



Finnish
Consulting
Group

Bioindikatoruppföljning av luftkvaliteten i Karleby- och Jakobstadnejden 2025

Joona Kyhyräinen och Henna Ruuth

8.12.2025

P53010

Innehåll

1	Inledning	5
2	Uppföljningsområde	6
2.1	Allmän beskrivning	6
2.2	Utsläpp i uppföljningsområdet år 2024	9
2.3	Utvecklingen av utsläppsmängder 1987–2024	14
2.3.1	Industri	14
2.3.2	Trafik	18
3	Material och metoder	19
3.1	Provytor	19
3.2	Tallens stamlavar	23
3.2.1	Undersökta lavararter	23
3.2.2	Bedömning av skador och täckningsgrader	29
3.3	Grundämneshalter i barr, mossor och humus samt humusens kemiska egenskaper	30
3.3.1	Barrens grundämneshalter	34
3.3.2	Mossans grundämneshalter	35
3.3.3	Grundämneshalter och kemiska egenskaper i humus	36
3.4	Geoinformationsmetoder	39
3.5	Statistiska metoder	40
3.5.1	Bakgrundsvariablernas inverkan	40
3.5.2	Regressionsanalys	42
3.6	Jämförelser mellan år	42
3.7	Felkällor i uppföljningen	43
3.7.1	Lavkartering	43
3.7.2	Fastställande av barrens grundämneshalter	44
3.7.3	Fastställande av mossans och humusens grundämneshalter	45
4	Resultat	47
4.1	Tallarnas stamlavar	47
4.1.1	Lavflorans skadeklass	47
4.1.2	Mängder och förekomsten av lavararter	49
4.1.3	Täckningsgrader	52

4.1.4	IAP-index	53
4.2	Tallbarrens grundämneshalter	55
4.3	Mossans grundämneshalter	67
4.4	Humusens grundämneshalter och egenskaper	80
5	Statistisk granskning av resultaten	96
5.1	Statistisk granskning av lavvariablerna	96
5.1.1	Klassvariablernas inverkan	96
5.1.2	Regressionanalyser	101
5.2	Statistisk analys av grundämneshalter i barr och mossor	107
5.2.1	Principalkomponentanalys av barrens grundämneshalter	107
5.2.2	Principalkomponentanalys av mossans grundämneshalter	109
5.3	Korrelationer i humusens grundämneshalter	110
5.4	Sammandrag	110
6	Jämförelse	113
6.1	Jämförelser mellan år	113
6.1.1	Barrens grundämneshalter	123
6.1.2	Mossans grundämneshalter	128
6.1.3	Humusens grundämneshalter	143
6.2	Jämförelse med andra uppföljningar utförda i Finland	147
6.2.2	Barrens grundämneshalter	148
6.2.3	Mossornas grundämneshalter	150
6.2.4	Humusens grundämneshalter	152
7	Slutsatser	153
	Källor	157

8.12.2025

HR

*FCG Finnish Consulting Group Oy ("FCG") har utarbetat denna rapport enligt uppdrag och instruktioner från FCG:s kund ("Kunden"). Denna rapport har upprättats i enlighet med villkoren i avtalet mellan FCG och kunden. **FCG är inte ansvarigt för denna rapport eller dess användning i förhållande till någon annan part än Kunden.***

Denna rapport kan helt eller delvis baseras på information som FCG erhållit från tredje part eller från offentliga källor och därmed på information som FCG inte har någon kontroll över. FCG uttryckligen förklarar att det inte är ansvarigt för felaktig eller bristfällig information som tillhandahållits till dem.

Alla rättigheter (inklusive upphovsrätt) till denna rapport tillhör FCG, eller Kunden, om så har avtalats mellan FCG och Kunden. Denna rapport eller delar av den får inte modifieras eller återanvändas för ett annat syfte utan FCG skriftliga tillstånd.

1 Inledning

Luftkvaliteten i Karleby- och Jakobstadsregionerna har följts upp under flera decennier med hjälp av bioindikatoruppföljningar. I Karlebyregionen har luftkvaliteten följts upp sedan 1970-talet, och i Jakobstadsneiden sedan början av 2000-talet. Omfattande gemensamma uppföljningar har under detta årtusende gjorts under åren 2000–2001, 2006–2007, 2012 och 2018. Från och med år 2012 har resultaten av uppföljningen för båda områdena rapporterats i en gemensam rapport.

En bioindikator är en art som visar miljöns tillstånd och de förändringar som sker i den. Förändringar i miljöns tillstånd kan observeras till exempel som förändringar i en arts struktur, grundämneshalter, abundans och utbredning samt i organismsamhällellens struktur. Lavar på tallstammar reagerar känsligt på luftföroreningar, inte bara genom sitt utseende utan även genom förändringar i artsammansättning och mängdförhållanden, och är därmed goda bioindikatorer för luftkvaliteten. Effekterna framträder hos lavarerna med flera års fördröjning, vilket gör att metoderna för lavkartering lämpar sig väl för att beskriva långsiktiga förändringstrender. Grundämneshalterna i barr, mossa och humus indikerar å sin sida nedfallet av föroreningar samt skogsmarkens näringsstatus. Luftföroreningarnas effekter styrs alltid även av naturliga faktorer på växtplatsen. Dessa kan antingen dämpa eller förstärka påverkan. **År 2025 användes tallens stamlavar, grundämneshalter i tallbarr och mossa samt grundämneshalter och kemiska egenskaper i humus som indikatorer för luftkvaliteten.** I tidigare uppföljningar som genomförts i Karleby- och Jakobstadsregionen (Laaksovirta och Olkkonen 1997, Kling m.fl. 1985, Pesonen m.fl. 1987, Kekäläinen och Vanhatalo 1993, Jyväskylän universitet 1998, 2003, 2008d) har man utrett bl.a. lavfloran på tallstammar, grundämneshalterna i tallbarr och trädskronornas kondition. Dessutom har man följt upp grundämneshalter i mossa, i humus samt deras kemiska egenskaper.

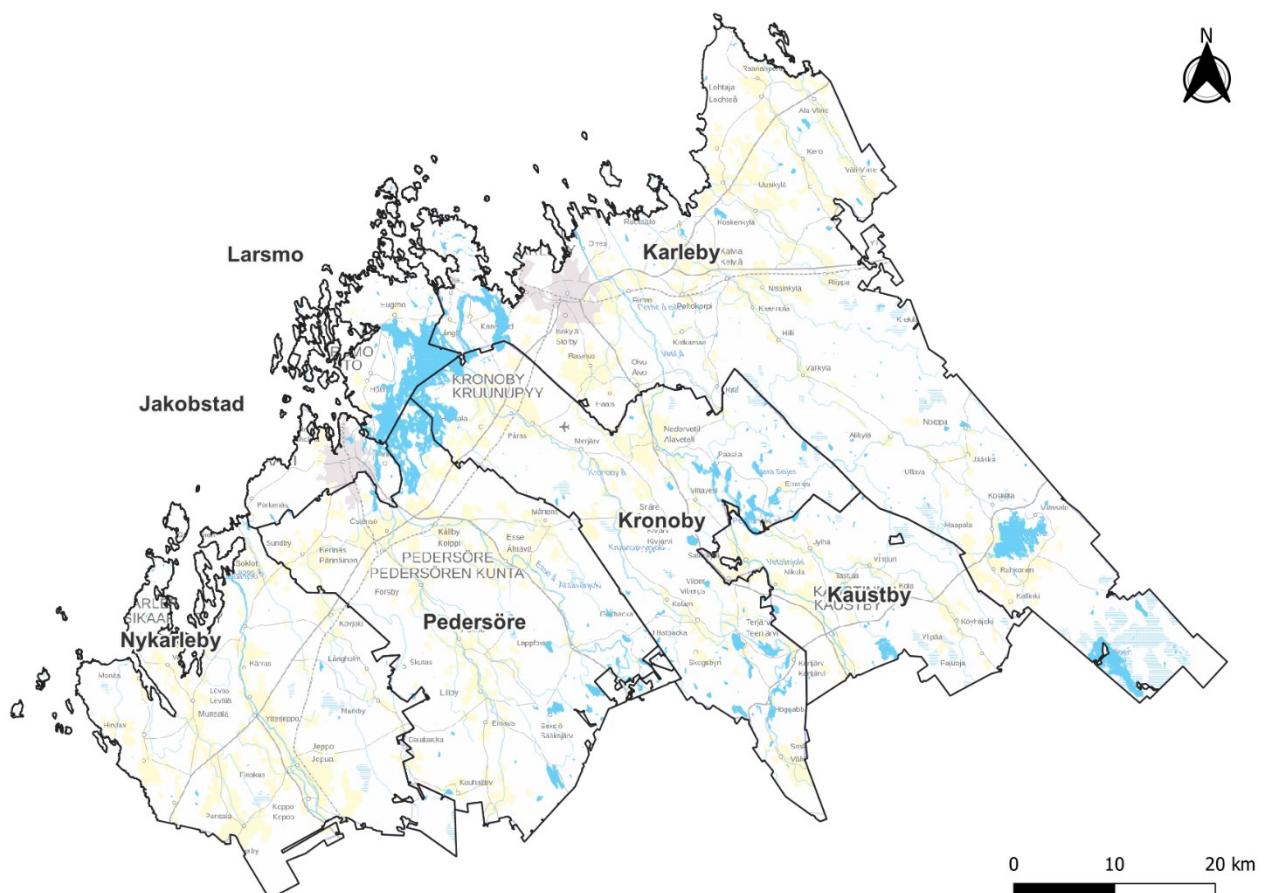
Uppföljningsområdet omfattade kommunerna Karleby, Kaustby, Kronoby, Larsmo, Pedersöre, Jakobstad och Nykarleby år 2025. Uppföljningsområdet var detsamma som 2018. Uppföljningen genomfördes så långt som möjligt på samma provtyper som i de tidigare uppföljningarna. Dessutom inrättades fyra nya provtyper i närheten av Syväjärvi och Rapasaari gruvor samt Päiväneva anriktningsverk, varav två placerades i Karleby och två i Kaustby. Gruvan och anriktningsverket är ännu inte i drift, utan de aktuella områdena beskriver regionens tillstånd innan verksamheten inleds. Sammanlagt ingick 244 provtyper. Från tidigare uppföljningar fanns material från åren 2012 och 2018 tillgängligt. Dessutom jämfördes resultaten med resultat från bioindikatoruppföljningar som gjorts på andra håll i Finland. Resultaten tolkades genom att granska variationen i indikatorvariabler som beskriver luftens kvalitet i förhållande till utsläppskällor, genom att jämföra resultaten sinsemellan, genom att jämföra förändringar som skett olika år i artförhållanden och lavarnas skick samt grundämneshalter samt genom att granska resultat och förändringar i dessa i förhållande till utvecklingen av utsläppsmängderna.

Uppföljningen har beställts av Karleby och Jakobstads städer, som finansierade uppföljningen tillsammans med övriga kommuner i uppföljningsområdet och industrin i regionen. Uppföljningen genomfördes av FCG Rakennettu Ympäristö Oy. Fältarbete och provtagning genomfördes under vintern och sommaren 2025 med deltagande av miljöexperterna Tuomas Talvitie (naturinspektör, EAT) och fil. mag. Joonas Kyhyräinen. Organiseringen av fältarbetet och introduktionen av fältarbetarna sköttes av fil.mag. Janne Ruuth. Fil. mag. Henna Ruuth (Envineer Oy) var ansvarig för projektledningen. Rapporten har utarbetats av fil. mag. Joonas Kyhyräinen och fil. mag. Henna Ruuth, och fil. mag. Henna Träskelin har biträtt med kartarbetet. Laboratorieanalyserna utfördes av KVVY Tutkimus Oy.

2 Uppföljningsområde

2.1 Allmän beskrivning

I uppföljningen av luftkvaliteten i Karleby- och Jakobstadsregionerna deltog kommunerna Karleby, Kronoby, Kaustby, Larsmo, Jakobstad, Nykarleby och Pedersöre (Figur 2.1).

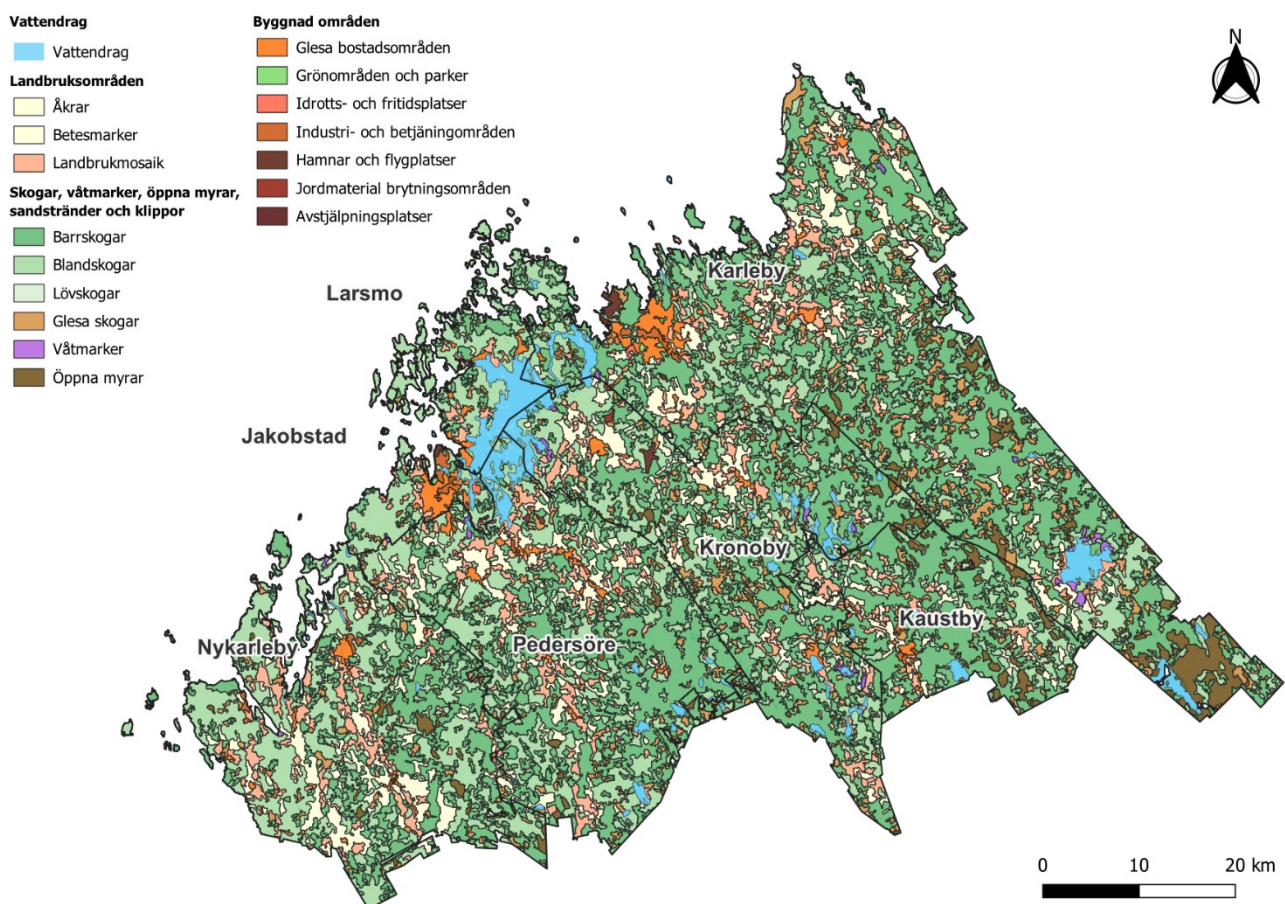


Figur 2.1 Kommuner som deltagit i uppföljningen i Karleby och Jakobstadsregionerna år 2025, samt områdets vattendrag och huvudvägsnätverk.

8.12.2025

HR

Markanvändningen i uppföljningsområdet visas på kartan i enlig Finlands miljöcentral (SYKE) Corine 2018 - marktäckningsdata (Figur 2.2). I Finlands geobotaniska områdesindelning ligger Karleby- och Jakobstadsnejderna i Sydösterbottens zon. Den nordligaste delen ligger nära övergångszonen för Österbotten-Kajanaland (Kalliola 1973). Det som präglar naturen är havsklimatet som stabiliserar temperaturväxlingarna och gör snötäcket tunnare på vintern. Det som är karakteristiskt för Österbotten, är att området är låglänt och flackt. Det finns få sjöar i området, men det korsas av åar och älvar samt ådalar där odlingsområdena främst finns. Områdets jordmån är främst morän; den mera artspecifika jordmånen finns längs åarna. Torvmarker är allmänna i synnerhet i uppföljningsområdets norra delar (Geologiska forskningscentralen 2015). Kusten är ett landhöjningsområde; i Jakobstadsområdet är den årliga landhöjningen 8-9 mm (Österbottens förbund 2006). Berggrunden i området består främst av glimmerskiffer, granodiorit och granit (Geologiska forskningscentralen 2022). Typiskt för Karlebynejden är den stora mängden av sulfithaltiga finkorniga sediment, s.k. alunjordar. En stor mängd tungmetaller finns bundna i sulfitmineraler, men vittringen av dessa tre mineral kan orsaka att försurande föreningar samt tungmetaller släpps ut i jordmån och vattendrag (Björklund m.fl. 1996).

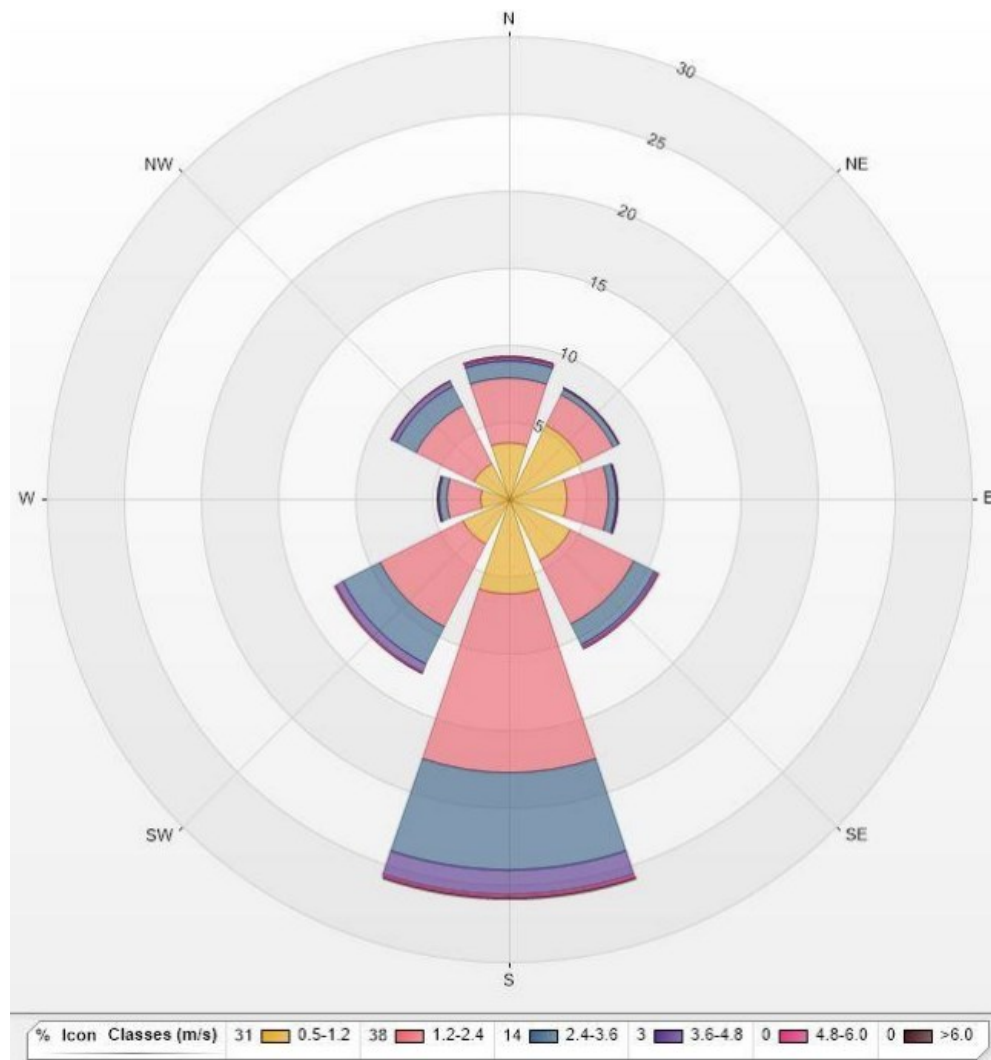


Figur 2.2 Markanvändning i Karleby- och Jakobstadsnejden (Corine-marktäckningsdata 2018, generaliserad till 25 ha, copyright: SYKE).

8.12.2025

HR

Vindarna i Karleby- och Jakobstadsregionen blåser vanligtvis från söder och sydväst (Figur 2.3).



Figur 2.3 Vindriktningarnas andel (%) och vindhastighetens (m/s) fördelning i olika hastighetsklasser enligt vindriktning i Yxpilä år 2024 (Karleby stad, 2025).

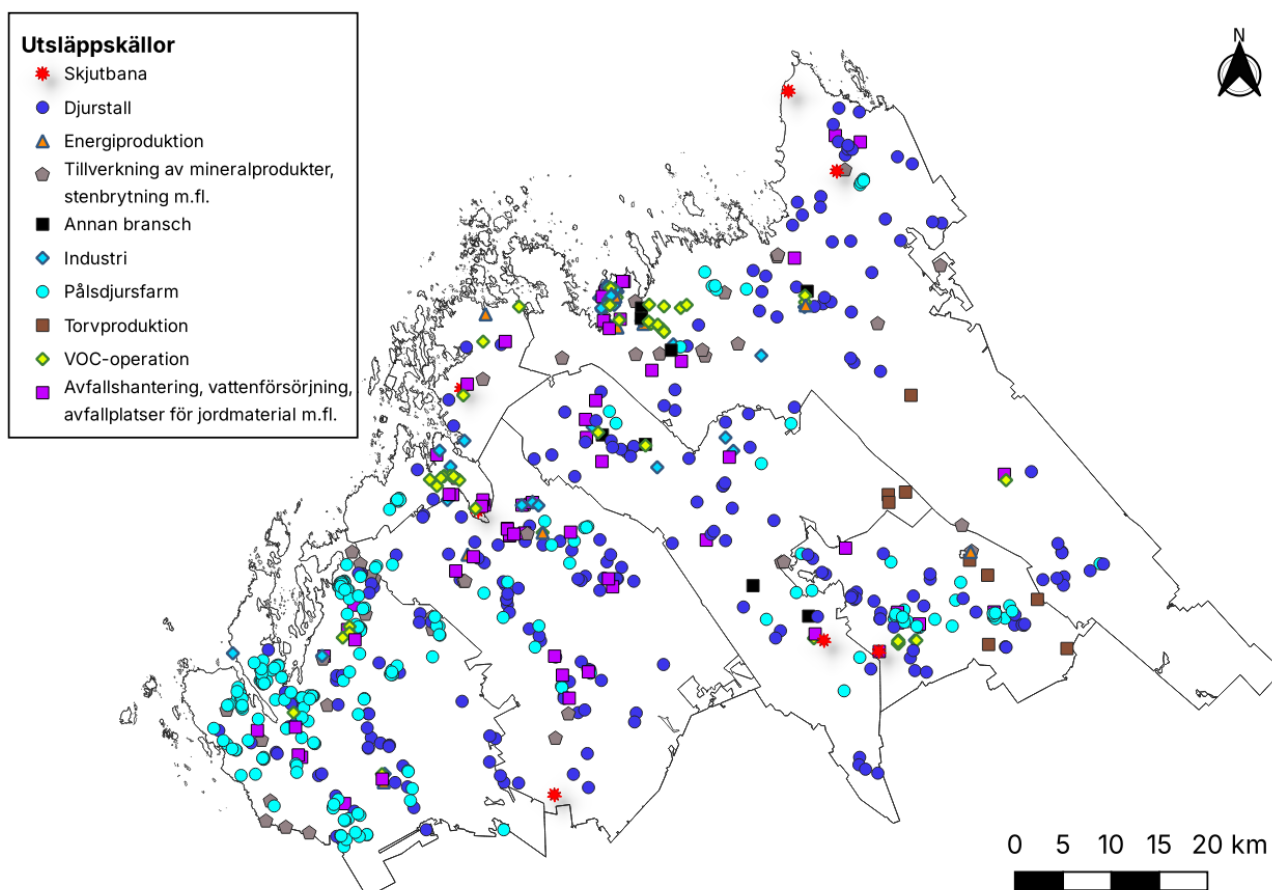
Uppföljningsområdet hör till landskapen Mellersta Österbotten och Österbotten. I området bor omkring 100 000 invånare. Den till befolkningensmängden största kommunen är Karleby med sina ca 48 000 invånare, näst störst är Jakobstad med ca 20 000 invånare (Statistikcentralen 2024). Uppföljningsområdet genomkorsas i sydvästlig-nordostlig riktning av riksväg 8, vars genomsnittliga dygnstrafik varierar mellan 3 000–12 000 fordon (Trafikledsverket 2024).

Karleby är traditionellt ett starkt industriområde. I Yxpiläområdet i Karleby finns en betydande koncentration av storindustri. Även primärproduktionen har en betydande roll i Karlebyregionen och den kommer att stärkas i regionen som ett resultat av de planerade gruvprojekten. I Jakobstadsregionen finns bland annat massa- och pappersindustri,

båtindustri och livsmedelsindustri. Jordbruk och pälsdjursfarmning som regionalt särdrag är viktiga näringar för området.

2.2 Utsläpp i uppföljningsområdet år 2024

Alla uppföljningsområdets verksamma utsläppskällor som övervakas av kommunerna och NTM-centralerna presenteras i Figur 2.4. De utsläppskällor som ingår i granskningen ger upphov till utsläpp av svavel, kväve, partiklar, damm, metaller och VOC-föreningar i miljön. För djurstallens och pälsdjursfarmarnas del ingår gårdar och farmer som beviljats miljötillstånd av regionförvaltningsverket. Verksamheterna på kartan har klassificerats så att avfallshantering, avloppsreningsverk och avstjälningsplatser för marksubstanser är avbildade med samma symbol, industrisektorer (kemisk industri, skogsindustri och övrig industri) har beskrivits med samma symbol, och marksubstansverksamhet (tillverkning av mineralprodukter och stenbrytning, krossverk, asfaltstationer och kalkstensmalning) är avbildade med samma symbol. Uppgifterna om verksamheterna och deras placeringar kommer från kommunernas miljövårdsmyndigheter.



Figur 2.4 Utsläppskällor i Karleby- och Jakobstadsområdet.

De betydande utsläppskällorna i uppföljningsområdet presenteras nedan (Figur 2.5. och Tabell 2.1). Anläggningsspecifika utsläppsmängder av svaveldioxid, kväveoxider, partiklar och

8.12.2025

HR

flyktiga organiska föreningar (volatile organic compounds, VOC) samt trafikens utsläppsmängder per kommun år 2024 (för trafikens del år 2023) presenteras i tabellerna 2.1 och 2.2. Uppgifterna om utsläppen från industrin och trafiken baserar sig på de uppgifter som lämnats av kommunernas miljömyndigheter. Efter år 2015 har beräkningen av utsläppsdata reviderats, och utsläppsmängderna för åren 2023 och 2024 är inte direkt jämförbara med de utsläppsmängder från trafiken som rapporterades före 2015.

Största delen av svavelutsläppen inom uppföljningsområdet kommer från storindustrin och energiproduktionen i Karleby och Jakobstad. Merparten av partikel- och kväveutsläppen genereras i Jakobstad. Största delen av metallutsläppen härstammar från Karlebyregionen, med undantag för kvicksilver, koppar och bly.

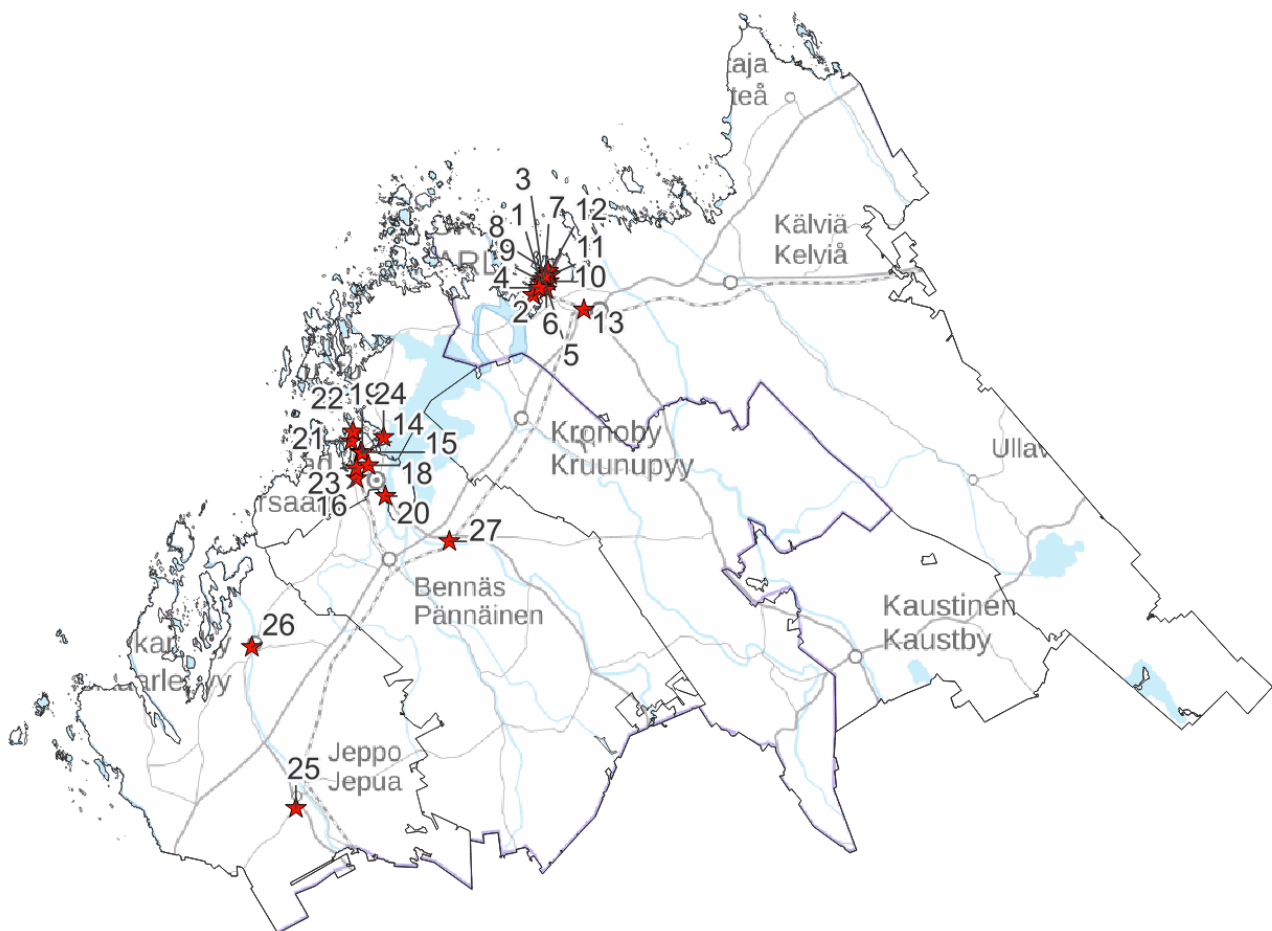
Baserat på de uppgifter för år 2024 som beställaren har levererat, rapporterades utsläppen av kväveoxider vara de största i uppföljningsområdet, sammanlagt 2056 ton. Av dessa härstammade 87 procent från industrin. Största delen av kväveoxidutsläppen uppstod i Karleby och den största utsläppskällan var UPM Kymmene Oyj, vars kväveoxidutsläpp uppgick till 892 ton år 2024. De högsta utsläppen av kväveoxider från trafiken registrerades i Karleby-området, där utsläppen uppgick till 124 ton år 2023.

Svaveldioxidutsläppen uppgick till sammanlagt 1 000 ton. Största delen av svaveldioxidutsläppen uppstod i Karleby, och de största utsläppskällorna var Boliden Karleby Oy:s svavelsyrafabrik (316 t/a) och Yara Suomi Oy (155 t/a).

Det rapporterades sammanlagt 152 ton partikelutsläpp i regionen, varav 97 % uppstod inom industrin. De största partikelutsläppskällorna var UPM Kymmene Oyj (86 t/a) och Alholmens Kraft (44 t/a).

8.12.2025

HR



Figur 2.5 De mest betydande utsläppskällorna i uppföljningsområdet (se Tabell 2.1).

Tabell 2.1 Utsläppskällor som presenteras i figuren.

Nr	Namn	Nr	Namn
1	CABB Oy	15	UPM-Kymmene Oy
2	Karleby hamn	16	Herrfors Oy, Centralstationens värmecentral
3	Boliden Karleby Oy Svalvelsyrefabrik	17	Herrfors Oy, Sikörens värmecentral
4	Yara Suomi Oy	18	Herrfors Oy, Östanpå värmecentral
5	Yara Phosphates Oy	19	OSTP Finland Oy
6	Karleby Energi Oy, Power	20	Snellman Ab Oy
7	Karleby Energi Oy, Voima	21	Affärsverket Jakobstads hamn
8	Boliden Karleby Oy Zinkfabrik	22	Wibax Tank Oy
9	Tetra Chemicals Europe Oy	23	KWH-Plast Oy
10	Neste Oy Karleby terminal	24	Löfs Ab Oy
11	Umicore Finland Oy	25	Adven Oy
12	Jervois Finland Oy	26	Nykarleby Kraftverk
13	Karleby Energi Oy, Kosila	27	Feedex Ab Oy
14	Alholmens Kraft		

Tabell 2.2 Uppföljningsområdets utsläpp av svaveldioxid, kväveoxider samt partiklarnas del (ton/år) per kommun 2024. De senaste uppgifterna om trafikutsläpp är från år 2023. Även de anläggningar vars senaste utsläppsdata är från år 2023 har markerats med en asterisk (*).

Anläggning	Kommun	SO ₂	% av kommune ns industriutsläpp	% av hela områdets industriutsläpp	NO _x	% av kommun ens industriutsläpp	% hela området s industriutsläpp	% av kommun ens alla utsläpp	% område ts alla utsläpp	partik lar	% av komm unens industr iutsläp p	% av hela områdets industriutslä pp	% av komm unens alla utsläpp	% områdets alla utsläpp
CABB Oy	Karleby	22,8	3	2	31,02	6	2	5	2	0,53	3	0	3	0,3
Karleby hamn	Karleby	2,16	0	0	65,33	12	4	10	3	1,61	9	1	8	1,1
Boliden Karleby Oy, Svavelsyrefabrik	Karleby	316	48	32	22,70	4	1	4	1					
Yara Suomi Oy	Karleby	155	23	16	134,2	26	8	21	7	5,40	32	4	28	3,5
Yara Phosphates Oy	Karleby	55	8	6	71,00	14	4	11	4	7,00	41	5	37	4,6
Karleby Energi Oy, Power	Karleby	6,36	1	1	130,2	25	7	20	6	0,77	5	1	4	0,5
Karleby Energi Oy, Voima	Karleby	29,50	5	3	72,80	14	4	11	4	0,39	2	0	2	0,3
Boliden Karleby Oy Zinkfabrik	Karleby	75,97	12	8						1,31	8	1	7	0,9
Tetra Chemicals Europe Oy*	Karleby									0*		0	0	0,0
Karleby sammanlagt		663	100	66	527	100	29	81	26	17	100	12	90	11
Alholmens Kraft	Jakobstad	133	39	13	295,7	23	17	23	14	43,64	34	30	34	28,6
UPM-Kymmene Oyj	Jakobstad	201,7	60	20	892,4	71	50	69	43	85,86	66	58	66	56,3
Sikörens värmecentral	Jakobstad	0,01	0	0	1,28	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0,1
Östarpå värmecentral	Jakobstad	0,00	0	0	0,32	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0,0
OSTP Finland Oy	Jakobstad				39,58	3	2	3	2	0,15	0	0	0	0,1
OY Snellman AB	Jakobstad	1,93	1	0	3,00	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0,1
Affärsverket Jakobstads hamn	Jakobstad	0,92	0	0	32,88	3	2	3	2					
Wibax Ab	Jakobstad				0,17	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0
Jakobstad sammanlagt		337	100	34	1265	100	71	98	62	130	100	88	100	85

8.12.2025

HR

Anläggning	Kommun	SO ₂	% av kommunens industriutsläpp	% av hela områdets industriutsläpp	NO _x	% av kommunens industriutsläpp	% hela områdets industriutsläpp	% av kommunens alla utsläpp	% områdets alla utsläpp	partiklar	% av kommunens industriutsläpp	% av hela områdets industriutsläpp	% av kommunens alla utsläpp	% områdets alla utsläpp
Adven Oy*	Nykarleby				1,84*	100	0	4	0	0*		0		0
	Nykarleby sammanlagt	0			2	100	0	4	0	0		0	0	0
Oy Feedex AB	Pedersöre									0,85	100	1	47	1
	Pedersöre sammanlagt	0			0					0,85	100	1	47	1
	Industriutsläpp sammanlagt	1000			1794				87	148				97
Trafik*	Karleby	0			124,0			19,0		2,00			11	
Trafik*	Jakobstad	0,06			30,19			2,3		0,58			0	
Trafik*	Pedersöre	0,12			48,88			100,0		0,95			53	
Trafik*	Larsmo	0,03			13,69			100,0		0,25			100	
Trafik*	Nykarleby	0,10			44,62			96,0		0,88			100	
	Trafikutsläpp sammanlagt	0,3			261				13	5				3
Industri + trafik	Karleby	662,9			651,26					19,01				
Industri + trafik	Jakobstad				1295,5					130,4				
		337,1			1					5				
Industri + trafik	Pedersöre	0,12			48,88					1,80				
Industri + trafik	Larsmo	0,03			13,69					0,25				
Industri + trafik	Nykarleby	0,10			46,46					0,88				
	Alla utsläpp sammanlagt	1000			2056					152				

Tabell 2.3 Metallutsläppskällor och utsläppsmängder 2024.

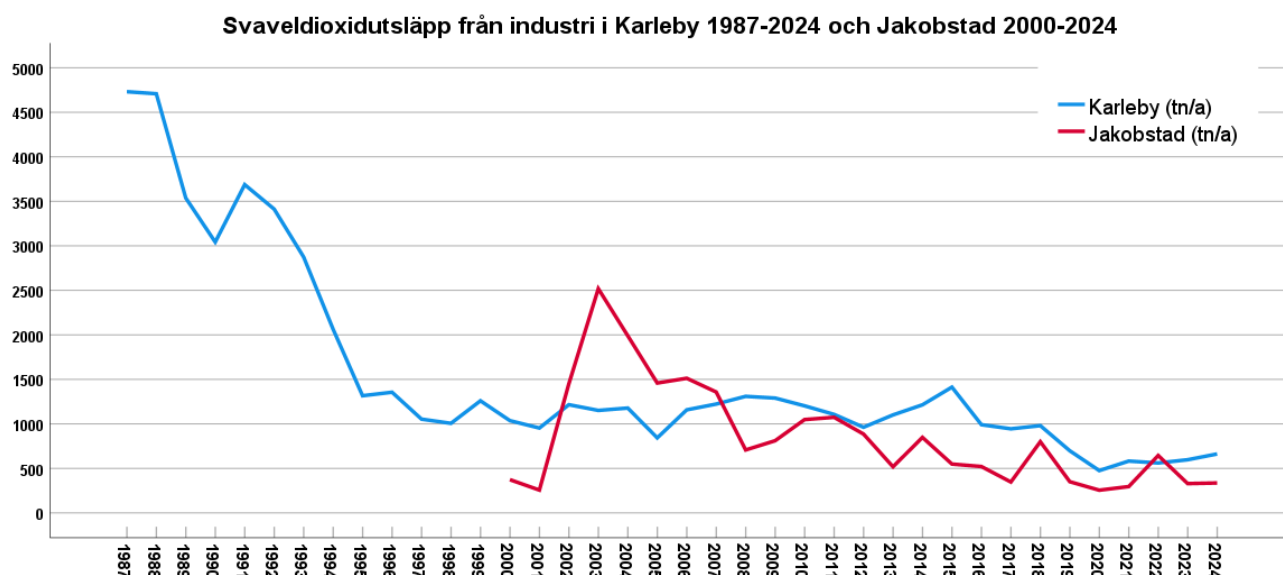
Grundämne (kg/a)	Boliden Karleby Oy	Jervois Finland Oy	Umicore Finland Oy	Karleby Energia Oy, Power	Karleby Energi Oy, Voima	OSTP Finland Oy Ab	Oy Alholmens Kraft Ab	Samman- lagt
Aluminium								0,00
Antimon								0,00
Arsenik	26,83			0,10	0,23		0,11	27
Kviksilver	2,21			0,20	0,08		28,54	31
Kadmium	4,02			0,10	0,04		0,56	4,7
Kobolt		532,20	126,50	1,10	0,23			660
Krom				0,30	0,40	0,70	2,23	3,6
Koppar	13,79		2,80	0,60	0,21		68,63	86
Bly	12,62			0,30	0,22		16,72	30
Mangan				1,00				1,0
Nickel		47,70	15,90	1,30	0,60	0,75	35,00	101
Järn	11,79							11,8
Zink	7741,48			5,80	3,14		212,03	7963
Vanadin				0,10	0,17		10,03	10,3
Sammanlagt	7813	580	145	10,9	5,3	1,45	374	8 929

2.3 Utvecklingen av utsläppsmängder 1987–2024

Utsläppsmängderna från industrin och trafiken har följts upp i Karleby- och Jakobstadsområdena sedan år 1987. Utvecklingen av utsläppen av svaveldioxid, kväveoxider och partiklar från industrin presenteras i figurerna nedan (Figur 2.6–Figur 2.8). Metallutsläpp presenteras i Figur 2.9 och trafikens utsläpp avseende kväveoxider och finpartiklar i Figur 2.10 och Figur 2.11.

2.3.1 Industri

De totala svaveldioxidutsläppen från industrin har minskat stadigt sedan början av 2000-talet. I början av 2000-talet uppgick utsläppen från industrin i Karleby och Jakobstad till över 1 000 ton svaveldioxid per år, men under 2020-talet har de sjunkit till under 700 ton per år. De största svaveldioxidutsläppen under uppföljningsperioden 2018–2024 inföll år 2018, men var trots det under 1 000 ton per år. De totala svaveldioxidutsläppen låg under åren 2018–2024 på en lägre nivå än under den föregående uppföljningsperioden 2012–2017. (Figur 2.6)

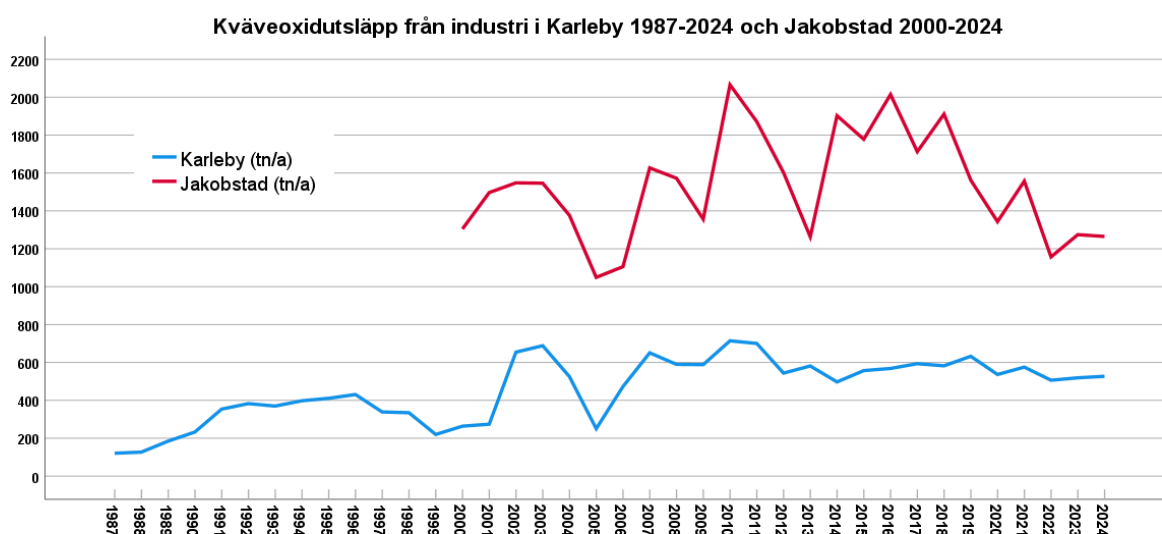


Figur 2.6 Svaveldioxidutsläpp från industrin i uppföljningsområdet (ton/år) 1987-2024.

De totala kväveoxidutsläppen från industri har legat på samma nivå i Karleby under hela 2000-talet, cirka 500–700 ton per år. En viss minskning av utsläppsmängderna har noterats efter år 2011, då utsläppen av kväveoxider har minskat till 500–600 ton per år, medan nivåerna i början av 2000-talet låg på 600–700 ton årligen. I Jakobstad har utsläppen av kväveoxider minskat avsevärt efter år 2018 och återgått till nivån i början av 2000-talet, som låg på cirka 1400–1600 ton kväveoxider per år. Mellan 2007 och 2018 uppgick utsläppen till 1 600–2 000 ton per år. Utsläppen av kväveoxider i Jakobstad har alltså minskat betydligt sedan den föregående uppföljningsperioden 2011–2017. Kväveoxidutsläppen i Karleby har stannat på samma nivå. Jakobstads utsläpp har varit 600–1 300 ton högre per år än Karlebys utsläpp under 2018–2024. (Figur 2.7)

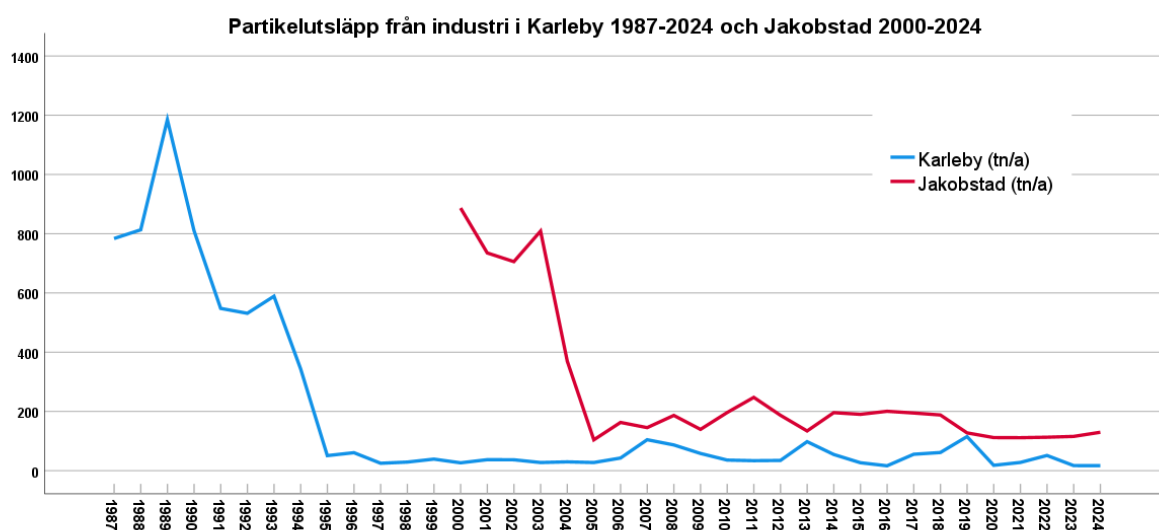
8.12.2025

HR



Figur 2.7 Kväveoxidutsläpp från industrin i uppföljningsområdet (ton/år) 2000-2024.

