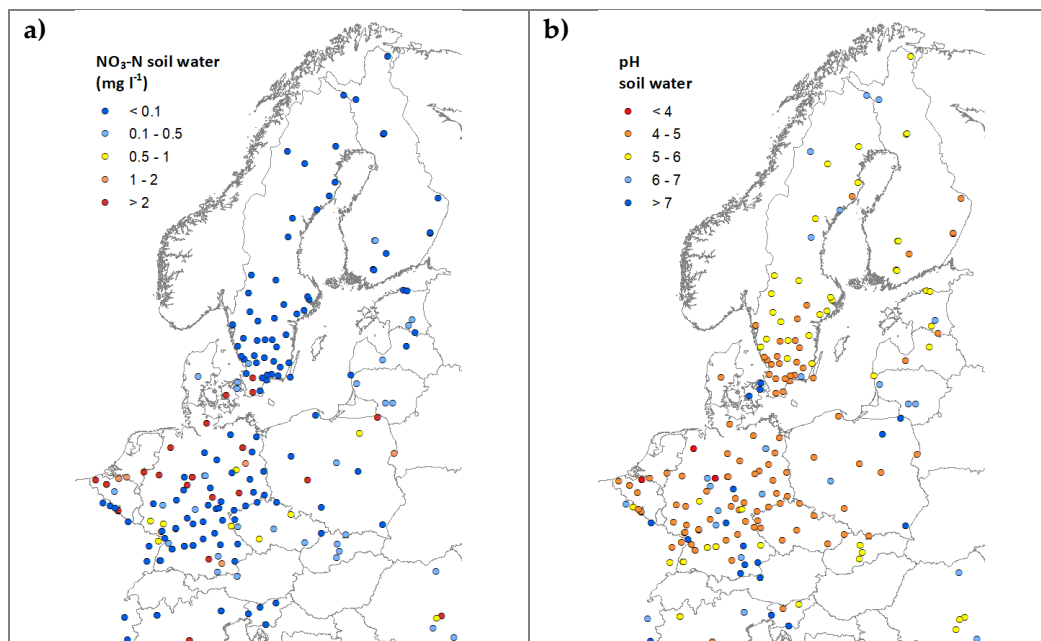
- I en poster presenteras resultat från beräkningar av det totala nedfallet av kväve till barrskogar i Sverige under en 20-årsperiod, 2002–2022.
- I ytterligare en poster beskrivs hur en slutavverkning av en granskog i anslutning till krondroppsytan Storskogen i Västra Götalands län ger upphov till en kraftigt ökad export av nitratkväve i avrinningen från det avverkade området.
- I en tredje poster visar vi variationen i nitrat i markvattnet efter störningar, främst i form av avverkning, från ett 10-tal krondroppsytor i en kvävedepositionsgradient över Sverige.

4.6 Europeisk jämförelse av mätresultat

I samband med att en ny artikel togs fram om resultaten inom Krondroppsnetet, se stycke 4.10.1 nedan, gjordes en europeisk jämförelse av 2020 års data för kvävenedfallet via nederbörden och svavelnedfallet som krondropp, Figur 24a-b. Det gjordes även en jämförelse av medianvärdet under 2016–2018 för $\text{NO}_3\text{-N}$ och pH i markvattnet, Figur 25a-b. Jämförelserna illustrerar att Sverige ligger i en gradient av svavel- och kvävenedfall, från de kraftigt belastade områdena i kontinentala Europa till de mindre belastade områdena i norra Fennoskandia. Även inom det kontinentala Europa finns vissa mindre belastade områden. Problem med högt kvävenedfall är jämnt fördelat i det kontinentala Europa, medan högt svavelnedfall främst kvarstår i de östra delarna. Följdverkningarna av svavelnedfallet i form av låga pH-värden i markvattnet finns dock kvar även i västra Europa.



Figur 24. (a) Nedfall av oorganiskt kväve (N) via nederbörden under 2020, och (b) Nedfall av sulfatsvavel ($\text{SO}_4\text{-S}$) utan havssalt under 2020. Data för Sverige kommer från Krondroppsnetet och data för resten av Europa kommer från ICP Forests (<http://icp-forests.net>).



