Nr C 609
Juni 2021

Mätningar av försurande och övergödande ämnen samt tungmetaller i Malmö

Resultat till och med september 2020

Helena Danielsson och Gunilla Pihl Karlsson

ivl SVENSKA MILJÖINSTITUTET

Författare: Helena Danielsson, Gunilla Pihl Karlsson, IVL Svenska Miljöinstitutet
Medel från: Malmö stad
Fotograf: Susanna Gustafsson
Rapportnummer C 609
ISBN 978-91-7883-298-9
Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2021
IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

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

Förord

På uppdrag av Malmö stad har IVL Svenska Miljöinstitutet AB utfört mätningar i Malmö av försurande och övergödande ämnen samt tungmetaller i nederbörd under det hydrologiska året 2019/20 (oktober 2019 – september 2020). I denna rapport redovisas resultaten från de senaste mätningarna och jämförelser mot tidigare utförda mätningar i Malmö, 1999/00, 2004/05, 2009/10 och 2014/15, Även jämförelser mot motsvarande mätningar gjorda i bakgrundsmiljön i Skåne görs i rapporten.

Innehållsförteckning

Sammanfattning 5

1 Syfte och bakgrund 6

1.1 Försurande och övergödande ämnen 6
1.2 Tungmetaller 7

2 Mätstationer i Malmö 7

3 Provtagningsmetodik 9

3.1 Försurande och övergödande ämnen 10
3.2 Tungmetaller 10

4 Resultat från mätningarna 2019/20 10

4.1 Försurande och övergödande ämnen 11
4.2 Tungmetaller 19
4.3 Jämförelse mellan mätstationer 11

5 Jämförelse med tidigare års mätningar 25

5.1 Försurande och övergödande ämnen 25
5.2 Tungmetaller 33

6 Europeiska mätningar och modelleringar av försurande och övergödande ämnen samt tungmetaller 40

7 Slutsatser 43

8 Referenser 45

Bilaga I. Resultat 46

Försurande och övergödande ämnen 46
Tungmetaller 50

Sammanfattning

IVL Svenska Miljöinstitutet har sedan 1999 genomfört mätningar av försurande och övergödande ämnen samt tungmetaller i Malmö Stad med fem års mellanrum.

I denna rapport redovisas resultaten från de senaste hydrologiska årets mätningar (oktober 2019 – september 2020), tillsammans med tidigare mätningar i Malmö samt i Skånes bakgrundsmiljö.

Under det hydrologiska året 2019/20 var nedfallet av sulfatsvavel (utan bidrag från havssalt) med nederbörden cirka 1,6 kg/ha i Malmö. Nedfallet av sulfatsvavel var något lägre i Malmö jämfört med motsvarande mätningar i nederbörden i bakgrundsmiljön vid Hissmossa och Stenshult. Detta trots att halten av sulfatsvavel var högre i Malmö jämfört med vid de båda bakgrundsstationerna.

I Malmö var det totala oorganiska kvävenedfallet med nederbörden under 2019/20 knappt 6 kg/ha. Även det totala kvävenedfallet med nederbörden var lägre i Malmö jämfört med vid Hissmossa och Stenshult. Torrdepositionen av kväve inkluderas dock inte i dessa mätningar, vilket innebär att det totala kvävenedfallet i Malmö är högre än vad dessa nederbördskemiska mätningar visar. Mätningar inom Krondroppsnätet visar att det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve (inkl. torrdeposition) var drygt 15 kg/ha vid Stenshult och cirka 7,5 kg/ha vid Hissmossa. Torrdepositionen vid dessa bakgrundsstationer utgjordes av ungefär 48 respektive 31 % under 2019/20.

Nedfallet med nederbörden av kalcium och kalium var under det hydrologiska året 2019/20 klart högst i Malmö. När det gäller klorid, natrium och magnesium var nedfallet knappt högre jämfört med vid Hissmossa och något högre än vid Stenshult. pH i nederbörden var högre i Malmö jämfört med vid Hissmossa och Stenshult.

Nedfallet med nederbörden av kadmium, krom, koppar, nickel, kobolt och zink var under det hydrologiska året 2019/20 högre i Malmö jämfört med bakgrundsmätningarna vid Hallahus, medan nedfallet av arsenik, bly, mangan och vanadin var högre vid Hallahus.

För de undersökta hydrologiska åren var nedfall och halter i Malmö för alla analyserade parametrar, förutom krom och zink, högst under 1999/00. Nedfall av kalcium och kalium var ganska högt även under det hydrologiska året 2009/10.

Nedfallet av nitratkväve, totalt oorganiskt kväve, natrium och kadmium med nederbörden i Malmö har minskat signifikant från 1999/00 till 2019/20.

1 Syfte och bakgrund

Mätningarna av försurande och övergödande ämnen samt tungmetaller under perioden oktober 2019 till september 2020, det vill säga det hydrologiska året 2019/20, i Malmö stad syftade till att relatera nedfall och halter av dessa ämnen mot motsvarande bakgrundsvärden i Skåne. Ett ytterligare syfte var att följa tidsutvecklingen av resultaten från tidigare liknande mätningar i området. Liknande mätningar genomfördes i Malmö under perioderna oktober 1999 till september 2000 (det hydrologiska året 1999/00), oktober 2004 till september 2005 (det hydrologiska året 2004/05), oktober 2009 till september 2010 (det hydrologiska året 2009/10) samt oktober 2014 till september 2015 (det hydrologiska året 2014/15).

1.1 Försurande och övergödande ämnen

De luftföroreningar som bidrar till försurningen är främst svaveldioxid, kväveoxider och ammoniak. De härrör från utsläpp framför allt från väg- och sjötrafik, värme- och elkraftverk, industrier samt från jordbruksverksamhet. Merparten av de försurande ämnen som faller ned över Sverige har förts hit med vindar från andra länder och från den internationella sjöfarten. Nedfallet av försurande ämnen är högst i landets sydvästra delar på grund av hög nederbördsmängd i området samtidigt som avståndet till utsläppskällor på kontinenten är litet.

Om man ser till svavelnedfallet består de främsta källorna till utsläppen av förbränning av svavelhaltiga bränslen som kol och eldningsolja. Inom Sveriges gränser står industrin för den största delen av svavelutsläppen. Men det är utländska källor som ger upphov till det allra största nedfallet. Svavelnedfallet till skog i Sverige har minskat på ett statistiskt säkerställt sätt sedan 2001/02 med 74 procent för Sverige som helhet och med 82 procent för sydvästra Sverige. Denna minskning följer i stort sett takten för minskade rapporterade utsläpp av oxiderat svavel (Pihl Karlsson m.fl., 2021). Minskningen av svaveloxidutsläpp mellan 2000 och 2019, var 81 procent för EU27+UK och 63 procent i Sverige (EMEP Centre on Emission Inventories and Projections, CEIP, 2021). Det totala svavelnedfallet omfattar både våt- och torrdeposition och mäts bland annat som krondropp i skog. Torrdeposition av svavel, som utgörs av partiklar och gaser som fångas upp av vegetationen, har minskat kraftigt. Av Sveriges nedfall av oxiderat svavel kommer 9 % från Sverige resterande 91 % kommer från andra länder. De största enskilda källorna är Polen (21 %), Tyskland och Ryssland (10 % vardera) och marin sjöfart (6 %). Resterande 45 % kommer från andra källor varav 9 % kommer från länder utanför EMEP-regionen (Klein m.fl., 2020).

Främst i södra Sverige är övergödning ett betydande miljöproblem. Utsläpp av kväveoxider, främst från transporter, tillsammans med utsläpp av ammoniak, 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 leda till förhöjda nitrathalter i grundvattnet och ge försämrad dricksvattenkvalitet och övergödning av ytvatten samt bidra till försurning (Pihl Karlsson m.fl., 2021). Av Sveriges nedfall av oxiderat kväve kommer 11 % från Sverige resterande 89 % kommer från andra länder. De största enskilda källorna utgörs av sjöfarten i Östersjön och Tyskland (13 % vardera), Polen (10 %), sjöfart på Nordsjön (9 %) och Storbritannien (7 %). Resterande kommer från andra källor (Klein m.fl., 2020). Av Sveriges nedfall av reducerat kväve kommer 30 % från Sverige medan resterande 70 % kommer från andra länder. De största enskilda källorna kommer från Tyskland (17 %), Polen (9 %),

Danmark (8 %), Storbritannien (5 %) och Ryssland (4 %). Resterande kommer från andra källor (Klein m.fl., 2020).

1.2 Tungmetaller

Metallerna koppar, zink, krom, nickel, kobolt, mangan och vanadin är i låga doser essentiella för djur och människor. Vid brist på eller i för höga doser kan de däremot vara skadliga för hälsan. Metallerna bly, arsenik och kadmium är exempel på metaller som inte har någon funktion i levande vävnader och kan därför vara skadliga redan i låga halter.

Tungmetaller kan orsaka skador på det centrala nervsystemet, njurar och hjärta/kärl. Exponeringen är dock som regel större från livsmedel än från omgivningsluften. Vissa tungmetaller misstänks minska den mikrobiologiska aktiviteten i marken. Till tungmetallerna brukar man räkna de metaller vars densitet överstiger 5 g per kubikcentimeter. Ett stort antal grundämnen hör till den gruppen, men i miljösammanhang figurerar i första hand: arsenik (As), som brukar räknas till de miljöfarliga tungmetallerna trots att det egentligen är en halvmetall, bly (Pb), kadmium (Cd), kobolt (Co), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), nickel (Ni), tenn (Sn), vanadin (V) och zink (Zn). Övriga tungmetaller uppträder bara undantagsvis i så höga halter att de får skadliga effekter.

Större delen av de metallmängder som genom åren släppts ut i luften finns fortfarande kvar i marken där de fallit ned. Inte minst bly binds mycket effektivt i markens ytskikt och transporteras endast långsamt därifrån. Vissa metaller, däribland kadmium, är dock relativt rörliga i marken och blir ännu rörligare vid låga pH-värden. En fortsatt markförsurning innebär därför risk för stigande kadmiumhalter i närliggande vatten. Att människan riskerar att utsättas för ökande mängder kadmium beror också på att ämnet ingår som förorening i fosforhaltig handelsgödsel. Enligt förordning 1998:944 får inte handelsgödsel som innehålla mer än 100 gram kadmium per ton fosfor saluföras eller överlåtas i Sverige. Under senare år ligger kadmiumhalterna i handelsgödsel i Sverige betydligt lägre, mellan 4 och 8 gram per ton fosfor (Lantmännen[1]). Gränsvärden finns också för hur höga metallhalterna får vara i slam från avloppsreningsverken som ska spridas över åkermark.

2 Mätstationer i Malmö

Tidigare års mätningar i Malmö har genomförts vid en mätstation vid Kommuntekniks inhägnade område i Augustenborg. I närhet till mätstationen vid Augustenborg bedrivs svets- och metallbearbetning som eventuellt har påverkat mätresultaten för tungmetaller i nederbörden. Inför starten av mätningarna 2019/20 flyttades därför mätstationen till ett inhägnat område i Heleneholm (Figur 1, Figur 2). Enligt uppgift från Malmö stad är den nya stationen placerad i ett inhägnat område intill en mast för meteorologiska mätningar i närheten av Heleneholmsverket. Den meteorologiska masten är förzinkad vilket innebär att nederbörd som träffar masten hamnar i nederbördsproverna vilket leder till kontaminering av zink.

[1] https://www.lantmannen.se/hallbar-utveckling/viktiga-fragor/kadmium/?gclid=CjwKCAjwiLGGBhAqEiwAgq3q_hp1BH8FdHtJn7Bog9BFGNRx0Hr8W-K16gnw10eI5-bm9H3q7aHL3BoCJOkQAvD_BwE, 2021-06-18

Heleneholmsverket är ett gaseldat kraftvärmeverk som sedan 2020 har biogas som huvudbränsle. Under 2019 var huvudbränslet naturgas.

Under oktober, november och december 2019 genomfördes parallella mätningar även vid den gamla mätstationen i Augustenborg som jämförelse.

Figur 1. Mätstationernas placering i Malmö.

Figur 2. Foto på mätutrustning vid mätstationen i Heleneholm, Malmö.

I Figur 3 visas samtliga mätstationer från mätningar där resultat redovisas i rapporten. I rapporten används, förutom resultat från mätningarna i Malmö, mätresultat från bakgrundsstationerna Vavihill, Västra Torup, Arkelstorp, Hissmossa och Arup. Mätningarna vid Arup, Vavihill och

Hallahus provtas eller har provtagits inom den nationella miljöövervakningen, som genomförs av IVL på uppdrag av Naturvårdsverket.

Metaller i nederbörden mättes vid Arup fram till och med 2009 medan mätningarna vid Vavihill pågick mellan 2009 och 2015. Därefter ersattes mätstationen vid Vavihill av mätstationen Hallahus där mätningarna fortfarande pågår.

Mätningarna vid Västra Torup, Arkelstorp, Hissmossa och Stenshult utförs eller har utförts på uppdrag av Skånes Luftvårdsförbund inom Krondroppsnätet (se http://krondroppsnatet.ivl.se). I Hissmossa och Stenshult mäts alltjämt försurande och övergödande ämnen och i Västra Torup och Arkelstorp mättes försurande och övergödande ämnen fram till 2010 respektive 2006. Stenshult ligger mer utsatt på Romeleåsen medan Västra Torup/Hissmossa och Arkelstorp ligger mindre utsatt mitt i, respektive i nordöstra Skåne.

Figur 3. Karta över mätstationernas placering i Skåne.

3 Provtagningsmetodik

Provtagningsmetodiken för mätningarna av försurande ämnen i Malmö kommun under 2019/20 var samma som används inom Krondroppsnätet och Luft- och nederbördskemiska nätet. För mätningarna av tungmetaller i nederbörd i Malmö var provtagningsmetodiken samma som för nederbördsmätningarna av metaller inom den nationella miljöövervakningen.

Nederbörden för analys av försurande och övergödande ämnen samlades in med hjälp av provtagningskärl med känd insamlingsarea (WoF-provtagare). Provtagaren bestod av ett rör (diameter 20,3 cm) med ett nät (skräpskydd som användes sommartid) och en plastpåse som samlade in nederbörden. En ny plastpåse användes varje månad. För att minska risken för kontaminering av fågelträck användes även en så kallad Bird ring under sommaren.

Utrustningen för tungmetallprovtagning utgjordes av en 500 milliliters flaska och en tratt i polyeten. Inuti tratten fanns en mindre tratt som upptill var försedd med ett finmaskigt nät av nylon. Nylonnätets uppgift var att förhindra att större partiklar kan komma ner i flaskan. Utrustningen för tungmetallprovtagning var syradiskad.

All provtagningen utfördes på månadsbasis.

Eftersom nederbörden samlades in i ständigt öppna insamlare på öppet fält ingår även en liten mängd torrdeposition, i synnerhet av havssalt, i provtagningen. Resultaten i denna rapport benämns ändå nedfallet med nederbörden.

Samtliga analyser genomfördes på IVL:s ackrediterade laboratorium.

3.1 Försurande och övergödande ämnen

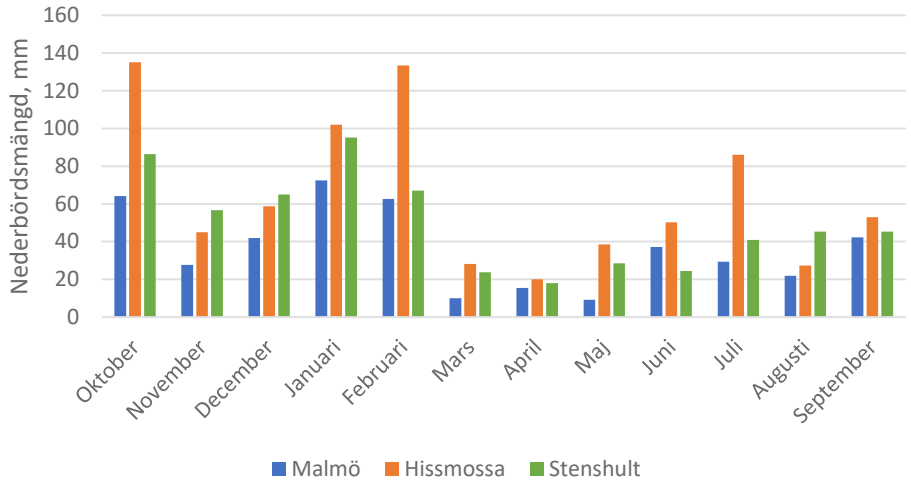
För insamling av nederbörd för analyser av försurande och övergödande ämnen användes två parallella insamlare. Vid provtagning noterades den totala nederbördsmängden innan proverna skickades in till IVL:s laboratorium för analys. På laboratoriet bestämdes i de båda månadsproverna pH-värde, ledningsförmåga och alkalinitet (vid pH över 5,4). Proverna analyserades därefter med avseende på halter av sulfatsvavel (SO_4-S), nitratkväve (NO_3-N), ammoniumkväve (NH_4-N), klorid (Cl), kalcium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na) och kalium (K).

3.2 Tungmetaller

För insamling av nederbörd för metallanalys användes tre parallella insamlare. De tre insamlade månadsproverna analyserades på IVLs laboratorium med avseende på halter av arsenik (As), bly (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr), koppar (Cu), nickel (Ni), kobolt (Co), mangan (Mn), vanadin (V) och zink (Zn).

4 Resultat från mätningarna 2019/20

Nederbördsmängderna under det hydrologiska året 2019/20 presenteras i Figur 4. Nederbördsmängden vid mätstationen Heleneholm var 434 mm under det hydrologiska året 2019/20. Detta var lägre än vad som uppmättes vid Stenshult (597 mm) och vid Hissmossa (778 mm). Vid mätstationen i Malmö föll de största nederbördsmängderna i oktober 2019, januari och februari 2020. Lägsta nederbördsmängderna föll i mars, april och maj 2020. Den månatliga nederbördsmängden i Malmö var lägst jämfört med bakgrundsstationerna för samtliga månader förutom i juni 2020, då nederbördsmängden i Malmö var större än vid Stenshult.



Figur 4. Uppmätta nederbördsmängder vid mätstationen i Malmö (Heleneholm) och bakgrundsstationerna Hissmossa och Stenshult under det hydrologiska året 2019/20.

4.1 Jämförelse mellan mätstationer

Under oktober, november och december 2019 genomfördes mätningar både vid Malmös nya mätstation, Heleneholm, och vid den tidigare mätstationen, Augustenborg.

I Tabell 1 presenteras summerat nedfall av försurande och övergödande ämnen vid mätstationerna Augustenborg och Heleneholm i Malmö för perioden oktober till december 2019 och i

Tabell 2 presenteras månadsvisa halter för motsvarande ämnen samt pH och koduktivitet. Inga stora skillnader fanns mellan de båda mätstationerna vid jämförelse av nedfallet av sulfatsvavel, nitrat- och ammoniumkväve samt magnesium. För klorid, kalcium, natrium och kalium varierade halterna mellan månaderna och generellt var de något högre vid Heleneholm jämfört med Augustenborg. Detta gör att det finns en antydan till något högre nedfall av dessa ämnen vid Heleneholm jämfört med Augustenborg.

Tabell 1. Nederbördsmängd och nedfall av försurande och övergödande ämnen med nederbörden vid mätstationerna Augustenborg och Heleneholm i Malmö under perioden oktober - december 2019.

Station	Nb, mm	SO4-S, kg/ha	SO_4-S, exkl. havssalt, kg/ha	NO_3-N, kg/ha	NH_4-N, kg/ha	Oorg. N, kg/ha	Cl, kg/ha	Ca, kg/ha	Mg, kg/ha	Na, kg/ha	K, kg/ha
Augustenborg	137	0.56	0.44	0.81	0.84	1.6	2.7	0.48	0.21	1.5	0.19
Heleneholm	134	0.72	0.54	0.85	0.94	1.8	3.9	1.1	0.31	2.1	0.81

Tabell 2. Medelhalter av försurande och övergödande ämnen i nederbörden vid mätstationerna Augustenborg och Heleneholm i Malmö under oktober, november och december 2019.

Station	Månad	Nb, mm	pH	H+, mekv/l	SO_4-S, mg/l	SO_4-S exkl. havssalt, mg/l	Cl, mg/l	NO_3-N, mg/l	NH_4-N, mg/l	Ca, mg/l	Mg, mg/l	Na, mg/l	K, mg/l	Kond, mS/m
Augustenborg	okt-19	67	6.0	0.0010	0.30	0.25	1.1	0.43	0.51	0.34	0.090	0.61	0.08	1.4
Augustenborg	nov-19	30	5.1	0.0077	0.67	0.62	1.2	0.88	0.94	0.47	0.13	0.60	0.27	2.3
Augustenborg	dec-19	40	5.2	0.0064	0.40	0.21	4.1	0.64	0.55	0.30	0.29	2.2	0.13	2.8
Heleneholm	okt-19	64	6.5	0.0005	0.49	0.40	2.0	0.51	0.57	1.2	0.20	1.1	0.68	2.5
Heleneholm	nov-19	28	5.1	0.0078	0.74	0.67	1.4	0.91	0.96	0.38	0.11	0.75	0.13	2.5
Heleneholm	dec-19	42	5.8	0.0021	0.49	0.25	5.2	0.65	0.73	0.59	0.36	2.8	0.78	3.6

I Tabell 3 presenteras summerat nedfall av tungmetaller vid mätstationerna Augustenborg och Heleneholm i Malmö för perioden oktober till december 2019 och i Tabell 4 presenteras månadsvisa halter för metallerna. Nedfallet och halten av zink vid Heleneholm var avsevärt högre jämfört med Augustenborg. Detta beror, som redan nämnts, på att masten som står vid mätstationen är förzinkad och att detta påverkat halterna av zink i nederbördsproverna vid Heleneholm. Både nedfallet och halterna av kadmium i nederbörden tyder på något högre belastning av kadmium vid Heleneholm jämfört med Augustenborg. För krom, koppar, nickel, kobolt och mangan var nedfallet och halterna lägre vid Heleneholm jämfört med Augustenborg. Anledningen till detta är förmodligen att det fanns en påverkan från svets- och metallbearbetnings-anläggningen vid Augustenborg. För arsenik, bly och vanadin fanns en haltvariation mellan de olika månaderna vilket gör det svårt att se ett tydligt mönster men nedfallet av arsenik och vanadin var liknande för de båda mätstationerna.

Tabell 3. Nederbördsmängd och nedfall av tungmetaller med nederbörden vid mätstationerna Augustenborg och Heleneholm i Malmö under perioden oktober - december 2019.

Station	As, g/ha	Pb, g/ha	Cd, g/ha	Cr, g/ha	Cu, g/ha	Ni, g/ha	Co, g/ha	Mn, g/ha	V, g/ha	Zn, g/ha
Augustenborg	0.16	1.4	0.044	0.19	4.3	0.37	0.071	3.5	0.35	13
Heleneholm	0.16	0.60	0.075	0.10	1.9	0.25	0.049	2.5	0.36	314

Tabell 4. Medelhalter av metaller i nederbörden vid mätstationerna Augustenborg och Heleneholm i Malmö under oktober, november och december 2019.