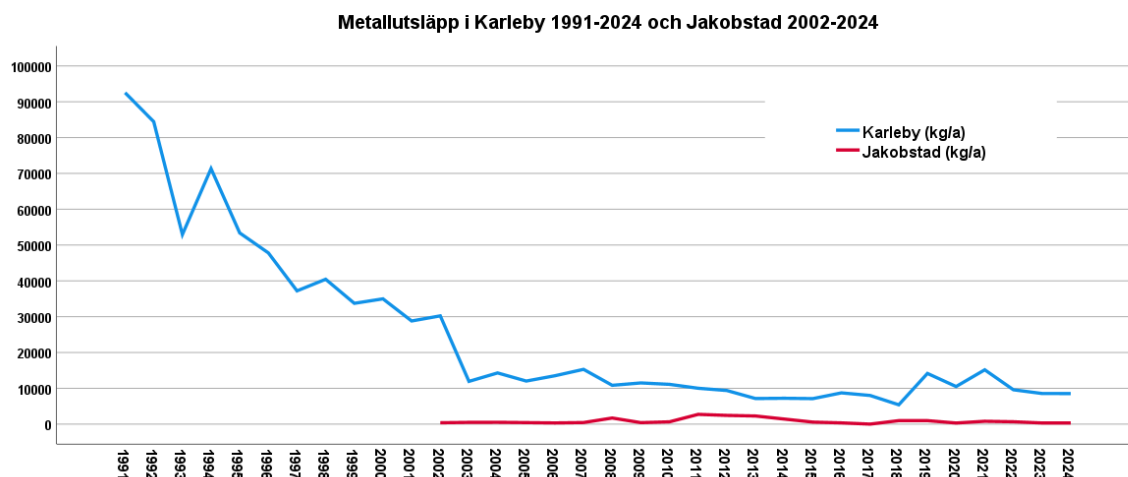
Industrins partikelutsläpp har minskat betydligt efter år 2004 och har hållit sig på 2005 års nivå sedan dess. Partikelutsläppen i Jakobstad har varit högre än i Karleby. (Figur 2.8)



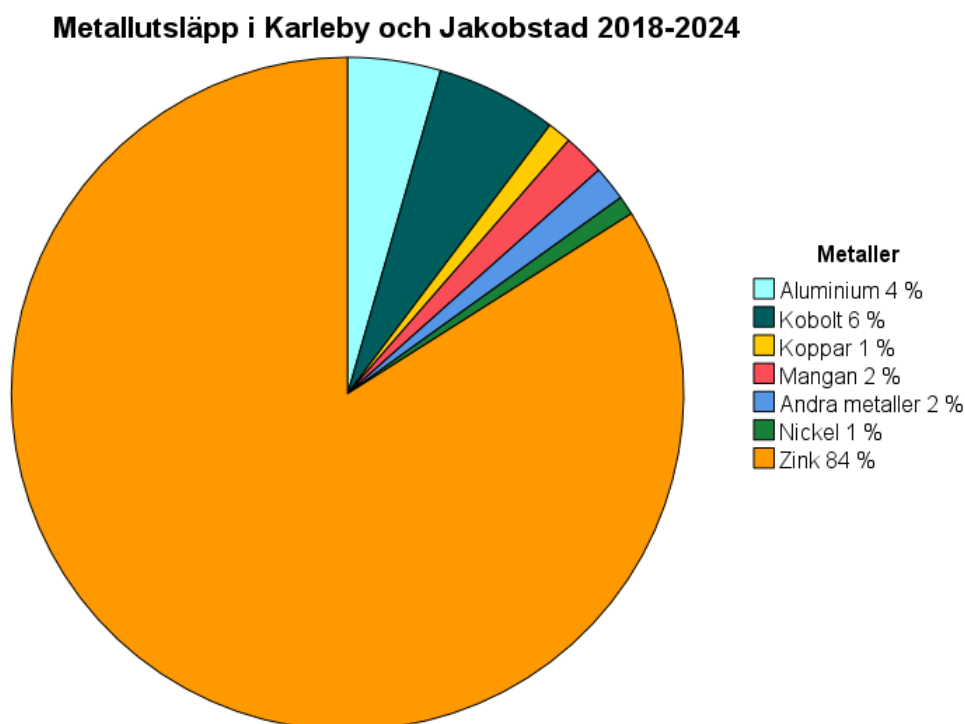
Figur 2.8 Partikelutsläpp från industrin i uppföljningsområde (ton/år) åren 1987-2024.

Metallutsläppen i Karleby har minskat avsevärt under uppföljningsperioden 1991–2024. Under den senaste uppföljningsperioden har en liten ökning av utsläppsmängderna skett jämfört med utsläppsmängderna under uppföljningsperioden 2011–2017. Metallutsläppen har ökat med 2–6 ton per år sedan den föregående uppföljningsperioden och har under åren 2018–2024 legat på samma nivå som under åren 2003–2012. Det har inte skett några stora förändringar i Jakobstads metallutsläpp mellan åren 2002 och 2024. Metallutsläppen i Jakobstad var mindre än i Karleby. I Karleby uppgick metallutsläppen till cirka 8–15 ton per

år under 2018–2024, medan utsläppen i Jakobstad uppgick till 0,3–1 ton per år. Största delen av metallutsläppen i Karleby och Jakobstad utgörs av zinkutsläpp. De näst största utsläppsmängderna observerades för kobolt (6 %), aluminium (4 %) och mangan (2 %). (Figur 2.10)



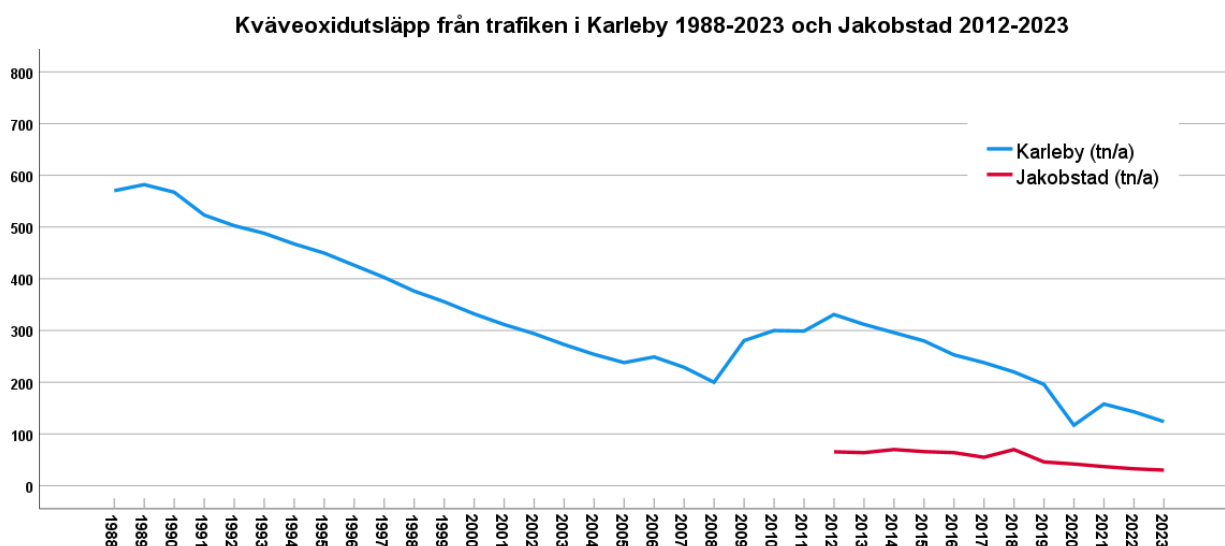
Figur 2.9 Utvecklingen av metallutsläppen (kg/a) i Karleby och Jakobstad åren 2000-2024.



Figur 2.10 Fördelningen av metallutsläpp åren 2018-2024.

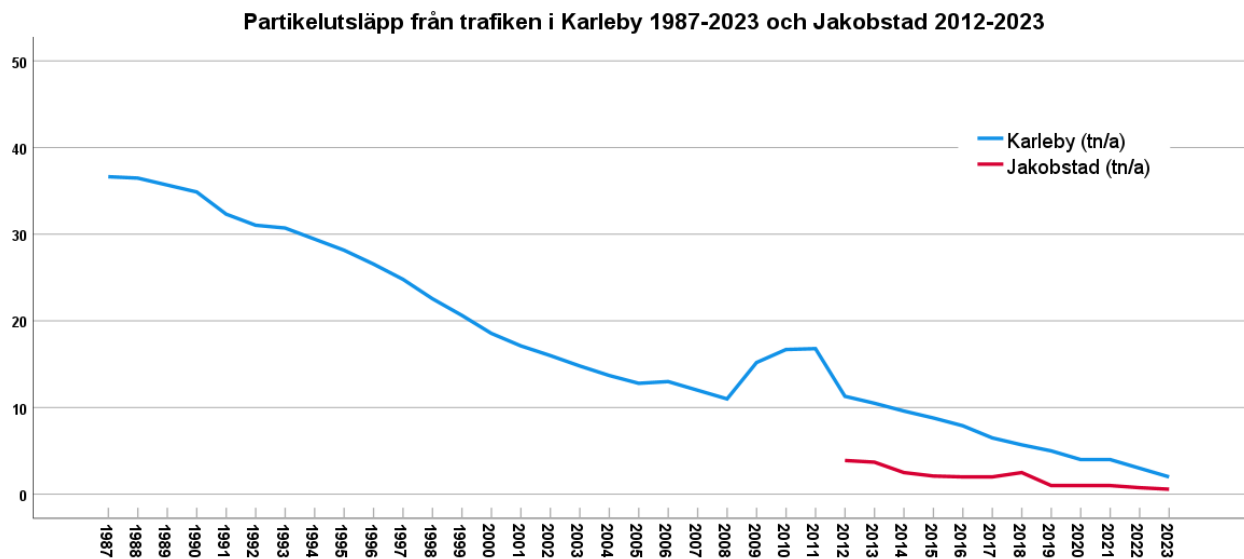
2.3.2 Trafik

Den totala mängden svaveldioxidutsläpp från trafiken i Karleby och Jakobstad var 0–0,5 ton under mätperioden 2012–2023, vilket utgjorde som mest cirka 0,2 % av den sammanlagda årliga utsläppsmängden från industrin och trafiken, och på grund av den ringa andelen har trafikens svavelutsläpp inte presenterats i figurerna. Kväveoxidutsläppen från trafiken har minskat avsevärt över tid. Under åren 2018–2023 låg kväveutsläppen från trafiken i Karleby på 100–200 ton per år, vilket är mindre än under den föregående uppföljningsperioden 2011–2017 då utsläppen var 240–320 ton per år. Kväveutsläppen från trafiken i Jakobstad har också minskat något mellan uppföljningsperioderna, men utsläppen är lägre än i Karleby, cirka 30–80 ton per år. I Karleby utgjorde trafikutsläppen av kväve en betydande del av de totala kväveutsläppen under åren 2018–2023, som mest cirka 28 % av alla kväveutsläpp i området. Trafikens andel av de totala kväveutsläppen i Jakobstad var som mest cirka 5 procent under åren 2018–2023 (Figur 2.11)



Figur 2.11 Kväveoxidutsläpp från trafiken i uppföljningsområdet (ton/år) 2012-2023.

Partikelutsläppen från trafiken har, i enlighet med trenden för kväveutsläpp, minskat regelbundet ända sedan slutet av 1900-talet. Partikelutsläppen från trafiken i Karleby uppgick under åren 2018–2023 till 2–6 ton per år, och utsläppen i Jakobstad till 0,5–4 ton per år. I Karleby utgjorde trafikens partikelutsläpp som mest cirka 2 % av alla partikelutsläpp från industrin och trafiken under åren 2018–2024, medan trafikens partikelutsläpp i Jakobstad som mest täckte cirka 0,8 % av alla partikelutsläpp. (Figur 2.12)



Figur 2.12 Partikelutsläpp från trafiken i uppföljningsområdet (ton/år) 2012-2023.

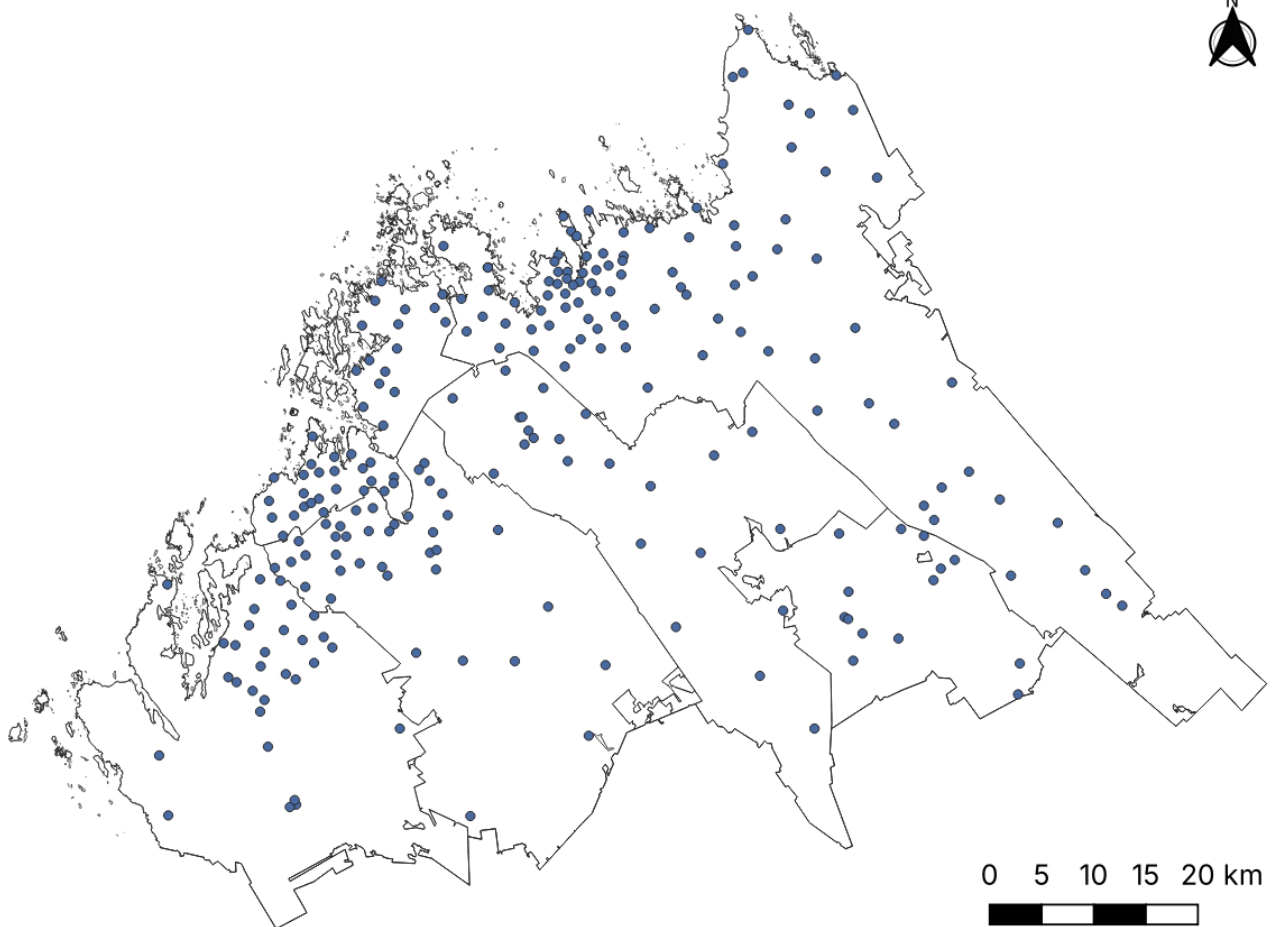
3 Material och metoder

3.1 Provytor

Uppföljningen utfördes på 244 provytor där man undersökte vegetationen av tallarnas stamlavar och grundämneshalter i barr, mossor och humus samt humusens kemiska egenskaper. Provyternas lägen presenteras i (Figur 3.1) nedan. I tabell nedan presenteras provyternas antal per kommun. I uppföljningen år 2025 insamlades barrprover från alla tallbestånd inom uppföljningsområdet. Det totala antalet provytor utökades med fyra för att bättre täcka påverkanområdet för gruvorna och anrikningsverket i Syväjärvi och Rapasaari, som kommer att ligga på gränsen mellan Kaustby och Karleby. Med hjälp av de nya provyterna utreddes nuläget i närområdet kring litiumgruvan. Verksamheten kommer att inledas 2026 i Syväjärvigruvan, cirka 3 km norr om anrikningsområdet. Dessutom utökades analysurvalet för humus med en litiumanalys för fyra provytor belägna i Yxpilaområdet i Karleby.

8.12.2025

HR



Figur 3.1 Provytornas läge i uppföljningsområdet 2025.

Tabell 3.1 Provytornas antal per kommun och antalet nya provytor som anlagts 2025.

Kommun	Lavytor	Gamla ytor	Utbytta ytor	Nya ytor	Barrytor	Mossa-ytor	Humus-ytor
Kaustby	14	11	3	2	14	14	4
Karleby	98	81	17	2	98	90	16
Kronoby	23	17	6	0	23	23	1
Larsmo	16	13	3	0	16	16	4
Pedersöre	38	32	6	0	38	38	9
Jakobstad	25	24	1	0	25	25	6
Nykarleby	30	21	9	0	30	29	6
Sammanlagt	244	199	45	4	244	235	46

8.12.2025

HR

På de gamla provytorna strävade man efter att utföra stamlavskarteringen på samma provträd som i uppföljningen år 2018, men på grund av avverkningar eller förändringar i markanvändningen inrättades cirka en femtedel av de gamla ytorna på nytt (45 ytor). Alla ändringar i provytor eller -träden registrerades, och de beaktades vid jämförelsen av resultaten mellan de olika åren.

För varje provyta fylldes en blankett med bakgrundsinformation i, där man noterade ytans koordinater, instruktioner för att hitta området samt trädens placering. Provytans skogstyp, trädbeståndets utvecklingsklass, ålder och längd samt stamarternas bottenytor och provytans topografi antecknades. Provytans lämplighet klassificerades genom att använda skalan god-måttlig-dålig. Provytans lämplighet är observatörens subjektiva bedömning av provytans lämplighet för bioindikatoruppföljning och då den bedöms iakttas kriterierna som gäller skog som ska användas för lavkartering. Stamträdens bottenyta fastställdes med hjälp av relaskop och trädens ålder och höjd fastställdes visuellt.

I valet av nya ytor var det viktigaste kriteriet ytans lämplighet för lavkartering. I stället för en gammal förstörd provyta strävade man efter att anlägga en ny yta på den närmaste plats som uppfyllde kriterierna för lavkartering. Kriterier för skog som ska användas i lavkartering har presenterats i standarden SFS 5670. De viktigaste av dessa är skogens ålder, trädbeståndets täthet samt förekomst av undervegetation. Provytor som är optimala i förhållande till urvalskriterierna finns på torftiga eller näringsrika torvmarker där undervegetationen är låg och skogen ganska gles. Genom valet av provytor strävar man efter att eliminera mikroklimatfaktorer som inverkar på den naturliga lavfloras sammansättning samt på skador. Den viktigaste av dessa faktorer är förhållandet mellan ljus och skugga. Då nya uppföljningsskogsbestånd valdes strävade man dessutom efter att undvika kanteffekt eller t.ex. dödisgröpar och solsluttningar, där det råder ett avvikande mikroklimat. Man undvek även nyligen skötta skogar, t.ex. skog som gallrats under de senaste tre åren. Provträden valdes med kriterierna att diametern skulle vara åtminstone 20 cm och stammarna grenfria upp till tre meters höjd. De träd som hade buskar eller plantor växande runt sig eller träd som växte mycket nära andra träd godkändes inte för karteringen.

Barrproverna samlades in under perioden 27.1.–27.2.2025 av provtagarna Tuomas Talvitie (naturkartläggare, EAT) och junior miljöexpert Joona Kyhyräinen (fil.mag., miljövetenskap). Karteringen av lavarna och provtagningen av humusen och mossorna genomfördes 15.4–3.7.2025. I fältarbetena som utfördes på sommaren deltog av de ovan nämnda personerna. Introduktionen av fältarbetarna genomfördes år 2025 av projektledarna Janne och Henna Ruuth.

Tabell 3.2 Provytornas fördelning i klasser enligt bakgrundsvariablerna.

Kännetecken	Klass	Antal	Andel ytor
Lämplighet	God	143	59 %
	Måttlig	86	35 %

8.12.2025

HR

Kännetecken	Klass	Antal	Andel ytor
	Dålig	15	6 %
Skogstyp	CT, karg mo	14	6 %
	VT, torr mo	119	49 %
	MT, frisk mo	93	38 %
	OMT, lundartad mo	13	5 %
	Annan	4	2 %
Utvecklingsklass	Mogen	89	36 %
	Uppväxt	147	60 %
	Ung	8	3 %
Trädbeståndets längd (m)	under 15	20	8 %
	15-19	72	30 %
	20 eller över	152	62 %
Trädbeståndets ålder (v)	under 80	67	27 %
	80-99	98	40 %
	100-119	49	20 %
	120 eller över	30	12 %
Trädbeståndets diameter (cm)	under 25	5	2 %
	25-29	97	40 %
	30-34	96	39 %
	35-39	37	15 %
	40 eller över	9	4 %
1. stamart	Tall	243	99,6 %
	Gran	1	0,4 %
2. stamart	Gran	149	61 %
	-	69	28 %
	Björk	22	9 %
	Tall	1	0,4 %
	Asp	2	1 %
	Hägg	1	0,4 %
3. stamart	-	163	67 %
	Björk	58	24 %
	Gran	14	6 %
	Asp	6	2 %
	Rönn	1	0,4 %
	Al	1	0,4 %
	Lärk	1	0,4 %
4. stamart	-	242	99,2 %
	Asp	1	0,4 %

Kännetecken	Klass	Antal	Andel ytor
	Sälg	1	0,4 %
Trädbeståndets bottenyta (m ²)	under10	3	1 %
	10-14	35	14 %
	15-19	83	34 %
	20-24	67	27 %
	25-29	39	16 %
	30 eller över	17	7 %

3.2 Tallens stamlavar

Lavar består av den klorofyllfria svampdelen och den assimilerande algdelen som lever i symbios. De har god framgång i näringsfattiga och torra livsmiljöer, där högre växter inte klarar sig. Lavar växer som flercelliga växtkroppar med lös struktur utan skyddande ytcellsikt och luftintag, näring och vatten tas upp direkt från luften, regnvattnet eller stamavrinningen. Detta gör lavarna väldigt känsliga för luftföroreningar. Exponeringen sker i huvudsak så att föroreningarna fäster sig på de proteiner i cellväggarna som finns på svampdelen. Under vintern, när det vanligtvis finns mera föroreningar i luften, skyddas inte de epifyta lavarna av snötäcket, och under mildare väderförhållanden kan deras cellverksamhet aktiveras.

Lavar beskriver luftföroreningarnas inverkan individuellt som morfologiska eller kemiska förändringar synliga för ögat, som förändringar i täckningsgrad och som förändringar i lavsamhällets artsammansättning (Lodenius m. fl. 2002). De förändringar i lavarna och lavfloran som luftföroreningar orsakar kan uppenbara sig snabbt, speciellt vid höga föroreningshalter. Vanligtvis syns effekterna i flera år efter att belastningen minskat, eftersom lavarna växer långsamt och effekterna kan föras vidare genom växtunderlaget (Jussila m.fl. 1999). Lavarerna reagerar olika på luftföroreningar: först minskar täckningsgraden av de känsligaste arterna på trädens stammar tills arten inte längre kan klara sig på sin tillväxtplats. Då kan de mer hållbara arterna erövra den frilagda livsmiljön. Några arter kan till och med dra nytta av belastningen.

I denna uppföljning bedömdes blåslavens (*Hypogymnia physodes*) skadeklass samt den allmänna skadeklassen som morfologisk förändring. Förändringar i lavfloran bedömdes med hjälp av artantal och IAP-indexet. Täckningsgrader bedömdes för blåslavens och tagellavens (*Bryoria* sp.) del med poängfrekvensmetoden. Observationerna gjordes på provytan på fem provträd, vars lavar bedömdes på 50–200 centimeters höjd.

3.2.1 Undersökta lavararter

Som indikatorarter enligt standarden SFS 5670 användes 12 lavararter som är allmänt förekommande på tallar. Indikatorarterna klassificerats enligt sin känslighet i fyra klasser

8.12.2025

HR

(Tabell 3.3). Förekomsten av vissa arter påverkas förutom av artens känslighet för föroreningar även av naturliga miljöförhållanden, vilket är förklaringen till varför arternas indikatorvärden är olika. Vissa arter föredrar till exempel havsstränder, vissa ljusa och torra skogar andra vill ha tätare skogar. Vissa vill ha yngre träd medan andra vill ha äldre. Arternas särdrag samt deras indikatorvärden presenteras i tabell nedan.

Tabell 3.3 Undersökta lavararter och deras sensitivitet för svaveldioxid (Grannen m.fl.1990)

Sensitivitet	Vetenskapligt namn	Svensk namn
Uthållig, nyttoanvändare	<i>Algae + Scoliciosporum</i> <i>Hypocenomyce scalaris</i>	algtäcke flarnlav
Tämligen uthållig	<i>Hypogymnia physodes</i> <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Cetraria chlorophylla</i> <i>Vulpicida pinastri</i>	blåslav stocklav brämlav granlav
Tämligen känslig	<i>Parmeliopsis hyperopta</i> <i>Parmeliopsis aleurites</i> <i>Platismatia glauca</i> <i>Pseudevernia furfuracea</i> <i>Parmelia sulcata</i>	vedlav blodlav vedlav gällav skrynkelav
Känslig	<i>Bryoria sp.</i> <i>Usnea sp.</i>	tagellavar skägglavar

8.12.2025

HR

De granskade lavarerna i denna uppföljning är bioindikatorer för luftkvaliteten. Indikatorvärdets klassificering: +++ god, ++ måttlig, + liten, - dålig.

Blåslav (*Hypogymnia physodes*) +++



Blåslaven är av bioindikatorarterna den mest uthålliga och allmänna art, som tål flest luftföroreningar. Blåslavens täckningsgrad minskar först i kraftigt belastade områden. Blåslaven är en bra indikator för luftkvaliteten, eftersom även skador på blåflikarna beskriver belastningen av luftföroreningar. Antalet åtföljande arter 4,92.

Stocklav (*Parmeliopsis ambigua*) +++



Även stocklaven tål luftföroreningar mycket bra och dess förekomstfrekvens följer belastningszonerna för luftföroreningarna. Stocklaven trivs bäst i täta, fuktiga skogar (Pihlström & Myllyvirta 1995). Stocklaven är väldigt allmän, tål luftföroreningar och är en bra indikatorart. Antalet åtföljande arter 4,92.

Vedlav och klilav (*Imshaugia aleurites* & *Parmeliopsis hyperopta*) +++



Vedlav och klilav placerar sig på tredje plats vad gäller uthållighet. Denna placering stämmer vanligtvis bra med den regionala fördelningen av dessa arters förekomstfrekvens, då de jämfört med de två föregående arterna är känsligare och arternas minskade förekomstfrekvenser i mindre utsträckning sträcker sig till belastade områden än blås- och stocklaven. Vedlav och klilav tål luftföroreningar och är bra indikatorarter, som dock föredrar torra och ljusa talldungar på klippor. Antalet åtföljande arter 5,33.

Tagellav (*Bryoria* sp.) +++



Tagellavar har i medeltal flest antal åtföljande arter, vilket pekar på dess känslighet för luftföroreningar. Tagellavarnas förekomstfrekvens följer vanligtvis belastningsnivån av luftföroreningar och tagellavarnas längd kan användas som kännetecken för att beskriva belastningen. Tagellavar är goda indikatorer för luftföroreningar. Antalet åtföljande arter 6,27.

8.12.2025

HR

Skägglav (*Usnea sp.*) +++

Skägglavens förekomstfrekvens varierar beroende på belastningen från luftföroreningar vanligen på samma sätt som för tagellavarna. S. Antalet åtföljande arter är rätt många precis som hos tagellaven, vilket pekar på lavarternas känslighet mot luftföroreningar. Skägglavarnas längd kan även användas som kännetecken för att beskriva belastningen. Närheten till kusten gynnar skägglavarnas förekomst. Antalet åtföljande arter 6,22.

Näverlav (*Platismatia glauca*) ++

Utifrån antalet åtföljande arter är näverlaven en relativt känslig indikatorart och dess förekomstfrekvens är i allmänhet logisk: arten saknas på belastade områden och förekommer rikligt på rena områden. Näverlaven är känslig för luftföroreningar, men dess naturliga förekomst kan ändå variera mycket och därför är dess indikatorvärde måttligt. Antalet åtföljande arter 5,88.

Granlav (*Vulpicida pinastri*) +

Förekomsten av granlav är väldigt slumpmässig, den kan förekomma i mycket belastade områden medan den saknas i bakgrundsområden. Den naturliga förekomsten av granlav varierar mycket, men luftföroreningarna kan möjligtvis påverka dess förekomst. Granlavens indikatorvärde för luftkvaliteten är ändå lågt. Antalet åtföljande arter 5,32.

Brämlav (*Cetraria chlorophylla*) –

Av de 12 indikatorarterna är brämlaven en av de mest sällsynta. Dess förekomst varierar ofta slumpmässigt och den kan hittas på mycket belastade områden. Som indikator för luftkvaliteten är brämlaven dålig. Antalet åtföljande arter 6,94.

8.12.2025

HR

Gälllav (*Pseudevernia furfuracea*) ++

Gälllav är en mycket allmän lavart på tallstammar. Utifrån medelantalet av åtföljande arter kan gällaven anses vara känslig för luftföroreningar och dess regionala förekomstfrekvens motsvarar ofta belastningsfördelningen av luftföroreningar. Luftföroreningar orsakar tydliga förändringar på gällavens bålflikar. Närheten till kusten gynnar förekomsten av gälllav eftersom den trivs i ljusa, torra talldungar på klippor. Som indikator är den måttlig. Antalet åtföljande arter 5,80.

Skrynkellav (*Parmelia sulcata*) +

Som lavart påträffas skrynkellaven sällan på tallstammar. Skrynkellaven är en lavart som drar nytta av näringsämnen och som förekommer främst t.ex. vid kanterna av områden med kalkdamm. Skrynkellaven lämpar sig bra som indikator för kalkdamm. Generellt är skrynkellaven så sällsynt, att dess indikatorvärde blir lågt. Antalet åtföljande arter 6,25.

Flarnlav (*Hypocenomyce scalaris*) ++

Flarnlav växer naturligt på gamla tallstammar. Den kan även dra nytta av luftföroreningar och förekomsten ökar när belastningen av luftföroreningar ökar. Flarnlaven är en rätt bra positiv indikator på luftföroreningar, dvs. förekomsten av den beskriver främst kvävenedfallets övergödande inverkan. Antalet åtföljande arter 5,29.

Grönalg och trädgrönelav (*Algae & Scoliciosporum*) +++

Vid en växande mängd av kvävenedfall ökar mattan av grönalger, alltså är den en positiv indikator på luftföroreningar. Grönalgen och trädgrönelaven är goda indikatorer på kvävebelastning. Antalet åtföljande arter är. Antalet åtföljande arter 4,86.

Arternas förekomst undersöktes genom att utvidga standardmetoden på så sätt att rikligheten av varje art bedömdes genom att använda en tre graders klassificering (Tabell 3.4). För varje provträd och -yta beräknades artmängden för de lavar som tar skada av luftföroreningar. Vid beräkningen av artmängden för ett specifikt område eller träd togs inte de arter som drar nytta av föroreningarna, flarnlav samt alg och trädgrönelav, i beaktande varvid artmängden kunde vara högst 10 för varje provträd eller provyta. I rena bakgrundsområden påträffas det vanligtvis fler lavar än i belastade områden.

8.12.2025

HR

Tabell 3.4 Klassificering av lavarnas riklighet. Algtäcke och flarnlav är klassificerade enligt täckningsgrad (%), andra arter på basis av antalet bålflikar.

Antal bålflikar	Antal bålflikar	Täckningsgrad (%)
1	1-2	< 5
2	2-7	5-49
3	> 7	≥50

Tabell 3.5 Klassificering av lavfloran på basis av artmängd.

Artmängd	Beskrivning
0-1	Väldigt tydlig minskning
2-3	Tydlig minskning
4-5	Minskning
6-7	Lindrig minskning
≥8	Normal lavflora

För varje provyta beräknades ett IAP-index (Index of Atmospheric Purity, index som beskriver luftens renhet) som beskriver lavfloran på provytan (LeBlanc och DeSloover 1970). Med hjälp av IAP-indexet kan man presentera diverse lavars förekomstfrekvens med ett siffervärde, i vilket man har tagit de olika arternas känslighet mot luftföroreningar i beaktande. Ett högt indexvärde uttrycker en riklig lavflora och därmed god luftkvalitet. Provytor med utarmad lavflora får däremot ett lågt indexvärde (Tabell 3-7). Indexet räknades för varje provyta på följande sätt:

$$IAP = \sum_{1}^n (Q \times f) / 10$$

Q = det genomsnittliga antalet av åtföljande arter för varje lavart (se indikatorlista)

f = den relativa förekomstfrekvensen för arten på provytan (0-1)

n = antalet lavararter (10)

IAP-indexet är beräknat genom att använda de tio indikatorarterna enligt standarden SFS 5670. I beräkningen lämnades flarnlaven (*Hypocenomyce scalaris*) och alger samt trädgrönelaven (*Algae och Scoliciosporum sp.*) bort, eftersom de drar nytta av belastningen.

Tabell 3.6 Lavarternas klassificering på basis av IAP-indexet.

Indexvärde	Beskrivning av arter
> 3	samhälle i naturtillstånd, med känsliga lavar
2-3	i lavfloran finns lindriga förändringar, de känsligaste arterna saknas allmänt
1-2	lavfloran har minskat, de känsligaste arterna kan förekomma på enstaka träd
0,5-1	lavfloran har minskat tydligt, generellt saknas de känsligaste arterna, arter som drar nytta av luftföroreningar förekommer vanligtvis på stammarna
< 0,5	lavöken eller nästan lavöken

3.2.2 Bedömning av skador och täckningsgrader

Blåslaven är en mycket god indikator på föroreningar då den klarar också mycket höga halter av luftföroreningar, men indikerar dem med morfologiska förändringar, som bedöms med hjälp av skadeklassen. Det har även föreslagits att blåslaven möjligen kan dra nytta av luftföroreningar till en viss belastningsnivå (Anttonen 1990). Då belastningsnivån växer kan blåslaven som stark konkurrent ta över växtplatser från andra arter, vilket kommer till uttryck som en ökning av artens täckningsgrad vid en lindrig belastningsnivå. Blåslaven tål dock belastning endast till en viss nivå, därefter förvärras dess skador och täckningsgraden minskar (jämför till exempel Niskanen m.fl. 2003a och Niskanen m.fl. 1996).

Blåslavens skadeklass och den allmänna skadeklassen bedömdes med en femskalig klassificering, med en halv skadeklass noggrannhet (Tabell 3.7). I den allmänna skadeklassen särskiljs tagellavar, skägglavar och gällavar som buskartade till sitt växtsätt medan de andra arterna är bladartade.

För blåslav och tagellav (*Bryoria sp.*) beräknades förekomstfrekvensen med en schablon av ett rutfält på 1,2 meters höjd på den öst-nordöstra sidan och väst-sydvästra sidan av provträdet. På basis av förekomstfrekvenserna beräknades dessa arters relativa täckningsgrad för varje träd.

Tabell 3.7. Blåslavens och lavarnas allmänna skadeklass (SFS 5670).

Skadeklass	Blåslavens skador	Allmän skada
I Normal	Lavarna friska eller nästan friska	Alla arters utseende och växt oförändrade
II Lindrig skada	Lindrigt förtvinade, lindriga färgförändringar	Buskartade lindrigt tvinnade, bladartade normala
III Tydlig skada	Lavarna är förtvinade, grönskiftande eller mörknade eller båda	Buskartade små, bladartade skadade
IV Svår skada	Lavarna är små, skrynkliga, grönskiftande eller mörknande eller båda	Buskartade saknas, bladartade allvarligt skadade

8.12.2025

HR

V Död eller saknas	Död eller saknas	Även bladartade saknas, algtäcke kan förekomma
--------------------	------------------	--

3.3 Grundämneshalter i barr, mossor och humus samt humusens kemiska egenskaper

I denna uppföljning har man utrett metall- och näringshalter och ansamlingen i tallbarr, väggmossor samt i markens humus. Dessutom har man utrett markens kemiska egenskaper (surhet och elledningsförmåga). Förutom belastningens regionala fördelning beskriver de undersökta variablerna även uppföljningsskogsbeståndens näringstillstånd samt jordmånens egenskaper. I Tabell 3.8 beskrivs antalet undersökta ytor i förhållande till varje matris och grundämne.

Tabell 3.8 Provytornas antal i förhållande till de undersökta grundämnena och matriserna.

Grundämne	Förkortning	Barrytor	Mossytor	Humusytor
Aluminium	Al	0	235	46
Arsenik	As	79	235	21
Bor	B	244	235	25
Kviksilver	Hg	79	235	21
Fosfor	P	244	235	25
Kadmium	Cd	244	235	46
Kalium	K	244	235	46
Kalcium	Ca	244	235	46
Kobolt	Co	79	235	21
Krom	Cr	244	235	25
Koppar	Cu	244	235	46
Litium	Li	8	6	10
Bly	Pb	0	235	25
Magnesium	Mg	244	235	46
Mangan	Mn	244	235	25
Natrium	Na	0	235	21
Nickel	Ni	244	235	46
Järn	Fe	244	235	39
Svavel	S	244	235	25
Zink	Zn	244	235	46
Kväve	N	244	0	0
Vanadin	V	79	235	21
Utbytesaciditet		0	0	46
Katjonbyteskapacitet		0	0	46

Brytningen, smältningen och förädlingen av metaller samt deras användning för olika ändamål har fått till stånd en mobilisering och spridning av tungmetaller i atmosfären i olika

8.12.2025

HR

fysikaliska och kemiska former. Metallernas rörelse och transformation samt deras avlägsnande från atmosfären i form av torr- och våtdeposition beror på metallernas förekomstformer och deras egenskaper (Helanen m.fl. 1999).

De undersökta grundämnena beskrivs kort nedan.

Aluminium fungerar för egen del som en buffert för försurning av jordmånen. Då surheten ökar frigörs aluminiumet som är bundet i marken i markvattnet som lösligt Al^{3+} , som då det förekommer i höga halter är skadligt för växter. (Tamminen 1998).

Arsenik är en i naturen allmänt, vanligtvis med sulfitmineraler förekommande halvmetall. Arsenik är mycket giftigt för vattenorganismer och det binds vanligen till jordmånen genom oxider, organiskt material och lermineraler. I grovkorniga jordsorter kan arsenik vara lätttrörligt och rinna ut i grundvattnet. Arsenik används bl.a. inom elektronikindustrin. I Finland har lokal arsenikbelastning av jordmånen främst orsakats av användning av arsenik i träskydd som CCA-impregnering. (Reinikainen 2007, 93).

Bor är ett mikronäringsämne som vid brist orsakar tillväxt- och utvecklingsstörningar på tallar. Bristen är allmän i samband med höga halter av huvudnäringsämnen (Reinikainen m.fl.1998). Närheten till havet kan höja borhalten eftersom havsvatten följer med regnen till kusten och innehåller mera bor än sötvatten (Raitio och Kärkkäinen 2002).

Kvicksilver kan förekomma i naturen både i grundämnesform och som olika oorganiska och organiska föreningar. I Finlands natur förekommer kvicksilverhaltiga mineraler naturligt mest i svartskifferhaltig berggrund. Kvicksilver används i allmänhet i bland annat batterier, elapparater, den elektrolytiska produktionen av klor, målfärger och som bekämpningsmedel. Kvicksilverutsläpp i luften uppstår bland annat inom energiproduktion samt i den oorganiska kemiindustrin (klorfabriker). (Reinikainen 2007, 94; Helanen m.fl. 1999)

Fosfor är en väsentlig del av växtcellernas energilagrings- och överföringssystem, och dessutom förekommer fosfor också i proteiner och kolhydrater. En hög fosforhalt kan ha samband med brist på spårämnen och kalcium. (Reinikainen m.fl. 1998) På granar har däremot en sänkning av fosforhalten observerats bero på en ökning av kvävehalten (Thelin m.fl. 1998).

Kadmium förekommer i naturen i synnerhet i sulfitmalmer och den är relativt lätttrörligt i jordmånen, beroende på jordmånens surhet och bland annat mängden organiskt material. Kadmium ansamlas i både djur och växter och redan förhållandevis små halter i miljön kan orsaka effekter på näringskedjan. Kadmium har använts bland annat i ytbehandling av järn, i färgpigment samt i batterier och ackumulatorer. (Reinikainen 2007, 95.)

Kalium är ett huvudnäringsämne som är viktigt i växternas vattenhushållning och för näringsämnena som reglerar transporten. Kalium binds inte till växtens organiska struktur, utan rör sig effektivt i K^{+} -jonsform. (Reinikainen m.fl. 1998).

8.12.2025

HR

Kalcium är växternas huvudnäring, som i växternas ämnesomsättning verkar som det näringsämne som främjar rottillväxten, groningen och bildandet av cellväggarnas mellanväggar och cellmembranen. Finländska barrträd har anpassat sig till den sura jordmånen, som också barrrens låga kalciumhalter beror på, och kalciumbrister i naturen är sällsynta. (Reinikainen m.fl. 1998). Kalkhaltig jordmån och kalkdamm från industriverksamhet kan öka kalciumhalten.

Av berggrunds- och markmineralerna förekommer **kobolt** närmast i sulfiter tillsammans med järn och nickel samt i små halter till exempel i glimmer- och lermineraler. Kobolt är också ett nödvändigt spårämne för människor, men vissa föreningar är mycket giftiga för vattenorganismer, och vissa föreningar ökar cancerrisken om de inandas. Kobolt har använts bl.a. i olika metallblandningar inom industrin, i målarfärger och i ackumulatorer. Kobolt kan också läcka ut i jordmånen från gruvindustrin, avfall och avloppsvatten. (Reinikainen 2007, 96.)

Krom förekommer i naturen med oxidationsgraderna +3 och +6. I berggrunden och jordmånen förekommer största delen av kromet i relativt bestående och svårlösliga oxidmineraler. Sexvärt krom är cancerframkallande och skadligare för organismer än trevärt krom, men det har inte påträffats naturligt i den finländska jordmånen. Trevärt krom är ett nödvändigt spårämne för människor. Krom har i synnerhet använts inom tillverkningen av rostfritt stål samt t.ex. inom läder- och kemiindustrin samt i träskydd. (Reinikainen 2007, 97.)

Koppar är ett nödvändigt spårämne för djur och växter, men i höga halter är det mycket giftigt för vattenorganismer. Koppar som läckt ut i jordmånen som en följd av mänsklig verksamhet är ofta i mer löslig form än koppar som är bundet till jordmånens mineraler. Markens surhet och bristen på ämnen som binder koppar ökar koppars rörlighet. För hög kopparhalt kan orsaka manganbrist på tallar (Rautjärvi och Raitio 2003). I Finland har koppar använts bl.a. i industrins metallblandningar, i färgpigment och för impregnering av trävaror. (Reinikainen 2007, 98.) Även användningen av fossila bränslen släpper ut koppar i luften (Rautjärvi och Raitio 2003).

Alkalimetallen **litium** är på grund av sin lätthet och reaktivitet ett flitigt använt material i ackumulatorer och batterier. Litium finns i stora områden av jordklotets berggrund, men även Finlands litiumreserver är betydande på vissa ställen (Naumov och Naumova 2010).

Bly förekommer vanligtvis i jordmånens organiska ytskikt. Blyets rörlighet i marken är oftast låg, men oxiderande och sura förhållanden samt komplexering med lösliga föreningar ökar blyets löslighet och rörlighet. Bly ansamlas i människans näringskedja och är mycket giftigt för vattenorganismer. Bly har använts flitigt bl.a. i elektronikindustrin samt tidigare som tillsätsämne i bensin. Lokal blybelastning av marken har orsakats av bl.a. hagel och kulor från skjutbanor, slagg från kopparsmältverk samt bilbatterier. Förhöjda blyhalter kan också orsakas av stoftnedfall i luften från energiproduktionens förbränningsprocesser. (Reinikainen 2007, 99)

8.12.2025

HR

Magnesium hör till växternas huvudnäringsämnen, och merparten av den förekommer i grönpartiklar. Magnesium är antagonist till kalium och kalcium och magnesiumbrist kan orsakas av ett sällsynt rikligt intag av NH₄-kväve, kalium, kalcium eller tungmetaller. (Reinikainen m.fl. 1998) Magnesium i humus beskriver växtplatsens näringsinnehåll (Tamminen 1998). Magnesiumbrist har i Finland förekommit i närheten av pälsfarmer, på torvmarker som är kraftigt gödslade med kväve och på karga torvmarker (Ferm m.fl. 1988, Raitio 1990, Reinikainen m.fl. 1998). I kusttrakterna höjer salter från havsvattnet magnesiumhalterna (Binkley och Högberg 1997).