Figur 25. (a) Nitratkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvatten (medianvärde 2016–2018), samt (b) pH i markvatten (medianvärde 2016–2018). Data för Sverige kommer från Krondroppsnetet och data för resten av Europa kommer från ICP Forests (<http://icp-forests.net>). Markvattendata från ICP Forest utgörs av medianen för det specifika året och provtagningsdjupet varierar mellan 40-90 cm. Markvattendata från Krondroppsnetet i diagrammen utgörs av medianen för 2016–2018 och provtagningsdjupet är 50 cm.

4.7 Skärpt lagstiftning för renare luft i Europa

I februari 2024 togs ett viktigt steg för renare luft och förbättrad folkhälsa i Europa. Enligt en ny överenskommelse inom EU ska nya gränsvärden för luftkvalitet uppfyllas senast 2030.

Luftföroreningar orsakar såväl ohälsa som allvarlig sjukdom i Sverige, övriga Europa och världen över. Trots att regelverk funnits i många år är det fortfarande en lång bit kvar tills alla invånare i Europa har god luftkvalitet.

EU-parlamentet och ministerrådet har nu tagit ett första steg och nått en preliminär överenskommelse kring ett nytt luftkvalitetsdirektiv. Den slutliga omröstningen inom EU-parlamentet kommer troligen genomföras under hösten av det nya parlamentet.

Överenskommelsen innebär att nya gränsvärden för luftkvalitet ska genomföras och uppfyllas senast 2030. Överenskommelsen innehåller även möjlighet att ge förlängd tid för att nå de nya gränsvärdena, till år 2040, men även under denna tid behöver länderna arbeta aktivt med att förbättra luftkvaliteten.

När direktivet antas formellt startar en två år lång genomförandeperiod då respektive medlemsland ska föra in direktivets bestämmelser i sin nationella lagstiftning. Det nuvarande luftkvalitetsdirektivet är i Sverige genomfört genom miljöbalken, luftkvalitetsförordningen och Naturvårdsverkets föreskrifter.

En annan viktig del i överenskommelsen är att tillgång till rättslig prövning skrivs in i direktivet. Det finns dessutom skrivningar om att allmänheten ska kunna begära kompensation om de lider skada av att direktivet inte följs.

Vart femte år ska kommissionen se över om det är dags att revidera direktivet, exempelvis om det finns anledning att sänka gränsvärdena ytterligare. Översynen kan även visa på att gränsvärden borde finnas för fler luftföroreningar.

4.8 Miljötilståndet i Jämtlands fjällvärld

Inom Krondroppsnetet genomförs mätningar på hög höjd i Jämtlands fjällvärld. Under 2023 har Länsstyrelsen i Jämtlands län tagit fram en sammanställning över miljötilståndet i fjällen för Jämtlands län. Syftet med rapporten var bland annat att öka kunskapen och ge en samlad bild över den bredd av miljödata som kan användas för att beskriva miljötilståndet i fjällområdet. De faktablad som tagits fram och presenteras i rapporten bygger på resultat från regional och nationell miljöövervakning, olika inventeringar, uppföljningar och andra undersökningar som görs av fjällområdets vatten-, luft-, och landmiljöer. Krondroppsnetets mätningar på hög höjd har bidragit till detta.

Rapporten kan nås via följande länk:

<https://catalog.lansstyrelsen.se/store/35/resource/148>

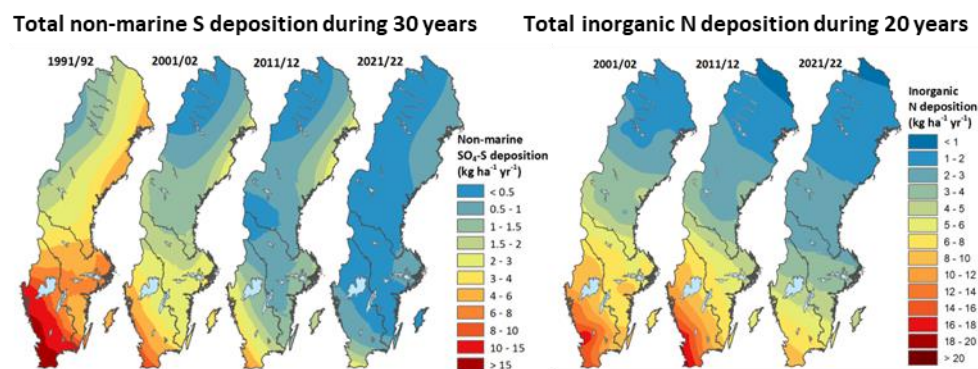
4.9 Luftvårdsförbund i sydost har ny gemensam webbplats