Station	Månad	Nb, mm	As, µg/l	Pb, µg/l	Cd, µg/l	Cr, µg/l	Cu, µg/l	Ni, µg/l	Co, µg/l	Mn, µg/l	V, µg/l	Zn, µg/l
Augustenborg	19-okt	67	0.10	0.35	0.029	0.19	4.1	0.22	0.033	2.5	0.27	7.6
Augustenborg	19-nov	30	0.21	3.4	0.060	0.12	3.0	0.33	0.10	3.8	0.24	15
Augustenborg	19-dec	40	0.064	0.48	0.016	0.075	1.8	0.33	0.047	1.8	0.25	8.9
Heleneholm	19-okt	64	0.13	0.43	0.042	0.083	1.4	0.19	0.032	2.1	0.31	148
Heleneholm	19-nov	28	0.19	0.58	0.58	0.078	1.9	0.26	0.055	2.0	0.19	412
Heleneholm	19-dec	42	0.062	0.39	0.39	0.056	1.0	0.15	0.032	1.5	0.25	251

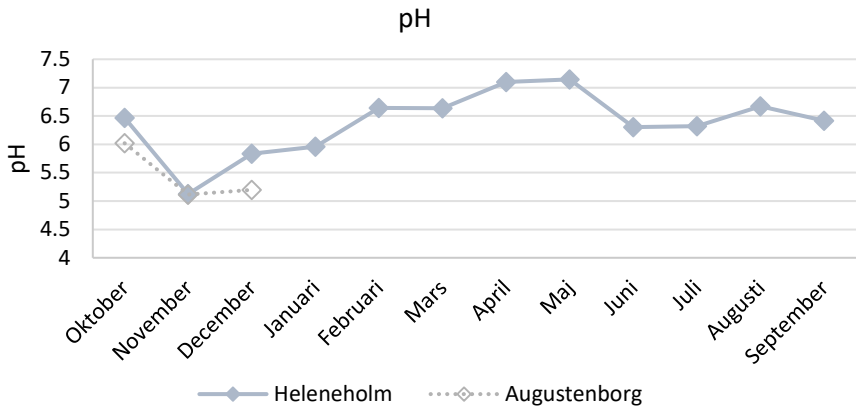
Det tydligaste resultatet av jämförelserna mellan nedfall och halter mellan den tidigare mätstationen Augustenborg och den nuvarande mätstationen Heleneholm var att framförallt belastningen av tungmetaller skiljer sig åt mellan mätstationerna. Belastningen av kadmium kan vara något högre vid Heleneholm. Lägre belastning vid Heleneholm jämfört med Augustenborg kunde ses för krom, koppar, nickel, kobolt och mangan. För försurande och övergödande ämnen var det svårare att se ett tydligt mönster men för nedfallet av klorid, kalcium, natrium fanns det en antydan till något högre belastning av dessa ämnen vid Heleneholm jämfört med Augustenborg.

I kapitel 4.2 och 4.3 redovisas resultaten för halter och nedfall med nederbörden från mätningarna vid Augustenborg under oktober, november och december 2019 tillsammans med resultaten från mätningarna vid mätstationen Heleneholm under det hydrologiska året 2019/20.

4.2 Försurande och övergödande ämnen

Ett högt nedfall beror ofta, men inte alltid, på en hög nederbördsmängd, men en hög nederbördsmängd innebär dock inte alltid ett högt nedfall. Storleken på nedfall med nederbörden beror på en kombination av nederbördsmängd och föroreningsgraden hos luftmassan som passerar över området. Sulfat (SO_4) och nitrat (NO_3) är i huvudsak långväga transporterade luftföroreningar, medan ammonium (NH_4) generellt har ett större inslag av påverkan från lokala emissioner. Ammoniumkväve kan dock även transporteras långt. Klorid och även natrium och magnesium visar främst på inslaget av havssalt i den passerande luftmassan.

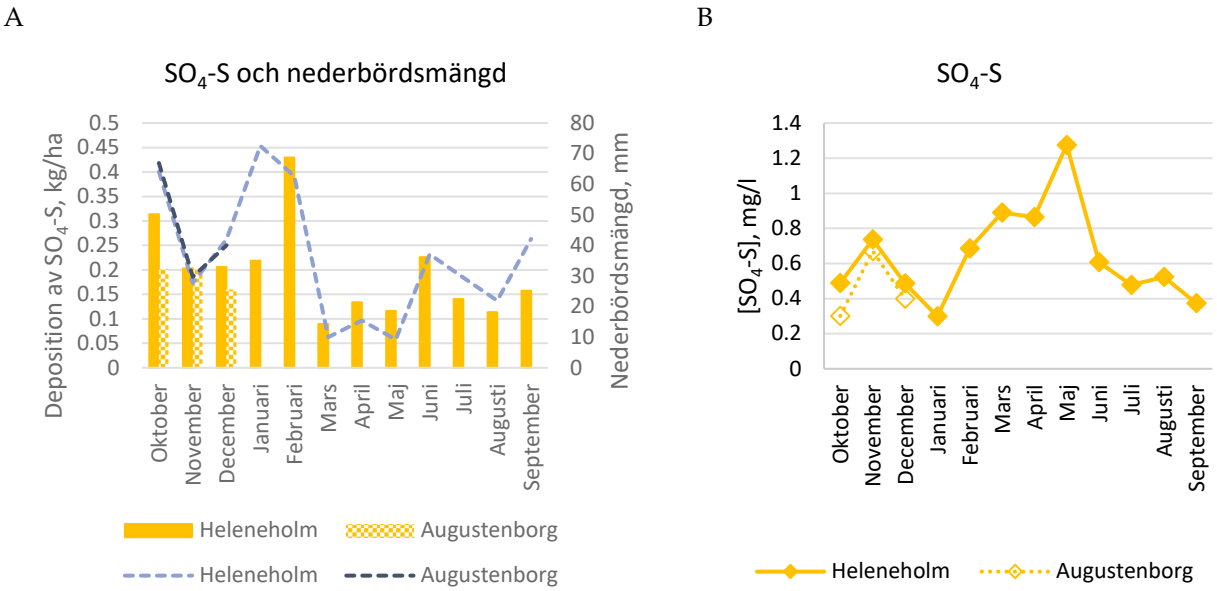
pH i nederbörden var lägst i november 2020 (5,1) och högst i april och maj 2020 (7,1) (Figur 5). Årsmedelvärdet för pH i nederbörden i Malmö var högre (6,4) jämfört med bakgrundsstationerna Hissmossa och Stenshult (5,6 respektive 5,8).



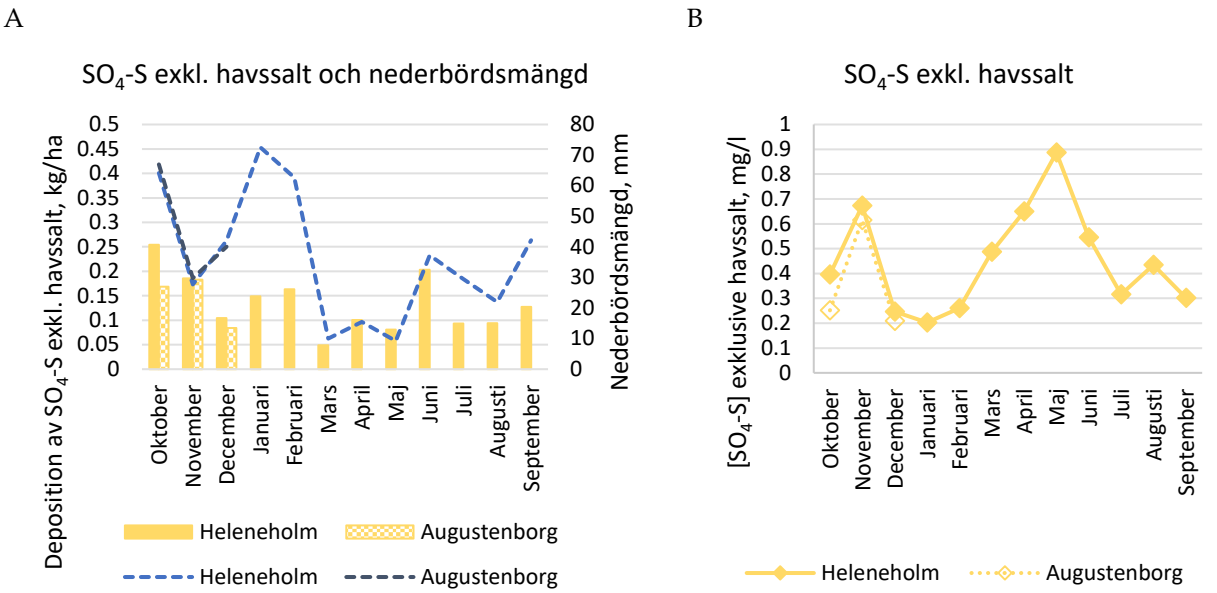
Figur 5. Månadsvis pH-värde i nederbörd från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20.

Nedfallet av sulfatsvavel var under mätperioden allra högst under februari månad (0,43 kg/ha), (Figur 6A). Halterna av sulfatsvavel var allra högst i maj 2020 men på grund av den låga nederbördsmängden i maj var nedfallet av svavel mycket låg under maj, (Figur 6B). Vid jämförelse med Figur 7A och Figur 7B kan man se att en stor del (ungefär 60 %) av svavelnedfallet med nederbörden under februari 2020 beror på bidrag från havssalt. Även i december 2019 bidrog havssalt till ett stort svavelnedfall. Den totala årsnedfallet av sulfatsvavel, exklusive bidrag från havssalt, med nederbörden var 1,6 kg/ha under 2019/20 i Malmö vilket är något lägre jämfört med Hissmossa (1,7 kg/ha) och ytterligare lägre än svavelnedfallet vid Stenshult (2,0 kg/ha). Även för

dessa två bakgrundsstationer var bidraget av svavel från havssalt procentuellt högst i februari månad. Inom Krondroppsnätet uppmättes totalnedfallet av svavel via krondropp vid Stenshult till 3,7 kg/ha under 2019/20, medan svavelnedfallet via krondropp vid övriga mätstationer i Skåne varierade mellan 1,5 och 2,2 kg/ha (Pihl Karlsson m.fl. 2021).

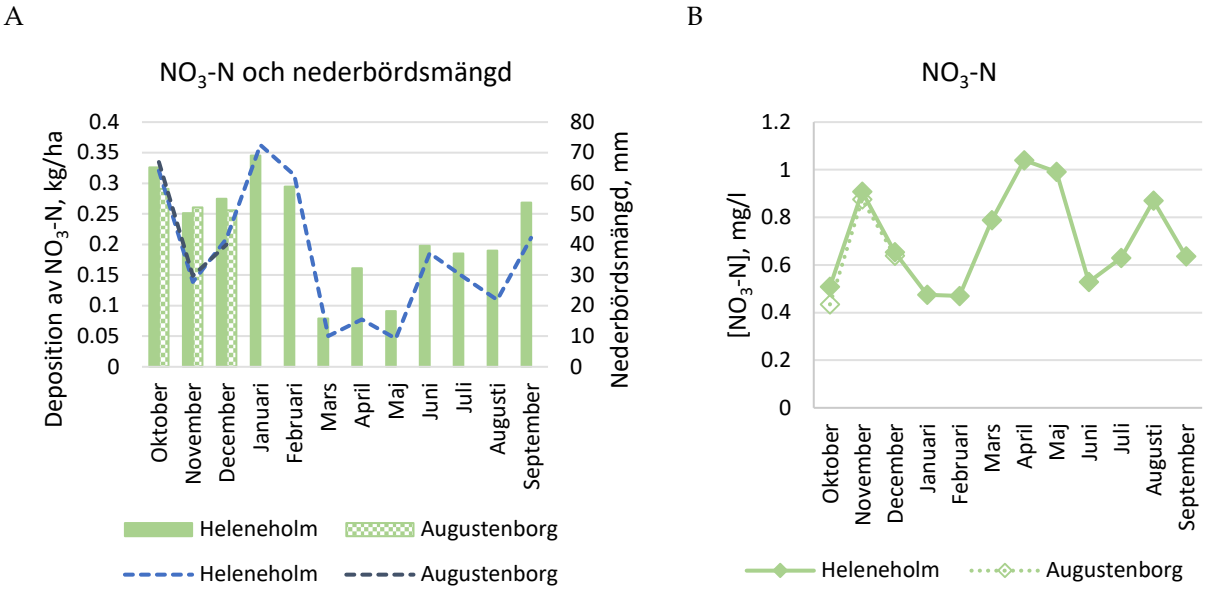


Figur 6. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av sulfatsvavel från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).



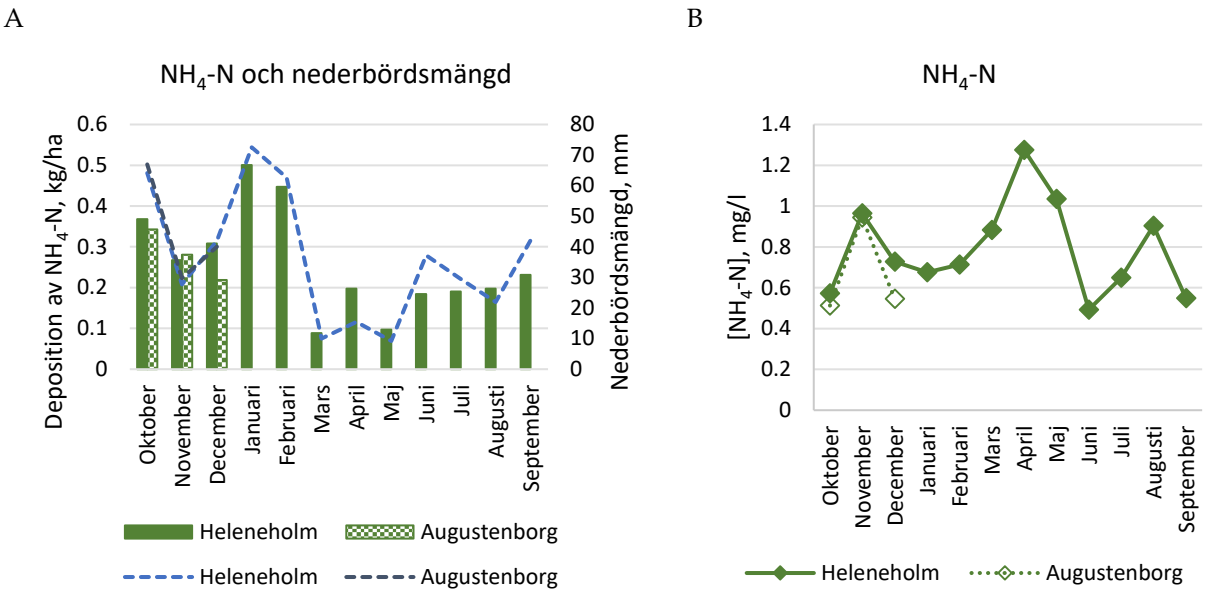
Figur 7. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av sulfatsvavel exklusive svavel från havssalt från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Månadsvis nedfall med nederbörden och halt av nitratkväve i Malmö visas i Figur 8A och Figur 8B. Nedfallet av nitratkväve med nederbörden var högst i januari 2020 (0,35 kg/ha), följt av oktober 2019 (0,33 kg/ha). Halterna av nitratkväve var allra högst i april 2020 men den låga nederbördsmängden resulterade i ett relativt lågt nedfall av nitratkväve under det hydrologiska året.



Figur 8. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av nitratkväve från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

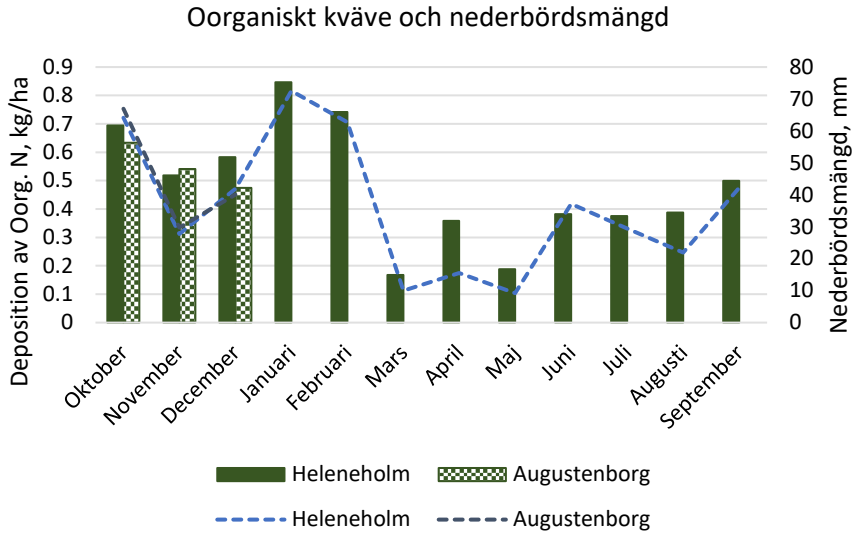
Månadsvis nedfall med nederbörden och halt av ammoniumkväve i Malmö visas i Figur 9A och Figur 9B. Nedfallet av ammoniumkväve var högst under januari och februari 2020 (0,50 respektive 0,45 kg/ha). För ammoniumkväve ser man samma mönster som för nitratkväve, det vill säga att den höga halten i april inte har särskilt stor påverkan på nedfallet av ammoniumkväve.



Figur 9. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av ammoniumkväve från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

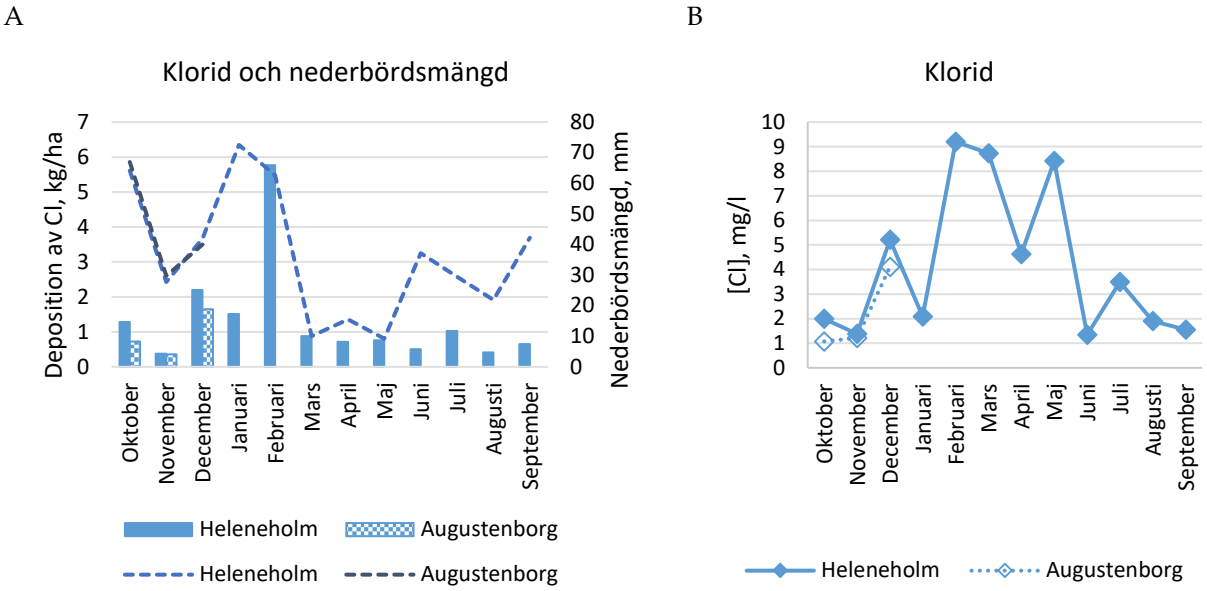
Det sammanlagda nedfallet av nitrat- och ammoniumkväve med nederbörden utgör det totala oorganiska kvävenedfallet, exklusive torrdeposition (Figur 10). Under mätperioden 2019/20 var nedfallet av totalt oorganiskt kväve (NO_3-N + NH_4-N) med nederbörden i Malmö 5,7 kg/ha, vilket innebär ett överskridande av den kritiska haltnivån för kväve som används i Sverige till skydd för förändringar i skogsekosystemen (5 kg/ha och år för barrskog, 10 kg/ha och år för lövskog).

Torrdepositionen av kväve var dock inte med i dessa mätningar, vilket innebär att det totala kvävenedfallet i Malmö var högre än vad dessa mätningar med nedfall med nederbörden visade. Jämfört med Hissmossa och Stenshult var nedfallet av totalt oorganiskt kväve med nederbörden lägre i Malmö. I Hissmossa var kvävenedfallet 6,3 kg/ha under 2019/20 medan det i Stenshult var 9,5 kg/ha. Mätningar inom Krondroppsnätet visar att det beräknade totala nedfallet av oorganiskt kväve (våt- och torrdeposition) var 15,1 kg/ha vid Stenshult, varav ungefär 7 kg utgjordes av torrdeposition, och 7,4 kg/ha vid Hissmossa, varav ungefär 2,3 kg utgjordes av torrdeposition (Pihl Karlsson m.fl., 2021).



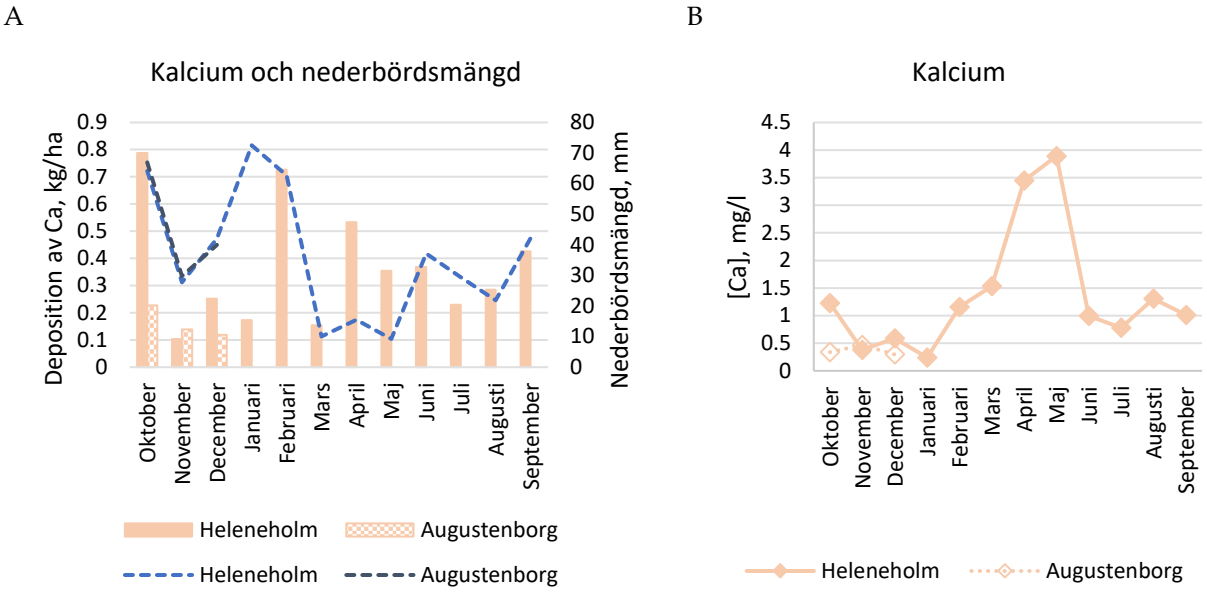
Figur 10. Månadsvis nedfall med nederbörden av totalt oorganiskt kväve från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje). Tillsammans utgör dessa totalt oorganiskt kväve (exklusive torrdeposition).