Mangan är ett av jordskorpanns åtta vanligaste grundämnen och ett för människorna nödvändigt spårämne. Finlands naturligt sura jordmån innehåller naturligt mycket mangan (Rautjärvi och Raitio 2003); i berggrunden förekommer mangan som olika mineraler och malmer. Mangan används bland annat i tillverkningen av järn och stål, i aluminiumblandningar och som färgämne. Manganutsläppskällor är bl.a. stålindustri och förbränning av stenkol, olja och torv, samt damm från marken. (Värri 2007.)

Natriumföreningar förekommer i jordmånen t.ex. i fältspat. Höga halter av natrium kan i växter orsaka kalium-, magnesium- och fosforbrist eftersom upptaget av dessa förhindras (Reinikainen 1998).

Nickel förekommer naturligt i den finländska berggrunden och jordmånen bl.a. i nickelsulfitmineraler. Nickels rörlighet i marken regleras av pH samt mängden organiska ämnen och aluminiumhaltiga lermineraler. Nickel är ett nödvändigt spårämne, som dock i vissa föreningar är mycket giftigt för 24 vattenorganismer. Nickel används bl.a. i tillverkningen av rostfritt stål och metallblandningar, för galvanisering av metaller samt i batterier. Nickelutsläppskällor är bl.a. gruv- och metallindustrin och förbränning av stenkol och olja (Reinikainen 2007, Melanen m.fl.1999).

Järn är då det förekommer i barr en uppenbart god indikator på luftkvalitet, eftersom barrens järnhalter har observerats korrelera med järnhalter som mätts i luften (Landolt m.fl. 1989). Järn ansamlas på växternas yta via markdamm och från metall- och gruvindustrin (Rautjärvi och Raitio 2003).

Svavel är ett sidonäringsämne som växten använder för proteinämnen och som en del av sulfatlipiderna till membranstrukturerna. Man känner inte till några svavelbrister i de finländska skogarna. (Reinikainen m.fl. 1998) Svavel i humus beskriver växtplatsens bördighet (Tamminen 1998). Som indikator på svavelbelastning används förutom epifytlavar dessutom svavelhalterna i barr och mossor. Svavel kan röra sig ut i atmosfären relativt långt från sin utsläppskälla och det förekommer oftast i gasform i luften. Fastän svavelhalten har observerats stiga nära utsläppskällor och sjunka längre ifrån dem både i mossor och barr, anses de inte vara speciellt goda anrikningsindikatorer på svavel. Höga svavelhalter skadar växter och ändrar deras ackumuleringskapacitet (Äyräs m.fl. 1997), dock har svavel på tallar observerats för att i första hand beskriva näringstillstånd och något samband mellan luftens svaveldioxidhalt och halterna i barren har man inte alltid observerat (Innes 1995, Rautjärvi

8.12.2025

HR

och Raitio 2003). Dessutom kontrollerar växternas aktiva fysiologiska processer ansamlingen av svavel (Moser m.fl. 1993).

Zink är en vanlig metall i naturen, som förekommer naturligt i riklig mängd i områden med sulfithaltig berggrund (svartskifferområden) och sulfitmarker, som är vanliga i Österbotten. Försurningen av jordmånen och ökningen av aluminiumets löslighet ökar zinkens rörlighet. Zink är ett nödvändigt spårämne för djur och växter, men vissa zinkföreningar är mycket giftiga för vattenorganismer. Höga zinkhalter kan leda till fosforbrist (Reinikainen 1998). Zink används rikligt inom metallindustrin, t.ex. i ytbeläggning och mässingsblandningar av järn och stål. (Reinikainen 2007)

Kväve är en av växtcellernas viktigaste byggstenar och dess andel av växternas torrsubstans är 1-3 procent (Raitio 1983), i barr vanligtvis under 2 procent (Reinikainen m.fl. 1998). Kväve är ett lättroligt näringsämne och kvävehalten i tallbarr minskar vanligtvis då barren åldras (Helmisaari 1990). I Finland är kväve den viktigaste faktorn som begränsar trädens tillväxt, och lindrig brist på kväve kan förekomma även i måttligt frodiga mineralmarker. I ett område med rikligt stoftnedfall har man observerat en ansamling av kväve i barr (Raitio 1994, Innes 1995). En ökning av kvävenedfallet kan ändra växternas ämnesförhållanden och försämra trädens näringsupptagningsförmåga. Näringsobalansen utsätter trädbeståndet för sjukdomar, skadedjur och skador på grund av väderförhållanden (Thelin m.fl. 1998).

Vanadin förekommer naturligt i Finlands bergsgrund och jordmån som svårslösliga oxidmineraler eller bundna till glimmermineraler. Vanadin hör till de spårämnena som människan behöver. Vanadin används som blandningsämne bl.a. i stål, järnfria metallblandningar samt kemikalier. (Reinikainen 2007, 102) Vanadinutsläpp uppstår bl.a. vid oljeförbränning (Melanen m.fl. 1999).

3.3.1 Barrens grundämneshalter

Föroreningar sugas upp via rotsystemet och ansamlas i barren. Dessutom ansamlas föroreningar i barrens ytceller direkt från luften. En del av nedfallet blir kvar på barrens yta utan att tas upp (Jussila m.fl. 1999). Barrens grundämneshalt beskriver den relativa belastningen, eftersom en del av grundämnena har sitt ursprung i markens naturliga näringskällor (Jussila m.fl. 1999). På basis av grundämneshalterna kan man dra slutsatser om relationen mellan näringsämnena, bristtillstånd eller giftigt höga halter. Kraftiga regn sänker grundämneshalten i barren (Huttunen 1982). Näringsämnen kan också spolats ner från kronan på de lägre barrens ytor; dessa näringsämnen härstammar från bladceller och torra nedfall (Helmisaari 1993). När barren åldras minskar halten av lätttransportabla näringsämnen (N, S, Mg, K), och halterna av svårtransportabla (Ca, Mn) ökar. På belastade områden kan svavelhalterna dock tvärtom växa då barren åldras. (Nieminen m.fl.1993, Helmisaari 1993). I uppföljningen har man strävat efter att göra inverkan av barrens ålder konstant genom att göra analysen på andra årgångens barr.

8.12.2025

HR

Det är svårt att ge entydiga riktvärden för barrrens grundämneshalter eftersom riktvärdena varierar i olika källor (jmf. Reinikainen m.fl. 1998). Referensvärden för barrrens olika (närings)halter presenteras i (Tabell 3.9).

Tabell 3.9. Referensvärden för barrrens grundämneshalter i skog på momark (enligt Reinikainen m.fl.1998, Braekke 1994, Mätkönen 1991 och Raitio 1994).

Grundämne	Stor brist	Optimal	Medeltal	Minimum	Maximum
N %	1,1–1,3	1,5–2,1	1,23	0,74	2,25
P g/kg	0,8–1,2	1,4–1,8	1,46–1,52	0,98	3
K g/kg	3,0–4,1	5,0–7,0	4,82–4,87	3,1	8
Ca g/kg	1,0–2,1	> 3,0	1,85–2,28	1,14	4,24
Mg g/kg	0,3–0,7	0,5–1,0	0,99–1,07	0,52	1,48
S g/kg	0,5–0,9	> 0,9	0,94	0,66	1,42
B mg/kg	< 4	> 8,0	12,1	3,6	27,6
Cu mg/kg	1,9–3,0	inget optimalt värde	2,6–3,2	0,8	5,9
Zn mg/kg	< 5,0	inget optimalt värde	40–46	25,5	61
Mn mg/kg	< 7,0	inget optimalt värde	409–555	157	767
Fe mg/kg	27–30	inget optimalt värde	46,4	24,3	148

Barrproverna samlades in enligt standarden SFS 5669 under vintern 2025 från samma provtytor som användes vid kartering av lavar senare på sommaren. Barrproven samlas in under trädens viloperiod, eftersom barrrens grundämneshalter då varierar mindre än under växtperioden (Raitio och Merilä 1998). Från provträden skars tre kvistar från olika sidor av kronans övre fjärdedel, så nära toppen som möjligt. Proverna förpackades i plastpåsar som förvarades i frys tills det var dags för förbehandlingen av dem. Den andra barrårgången (årgången från 2023) separerades från proverna och barren torkades. De torkade barren maldes till en homogen massa. Halterna av grundämnen i barr analyserades i enlighet med standarden SFS-EN ISO 17294-1:2024, SFS-EN ISO 17294-2:2023, SFS-EN 16168:2012, SFS-EN ISO 11885:2009 och EPA7473:2007. Resultaten är presenterade mg/kg per torrs substans.

3.3.2 Mossans grundämneshalter

En kemisk analys av mossor är en bra metod för att t.ex. undersöka stoftnedfallet av tungmetaller, eftersom det täta mosstäckets samlar upp nästan allt stoftnedfall. Eftersom mossor inte har rötter, tar de upp alla grundämnen de behöver från näringsämnen som finns i regnvattnet och i förran direkt i sina celler. I Norden har mossor ofta använts för att kartera

8.12.2025

HR

tungmetallhalter, och en mycket anmärkningsvärd statistisk korrelation har upptäckts mellan mossornas tungmetallhalter och den absoluta mängden av stoftnedfall (Rühling m.fl.1987).

Halterna av grundämnen i mossorna analyserades i enlighet med standarden SFS 5671. Från varje provyta insamlades minst fem delprover minst fem delprover från olika plaster från så rena mossväxtligheter som möjligt. Man strävade efter att samla in delproverna från öppna platser i skogen. Från mossorna skars i terrängen de tre yngsta årsskotten som packades i amerigrip-plastpåsar. I laboratoriet rengjordes mossproverna och torkades. De torkade mossorna maldes till en homogen massa. Mossornas grundämneshalter fastställdes enligt samma standarder som för barr.

3.3.3 Grundämneshalter och kemiska egenskaper i humus

Naturliga faktorer påverkar jordmånens grundämneshalter, näringshalt och förurning (t.ex. mineraljordens geokemiska komposition, tjockleken på jordmånens och humusskiktet, jordmånens kornstorleksfördelning, stenighet, grundvattnets mobilitet, grundvattennivån, klimatfaktorer). Men även människans verksamhet, främst stoftnedfall som luftföroreningarna orsakar samt olika skogsbruksaktiviteter, påverkar grundämneshalterna i jordmånens. De näringsämnen som är tillgängliga för skogsvegetationen är bundna i humuslagret som täcker mineralmarken. På humuslagrets egenskaper inverkar växtligheten samt de miljöfaktorer som reglerar aktiviteten för populationen av nedbrytande organismer i jordmånens (Tamminen 1998, Raitio och Kärkkäinen 2002). Ett beroendeförhållande mellan jordmånens egenskaper och produktionsförmåga har iakttagits, men däremot har man inte iakttagit något samband mellan vitaliteten för trädbeståndet som är kännetecknande för växtplatsen och jordmånens egenskaper bortsett från några ovanliga undantagsfall (Tamminen 1998).

Man anser att humusens **tungmetallhalter** beskriver både belastningen som sprids genom luften och mängden tungmetaller som härstammar från jordmånens. Belastningen som sprids genom luften kan härstamma från fjärrtransport eller från lokala utsläppskällor. Speciellt den nationella fördelningen av de analyserade koppar- och blyhalterna i humusskikt, har konstaterats motsvara fördelningen av analyserade halter i mossor. (Tamminen 1998). Tungmetallerna i nedfallet samlas i skogsmarkernas humuslager där de vanligtvis bildar stabila komplexa föreningar. Metallernas övergång till de undre jordlagren är beroende av det organiska ämnets rörlighet, vilket påskyndas av förurningen (Ulrich 1991). Tungmetallerna deltar i utbytesreaktionen av katjoner mellan humuslagret och mineralmarken genom att förändra jordmånens kemiska sammansättning. På Kolahalvön har ett starkt tungmetallnedfall i närheten av Montegorsk förorsakat t.ex. utarmning av ytskiktets näringsinnehåll (Derome & Väre 1995). Motsvarande observationer har också gjorts i Harjavalta-regionen (Jussila 1999) samt i Karleby år 1997 (Niskanen m.fl.1998).

Finlands skogsmarker är av naturen ganska sura. Förurning förorsakas naturligt av kolsyra i bl.a. regn och markvatten, av vätejoner som förflyttar sig till marken i samband med att

8.12.2025

HR

växterna tar upp näring ur marken och av de syror som bildas när ett organiskt ämne bryts ner. Förvittringen av mineraler och buffertreaktioner som motverkar förändringar i surheten är däremot neutraliserande processer (Tamminen 1998). Nedfall som förorsakar försurning förorsakas av svavlets och kvävet oxider som i atmosfären förvandlas till svavel- och salpetersyra. Nedfallet gör att marken blir sur genom att ersätta de utbytbara basiska katjonerna som finns på ytan av jordpartiklarna med vätejoner och genom att försnabba urlakning av buffrande basiska katjoner ur jordmånen. (Lindroos och Derome 1998). När jordmånens förråd av basiska katjoner tagit slut, ökar mängden vätejoner i markvattnet, varvid även silikatmineralernas aluminium löser sig i markvattnet i ett visst skede (Figur 3.2). Aluminiumet i jordmånen fungerar för sin del som buffert för försurningen. Då surheten ökar löses aluminiumet som är bundet i marken ut i markvattnet som lösligt Al^{3+} , som då det förekommer i höga halter är skadligt för växter. Det sura nedfallets inverkan på skogsmarken beror mycket på jordmånens egenskaper, framför allt på mängden basiska katjoner och jordmånens förvittringsförmåga. Jordmånens surhet fluktuerar både tidsmässigt (under växtperioden och från år till år) samt i djupled. Humuslagrets surhet har ett klart samband med växtplatsens bördighet. Försurningen har tills vidare inte konstaterats ha direkta verkningar på trädbeståndet i Finland, men försurningen inverkar indirekt på trädbeståndet bl.a. genom att fördröja nedbrytningen av organiskt material. (Tamminen 1998).

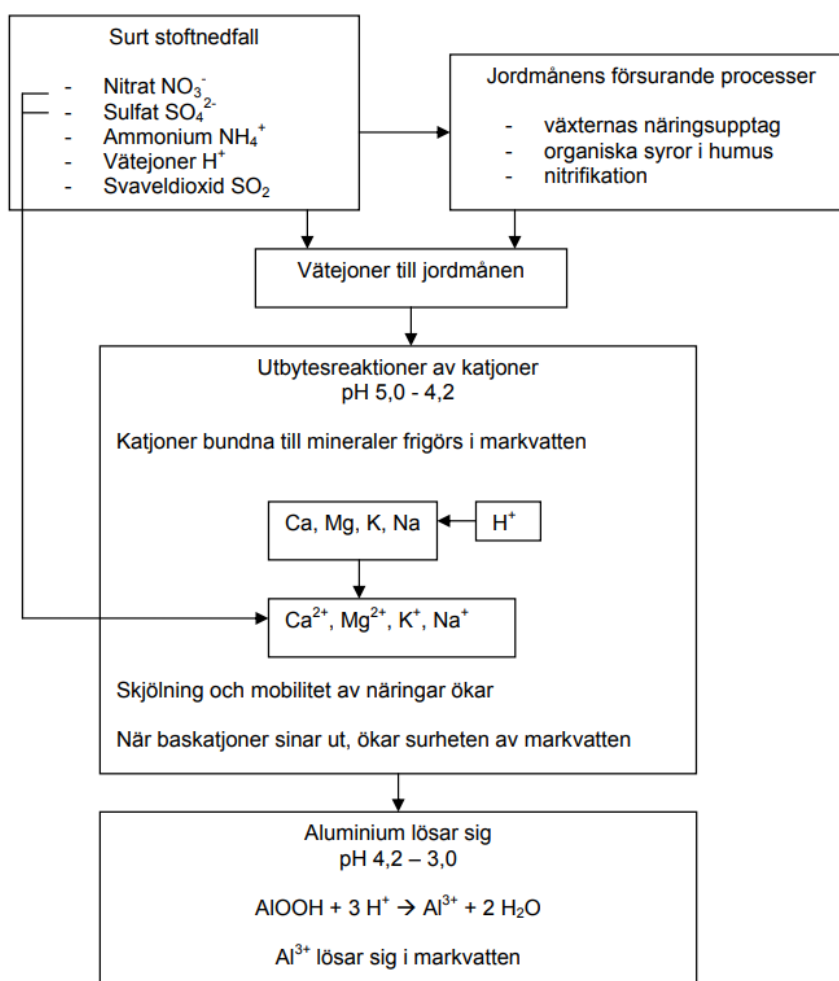
Jordmånens pH är ett sätt att beskriva markens surhet, men det beskriver inte jordmånens totalsurhet. **Utbytesaciditet** beskriver jordmånens surhet liksom pH, men där pH-värdet anger koncentrationen av vätejoner kan mängden av vätejoner som binds till mineralerna också mätas genom att mäta mängden utbytbara sura substanser.

Kapaciteten för utbyte av katjoner beskriver jordmånens förmåga att binda de föränderliga katjonerna. Kapaciteten för utbyte av katjoner beräknas genom att addera de utbytbara näringsämnen (Ca, K, Mg, Na) och mängden av utbytbara sura substanser.

Katjonbyteskapaciteten anger mängden positivt laddade joner (katjoner) som markpartiklar kan binda till sina ytor i en växttillgänglig form. De viktigaste positivt laddade näringsjonerna är ammoniumkväve (NH_4^+), kalium (K^+), kalcium (Ca^{2+}) och magnesium (Mg^{2+}), men många spårämnen är också positivt laddade. Ju större katjonbyteskapacitet, desto mer kan (vissa) centrala växtnäringsämnen lagras i marken eller humusen genom elektriska laddningar. Tungmetaller kan minska näringshalten i humusskiktet. Aluminiumkatjonen (Al^{3+}) binds exempelvis betydligt starkare vid markpartiklarnas yta än näringskatjonerna. Därför kan aluminium lätt tränga undan exempelvis kalium redan vid låga halter, medan det krävs ett stort överskott av kalium för att ersätta aluminium (Mattila & Rajala 2018).

8.12.2025

HR



Figur 3.2 Faktorer som påverkar markförsurning och förändringar orsakade av försurningen. (Niskanen m.fl.1998).

I Karlebyregionen fanns det 15 provtytor för humus, varav 13 i Yxpilaomgivningen och 2 i bakgrundsområdena i Karleby och Kronoby. I Jakobstadsregionen fanns 25 provtytor. I Kaustby inrättades två nya humusytor år 2018 och för denna uppföljning fyra nya humusytor år 2025. Från varje provyta togs cirka 5 delprov från humuslagret som sammanställdes till ett blandprov som till sin volym var cirka 2 liter.

I laboratoriet torkades humusproven till lufttorrt tillstånd, varefter de maldes och siktades. En del av proverna separerades för fastställande av utbytesaciditet (ISO12260, ISO14254). Grundämnena i det lufttorkade humusprovet analyserades i enlighet med de standarder som används för bestämning av grundämnen i barr och mossor. Total utbytesaciditet beräknades på basis av NaOH-förbrukning. Resultatet har rapporterats med mol+/kg (=meq/100g) torrsubstans.

År 2025 bestämdes totalhalter av aluminium i humusproverna på samma sätt som år 2018. I uppföljningen år 2012 och i tidigare uppföljningar bestämdes aluminium i utbytbar form

8.12.2025

HR

(dvs. ur humusskiktets acetatextrakt) eller som totalhalt av aluminium. Totalhalten av aluminium är avsevärt högre än halten av aluminium bestämd i utbytbar form. På grund av detta uppvisar uppföljningar genomförda under olika år betydande skillnader i aluminiumhalterna.

I statsrådets förordning 214/2007 föreskrivs om bedömning av markens föroreningsgrad och saneringsbehov. I förordningen har man angett tröskelvärden för halterna samt lägre och högre riktvärden (Tabell 3.10). Om tröskelvärdena överskrids måste markens föroreningsgrad och saneringsbehov bedömas. Marken anses vara förorenad om det högre tröskelvärdet har överskridits för ett eller flera ämnens del på industri-, lager eller trafikområde eller på annat motsvarande område. Lägre riktvärden tillämpas för andra områden (4§).

Tabell 3.10 Tröskel- och riktvärden som ska användas i bedömning av markens föroreningsgrad och saneringsbehov (SRF 214/2007). I kolumnen för utvärderingsgrund åsyftar bokstaven e ekologisk risk, bokstaven t hälsorisk.

Metall	Naturlig halt (mg/kg)	Tröskelvärde (mg/kg)	Lägre riktvärde (mg/kg)	Högre riktvärde (mg/kg)	Utvärderingsgrund
Arsenik	1 (0,1-25)	5	50	100	e
Kvicksilver	0,005 (<0,005-0,05)	0,5	2	5	e
Kadmium	0,3 (0-01-0,15)	1	10	20	e
Kobolt	8 (1-30)	20	100	250	e
Krom	31 (6-170)	100	200	300	e
Koppar	22 (5-110)	100	150	200	e
Bly	5 (0,1-5)	60	200	750	t/e
Nickel	17 (3-100)	50	100	150	e
Zink	31 (8-110)	200	250	400	e
Vanadin	38 (10-115)	100	150	250	e

3.4 Geoinformationsmetoder

Vid bearbetningen, utarbetningen och visualiseringen av geoinformationsmaterialet användes programmen QGIS 3.40 (version 3.40.6). Zonkartorna interpolerades med kriging-metoden med Surfer 12. Zonkartorna interpolerades med kriging-metoden. Kriging-metoden beräknar värdet för okända punkter genom att fokusera på de närmaste kända punkternas värde, men fokuseringen baserar sig inte endast på avståndet mellan punkterna eller de förutspådda positionerna, utan även på kända punkters spatiala ordning och deras värden. Vid användandet av Kriging-metoden iakttas den spatiala autokorrelationens inverkan.

Autokorrelation innebär att på platser som ligger nära varandra påminner responsvariablerna mer om varandra än på platser som ligger långt från varandra.

Vid granskningen av zonkartor ska det tas i beaktande att interpoleringen alltid är en generalisering, vars precision påverkas framför allt av punkternas mängd och täthet. Följaktligen kan resultaten från interpoleringen anses vara tillförlitliga på de områden där kända punkter (provytor) är nära varandra, men i interpoleringsresultaten från glesa nätverk av provytor är osäkerhetsfaktorerna betydligt flera. När nätverket av provytor är glest, påverkar resultatet från en enskild provyta hela det vidsträckta området betydligt mer än om nätverket av provytor är tätt.

3.5 Statistiska metoder

Med hjälp av de statistiska metoderna strävade man efter att få uppgifter om luftkvalitets- och bakgrundsvariablernas inverkan på de undersökta variablerna, om samverkan mellan variablerna som beskrev luftkvaliteten samt om skillnader mellan olika år (Partanen och Veijola 1996). Med statistiska metoder analyserades bakgrundsvariablernas (skogens egenskaper och s.k. luftkvalitetsvariabler) inverkan på lavarnas artantal, skadegrader och andra egenskaper, samt korrelationer mellan ovannämnda lavvariabler och grundämneshalter, och samvariationen hos grundämneshalterna i barr och mossor med hjälp av huvudkomponentanalys. För genomförande av de statistiska testerna användes programmet IBM SPSS Statistics (version 27).

3.5.1 Bakgrundsvariablernas inverkan

Som bakgrundsvariabler användes både s.k. kontrollvariabler som beskriver provytans naturförhållanden och variabler som beskriver provytans förhållande till utsläppskällorna, s.k. luftkvalitetsvariabler. Kontrollvariablerna beskriver inte i sig själva luftkvaliteten, men de kan inverka på variabler som beskriver luftkvaliteten. Luftkvalitetsvariablerna beskriver provytans placering i förhållande till utsläppskällorna, till exempel som provytans avstånd till närmaste utsläppskälla, avstånd till närmaste utsläppstyp eller som placering på ett visst avstånd från en utsläppskälla (< 1 km, < 2 km eller < 5 km). Dessutom granskades inverkan av den närmaste utsläppskällans bransch. Tillståndspliktiga utsläppskällor som använts i de statistiska analyserna presenteras i kapitel 2.2. Som utsläppstyper användes uppgifter om verksamhetens luftutsläpp. Dessa var svavel-, kväveförenings-, partikel-, metall-, damm- och voc-utsläpp. Av de tillståndspliktiga anläggningarna utelämnades Findest Protein Oy, värmecentralen i Kaustby (STEP Oy), Jeppo Biogas AB:s anläggning och Wibax (se figur 2-5) från granskningen på grund av bristfälliga utgångsdata.

Fördelning av utsläppskällor var djurstall (nöt, svin), energiproduktion, anläggningar som hanterar jordmaterial (produktion av mineralprodukter, stenbrytning, krossanläggningar, asfaltsanläggningar, kalkstensmalning), industri, pälsfarmer, torvproduktion, anläggningar

8.12.2025

HR

som orsakar VOC-utsläpp och miljöserviceverksamheter (behandling av avloppsvatten, avstjälningsplatser och jordavstjälningsplatser). Skjutbanorna lämnades utanför granskningen. I gruppen för industrianläggningar ingick i denna granskning kemisk industri, skogsindustri, tillverkning av livsmedel och foder, hamnar och områden med småindustri, dvs. gruppen var synnerligen heterogen. Det var trots allt nödvändigt att slå ihop observationerna för att antalet skulle bli tillräckligt stort för analyserna.

De klassificerade variablernas inverkan undersöktes med hjälp av icke-parametrisk Kruskal-Wallis variansanalys samt Mann-Whitneys U-test. De klassificerade kontrollvariablerna var följande:

1. Provytans lämplighet (god – måttlig – dålig)
2. Skogstyp (OMT – MT – VT – CT – CIT – ANNA)
3. Utvecklingsklass (ung– uppväxt– mogen)
4. Klassificerade variabler som beskriver luftkvaliteten var:
 - provytans placering i förhållande till en 1 km:s buffert i en tillståndspliktig utsläppskällas närhet
 - provytans placering i förhållande till en 2 km:s buffert i en tillståndspliktig utsläppskällas närhet
 - provytans placering i förhållande till en 5 km:s buffert i en tillståndspliktig utsläppskällas närhet
 - den närmaste utsläppskällans bransch.

De kontinuerliga variablernas inverkan undersöktes med hjälp av regressionsanalys. Kontinuerliga kontrollvariabler var:

1. Trädbeståndets ålder
2. Trädbeståndets längd
3. Trädbeståndets bottenyta
4. Observationsträdens diameter
5. Kontinuerliga variabler som beskriver luftkvaliteten:
 - provytans avstånd till närmaste utsläppskälla
 - provytans avstånd till närmaste djurskydd, energiproduktionsanläggning, marktäktverksamhet, industrianläggning, pälsfarm, torvproduktionsområde, verksamhet som producerar VOC-föreningar och s.k. miljöserviceverksamhet (behandlingsanläggningar för avloppsvatten, avfallscentraler, avstjälningsplatser för marksubstanser)

Provytornas ojämna fördelning i klasserna som baseras på bakgrundsvariablerna kan minska tillförlitligheten i den statistiska utvärderingen av bakgrundsvariablernas inverkan, varvid resultaten speciellt kan påverkas av fel orsakade av oenigheter i de parametriska testernas bakgrundsantaganden, som påverkar testernas relevansnivå och varaktighet. Om till

exempel både urvalsstorlekarna och varianserna skiljer sig gruppvis, växer risken att göra ett typ-1 fel, dvs. att man förkastar nollhypotesen trots att den är sann (Ranta m.fl. 1989).

3.5.2 Regressionsanalys

De viktigaste undersökta variablernas beroende av kontinuerliga variabler som beskriver bakgrunds- och luftkvalitet granskades med linjär regressionsanalys av flera förklarande variabler. Med hjälp av regressionsanalysen försökte man få svar på hur variationen i en beroende variabls värde beror på oberoende variablers värden och förändringar i dessa. Som förklarande variabler som beskriver ytans naturliga variation användes trädbeståndets bottenyta, ålder, längd och genomsnittliga diameter. Som förklarande variabler som beskriver luftkvalitet användes avståndet till närmaste utsläppskälla i olika branscher. Olika branscher måste slås samman till grupper för att grupperna, till exempel de som slogs samman till en industrigrupp, inte skulle bli för små med tanke på de statistiska metoderna. Skjutbanorna lämnades utanför granskningen då de till antalet var få och inte i de redan utförda granskningarna observerats ha någon inverkan på lavvariablerna.

Regressionskoefficienten som förekommer i regressionstabellerna beskriver den beroende variabelns beroende av en oberoende variabel, dvs. den beskriver hur stor förändrande inverkan den oberoende variabeln har på den beroende variabelns värden. Av den anledningen kan man på basis av regressionskoefficienten direkt avgöra hur mycket till exempel en ökning av avståndet ökar eller minskar den observerade variabelns värde per enhet. Konstantens tecken beskriver beroendets riktning. Den standardiserade B-koefficienten beskriver för sin del varje förklarande variabls inverkan, oberoende måtenhet, på den beroende variabeln. Med hjälp av dessa koefficienter kan man jämföra olika variablers ömsesidiga betydelse som förklarare av variabeln som ska granskas. Med hjälp av teststorheten t- och p-värde kan man granska den statistiska signifikansen för termer som hör till regressionsmodellen (kolumn B).

3.6 Jämförelser mellan år

Från tidigare uppföljningar fanns material från åren 2012 och 2018 tillgängligt. Skillnader mellan år undersöktes med ett parvis t-test. Med detta kan man testa om resultaten inom samma uppföljningsområde är statistiskt signifikant olika mellan olika år, det vill säga om det har skett en förändring i de uppföljda variablerna. Det är inte ändamålsenligt att göra en jämförelse mellan åren för nya provytor som man varit tvungen att inrätta på en annan plats än där den gamla ytan var belägen.

3.7 Felkällor i uppföljningen

3.7.1 Lavkartering

På tillförlitligheten hos lavkarteringens resultat inverkar speciellt den artkännedom och den erfarenhet av bioindikatorutredningar de som utför karteringen har. Det är inte nog att känna till de 12 indikatorarterna enligt standarden SFS 5670, för om artkännedomen är knapp kan man blanda ihop indikatorarterna. Luftföroreningar kan orsaka märkbara förändringar i lavarnas utseende och därför räcker det inte tillräckligt med tanke på undersökningen att man känner igen lavarnas naturliga utseende.

Registreringen av förekomsten av de olika lavarerna kan variera mellan olika karterare. På grund av algtäckets och flarnlavens växtsätt kan det vara mycket svårt att observera dessa. Grönalgen kan förekomma även som väldigt små grönaktiga fläckar. Flarnlaven växer som enskilda fjäll med en storlek som är under 1 mm. Detta fjälltäck kan vara ett nästan enhetligt, klart skönjbart täcke på barken eller endast nästan enskilda fjäll. Vad gäller släktet *Parmeliopsis* har bara de med tydligt synbara bålflikarna registrerats; gula och ljusa finmjöliga växttyper som finns på barken registreras inte. På grund av de tidigare nämnda orsakerna är felkällorna många vid observation och bedömning av förekomst, när man sinsemellan jämför olika forskares resultat.

Bedömning och klassificering av de synliga skadorna på lavarna som baserar sig på subjektiva bedömningar ger också upphov till skillnader mellan karterarna i resultaten av lavkartering. För att minska dessa felkällor utbildades terränggruppen och bedömningsnivåerna styrdes till samma nivå med hjälp av test innan terrängsåsongens början. Eftersom terränggruppen under största delen av tiden bestod av ett enda arbetspar var det möjligt att regelbundet granska och justera enhetligheten i skadetolkningarna.

I utredningen (Palojärvi m.fl. 2005a) som miljöforskningsinstitutet vid Jyväskylän universitet gjorde på felkällor vid bedömning av tallens epifyta lavar och blåslavens skador, konstaterades att värdena för blåslavens skador inte skilde sig statistiskt märkbart mellan karterarnas egna bedömningsgångar och inte heller mellan olika karterares observationer. Observationerna av antalet lavar som lider av luftföroreningar skilde sig inte statistiskt märkbart från varandra mellan karterarnas egna observationsgångar, men mellan olika karterare konstaterades några statistiskt betydande skillnader. I blåslavens relativa täckning förekom statistiskt märkbara skillnader både i karterarnas egna mätningar och i mätningar gjorda av olika karterare, liksom också i bedömningen av grönalgen. Av lavobservationerna visade sig observationen av algtäcket vara den mest osäkra i fråga om noggrannhet. Bedömningen av grönalgens förekomst avvek på provytor där algtäcket förekom som mycket små grönaktiga fläckar på tallstammarna. Till skillnad från grönalgen konstaterades inga skillnader i observationen av flarnlaven (Tabell 3.11).

Tabell 3.11 Lavobservationernas mätningprecision med ett konfidensintervall på 95 % i utredningen från Jyväskylän universitets miljöforskningscentral år 2005.

	Observationsprecision	Skillnad i resultaten
Skador på blåslaven		
Skillnaden mellan en karterares värden	3 - 12 %	0,1 - 0,2 skadeklass
Skillnaden mellan flera karterares värden på en provyta	10 - 16 %	0,2 - 0,4 skadeklass
Antal lavararter		
Skillnaden mellan en karterares värden	11 - 23 %	0,9 - 1,6 arter
Skillnaden mellan flera karterares värden på en provyta	0 - 5 %	0 - 0,9 arter
Blåslavens täckningsgrad		
Skillnaden mellan en karterares värden	34 - 42 %	3,3 - 3,0 %-enhet
Skillnaden mellan flera karterares värden på en provyta	11 - 22 %	0,7 - 4,9 %-enhet

3.7.2 Fastställande av barrens grundämneshalter

Miljöforskningsinstitutet vid Jyväskylän universitet undersökte under 2004 sådana fel som uppstår i samband med insamlingen och analyseringen av barrprover. Mätnoggrannheten för metoden som innefattar fel som uppstår både vid provtagning och vid analys var för svavelhalten i medeltal ± 5 procent och för kvävehalten ± 7 procent. Som lägst var mätnoggrannheten på verkningsområdet för ett stort punktutsläppsområde för svavel ± 14 procent och för kväve ± 12 procent (tabell 16). För att minska provtagningens mätosäkerhet tas proverna på olika sidor av provträdet varvid det i blandprovet finns barr från både utsläppssidan och den skyddade sidan. Vid undersökningen av metodens reproducerbarhet iakttog man just inga statistiskt betydande skillnader (se Polojärvi m.fl. 2005b). I uppföljningen från 1995 bedömdes karteringens mätningprecision för barrens svavelhalt att vara ± 7 procent (Niskanen 1995) och vid upprepning av metoden ± 14 procent (Tabell 3.12). (Niskanen m.fl.1996).

Tabell 3.12 Medelvärde av mätningprecisionen för svavel och kväve i de olika evalueringarna av mätningprecisionen som gjorts under olika år med en 95 % konfidensintervall (Jyväskylän Universitet, 2005). År 1995 var mängden provträd på ytorna fem i stället för de 10 som användes 2004.

		Genomsnittlig mätnoggrannhet	Sämsta mätningprecision
Svavel	2004	± 5 %	± 14 %
	1995	± 7 %	
Kväve	2004	± 7 %	± 12 %

Vid karteringen av barrens svavel- och kvävehalt försämrades precisionen i metoden som användes, speciellt vid sådana situationer där halternas variationsintervall var liten och

halterna påverkades av väderförhållandena. Genom att ta prover från samma träd under olika år får man en bättre bild av förändringar i halterna på provytorna. Mätosäkerheten och de bestämningsgränser som uppkommer i samband med laboratorieanalysen för de specificerade grundämneshalterna presenteras i tabell 3.13.

Tabell 3.13 Mätosäkerheter i samband med analysen av grundämneshalterna för barr (N) och mossor (S).

Material	Grundämne	Mätosäkerhet
S	Al	30 %
NS	As	20 %
NS	B	20 %
NS	Ca	30 %
NS	Cd	15 %
NS	Co	30 %
NS	Cr	30 %
NS	Cu	25 %
S	Fe	30 %
NS	Hg	25 %
NS	K	30 %
NS	Mg	30 %
NS	Mn	30 %
N	N	20 %
S	Na	30 %
NS	Ni	30 %
NS	P	15 %
S	Pb	20 %
NS	S	30 %
NS	V	30 %
NS	Zn	20 %
NS	Li	-

3.7.3 Fastställande av mossans och humusens grundämneshalter

I samband med bioindikatoruppföljningen i huvudstadsregionen har man uppskattat mätnoggrannheten för bestämningen av metallhalterna för mossor och humus (Veijola och Niskanen 1998). I utredningen analyserades de 10 moss- och humusproverna som tagits från samma två provytor (Noux och Bolarskog) separat för att uppskatta helhetsprovets noggrannhet. För de mätbara parametrarna uppskattades konfidensintervaller när helhetsproverna antogs bestå av 5–15 delprover. För att det skulle vara lättare att föreställa sig parametrarnas mättingsprecision, framställdes resultaten genom att standardisera medelvärdet till hundra. I praktiken kan konfidensintervallen 100 ± 40 tolkas så att skillnaden

8.12.2025

HR

mellan olika områden eller år bör vara större än 40 procent för att de statistiskt ska skilja sig från varandra.

I mossproverna undersöktes halterna av kadmium, bly, vanadin, nickel, järn, zink och kvicksilver. I humusproverna undersöktes halterna av kalcium, magnesium, kalium, natrium och aluminium. I tabellerna nedan (Tabell 3.14, Tabell 3.15) har man jämfört mättnoggrannheten för ett blandprov av 5 och 10 delprover. På basis av resultaten uppnår man en mindre variationsbredd när man analyserar flera delprov. För mossornas del hade zink den bästa mättningsprecisionen och nickel den sämsta. För humusens del hade magnesium den bästa mättningsprecisionen och aluminium den sämsta.

Mätosäkerheterna i samband med analysen av grundämneshalterna för mossa och humus samt bestämningsgränserna är de samma som hos barr (Tabell 3.13).

Tabell 3.14 Konfidensintervallen 95% för mossornas metallhalter, när blandprovet består av 5 eller 10 delprover (medelvärde standardiserats till 100) (Veijola & Niskanen 1998).

5 delprover		10 delprover	
	Noux	Bolarskog	
	Noux	Bolarskog	Noux
			Bolarskog
Cd	100 ± 19	100 ± 19	100 ± 11
Pb	100 ± 13	100 ± 23	100 ± 8
V	100 ± 29	100 ± 28	100 ± 17
Ni	100 ± 74	100 ± 48	100 ± 43
Fe	100 ± 39	100 ± 29	100 ± 23
Zn	100 ± 17	100 ± 10	100 ± 10
Hg	100 ± 33	100 ± 40	100 ± 19

Tabell 3.15 Konfidensintervallen 95% för humusens parametrar då blandprovet består av 5 eller 10 delprover. Medelvärde standardiserats till 100. Som enhet för metallhalterna användes cmol+/kg (=meq/dm³). (Veijola & Niskanen 1998).

5 delprover		10 delprover	
	Noux	Bolarskog	
	Noux	Bolarskog	Noux
			Bolarskog
Ca	100 ± 55	100 ± 46	100 ± 32
Mg	100 ± 31	100 ± 40	100 ± 18
K	100 ± 45	100 ± 58	100 ± 26
Na	100 ± 32	100 ± 49	100 ± 18
Al	100 ± 56	100 ± 52	100 ± 32

4 Resultat

4.1 Tallarnas stamlavar

Nedan presenteras medelvärden, variationsintervall och standardavvikelser för lavvariablerna (Tabell 4.1). Variablerna har granskats närmare i följande avsnitt.

Tabell 4.1. Luftrenhetsindexet för tallens stamlavar, artmängden på enskilda provytor och den trädspecifika artmängden, blåslavens skadeklass, allmän skadeklass, blåslavens täckning, tagellavarnas täckning och medeltalet av algens frekvens, standardavvikelse och minimi- och maximivärde.

N=244	Medeltal	Min.	Max.	Standardavvikelse
IAP	1,6	0	3,4	0,7
Artantal/provyta	4,1	0	9	1,6
Artantal /träd	3,1	0	6,2	1,2
Blåslavens skadeklass	2,5	1,1	5	1,1
Allmän skadeklass	3,6	1,1	5	0,7
Blåslavens täckningsgrad (%)	9,5	0	61,1	11,3
Tagellavarnas täckningsgrad (%)	0,2	0	11,9	1
Algens förekomst	0,7	0	3	0,9

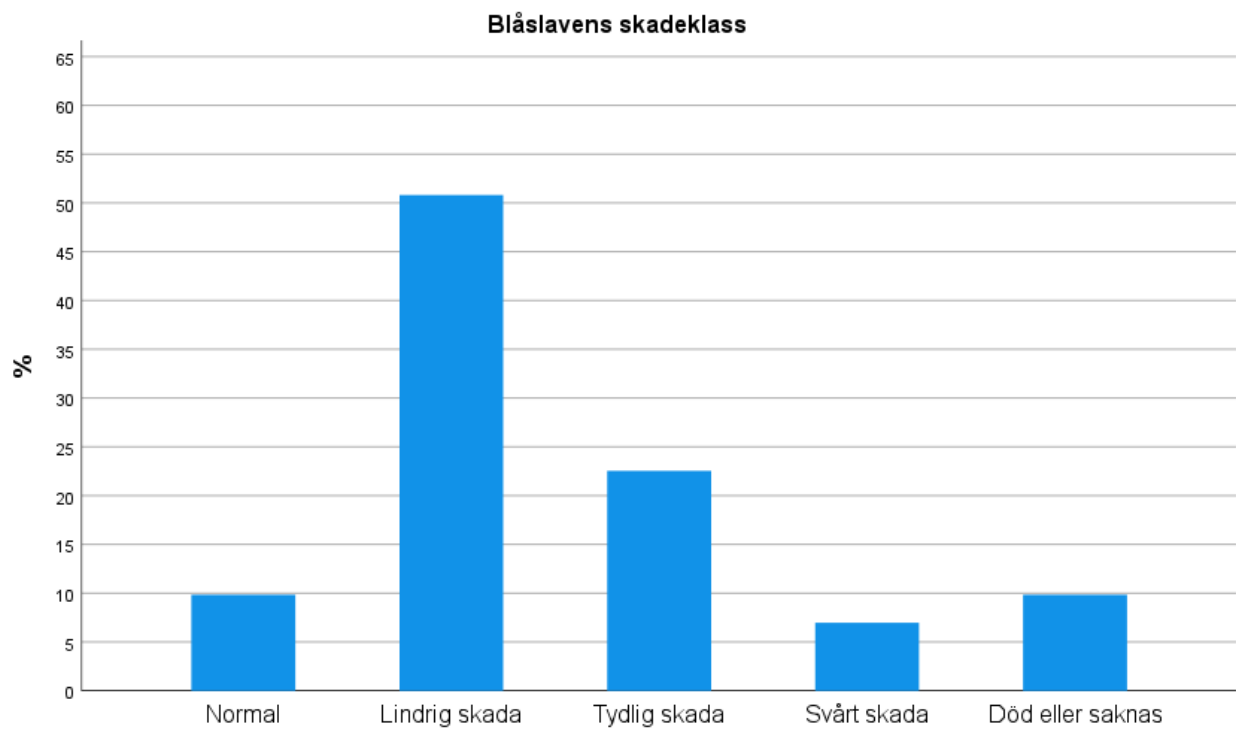
4.1.1 Lavflorans skadeklass

Blåslavens skadeklass låg, granskat på provytenivå, i genomsnitt mellan lindrigt och tydligt skadad (medeltal 2,5). Skadeklasserna varierade från ”normal” till ”död eller saknas”. (Tabell 4.1). På mer än hälften av provytorna var blåslaven lindrigt skadad, och tydligt skadad på cirka 23 % av provytorna. Blåslaven var frisk på ungefär en tiondel av ytorna, och på en lika stor andel av ytorna var arten död eller saknades helt. (Figur 4.1)

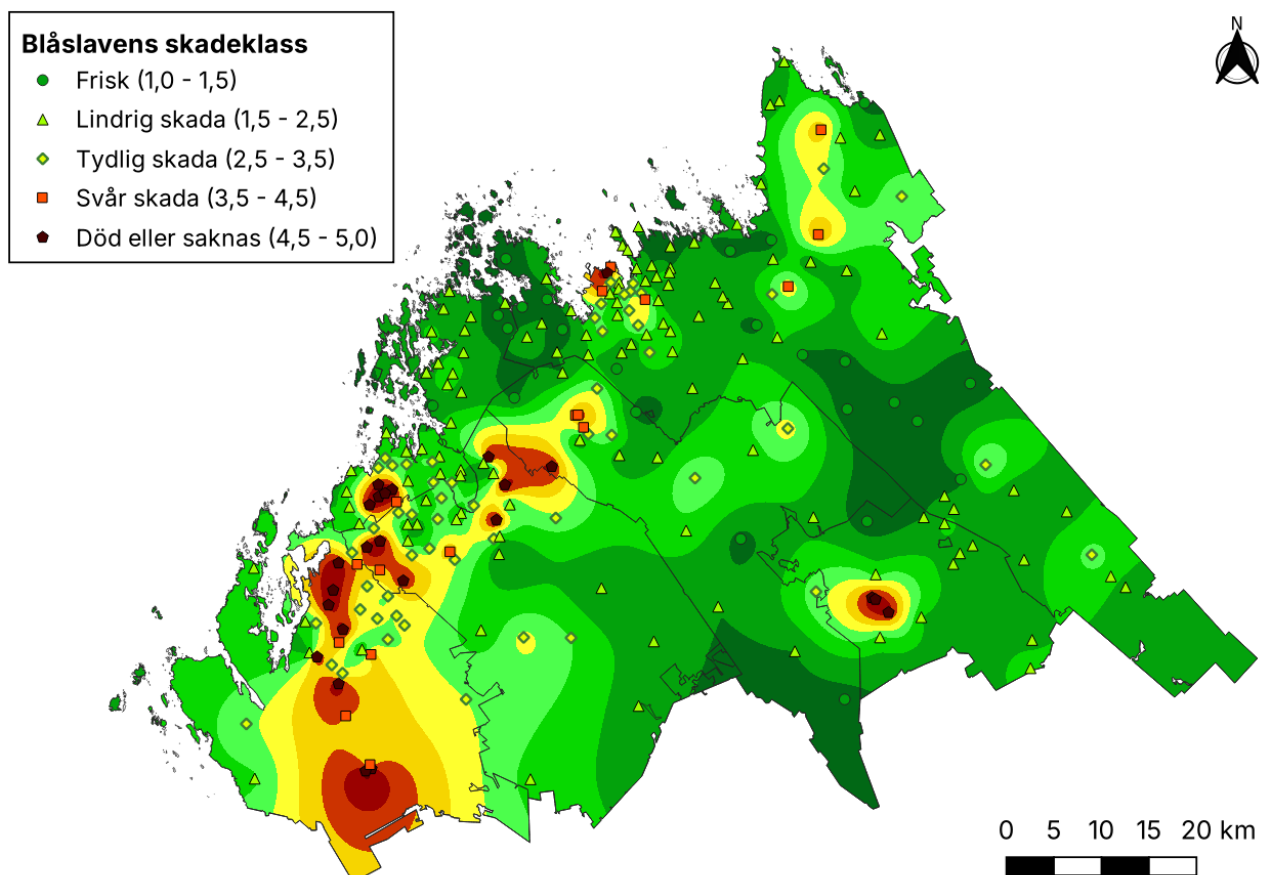
Blåslaven var mest skadad i Kaustby centrum, Yxpila i Karleby, i närheten av pälsfarmer i Jakobstad samt i närheten av centrumområdena i Pedersöre och Nykarleby. I de mellersta och östra delarna av området för denna uppföljning fanns vidsträckta områden där blåslaven var frisk eller endast lindrigt skadad. (Figur 4.2)

8.12.2025

HR

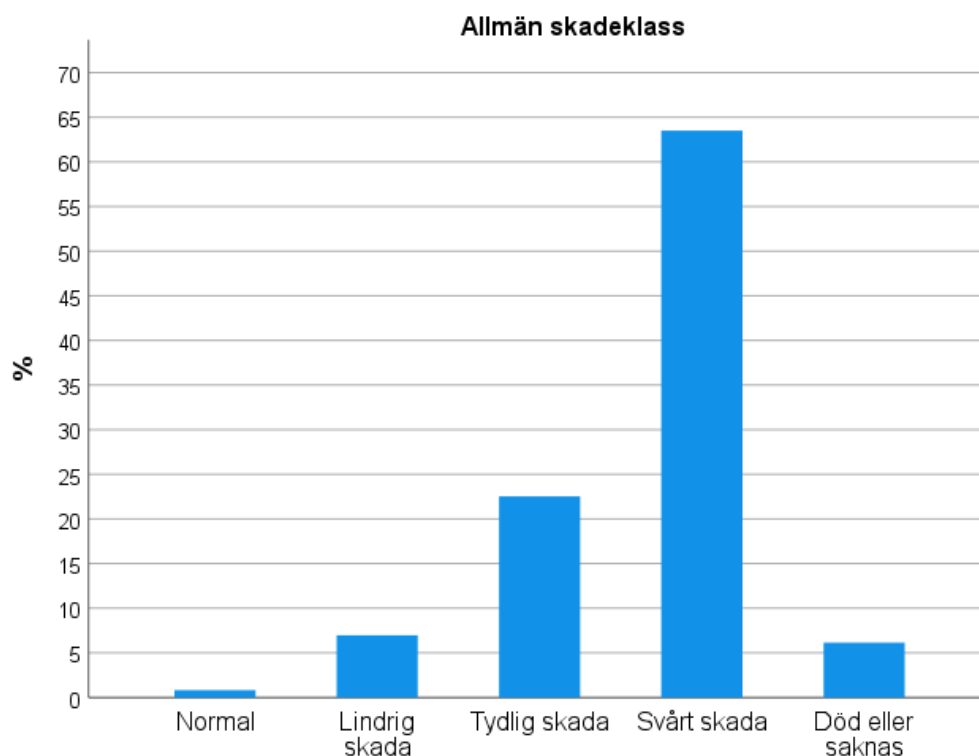


Figur 4.1 Blåslavens skadeklass på provytorna per kategori 2025 (n=244).