Luftvårdsförbunden i sydöstra Sverige: Jönköpings län, Kalmar län, Kronobergs län och Östergötlands län har en ny gemensam webbplats från och med mars 2024. Adressen till nya webbplatsen är: www.luftvardsforbundet.se. På webbplatsen finns bland annat information och rapporter om/från mätningarna inom Krondroppsnetet.

4.10 Vetenskapliga artiklar där resultat från Krondroppsnetet använts

4.10.1 Ny artikel från Krondroppsnetet

I januari 2024 publicerades en ny "basartikel" om Krondroppsnetets mätningar "Atmospheric deposition and soil water chemistry in Swedish forests since 1985 – Effects of reduced emissions of sulphur and nitrogen". Den behandlar främst resultaten från de 25 hydrologiska åren mellan 1996/97 och 2021/22. Den grafiska sammanfattningen från artikeln finns nedan, Figur 26.



Figur 26. Kartor med tio års mellanrum över totalt svavelnedfall utan havssalt (non-marine S) under en 30-årsperiod 1991/92–2021/22 samt totalt oorganiskt kvävenedfall (N) under en 20-årsperiod.

Sex viktiga slutsatser från artikeln var:

- Svavel- och kvävenedfallet i södra Sverige minskade i linje med minskade utsläpp i Europa och Sverige. I norra Sverige minskade nedfallet i mindre utsträckning än utsläppen.
- Nedfallet på öppet fält av $\text{NO}_3\text{-N}$ minskade mer än $\text{NH}_4\text{-N}$ i södra Sverige, vilket stämmer överens med de betydligt större utsläppsminskningarna för NO_x jämfört med NH_3 .
- Svavelkoncentrationerna i markvattnet har minskat kraftigt under 25-årsperioden men i mindre utsträckning än svavelnedfallet.
- pH och ANC i markvattnet visar på att en återhämtning från försurning sker, men att den är långsam.
- Vid platser med låg ANC och lågt pH i markvattnet i början av tidsperioden var ökningen av ANC generellt större och ökningen av pH mindre. Men vid platser med högt pH och ANC över noll i markvattnet var ökningen av pH dominerande, vilket är i linje med det icke-linjära förhållandet mellan pH och ANC i markvattnet.

- Inga förändringar i frekvensen av förhöjda halter av NO₃-N i markvattnet kunde påvisas under 35-årsperioden 1985/86 till 2021/22.

Referens: Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P.E. 2024.

Atmospheric deposition and soil water chemistry in Swedish forests since 1985 – Effects of reduced emissions of sulphur and nitrogen. Science of the Total Environment 913, 169734. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169734>

4.10.2 Påverkan på årlig stamtillväxt vid krondroppsytor

Trädens årliga stamtillväxt påverkas av ett stort antal olika faktorer, både i den omgivande miljön och internt inom trädet. I en studie finansierad av Naturvårdsverket genom forskningsprogrammet "Swedish Clean Air and Climate Research Program", SCAC, undersökte man vilka faktorer som är viktiga för den årliga stamtillväxten hos granskog vid 17 olika krondroppsytor i södra delen av Sverige. Man tog borrhärdor och analyserade stamdiametertillväxten under 23 år, 1990 – 2013, och jämförde med olika årliga meteorologiska faktorer, växtsäsongens längd, markvattentillgång, kvävenedfall, samt exponeringen för marknära ozon. Den statistiska analysen visade att den enda faktor som man med säkerhet kunde konstatera påverkade stamtillväxten negativt var en minskad tillgång på vatten i marken. Det fanns dock relativt starka indikationer på att ett ökat kvävenedfall kunde påverka stamtillväxten positivt, liksom även en ökad temperatur. För övriga faktorer kunde man inte konstatera någon påverkan. Variationen vad gäller årlig stamtillväxt hos individuella träd är mycket stor, och därför krävs det ett mycket stort datamaterial för att påvisa små effekter på tillväxten.