Nedfall med nederbörden och halt av klorid visas i Figur 11A och Figur 11B. Kloridhalten i nederbörden tillsammans med hög nederbördsmängd gör att kloridnedfallet var allra högst i februari 2020, 5,8 kg/ha. Nedfallet av klorid speglar havssaltstillförseln och brukar vara högt under blåsiga perioder. Övriga månader var kloridnedfallet betydligt lägre, då särskilt i november 2019, juni och augusti 2020. Nedfallet av klorid under det hydrologiska året 2019/20 var i Malmö 16 kg/ha vilket var högre än kloridnedfallet i Stenshult (drygt 14 kg/ha), men lägre än i Hissmossa (drygt 17 kg/ha).



Figur 11. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av klorid från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

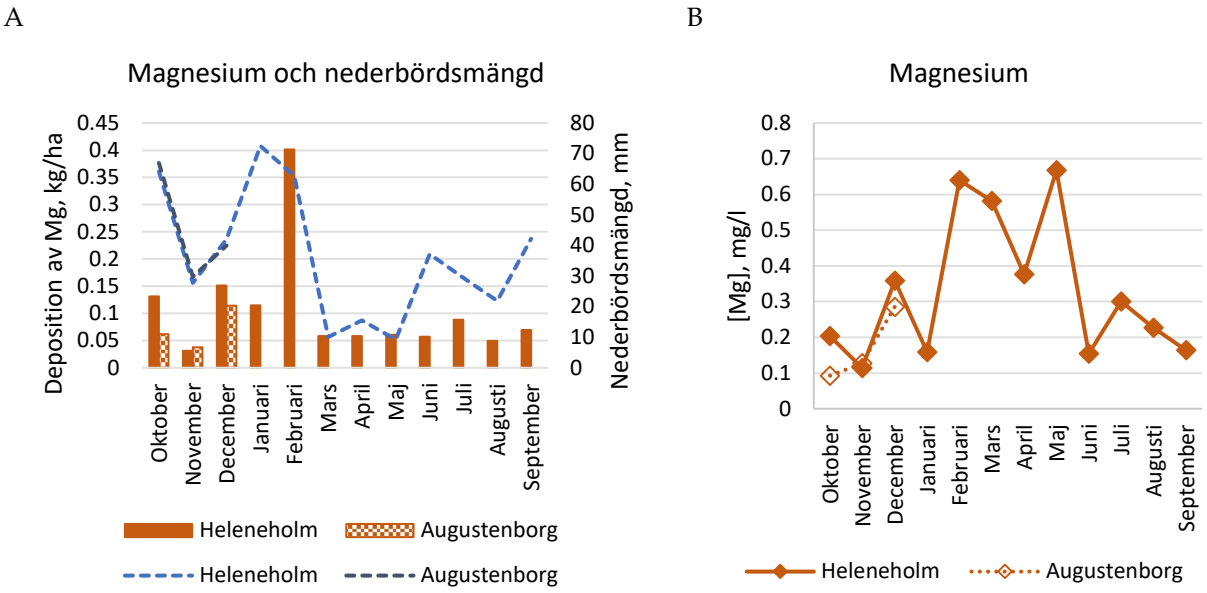
Nedfallet av kalcium (Figur 12A) med nederbörden i Malmö var högst under oktober 2019 och i februari 2020, 0,79 respektive 0,73 kg/ha. Detta trots att kalciumhalten för dessa månader inte var särskilt hög (Figur 12B). Ett kalciumnedfall över 0,4 kg/ha förekom även under april och september. Den totala årsnedfallet av kalcium med nederbörden var 4,4 kg/ha i Malmö under 2019/20, vilket var dubbelt så mycket eller mer som vid Hissmossa (1,6 kg/ha) och Stenshult (2,2 kg/ha). En möjlig orsak till de höga halterna av kalcium i nederbördsproverna från Malmö kan vara närheten till det gamla kalkbrottet i Limhamn.



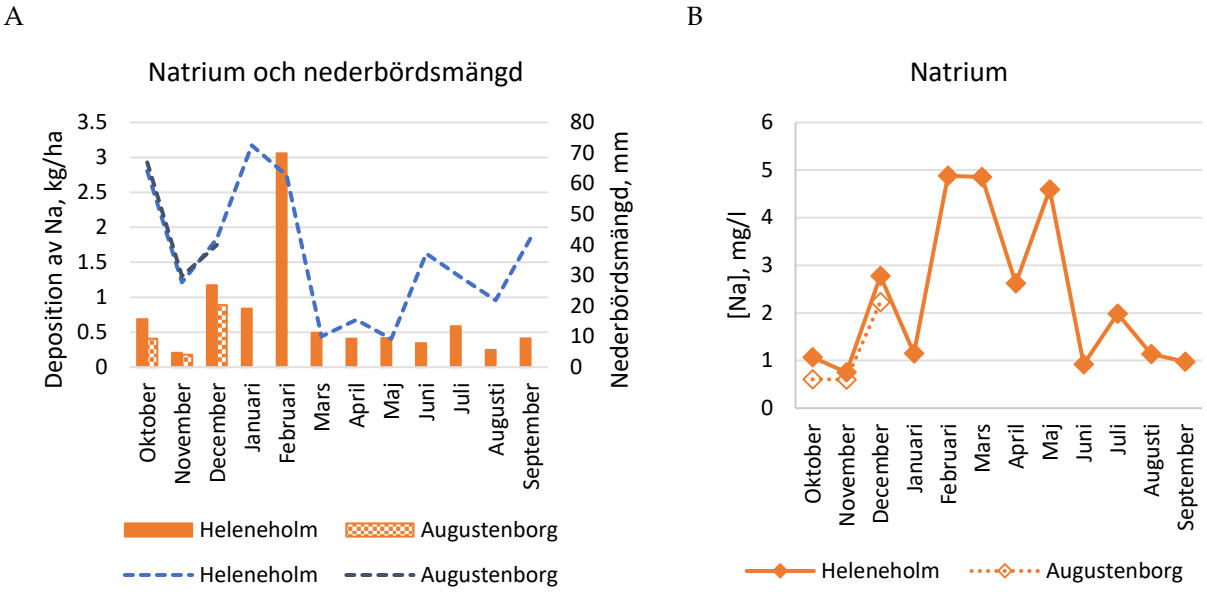
Figur 12. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av kalcium från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Nedfalls- och haltmönstren för magnesium (Figur 13A och Figur 13B) och natrium (Figur 14A och Figur 14B) följer varandra väl och liknar även till stor del nedfallsmönstret för klorid (Figur 11).

Detta är föga förvånande då det som nämnts ovan finns en stark koppling till påverkan från havssalt. Högsta nedfallet för dessa parametrar förekom under februari 2020 (magnesium 0,40 kg/ha, natrium 3,1 kg/ha) medan den lägsta nedfallet med nederbörden uppträdde under november. Den totala årsnedfallet av magnesium med nederbörden var i Malmö 1,3 kg/ha vilket var något högra än vid Hissmossa (1,2 kg/ha) och Stenshult (1,1 kg/ha). Motsvarande jämförelse av natriumnedfallet med nederbörden av natrium visar att den i Malmö var 8,9 kg/ha, vilket var något högre än vid Stenshult (7,3 kg/ha) och knappt lägre än vid Hissmossa (9,1 kg/ha).



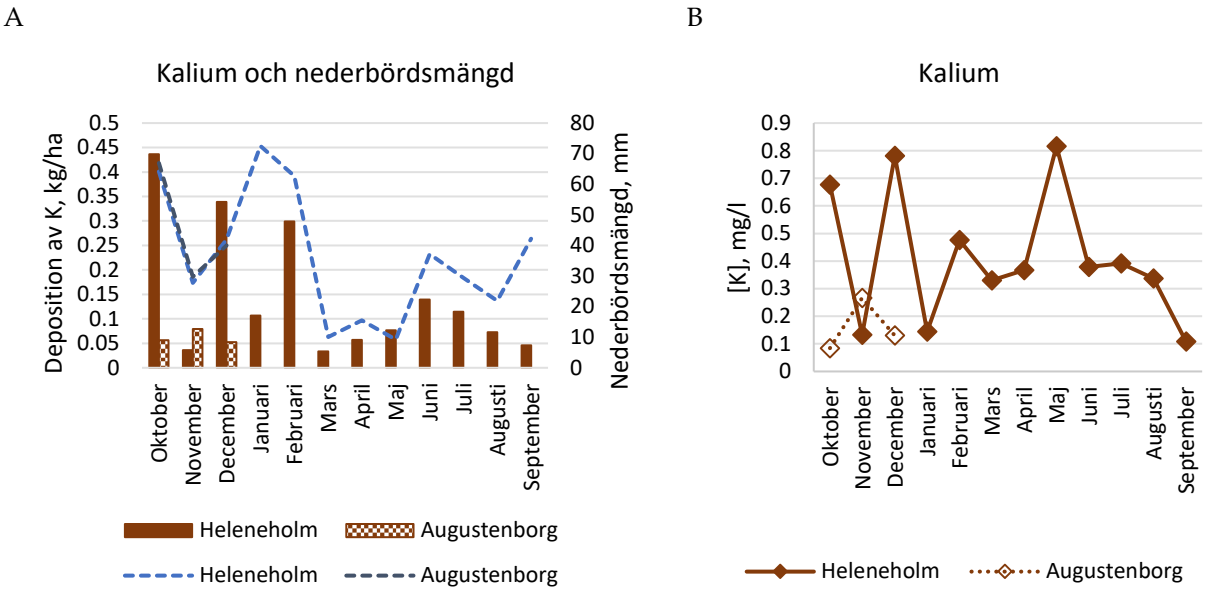
Figur 13. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av magnesium från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).



Figur 14. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av natrium från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Nedfallet av kalium med nederbörden i Malmö var, liksom för kalcium (Figur 12A), högt under oktober 2019 och i februari 2020, 0,44 respektive 0,34 kg/ha, men även december 2019 uppvisade ett

högt nedfall av kalium (Figur 15A). Även halterna av kalium i nederbörden var hög under dessa månader (Figur 15B). Den allra högsta halten av kalium förekom i nederbördsprovet för maj men då nederbördsmängden var låg denna månad var också nedfallet låg i maj. Den totala årsnedfallet av kalium med nederbörden var i Malmö 1,8 kg/ha vilket var mer jämfört med vid bakgrunds-stationerna Hissmossa och Stenshult (1,1 kg/ha).



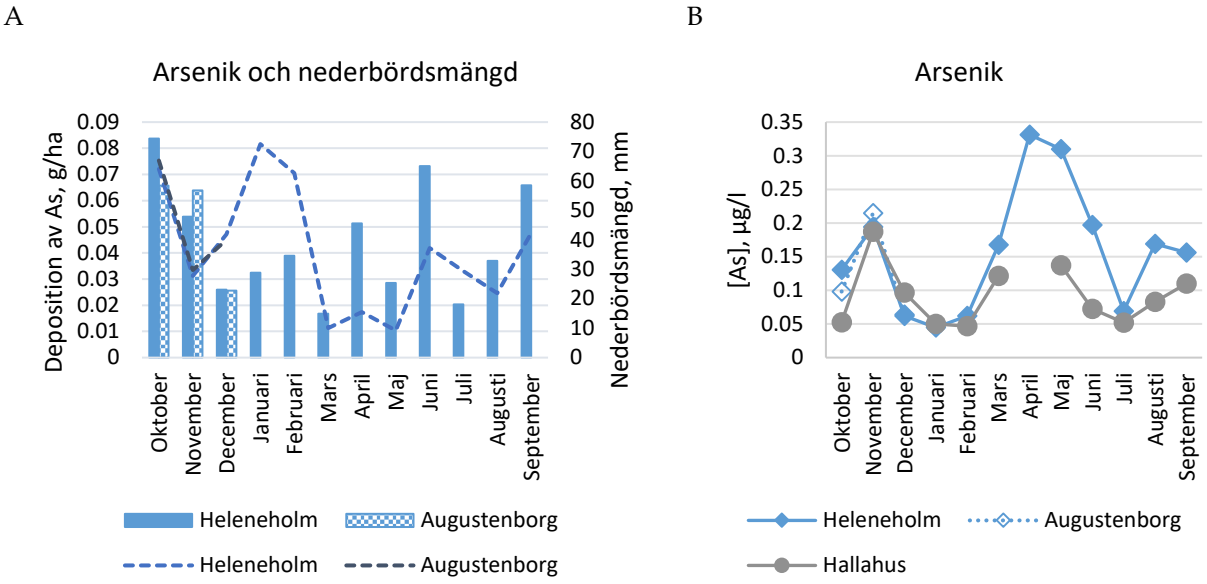
Figur 15. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av kalium från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

4.3 Tungmetaller

Metallhalter i nederbörden vid Heleneholm i Malmö och vid bakgrundsstationen Hallahus visas i figurerna 15 till 24, nedan. Figurerna visar också Malmöstationens nedfall av metaller. Resultat från Hallahus i april 2020 är strukna då nederbördsprovet var kontaminerat. Även ett av de tre delproven för november i Hallahus är struket då det var kontaminerat. För beräkning av nedfallet för Hallahus i april har medelvärde för mars och maj ansatts.

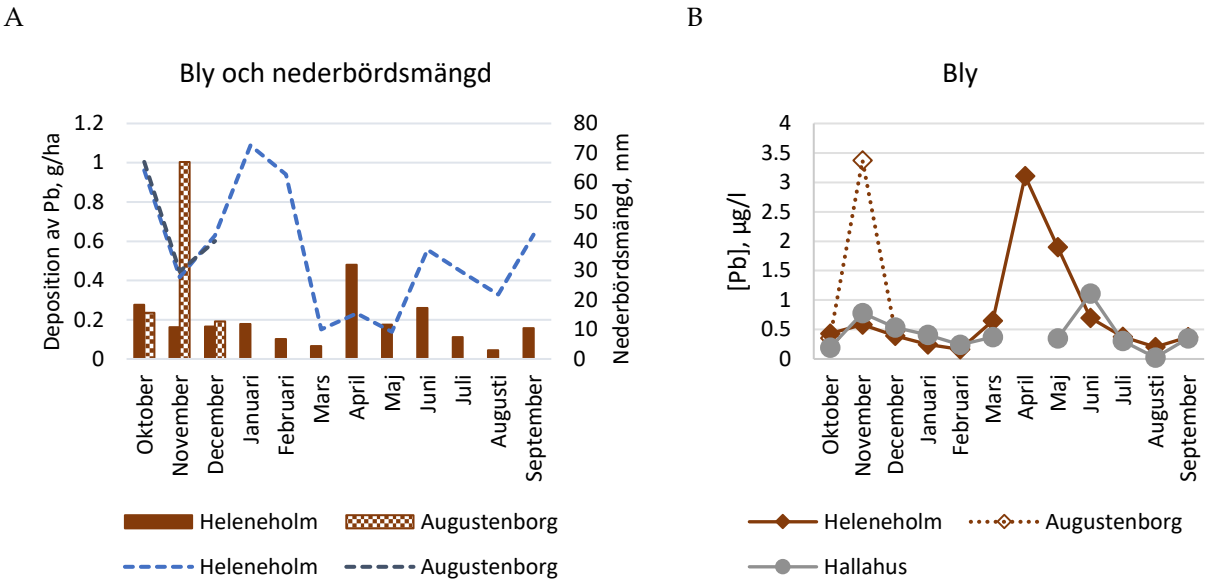
Generellt visar resultaten att metallhalterna för de flesta månaderna endast var något högre eller på samma nivå vid Malmöstationen jämfört med bakgrundsstationen Hallahus. Undantag från detta mönster kan framför allt ses för månaderna april och maj men även till viss del för mars månad då halterna av till exempel nickel var väldigt höga i Malmö.

Nedfallet av arsenik (Figur 16A) med nederbörden i Malmö var högst under oktober 2019, 0,083 g/ha. Eftersom nederbördsmängden var hög i oktober leder det till högt nedfall trots att arsenik-halten för denna månad inte var särskilt hög, 0,13 µg/l (Figur 16B). Näst högst nedfall av arsenik förekom i juni 2020, 0,073 g/ha. Halten av arsenik i nederbörden var högst under april och maj (0,33 respektive 0,31 µg/l). Det totala årsnedfallet av arsenik med nederbörden var i Malmö 0,53 g/ha vilket är något lägre jämfört med bakgrundsstationen Hallahus (0,64 g/ha).



Figur 16. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av arsenik från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

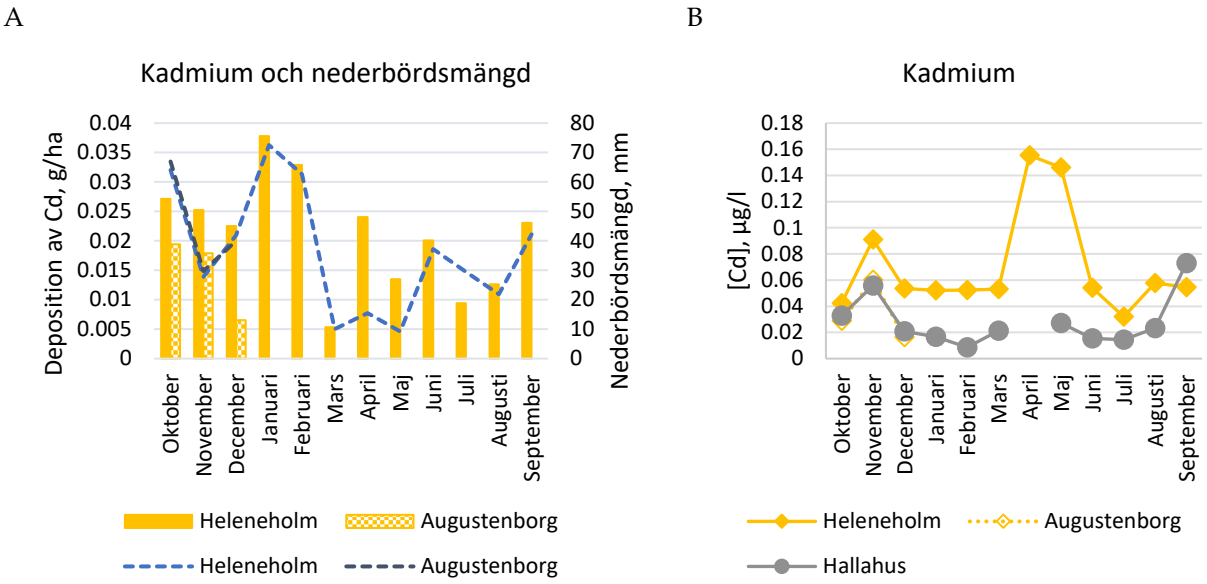
Nedfallet av bly (Figur 17A) med nederbörden i Malmö var högst under april 2020, 0,48 g/ha följt av oktober 2019 (0,28 g/ha) och juni 2020 (0,26 g/ha). Det totala årsnedfallet med nederbörden var i Malmö 2,22 g/ha vilket är något lägre än årsnedfallet av bly vid bakgrundsstationen Hallahus (3,1 g/ha). Den högsta halten av bly i nederbördsproverna från Malmö uppmättes i april 2020 (3,1 µg/l) (Figur 17B).



Figur 17. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av bly från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

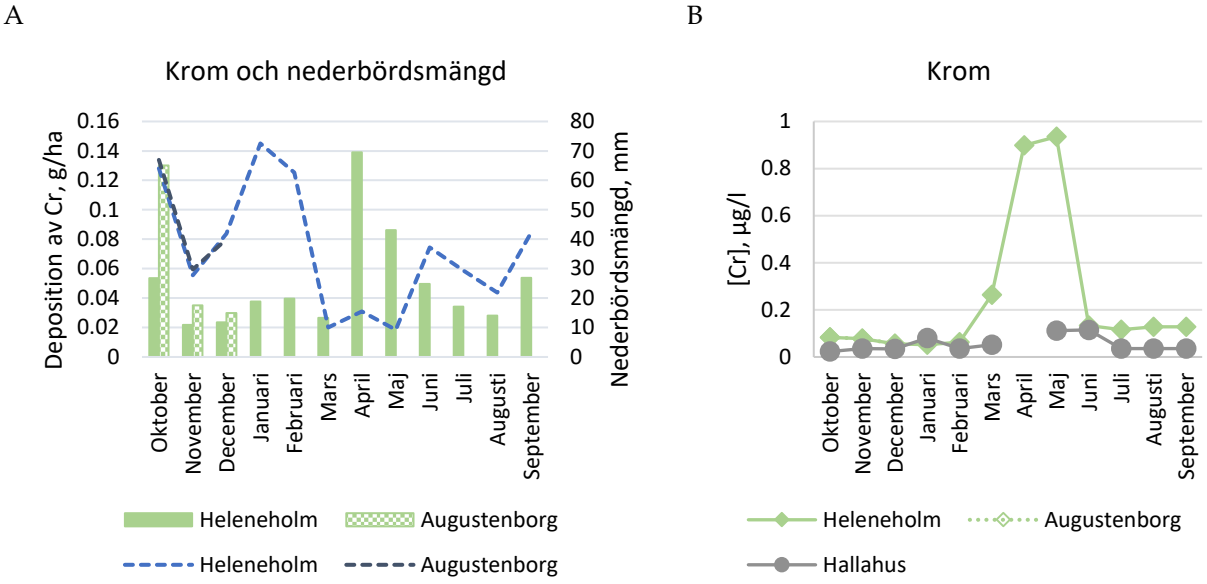
Nedfallet av kadmium med nederbörden (Figur 18A) i Malmö var högst under januari 2020, 0,038 g/ha men var även hög under februari 2020 (0,033 g/ha). Det totala årsnedfallet med nederbörden var i Malmö 0,25 g/ha vilket var något mer jämfört med bakgrundsstationen Hallahus (0,21 g/ha). Kadmiumhalterna i nederbördsproverna från Malmö var klart högre för alla månader förutom för

september 2020, jämfört med proverna från Hallahus. Den högsta halten av kadmium i nederbörden förkom i april och maj 2020 (0,16 respektive 0,15 µg/l) (Figur 18B).