Figur 4.2. Blåslavens skadeklasser och zoner som beskriver skadeklasser år 2025.

Den allmänna skadeklassen var i medeltal 3,6, lavarterna på uppföljningsområdet var med andra ord allvarligt skadade. Precis som hos blåslaven varierade den allmänna skadeklassen från "frisk" till "död eller saknas". (Tabell 4.1) Den allmänna skadeklassen för lavar klassificerades på de flesta uppföljningsytorna som svårt skadad, vilket till stor del förklaras av skadebedömningsskalan (Tabell 3.7). Enligt skalan klassificeras trädet i klass 4 (svårt skadat) om det helt saknar buskartade arter. Lavfloran var död eller saknades helt på cirka 6 % av provytorna (15 ytor).(Figur 4.3)



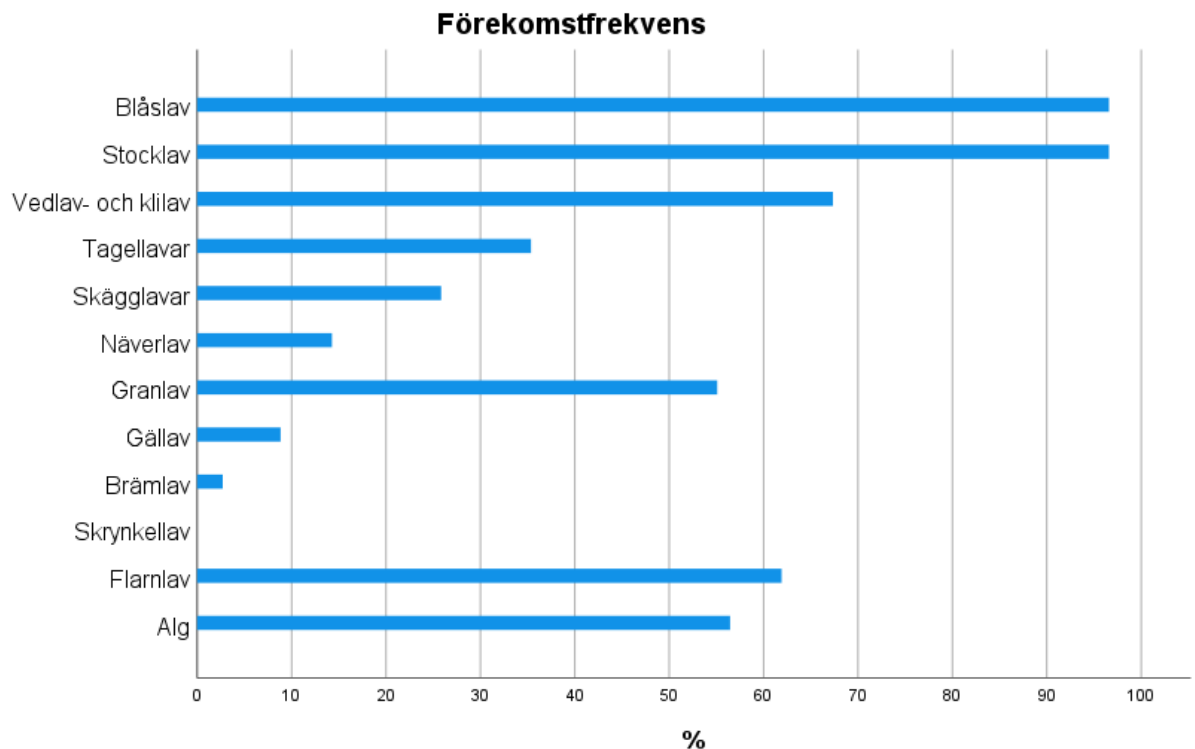
Figur 4.3 Lavfloras allmänna skadeklass på provytorna år 2025 (n=244).

4.1.2 Mängder och förekomsten av lavar

På provytorna observerades i genomsnitt 4,1 lavarter som är känsliga för luftföroreningar. Artantalen i uppföljningsområdet varierade mellan 0 och 9. (Tabell 4.1). På nästan hälften av provytorna var lavfloran utarmad. Andelen ytor med en tydligt utarmad artflora var cirka 33 % och andelen lindrigt utarmade ytor 13 %. Det fanns totalt 11 provytor som var artmässigt mycket tydligt utarmade (0–1 luftföroreningskänslig art), och de var belägna i Yxpila i Karleby, i närheten av Kaustby centrum samt i de norra delarna av Pedersöre och Nykarleby. Normal lavflora (minst åtta känsliga arter) förekom på sex provytor, huvudsakligen i olika delar av Karleby. (Figur 4.5)

De vanligaste arterna i uppföljningsområdet var blåslav och stocklav, som förekom på över 90 procent av provträden. Vedlav, klilav och granlav förekom på knappt hälften av provträden. Luftföroreningskänsliga tagellavar förekom på 23 % av provträden. Skrynkellav observerades inte alls.

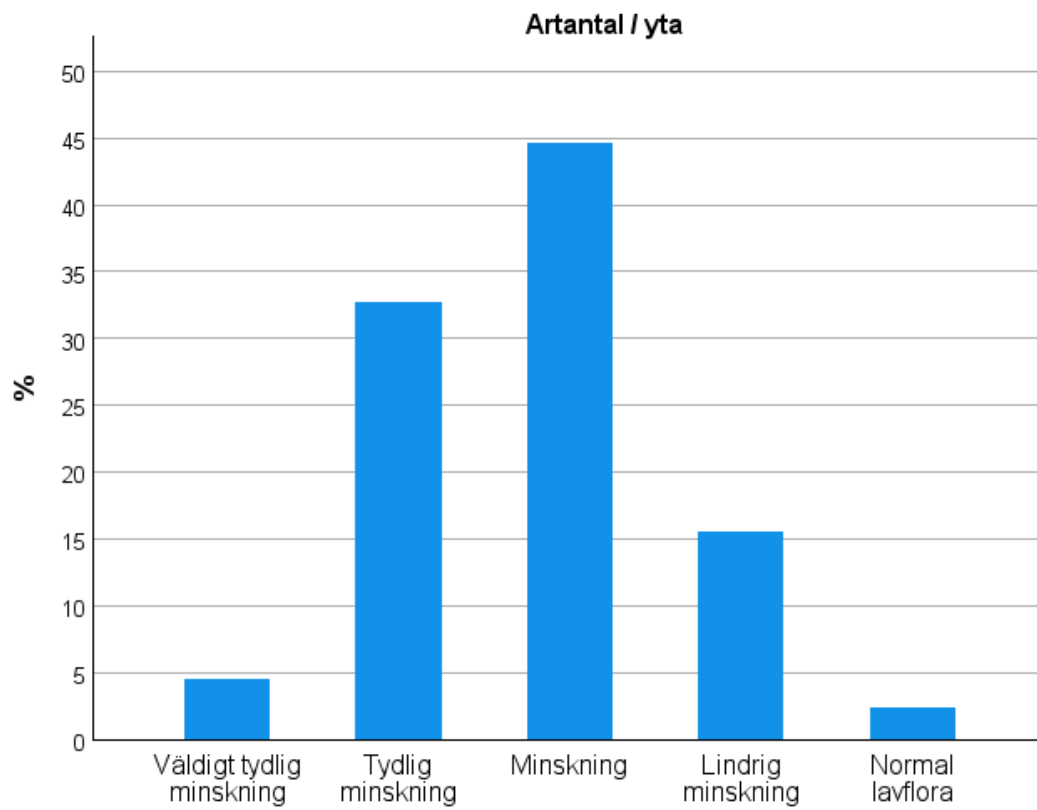
Flarnlav, som gynnas av luftföroreningar, förekom på mindre än 30 % av träden, och alger på knappt 40 % av provträden. (Figur 4.4)



Figur 4.4 Förekomstfrekvens för tallens stamlavar i uppföljningsområdet 2025 (n = 1 220).

8.12.2025

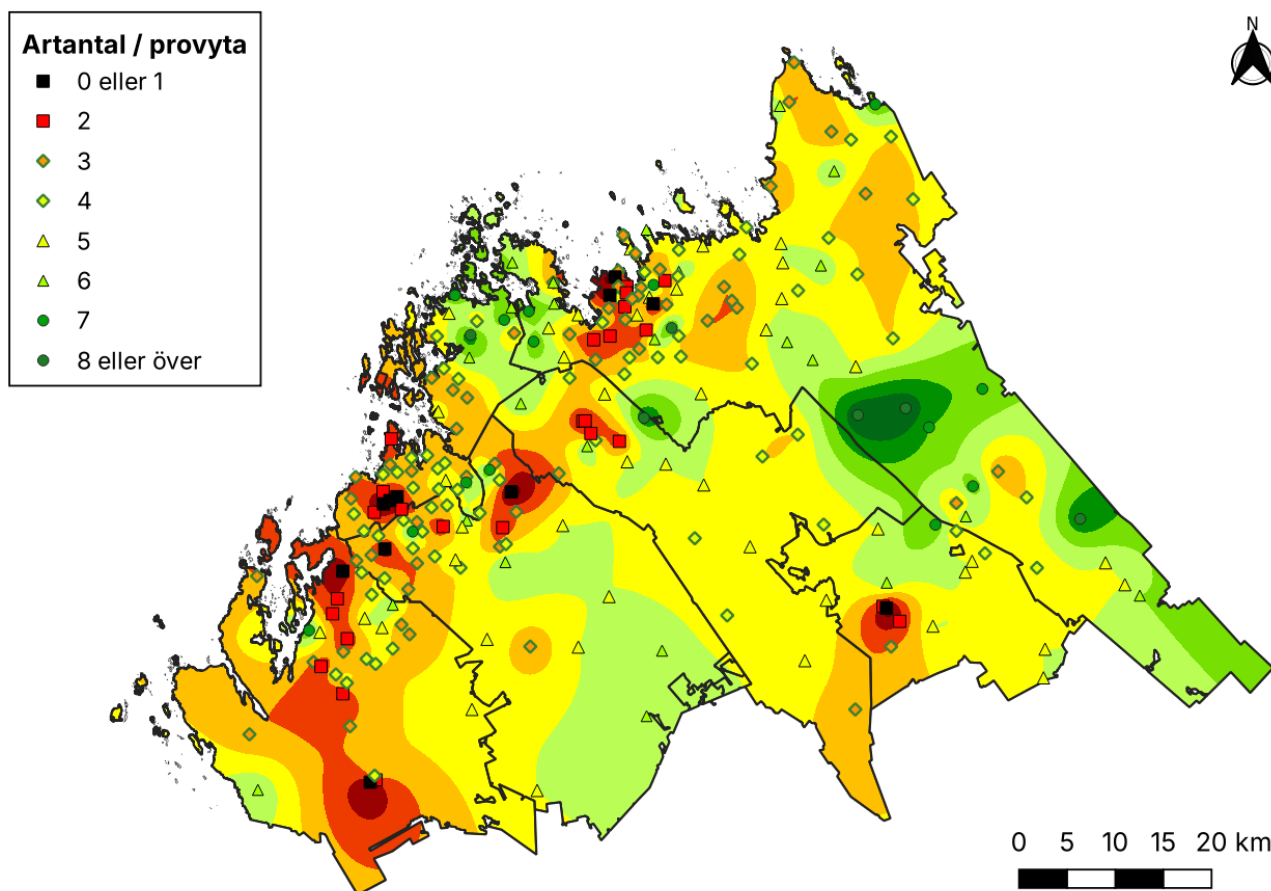
HR



Figur 4.5 Lavflorans tillstånd på provytorna baserat på artantalet (n = 244).

8.12.2025

HR



Figur 4.6 Antal lavarter som lider av luftföroreningar på provytorna samt en zonalanalys av antalet luftföroreningskänsliga arter år 2025.

4.1.3 Täckningsgrader

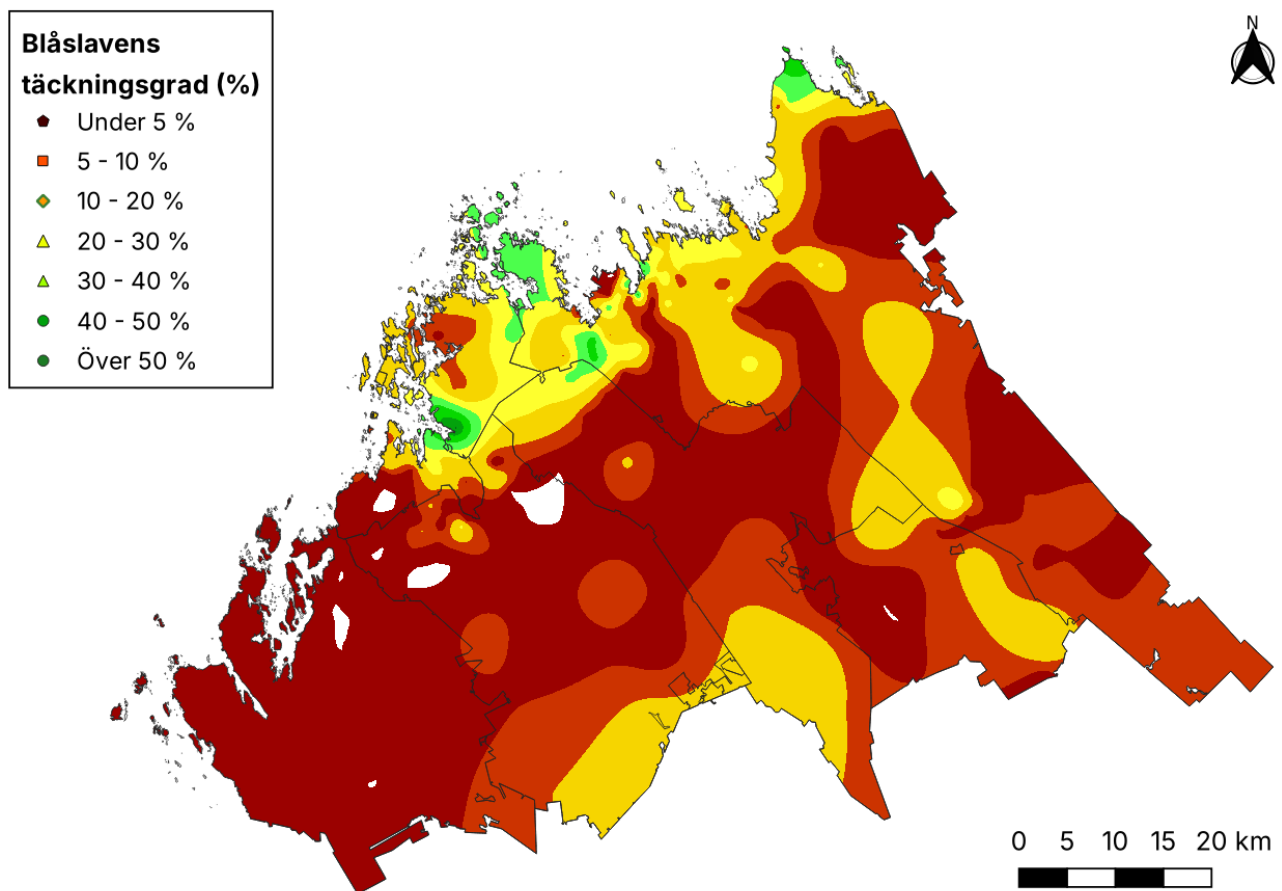
Blåslavens genomsnittliga täckningsgrad på provytorna var 9,5 procent. Variationen var stor, eftersom blåslav helt saknades på en del av provytorna, medan den genomsnittliga täckningsgraden som mest var över 60 procent. (Tabell 4.1)

Täckningsgraden i procent för blåslav på tallstammar, beräknad med punktfrekvensmetoden, presenteras nedan som generaliserade zoner baserade på medelvärden per uppföljningsyta (Figur 4.7). Täckningsgraden för blåslav kan ofta först öka när utsläppen stiger, men vid en fortsatt ökning av belastningsnivån börjar täckningsgraden sjunka. Dessutom påverkar naturliga faktorer, såsom de undersökta trädens ålder, täckningsgraderna avsevärt.

Blåslaven hade den högsta täckningsgraden i kustområdena vid Karleby, Larsmo och Jakobstad, medan den var lägst i Nykarleby.

Tagellavarnas genomsnittliga täckningsgrad var 0,2 %, med ett variationsintervall mellan 0 och 12 %. Tagellavar förekom på totalt 36 % av provytorna (89 ytor), men på grund av deras

späda, hårlika växtsätt blir täckningsgraden sällan hög. Tagellavarna förekom huvudsakligen i uppföljningsområdets norra delar.



Figur 4.7 Blåslavens genomsnittliga täckningsgrad (%) som zoner i uppföljningsområdet 2025.

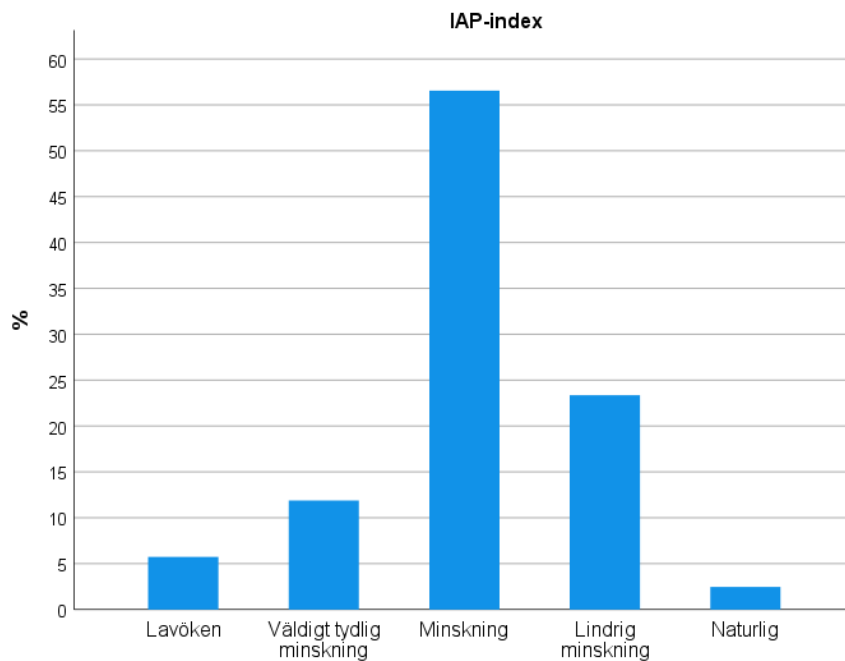
4.1.4 IAP-index

IAP-indexet var i medeltal 1,6 i uppföljningsområdet, på basis av vilket man kan beskriva floran som lindrigt förändrad. Ju högre indexvärde, desto artrikare flora och desto bättre luftkvalitet. På 50 % av provytorna var floran baserat på IAP-indexet utarmad. Drygt en femtedel av ytorna var lindrigt utarmade i denna uppföljning. Floran i naturtillstånd fanns på 2,4 procent av ytorna (6 ytor). Mycket tydligt utarmade områden utgjorde 12 % och lavöknar cirka 7 %. (Tabell 4.1, Figur 4.8)

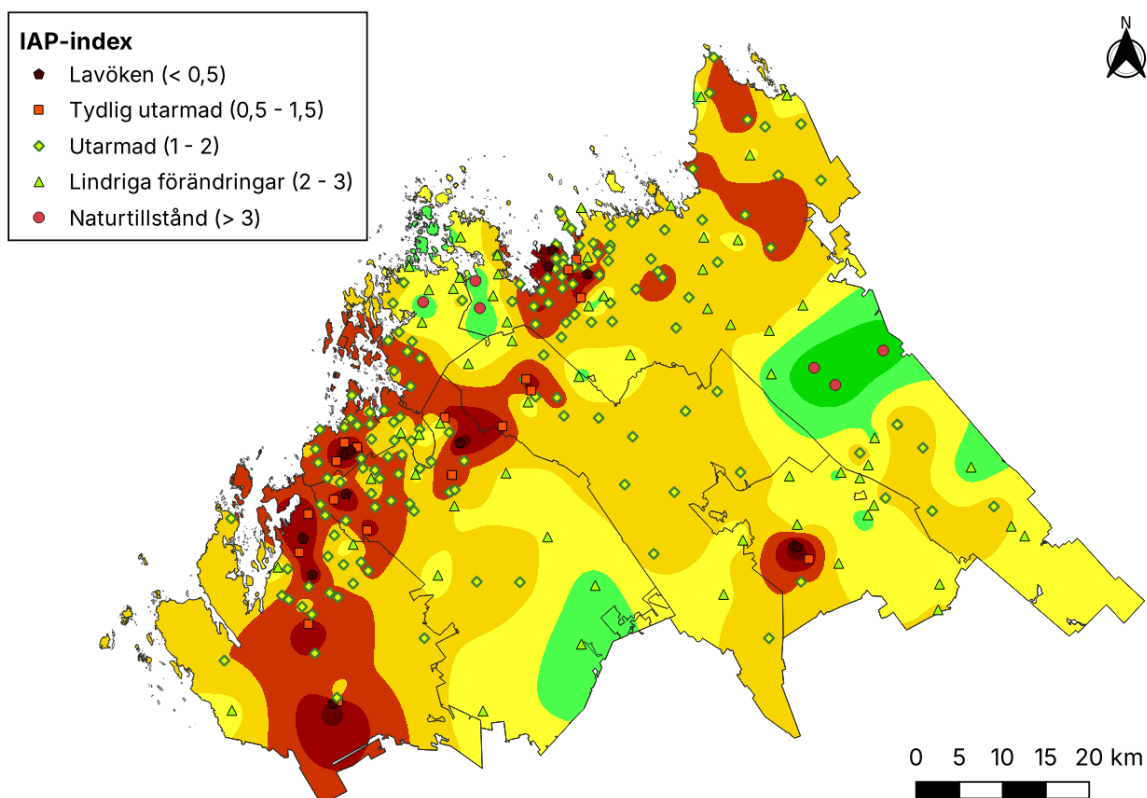
De artmässigt mest utarmade ytorna fanns främst i Karleby, men enstaka ytor förekom även i Kaustby, Pedersöre och Kronoby. (Figur 4.9)

8.12.2025

HR



Figur 4.8 Lavflorans kondition på provytorna baserat på luftrenhetsindexet år 2025.



Figur 4.9 IAP-index per zon i uppföljningsområde 2025.

4.2 Tallbarrens grundämneshalter

Nyckeltal för grundämneshalterna i den andra årgången av barr beräknades både för hela uppföljningsområdet och kommunvis. De högsta genomsnittliga halterna i kommuner är markerade med fetstil. (Tabell 4.2) Grundämneshalterna på provytorna presenteras på kartorna nedan (Figur 4.10 - Figur 4.18).

De högsta **kvävehalterna** uppmättes i Karleby centrum och Lochteå, i Jakobstad, i de norra delarna av Pedersöre, i Nykarleby samt i de mellersta och norra delarna av Kronoby. Förhöjda halter observerades bl.a. i närheten av industriutsläppskällor, pälsfarmer och djurskydd.

De högsta **svavelhalterna** uppmättes i Karleby centrum och i Yxpilaområdet, i de norra delarna av Kronoby samt på båda sidor om gränsen mellan Jakobstad och Pedersöre. Området med förhöjda svavelhalter bildar en splittrad zon från de norra delarna av Karleby via norra Kronoby till Jakobstad och norra Pedersöre och vidare till de södra delarna av Nykarleby. I de sydöstra och södra delarna av uppföljningsområdet var halterna lägre.

Halterna av **kalций, magnesium, mangan** och **järn** tycks snarare berätta om markens näringsstatus än om belastningen från utsläpp, eftersom halterna var ganska jämna i olika delar av uppföljningsområdet.

Bor förekom i förhöjda halter i området som sträcker sig från Karlebys centrum via Larsmo till Jakobstad. **Kalium** förekom mest i Yxpila och centrum i Karleby, i de östra delarna av Jakobstad och i de centrala delarna av Nykarleby.

De högsta halterna av **kvicksilver, krom, arsenik** och **kadmium** fanns på provytorna i Yxpila. De största halterna **koppar, zink** och **nickel** förekom på provytorna i Yxpila, och halterna var högre än i resten av uppföljningsområdet även på andra håll i närheten av Karleby centrum.

8.12.2025

HR

Tabell 4.2. Medelvärden, lägsta och högsta halter samt antal prover (n) för grundämneshalterna i barren i hela området och per kommun. De högsta genomsnittliga halterna är markerade med fetstil.

Grundämne		Hela området	Kaustby	Karleby	Kronoby	Larsmo	Pedersöre	Jakobstad	Nykarleby
Kväve %	Medeltal	1,4	1,3	1,4	1,4	1,2	1,4	1,4	1,4
	Min.	1,0	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,0
	Max.	2,0	1,4	2,0	1,8	1,6	1,6	1,8	1,7
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Fosfor mg/kg	Medeltal	1 360	1 267	1 351	1 343	1 344	1 372	1 452	1 368
	Min.	980	1 100	990	1 100	1 100	980	1 200	1 100
	Max.	1 900	1 500	1 900	1 800	1 600	1 700	1 600	1 700
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Kalium mg/kg	Medeltal	5 348	4 980	5 431	5 157	5 075	5 332	5 680	5 303
	Min.	3 600	4 000	3 600	4 300	4 500	3 800	4 600	4 400
	Max.	7 500	6 100	6 500	6 500	6 200	6 300	7 500	6 600
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Kalcium mg/kg	Medeltal	3 508	3 000	3 763	3 383	3 881	3 235	3 600	3 106
	Min.	1 900	2 500	2 000	1 900	2 900	2 300	2 000	2 200
	Max.	6 400	4 100	6 400	4 600	5 000	4 000	5 300	4 600
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Magnesium mg/kg	Medeltal	865	818	867	895	936	866	845	836
	Min.	450	680	450	720	780	560	580	490
	Max.	1 300	960	1 200	1 100	1 300	1 100	1 200	1 100
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Mangan mg/kg	Medeltal	463	541	483	508	461	440	412	397
	Min.	110	250	130	210	300	180	120	110
	Max.	1 000	990	1 000	910	710	910	790	810
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Svavel mg/kg	Medeltal	926	857	957	927	868	896	951	908
	Min.	690	760	690	770	760	710	810	750
	Max.	1 600	960	1 600	1 300	1 000	1 100	1 100	1 100
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Bor mg/kg	Medeltal	17	13	17	15	22	16	20	14
	Min.	6	6	7	7	12	9	8	7
	Max.	41	24	41	32	38	32	35	30
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Nickel mg/kg	Medeltal	0,45	0,31	0,66	0,33	0,28	0,3	0,32	0,32
	Min.	0,1	0,14	0,12	0,18	0,19	0,14	0,14	0,1
	Max.	3,3	0,63	3,3	0,59	0,51	0,61	0,79	1
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Kobolt mg/kg	Medeltal	0,67	0,13	1,27	0,16	0,22	0,15	0,12	0,11
	Min.	0,06	0,09	0,07	0,14	0,14	0,08	0,07	0,06
	Max.	9,5	0,16	9,5	0,18	0,28	0,23	0,21	0,21
	n	79	2	37	2	6	13	8	11
Zink	Medeltal	57	49	68	50	57	47	49	47

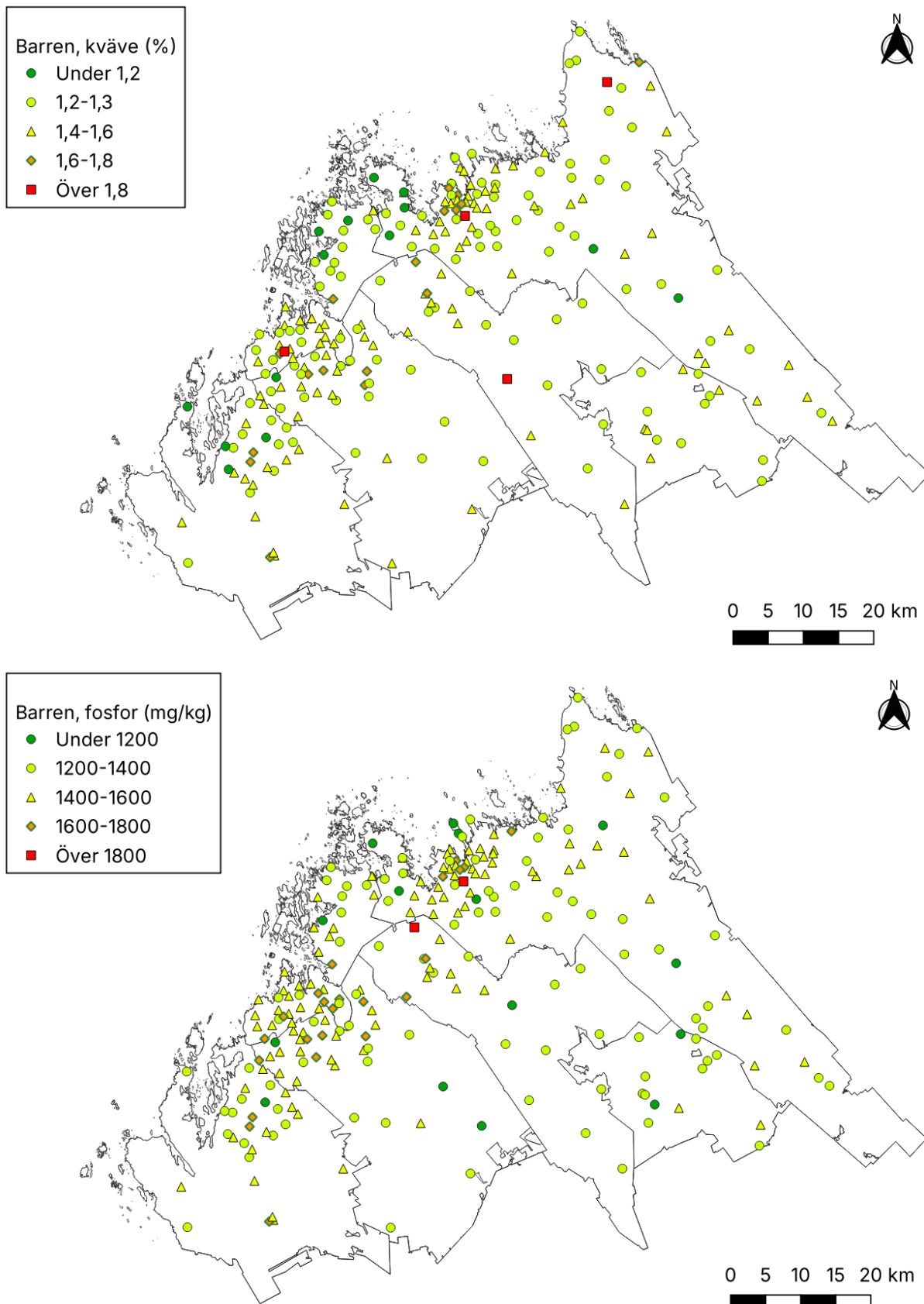
8.12.2025

HR

Grundämne		Hela område	Kaustby	Karleby	Kronoby	Larsmo	Pedersöre	Jakobstad	Nykarleby
mg/kg	Min.	20	30	30	36	40	27	30	20
	Max.	330	61	330	65	74	68	73	65
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Koppar mg/kg	Medeltal	2,4	2,3	2,6	2,3	2,1	2,3	2,4	2,4
	Min.	1,6	2	1,6	1,8	1,7	1,9	1,8	1,8
	Max.	7,5	2,9	7,5	2,9	2,6	3,1	3,1	3,1
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Järn mg/kg	Medeltal	61	48	67	56	63	59	63	57
	Min.	33	33	36	37	42	39	38	41
	Max.	340	100	340	73	100	100	160	86
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Arsenik mg/kg	Medeltal	0,22	0,07	0,42	0,05	0,07	0,04	0,04	0,03
	Min.	0,02	0,03	0,02	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02
	Max.	3,9	0,1	3,9	0,06	0,08	0,07	0,06	0,06
	n	79	2	37	2	6	13	8	11
Kvikksilver mg/kg	Medeltal	0,032	0,018	0,04	0,027	0,023	0,024	0,027	0,025
	Min.	0,013	0,017	0,014	0,026	0,015	0,013	0,016	0,018
	Max.	0,16	0,018	0,16	0,027	0,029	0,035	0,034	0,034
	n	79	2	37	2	6	13	8	11
Kadmium mg/kg	Medeltal	0,15	0,06	0,26	0,09	0,11	0,07	0,08	0,07
	Min.	0,02	0,02	0,05	0,05	0,08	0,04	0,02	0,03
	Max.	3,6	0,13	3,6	0,19	0,18	0,13	0,16	0,11
	n	244	15	97	23	16	37	25	31
Krom mg/kg	Medeltal	0,18	0,15	0,21	0,16	0,14	0,15	0,18	0,18
	Min.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11
	Max.	2,3	0,28	2,3	0,26	0,26	0,21	0,43	0,55
	n	221	14	91	21	14	35	19	27

8.12.2025

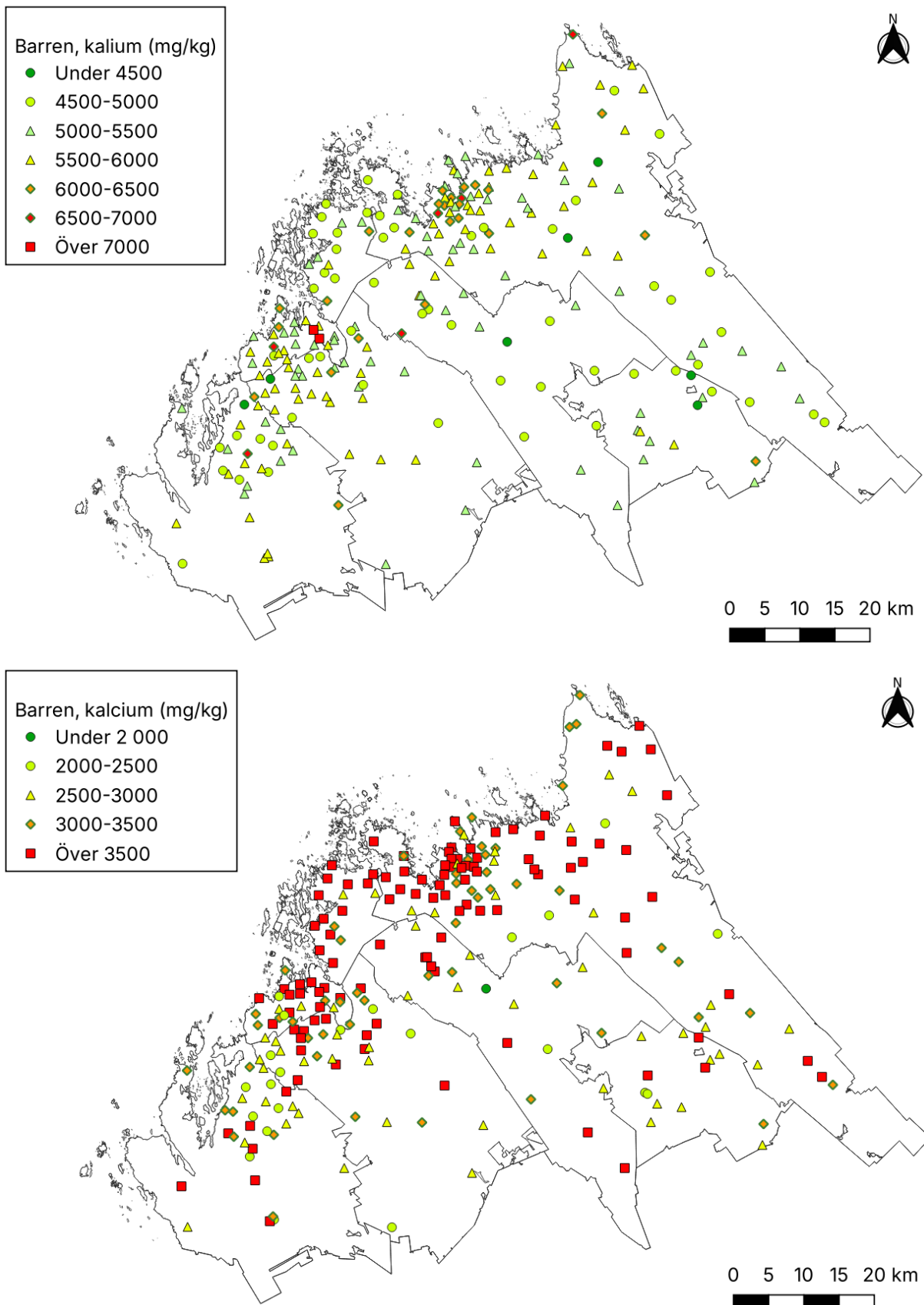
HR



Figur 4.10 Kväve- och fosforhalterna för barrens andra årgång 2025.

8.12.2025

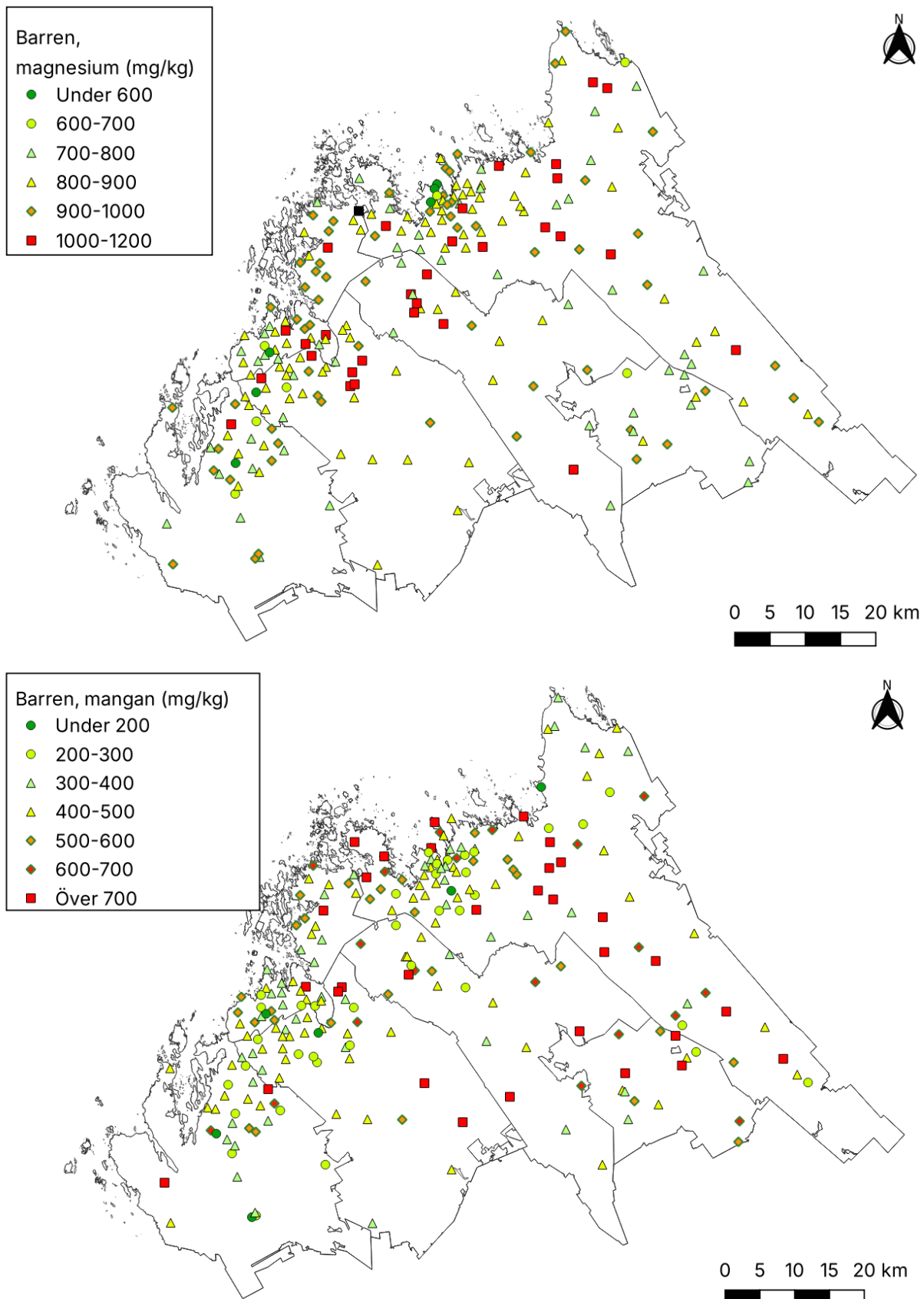
HR



Figur 4.11 Kalciumhalterna för barrens andra årgång på provytorna 2025.

8.12.2025

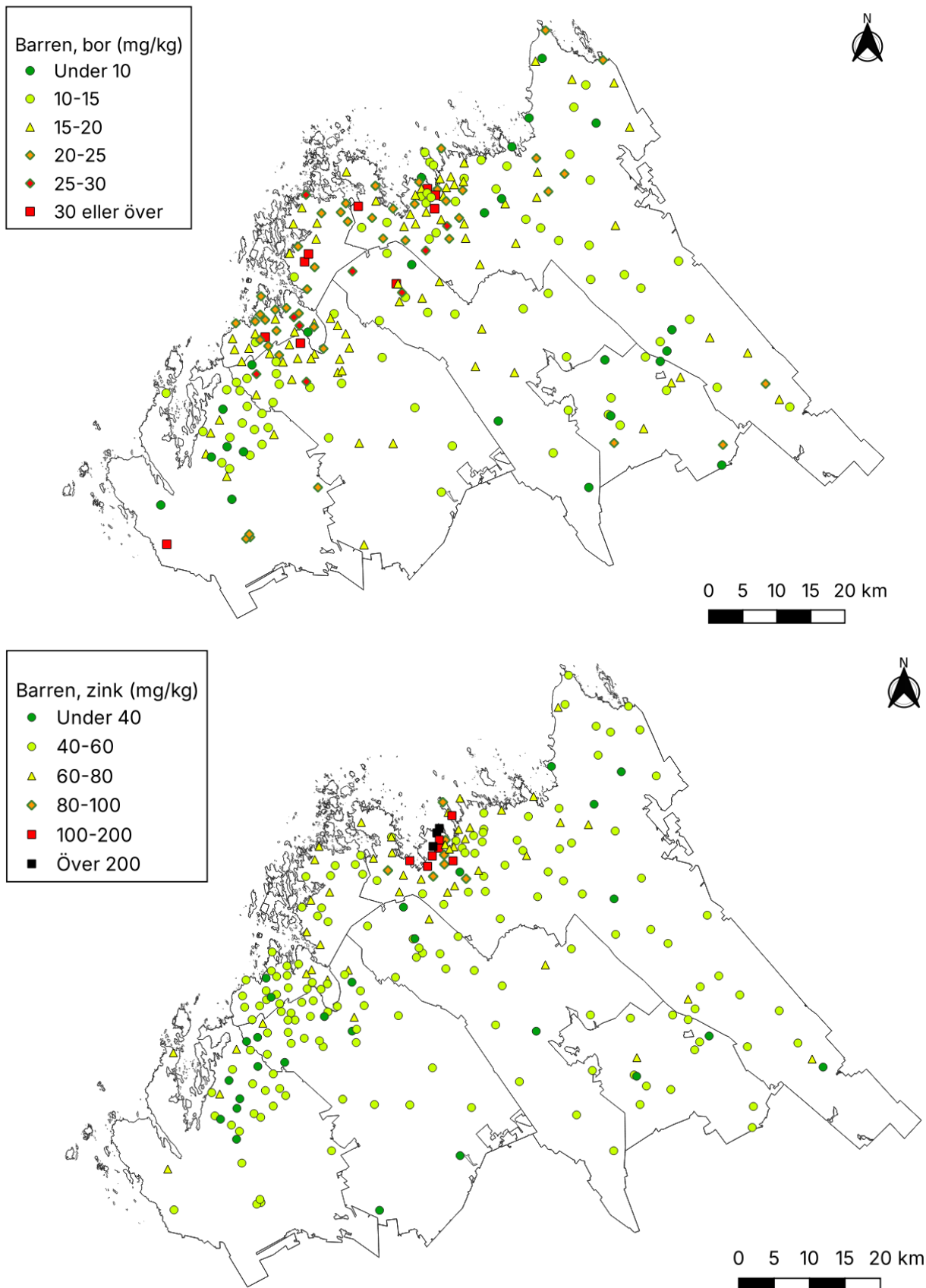
HR



Figur 4.12 Magnesium- och manganhalterna för barrens andra årgång 2025.