Referens: Karlsson P.E., Pleijel, H., Fowler, P., Farahat, E.A., Hans W. Linderholm, H.W., Engardt, M., Andersson, C. 2023. *Stem growth of Norway spruce in south Sweden in relation to soil moisture, nitrogen deposition, ozone exposure and meteorological variables. Forest Ecology and Management 549, 121455.*

4.10.3 Vilken roll spelar pollen i krondropp?

Effekterna av trädpollen på nederbördenskemien är inte helt klarlagda, och detta kan leda till felaktiga tolkningar av nedfallet av olika ämnen i europeiska skogar. I denna artikel undersöktes sambandet mellan depositionen i krondropp och den säsongsberoende pollenkoefficienten (SPIn). Krondropp mättes årligen mellan 1990 och 2018 i två månader under huvudpollenssäsongen vid 61 brukade bestånd av bok, ek, tall och gran, som ingår i ICP Forest samt Krondroppsnetet. SPIn för det dominerande

trädsläktet mättes vid 56 närliggande platser. Pollens nettobidrag till krondroppet uppskattades i undersökningen.

I bok och granbestånd (där träden inte blommar mycket varje år), påvisades ett positivt samband mellan SPIn och kalium (K), ammoniumkväve (NH₄-N), löst organiskt kol (DOC) och löst organiskt kväve (DON) i krondropp. För bok påvisades ett negativt samband mellan SPIn och nitratkväve (NO₃-N) i krondropp. I ek och tallbestånd (där träden blommar mycket varje år) var SPIn mer konstant och hade ingen tydlig koppling till krondroppet.

Sammantaget bidrog pollen i genomsnitt med cirka 4–11 % till det årliga krondroppet av K > DOC > DON > NH₄-N, med högst bidrag i ek > bok > tall > granbestånd. Trädpollen påverkade krondroppets oorganiska kväveflöden både kvalitativt och kvantitativt, genom att fungera som en källa till ammoniumkväve och en sänka för nitratkväve. Slutsatsen av studien var att pollen tycks spela en mer komplex roll i näringscykeln än vad man tidigare trott.

Referens: Verstraeten, A., Bruffaerts, N., Cristofolini, F., Vanguelova, E., Neiryneck, J., Genouw, G., De Vos, B., Waldner, P., Thimonier, A., Nussbaumer, A., Neumann, M., Benham, S., Rautio, P., Ukonmaanaho, L., Merilä, P., Lindroos, A.-J., Saarto, A., Reiniharju, J., Clarke, N., Timmermann, V., Nicolas, M., Schmitt, M., Meusburger, K., Kowalska, A., Kasprzyk, I., Kluska, K., Grewling, L., Malkiewicz, M., Vesterdal, L., Ingerslev, M., Manninger, M., Magyar, D., Titeux, H., Pihl Karlsson, G., Gehrig, R., Adriaenssens, S. Ekeboom, A., Dahl, Å., Ferretti, M. & Gottardini, E. Effects of tree pollen on throughfall element fluxes in European forests. 2023. *Biogeochemistry* 165, 311–325. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01082-3>

4.10.4 Hur bidrar nitrifikationen i trädkronorna till skogens kvävecykel?

Guerrieri m.fl. (2024) har genomfört en studie om betydelsen av mikrobiellt driven nitrifikation i trädkronorna. Studien genomfördes på 10 skogsområden i Europa under augusti-oktober 2016, varav krondroppsytan Höka (tall) i Östergötland var en av dessa. Studien kombinerade isotopstudier med genetiska analyser för att uppskatta nitrifikationen i trädkronorna och för att identifiera mikroorganismer som kan vara involverade i denna process.

Sammanfattningsvis uppskattade Guerrieri et al. (2024) att upp till 80% av nitraten som når marken via krondropp härstammar från nitrifikation i trädkronorna. Detta motsvarar en flödes hastighet på upp till 5,8 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Nitrifikationen i träd-kronorna förbrukar därmed deponerat ammonium och ökar nitratbidraget till

marken. Studien visade således den omfattande biologiska omvandlingen av atmosfäriskt reaktivt kväve i trädkronorna på europeiska skogar och dess bidrag till skogens kvävecykel.