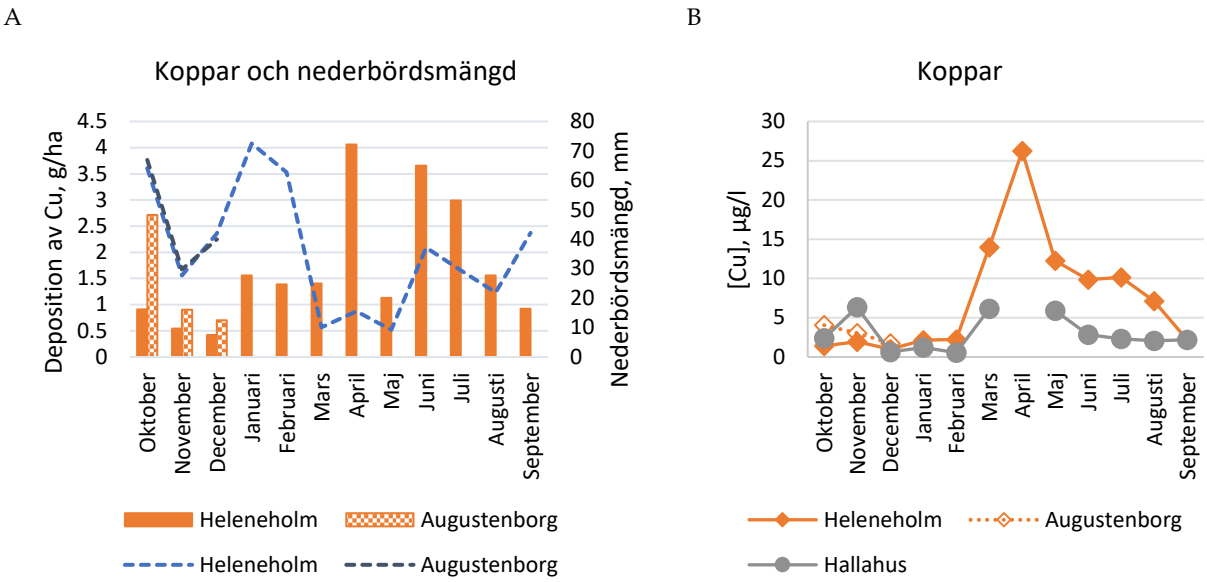
Figur 18. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av kadmium från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Nedfallet av krom var vid mätstationen i Malmö högst i april 2020 (0,14 g/ha) (Figur 19A) följt av maj 2020 (0,086 g/ha). Det totala årsnedfallet av krom med nederbörden var i Malmö 0,59 g/ha vilket är ungefär 50 % mer än nedfallet av krom vid Hallahus (0,40 g/ha). Halten av krom i nederbördsproverna från Malmö var klart högst i maj följt av april 2020 (0,94 respektive 0,90 µg/l). Övriga månader var halten av krom i nederbörden betydligt lägre (Figur 19B).



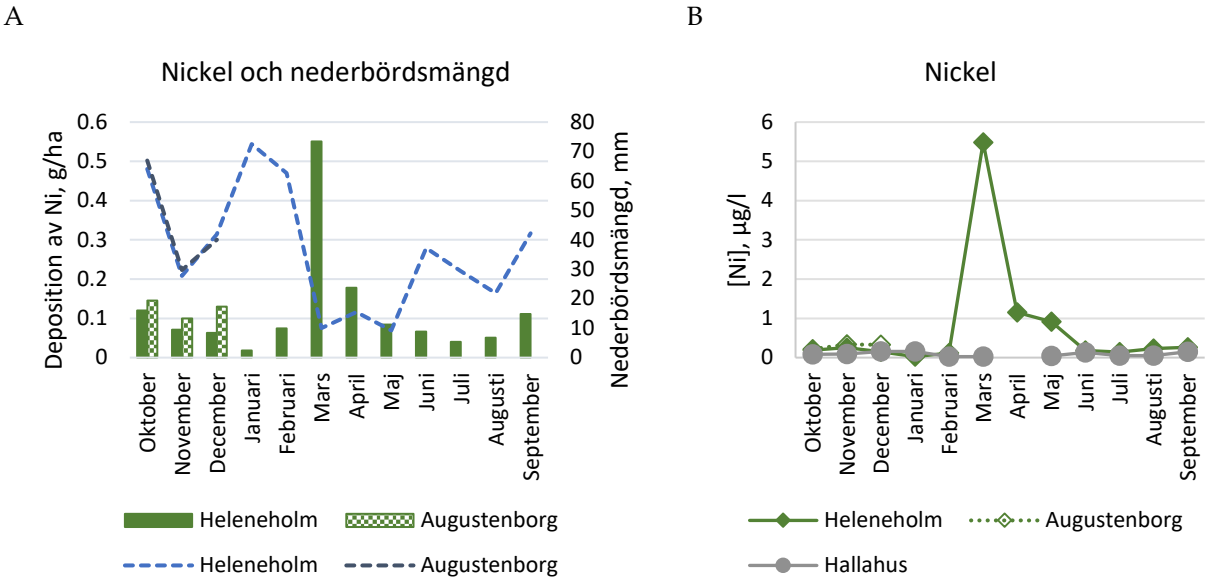
Figur 19. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av krom från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Nedfallet av koppar var vid mätstationen i Malmö högst i april 2020 (4,1 g/ha) följt av juni, 3,7 g/ha, och juli, 3,0 g/ha (Figur 20A). Det totala årsnedfallet av koppar med nederbörden var i Malmö 21 g/ha vilket är något mer än vid bakgrundsstationen Hallahus (18 g/ha). Halten av koppar i nederbördsproverna från Malmö var högst i april 2020 (26 µg/l) (Figur 20B).



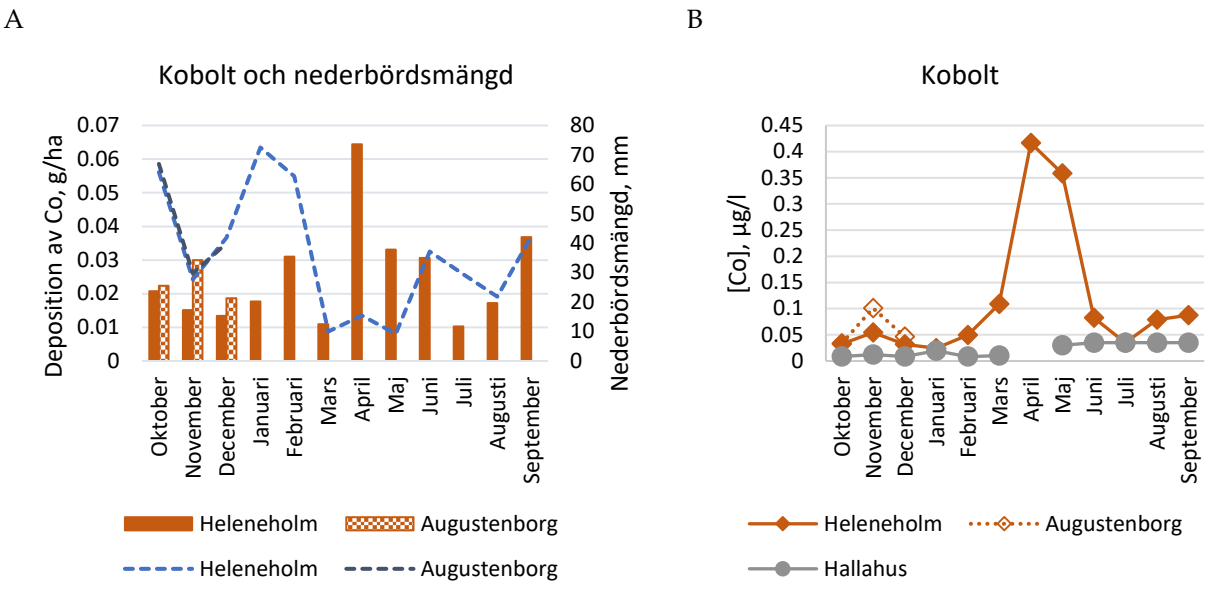
Figur 20. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av koppar från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Nedfall med nederbörden och halter av nickel vid mätstationen i Malmö visas i Figur 21A och Figur 21B. Nedfallet av nickel var klart högst i mars 2020 (0,55 g/ha) och det var även den månad som hade den högsta halten av nickel i nederbörden (5,5 µg/l). Det totala årsnedfallet av nickel med nederbörden var i Malmö 1,4 g/ha vilket var nästan dubbelt så hög som nedfallet av nickel vid Hallahus (0,77 g/ha).



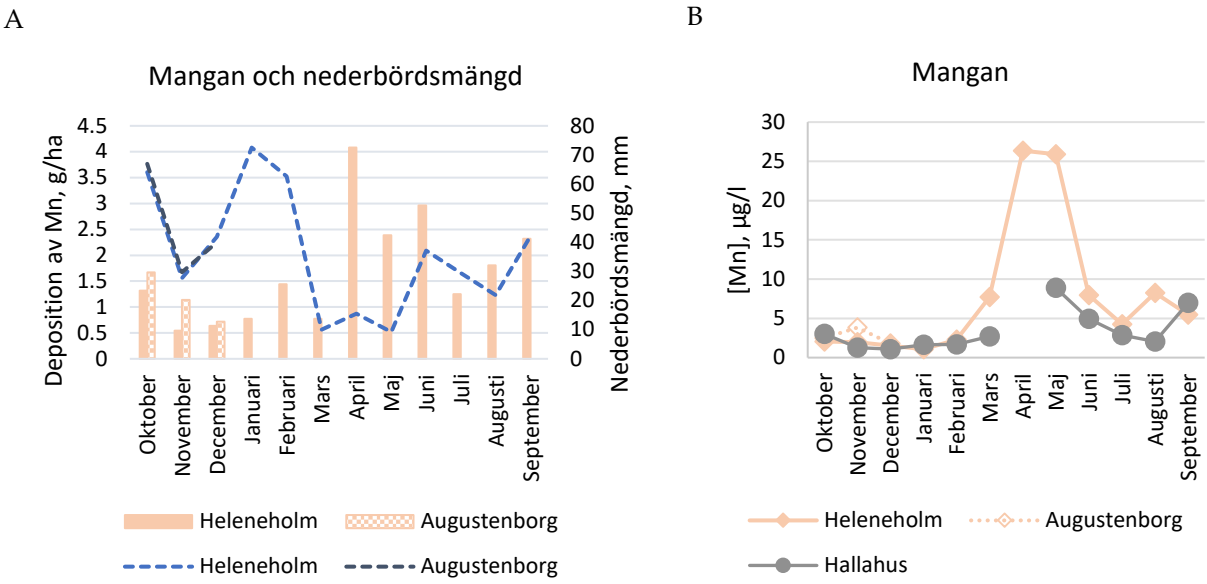
Figur 21. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av nickel från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Nedfall med nederbörden och halter av kobolt vid mätstationen i Malmö visas i Figur 22A och Figur 22B. Nedfallet av kobolt var högst i april 2020 (0,064 g/ha) följt av september 2020 (0,037 g/ha). Det totala årsnedfallet av kobolt med nederbörden var i Malmö 0,30 g/ha vilket var dubbelt så mycket jämfört med bakgrundsstationen Hallahus (0,16 g/ha).



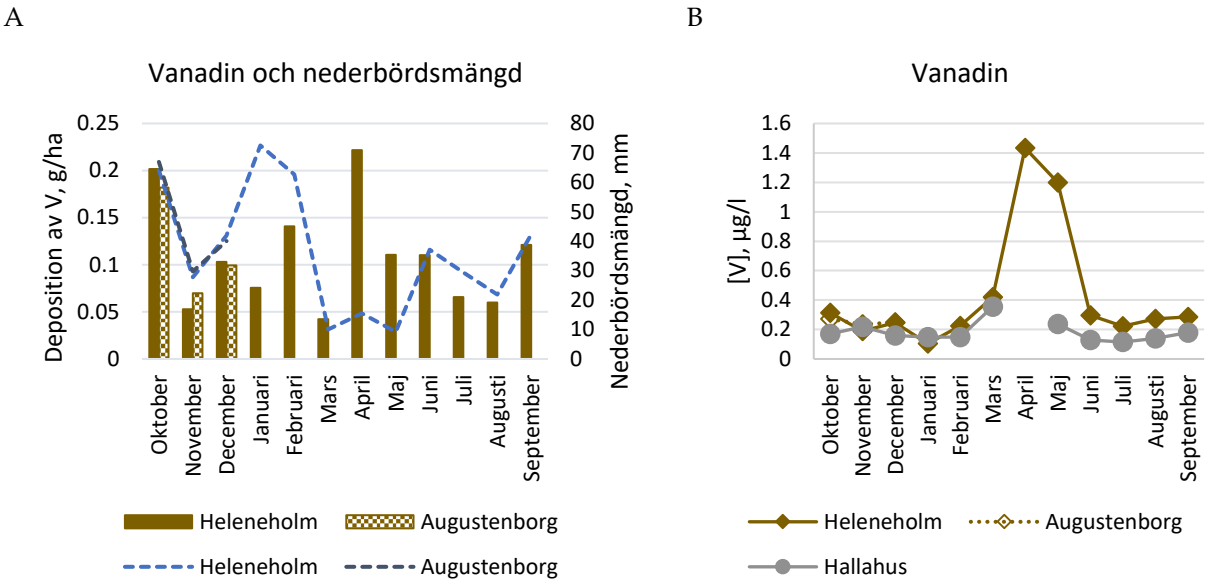
Figur 22. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av kobolt från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Nedfallet av mangan var vid mätstationen i Malmö högst i april 2020 (4,1 g/ha) följt av juni, maj och september 2020, 3,0, 2,4 respektive 2,4 g/ha (Figur 23A). Det totala årsnedfallet av mangan med nederbörden var i Malmö 20 g/ha vilket var något mindre jämfört med bakgrundsstationen Hallahus (23 g/ha). Halten i nederbördsproverna från Malmö var för mangan, som för många av metallerna, högst i april följt och maj 2020 (26,µg/l) (Figur 23B).



Figur 23. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av mangan från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

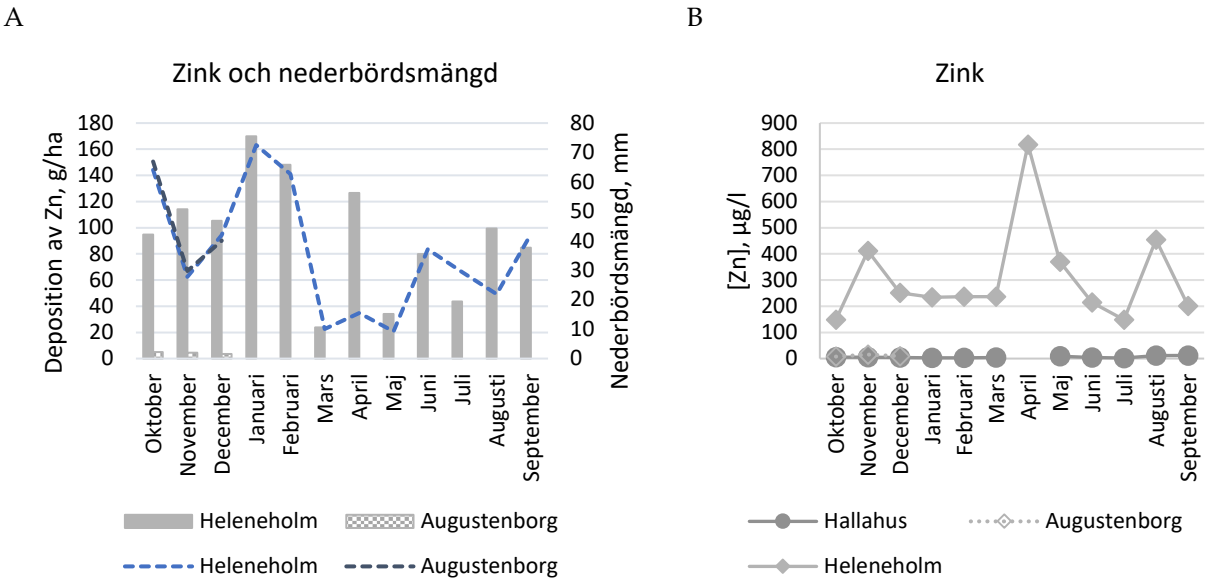
Nedfallet av vanadin var vid mätstationen i Malmö högst i april 2020 (0,67 g/ha) men den var också hög i oktober 2019 (0,22 g/ha) (Figur 24A). Det totala årsnedfallet av vanadin med nederbörden var i Malmö 1,3 g/ha vilket är något mindre än vid Hallahus (1,4 g/ha). Halten av vanadin i nederbördsproverna från Malmö var högst i april följt av maj 2020 (1,4 respektive 1,2 µg/l) (Figur 24B).



Figur 24. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av vanadin från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

Nedfall med nederbörden och halter av zink vid mätstationen i Malmö visas i Figur 25A och Figur 25B. Nedfallet av zink var högst i januari 2020 (170 g/ha) följt av februari 2020 (148 g/ha). Värt att notera var att halterna av zink i Malmöproverna för hela undersökningsperioden var avsevärt högre jämfört med nederbördsproverna från Hallahus. Månadshalterna av zink i proverna från

Malmö varierade mellan 148 µg/l och 818 µg/l medan motsvarande variation för proverna från Hallahus var mellan 2,2 µg/l och 12 µg/l. Som tidigare nämnts var orsaken till de höga halterna i Malmö att masten som står vid mätstationen är förzinkad och att detta påverkat halterna av zink i nederbördsproverna vid Heleneholm. På grund av detta kan vi inte dra några slutsatser av 2019/20 års mätningar av zink.



Figur 25. Månadsvis nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av zink från mätningarna över öppet fält i Malmö under det hydrologiska året 2019/20. I figuren (A) visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (streckad linje).

5 Jämförelse med tidigare års mätningar

5.1 Försurande och övergödande ämnen

Nedfallsvärdena för Malmö år 2004/05 har räknats om för december månad sedan den föregående rapporten, 2016, då nya uppgifter framkommit om att den ena provtagaren hade vält och därmed inte har samlat in korrekt nederbördsvolym. Nederbördsmängden för december 2004 har därför justerats från 48 mm till 84 mm. Årlig halt och nedfall påverkas dock endast i liten omfattning.

Resultaten för försurande och övergödande ämnen i nederbörden i Malmö för de hydrologiska åren 2019/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20 jämförs med motsvarande resultat för:

- Arkelstorp – hydrologiska åren 1999/00 och 2004/05
- Västra Torup/Hissmossa – hydrologiska åren 2019/00, 2004/05, 2009/10 (Västra Torup), 2014/15 och 2019/20 (Hissmossa)
- Stenshult – hydrologiska åren 2014/15 och 2019/20

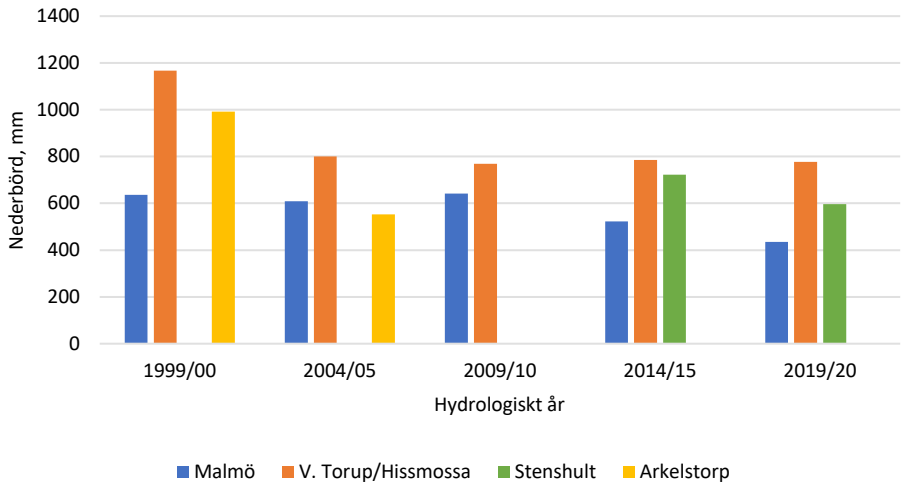
Vid tolkning av trenderna är det viktigt att vara medveten om att utrustningen för insamling av nederbörd har förändrats över tid. För de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05 och 2009/10 användes

en typ av utrustning (tratt och dunk, sommartid, kompletterad med snösäck vintertid). Under 2014/15 och 2019/20 har bulkprovtagare av WoF-typ använts (rör med specialbyggd krona, fågelring, samma utrustning hela året). Ytterligare en förändring som skett sedan undersökningen startade är att mätstationen i Malmö inför starten 2019 flyttades från Augustenborg till Heleneholm.

Trendanalys (Mann-Kendall) har utförts för alla ingående parametrar. Mann-Kendall är en utvärderingsmetod för att påvisa signifikanta linjära trender (Mann, 1945). Förenklat kan man säga att metoden jämför alla värden parvis och summerar hur ofta det senare värdet är större respektive mindre än det tidigare värdet. Detta gör att eventuella kraftigt avvikande värden inte påverkar resultatet i någon större utsträckning. Saknade värden är inte heller något problem. Allt detta gör Mann-Kendall till en robust metod. Mann-Kendall är i allmänhet mindre känslig än linjär regression, vilket innebär att det kan vara svårare att få statistisk signifikans för en trend. Mann-Kendall kan användas på så små dataset som fem värden.

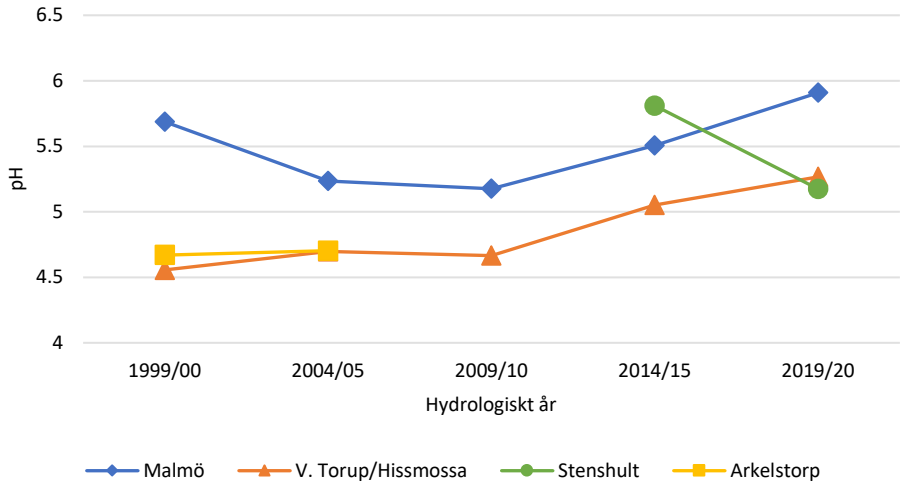
Där analysen med Mann-Kendall visar på en statistisk signifikant förändring över tid så redovisas resultaten i texten nedan (se även Tabell 5 i kapitel 7).

Årsnederbörden för de i resultatanalysen ingående hydrologiska åren presenteras i Figur 26. Bakgrundsstationen Arkelstorp hade 2004/05 något lägre nederbördsmängd än Malmö, medan nederbördsmängden i Malmö var klart lägre jämfört bakgrundsstationerna för alla övriga hydrologiska år. De två närliggande bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa hade högst årsnederbörd under samtliga de hydrologiska år som ingår i undersökningen.