8.12.2025

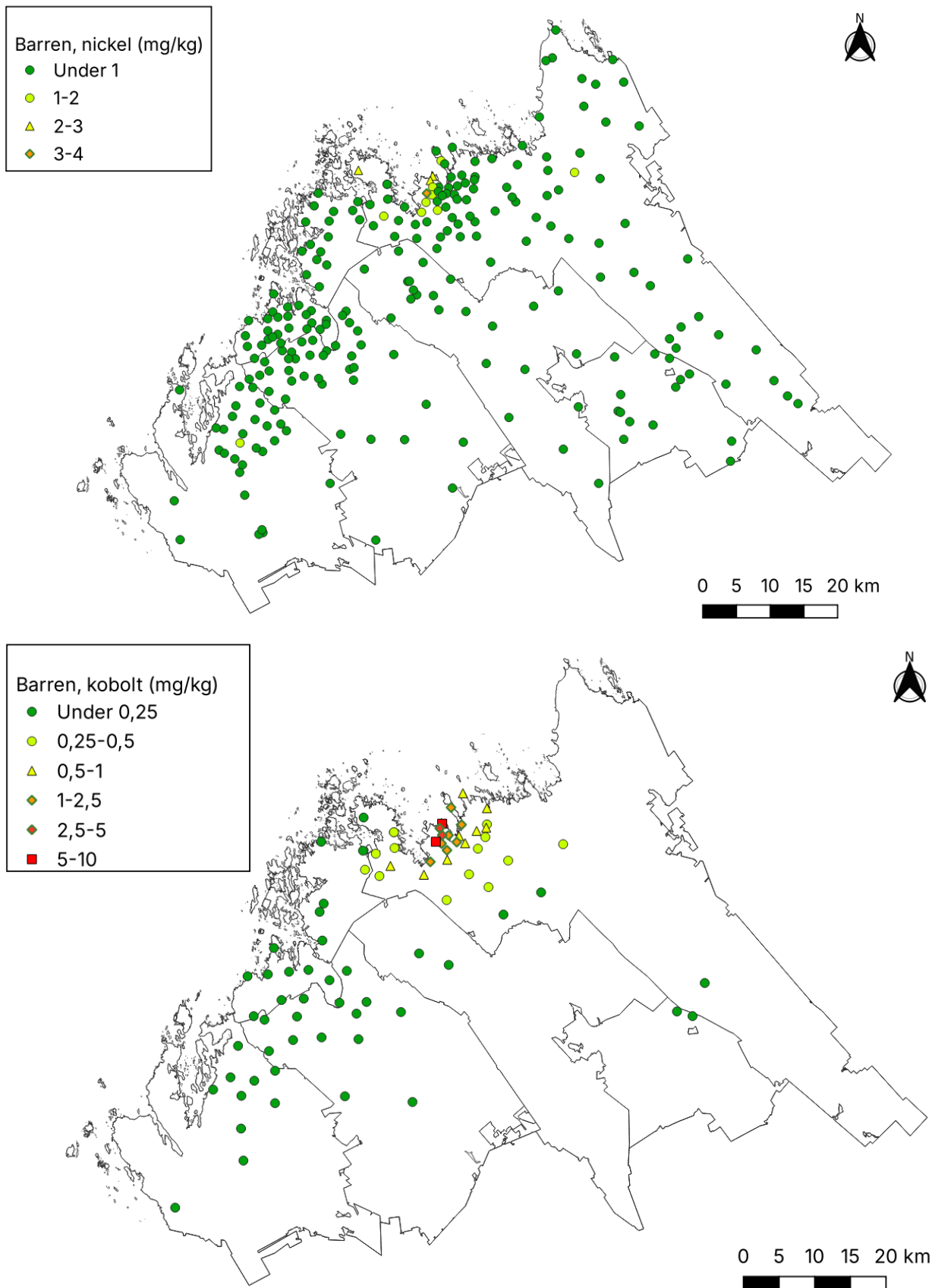
HR



Figur 4.13 Bor- och zinkhalterna för barrens andra årgång 2025.

8.12.2025

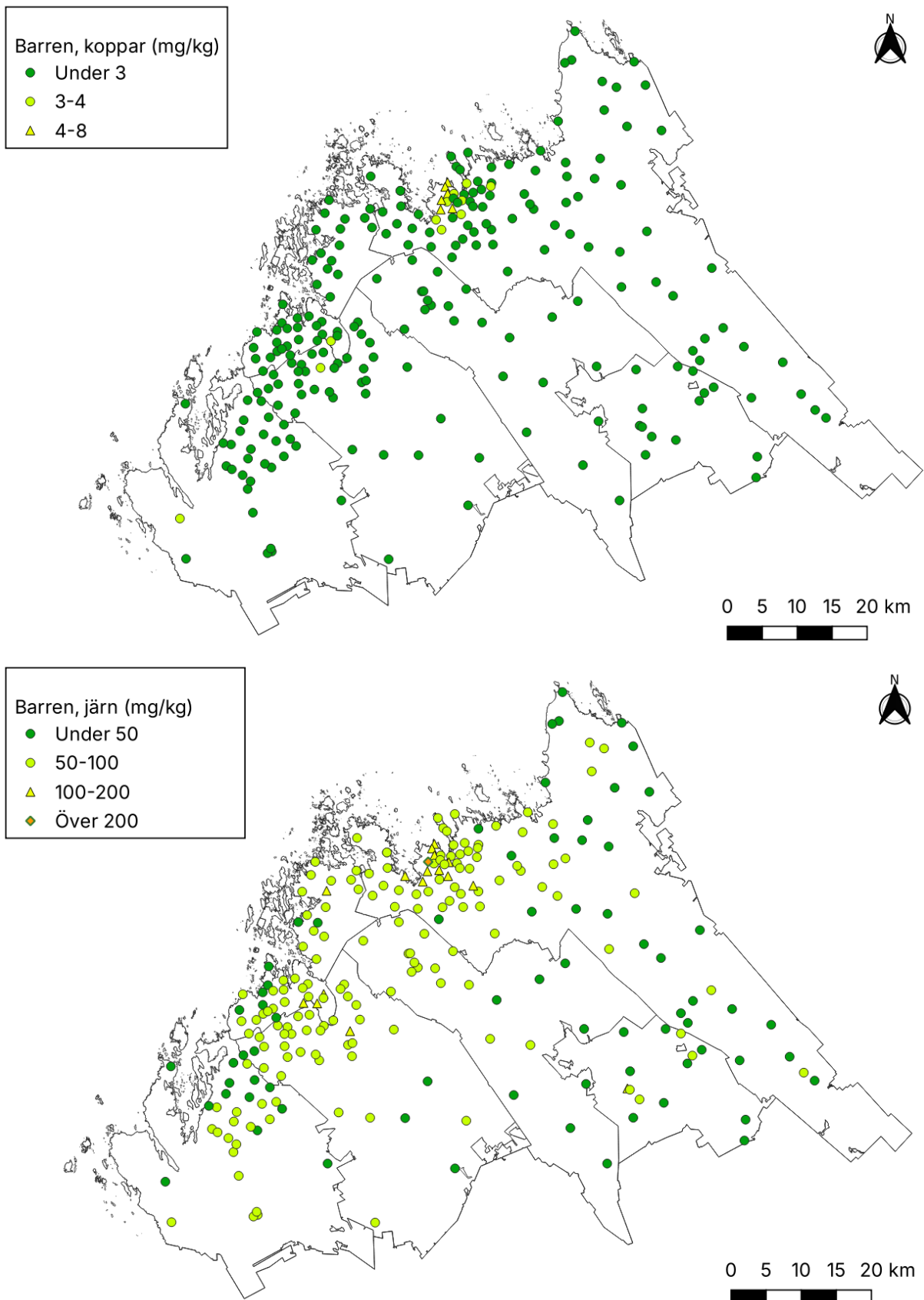
HR



Figur 4.14, Nickel- och kobolthalterna för barrens andra årgång 2025.

8.12.2025

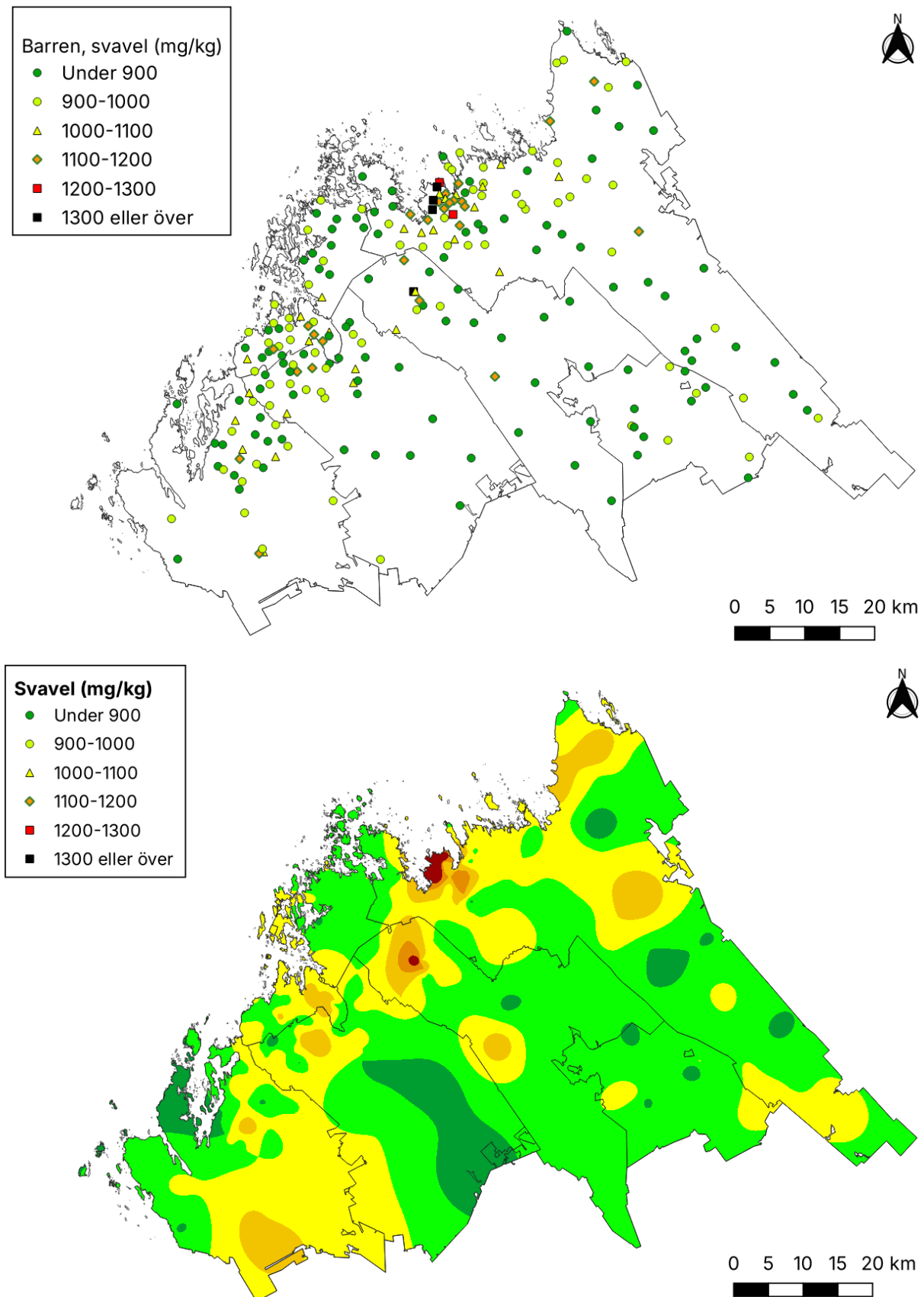
HR



Figur 4.15 Koppar- och järnhalterna för barrens andra årgång 2025.

8.12.2025

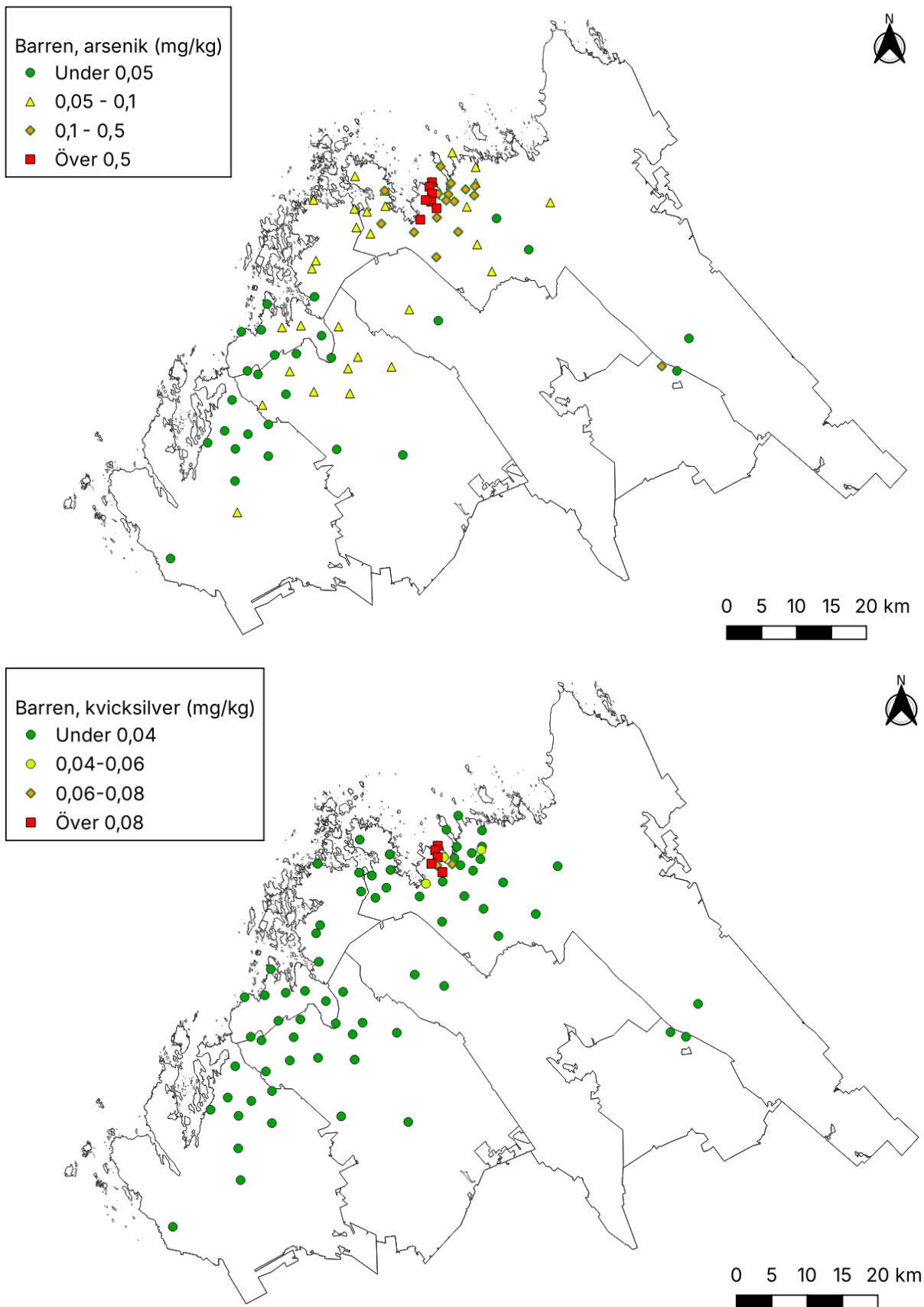
HR



Figur 4.16 Svavelhalterna för barrens andra årgång 2025.

8.12.2025

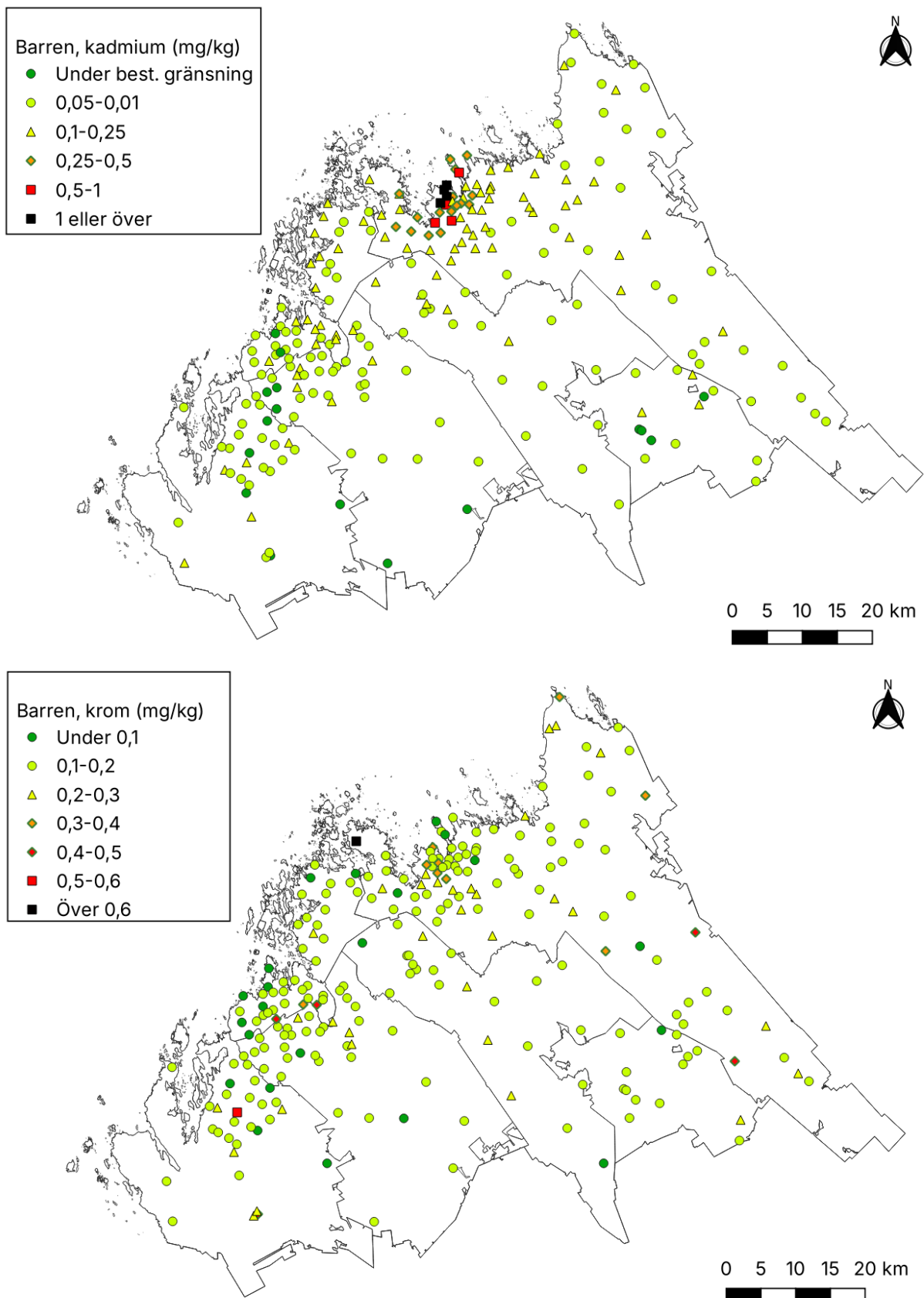
HR



Figur 4.17 Arsenik- och kvicksilverhalterna för barrens andra årgång 2025.

8.12.2025

HR



Figur 4.18 Kadmium- och kromhalterna för barrens andra årgång 2025.

4.3 Mossans grundämneshalter

Medelvärden och variationsintervall för grundämneshalter i mossor i hela uppföljningsområdet samt kommunvis presenteras i tabellen nedan (Tabell 4.3). Fördelningen av halterna beskrivs grundämnesvis på kartor längre fram i rapporten (Figur 4.19–Figur 4.28).

Borhalten överskred bestämningsgränsen endast på fyra ytor, som låg i Yxpila i Karleby och i den norra delen av Kronoby. Inom samma områden observerades även de högsta **svavel-** och **kvicksilverhalterna**.

Halterna av **kadmium, aluminium** och **arsenik** var högre än i det övriga uppföljningsområdet i Karleby centrum, i de norra delarna av Kronoby och inom ett litet område i de östra delarna av Jakobstad. **Arsenik** förekom även i de centrala delarna av Nykarleby och i Kaustby, och aluminium i de centrala delarna av Nykarleby, de norra delarna av Pedersöre och de centrala delarna av Kronoby.

Halterna av **kobolt, bly, nickel, zink** och **koppar** var högst i Yxpila och i de centrala delarna av Karleby. **Krom** förekom mest vid gränsen mellan Nykarleby och Pedersöre. **Vanadin** uppmättes som enstaka högre halter i områdena kring Nykarleby och Karleby.

Högre halter av **fosfor, kalium, magnesium, natrium, järn** och **kalcium** var relativt jämnt fördelade över hela uppföljningsområdet, även om halterna för vissa grundämnen var något högre än i övriga områden inom de mest belastade zonerna, såsom i Karleby och Jakobstad samt i de norra delarna av Kronoby. När det gäller **manganhalterna** kunde man inte se något tydligt samband med utsläppskällorna.

Litiumhalterna låg under bestämningsgränsen på samtliga sex provytor.

8.12.2025

HR

Tabell 4.3. Medelvärden och variationsintervall för grundämneshalter i mossa kommunvis och för hela området. De högsta medelvärdena är markerade med fetstil.

Grundämne		Hela området	Kaustby	Karleby	Kronoby	Larsmo	Pedersöre	Jakobstad	Nykarleby
mg/kg n		235	14	90	23	16	38	25	29
Al	Medeltal	283	244	251	327	233	277	282	402
	Min.	93	140	93	96	120	120	140	170
	Max.	2300	540	810	1100	430	910	740	2300
As	Medeltal	0,40	0,18	0,69	0,36	0,25	0,19	0,16	0,20
	Min.	0,05	0,07	0,05	0,06	0,09	0,11	0,07	0,08
	Max.	5,6	0,79	5,6	0,88	0,70	0,43	0,28	1,5
B	Medeltal	5,1	< 5	5,1	5,1	< 5	< 5	< 5	< 5
	Min.	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
	Max.	13	< 5	13	7,0	< 5	< 5	< 5	< 5
Ca	Medeltal	2235	2150	2236	2274	2263	2108	2376	2255
	Min.	1400	1600	1400	1600	1900	1400	1600	1600
	Max.	4300	3000	4300	3500	3200	3800	3700	3000
Cd	Medeltal	0,23	0,09	0,39	0,20	0,15	0,12	0,14	0,10
	Min.	0,06	0,06	0,06	0,08	0,09	0,07	0,06	0,06
	Max.	2,10	0,14	2,1	0,42	0,27	0,25	0,80	0,14
Co	Medeltal	1,7	0,41	3,5	1,2	0,64	0,61	0,50	0,41
	Min.	0,13	0,25	0,13	0,21	0,33	0,27	0,23	0,20
	Max.	25	0,92	25	3,5	1,1	2,2	1,2	1,6
Cr	Medeltal	0,72	0,55	0,69	0,75	0,47	0,63	0,63	1,20
	Min.	0,19	0,23	0,19	0,19	0,25	0,25	0,30	0,40
	Max.	10	1,2	2,8	2,7	0,8	3,1	2,1	10
Cu	Medeltal	4,4	4,0	5,3	4,4	3,2	3,5	3,9	3,9
	Min.	1,8	2,4	2,5	2,4	2,2	1,8	2,3	2,4
	Max.	18	10,0	18,0	8,6	4,4	6,0	8,9	6,2
Fe	Medeltal	391	344	359	446	297	361	369	581
	Min.	100	150	100	110	140	140	150	200
	Max.	3800	1400	1200	1600	720	1300	1100	3800
Hg	Medeltal	0,05	0,03	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
	Min.	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02
	Max.	0,28	0,05	0,28	0,16	0,08	0,08	0,07	0,06
K	Medeltal	5739	6000	6052	5617	5181	5508	5568	5493
	Min.	3200	3900	4500	3900	4000	3700	3200	3500
	Max.	9100	8600	9100	7600	6900	7700	7400	8400
Li	Medeltal	<1	<1	<1	-	-	-	-	-
	Min.	<1	<1	<1	-	-	-	-	-
	Max.	<1	<1	<1	-	-	-	-	-
Mg	Medeltal	990	989	991	997	919	927	1056	1044
	Min.	580	700	680	640	730	580	690	640
	Max.	2300	1400	2100	1700	1200	1700	1500	2300
Mn	Medeltal	251	284	255	257	251	234	222	271

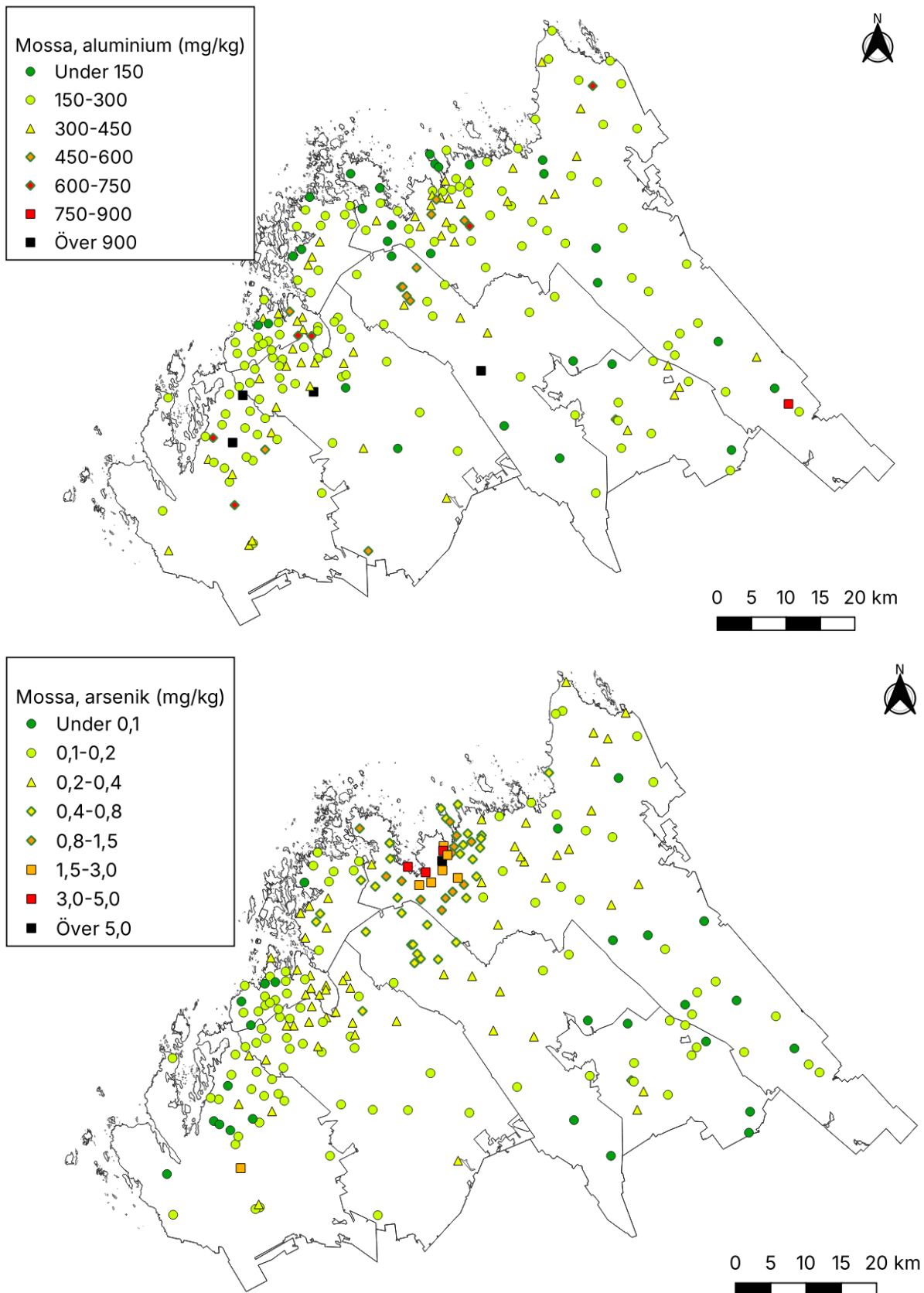
8.12.2025

HR

Grundämne		Hela området	Kaustby	Karleby	Kronoby	Larsmo	Pedersöre	Jakobstad	Nykarleby
mg/kg	n	235	14	90	23	16	38	25	29
	Min.	64	170	80	100	170	64	120	86
	Max.	610	400	600	460	440	500	370	610
Na	Medeltal	118	117	126	116	123	95	128	118
	Min.	38	78	64	38	54	59	56	62
	Max.	590	220	270	390	250	170	310	590
Ni	Medeltal	0,96	0,74	1,2	0,93	0,56	0,71	0,69	0,96
	Min.	0,27	0,43	0,27	0,32	0,34	0,41	0,40	0,42
	Max.	6,6	1,8	4,6	1,8	0,8	2,2	1,9	6,6
Pb	Medeltal	3,7	0,82	6,8	3,1	2,4	1,6	1,4	1,2
	Min.	0,42	0,54	0,42	0,62	0,83	0,94	0,68	0,68
	Max.	57	1,3	57	8,5	7,0	2,8	3,0	2,3
P	Medeltal	1228	1112	1301	1207	1167	1159	1216	1210
	Min.	630	670	790	790	900	650	630	720
	Max.	2400	2000	2400	2200	1600	1800	2000	1800
S	Medeltal	718	672	778	727	683	628	724	677
	Min.	370	420	470	420	530	370	470	460
	Max.	1500	1100	1500	1400	900	880	1000	1000
V	Medeltal	0,85	0,86	0,79	0,90	0,61	0,83	0,80	1,2
	Min.	0,26	0,27	0,28	0,26	0,33	0,33	0,31	0,46
	Max.	6,7	3,5	5,1	2,9	1,1	3,2	2,5	6,7
Zn	Medeltal	71	33	114	61	41	39	43	51
	Min.	20	22	20	25	30	23	23	27
	Max.	620	75	620	140	70	83	110	170

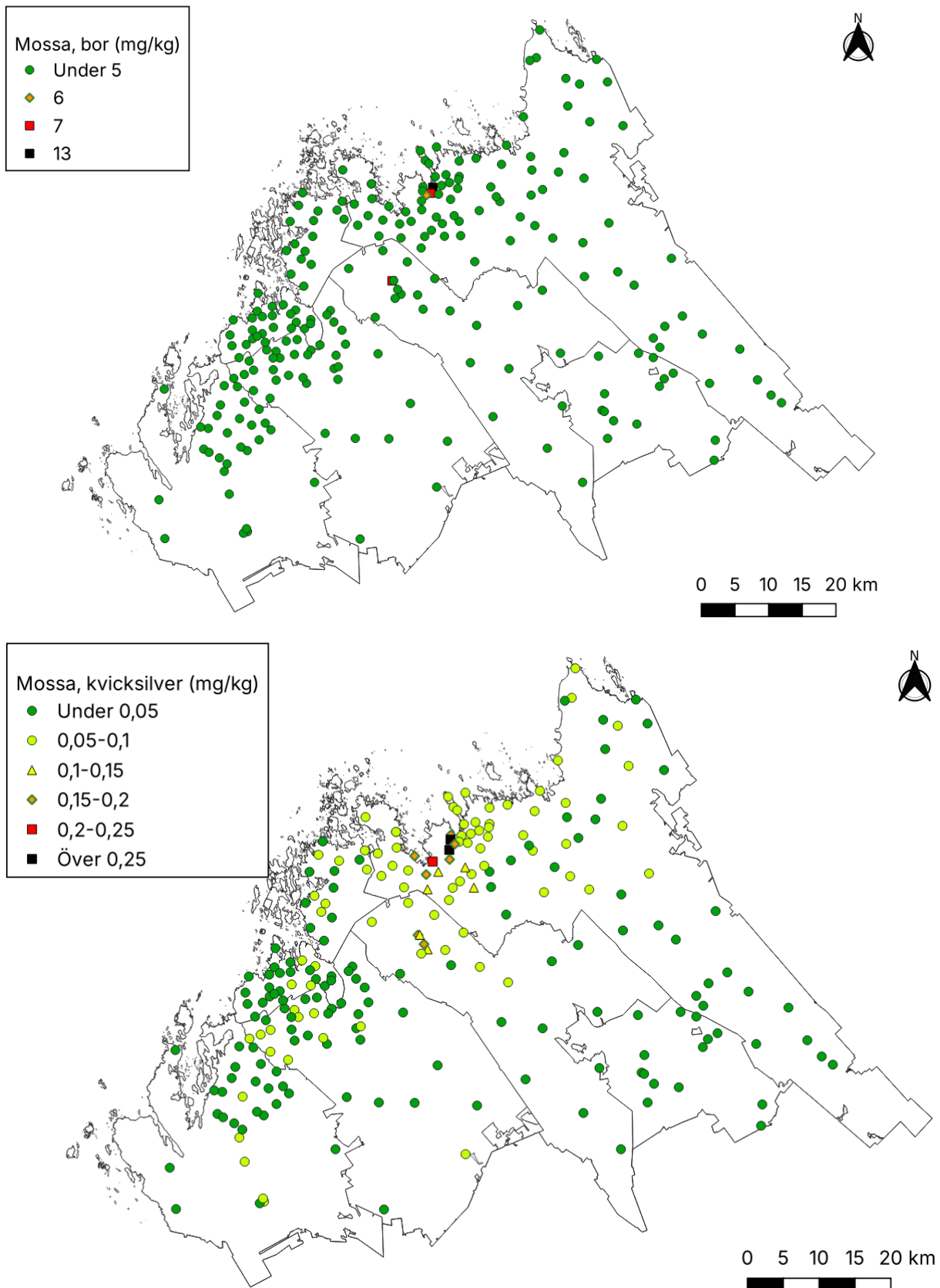
8.12.2025

HR

*Figur 4.19 Mossans aluminium- och arsenikhalter 2025.*

8.12.2025

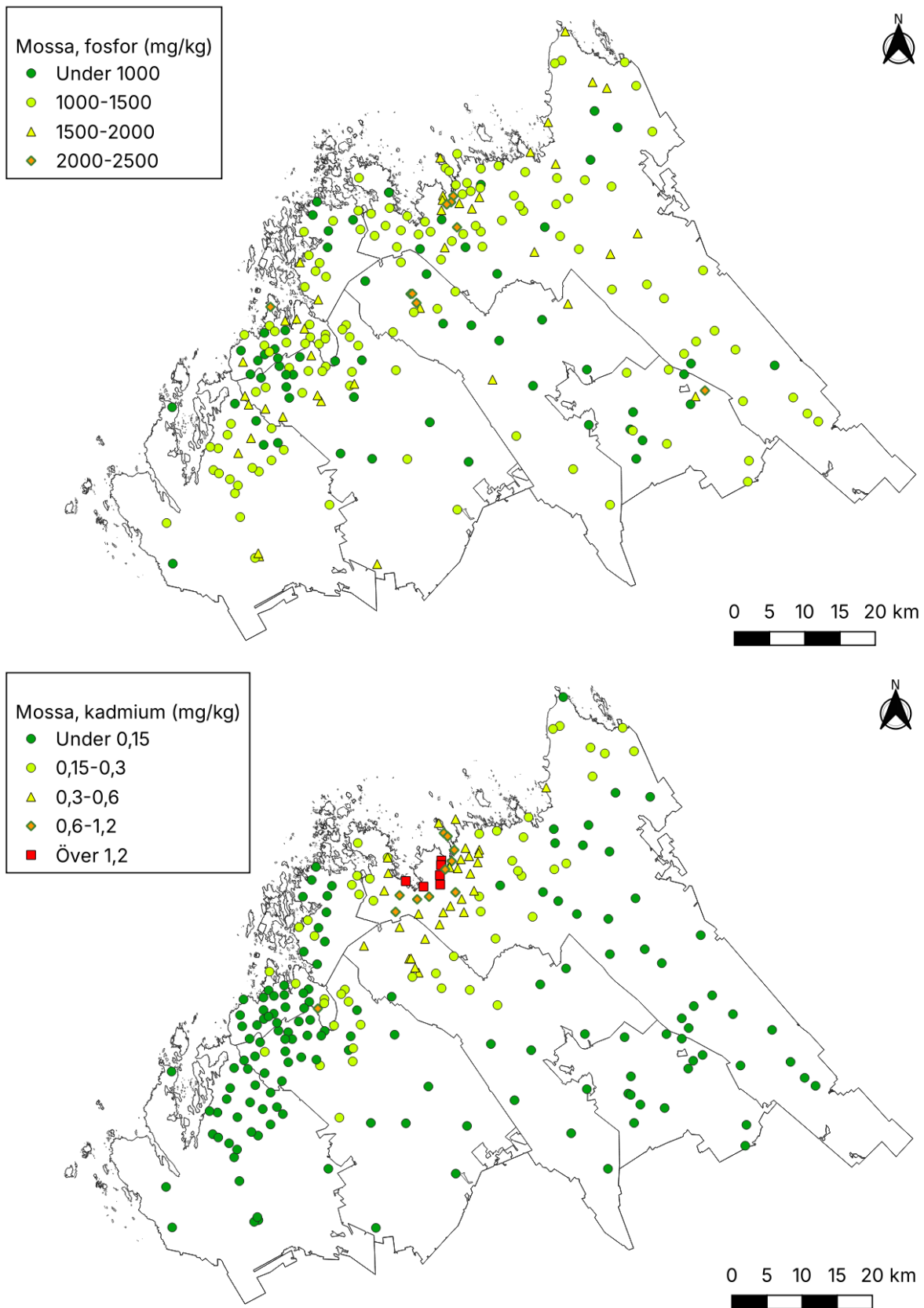
HR



Figur 4.20 Mossans bor- och kvicksilverhalter 2025.