Referens: Guerrieri, R., Cáliz, J., Mattana, S., Barceló, A., Candela, M., Elustondo, D., Fortmann, H., Hellsten, S., Koenig, N., Lindroos, A.-J., Matteucci, G., Merilä, P., Michalski, G., Nicolas, M., Thimonier, A., Turrioni, S., Vanguelova, E., Verstraeten, A., Waldner, P. Watanabe, M., Casamayor, E.O., Peñuelas, J. & Mencuccini, M. 2024. Substantial contribution of tree canopy nitrifiers to nitrogen fluxes in European forests. *Nat. Geosci.* **17**, 130–136 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01364-3>

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.

Det är inte alltid lätt att ta vattenprover vilket många av våra provtagare har fått erfaras. Nedan följer två exempel på hur det kan vara. Det första exemplet är en vinterbeskrivning från Maria Tillberg, som är en av de två, som provtar vid Transtrandsberget i norra Värmland och det andra är en beskrivning av ett radioinslag om hur Åke Jönsson vid Nikkaluokta i Norrbotten kan ha det under vintern. Stort tack för att ni delat med er av er vardag och återigen ett stort tack för allt arbete som ni alla provtagare gör under året.

Maria Tillberg: *Här kommer en liten vardagsbeskrivning från en av oss som samlar in "vattenprover". Först tog jag bilen upp på en skogsbilväg fram till "vindskyddet" på höjden. Man måste ha en 4-hjulsdriven bil på grund av all snö. Sen var det oplogat med 35 cm nysnö. På med längdskidor och spåra 3,5 km, mestadels nedför. Därefter på med snöskor och pulsa uppför berget mot provstationen. Det var säkert 90 cm snö och jag försökte gå i samma spår som förra gången. Sjönk ner ca 30-40 cm i varje spår ibland mycket mer! Uppgången tog drygt en timme. Samlade in alla "isprover" som vägde cirka 12 kg och drog de sen nedför berget på en barnpulka. Att ta sig ner tog nog ytterligare en timme. Nere*



på "vägen" bytte jag till längdskidorna, skidade tillbaka, nu mest uppför. Gick ganska långsamt i mitt tidigare uppkörda spår, nu med last på 14kg. Allt detta tog cirka 4 timmar. Sen körde jag ner till kraftledningen för att hämta "öppet fält" samt luftprover. Klockan var 17 och det var mörkt. På med pannlampa och snöskor och traskade in. Glömde stavarna så varje gång jag trampade igenom cirka 70-80 cm snö, så föll jag och det var inte lätt att komma upp! Fick till slut med mig alla prover och kom hem efter drygt 5 timmar. Vad gör man inte för vetenskapen! Och det är ju liksom ett ansvar att klara av utmaningen och inte missa någon hämtning! Forskningen "must go on". Nästa pyssel är att ta hand om påsarna så att de tinar och det tar något dygn. Sen fylla de små flaskorna med vattenprover, dokumentera, ta sig till posten och skicka iväg paketet till er. Hoppas ni uppskattar era behjälpliga "vattensamlare" ute i landet 😊.

Åke Jönsson är ytterligare en av de provtagare som ibland har jobbiga



förutsättningar under vintern.

Åke som tar prover i Nikkaluokta åt Krondroppsnätet och i Akkarjäkkå åt SLU var med i ett inslag på Radio P4 Norrbotten. På deras hemsida stod: "Kyla ner mot 40 minusgrader stoppar inte

miljöinspektör Åke Jönsson från Kiruna kommun. Han hade gett sig ut på en myr mellan Nikkaluokta och Pirttivuopio för att ta prover, utan handskar, för att det är just denna dag, som just dessa prover ska tas runt om i landet. Men han var inte ledsen för det." Lyssna gärna på inslaget via följande länk:

<https://sverigesradio.se/artikel/ake-samlar-in-prover-pa-myren-i-40-minus-basta-arbetsdagen>

6 Till minne

I slutet av januari 2024 nåddes vi av det mycket sorgliga beskedet att Stefan Anderson på Skogsstyrelsen i Halland har avlidit. Stefan har engagerat sig mycket i de halländska krondroppsytorna och vi är honom otroligt tacksam. Hans kunskande och engagemang har under lång tid varit en viktig tillgång för oss alla som arbetar med Krondroppsnetet. Han hade ett varmt och genuint bemötande som gjorde att det var enkelt och roligt att ringa och ställa de frågor som han var bäst att svara på. Vi kommer att sakna hans varma personlighet och att träffa honom i skogen och på möten runtom i Sverige.