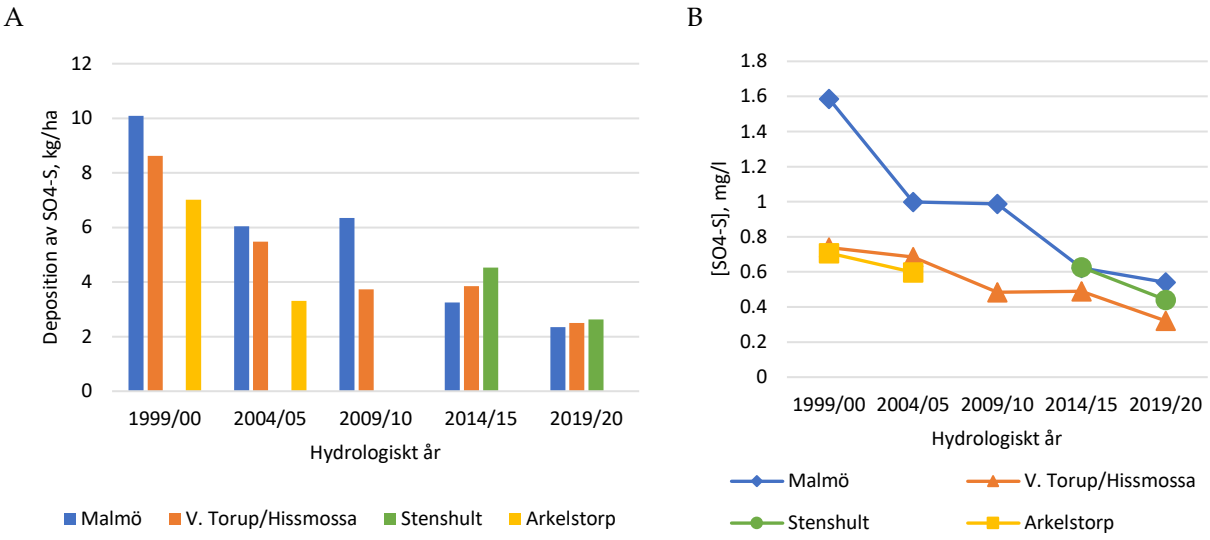
Figur 26. Årsnederbörd för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

pH-värden under de undersökta hydrologiska åren visade att Malmö hade klart högre pH jämfört med bakgrundsstationerna, förutom för 2014/15 då Stenshult hade högst pH-värde (Figur 27).



Figur 27. pH-värden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

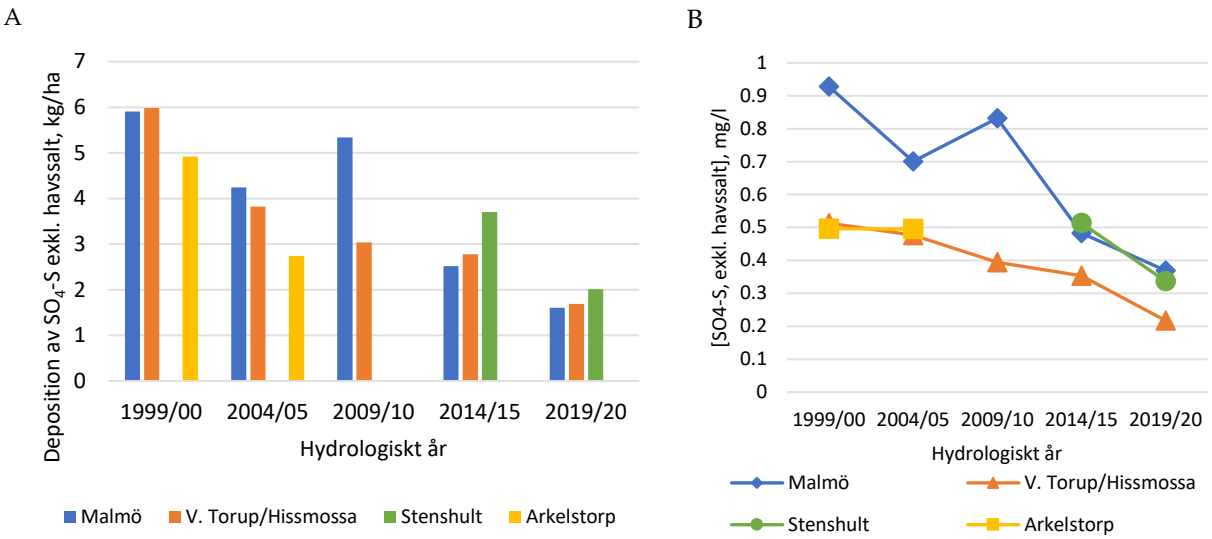
Nedfall med nederbörden och halt av sulfatsvavel (inklusive havssaltsbidrag) presenteras i Figur 28A och Figur 28B. Nedfallet av sulfatsvavel med nederbörden var under de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05 och 2009/10 högre i Malmö jämfört med övriga mätstationer medan den var lägre för 2014/15 och 2019/20 då även skillnaderna mellan stationernas halter var lägre. Halten av sulfatsvavel i nederbörden vid mätstationen i Malmö var för de flesta åren högre jämfört med övriga stationer, med den största skillnaden de tre första undersökta åren. Halten av sulfatsvavel (inklusive havssaltsbidrag) har minskat statistiskt signifikant från 1,6 mg/l 1999/00 till 0,54 mg/l 2019/20 ($p<0,05$, Mann-Kendall-analys).



Figur 28. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av sulfatsvavel (inklusive havssaltsbidrag) för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfallet av sulfatsvavel exklusive havssaltsbidrag i Malmö var lägre 2019/20 jämfört med 1999/00 (Figur 29A), 5,9 kg/ha 1999/00 och 1,6 kg/ha 2019/20. Vid Västra Torup/Hissmossa hade halten av sulfatsvavel exklusive bidrag från havssalt (Figur 29B) minskat. Även nedfallet har minskat signifikant från 6,0 kg/ha 1999/00 till 1,7 kg/ha 2019/20 ($p<0.05$, Mann-Kendall-analys). Åren 1999/00, 2004/05 och 2009/10 var nedfallet i Malmö på samma nivå eller högre jämfört med Västra

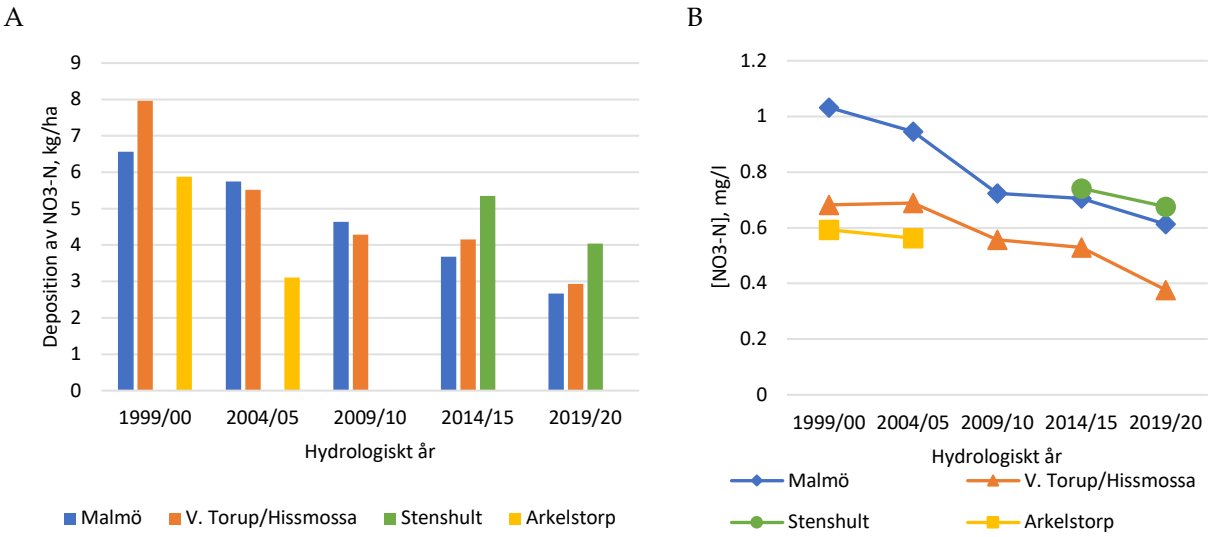
Torup/Hissmossa och Arkelstorp medan nedfallet var lägre jämfört med mätstationerna Västra Torup/Hissmossa och Stenshult 2014/15 och 2019/20.



Figur 29. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av sulfatsvavel exklusive havssalt för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Emissionerna av svaveloxider inom EU27 + UK har under perioden 2000 till 2019 minskat med 80 %. Den största antropogena källan till emissioner av svaveloxider är el- och fjärrvärme- och industrisektorn (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).

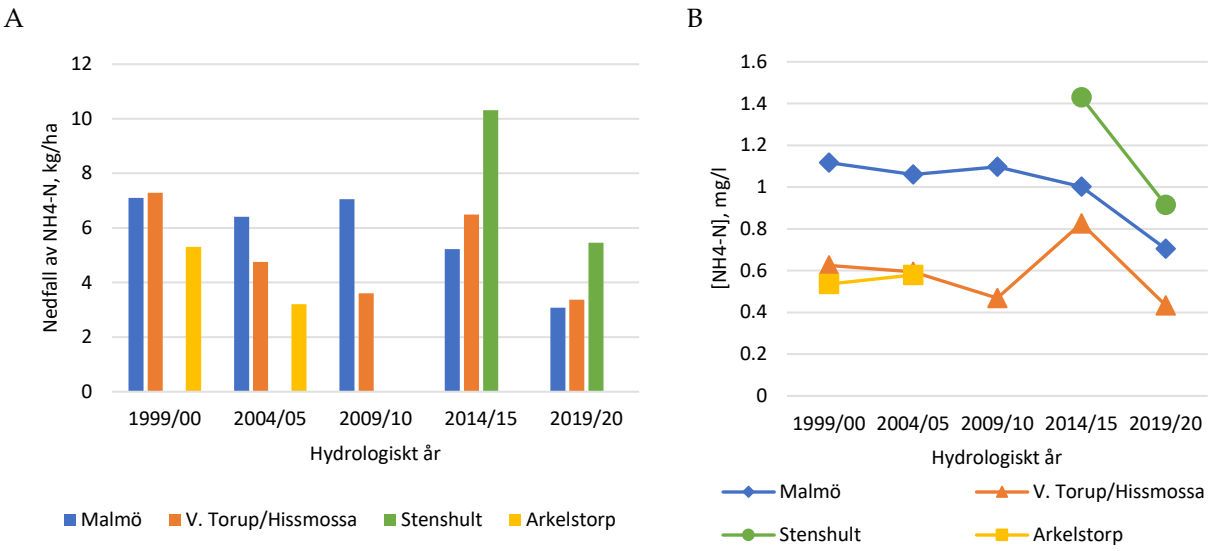
Nedfall med nederbörden och halt av nitratkväve presenteras i Figur 30A och Figur 30B. Nedfallet av nitratkväve i Malmö har minskat signifikant under den undersökta tidsperioden, från 6,6 kg/ha 1999/00 till 2,7 kg/ha 2019/20 ($p<0.05$, Mann-Kendall-analys). Nedfallet av nitratkväve i Malmö var för 2014/15 och 2019/20 lägre än nedfallet vid Västra Torup/Hissmossa och Stenshult.



Figur 30. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av nitratkväve för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Halten av nitratkväve var för samtliga år högre i Malmö jämfört med mätstationerna Västra Torup/Hissmossa och Arkelstorp medan den var något lägre än Stenshult 2014/15 och 2019/20. Även halterna av nitratkväve i nederbörden i Malmö har minskat signifikant från 1999/00 till 2019/20, från 1,03 mg/l till 0,61 mg/l ($p<0.05$, Mann-Kendall-analys). Detsamma gäller vid mätstationen Västra Torup/Hissmossa, där minskningen går från 0,68 mg/l 1999/00 till 0,38 mg/l 2019/20 ($p<0.05$, Mann-Kendall-analys).

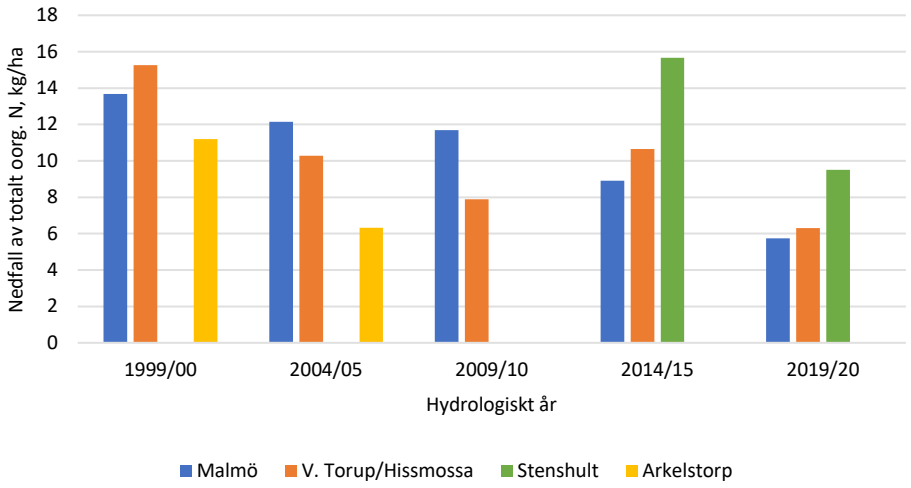
Nedfall med nederbörden och halt av ammoniumkväve presenteras i Figur 31A och Figur 31B. Nedfallet av ammoniumkväve i Malmö var lägre 2019/20 jämfört med 1999/00, och var för 2014/15 och 2019/20 lägre än nedfallet vid Västra Torup/Hissmossa och Stenshult. Halten var för samtliga år högre i Malmö jämfört med mätstationerna Västra Torup/Hissmossa och Arkelstorp medan den var lägre än Stenshult 2014/15 och 2019/20.



Figur 31. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av ammoniumkväve för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

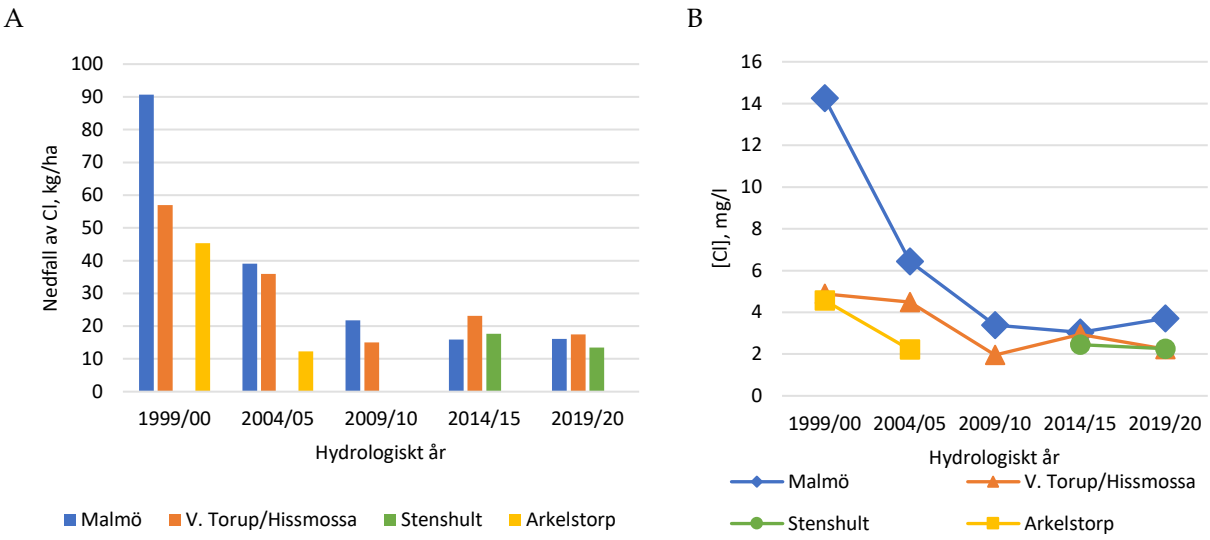
Nedfall med nederbörden av totalt oorganiskt kväve (nitratkväve + ammoniumkväve, exklusive torrdeposition) med nederbörden presenteras i Figur 32. Det totala kvävenedfallet i Malmö har minskat signifikant från 1999/00 till 2019/20, från 14 kg/ha till 5,7 kg/ha ($p<0,05$, Mann-Kendall-analys). Under de två senaste mätperioderna, de hydrologiska åren 2014/15 och 2019/20, var nedfallet i Malmö lägre än vid Västra Torup/Hissmossa och Stenshult.

Emissionerna av kväveoxider och ammoniak inom EU27 + UK har under perioden 2000 till 2019 minskat med 40 % respektive med drygt 10 %. Den största antropogena källan till emissioner av kväveoxider är vägtransportsektorn medan emissioner av ammoniak främst kommer från jordbrukssektorn (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).



Figur 32. Nedfall med nederbörden av totalt oorganiskt kväve (nitratkväve + ammoniumkväve för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfall med nederbörden och halt av klorid visas i Figur 33A och Figur 33B. Nedfallet av klorid har varierat mellan åren beroende på vädersituationen, hur blåsigt det varit, under året.

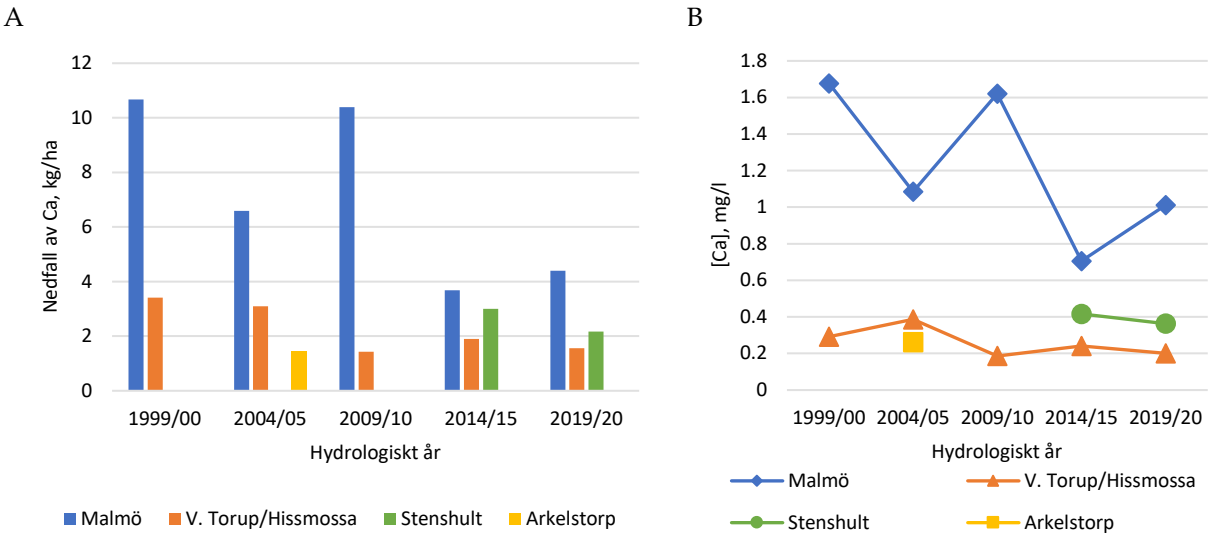


Figur 33. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av klorid för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfallet av klorid var i Malmö för 1999/00, 2004/05 och 2009/10 högre jämfört med Västra Torup/ Hissmossa och Arkelstorp medan den var lägre 2014/15 jämfört med Västra Torup/ Hissmossa och Stenshult. För 2019/20 var skillnaden mellan mätstationerna liten, men Malmö hade något högre kloridnedfall än vid Stenshult och något lägre än vid Västra Torup/Hissmossa. Halterna av klorid i nederbörden var för alla år högre i Malmö jämfört med övriga mätstationer. Kloridhalten i nederbörden i Malmö har minskat ganska kraftigt över tid, då särskilt mellan 1999/00 och 2004/05, men minskningen var inte signifikant (Mann-Kendall-analys).

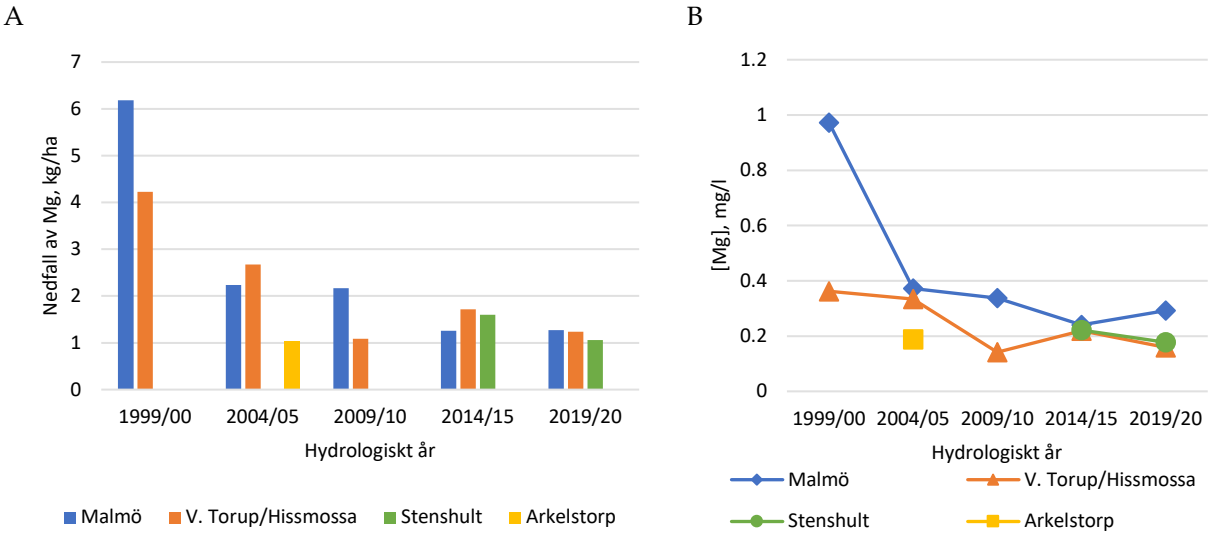
Nedfall med nederbörden och halt av kalcium presenteras i Figur 34A och Figur 34B. Nedfallet av kalcium har varierat ganska mycket mellan åren i Malmö, och mönstret följer variationen som kan ses för halten av kalcium i nederbörden. Nedfallet i Malmö var högst för samtliga hydrologiska år

vid en jämförelse med övriga mätstationer. Halten av kalcium varierade i Malmö ganska mycket mellan åren medan den var mindre variabel för övriga mätstationer. Halterna i Malmö var också avsevärt högre jämfört med de övriga stationerna. Som nämnts tidigare kan en möjlig orsak kan vara närheten till det gamla kalkbrottet i Limhamn. Skillnaden mellan stationerna var dock mindre för 2014/15 och 2019/20 jämfört med åren innan.



Figur 34. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av kalcium för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfall med nederbörden och halt av magnesium presenteras i Figur 35A och Figur 35B. I Malmö minskade nedfallet av magnesium med nederbörden kraftigt mellan 1999/00 och 2004/05. Skillnaden i nedfall mellan stationerna var ganska liten för 2014/15 och 2019/20.