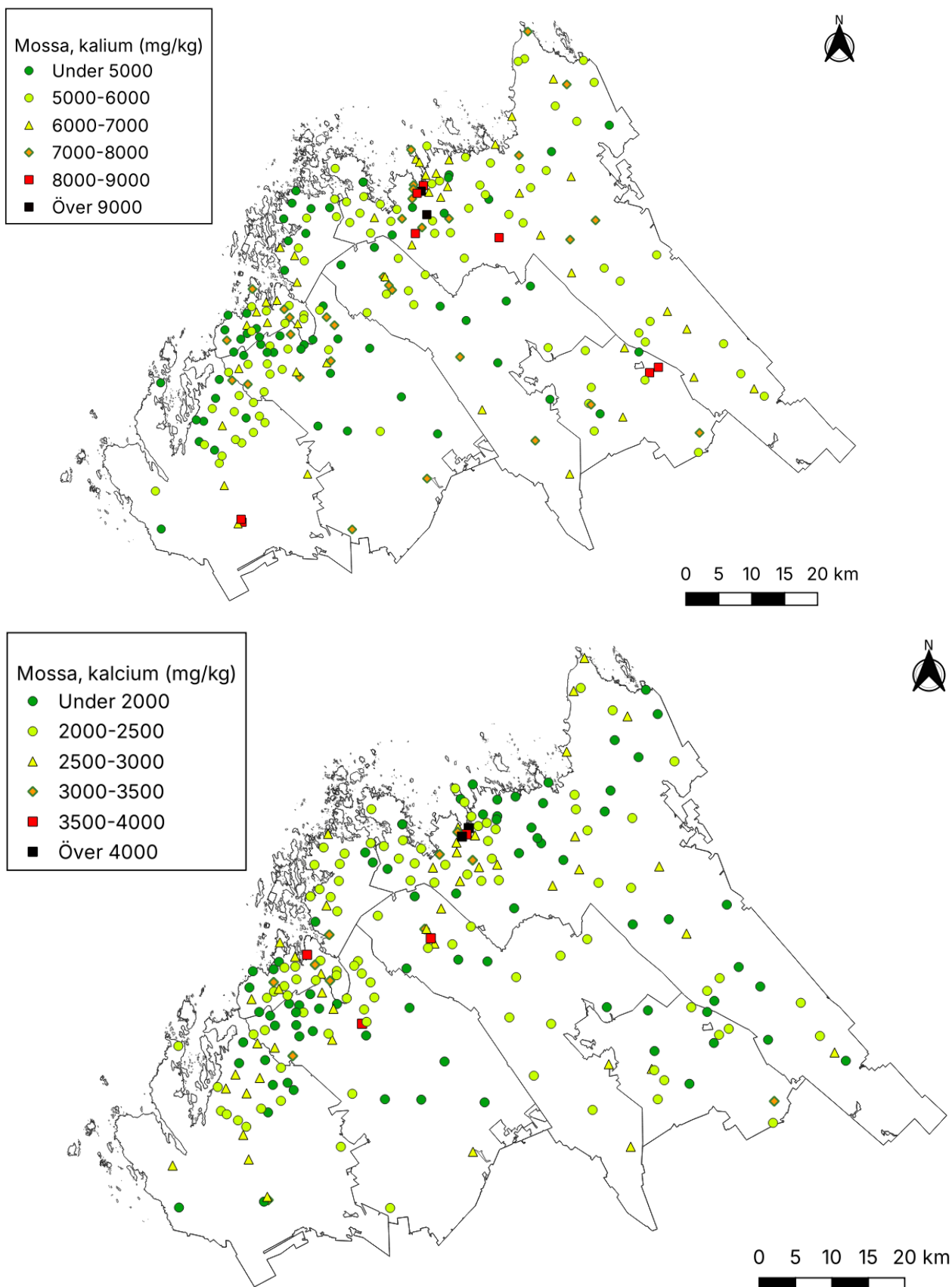
8.12.2025

HR

*Figur 4.21 Mossans fosfor- och kadmiumhalter 2025.*

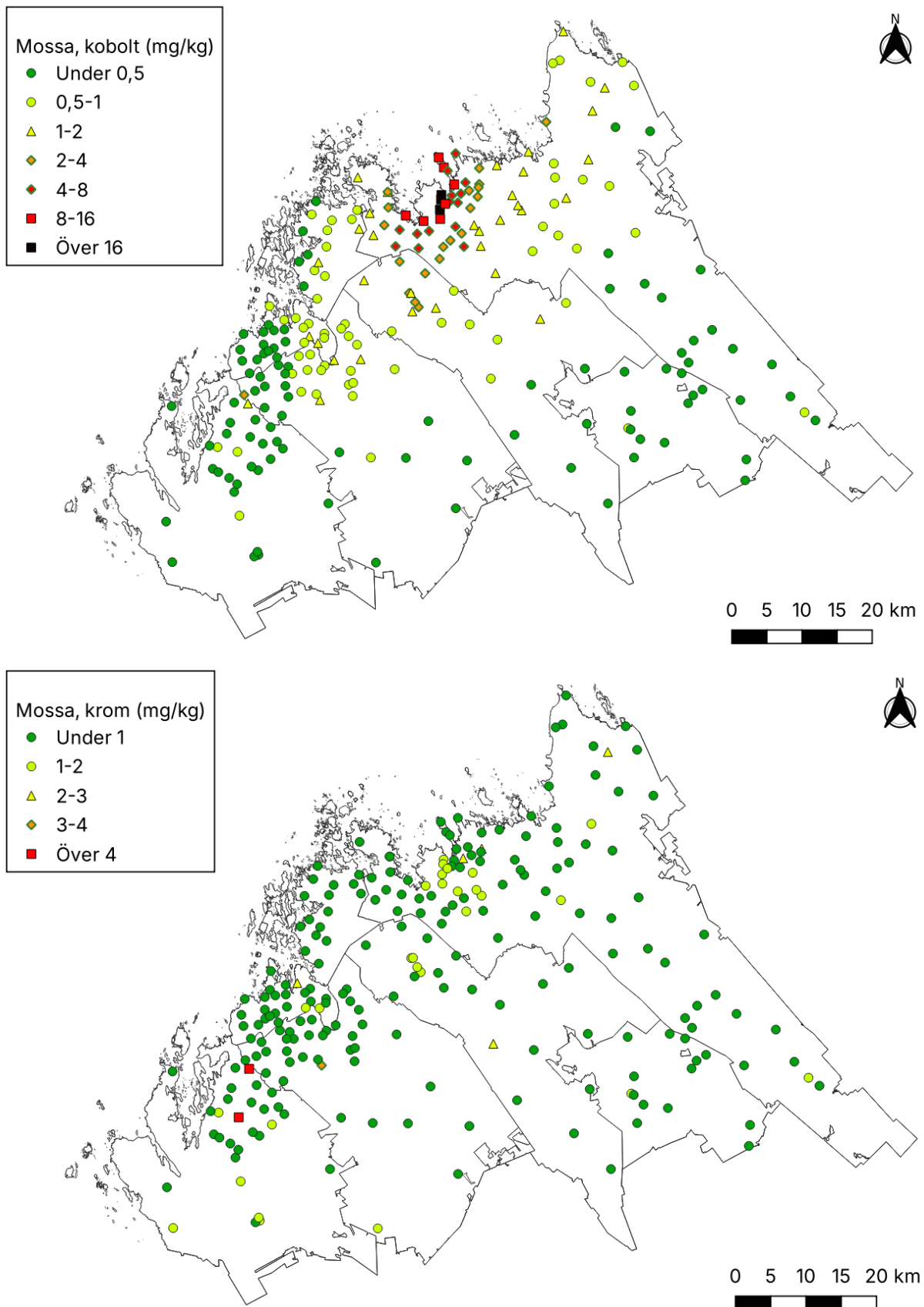
8.12.2025

HR

*Figur 4.22 Mossans kalium- och kalciumhalter 2025.*

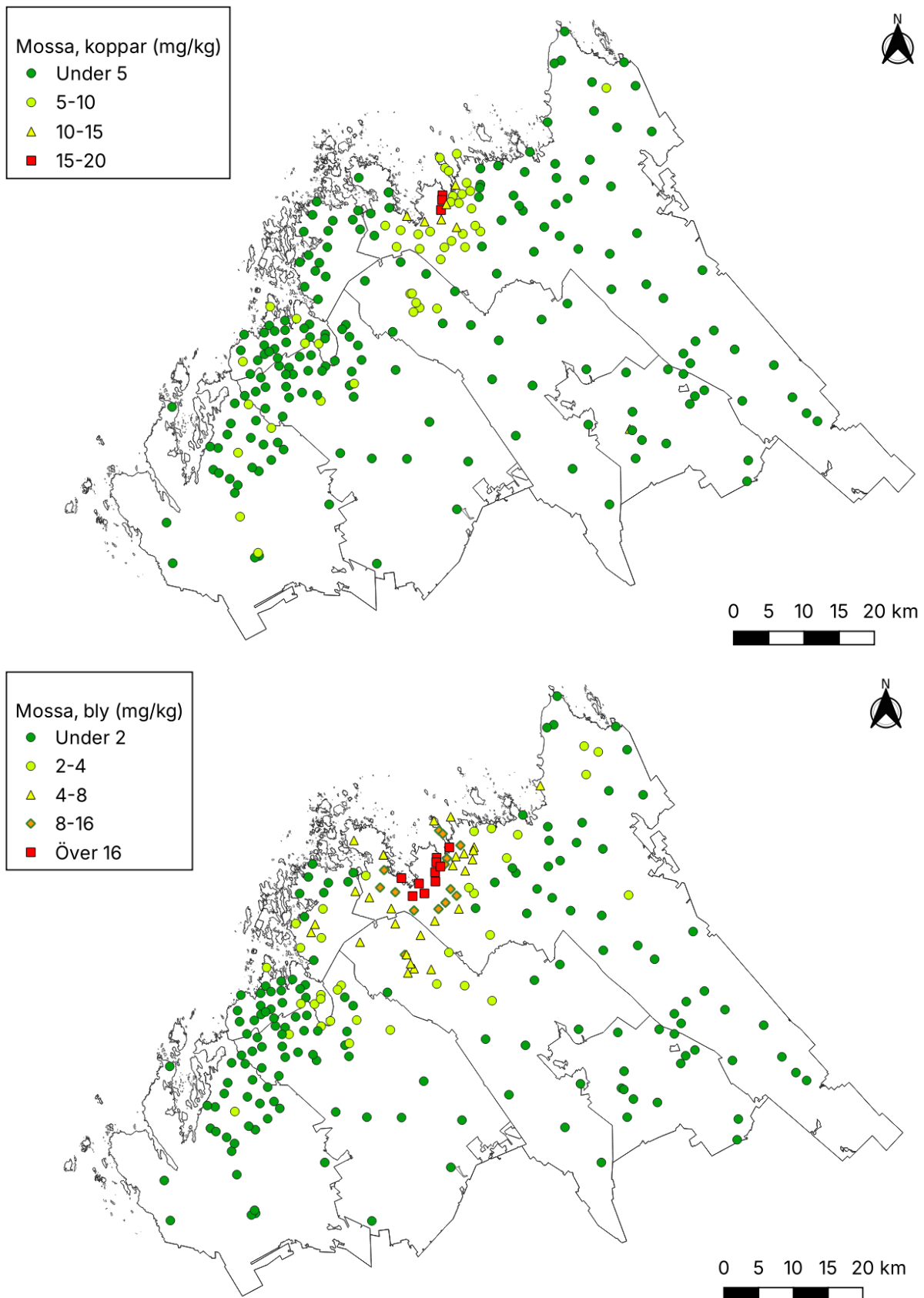
8.12.2025

HR

*Figur 4.23 Mossans kobolt- och kromhalter 2025.*

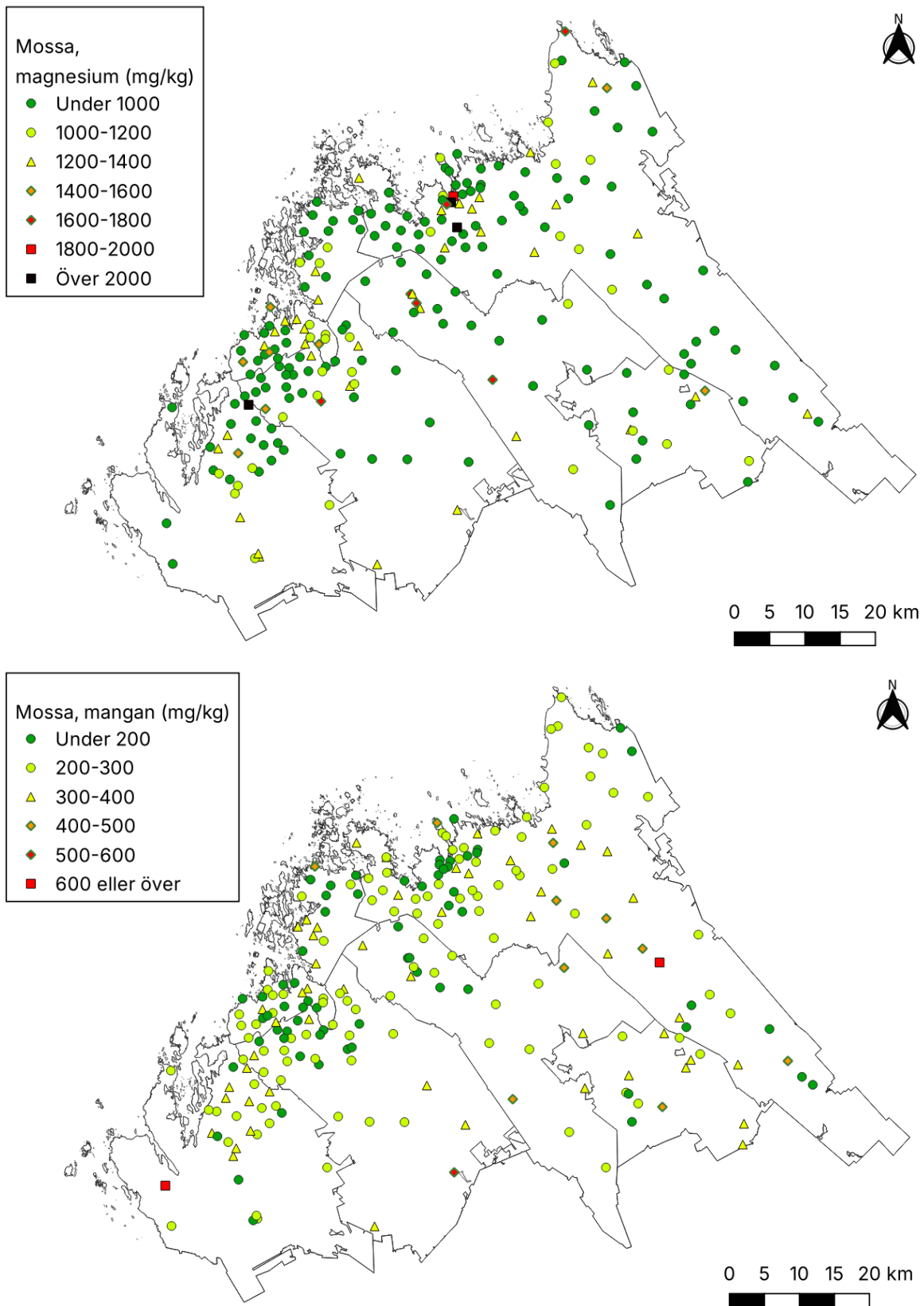
8.12.2025

HR

*Figur 4.24 Mossans koppar- och blyhalter 2025.*

8.12.2025

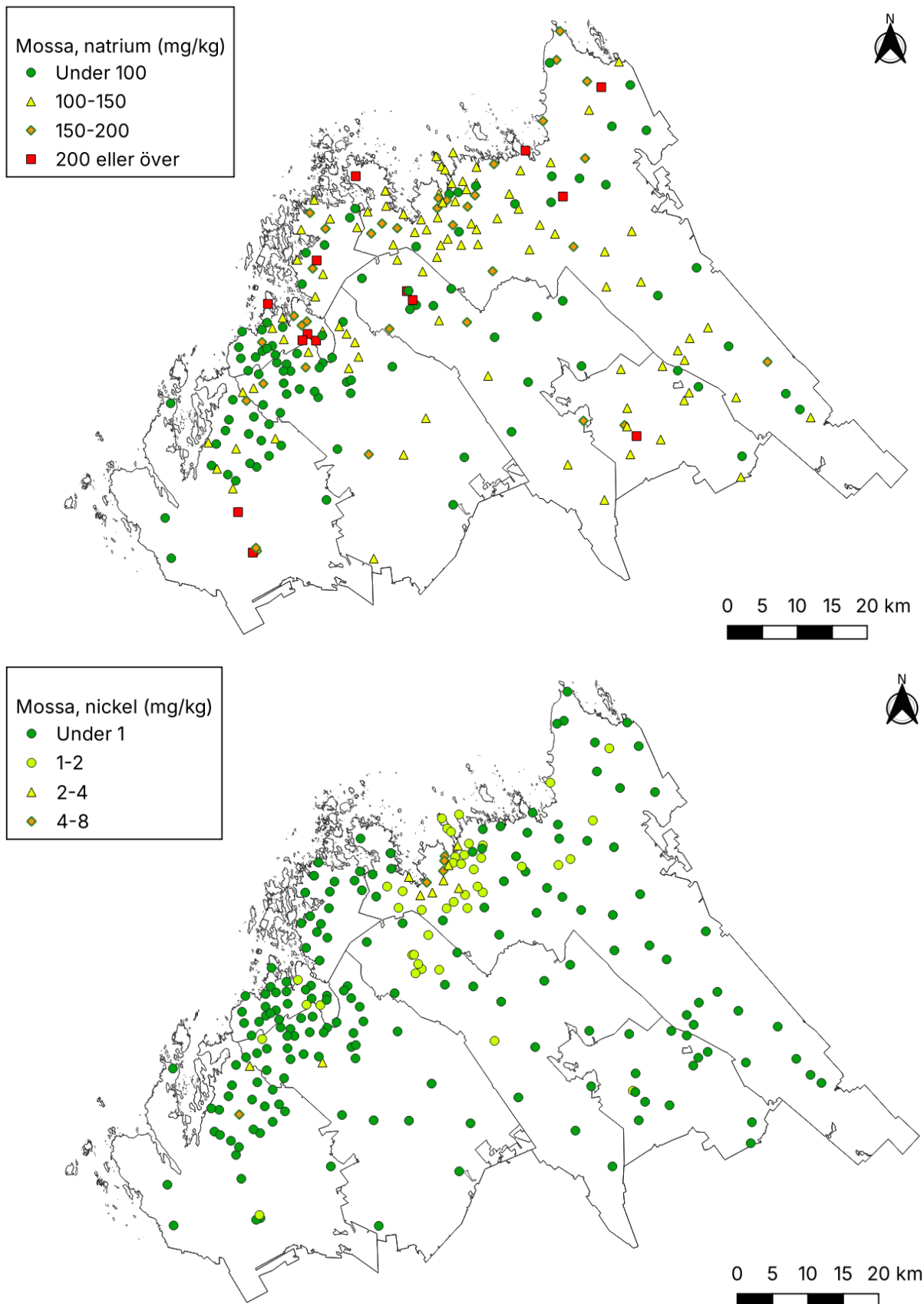
HR



Figur 4.25 Mossans magnesium- och manganhalter 2025.

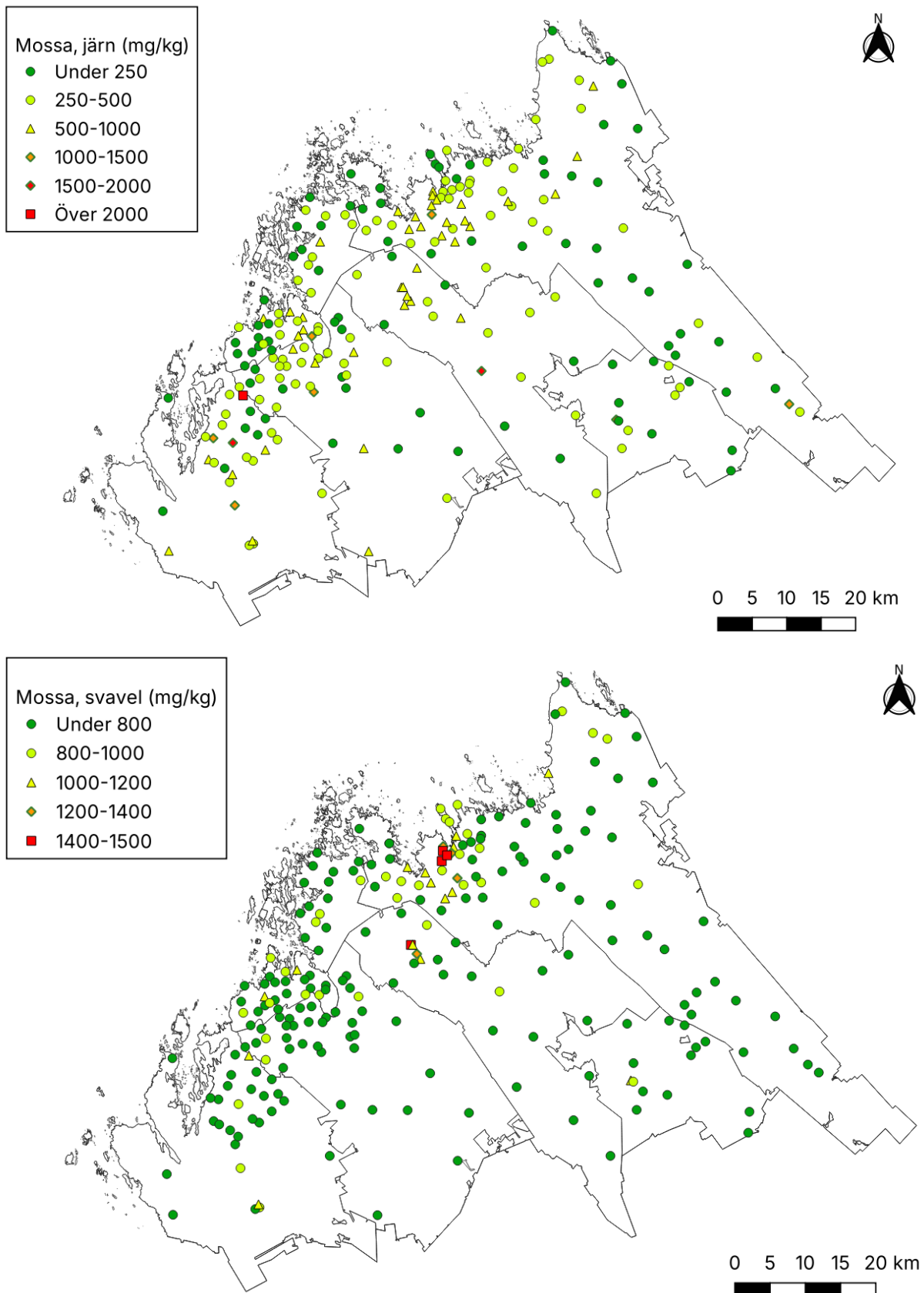
8.12.2025

HR

*Figur 4.26 Mossans natrium- och nickelhalter 2025.*

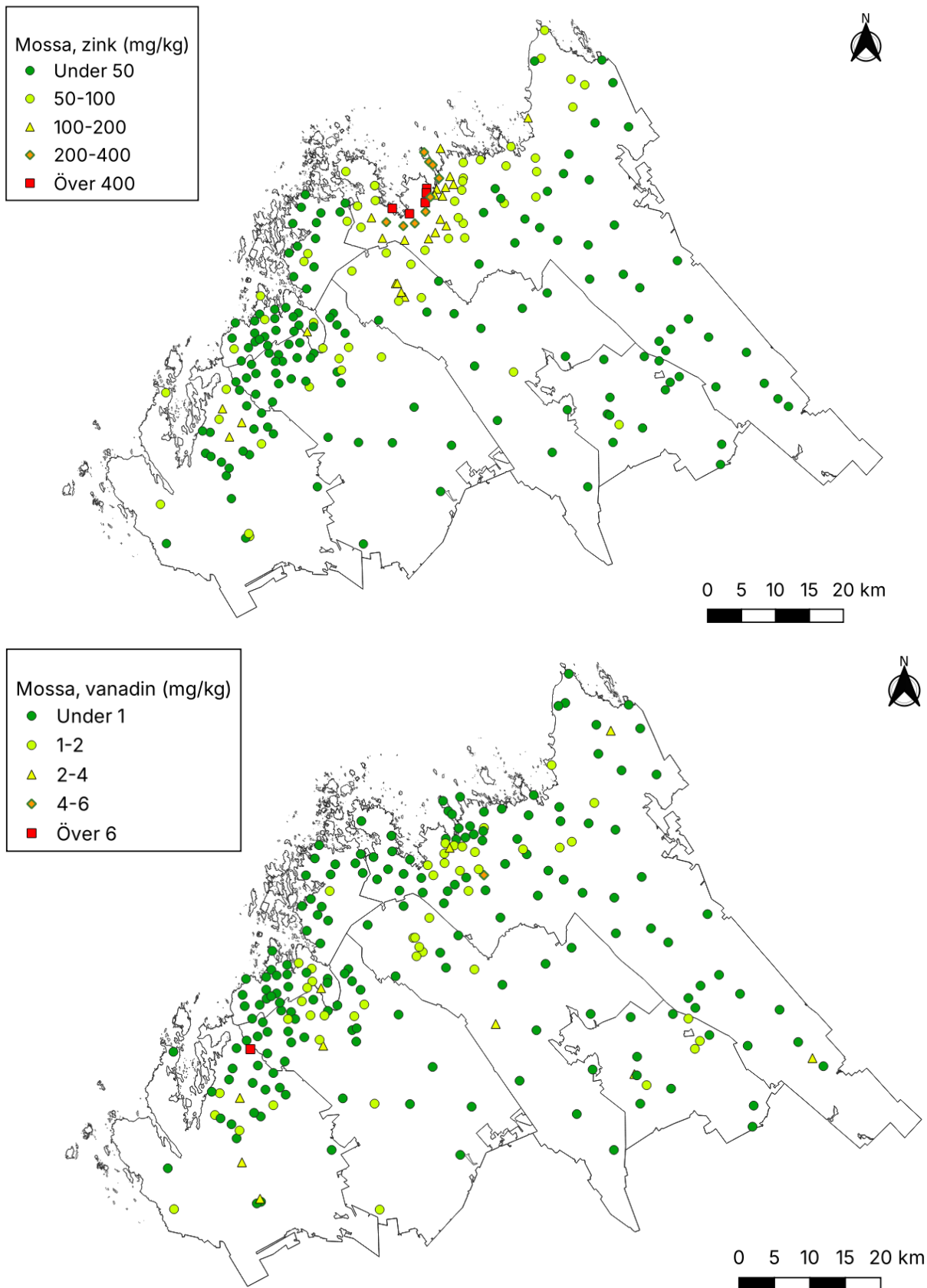
8.12.2025

HR

*Figur 4.27 Mossans järn- och svavelhalter 2025.*

8.12.2025

HR

*Figur 4.28 Mossans zink- och vanadinhalter 2025.*

8.12.2025

HR

I Kaustby överskred arsenikhalten tröskelvärde på en provyta söder om Rapasaari gruva. Inga riktvärden överskreds. (Tabell 4.5)

I Larsmo överskreds det lägre riktvärde för zinkhalten på en provyta i Finholm söder om båthamnen. I Jakobstad överskred blyhalten tröskelvärde på en provyta i centrum. I Nykarleby överskred kopparhalten tröskelvärde på en provyta i Västerskogen. I Pedersöre observerades inga överskridningar av tröskel- eller riktvärden för humus. (Tabell 4.4)

I de belastade områdena i Karleby var halterna av **kadmium, kobolt, koppar, nickel, kvicksilver** och **zink** flera gånger högre än i övriga områden. **Aluminium** förekom mer än på andra uppföljningsytor på ytan K244 nära Rapasaari gruva i Kaustby. Även provytan K15 i Yxpila i Karleby utmärkte sig genom en något högre aluminiumhalt. **Järnhalterna** var förhöjda på ytorna i Yxpila i Karleby samt på en yta i Jakobstad.

Litiumhalterna låg nära eller under bestämningsgränsen, förutom på yta K244 som ligger söder om Rapasaari i Kaustby, där halten var ca 5 mg/kg.

Halterna av **bor, kalcium, kalium, magnesium, mangan, fosfor** och **svavel** förefaller, i likhet med tidigare år, återspegla markens näringsstatus snarare än extern belastning.

Utbytesaciditeten var lägst i Kaustby. **Katjonbyteskapaciteten** var högst i Jakobstad.

8.12.2025

HR

Tabell 4.5. Humusens grundämneshalter (mg/kg torrsvikt) och kemiska egenskaper samt medelvärden på provytorna i Kaustby och Karleby samt på bakgrundsytorna (T1 och T2). Blå markering = tröskelvärde överskridet, gul = nedre riktvärde överskridet, röd = övre riktvärde överskridet (SFR 214/2007) De högsta halterna är markerade med fetstil.

Kommun	Yta	Al	As	Hg	Cd	K	Ca	Co	Cu	Fe	Li	Mg	Na	Ni	Zn	V	Utbytesacid.(ml/kg)	Kat.byteskap. (cmol+/kg)
Tröskelvärde		-	5	0,5	1	-	-	20	100	-	-	-	-	50	200	100	-	-
Lägre riktvärde		-	50	2	10	-	-	100	150	-	-	-	-	100	250	150	-	-
Högre riktvärde		-	100	5	20	-	-	250	200	-	-	-	-	150	400	250	-	-
Karleby	K9	1 700	7,1	1,6	3,7	1 200	3 800	81	85	7 300		590	72	50	820	12	4 100	31,4
Karleby	K10	2 100	22	3,8	9,3	880	3 100	75	220	12 000		590	81	46	2 100	11	3 420	27,4
Karleby	K11	2 200	36	8,4	17	720	1 900	230	640	33 000		430	77	180	2 700	46	4 200	26,4
Karleby	K12	2 500	11	1,2	3,4	530	1 300	83	120	10 000	<1,0	360	71	55	670	17	3 050	24,1
Karleby	K13	2 900	14	1,3	3,9	870	3 000	92	140	12 000	<1,0	600	75	68	750	18	3 710	28,2
Karleby	K14U	2 000	26	4,3	11	910	2 500	250	370	17 000	1,3	650	88	200	2 400	32	11 700	33,1
Karleby	K15	4 300	24	2,8	7,1	820	3 400	130	190	15 000	<1,0	530	87	87	1 400	16	4 370	31,2
Karleby	K16	2 300	7,8	1,4	2,9	750	3 100	44	66	6 800		670	110	33	490	14	6 240	32,8
Karleby	K29	2 000	3,3	0,52	0,89	740	2 700	15	21	3 900		430	81	14	190	8,4	5 690	38,2
Karleby	K30	2 400	2,8	0,65	0,88	890	1 900	13	21	4 500		670	68	14	150	6,4	5 230	38,4
Karleby	K33	2 400	10	1,5	3	850	3 700	49	72	7 300		510	80	37	470	9,7	5 220	38,3
Karleby	K34	2 400	6,5	0,99	1,6	500	1 500	36	55	6 100		540	65	23	380	9	3 520	29,9
Karleby	K35	1 700	4,4	0,77	1,4	620	1 900	23	36	3 900		450	73	19	280	6,9	2 600	30,1
Karleby	K241U	2 200	2,6	0,23	0,6	670	2 100	0,75	5,8		1,2	410	70	2,6	37	4,2	3 800	25,1
Karleby	K242U	1 400	1,2	0,15	0,4	570	1 700	0,94	6,7		1,5	390	47	4	44	3,7	2 680	21,4
Karleby	K60/T1	2 300	1,2	0,23	0,37	1 400	3 100	1,3	6,5			870	92	3,4	55	6	5 240	30,5
Kronoby	K103U/ T2	3 300	1,3	0,13	0,13	660	1 900	0,98	3,2			730	65	2,4	27	18	1 350	14,9
Kaustby	K239	1 700	1,9	0,29	0,38	810	3 200	1	6,2	2 200	1	460	77	3,1	52	7,8	2 830	32,1
Kaustby	K240	520	0,62	0,19	0,2	920	3 300	0,82	6,2		<1,0	450	28	2,1	48	1,7	4 470	28,4
Kaustby	K243U	2 500	1,7	0,23	0,45	660	1 900	2	6,8		<1,0	360	41	3,7	18	3	5 760	27,1
Kaustby	K244U	4 800	5,6	0,14	0,16	1 200	2 200	1,7	6,8		4,9	1 900	68	5,3	44	19	2 090	20,4

8.12.2025

HR

Kommun	Yta	Al	As	Hg	Cd	K	Ca	Co	Cu	Fe	Li	Mg	Na	Ni	Zn	V	Utbytesacid.(ml/kg)	Kat.byteskap. (cmol+/kg)
Tröskelvärde		-	5	0,5	1	-	-	20	100	-	-	-	-	50	200	100	-	-
Lägre riktvärde		-	50	2	10	-	-	100	150	-	-	-	-	100	250	150	-	-
Högre riktvärde		-	100	5	20	-	-	250	200	-	-	-	-	150	400	250	-	-
Medeltal Karleby		2 300	12	2	4,5	768	2507	75	137	10 677	1,3	521	76	56	887	14	4 635	30
Medeltal Kaustby		2 380	2,5	0,21	0,3	898	2650	1,4	6,5	2 200	3	793	54	3,6	41	7,9	3 788	27

Tabell 4.6. Humusens grundämneshalter (mg/kg torrsubstans) och kemiska egenskaper samt kommunvisa medeltal på provytorna i Larsmo, Pedersöre, Jakobstad och Nykarleby. I tabellen redovisas även medeltalen för Karleby och Jakobstad i tillämpliga delar. Blå markering = tröskelvärdet överskridet, gul = nedre riktvärde överskridet, röd = övre riktvärde överskridet (SFR 214/2007). De högsta halterna är markerade med fetstil.

Kommun	Yta	Al	B	Cd	K	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Zn	Utbytesacid.	Kat.byteskap.
Medeltal		-	-	1	-	-	100	100	-	-	-	50	-	60	-	200	-	-
Lägre riktvärde		-	-	10	-	-	200	150	-	-	-	100	-	200	-	250	-	-
Högre riktvärde		-	-	20	-	-	300	200	-	-	-	150	-	750	-	400	-	-
Larsmo	K134U	2 900	< 5	0,49	670	3 200	3	11	4 800	440	20	6,4	780	34	1 500	40	6 040	39,2
Larsmo	K135	1 500	< 5	0,37	640	3 600	2,7	9,6	1 800	580	86	9,3	630	33	1 600	64	6 430	38,4
Larsmo	K136	1 800	7	0,35	630	2 200	4	27	5 700	500	44	22	690	22	1 000	99	2 260	23,6
Larsmo	K140U	1 100	6	0,72	920	3 300	3,7	11	1 700	840	71	6	710	28	1 600	370	4 550	36,1
Pedersöre	K145	1 900	< 5	0,39	1 300	2 800	3,5	13	2 300	730	110	5,5	810	29	1 500	74	5 160	35,4
Pedersöre	K149	2 900	< 5	0,32	1 000	2 700	7,3	19	4 300	1 000	29	6,7	610	37	1 700	62	5 580	36,6
Pedersöre	K153	2 000	< 5	0,42	820	3 300	3,8	8,3	2 800	920	51	5,6	670	21	1 400	53	4 730	21,6
Pedersöre	K155	1 600	< 5	0,32	540	2 700	2,4	8,5	1 700	470	19	4,9	650	28	1 800	52	6 490	27,4
Pedersöre	K156	1 400	< 5	0,72	910	3 000	1,3	9,7	2 600	760	54	7,6	650	28	1 400	81	3 780	32,6
Pedersöre	K164	2 600	< 5	0,21	550	2 300	3,4	5,3	12 000	380	63	3	740	30	1 300	26	4 750	25,7
Pedersöre	K169	1 500	< 5	0,48	530	2 400	2,3	6,1	1 600	500	13	4,2	510	28	1 200	52	4 500	30,6
Pedersöre	K174U	4 900	< 5	0,33	1 200	1 700	11	6,8	5 600	1 400	72	6,6	430	32	710	42	2 780	31,7
Pedersöre	K176	1 400	< 5	0,28	870	3 300	2,7	6,6	1 700	540	150	3,8	690	18	1 400	53	6 560	32,1

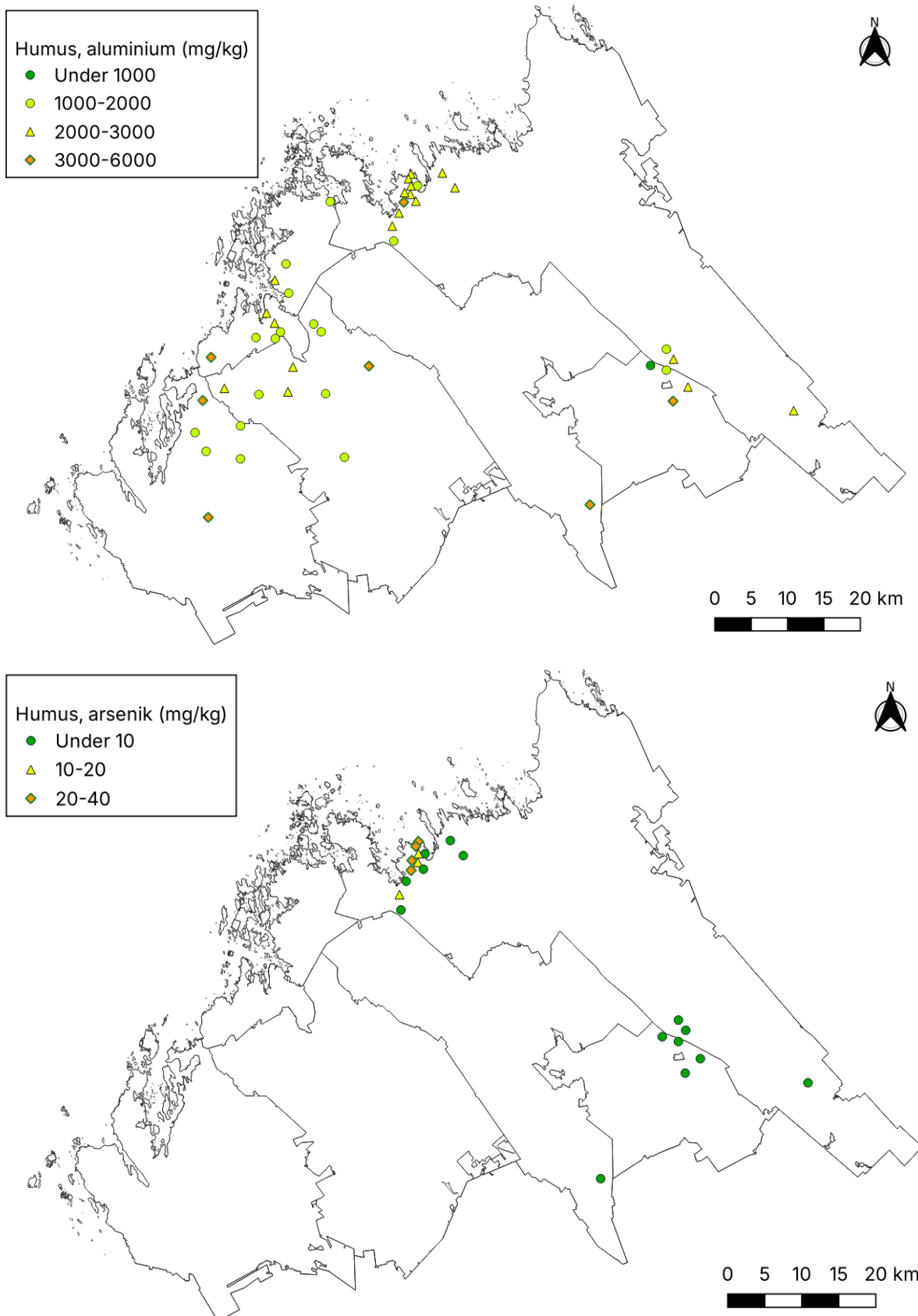
8.12.2025

HR

Kommun	Yta	Al	B	Cd	K	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Zn	Utbytesacid.	Kat.byteskap.
Medeltal		-	-	1	-	-	100	100	-	-	-	50	-	60	-	200	-	-
Lägre riktvärde		-	-	10	-	-	200	150	-	-	-	100	-	200	-	250	-	-
Högre riktvärde		-	-	20	-	-	300	200	-	-	-	150	-	750	-	400	-	-
Jakobstad	K184	2 600	< 5	0,34	720	3 600	6,7	12	4 800	690	55	10	680	50	1 300	56	1 700	31,9
Jakobstad	K186	1 700	8	0,23	470	2 900	3,5	9,8	2 400	400	75	5,5	580	55	1 300	44	4 650	35
Jakobstad	K187	2 300	< 5	0,29	950	4 900	6	15	4 200	570	62	12	950	60	1 900	67	4 990	40,3
Jakobstad	K188	1 800	< 5	0,41	930	2 900	4,5	11	2 700	570	74	6,4	810	49	1 600	68	4 770	37,4
Jakobstad	K197	1 400	< 5	0,37	700	2 800	2,4	7,6	1 900	440	27	4,3	610	19	1 300	84	2 580	37,3
Jakobstad	K201	3 900	< 5	0,6	560	1 800	5,2	14	31 000	350	42	4,5	920	25	2 000	33	6 760	34,8
Nykarleby	K203U	5 800	< 5	0,28	630	240	3,2	150	2 500	320	7,5	6,9	1 200	34	2 500	12	6 660	31,5
Nykarleby	K208	1 200	< 5	0,29	610	3 200	2	5,4	1 400	390	220	2,8	670	14	1 300	50	3 890	32,7
Nykarleby	K212U	1 700	< 5	0,16	710	2 600	3,4	8,2	2 200	340	52	3,7	780	30	1 500	43	4 570	31,7
Nykarleby	K218	1 800	< 5	0,3	540	2 300	3	6,1	1 800	360	47	3,9	560	27	1 600	38	5 050	34,6
Nykarleby	K224	1 300	< 5	0,55	470	3 000	1,9	5,1	1 300	630	49	3,8	580	32	1 700	35	6 100	30,2
Nykarleby	K229U	4 400	10	0,16	1 300	3 000	13	12	9 700	1 400	120	5,5	930	27	1 500	63	307	31,1
Medeltal Karleby		2 300		4,5	768	2 507		137	10 677	521		56				887	4 635	30
Medeltal Kaustby		2 380		0,3	898	2 650		6,5	2 200	793		3,6				41	3 788	27
Medeltal Pedersöre		2 244	< 5	0,39	858	2 689	4,2	9,3	3 844	744	62	5,3	640	28	1 379	55	4 926	30
Medeltal Larsmo		1 825	5,8	0,48	715	3 075	3,4	15	3 500	590	55	11	703	29	1 425	143	4 820	34
Medeltal Jakobstad		2 283	5,5	0,37	722	3 150	4,7	12	7 833	503	56	7,1	758	43	1 567	59	4 242	36
Medeltal Nykarleby		2 700	6	0,29	710	2 390	4,4	31	3 150	573	83	4,4	787	27	1 683	40	4 430	32

8.12.2025

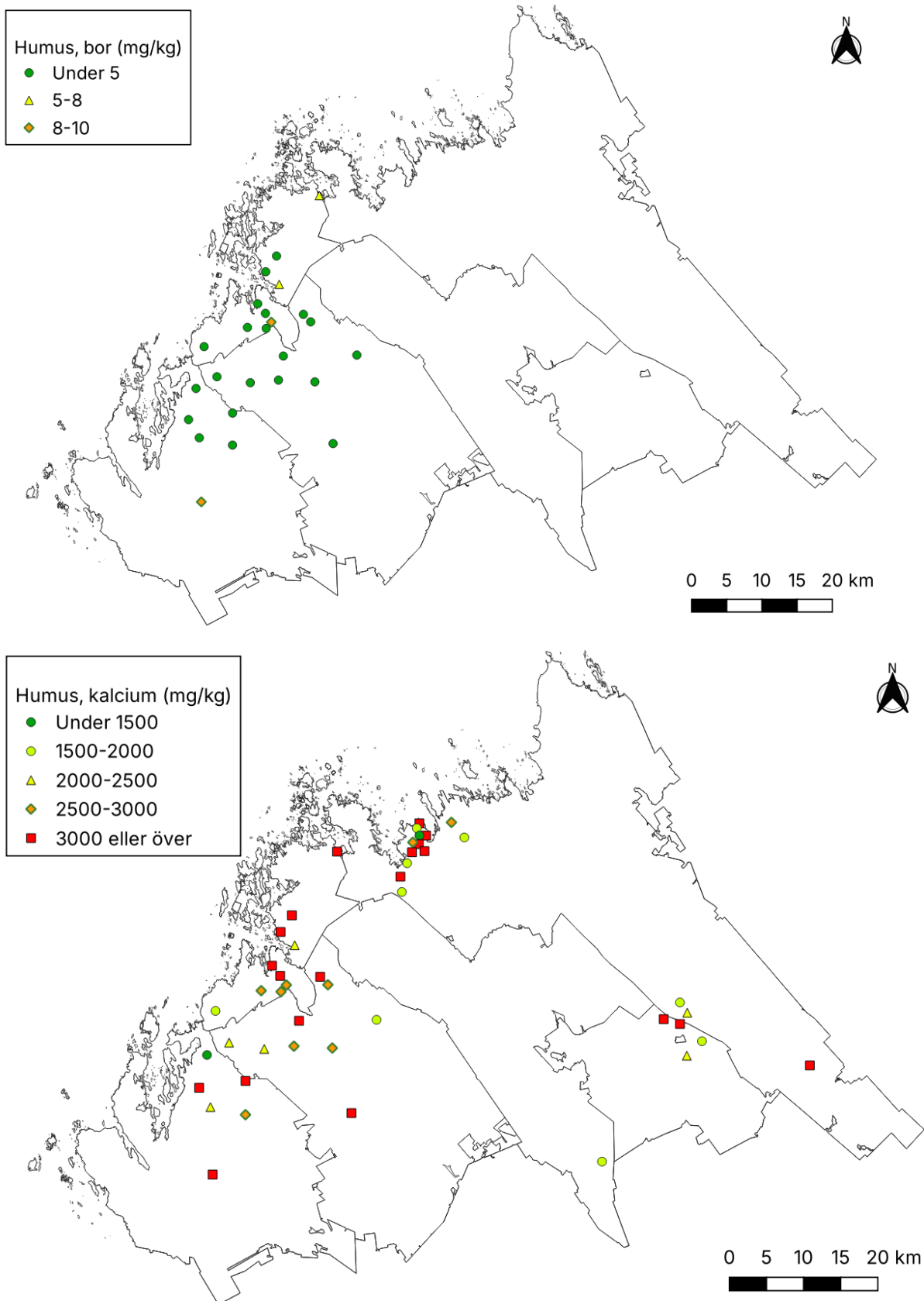
HR



Figur 4.30. Humusens aluminium- och arsenikhalter 2025.

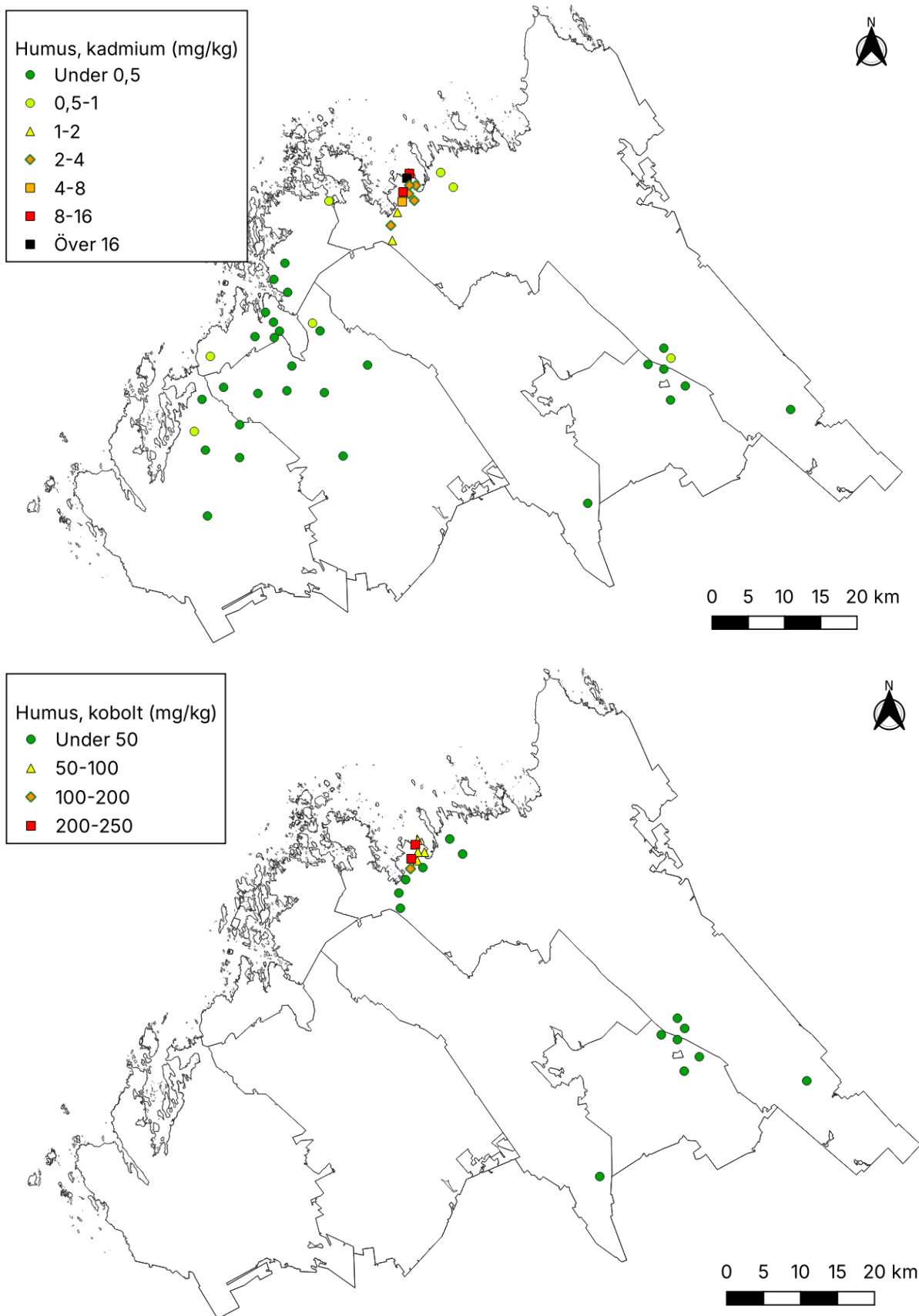
8.12.2025

HR

*Figur 4.31. Humusens bor- och kalciumhalter 2025.*

8.12.2025

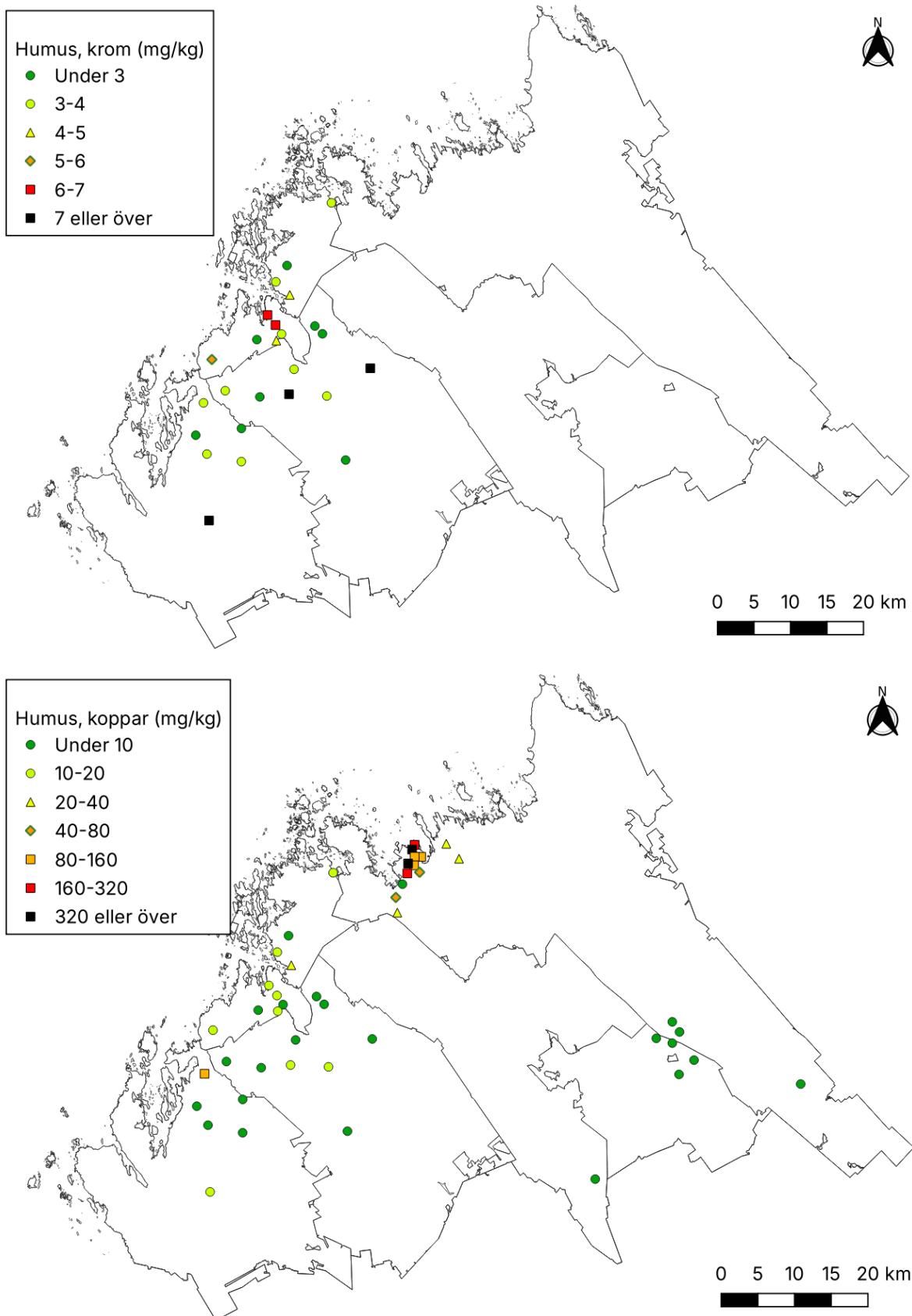
HR



Figur 4.32. Humusens kadmium- och kobolthalter 2025.