Foto från Stefans presentation vid studiebesöket i Timrilt på årsmötet i juni 2022.

7 Referensförteckning

- 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.
- Akselsson, C., Kronnäs, V., Stadlinger, N., Zanchi, G., Belyazid, S., Karlsson, P. E., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G. 2021. A combined measurement and modelling approach to assess the sustainability of whole-tree harvesting. *Sustainability* 2021, 13, 2395. <https://doi.org/10.3390/su13042395>.
- Bergström, T., & Näslund, I. 2023. Miljötilståndet i fjällen Jämtlands län 2023.
- CEIP. 2024. EMEP/CEIP 2024 Present state of emission data; <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>
- Enzai Du och Wim de Vries (red.) 2024. Atmospheric Nitrogen Deposition to Global Forests - Spatial Variation, Impacts, and Management Implications. Academic Press, ISBN: 978-0-323-91140-5.
- Guerrieri, R., Cáliz, J., Mattana, S., Barceló, A., Candela, M., Elustondo, D., Fortmann, H., Hellsten, S., Koenig, N., Lindroos, A.-J., Matteucci, G., Merilä, P., Michalski, G., Nicolas, M., Thimonier, A., Turrone, S., Vanguelova, E., Verstraeten, A., Waldner, P. Watanabe, M., Casamayor, E.O., Peñuelas, J. & Mencuccini, M. 2024. Substantial contribution of tree canopy nitrifiers to nitrogen fluxes in European forests. *Nat. Geosci.* 17, 130–136 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01364-3>
- 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 luftkvaliten i Sverige av SO₂-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014-2015. IVL Rapport C 234.
- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G. 2018. 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. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116964.

- Karlsson, P.E., Akselsson, C., Hellsten, S., Pihl Karlsson, G. 2022. Twenty years of nitrogen deposition to Norway spruce forests in Sweden. *Science of the Total Environment* 809, 152192.
- Karlsson P.E., Pleijel, H., Fowler, P., Farahat, E.A., Hans W. Linderholm, H.W., Engardt, M., Andersson, C. 2023. Stem growth of Norway spruce in south Sweden in relation to soil moisture, nitrogen deposition, ozone exposure and meteorological variables. *Forest Ecology and Management* 549, 121455
- Kjeldahl, J. (1883) "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern" (New method for the determination of nitrogen in organic substances), *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22 (1): 366-383.
https://books.google.se/books?id=6ePmAAAAMAAJ&pg=PA366&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Länsstyrelsen i Hallands län, 2024. Regional årlig uppföljning – Hallands län 2024. Länsstyrelsen i Hallands län. <https://www.rus.se/regional-arlig-uppfoljning/>
- Moldan, F., Munthe, J., Hansen, K., Kyrklund, T., Akselsson, C., Fölster, J., Sverdrup, H. & Belyazid, S. 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.
- Näsholm, T., Kielland, K., Ganeteg, U., 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. *The New phytologist* 182 (1), 31-48.
- Pihl Karlsson, G., Sofie Hellsten, Per Erik Karlsson & Cecilia Akselsson. 2018. Tillståndet i skogsmiljön i Hallands län. Resultat från Krondroppsnetet till och med 2016/17. IVL Rapport C306.
- Pihl Karlsson, G, Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P.E. 2024. Atmospheric deposition and soil water chemistry in Swedish forests since 1985 – Effects of reduced emissions of sulphur and nitrogen. *Science of the Total Environment* 913, 169734.
- P4 Norrbotten Sveriges Radio, 2023-01-02. <https://sverigesradio.se/artikel/ake-samlar-in-proverpa-myren-i-40-minus-basta-arbetsdagen>
- SS-EN 25663 Vattenundersökningar - Bestämning av Kjeldahlnitrogen - Uppslutning med selen.
- SS-EN ISO 20236:2021 Vattenundersökningar - Bestämning av totalt organiskt kol (TOC), upplöst organiskt kol (DOC), bundet kväve (TNb) och upplöst bundet kväve (DNb) efter katalytisk oxidativ förbränning vid hög temperatur (ISO 20236:2018).
- Tamm, C.O. 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. *Ecological Studies* 81. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Verstraeten, A., Bruffaerts, N., Cristofolini, F., Vanguelova, E., Neiryneck, J., Genouw, G., De Vos, B., Waldner, P., Thimonier, A., Nussbaumer, A., Neumann, M., Benham, S., Rautio, P., Ukonmaanaho, L., Merilä, P., Lindroos, A.-J., Saarto, A., Reiniharju, J., Clarke, N., Timmermann, V., Nicolas, M., Schmitt, M., Meusburger, K., Kowalska, A., Kasprzyk, I., Kluska, K., Grewling, L., Malkiewicz, M., Vesterdal, L., Ingerslev, M., Manninger, M., Magyar, D., Titeux, H., Pihl Karlsson, G., Gehrig, R., Adriaenssens, S. Ekeboom, A., Dahl, Å., Ferretti, M. & Gottardini, E. Effects of tree pollen on throughfall element fluxes in European forests. 2023. *Biogeochemistry* 165, 311–325.
<https://doi.org/10.1007/s10533-023-01082-3>