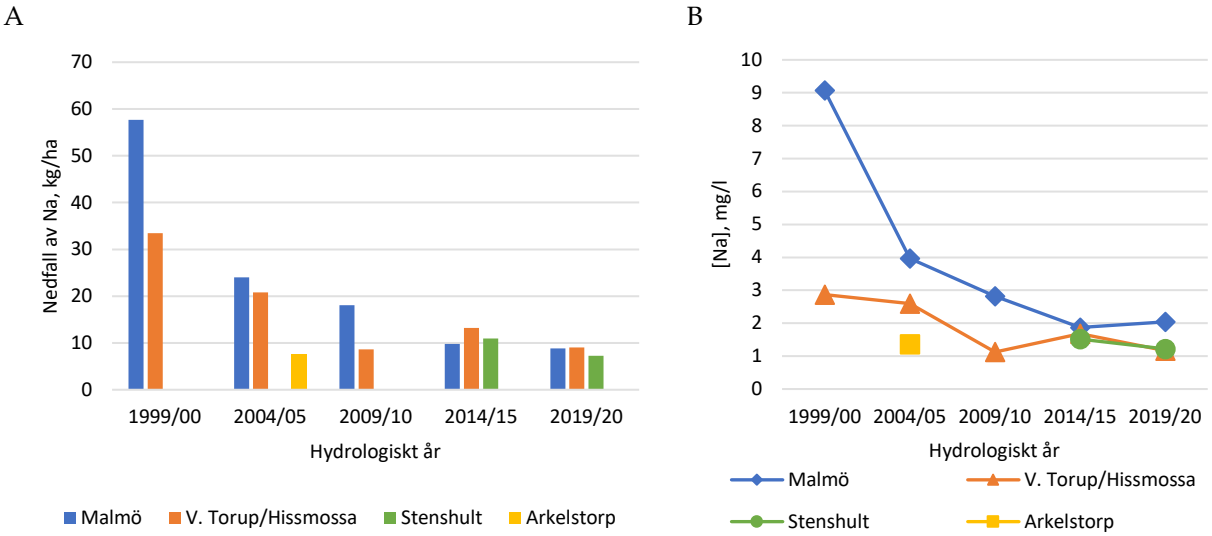


Figur 35. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av magnesium för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Minskningen av nedfallet mellan 1999/00 och 2004/05 kan till stor del förklaras av den stora minskningen av halten av magnesium i nederbörden. Från 2004/05 och framåt var halterna av

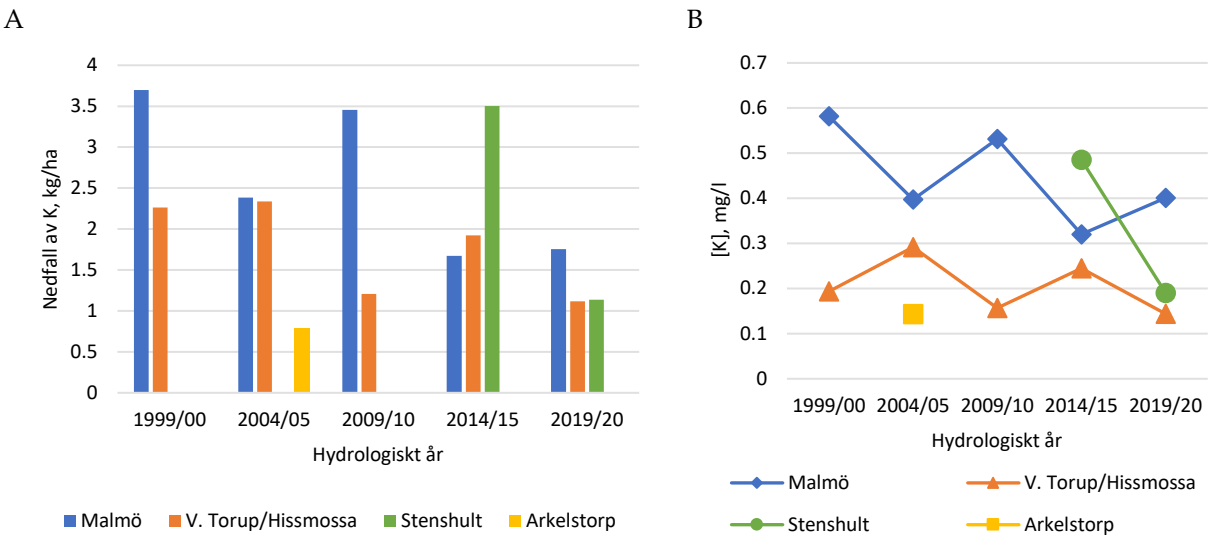
magnesium i nederbörden i Malmö bara något högre jämfört med övriga stationer, med undantag för 2009/10 då halten i Malmö var nästan dubbelt så hög jämfört med Västra Torup.

I Figur 36A och Figur 36B presenteras nedfall med nederbörden och halt av natrium med nederbörden. Nedfallet av natrium med nederbörden minskade i Malmö statistiskt signifikant från 58 kg/ha 1999/00 till 8,8 kg/ha 2019/20 ($p<0.05$, Mann-Kendall-analys). Natriumnedfallet i Malmö var 1999/00 nästan dubbelt så hög som vid Västra Torup. För övriga hydrologiska år var skillnaderna inte lika stora och särskilt för 2014/15 och 2019/20 var nedfallet i Malmö i nivå med bakgrundsstationerna. Som för flertalet parametrar var minskningen av halten av natrium i nederbörden i Malmö stor mellan 1999/00 och 2004/05. För 2014/15 och 2019/20 var natriumhalterna i nederbörden i Malmö i närhet av halterna i nederbörden från Hissmossa och Stenshult.



Figur 36. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av natrium för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfall med nederbörden och halt av kalium presenteras i Figur 37A och Figur 37B. Mönstret för nedfallet för kalium med nederbörden i Malmö liknade det som gällde för kalcium med ganska stor variation mellan åren. Nedfallet 2014/15 och 2019/20 var mindre än hälften jämfört med 1999/00 och 2009/10. För 2014/15 nedfallet av kalium med nederbörden högst i Stenshult medan nedfallet för övriga hydrologiska år var högst i Malmö. Halten av kalium varierade i Malmö mycket mellan åren. Halten av kalium i nederbörden i Malmö var för alla hydrologiska år, förutom 2014/15, högre än i Västra Torup/Hissmossa och för 2019/20 även högre än i Stenshult.



Figur 37. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av kalium för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Västra Torup/Hissmossa, Arkelstorp och Stenshult för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

5.2 Tungmetaller

Resultaten för tungmetaller i nederbörden i Malmö för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20 jämförs med motsvarande resultat för:

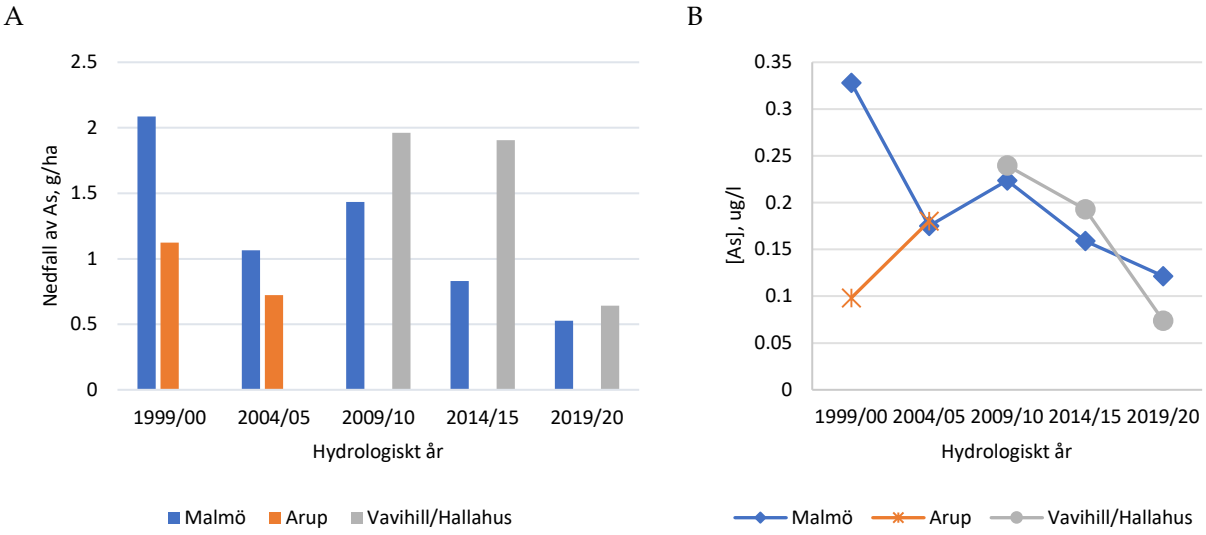
- Arup – hydrologiska åren 1999/00 och 2004/05
- Vavihill/Hallahus – hydrologiska åren 2009/10, 2014/15 (Vavihill) och 2019/20 (Hallahus)

Vid tolkning av trenderna är det viktigt att vara medveten om att mätstationen i Malmö inför starten 2019 flyttades från Augustenborg till Heleneholm. Jämförelsen som gjorts (se kapitel 4) antyder att nedfall och halter av kadmium var något högre vid den nya mätstationen Heleneholm jämfört med den tidigare mätstationen Augustenborg. Det motsatta kunde ses för koppar, nickel, kobolt och mangan där nedfallet och halterna var lägre vid Heleneholm, troligen på grund av påverkan från en närliggande anläggning med svets- om metallbearbetning vid Augustenborg. Zinkhalterna vid Heleneholm är kraftigt påverkade av en mätmast som är förzinkad vilket gör att analys av förändring från mätningarna 1999/00 till 2019/20 inte kan göras.

Trendanalys (Mann-Kendall) har utförts för alla ingående parametrar. Där analysen med Mann-Kendall visar på en statistisk signifikant förändring över tid så redovisas resultaten i texten nedan. Redovisas således inte resultaten så innebär det att trenden inte var statistiskt signifikant.

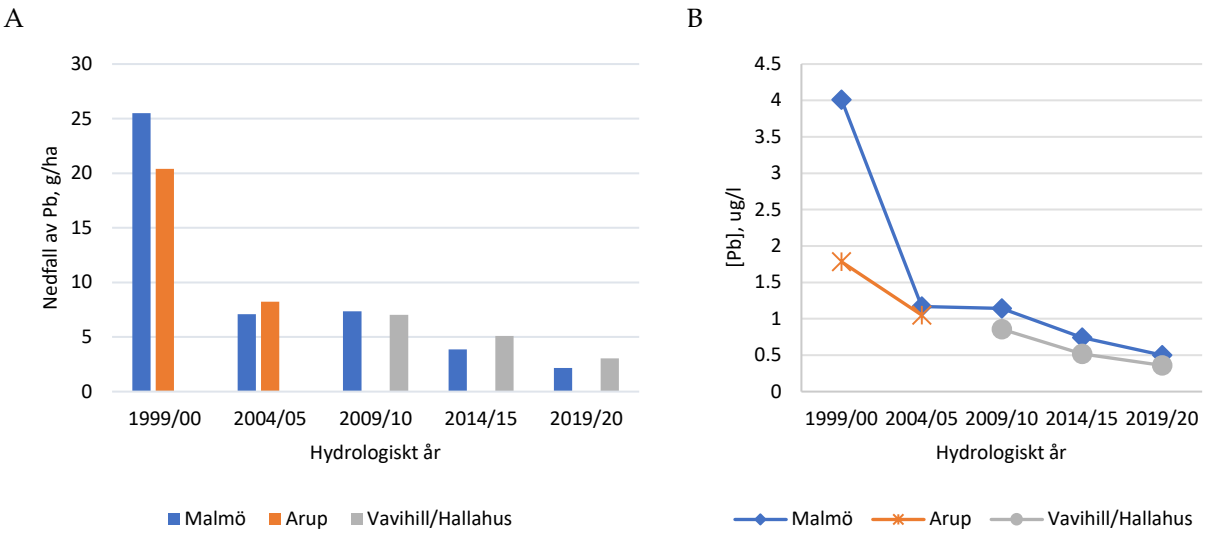
Halt i nederbörd och nedfall av arsenik med nederbörden visas i Figur 38A Figur 38B. Nedfallet av arsenik med nederbörden var högre i Malmö jämfört med nedfallet vid Arup för 1999/00 och 2004/05, och lägre än nedfallet vid Vavihill/Hallahus 2009/10, 2014/15 och 2019/20. Halten minskade mycket mellan 1999/00 och 2004/05 för att sedan öka till 2009/10. Efter 2009/10 har halten av arsenik i nederbörden minskat både till 2014/15 och därefter ytterligare till 2019/20.

Emissionerna av arsenik till luft inom EU27 + UK har under perioden 2000 och 2019 minskat med nästan 55 %. Den största antropogena källan till emissioner av arsenik till luft är industrisektorn (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).



Figur 38. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av arsenik i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfall med nederbörden och halt av bly med nederbörden visas i Figur 39A och Figur 39B. Nedfallet minskade kraftigt från cirka 25 g/ha 1999/00 till 7,1 g/ha 2004/05. Mellan 2004/05 och 2009/10 låg nedfallet av bly med nederbörden på ungefär samma nivå för att ytterligare minska till 2014/15 och 2019/20. Nedfallet av bly med nederbörden var, trots att halterna var högre i Malmö 2014/15 och 2019/20, något lägre jämfört med Vavihill/Hallahus för dessa år. Mann-Kendall-analys visar att minskningen från 1999/00 till 2019/20 var statistiskt signifikant, från 4,0 µg/l till 0,50 µg/l ($p<0,05$). Trots att blyhalten har minskat kraftigt så var halten i nederbörden för samtliga år högst i Malmö jämfört med övriga mätstationer.

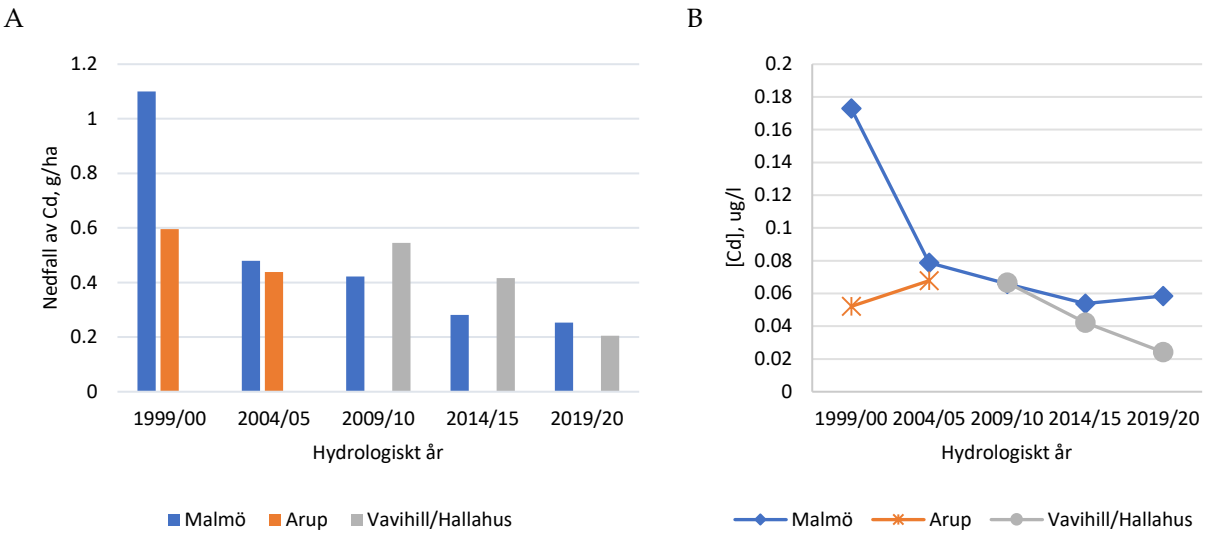


Figur 39. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av bly i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Emissionerna av bly till luft inom EU27 + UK har under perioden 2000 till 2018 minskat med drygt 70 %. Den största antropogena källan till emissioner av bly till luft är industrisektorn (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).

Nedfall med nederbörden och halt av kadmium med nederbörden visas i Figur 40A och Figur 40B. Nedfallet av kadmium med nederbörden har minskat tydligt och statistiskt signifikant i Malmö ($p<0,05$, Mann-Kendall-analys) från 1,1 g/ha 1999/00 till 0,25 g/ha 2019/20, med den allra största minskningen mellan 1999/00 och 2004/05. Även för mätstationen Arup var minskningen mellan 1999/00 och 2004/05 relativt stor. För åren 2009/10, 2014/15 och 2019/20 såg man också en minskning av nedfallet vid mätstationen Vavihill/Hallahus. Halten i Malmö mer än halverades mellan 1999/00 och 2004/05 men har för senare år endast minskat marginellt. Halten var för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2014/15 och 2019/20 högst vid mätstationen i Malmö. 2009/10 var halten av kadmium i nederbörden något högre vid Vavihill.

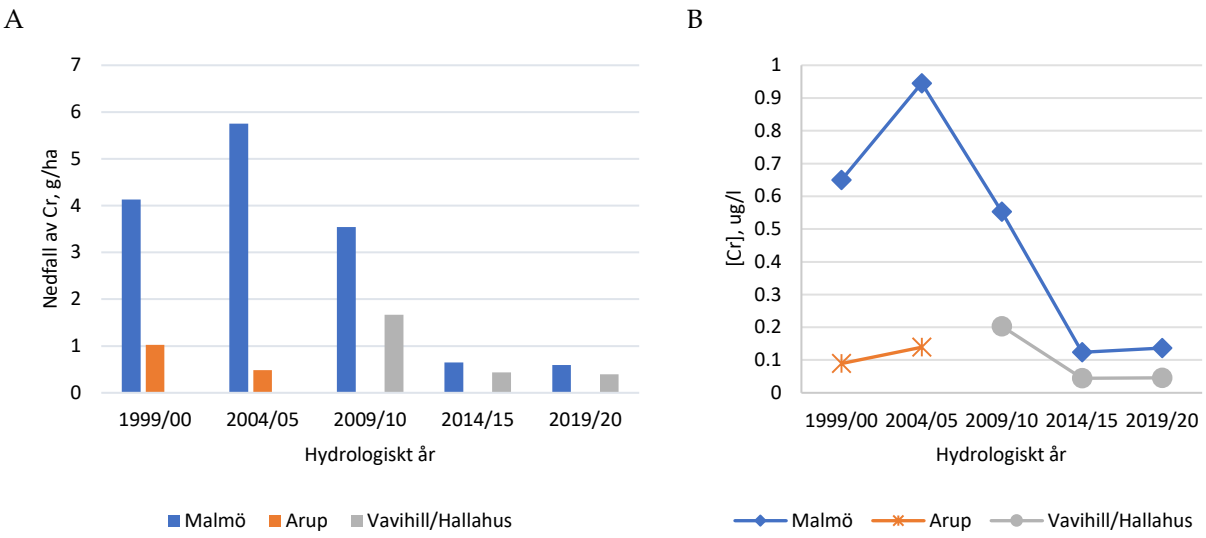
Emissionerna av kadmium till luft inom EU27 + UK har under perioden 2000 till 2019 minskat med 45 %. Den största antropogena källan till emissioner av kadmium till luft är industrisektorn (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).



Figur 40. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av kadmium i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

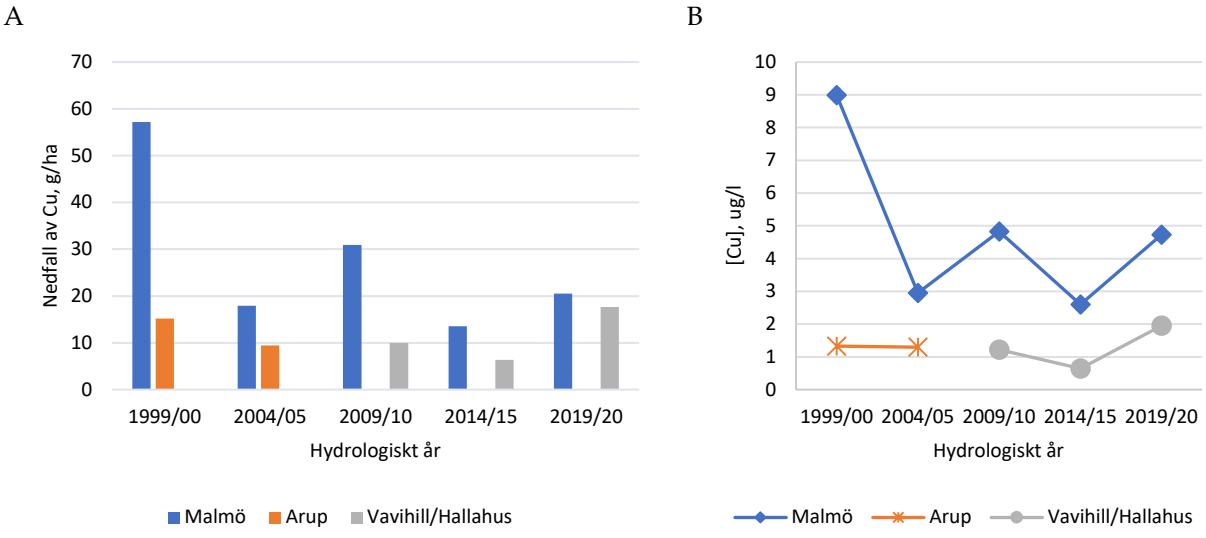
Nedfall med nederbörden och halt av krom med nederbörden visas i Figur 41A och Figur 41B. För krom såg mönstret över förändring av nedfallet med nederbörden annorlunda ut jämfört med övriga metaller. Här ökade nedfallet mellan 1999/00 och 2004/05 i Malmö. Efter 2004/05 ses dock en kraftig minskning till 2014/15 medan 2019/20 års nedfall av krom knappt har förändrats jämfört med 2014/15. Skillnaden mot nedfallet vid Vavihill/Hallahus var liten för 2014/15 och 2019/20. De årliga halterna av krom i nederbörden var för samtliga hydrologiska år högst i Malmö.

Emissionerna av krom till luft inom EU27 + UK har under perioden 2000 till 2018 minskat med strax under 40 %. Den största antropogena källan till emissioner av krom till luft är industrisektorn (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).



Figur 41. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av krom i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfall med nederbörden och halt av koppar med nederbörden visas i Figur 42A och Figur 42B. Nedfall av koppar med nederbörden var för alla undersökta år klart högst i Malmö men under 2019/20 var kopparnedfallet i Malmö nästan på samma nivå som vid Hallahus Även för koppar sjönk halten i nederbörden i Malmö kraftigt mellan 1999/00 och 2004/05. För 2009/10, 2014/15 och 2019/20 syntes en ganska stor variation mellan åren och halten 2019/20 låg i Malmö på samma nivå som 2009/10.