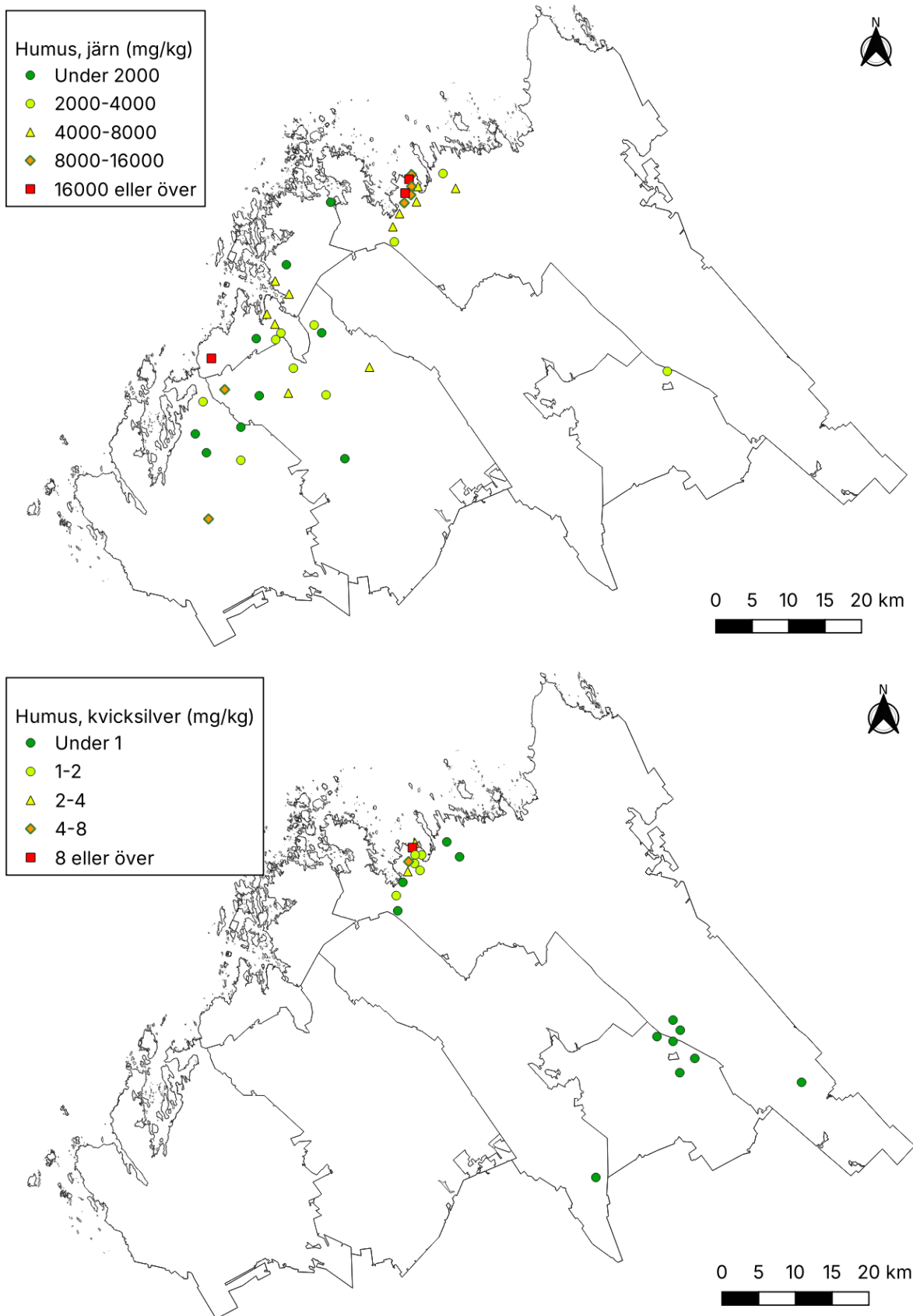
8.12.2025

HR

*Figur 4.33. Humusens krom- och kopparhalter 2025.*

8.12.2025

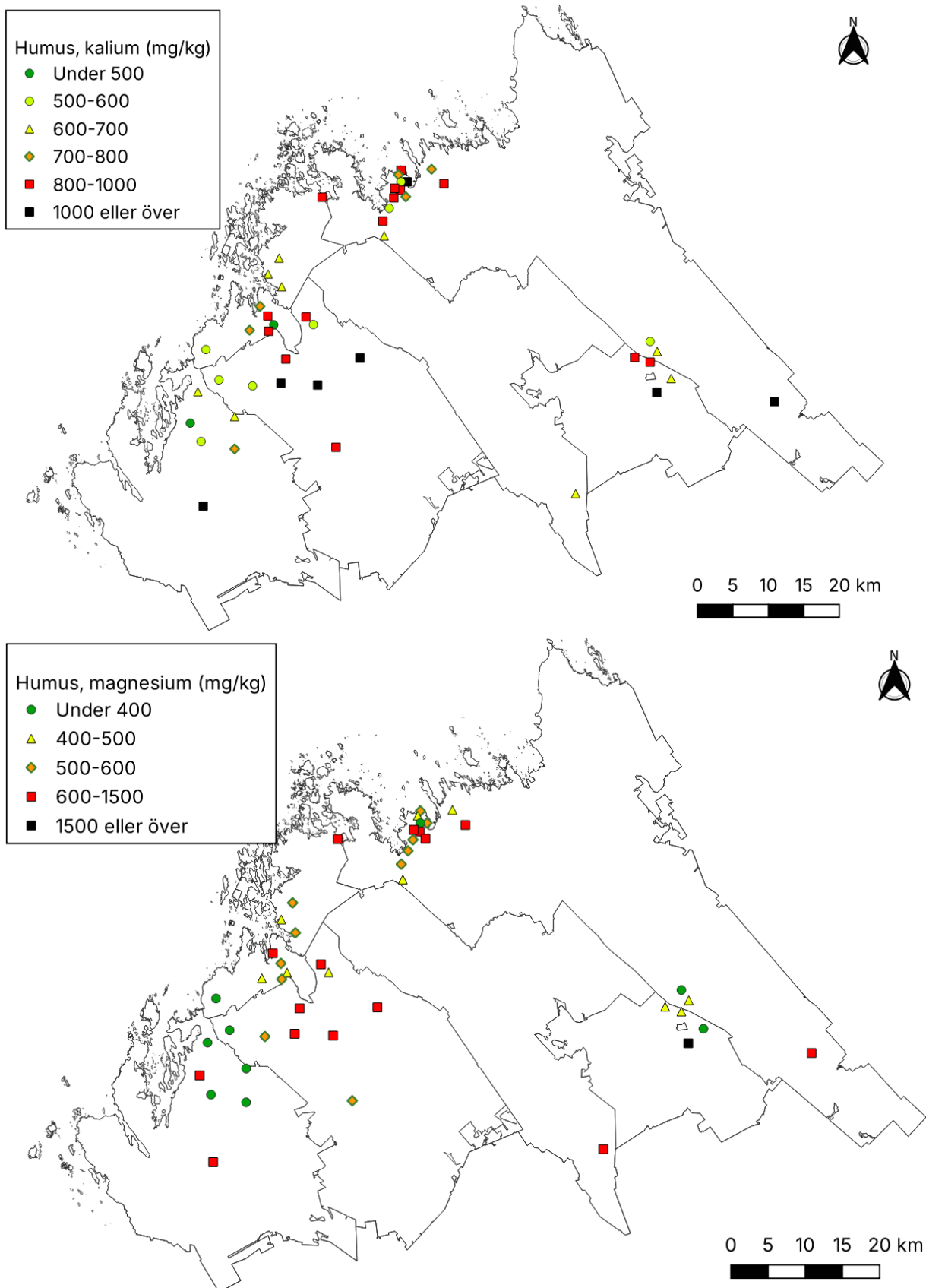
HR



Figur 4.34. Humusens järn- och kvicksilverhalter 2025.

8.12.2025

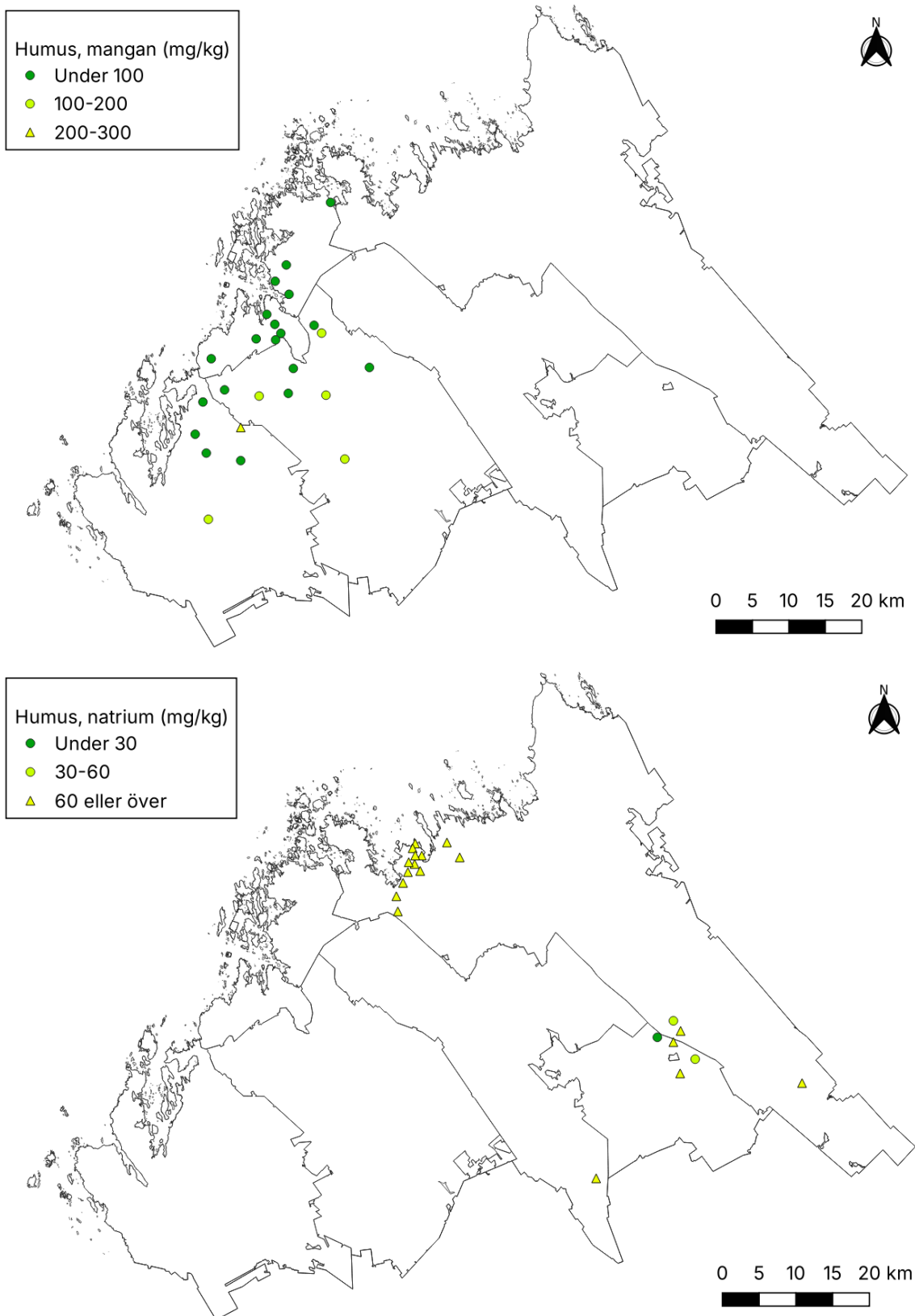
HR



Figur 4.35. Humusens kalium- och magnesiumhalter 2025.

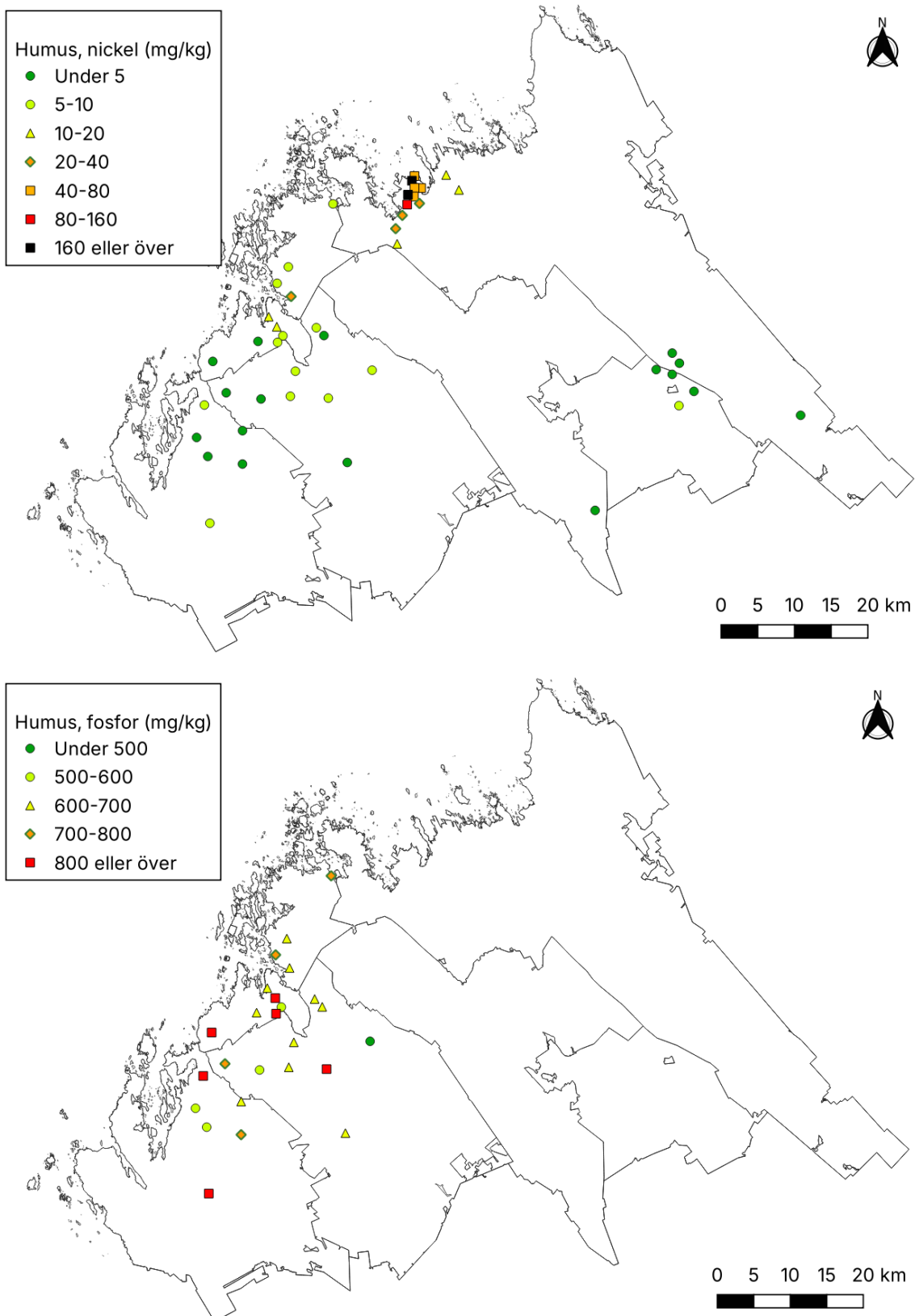
8.12.2025

HR

*Figur 4.36. Humusens mangan- och natriumhalter 2025.*

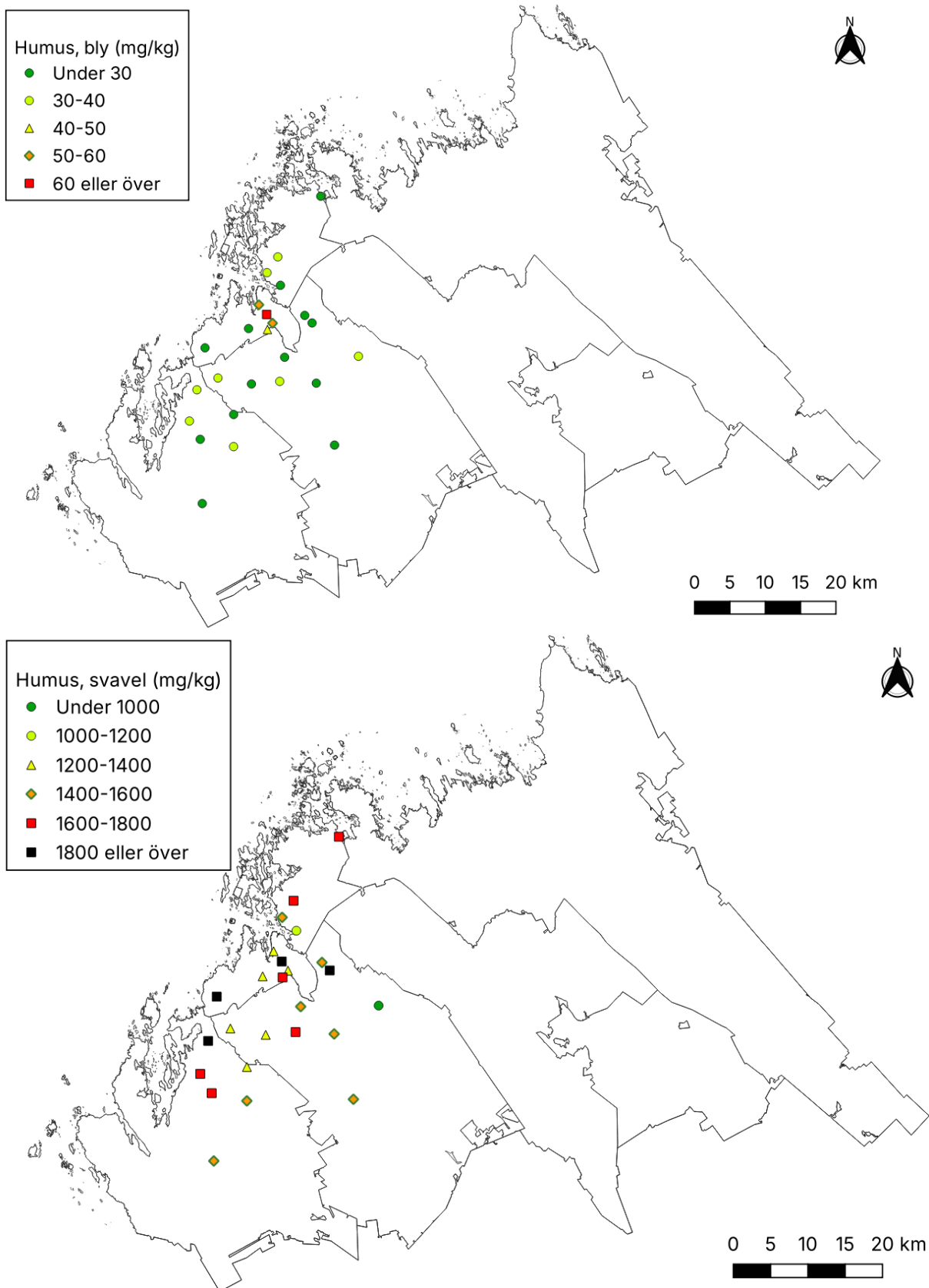
8.12.2025

HR

*Figur 4.37. Humusens nickel- och fosforhalter 2025.*

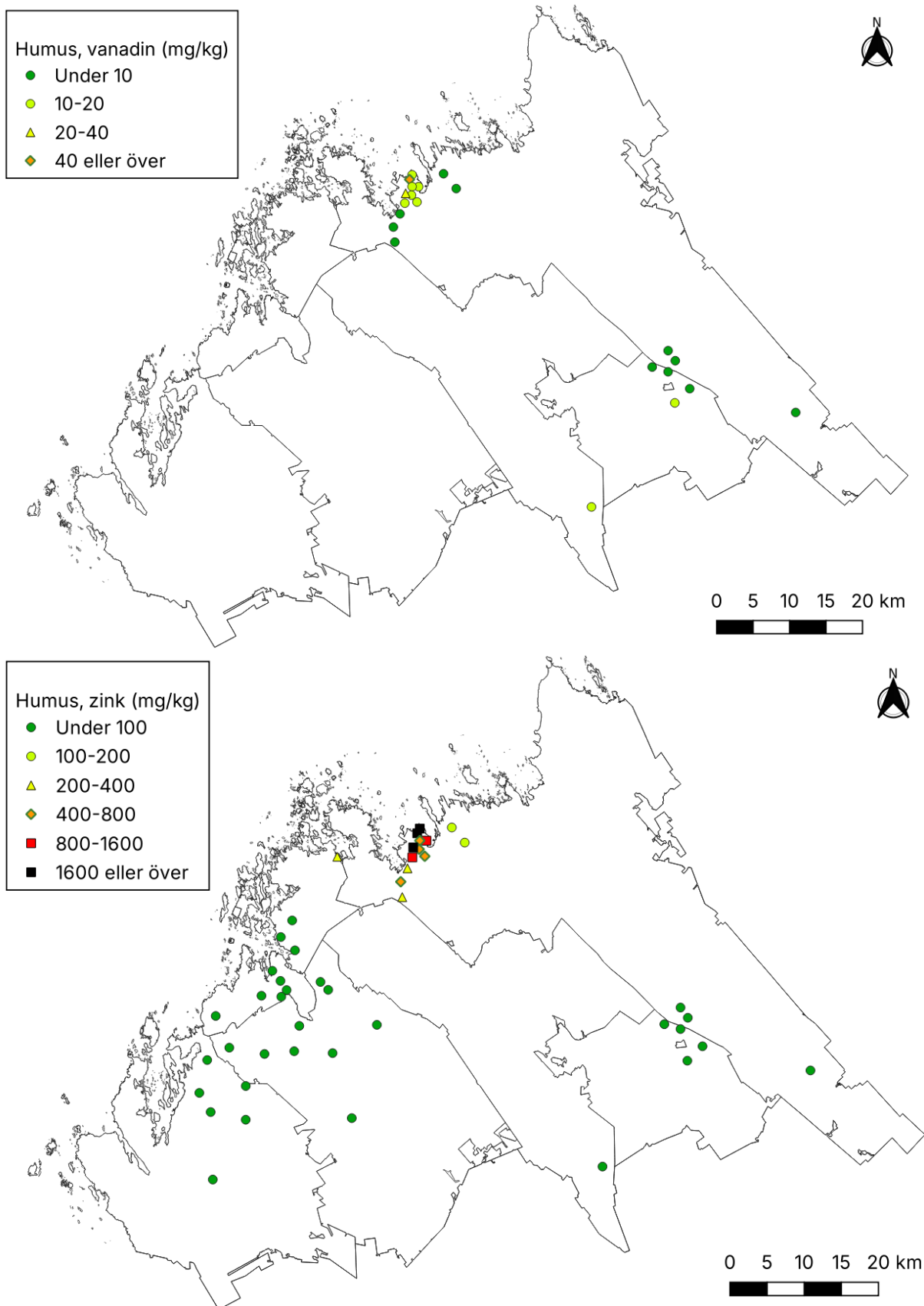
8.12.2025

HR

*Figur 4.38. Humusens bly- och svavelhalter 2025.*

8.12.2025

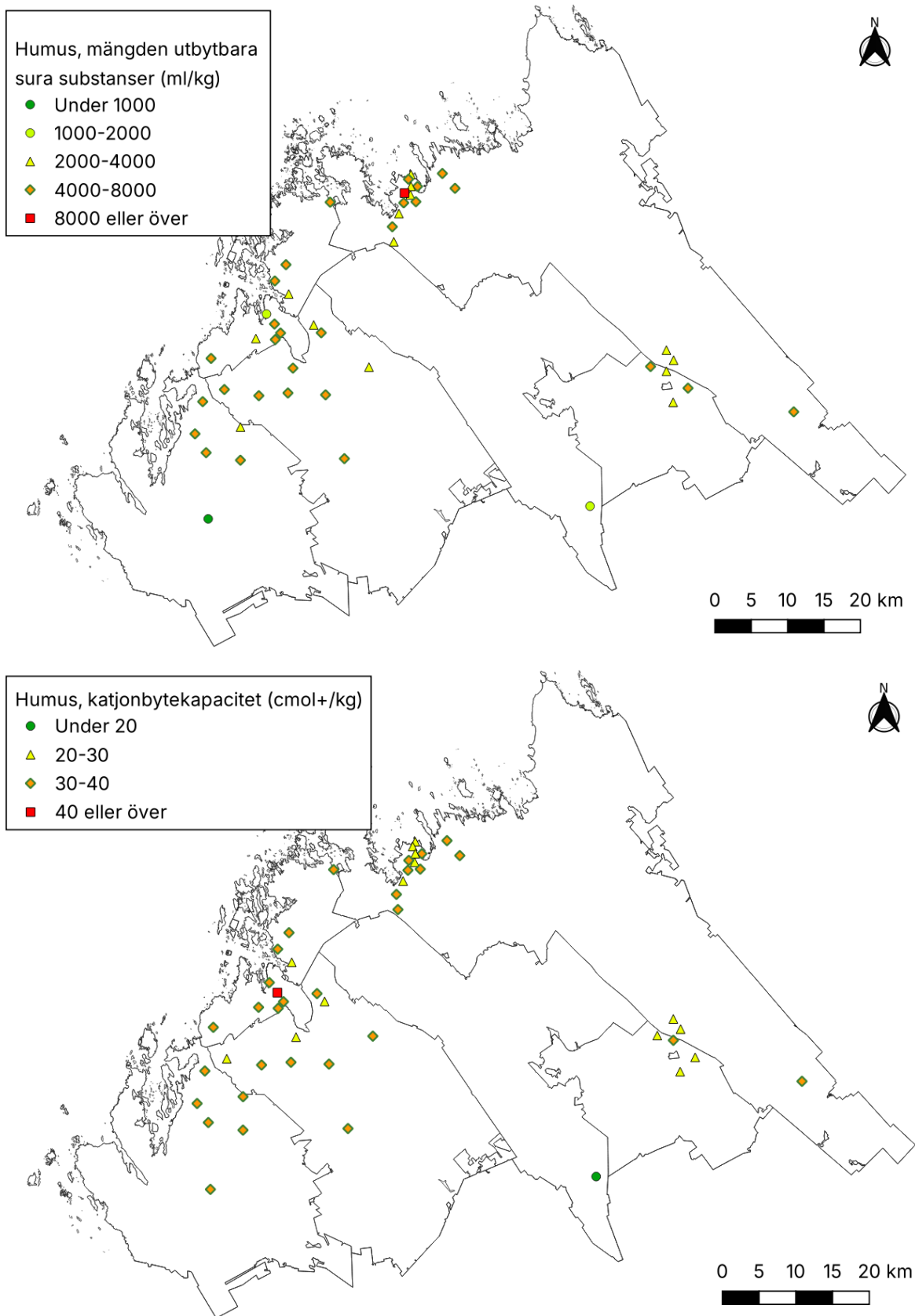
HR



Figur 4.39. Humusens vanadin- och zinkhalter i uppföljningsområde 2025.

8.12.2025

HR



Figur 4.40. Humusens utbytesaciditet och katjonbyteskapacitet 2025.

5 Statistisk granskning av resultaten

5.1 Statistisk granskning av lavvariablerna

De variabler som beskriver provytans naturförhållanden och de variabler som beskriver luftkvaliteten och utsläppskällorna har konstaterats uppvisa en statistiskt signifikant korrelation med lavindikatorerna i bioindikatoruppföljningar utförda på andra håll i Finland (t.ex. Lehtonen m.fl.2013, Lehtonen m.fl.2012, Huuskonen m.fl.2010, Laita m.fl. 2008a, Laita m.fl. 2008b). I detta avsnitt granskas de klassificerade och kontinuerliga variabelernas inverkan på lavvariablerna.

5.1.1 Klassvariablernas inverkan

Klassvariablernas inverkan på lavvariablerna granskades med hjälp av icke-parametrisk Kruskal-Wallis variansanalys och Mann-Whitney-test, som visar om skillnaderna mellan de olika klassernas varianser är statistiskt signifikant. Resultaten av de statistiska analyserna visar om skillnaderna mellan de olika klassernas varianser är statistiskt signifikant. De granskade klassvariablerna var skogens lämplighet, skogstyp, utvecklingsklass, placering under 1 km, 2 km och 5 km från den närmaste utsläppskällans och den närmaste tillståndspliktiga utsläppskällans verksamhetsområden. De tillståndspliktiga utsläppskällorna redovisas i Figur 2.4 och Figur 2.5.

Tabell 5.1 Bakgrundsvariablernas inverkan på lavvariablerna. Inverkan granskades med hjälp av Kruskal-Wallis variansanalys. Testresultaten har indelats i nästan signifikanta (= $p < 0,05$), signifikanta (** = $p < 0,01$) mycket signifikanta (***) = $p < 0,001$) resultat.*

	Skogs- typ	Utvecklings- klass	Lämplig- het	< 1 km	< 2 km	< 5 km	Närmaste utsläppskällans verksamhets- område
IAP	< 0,001***	0,980	< 0,001***	0,001**	<0,001***	0,002**	0,005**
Artantal/yta	< 0,001***	0,622	< 0,001***	0,025*	0,003**	0,002**	0,062
Artantal/träd	< 0,001***	0,936	< 0,001***	0,002**	<0,001***	0,002**	0,004**
Blåslavens skadeklass	0,001**	0,146	<0,001***	0,002**	0,008**	0,071	< 0,001***
Allmän skadeklass	< 0,001***	0,294	<0,001***	0,003**	0,065	0,114	< 0,001***
Algens utbredning	< 0,001***	0,484	<0,001***	<0,001***	0,004**	0,013*	0,016*
Blåslavens täcknings- grad	0,594	0,307	0,008**	0,684	0,684	0,684	< 0,001***
Tagellavarnas täcknings- grad	0,355	0,030*	0,248	0,265	0,265	0,265	0,276

Skogstypen beskriver växtplatsen i relation till dess näringsinnehåll och vattenhushållning. Lavarna klarar sig i allmänhet sämre i frodiga skogstyper än i karga sådana, eftersom lavar trivs på ljusa växtplatser och frodiga växtplatser, vilka ofta har tätare trädbestånd och mer undervegetation än karga områden. I den här uppföljningen inverkade skogstyperna på fördelningen av IAP-indexet, artantalet, blåslavens skadeklass, den allmänna skadeklassen, algens utbredning och blåslavens täckning. Skogstypen påverkade inte täckningsgraden för blåslaven och tagellavar. Artantalet var större och därför var också IAP-indexets värde högre än genomsnittet i kargare skogstyper (CT, VT) jämfört med de frodigare skogstyperna (MT, OMT). Blåslavens skador och de allmänna skadorna var mindre i de kargare 87 skogstyperna jämfört med de frodigare skogstyperna. Det fanns inga statistiska skillnader i täckningsgrad för blåslav och tagellavar mellan de olika skogstyperna. Algförekomsten på trädstammarna var vanligare på bördiga växtplatser jämfört med kargare skogstyper.

Skogens utvecklingsklass bedömdes på skalan ung-uppväxt-mogen. Man strävar i allmänhet efter att förlägga provytorna för lavkartläggning till mogna eller uppväxta skogsbestånd, eftersom trädens ålder förefaller påverka arternas förhållanden. Blåslaven är ofta rikligare på unga tallar än på äldre, och känsliga indikatorarter är mindre utbredda i unga skogar. Utvecklingsklassen hade en statistiskt signifikant inverkan på den allmänna skadeklassen och algens utbredning. Skogens utvecklingsklass hade ingen inverkan på andra indikatorer.

8.12.2025

HR

Skogens lämplighet för lavkartläggning är forskarens subjektiva uppfattning om hur goda provytans växtförhållanden är med tanke på tallens stamlavar. Lavarnas växtförhållanden försämras av för mycket skugga, solgass eller ogynnsamma mikroklimatiska faktorer, och dessa bedöms utifrån trädbeståndets ålder, trädarternas förhållanden, skogstypen samt trädbeståndets bottenyta och längd. Skogens lämplighet bedöms utifrån beståndets ålder, höjd, trädslagsförhållanden, skogstyp och bottenyta. I skog som klassificerats som väl lämpad antas bakgrundsvariablernas inverkan vara liten, i måttlig skog har bakgrundsvariablerna en märkbar inverkan på lavarna och i dålig skog är bakgrundsvariablernas inverkan stor. Skogens lämplighet hade i denna uppföljning en inverkan på IAP-indexet, antalet arter, skadorna på blåslav, den allmänna skadegraden, blåslavens täckning och algernas täckning. Antalet arter och IAP-indexet var högre på de väl lämpade ytorna än på de måttligt och dåligt lämpade ytorna, och på de måttligt lämpade ytorna var indexet högre än på de dåligt lämpade ytorna. Blåslavens skadegrad var lägre på väl och måttligt lämpade provytor jämfört med dåligt lämpade, men mellan de väl och måttligt lämpade provytorna fanns ingen skillnad. Den allmänna skadegraden skilde sig statistiskt mellan alla lämplighetsklasser, där skadegraden var högst på de dåligt lämpade och lägst på de väl lämpade provytorna. Blåslavens täckning var större på väl och måttligt lämpade provytor än på dåligt lämpade. Algernas täckning skilde sig statistiskt mellan alla lämplighetsklasser, där den var störst på de dåligt lämpade och minst på de väl lämpade provytorna. Effekterna är likartade vad gäller lämpligheten och skogstypen, dvs. de provytor som lämpade sig bättre för uppföljningen var ofta torra livsmiljöer, där ljusförhållandena var gynnsamma för lavarna i området. Bördigare livsmiljöer har klassificerats i måttliga och dåliga lämplighetsklasser, där skuggningen har varit kraftigare och förhållandena för lavarna sämre, bland annat på grund av skuggningen. På bördigare ytor var även algtäckena mer omfattande.

Placeringen av provytan inom en buffertzona på 1, 2 eller 5 km från en tillståndspliktig utsläppskälla påverkade på IAP-indexet, artantalet, och algens utbredning i alla klasser. Det att uppföljningsområdet var beläget i närheten av utsläppskällan försämrade IAP-indexet och artantalet, samt ökade förekomsten av alger på stammen. Även provytans placering på mindre än en och två kilometers avstånd från en utsläppskälla ökade blåslavens skadegrad. Inom zonen på fem kilometer observerades ingen statistiskt signifikant skillnad jämfört med provytor belägna längre bort. Också den allmänna skadegraden var högre inom en kilometers avstånd från utsläppskällan, men på övriga avstånd observerades ingen skillnad längre. Avståndet hade ingen inverkan på täckningsgraden av blåslav och tagellavar. Huvuddelen av provytorna (95 %) låg inom fem kilometers avstånd från någon av de granskade utsläppskällorna. Av ytorna låg 66 % mindre än två kilometer och 33 % mindre än en kilometer från någon utsläppskälla.

Den närmaste utsläppskällans bransch hade en statistiskt signifikant inverkan på IAP-indexet, antalet arter på trädstammen, skadegraderna, förekomsten av alger samt blåslavens täckningsgrad. I närheten av energiproduktion, pälsdjursfarmer och industri var

8.12.2025

HR

IAP-indexet och artantalet lägre, och skadegraden hos lavar högre, än i området i genomsnitt i denna uppföljning.

Det fanns också mer alger i närheten av dessa verksamheter. Blåslavens täckning var lägre än genomsnittet när branschen för den närmaste utsläppskällan vid provytan var djurskydd, pälsdjursfarmar eller energiproduktion. Inverkan från andra branscher var inte lika tydligt märkbar i denna uppföljning. Branscherna påverkade inte lavarnas täckningsgrad. (Tabell 5.1 och Tabell 5.3)

Tabell 5.2 - Medelvärden, minimi- och maximivärden för lavarnas nyckeltal, beräknade utifrån provytornas granskningsavstånd. Som granskningsavstånd användes 1, 2 och 5 kilometer. Nej = provytan ligger längre bort än granskningsavståndet, och ja = provytan ligger inom granskningsavståndet.

Lavindikatorer		< 1 km		< 2 km		< 5 km	
		Nej 233	Ja 11	Nej 212	Ja 32	Nej 154	Ja 90
IAP-index	Medeltal	1,65	1,14	1,68	1,23	1,77	1,38
	Min.	0	0,30	0	0	0	0
	Max.	3,43	1,73	3,43	2,63	3,43	2,85
Artantal/yta	Medeltal	4,11	3,18	4,19	3,25	4,39	3,52
	Min.	0	1	0	0	0	0
	Max.	9	5	9	7	9	8
Artantal/träd	Medeltal	3,16	2,26	3,22	2,41	3,37	2,68
	Min.	0	0,6	0	0	0	0
	Max.	6,2	3,4	6,2	4,8	6,2	5,2
Blåslavens skadeklass	Medeltal	2,46	3,26	2,41	3,05	2,35	2,74
	Min.	1,10	2	1,10	1,5	1,10	1,10
	Max.	5	5	5	5	5	5
Allmän skadeklass	Medeltal	3,59	4,12	3,56	3,96	3,51	3,8
	Min.	1,1	3,8	1,1	2,5	1,1	2,0
	Max.	5	4,7	5	5	5	5,0
Algens utbredning	Medeltal	0,61	1,87	0,56	1,34	0,47	1,00
	Min.	0	0	0	0	0	0
	Max.	3	3	3	3	3	3
Blåslavens täckningsgrad	Medeltal	9,1	16,4	9,21	11,42	8,37	11,44
	Min.	0	0	0	0	0	0
	Max.	48,2	61,1	48,2	61,1	48,2	61,1
Tagellavarnas täckningsgrad	Medeltal	0,19	0	0,20	0,006	0,23	0,082
	Min.	0	0	0	0	0	0
	Max.	11,9	0	11,9	0,2	11,9	1,8

8.12.2025

HR

Tabell 5.3 Lavindikatorer i hela områden efter den närmaste utsläppskällans verksamhetsområde.

		Hela område 244	Djurstall 75	Energiproduktion 4	Marktäkts- verksamhet 33	Industri 9	Pälsfarm 35	Torvproduktion 7	VOC 34	Miljötjänster 34
IAP	Medeltal	1,6	1,7	1,3	1,7	1,5	1,3	2,5	1,7	1,6
	Min.	0	0,30	0,59	0,98	0	0	1,9	0,39	0
	Max.	3,4	2,9	2,1	3,2	2,3	2,8	3,4	3,2	3,4
Artantal/yta	Medeltal	4,1	4,3	3,3	4,1	3,9	3,4	5,7	4,4	3,9
	Min.	0	1	2	2	0	0	4	1	0
	Max.	9	9	5	7	7	8	9	8	7
Artantal/träd	Medeltal	3,1	3,2	2,5	3,3	2,9	2,5	4,7	3,2	3,1
	Min.	0	0,6	1,2	2,0	0,0	0,0	3,8	0,8	0,0
	Max.	6,2	5,4	4,0	5,8	4,4	5,2	6,2	5,6	6,0
Blåslavens skadeklass	Medeltal	2,5	2,4	3,3	2,0	2,5	3,3	1,7	2,2	2,7
	Min.	1,1	1,2	1,7	1,1	1,6	1,5	1,2	1,2	1,1
	Max.	5,0	5,0	4,8	3,9	5,0	5,0	2,2	4,1	5,0
Allmän skadeklass	Medeltal	3,6	3,6	3,9	3,5	3,7	4,1	3,1	3,3	3,7
	Min.	1,1	2,1	2,8	2,0	2,9	2,6	2,1	1,1	1,1
	Max.	5,0	4,7	4,6	4,0	5,0	5,0	4,0	4,2	5,0
Algens förekomst	Medeltal	0,7	0,6	1,4	0,4	0,9	1,0	0,03	0,7	0,8
	Min.	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Max.	3	3,0	2,6	2,0	3,0	2,6	0,2	3,0	3,0
Blåslavens täckningsgrad	Medeltal	9,5	7,6	5,0	12	15	4,4	11	16	8,2
	Min.	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0
	Max.	61	48	10	39	61	29	17	45	44
Tagellavarnas täckningsgrad	Medeltal	0,18	0,04	0,68	0,35	0,00	0,01	0,04	0,62	0,07
	Min.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max.	12	0,80	2,7	5,7	0,00	0,30	0,30	12	1,4

5.1.2 Regressionanalyser

Med hjälp av regressionsanalyser undersöktes bakgrundsvariablernas inverkan på de sju variabler som förmodas beskriva luftkvaliteten: IAP-indexet, antalet arter som tar skada av luftföroreningar, blåslavens skadeklass, den allmänna skadeklassen, algens utbredning, blåslavens täckning och tagellavarnas täckning (Tabell 5.4– Tabell 5.10). I tabell 5-11 finns ett sammandrag av resultaten av regressionsanalyserna.

Tabell 5.4 Resultaten av den regressionsanalys som gjorts av luftrenhetsindexet. Nästan signifikant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (), signifikant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket signifikant ($p < 0,001$) med tre (***).*

IAP-index ($r^2 = 36,4\%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Konstant	2,836	0,343		8,269	0,000***
Trädbeståndets ålder	0,006	0,002	0,209	3,416	0,001***
Trädebeståndets höjd (m)	-0,014	0,012	-0,085	-1,164	0,246
Trädbeståndets diameter (cm)	-0,045	0,011	-0,276	-4,211	0,000***
Trädbeståndets bottenyta	0,002	0,007	0,014	0,220	0,826
Avstånd till närmaste djurskydd	-2,336E-05	0,000	-0,108	-1,836	0,068
Avstånd till närmaste energiproduktionsanläggning	3,302E-06	0,000	0,028	0,390	0,697
Avstånd till närmaste marktäktsverksamhet	-1,909E-05	0,000	-0,110	-1,779	0,077
Avstånd till närmaste industrianläggning	2,033E-05	0,000	0,188	2,359	0,019*
Avstånd till närmaste pälsfarm	4,113E-05	0,000	0,300	4,991	0,000***
Avstånd till närmaste torvproduktionsområde	-1,172E-05	0,000	-0,287	-4,689	0,000***
Avstånd till närmaste VOC-anläggning	8,898E-06	0,000	0,063	0,790	0,430
Avstånd till närmaste miljötjänster	7,993E-06	0,000	0,045	0,640	0,523

8.12.2025

HR

Tabell 5.5 Resultaten av den regressionsanalys som gjorts av luftrenhetsindexet. Nästan signifikant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (), signifikant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket signifikant ($p < 0,001$) med tre (***).*

Artantal/provyta ($r^2 = 29,8 \%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Konstant	6,916	0,901		7,674	0,000***
Trädbeståndets ålder	0,015	0,004	0,221	3,440	0,001**
Trädbeståndets längd (m)	-0,025	0,033	-0,059	-0,772	0,441
Trädbeståndets diameter (cm)	-0,100	0,028	-0,244	-3,551	0,000***
Trädbeståndets bottenyta	-0,017	0,019	-0,059	-0,902	0,368
Avstånd till närmaste djurskydd	-8,141E-05	0,000	-0,150	-2,436	0,016*
Avstånd till närmaste energiproduktionsanläggning	-8,894E-06	0,000	-0,030	-0,400	0,690
Avstånd till närmaste marktäktsverksamhet	-2,995E-05	0,000	-0,069	-1,062	0,289
Avstånd till närmaste industrianläggning	4,304E-05	0,000	0,159	1,901	0,059
Avstånd till närmaste pälsfarm	8,879E-05	0,000	0,259	4,102	0,000***
Avstånd till närmaste torvproduktionsområde	-2,585E-05	0,000	-0,253	-3,937	0,000***
Avstånd till närmaste VOC-anläggning	-1,092E-07	0,000	0,000	-0,004	0,997
Avstånd till närmaste miljötjänster	6,104E-05	0,000	0,138	1,860	0,064

Tabell 5.6 Resultaten av den regressionsanalys som gjorts av blåslavens skadeklass. Nästan signifikant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (), signifikant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket signifikant ($p < 0,001$) med tre (***).*

Blåslavens skadeklass ($r^2 = 33,4 \%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Konstant	1,164	0,557		2,089	0,038*
Trädbeståndets ålder	-0,003	0,003	-0,072	-1,151	0,251
Trädbeståndets längd (m)	-0,024	0,020	-0,087	-1,164	0,246
Trädbeståndets diameter (cm)	0,059	0,017	0,228	3,395	0,001**
Trädbeståndets bottenyta	0,016	0,012	0,087	1,367	0,173
Avstånd till närmaste djurskydd	-1,839E-05	0,000	-0,053	-0,890	0,374
Avstånd till närmaste Energiproduktion	-3,574E-05	0,000	-0,192	-2,599	0,010*
Avstånd till närmaste marktäktsverksamhet	4,912E-05	0,000	0,178	2,817	0,005**
Avstånd till närmaste industrianläggning	3,790E-06	0,000	0,022	0,271	0,787

8.12.2025

HR

Blåslavens skadeklass ($r^2 = 33,4\%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Avstånd till närmaste pälsfarm	-8,087E-05	0,000	-0,372	-6,041	0,000***
Avstånd till närmaste torvproduktionsområde	1,872E-05	0,000	0,288	4,609	0,000***
Avstånd till närmaste VOC-anläggning	5,232E-06	0,000	0,023	0,286	0,775
Avstånd till närmaste miljötjänster	-3,938E-05	0,000	-0,140	-1,940	0,054

Tabell 5.7 Resultaten av den regressionsanalys som gjorts av den allmänna skadeklassen. Nästan signifikant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (*), signifikant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket signifikant ($p < 0,001$) med tre (***).