Wallman, K. Löfgren, S. Sonesten, L. Demandt, C. From A-L. Totalkväveanalyser vid Institutionen för vatten och miljö - En genomgång av olika analysmetoder och deras betydelse för tidsserierna. SLU Uppsala: Rapport 2009:8

Bilaga. Mätplatserna i Hallands län

Krondroppsnätet bedriver mätningar vid fem mätplatser i Hallands län (Tabell B.1).

Tabell B.1. Aktiva mätplatser i Hallands län 2022/23. ÖF=Öppet fält, KD=Krondropp, SP=Strängprov, MV=Markvatten, LH=Lufthalter

Mätplats	Dominerande trädslag	ÖF	SP	KD	MV	LH
		(SO ₂ , NO ₂ , NH ₃ , O ₃ ^{**})				
Söstared (N 01)	Tall/gran			X	X	
Borgared (N 12)	Gran			X	X	
Timrilt (N 13)	Gran	X*	X*	X*	X	X
Djupeåsen (N 14)	Bok			X	X	
Kullahus (N 19)	Gran			X	X	

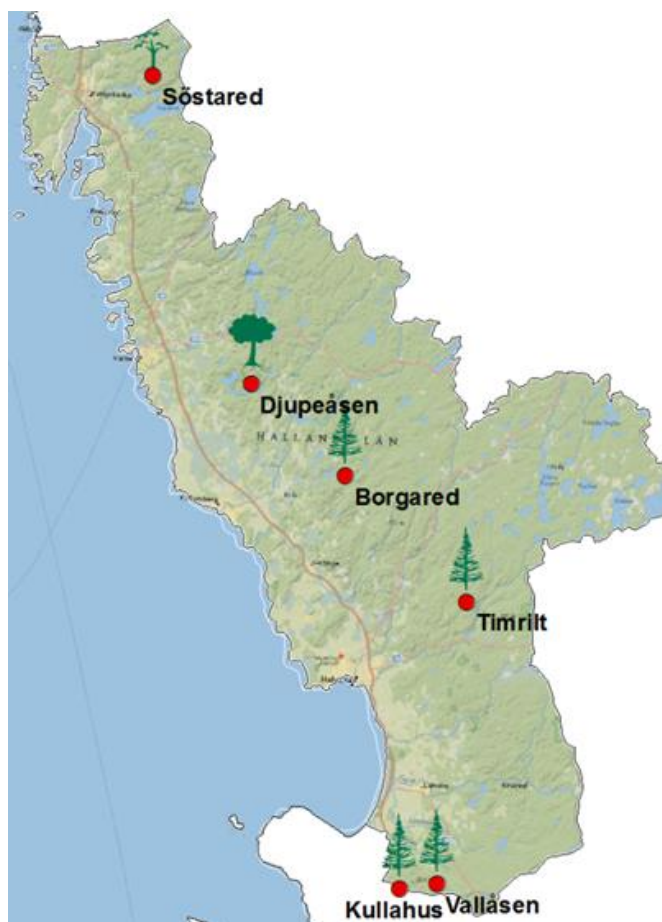
*Finansierat av Naturvårdsverket ** ingår i Ozonmättnätet i södra Sverige från och med 2009 och tas därför inte upp i denna rapport.