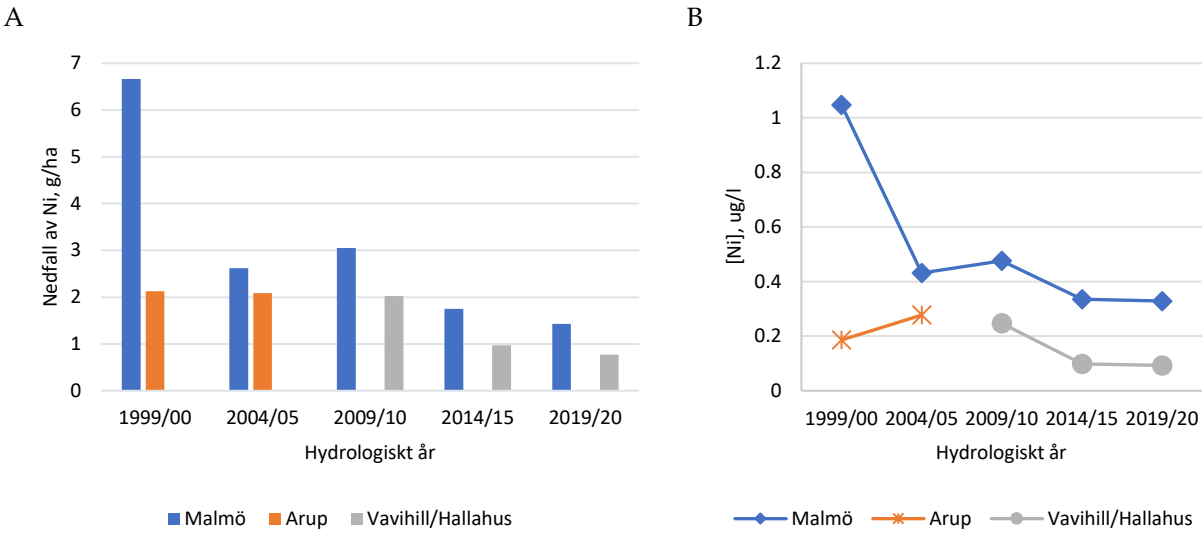


Figur 42. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av koppar i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Emissionerna av koppar till luft inom EU27 + UK ligger 2019 på ungefär samma nivå som under 2000. Den största antropogena källan till emissioner av koppar till luft är vägtransportsektorn (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).

Nedfall med nederbörden och halt av nickel med nederbörden visas i Figur 43A och Figur 43B. Nedfallet av nickel var för samtliga hydrologiska år högst i Malmö jämfört med övriga

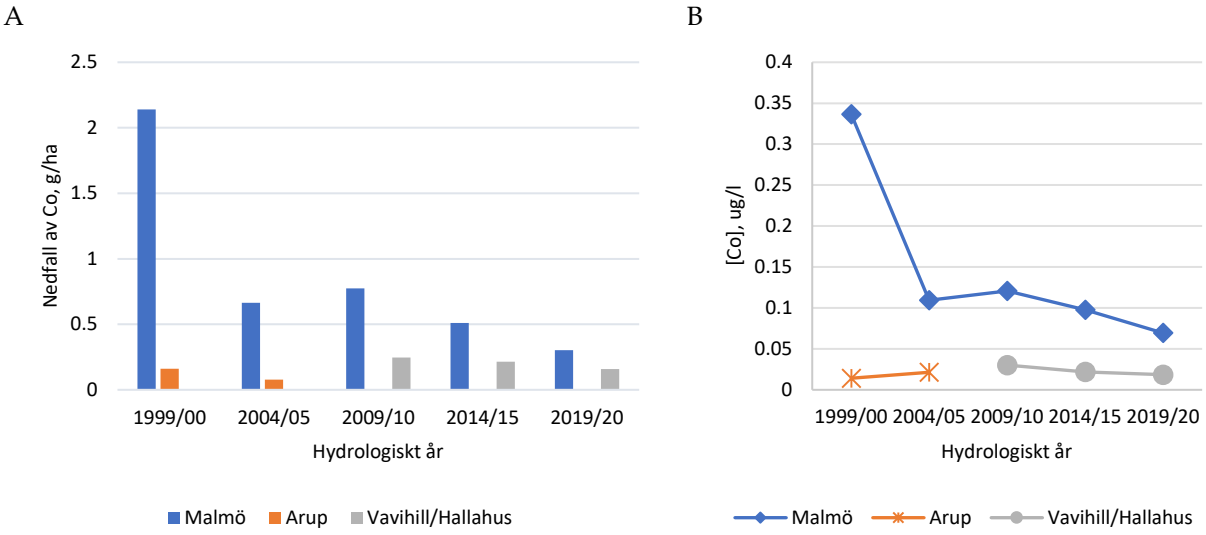
mätstationer. En stor minskning fanns mellan 1999/00 och 2004/05. Mellan 2004/05 ökade nedfallet något till 2009/10 för att sedan minska till 2014/15 och även till 2019/20. Halten av nickel var klart högre i Malmö för samtliga år jämfört med Arup och Vavihill/Hallahus och mönstret över förändringen över tid påminner mycket om mönstret för bly- och kobolthalten i nederbörd (Figur 39 och Figur 44).



Figur 43. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av nickel i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

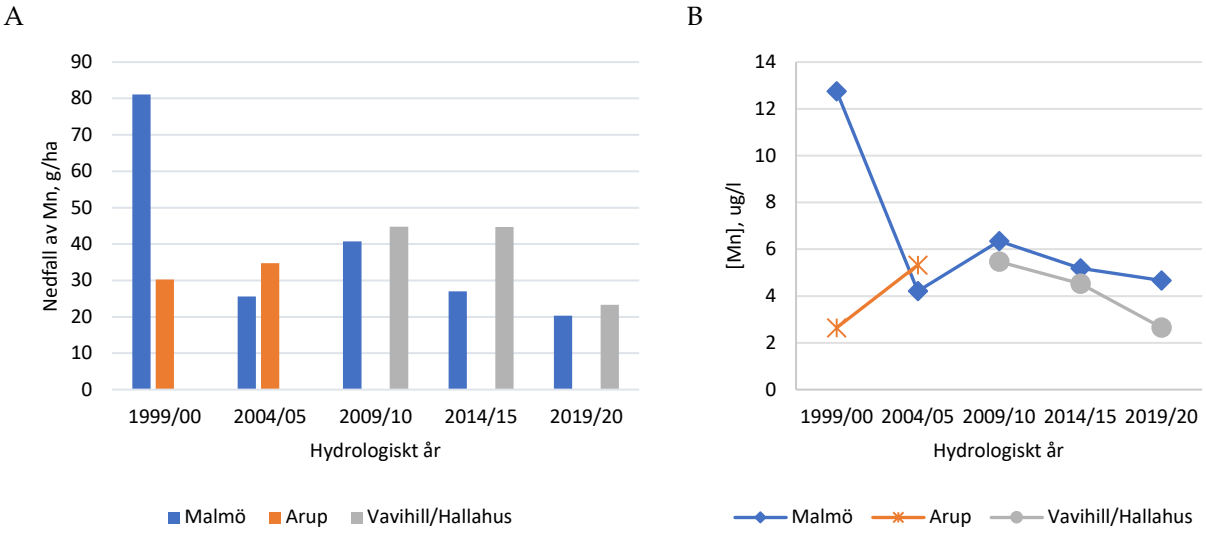
Emissionerna av nickel till luft inom EU27 + UK har under perioden 2000 till 2019 minskat med nästan 50 %. Den största antropogena källan till emissioner av nickel till luft är internationell sjöfart (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).

Nedfall med nederbörden och halt av kobolt med nederbörden visas i Figur 44A och Figur 44B. Nedfallet av kobolt var klart högre i Malmö jämfört med Arup och Vavihill/Hallahus under samtliga undersökta hydrologiska år, särskilt under 1999/00. Mellan 2004/05 och 2009/10 fanns en liten ökning av nedfallet i Malmö medan nedfallet, precis som för nickel (Figur 43), minskade till 2014/15 och även till 2019/20. När det gäller halten av kobolt i nederbörden så påminner mönstret över förändringen över tid mycket med mönstret för bly- och nickelhalten i nederbörd (Figur 39 och Figur 43). Halten av kobolt med nederbörden var klart högre i Malmö för samtliga år jämfört med Arup och Vavihill/Hallahus.



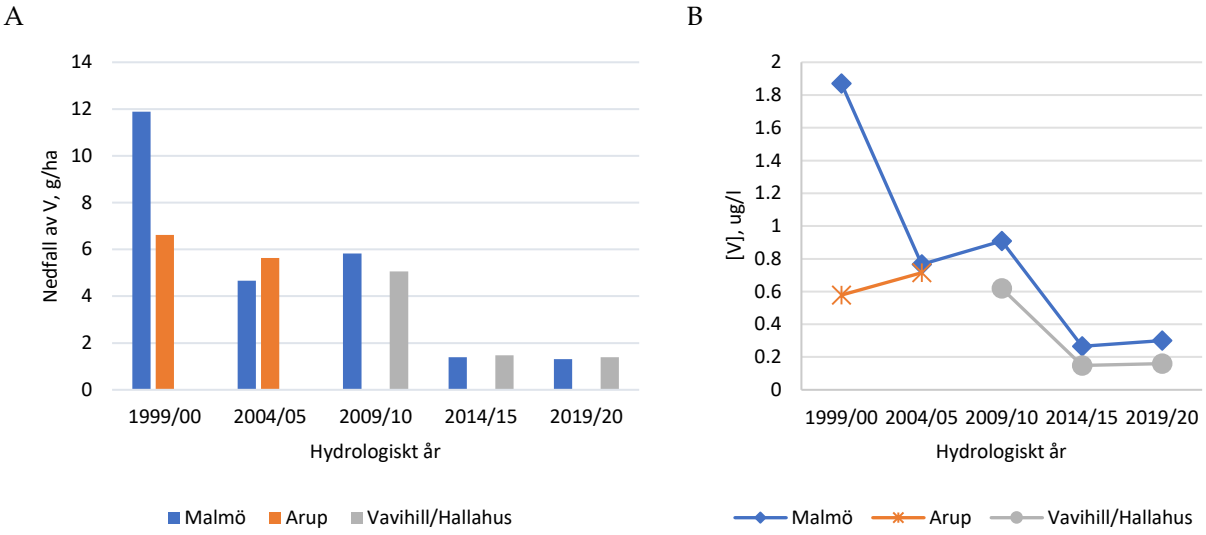
Figur 44. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av kobolt i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfall med nederbörden och halt av mangan med nederbörden visas i Figur 45A och Figur 45B. Nedfallet av mangan med nederbörden var för alla hydrologiska år förutom för 1999/00 lägre i Malmö jämfört med Arup och Vavihill/Hissmossa. En kraftig minskning fanns mellan 1999/00 och 2004/05. Sedan följde en ökning till 2009/10 och därefter minskade nedfallet till 2014/15 och ytterligare till 2019/20. Undantaget 2004/05 har halten av mangan i nederbörden varit högst i Malmö.



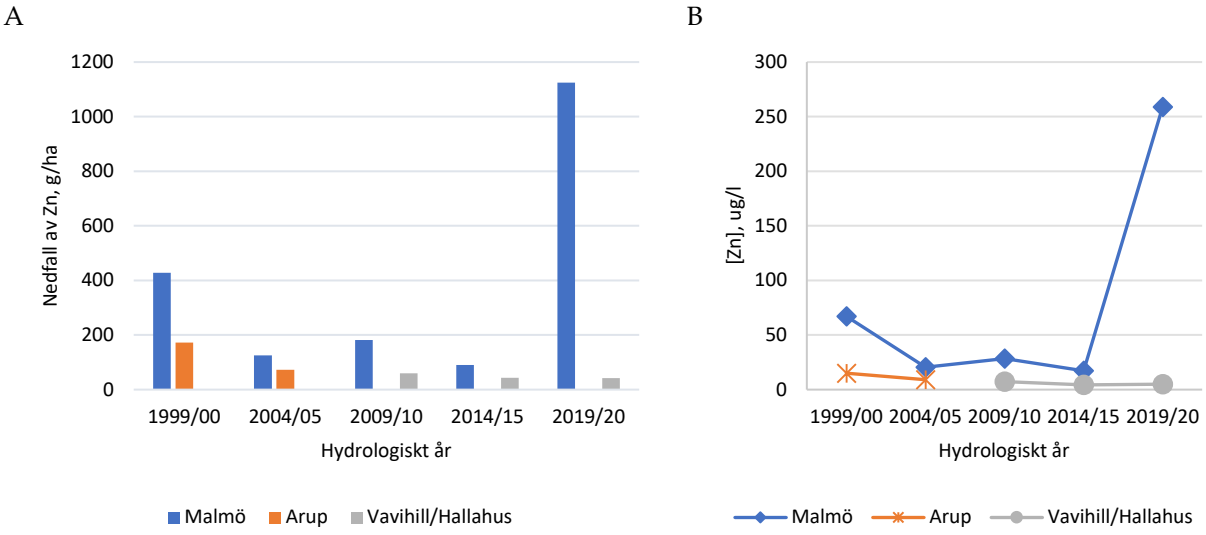
Figur 45. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av mangan i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfall med nederbörden och halt av vanadin med nederbörden visas i Figur 46A och Figur 46B. Nedfallet av vanadin var 1999/00 nästan dubbelt så hög i Malmö jämfört med Arup medan den under 2004/05 var lite lägre i Malmö. För 2009/10, 2014/15 och 2019/20 var nedfallet av vanadin nästan på samma nivå som vid mätstationen Vavihill/Hallahus. Halten minskade i Malmö mycket mellan 1999/00 och 2004/05 för att sedan öka till 2009/10. Halten av vanadin var för alla år högst i nederbördsprover från Malmö jämfört med från övriga mätstationer.



Figur 46. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av vanadin i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Nedfall med nederbörden och halt av zink med nederbörden visas i Figur 47A och Figur 47B. Det som tydligast kan ses i figuren var det kraftigt ökade nedfallet av zink och den stora skillnaden i halter av zink i nederbörden mellan 2014/15 och 2019/20. Som tidigare nämnts beror det på en förzinkad mast vid Heleneholm. Även för åren innan 2019/20 var nedfallet av zink med nederbörden högst i prover från Malmöstationen men skillnaden var naturligtvis betydligt mindre än under det hydrologiska året 2019/20.



Figur 47. Nedfall med nederbörden (A) och halt i nederbörden (B) av zink i nederbörden för mätstationen i Malmö och bakgrundsstationerna Arup och Vavihill/Hallahus för de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2009/10, 2014/15 och 2019/20.

Emissionerna av zink till luft inom EU27 + UK har under perioden 2000 till 2019 minskat med 20 %. Den största antropogena källan till emissioner av nickel till luft är industrisektorn (https://www.ceip.at/, 2021-06-21).

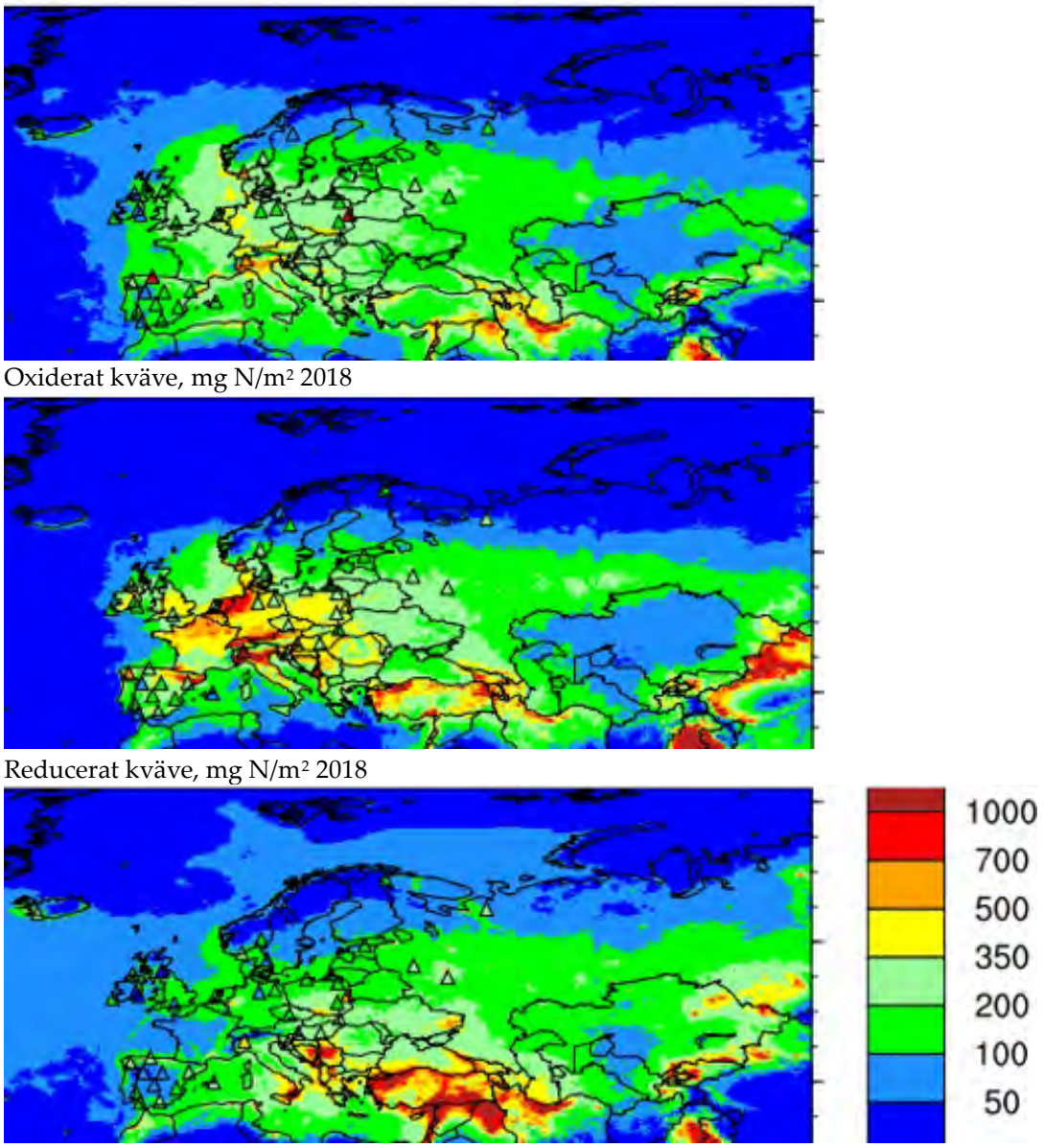
6 Europeiska mätningar och modelleringar av försurande och övergödande ämnen samt tungmetaller

EMEP (The European Monitoring and Evaluation Programme) är ett internationellt samarbetsprogram under Luftvårdskonventionen, (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)). EMEP är ett vetenskapligt baserat och politiskt drivet program som genom internationellt samarbete syftar till att lösa gränsöverskridande problem med luftföroreningar. Inom EMEP presenteras årligen resultatrapporter för bland annat partiklar, fotooxidanter, försurande och övergödande ämnen samt tungmetaller.

I senaste rapporten från EMEP presenteras data från 2018[2]. Om man jämför nedfall med nederbörden av oxiderat kväve 2013 i Skåne med övriga Europa var den oxiderade kvävenedfallet i Skåne på samma nivå som stora delar av Europa, förutom till exempel i delar av Tyskland, Polen, Österrike, Italien, Belgien och Nederländerna, där den oxiderade kvävenedfallet var högre, Figur 48. När det gäller reducerat kväve var nedfall med nederbörden i Skåne generellt högre jämfört med oxiderat kväve. Större delen av Skåne hade ett lägre nedfall jämfört med stora delar av Europa, enligt EMEPs modellering (Figur 48). I övrigt var bilden likartad med det högsta nedfallet med nederbörden i de centrala delarna av Europa.

Om man jämför nedfall med nederbörden av svavel 2018 i Skåne med övriga Europa var svavelnedfallet i Skåne på samma nivå som i stora delar av västra Europa men betydligt lägre jämfört med sydöstra Europa, Figur 48.

[2] https://emep.int/publ/reports/2020/EMEP_Status_Report_1_2020.pdf



Oxiderat kväve, mg N/m² 2018

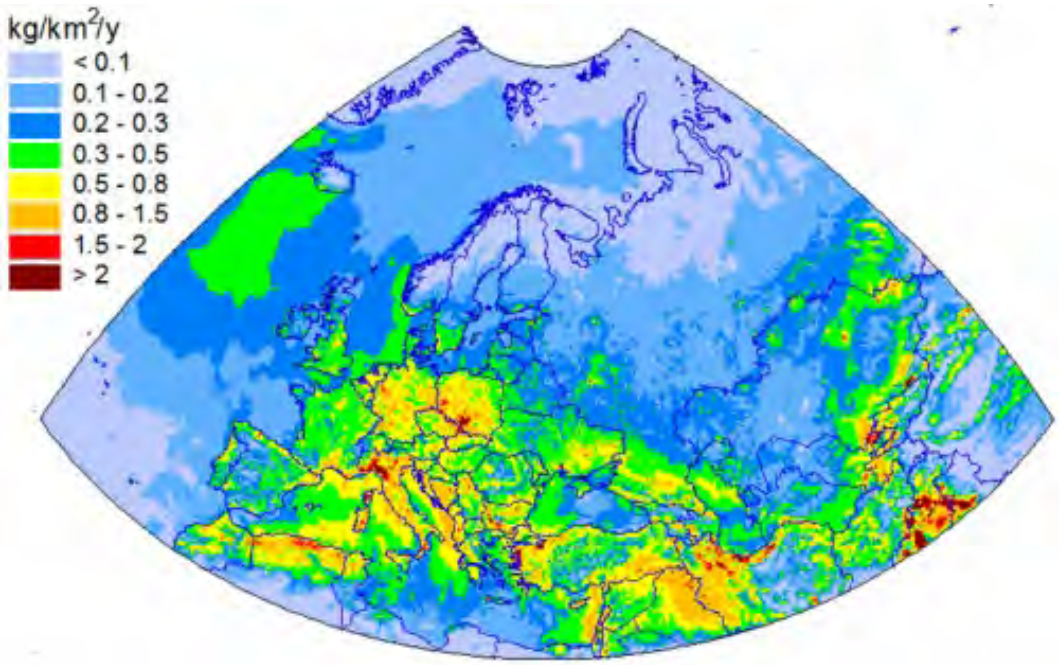
Reducerat kväve, mg N/m² 2018

Svavel, mg S/m² 2018

Figur 48. Modellerad och uppmätt (markerat med trianglar) nedfall med nederbörden av oxiderat kväve, reducerat kväve samt svavel för 2018 över Europa enligt EMEP.

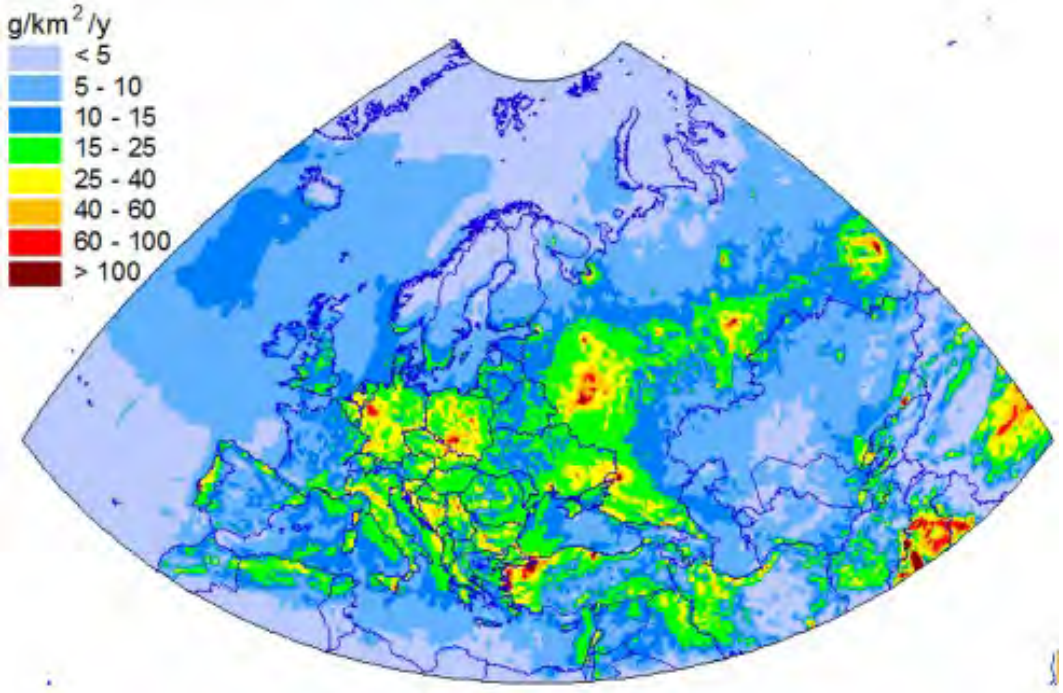
EMEP publicerar även regelbundet en motsvarande rapport där modellerad och uppmätt nedfall av tungmetaller presenteras[3]. Den modellerade nedfallet av bly och kadmium för 2018 över Europa visas i Figur 49 och i Figur 50. Figurerna visar att nedfallet av både bly och kadmium i Skåne var relativt låga och att variationen av storleken av nedfallet för de olika metallerna i Europa var stor.

[3] https://en.msceast.org/reports/2_2020.pdf



Bly, kg/km² 2018

Figur 49. Modellerad nedfall med nederbörden av bly för 2018 över Europa enligt EMEP.



Kadmium, g/km² 2018

Figur 50. Modellerad nedfall med nederbörden av kadmium för 2018 över Europa enligt EMEP.

7 Slutsatser

Jämförelser mellan mätresultat från Malmö med resultat från bakgrundsstationer under 2019/20

Under det hydrologiska året 2019/20 var nedfallet av sulfatsvavel (inklusive och exklusive havssalt) lägre i nederbörden från Malmö jämfört med motsvarande nederbördsprover från Hissmossa och Stenshult. Detta trots att halten av sulfatsvavel var högst i Malmö. Nedfallet av oorganiskt kväve (nitrat- + ammoniumkväve) med nederbörden var lägre i Malmö jämfört med Hissmossa och Stenshult. Halterna av nitrat- och ammoniumkväve var i Malmö högre än de som uppmättes i Hissmossa men lägre än halterna i nederbörden i Stenshult.

Nedfallet av kalcium, magnesium och kalium var under det hydrologiska året 2019/20 högst i Malmö. När det gäller klorid och natrium var nedfallet med nederbörden lägre i Malmö än i Hissmossa men högre jämfört med Stenshult. Skillnaden var dock liten för dessa ämnen. Halterna av klorid och baskatjoner i nederbörden var klart högre i Malmö jämfört med Hissmossa och Stenshult. pH i nederbörden var högre i Malmö jämfört med Hissmossa och Stenshult.

Nedfallet av tungmetaller med nederbörden var högre i Malmö under det hydrologiska året 2019/20 jämfört med prover från Hallahus för alla tungmetaller förutom för arsenik, bly, mangan och vanadin där nedfallet var högre i Hallahus. Halten av tungmetaller i nederbörden var för alla tungmetaller högre i nederbördsprover från Malmö jämfört med motsvarande prover från Hallahus.

Jämförelser med tidigare års mätresultat från Malmö

För de hydrologiska åren 1999/00, 2004/05, 2019/20, 2014/15 och 2019/20 var nedfall och halter i Malmö allra högst under det hydrologiska året 1999/00. Undantag från detta var krom, där nedfall med nederbörden och halt var allra högst under det hydrologiska året 2004/05, och zink där nedfall med nederbörden och halt på grund av kontaminering var högst under 2019/20. Nedfall av kalcium och kalium med nederbörden var relativt högt även under det hydrologiska året 2009/10.

I Tabell 5 presenteras en sammanställning av procentuell förändring av analyserade ämnen från det hydrologiska året 1999/00 till det hydrologiska året 2019/20. Tabellen visar också vilka statistiskt signifikanta förändringar som fanns.

Tabell 5. Procentuell förändring av nedfall och halt från 1999/00 till 2019/20 samt resultat från trendanalys (Mann-Kendall-analys).

Parameter	Förändring nedfall	Förändring halt	Signifikant förändring
SO_4-S	-77 %	-66 %	Halt p<0,05
SO_4-S exkl. havssalt	*-73 %*	*-60 %*	Inte signifikant
NO_3-N	-59 %	-41 %	Nedfall p<0,05, Halt p<0,05
NH_4-N	*-57 %*	*-37 %*	Inte signifikant
Oorg N	-58 %	-	Nedfall p<0,05
Cl	*-82 %*	*-74 %*	Inte signifikant
Ca	*-59 %*	*-40 %*	Inte signifikant
Mg	*-79 %*	*-70 %*	Inte signifikant
Na	-85 %	-78 %	Nedfall p<0,05
K	*-53 %*	*-31 %*	Inte signifikant
As	*-75 %*	*-63 %*	Inte signifikant

Parameter	Förändring nedfall	Förändring halt	Signifikant förändring
Pb	-91 %	-88 %	Halt p<0,05
Cd	-77 %	-66 %	Nedfall p<0,05
Cr	*-86 %*	*-79 %*	Inte signifikant
Cu	*-64 %*	*-47 %*	Inte signifikant
Ni	*-79 %*	*-69 %*	Inte signifikant
Co	*-86 %*	*-79 %*	Inte signifikant
Mn	*-75 %*	*-63 %*	Inte signifikant
V	*-89 %*	*-84 %*	Inte signifikant
Zn	Redovisas ej på grund av kontaminering av prover från 2019/20		

Den statistiskt signifikanta minskningen för nedfall av totalt oorganiskt kväve med nederbörden beror till största delen på minskat nedfall av nitratkväve, medan nedfallet av ammoniumkväve inte visar lika stor förändring mellan 1999/00 och 2019/20.

8 Referenser

EMEP Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP), https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata, 2021-06-21

Klein, H., Gauss, M., Tsyro, S., Nyíri, Á., Fagerli H. Wind, P. 2020. Transboundary air pollution by sulphur, nitrogen, ozone and particulate matter in 2018, Sweden. MSC-W, ISSN 1890-0003

Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, PE. 2021. Försurning och övergödning i det svenska skogslandskapet. Nationell rapport från Krondroppsnätet, resultat till och med 2019/20. IVL C607.

Lantmännen https://www.lantmannen.se/hallbar-utveckling/viktiga-fragor/kadmium/?gclid=CjwKCAjwiLGGBhAqEiwAgq3q_hp1BH8FdHtJn7Bog9BFGNRx0Hr8W-K16gnw10eI5-, 2021-06-18

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 245-259.

Hilde Fagerli, Svetlana Tsyro, Jan Eiof Jonson, Ágnes Nyíri, David Simpson, Peter Wind, Anna Benedictow, Heiko Klein, Qing Mu, Bruce Rolstad Denby, Eivind Grøtting Wærsted, Wenche Aas, Sabine Eckhardt, Anne Hjellbrekke, Sverre Solberg, Stephen Matthew Platt, Karl Espen Yttri, Kjetil Tørseth, Katarina Mareckova, Bradley Matthews, Sabine Schindlbacher, Bernhard Ullrich, Robert Wankmüller, Thomas Scheuschner, Robert Bergström, Hugo A.C. Denier van der Gon, Jeroen J.P. Kuenen, Antoon J.H. Visschedijk, Stefan Reimann, Matthias Hill, Anja Claude. 2020. Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components. EMEP Status Report 2020, ISSN 1504-6192

Oleg Travnikov, Nadezhda Batrakova, Aleksey Gusev, Ilia Ilyin, Mikhail Kleimenov, Olga Rozovskaya, Victor Shatalov, Irina Strijkina, Wenche Aas, Knut Breivik, Pernilla Bohlin Nizzetto, Katrine Aspmo Pfaffhuber, Katarina Mareckova, Stephan Poupa, Robert Wankmueller, Katrin Seussall. 2020. Assessment of transboundary pollution by toxic substances: Heavy metals and POPs. EMEP Status Report 2/2020.

Bilaga I. Resultat

Försurande och övergödande ämnen

Nedfall

Mätstation	Månad	Nederbörds -mängd, mm	H+, kg/ha	SO_4-S, kg/ha	SO_4-S, exkl. havssalt, kg/ha	NO_3-N, kg/ha	NH_4-N, kg/ha	Oorg. N, kg/ha	Cl, kg/ha	Ca, kg/ha	Mg, kg/ha	Na, kg/ha	K, kg/ha
Augustenborg	19-okt	67	0.00064	0.20	0.17	0.29	0.34	0.63	0.72	0.23	0.062	0.41	0.057
Augustenborg	19-nov	30	0.0023	0.20	0.18	0.26	0.28	0.54	0.36	0.14	0.038	0.18	0.079
Augustenborg	19-dec	40	0.0026	0.16	0.084	0.26	0.22	0.47	1.6	0.12	0.11	0.89	0.052
Heleneholm	19-okt	64	0.00030	0.31	0.25	0.33	0.37	0.69	1.3	0.79	0.13	0.69	0.44
Heleneholm	19-nov	28	0.0022	0.20	0.19	0.25	0.27	0.52	0.38	0.10	0.031	0.21	0.036
Heleneholm	19-dec	42	0.00085	0.21	0.10	0.28	0.31	0.58	2.2	0.25	0.15	1.2	0.34
Heleneholm	20-jan	73	0.0012	0.22	0.15	0.35	0.50	0.85	1.5	0.17	0.12	0.84	0.11
Heleneholm	20-feb	63	0.00014	0.43	0.16	0.30	0.45	0.74	5.8	0.73	0.40	3.1	0.30
Heleneholm	20-mar	10	0.00002	0.09	0.049	0.079	0.089	0.17	0.88	0.15	0.058	0.49	0.033
Heleneholm	20-apr	16	0.00001	0.13	0.10	0.16	0.20	0.36	0.72	0.53	0.058	0.41	0.057
Heleneholm	20-maj	9	0.00001	0.12	0.081	0.091	0.10	0.19	0.76	0.35	0.061	0.42	0.076
Heleneholm	20-jun	37	0.00019	0.23	0.20	0.20	0.18	0.38	0.50	0.37	0.057	0.34	0.14
Heleneholm	20-jul	29	0.00014	0.14	0.093	0.19	0.19	0.38	1.0	0.23	0.088	0.58	0.12
Heleneholm	20-aug	22	0.00005	0.11	0.094	0.19	0.20	0.39	0.41	0.29	0.049	0.25	0.073
Heleneholm	20-sep	42	0.00016	0.16	0.13	0.27	0.23	0.50	0.65	0.43	0.069	0.41	0.046

Halter

Mätstation	Månad	pH	H+, mekv/l	SO_4-S, mg/l	SO_4-S exkl. havssalt, mg/l	NO_3-N, mg/l	NH_4-N, mg/l	Cl, mg/l	Ca, mg/l	Mg, mg/l	Na, mg/l	K, mg/l	Kond, mS/m	Anmärkning
Augustenborg	19-okt	6.0	0.0010	0.30	0.25	0.43	0.51	1.1	0.34	0.090	0.61	0.080	1.4	Endast ett delprov
Augustenborg	19-nov	5.1	0.0077	0.67	0.62	0.88	0.94	1.2	0.47	0.13	0.60	0.27	2.3	
Augustenborg	19-dec	5.2	0.0064	0.40	0.21	0.64	0.55	4.1	0.30	0.29	2.2	0.13	2.8	
Heleneholm	19-okt	6.5	0.0005	0.49	0.40	0.51	0.57	2.0	1.2	0.20	1.1	0.68	2.5	
Heleneholm	19-nov	5.1	0.0078	0.74	0.67	0.91	0.96	1.4	0.38	0.11	0.75	0.13	2.5	
Heleneholm	19-dec	5.8	0.0021	0.49	0.25	0.65	0.73	5.2	0.59	0.36	2.8	0.78	3.6	
Heleneholm	20-jan	6.0	0.0018	0.30	0.20	0.48	0.68	2.1	0.24	0.16	1.2	0.14	1.9	
Heleneholm	20-feb	6.6	0.0002	0.69	0.26	0.47	0.71	9.2	1.2	0.64	4.9	0.48	5.2	Endast ett delprov
Heleneholm	20-mar	6.6	0.0002	0.89	0.49	0.79	0.88	8.7	1.5	0.58	4.9	0.33	5.6	
Heleneholm	20-apr	7.1	0.0001	0.86	0.65	1.0	1.3	4.6	3.5	0.38	2.6	0.37	5.4	Endast ett delprov
Heleneholm	20-maj	7.1	0.0001	1.3	0.89	0.99	1.0	8.4	3.9	0.67	4.6	0.82	7.1	
Heleneholm	20-jun	6.3	0.0005	0.61	0.55	0.53	0.49	1.3	0.99	0.15	0.92	0.38	2.0	
Heleneholm	20-jul	6.3	0.0005	0.48	0.32	0.63	0.65	3.5	0.78	0.30	2.0	0.39	2.9	
Heleneholm	20-aug	6.7	0.0002	0.52	0.43	0.87	0.90	1.9	1.3	0.23	1.1	0.34	2.9	
Heleneholm	20-sep	6.4	0.0004	0.37	0.30	0.64	0.55	1.6	1.0	0.16	0.97	0.11	2.1	

Halter, samtliga mätresultat

Mätstation	Månad	Nederbördsmängd, mm	pH	H+, mekv/l	SO_4-S, mg/l	SO_4-S exkl. havssalt, mg/l	NO_3-N, mg/l	NH_4-N, mg/l	Cl, mg/l	Ca, mg/l	Mg, mg/l	Na, mg/l	K, mg/l	Kond, mS/m	Anmärkning
Augustenborg 20A	19-okt	67	6.0	0.0010	0.30	0.25	0.43	0.51	1.1	0.34	0.090	0.61	0.080	1.4	
Augustenborg 20A	19-nov	30	5.2	0.0069	0.67	0.61	0.90	0.99	1.5	0.47	0.16	0.64	0.41	2.4	
Augustenborg 20A	19-dec	42	5.2	0.0060	0.40	0.21	0.64	0.54	4.16	0.28	0.29	2.2	0.13	2.8	
Augustenborg 20B	19-okt														Död fågel i provet. Provet kasserat
Augustenborg 20B	19-nov	30	5.1	0.0085	0.67	0.62	0.85	0.90	0.97	0.47	0.090	0.56	0.12	2.2	
Augustenborg 20B	19-dec	38	5.2	0.0068	0.40	0.21	0.64	0.55	4.1	0.31	0.29	2.2	0.13	2.8	
Heleneholm, 19A	19-okt	64	6.1	0.0008	0.39	0.32	0.51	0.42	1.3	0.75	0.14	0.76	0.19	1.7	
Heleneholm, 19A	19-nov	29	5.0	0.0100	0.60	0.56	0.83	0.93	0.91	0.27	0.080	0.52	0.070	2.2	
Heleneholm, 19A	19-dec	40	5.4	0.0036	0.42	0.21	0.62	0.59	4.6	0.37	0.30	2.5	0.26	2.9	
Heleneholm, 19A	20-jan	69	5.5	0.0032	0.25	0.16	0.45	0.39	2.1	0.25	0.16	1.1	0.090	1.6	
Heleneholm, 19A	20-feb														Läckage i påsen, inget prov
Heleneholm, 19A	20-mar	10	6.6	0.0003	0.92	0.49	0.77	0.82	9.3	1.5	0.63	5.4	0.32	5.8	
Heleneholm, 19A	20-apr														Kontaminerat, biologiskt material
Heleneholm, 19A	20-maj	8	7.2	0.0001	1.4	0.93	1.0	0.93	9.5	4.3	0.75	5.3	0.72	7.6	
Heleneholm, 19A	20-jun	36	6.4	0.0004	0.55	0.49	0.38	0.41	1.1	1.0	0.16	0.85	0.52	1.9	

Mätstation	Månad	Nederbörds-mängd, mm	pH	H+, mekv/l	SO_4-S, mg/l	SO_4-S exkl. havssalt, mg/l	NO_3-N, mg/l	NH_4-N, mg/l	Cl, mg/l	Ca, mg/l	Mg, mg/l	Na, mg/l	K, mg/l	Kond, mS/m	Anmärkning
Heleneholm, 19A	20-jul	30	6.2	0.0006	0.45	0.29	0.60	0.53	3.5	0.72	0.29	2.0	0.24	2.8	
Heleneholm, 19A	20-aug	23	6.7	0.0002	0.45	0.37	0.82	0.89	1.5	1.2	0.20	0.96	0.26	2.6	
Heleneholm, 19A	20-sep	42	6.5	0.0004	0.36	0.29	0.63	0.53	1.5	1.1	0.17	0.98	0.10	2.0	
Heleneholm, 19B	19-okt	65	6.8	0.0002	0.59	0.47	0.51	0.72	2.7	1.7	0.27	1.4	1.2	3.3	
Heleneholm, 19B	19-nov	27	5.3	0.0056	0.87	0.79	0.99	1.0	1.9	0.49	0.15	0.98	0.19	2.7	
Heleneholm, 19B	19-dec	44	6.2	0.0006	0.56	0.29	0.69	0.87	5.9	0.81	0.41	3.1	1.3	4.2	
Heleneholm, 19B	20-jan	76	6.4	0.0004	0.35	0.25	0.50	0.96	2.1	0.23	0.16	1.2	0.20	2.2	
Heleneholm, 19B	20-feb	63	6.6	0.0002	0.69	0.26	0.47	0.71	9.2	1.2	0.64	4.9	0.48	5.2	
Heleneholm, 19B	20-mar	10	6.7	0.0002	0.86	0.48	0.80	0.94	8.2	1.5	0.54	4.3	0.34	5.5	
Heleneholm, 19B	20-apr	16	7.1	0.0001	0.86	0.65	1.0	1.3	4.6	3.5	0.38	2.6	0.37	5.4	
Heleneholm, 19B	20-maj	10	7.1	0.0001	1.2	0.84	0.97	1.1	7.3	3.5	0.59	3.9	0.91	6.6	
Heleneholm, 19B	20-jun	38	6.2	0.0006	0.67	0.60	0.67	0.58	1.6	0.99	0.15	0.99	0.23	2.2	
Heleneholm, 19B	20-jul	29	6.4	0.0004	0.51	0.34	0.66	0.77	3.5	0.84	0.31	2.0	0.54	3.0	
Heleneholm, 19B	20-aug	21	6.7	0.0002	0.60	0.49	0.92	0.92	2.3	1.4	0.26	1.3	0.42	3.2	
Heleneholm, 19B	20-sep	42	6.4	0.0004	0.39	0.31	0.64	0.56	1.6	0.96	0.16	0.97	0.12	2.1	

Tungmetaller

Nedfall

Mätstation	Månad	As, g/ha	Pb, g/ha	Cd, g/ha	Cr, g/ha	Cu, g/ha	Ni, g/ha	Co, g/ha	Mn, g/ha	V, g/ha	Zn, g/ha
Augustenborg	19-okt	0.066	0.24	0.019	0.13	2.7	0.15	0.022	1.7	0.18	5.1
Augustenborg	19-nov	0.064	1.0	0.018	0.035	0.90	0.10	0.030	1.1	0.070	4.6
Augustenborg	19-dec	0.026	0.19	0.007	0.030	0.70	0.13	0.019	0.72	0.10	3.5
Heleneholm	19-okt	0.084	0.28	0.027	0.054	0.91	0.12	0.021	1.3	0.20	95
Heleneholm	19-nov	0.054	0.16	0.025	0.022	0.54	0.07	0.015	0.55	0.053	114
Heleneholm	19-dec	0.026	0.17	0.022	0.024	0.42	0.063	0.013	0.64	0.10	105
Heleneholm	20-jan	0.032	0.18	0.038	0.038	1.6	0.018	0.018	0.78	0.076	170
Heleneholm	20-feb	0.039	0.10	0.033	0.040	1.4	0.075	0.031	1.4	0.14	148
Heleneholm	20-mar	0.017	0.07	0.005	0.027	1.4	0.55	0.011	0.78	0.042	24
Heleneholm	20-apr	0.051	0.48	0.024	0.14	4.1	0.18	0.064	4.1	0.22	127
Heleneholm	20-maj	0.029	0.18	0.013	0.086	1.1	0.084	0.033	2.4	0.11	34
Heleneholm	20-jun	0.073	0.26	0.020	0.050	3.7	0.067	0.031	3.0	0.11	80
Heleneholm	20-jul	0.020	0.11	0.009	0.034	3.0	0.040	0.010	1.3	0.07	44
Heleneholm	20-aug	0.037	0.04	0.013	0.028	1.6	0.050	0.017	1.8	0.060	99
Heleneholm	20-sep	0.066	0.16	0.023	0.054	0.92	0.11	0.037	2.3	0.12	85

Halter

Namn	Månad	Nederbörd, mm	As, µg/l	Pb, µg/l	Cd, µg/l	Cr, µg/l	Cu, µg/l	Ni, µg/l	Co, µg/l	Mn, µg/l	V, µg/l	Zn, µg/l	Anmärkning
Augustenborg	19-okt	67	0.10	0.35	0.029	0.19	4.1	0.22	0.033	2.5	0.27	7.6	
Augustenborg	19-nov	30	0.22	3.4	0.060	0.12	3.0	0.33	0.10	3.8	0.24	15	
Augustenborg	19-dec	40	0.064	0.48	0.016	0.075	1.8	0.33	0.047	1.8	0.25	8.9	
Heleneholm	19-okt	64	0.13	0.43	0.042	0.083	1.4	0.19	0.032	2.1	0.32	148	
Heleneholm	19-nov	28	0.19	0.58	0.091	0.078	1.9	0.26	0.055	2.0	0.19	412	
Heleneholm	19-dec	42	0.062	0.39	0.054	0.056	1.0	0.15	0.032	1.5	0.25	251	
Heleneholm	20-jan	73	0.045	0.25	0.052	0.052	2.2	0.025	0.024	1.1	0.10	234	
Heleneholm	20-feb	63	0.062	0.16	0.052	0.063	2.2	0.12	0.050	2.3	0.23	236	
Heleneholm	20-mar	10	0.17	0.65	0.053	0.26	14	5.5	0.11	7.7	0.42	237	
Heleneholm	20-apr	16	0.33	3.1	0.16	0.90	26	1.2	0.42	26	1.4	818	
Heleneholm	20-maj	9	0.31	1.9	0.15	0.94	12	0.9	0.36	26	1.2	370	Ett delprov kontaminerat
Heleneholm	20-jun	37	0.20	0.70	0.054	0.13	9.8	0.18	0.082	8.0	0.30	215	
Heleneholm	20-jul	29	0.069	0.38	0.032	0.12	10	0.14	0.035	4.3	0.22	148	
Heleneholm	20-aug	22	0.17	0.20	0.058	0.13	7.1	0.23	0.079	8.2	0.27	454	
Heleneholm	20-sep	42	0.16	0.37	0.055	0.13	2.2	0.26	0.087	5.5	0.29	201	

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