Undersökningarna är ett resultat av ett lagarbete där provtagning utförts av Percy Adolfsson och Hans Schibli.

På IVL har främst Sari Blom, Nour Osman, Paula Andersson, Pia Spandow, Sara Bodholm, Camilla Hållinder-Ehrencrona, Jessica Ekström, Crina Salceanu, Pernilla Bengtsson och Karin Hallgren tagit hand om och analyserat proverna.

Databasen har skötts av Gunnar Malm.

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



Bakgrundskarta: National Geographic World Map (ESRI).



Söstared (N 01)

Ursprungligen en gles tallskogsyta, planterad 1923, där det efterhand växt upp en tät föryngring av främst gran under huvudbeståndet. Ytan anlades 1987 och strax därefter gallrades beståndet (inklusive själva provytan). Deposition och markvatten har provtagits sedan hösten 1987. Markvattenprovtagningarna flyttades år 2000 en kort sträcka. Stormen Gudrun (2005) påverkade ytan i Söstared förhållandevis lite genom att endast en tall blåste ned.

Borgared (N 12)

En granskogsyta, planterad 1938. Den ursprungliga ytan låg i ett ca 3 hektar stort skogsområde där omgivande skog har avverkats. Sannolikt är det första generationens granskog på gammal betesmark. Mätning av deposition och markvatten startade 1996. Stormen Gudrun (2005) påverkade ytan i Borgared i stor utsträckning, då 15 granar föll och bildade en lucka i provytan. Efter stormen har ytterligare träd fallit. Den skadade ytan Borgared A ersattes under 2019 med en ny yta, Borgared B, också den i granskog.



Timrilt (N 13 B)

Tidigare granyta (N13A) skadades kraftigt av stormen Gudrun (2005) vilket medförde att ytan under hösten 2008 flyttades till en närliggande yta (N13B) ca 1,5 km sydost om den gamla ytan.



Mätning av deposition och markvatten startades vid den gamla ytan 1996 och vid den nya ytan 2008. Öppet fält- och strängprovtagningarna flyttades 2015 till den nya ytan. På grund av att hygget börjat växa igen flyttades öppet fält- och strängprovtagningarna till en ny plats i december 2020.

FÖRSURNING OCH ÖVERGÖDNING I HALLANDS LÄN

Resultat från Krondroppsnetet till och med 2022/23

Juni 2024

Djupeåsen (N 14)

En bokyta, planterad 1920. Själva ytan ligger i en sluttning mot sydost. Marken är mycket bördig. Området var betat fram till början av 1950-talet. Mätning av deposition och markvatten startade 1996.



Kullahus (N 19)

En granyta belägen på Hallandsåsen. Ytan ersatte en tidigare yta Vallåsen (N 17) som skadats kraftigt av stormarna Gudrun (2005) och Per (2007). Kullahus ligger endast 3–4 km från Vallåsen. Mätningar av krondropp och markvattenkemi startades under 2010. Parallella mätningar av nedfall innan flytt genomfördes vid de båda ytorna. Markvattenmätningar startades 2011.

**STOCKHOLM**

Box 21060, 100 31 Stockholm

GÖTEBORG

Box 53021, 400 14 Göteborg

MALMÖ

Nordenskiöldsgatan 24
211 19 Malmö

KRISTINEBERG

**(Center för marin forskning
och innovation)**

Kristineberg 566
451 78 Fiskebäckskil

SKELLEFTEÅ

Kanalgatan 59
931 32 Skellefteå

BEIJING, CHINA

Room 612A
InterChina Commercial Building No.33
Dengshikou Dajie
Dongcheng District
Beijing 100006
China

© IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB | Tel: 010-788 65 00 | www.ivl.se