Allmän skadeklass ($r^2 = 31,6\%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Konstant	2,807	0,386		7,268	0,000***
Trädbeståndets ålder	-0,007	0,002	-0,246	-3,889	0,000***
Trädbeståndets längd (m)	0,006	0,014	0,031	0,415	0,678
Trädbeståndets diameter (cm)	0,047	0,012	0,263	3,877	0,000***
Trädbeståndets bottenyta	-0,003	0,008	-0,026	-0,395	0,693
Avstånd till närmaste djurskydd	8,087E-06	0,000	0,034	0,565	0,573
Avstånd till närmaste energiproduktions--anläggning	-1,010E-05	0,000	-0,079	-1,060	0,290
Avstånd till närmaste marktäktsverksamhet	1,709E-05	0,000	0,091	1,414	0,159
Avstånd till närmaste industrianläggning	-5,221E-06	0,000	-0,044	-0,538	0,591
Avstånd till närmaste pälsfarm	-5,633E-05	0,000	-0,379	-6,072	0,000***
Avstånd till närmaste torvproduktionsområde	1,118E-05	0,000	0,252	3,974	0,000***
Avstånd till närmaste VOC-anläggning	6,650E-06	0,000	0,044	0,524	0,600
Avstånd till närmaste miljötjänster	-2,030E-05	0,000	-0,105	-1,443	0,150

8.12.2025

HR

Tabell 5.8 Resultaten av den regressionsanalys som gjorts av algens förekomst. Nästan signifikant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (), signifikant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket signifikant ($p < 0,001$) med tre (***).*

Algens förekomst ($r^2 = 35,7\%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Konstant	-1,312	0,464		-2,825	0,005**
Trädbeståndets ålder	-0,008	0,002	-0,210	-3,422	0,001**
Trädbeståndets längd (m)	-0,031	0,017	-0,136	-1,859	0,064
Trädbeståndets diameter (cm)	0,074	0,014	0,339	5,145	0,000***
Trädbeståndets bottenyta	0,039	0,010	0,256	4,076	0,000***
Avstånd till närmaste djurskydd	1,732E-05	0,000	0,059	1,005	0,316
Avstånd till närmaste energiproduktionsanläggning	-4,732E-06	0,000	-0,030	-0,413	0,680
Avstånd till närmaste marktäktsverksamhet	2,441E-05	0,000	0,104	1,680	0,094
Avstånd till närmaste industrianläggning	-8,286E-06	0,000	-0,057	-0,710	0,478
Avstånd till närmaste pälsfarm	-4,615E-05	0,000	-0,250	-4,137	0,000***
Avstånd till närmaste torvproduktionsområde	1,616E-05	0,000	0,293	4,776	0,000***
Avstånd till närmaste VOC-anläggning	-7,057E-06	0,000	-0,037	-0,463	0,644
Avstånd till närmaste miljötjänster	-2,890E-05	0,000	-0,121	-1,709	0,089

Tabell 5.9 Resultaten av den regressionsanalys som gjorts av blåslavens täckning. Nästan signifikant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (), signifikant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket signifikant ($p < 0,001$) med tre (***).*

Blåslavens täckning ($r^2 = 27,6\%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Konstant	5,658	6,271		0,902	0,368
Trädbeståndets ålder	-0,115	0,031	-0,242	-3,705	0,000***
Trädbeståndets längd (m)	0,215	0,228	0,074	0,943	0,347
Trädbeståndets diameter (cm)	0,042	0,195	0,015	0,216	0,829
Trädbeståndets bottenyta	-0,032	0,130	-0,016	-0,246	0,806
Avstånd till närmaste djurskydd	0,001	0,000	0,283	4,516	0,000**

8.12.2025

HR

Blåslavens täckning ($r^2 = 27,6 \%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Avstånd till närmaste energiproduktions--anläggning	0,000	0,000	0,214	2,776	0,006**
Avstånd till närmaste marktäktsverksamhet	0,000	0,000	-0,089	-1,357	0,176
Avstånd till närmaste industrianläggning	0,000	0,000	-0,160	-1,892	0,060
Avstånd till närmaste pälsfarm	0,001	0,000	0,380	5,925	0,000***
Avstånd till närmaste torvproduktionsområde	2,057E-05	0,000	0,029	0,450	0,653
Avstånd till närmaste VOC-anläggning	0,000	0,000	-0,100	-1,174	0,242
Avstånd till närmaste miljötjänster	0,000	0,000	0,039	0,519	0,604

Tabell 5.10 Resultaten av den regressionsanalys gjorts av tagellavarnas täckning. Nästan signifikant ($p < 0,05$) beroendeförhållande är märkt med en stjärna (*), signifikant ($p < 0,01$) med två (**) och mycket signifikant ($p < 0,001$) med tre (***).

Tagellavarnas täckning ($r^2 = 3,9 \%$)	B	Medelfel	Beta	Testvärde t	Signifikans p
Konstant	0,769	0,615		1,251	0,212
Trädbeståndets ålder	0,003	0,003	0,065	0,866	0,387
Trädbeståndets längd (m)	-0,004	0,022	-0,017	-0,190	0,850
Trädbeståndets diameter (cm)	-0,034	0,019	-0,142	-1,765	0,079
Trädbeståndets bottenyta	-0,002	0,013	-0,010	-0,129	0,897
Avstånd till närmaste djurskydd	6,916E-06	0,000	0,022	0,303	0,762
Avstånd till närmaste energiproduktions--anläggning	-2,751E-06	0,000	-0,016	-0,181	0,856
Avstånd till närmaste marktäktsverksamhet	-1,098E-06	0,000	-0,004	-0,057	0,955
Avstånd till närmaste industrianläggning	-1,102E-06	0,000	-0,007	-0,071	0,943
Avstånd till närmaste pälsfarm	4,530E-05	0,000	0,227	3,068	0,002**
Avstånd till närmaste torvproduktionsområde	2,905E-06	0,000	0,049	0,649	0,517
Avstånd till närmaste VOC-anläggning	-6,971E-06	0,000	-0,034	-0,345	0,730
Avstånd till närmaste miljötjänster	-9,644E-08	0,000	0,000	-0,004	0,997

Förklaringsgraderna för regressionsmodellen för lavvariabler varierade mellan 3-37 % (Tabell 5.11). Den sämsta förklaringsgraden (3,9 %) hade tagellavarnas täckning. Bäst förklarade regressionsmodellen de variabler som beskriver artsamhället, IAP-indexet (36,4 %), artantalet och den allmänna skadeklassen. Bland de faktorer som beskriver provytans naturliga variation uppvisade trädbeståndets ålder den tydligaste korrelationen med de granskade lavvariablerna. Artsammansättningen blev alltmer mångsidig och den allmänna skadeklassen blev lägre, utbredningen av alg minskade och blåslavens täckning minskade i äldre skogsbestånd. När trädstammarnas tjocklek ökade minskade förekomsten av lavar, medan förekomsten av alger och graden av skador ökade. Den större bottenytan hos trädbeståndet ökade också förekomsten av alger, eftersom en större bottenyta innebär en skuggigare livsmiljö, vilket ökar sannolikheten för att alger ska förekomma. Trädbeståndets höjd påverkade inte lavvariablerna.

Bland avståndsvariablerna var det pälsfarmerna som tydligast försämrade lavindikatorerna. Ju närmare en pälsfarm en provyta låg, desto mer ensidigt var IAP-index och artantal samt täckningsgraden för blåslav och tagellavar. Dessutom ökade både skadegraden och algförekomsten ju närmare pälsfarmerna man kom. Energiproduktions- och industrianläggningar hade inga tydliga effekter på lavvariablerna. Avståndet till industrianläggningar påverkade IAP-indexet något, men inte de övriga indikatorerna. IAP-indexet var lägre ju närmare industrianläggningen man befann sig. Kategorin för industrianläggningar omfattar såväl små som stora anläggningar, vilkas inverkan på lavfloran kan skilja sig avsevärt från varandra, vilket kan göra det svårare att upptäcka effekterna. Effekter från andra branscher var till exempel energiproduktionens ökande inverkan på skadegraden hos blåslav samt djurstallars och energiproduktionsanläggningars ökande inverkan på blåslavens täckningsgrad.

Torvproduktionens inverkan på lavvariablerna avvek från tidigare resultat. Ju närmare torvproduktionsområdet man befann sig, desto bättre var IAP-indexet och desto större var antalet arter i området. Även skadegraden och algförekomsten i området var desto mindre ju närmare torvproduktionsområdet man befann sig. Torvproduktionen bedöms dock i verkligheten inte ha någon betydande inverkan på lavvariablerna, och regionens torvproduktionsområden är belägna på platser där det vanligtvis inte finns andra belastningsfaktorer, vilket även kan förklara artrikedomen och lavarnas tillstånd. En möjlig förklaring är också att alla torvproduktionsområden i regionen inte ingår i det material som samlats in för denna uppföljning. Materialet omfattade nio torvproduktionsområden som alla var belägna inom Kaustby och Kronoby kommuner, och därmed har torvproduktionsområden i Jakobstads grannkommuner och i Karleby kommun inte beaktats.

Miljötjänster och VOC-anläggningar visade sig inte ha någon inverkan på antalet lavar, deras förekomst, skadeklass eller täckning.

Tabell 5.11 Sammanfattning av regressionsanalyser. I tabellen beskrivs med ett +-tecken hur en ökning av den förklarande variabelns värde har en ökande effekt på den förklarade variabeln, och med ett –tecken hur en ökning av den förklarande variabelns värde har en minskande effekt på den förklarade variabel. Antalet tecken beskriver resultatets statistiska signifikans så att ett nästan signifikant ($p < 0,05$) samband beskrivs med en symbol, ett signifikant ($p < 0,01$) med två och ett mycket signifikant ($p < 0,001$) med tre symboler.

	IAP	Artantal /yta	Blåslavens skadeklass	Allmän skadeklass	Algens förekomst	Blåslavens täck.	Tagellavarnas täck.
Determinationskoefficient	36,4 %	29,8 %	33,4 %	31,6 %	35,7 %	27,6 %	3,9 %
Trädbeståndets ålder	+++	++		- - -	- -	- - -	
Trädbeståndets längd (m)							
Trädbeståndets diameter (cm)	- - -	- - -	++	+++	+++		
Trädbeståndets bottenyta					+++		
Avstånd till närmaste djurskydd		-				++	
Avstånd till närmaste energiproduktions--anläggning			-			++	
Avstånd till närmaste marktäktverksamhet			++				
Avstånd till närmaste industrianläggning	+						
Avstånd till närmaste pälsfarm	+++	+++	- - -	- - -	- - -	+++	++
Avstånd till närmaste torvproduktionsområde	- - -	- - -	+++	+++	+++		
Avstånd till närmaste VOC-anläggning							
Avstånd till närmaste miljötjänster							

5.2 Statistisk analys av grundämneshalter i barr och mossor

5.2.1 Principalkomponentanalys av barrens grundämneshalter

Variationer i mossans grundämneshalter sammanfattades med hjälp av en principalkomponentanalys. I analysen ingick 16 grundämnen. Barrens grundämneshalter slogs samman med hjälp av komponentanalysen till tre komponenter, som förklarade sammanlagt 78 procent av variablernas

8.12.2025

HR

variation. Baserat på principalkomponentanalysen av barrens grundämneshalter har en komponentmatris skapats som visar vilka grundämnen som förklarar omfattningen av variationen som orsakas av de olika principalkomponenterna. Det grundämne som förklarade mest av variationen i den tredje principalkomponenten var bor och det näst bäst förklarande var kalcium, vilka är livsnödvändiga näringsämnen för växter. Den tredje principalkomponenten beskriver således skogens näringshalt och naturliga faktorer.

Tabell 5.12)

Merparten av variationen förklarades av de första principalkomponenterna arsenik, kadmium, kobolt, koppar, nickel, zink, kalcium, järn, svavel och kvicksilver. Arsenik, kadmium, kobolt, koppar, nickel, zink, järn och kvicksilver förklarade variationen allra kraftigast och härstammar från industrins metallutsläpp. Svavel och kalcium är viktiga näringsämnen för växter, så komponenterna beskriver också växtplatsens näringsstatus. Svavel påverkas även av svavelutsläpp från industrin.

De mest betydelsefulla grundämnena som förklarade variationen i den andra principalkomponenten var kväve, fosfor och kalium, vilka beskriver både ståndortens näringshalt och industrins näringsutsläpp.

Det grundämne som förklarade mest av variationen i den tredje principalkomponenten var bor och det näst bäst förklarande var kalcium, vilka är livsnödvändiga näringsämnen för växter. Den tredje principalkomponenten beskriver således skogens näringshalt och naturliga faktorer.

Tabell 5.12 Roterad komponentmatris för principalanalysen av barrens grundämneshalter.

	1	2	3
Arsenik	0,898	0,175	-0,127
Kadmium	0,911	0,065	0,101
Kobolt	0,970	0,110	-0,003
Koppar	0,923	0,291	-0,002
Nickel	0,882	-0,005	0,037
Zink	0,951	-0,021	0,117
Bor	-0,100	0,134	0,744
Fosfor	0,063	0,855	0,250
Kalium	0,168	0,782	0,056
Kalcium	0,718	0,083	0,505
Magnesium	-0,567	-0,052	0,231
Mangan	0,039	-0,609	0,464
Järn	0,882	0,189	-0,086
Svavel	0,722	0,579	0,174
Kvicksilver	0,897	0,316	-0,078
Totalkväve	0,194	0,867	-0,015
Andel av variationen	51 %	19 %	8 %

5.2.2 Principalkomponentanalys av mossans grundämneshalter

Variationer i mossans grundämneshalter sammanfattades med hjälp av en principalkomponentanalys. I analysen ingick 19 grundämnen. I analysen förenades mossornas grundämneshalter till fyra principalkomponenter, vilka förklarade 85,6 % av variansen i variablerna. Utifrån principalkomponentanalysen skapades en komponentmatris som visar vilka grundämnen som bidrar till den varians som de olika principalkomponenterna förklarar. De mest betydande grundämneshalterna i denna principalkomponent var fosfor, kalium, kalcium, magnesium och svavel. Den fjärde principalkomponenten förklarade 6,8 % av variablernas variation. Dess mest betydande komponenter var mangan och natrium, vilka också är grundämnen som beskriver skogens bördighet och naturliga faktorer. Den tredje och fjärde principalkomponenten beskriver skogens bördighet och naturliga förhållanden.

Tabell 5.13)

Den första principalkomponenten förklarade 38,5 % av variationen. De grundämnen som mest signifikant påverkade den första principalkomponenten var bly, kadmium, zink, kobolt, arsenik, kvicksilver, koppar och nickel. Den andel av variationen som den andra principalkomponenten förklarade var 20,8 %. Aluminium, järn, vanadin och krom förklarade största delen av den variation som representerades av den andra principalkomponenten. Den första och andra principalkomponenten beskriver industrins metallutsläpp.

Den tredje principalkomponenten förklarade 19,5 % av variationen i variablerna. De mest betydande grundämneshalterna i denna principalkomponent var fosfor, kalium, kalcium, magnesium och svavel. Den fjärde principalkomponenten förklarade 6,8 % av variablernas variation. Dess mest betydande komponenter var mangan och natrium, vilka också är grundämnen som beskriver skogens bördighet och naturliga faktorer. Den tredje och fjärde principalkomponenten beskriver skogens bördighet och naturliga förhållanden.

Tabell 5.13 Roterad komponentmatris för principalkomponentanalysen av mossornas grundämneshalter.

	1	2	3	4
Arsenik	0,938	0,056	0,093	0,137
Kadmium	0,960	-0,003	0,086	0,076
Kobolt	0,955	0,020	0,109	0,039
Krom	0,103	0,861	0,110	-0,095
Koppar	0,862	0,215	0,340	0,118
Bly	0,973	0,011	0,087	0,064
Nickel	0,763	0,511	0,189	-0,018
Zink	0,960	0,014	0,122	0,020
Vanadin	0,020	0,897	0,173	0,191

8.12.2025

HR

Aluminium	-0,012	0,952	0,152	0,123
Fosfor	0,232	0,054	0,899	0,013
Kalium	0,173	0,050	0,879	0,030
Kalcium	0,255	0,188	0,755	-0,008
Magnesium	-0,034	0,420	0,840	0,090
Mangan	-0,219	-0,098	0,156	-0,746
Natrium	0,049	0,131	0,331	0,725
Järn	0,162	0,939	0,147	0,130
Svavel	0,614	0,226	0,617	0,249
Kvicksilver	0,892	0,036	0,230	0,128
Andel av variationen	38 %	21 %	20 %	7 %

5.3 Korrelationer i humusens grundämneshalter

Inbördes korrelationer mellan grundämneshalter mätta i humus presenteras i tabell 5.14. Baserat på korrelationsmatrisen observerades statistiskt signifikanta, mycket starka samband mellan metallhalterna. Största delen av korrelationerna var positiva. Dessutom observerades en negativ korrelation mellan aluminium och kalcium, vilket hänvisar till den situation som beskrivs i avsnitt 3.3.3, där metaller med hög bindningsstyrka, såsom aluminium, kan förskjuta näringsämnen såsom kalcium från jorden.

5.4 Sammandrag

I den statistiska analysen av resultaten var pälsfarmernas utsläpp den faktor som tydligast påverkade lavarna. Avståndet till energiproduktion och industrianläggningar påverkade också antalet lavararter, men inte lika tydligt som avståndet till pälsfarmer. Detta kan förklaras av att stora och små anläggningar alla grupperas i samma kategori, trots att deras påverkan på luftkvaliteten varierar kraftigt. Stora industriella produktionsanläggningar har visat sig ha en inverkan på lavar, men effekten av mindre anläggningar är inte lika tydlig (t.ex. Jyväskylän universitet 2013a). Andra utsläppskällors påverkan på lavarna var marginell, och ingen effekt på indikatorerna observerades i relation till avståndet till VOC-anläggningar och miljörelaterade tjänsteverksamheter.

Effekterna av industriell verksamhet på grundämneshalterna i mossor och barr var mest tydliga i halterna av tungmetaller. Dessa korrelerade starkt med varandra och bildade den första principalkomponenten i båda principalkomponentmatriserna, vilket förklarade större delen av variationen i grundämneshalterna som observerades i data. Hos barr var även svavel en betydande faktor som orsakade variation, men den var mindre betydelsefull hos mossor. Svavelhalterna beskriver växtplatsens bördighet, men även lokala utsläpp höjer dem.

8.12.2025

HR

Halterna av tungmetaller som uppmättes i humus korrelerade starkt med varandra, vilket innebär att områden med höga halter av en tungmetall också hade högre halter av andra. Dessutom observerades en negativ korrelation mellan aluminium och kalcium, vilket tyder på att aluminium kan ha trängt undan näringsämnen som kalcium ur marken på grund av sin starka bindningsförmåga.

8.12.2025

HR

Tabell 5.14 Inbördes korrelationer mellan variabler som uppmätts i humus. Nästan signifikant ($p < 0,05$) testresultat är märkt med en stjärna () och signifikant ($p < 0,01$) med två (**). Positiva korrelationer markeras med grönt (* = ljusgrönt, ** = mörkgrönt) och negativa korrelationer med orange.*

	Arsenik	Kadmium	Kobolt	Krom	Koppar	Bly	Nickel	Zink	Vanadin	Aluminium	Fosfor	Kalium	Kalcium	Magnesium	Mangan	Natrium	Järn	Svavel	Kvicksilver
Arsenik	1,000																		
Kadmium	,915**	1,000																	
Kobolt	,933**	,921**	1,000																
Krom		-0,206		1,000															
Koppar	,938**	,625**	,969**	,591**	1,000														
Bly		-0,093		0,324	0,350	1,000													
Nickel	,943**	,687**	,979**	,446*	,923**	,480*	1,000												
Zink	,892**	,696**	,922**	0,134	,751**	-0,120	,811**	1,000											
Vanadin	,766**	,524*	,702**		,624**		,682**	,609**	1,000										
Aluminium	0,259	0,006	0,214	,705**	,336*	0,365	0,274	-0,084	,443*	1,000									
Fosfor		-0,164		0,354	,581**	0,099	0,165	0,058		0,390	1,000								
Kalium	0,054	0,012	0,084	,566**	0,205	0,102	0,176	,339*	0,106	0,175	0,365	1,000							
Kalcium	0,115	0,014	0,122	-0,065	-0,001	0,113	0,062	0,272	0,005	-,306*	0,093	,401**	1,000						
Magnesium	0,086	0,025	0,081	0,377	0,064	0,092	0,206	,305*	0,396	0,152	-0,173	,677**	,332*	1,000					
Mangan		-0,272		0,183	-0,154	-0,041	-0,104	0,262		-0,195	0,122	,398*	,460*	0,332	1,000				
Natrium	,544*	,526*	,538*		,504*		,515*	,628**	0,389	-0,018		0,331	,489*	0,313		1,000			
Järn	,977**	,510**	,959**	,732**	,718**	0,222	,683**	,494**	,891**	,732**	,409*	0,232	-0,161	0,063	-0,042	0,316	1,000		
Svavel		0,084		0,046	0,374	0,271	0,104	-0,157		0,150	,418*	0,025	0,051	-0,121	-0,244		-0,091	1,000	
Kvicksilver	,896**	,966**	,910**		,929**		,903**	,953**	,513*	-0,039		0,118	0,275	0,008		,621**	,911**		1,000

6 Jämförelse

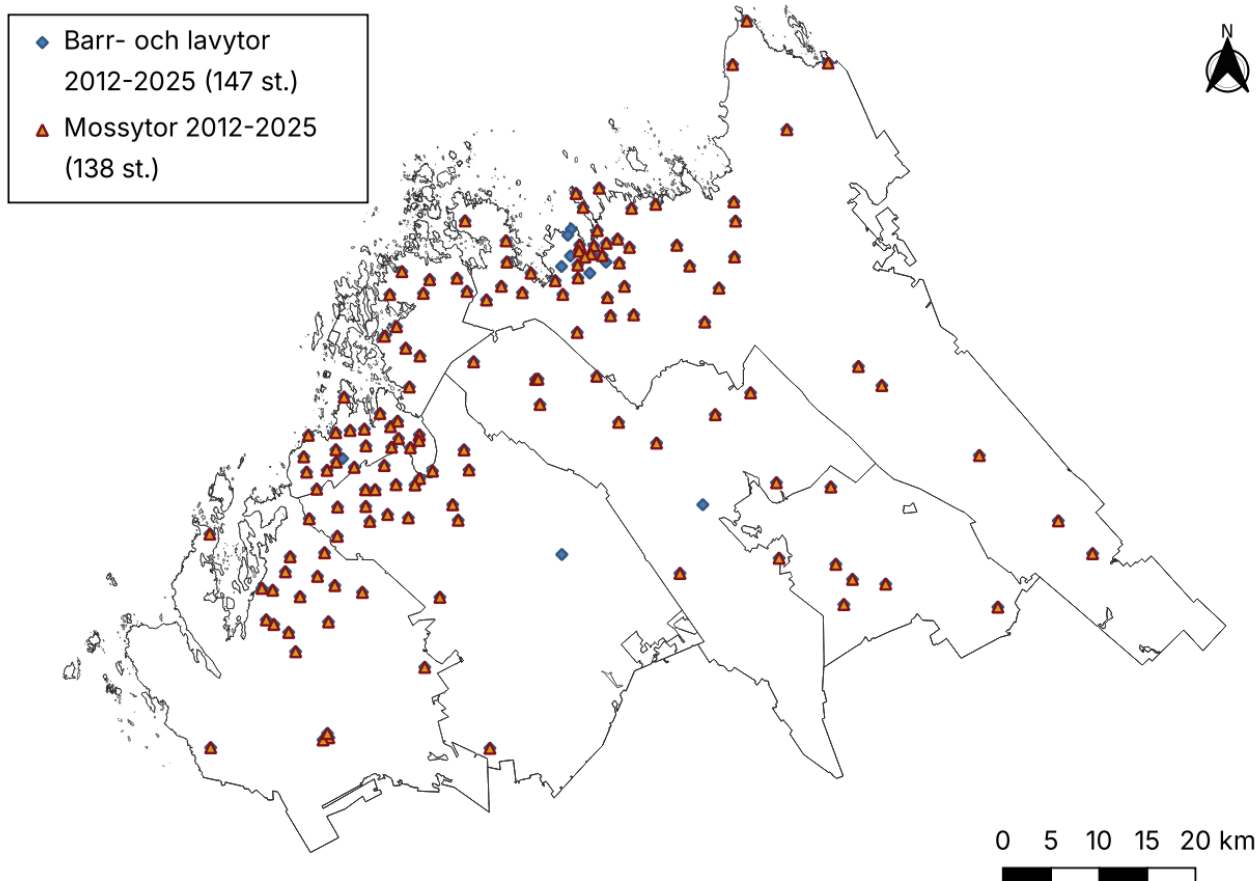
6.1 Jämförelser mellan år

I detta kapitel jämförs resultaten för 2025 med resultaten från bioindikatoruppföljningar som genomförts under tidigare år. Uppföljningen har utförts med motsvarande metoder tidigare i både Karleby- och Jakobstadsregionen under åren 2006–2007, 2012 och 2018. Före detta finns jämförbara resultat från Jakobstadsregionen från år 2002 och från Karlebyregionen från åren 1992, 1997 och 2002. Resultaten jämförs mellan åren 2012, 2018 och 2025, för vilka ursprungliga material fanns tillgängliga för jämförelsen.

År 2025 inrättades några nya provytor i regionen för att ersätta områden som gått förlorade till följd av exempelvis avverkning. År 2018 inrättades många nya provytor i området, för vilka det inte finns några jämförbara resultat. Jämförelseresultaten måste därför anses omfatta området endast till de delar där uppföljningsområdena har förblivit oförändrade. I medelvärdesgranskningarna har de uppföljningsytor som bytts ut sedan 2012 exkluderats ur materialet. Fram till år 2025 rörde det sig om totalt 97 ytor för barr och lavar samt 106 ytor för mossor. Därmed återstod 147 provytor för barr och 138 för mossor i jämförelsen mellan åren (Figur 6.1). På grund av det låga totalantalet humusytor inkluderades alla, även de utbytta uppföljningsytorna, i granskningen (kap. 6.1.4). Endast resultaten från humusproverna från de provytor i Karleby och Kaustby som inrättades år 2025 inkluderades inte i jämförelsen mellan åren. Zonkartorna har däremot utarbetats utifrån observationerna från alla ytor som undersöktes under det aktuella uppföljningsåret.

8.12.2025

HR



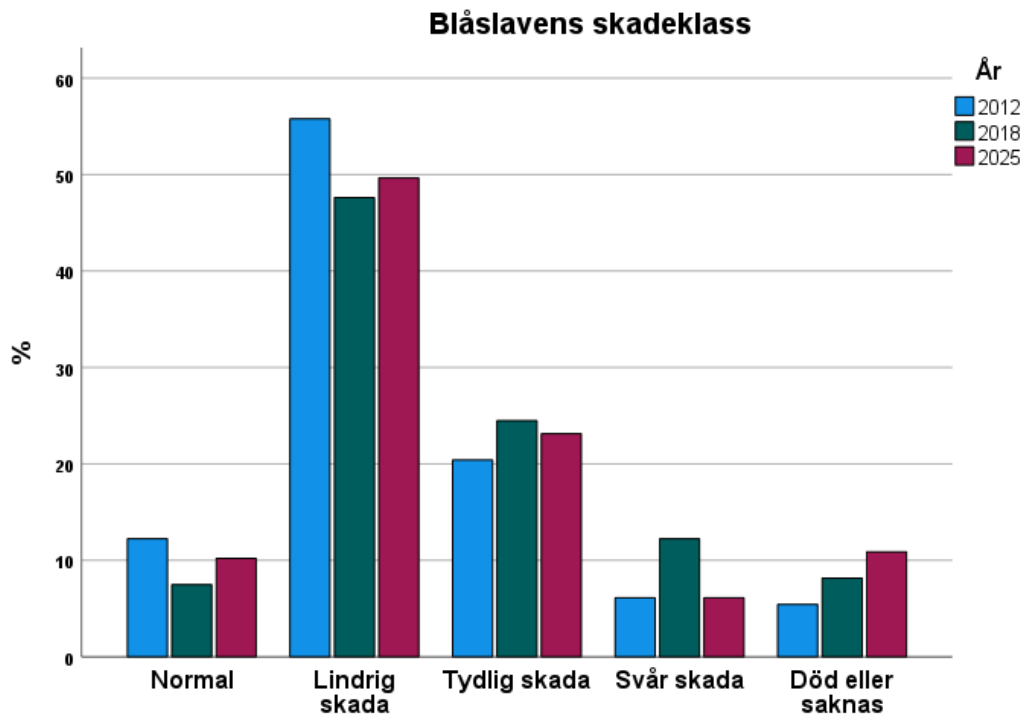
Figur 6.1 Provytor som har förblivit oförändrade under åren 2012, 2018 och 2025. Största delen av barr- och lavyterna är placerade på samma ställen som mossytorna. Det finns nio fler oförändrade barr- och lavytor än mossytor.

6.1.1 Tallens stamlavar

I följande figurer presenteras provytornas fördelning i kategorier åren 2012, 2018 och 2025 baserat på skadeklassen hos blåslav, den allmänna skadeklassen samt luftrenhetsindexet (IAP) (Figur 6.2–Figur 6.4). Dessutom presenteras förekomstfrekvensen för de studerade lavarna i uppföljningsområdet under 2012, 2018 och 2025 (Figur 6.5). Medelvärden, minimum- och maximumvärden för variablerna som beskriver förmultningen av tallstammar under 2012, 2018 och 2025 i hela uppföljningsområdet och i olika kommuner presenteras i tabell 6.1. Zonkartorna visar skadeklass för blåslaven, artantal och IAP-index för 2012, 2018 och 2025 (Figur 6.6–Figur 6.8).

År 2025 hade antalet ytor som klassificerats som friska i klassificeringen av skadeklasser för blåslav ökat sedan 2018, men var cirka 2 procentenheter lägre än 2012. Antalet ytor som klassificerats som mindre skadade hade också ökat jämfört med tidigare år. Antalet ytor som klassificerats som tydligt och svårt skadade hade minskat något sedan 2018. Det fanns fler ytor där blåslaven hade dött eller saknades än tidigare år. Baserat på parvisa t-tester var blåslavens skadeklass lägre år 2025 än år 2018 ($t = -2,177$; $p = 0,031$), men högre än år

2012 ($t = 5,182$, $p < 0,001$).

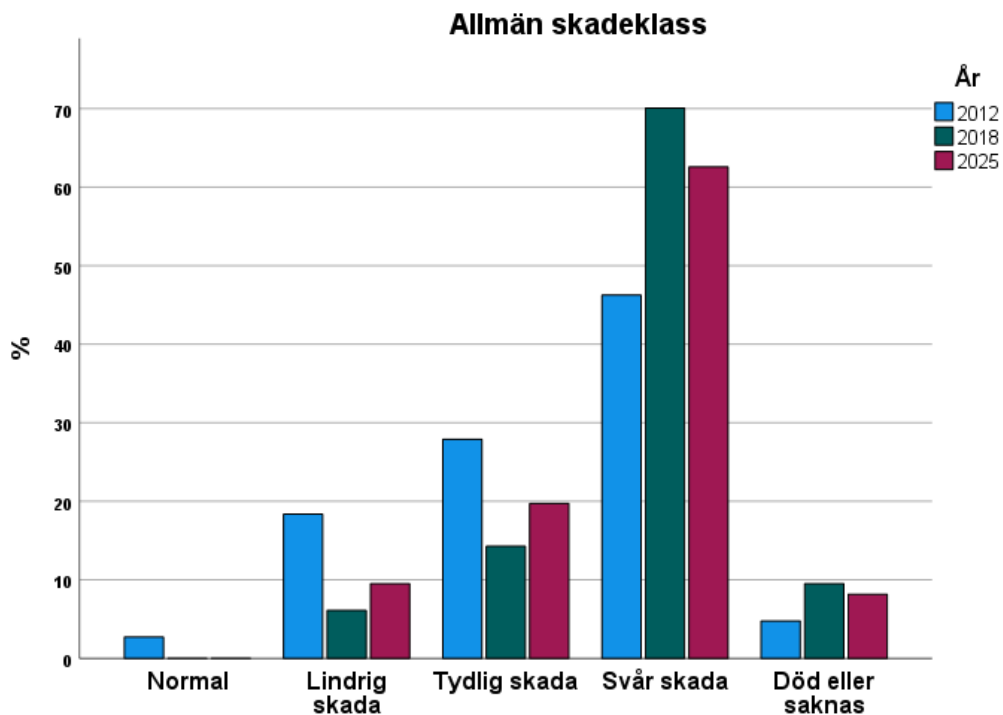


Figur 6.2 Provytor som har förblivit oförändrade 2012, 2018 och 2025, klassificerade enligt blåslavens skadeklass (N = 147).

När det gäller den totala skadan på stamlavarter var arterna inte helt friska i något område 2025, precis som de inte var 2018. Antalet ytor som hör till skadeklassen för lindriga skador ökade från år 2018, men var lägre än år 2012. Antalet ytor som tillhör kategorin för tydliga skador följde samma trend. Antalet ytor i skadeklassen för svåra skador hade däremot minskat från år 2018, men var tydligt högre än år 2012. Samma trend observerades i kategorin "död eller saknas". Enligt parvisa t-tester var den allmänna skadeklassen år 2025 lägre än år 2018 ($t = 4,390$, $p < 0,001$), men högre än år 2012 ($t = 8,559$, $p < 0,001$).

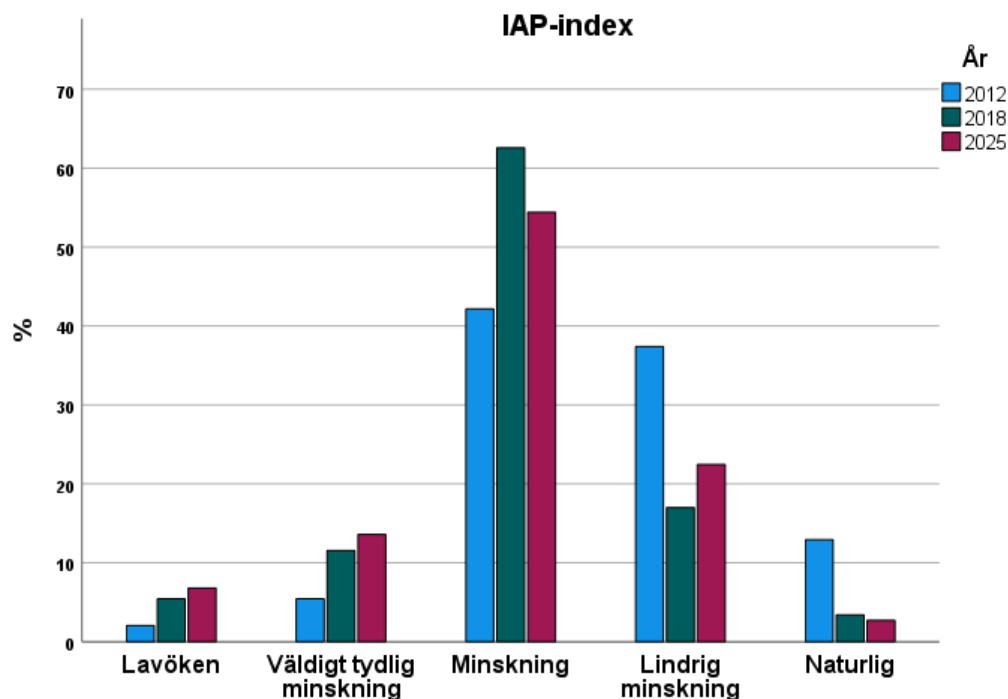
8.12.2025

HR



Figur 6.3 Provytor som har förblivit oförändrade under 2012, 2018 och 2025, klassificerade enligt den allmänna skadeklassen (N = 147).

I fördelningen av de provytor som klassificerats utifrån IAP-indexet fanns det fler lavöknar och extremt utarmade ytor år 2025 än under tidigare år. Det fanns färre utarmade ytor än år 2018, men fler än år 2012. Antalet lindrigt utarmade provytor var å sin sida högre än år 2018, men lägre än år 2012. Antalet ytor i naturtillstånd hade år 2025 minskat ytterligare jämfört med åren 2018 och 2012. Baserat på parvisa t-tester skedde ingen förändring i IAP-indexet mellan åren 2018 och 2025 ($t = -0,734$, $p = 0,464$). År 2025 var IAP-indexet dock tydligt lägre än år 2012 ($t = -11,886$, $p < 0,001$).

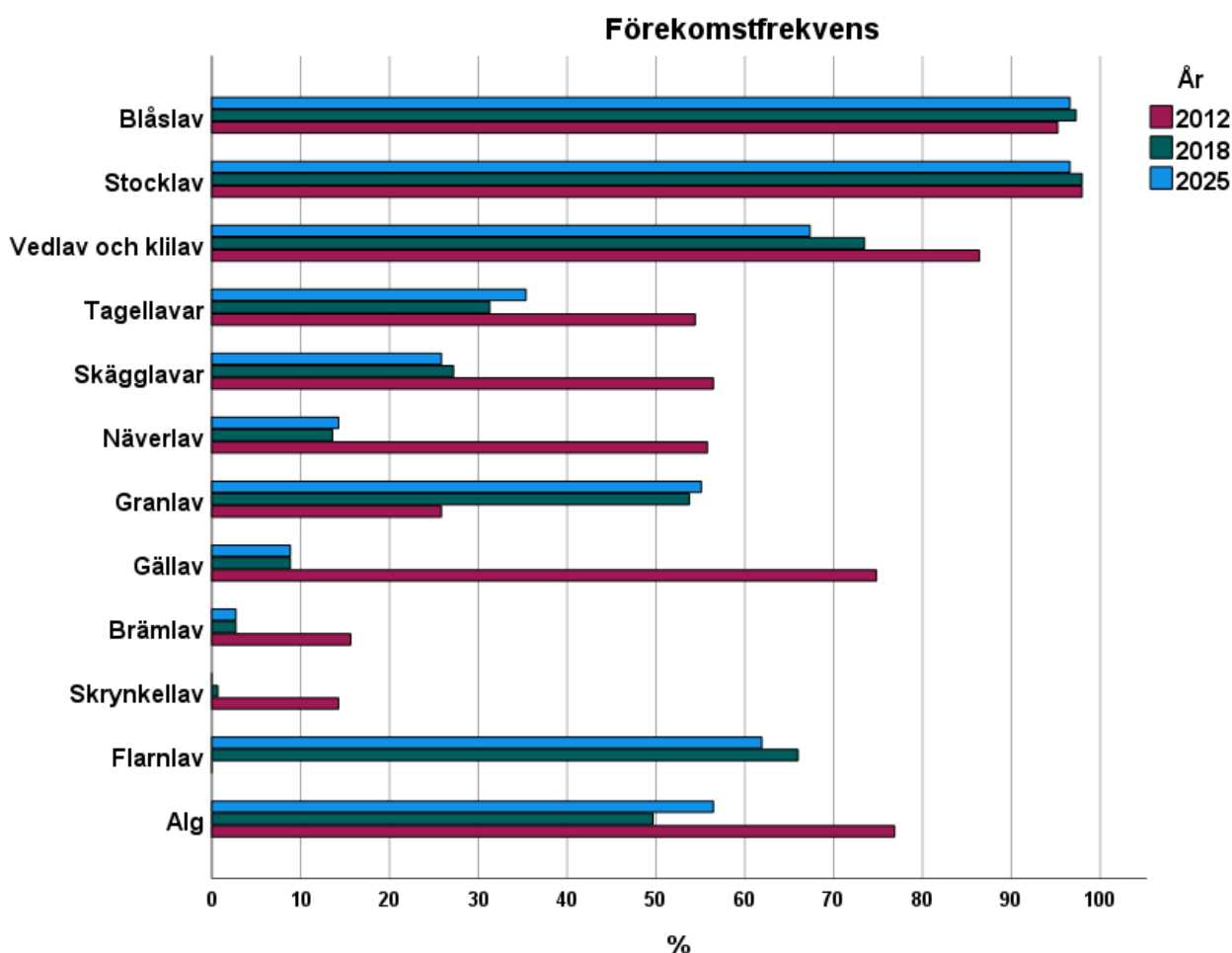


Figur 6.4 Provytor som har förblivit oförändrade 2012, 2018 och 2025, klassificerade enligt IAP-indexet (N = 147).

År 2025 förblev förekomstfrekvenserna för blåslav och stocklav nästan oförändrade jämfört med åren 2018 och 2012. Vedlav, klilav och flarnlav förekom i mindre mängd i området än år 2018. Tagellavar och alger var däremot vanligare i uppföljningsområdena än 2012. Inga signifikanta förändringar noterades för övriga lavar, även om vedlav och granlav observerades i något högre grad än 2018. Skägglavar förekom däremot något mer sällan än tidigare. Det är även anmärkningsvärt att trots att förekomsten av vissa lavar uppvisade en svag ökning jämfört med år 2018, observerades alla lavararter förutom flarnlav och granlav mer sällan än år 2012. (Figur 6.5)

8.12.2025

HR



Figur 6.5 Förekomstfrekvens för lavararter i samma uppföljningsområden 2012, 2018 och 2025 (N = 147).

Den regionala fördelningen av lavvariabler illustreras i zonkartor som sammanställts på basis av observationer från alla fält under det aktuella året (Figur 6.6–Figur 6.8). Det har endast skett mindre regionala förändringar i skadezonerna för blåslaven mellan 2018 och 2025. Jämfört med den tidigare uppföljningen finns det något större områden med friska blåslav i centrala Karleby och södra Pedersöre och Kronoby, men de är inte riktigt lika omfattande som 2012. Jämfört med år 2012 har zonen med tydligt skadad blåslav i området kring Jakobstad, den norra delen av Pedersöre och Nykarleby ökat. (Figur 6.6)

Artmångfalden har minskat sedan år 2012, särskilt i de mindre drabbade områdena i de centrala delarna av uppföljningsområdet, baserat på både **artantal** och **IAP-index**. Jämfört med år 2018 verkar artantalet dock ha stigit något i de södra delarna av Pedersöre och Karleby, i de centrala delarna av Kronoby och Kaustby, medan områden med färre arter är något mer koncentrerade mot kusten. Ingen betydande skillnad jämfört med 2018 års artantal eller luftrenhetsindex (IAP) kan dock observeras på zonkartorna. (Figur 6.7–Figur 6.8)

8.12.2025

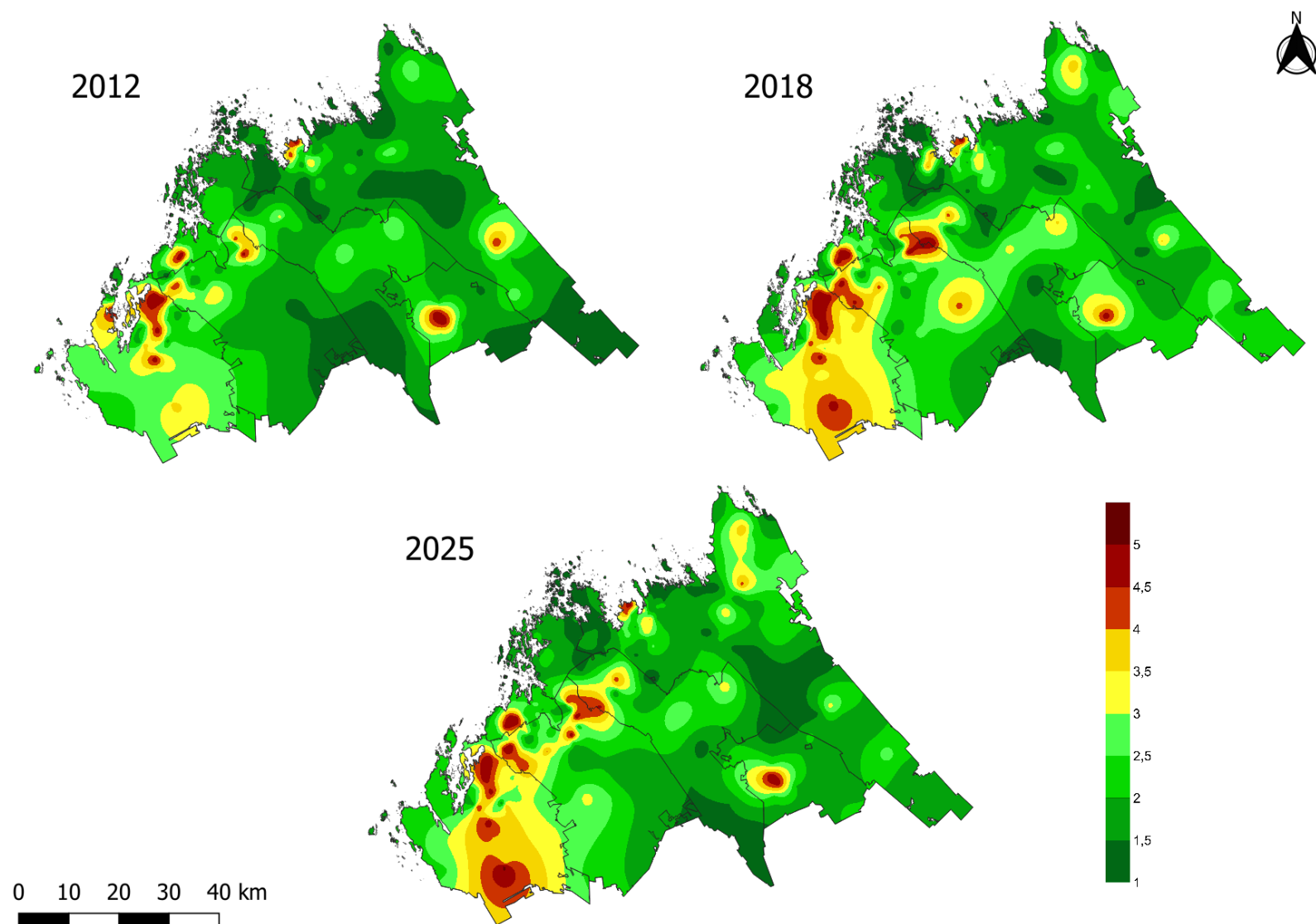
HR

Tabell 6.1 Nyckeltal för tallens stamlavar per kommun 2012, 2018 och 2025.

		Hela område			Kaustby			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
År n		2012 147	2018 147	2025 147	2012 6	2018 6	2025 6	2012 54	2018 54	2025 54	2012 13	2018 13	2025 13	2012 11	2018 11	2025 11	2012 21	2018 21	2025 21	2012 22	2018 22	2025 22	2012 20	2018 20	2025 20
Blåslavens skadeklass	Medeltal	2,3	2,6	2,5	3,0	3,0	2,8	1,9	2,3	2,1	2,1	2,3	2,3	1,9	1,8	1,8	2,5	2,8	2,7	2,6	2,8	2,8	3,0	3,6	3,6
	Min.	1,1	1,1	1,1	1,1	1,9	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,1	1,6	1,5	1,7	1,9	1,9
	Max.	5,0	5,0	5,0	5,0	4,2	4,8	5,0	5,0	5,0	3,3	4,3	4,3	2,3	2,2	2,4	4,9	5,0	5,0	4,8	5,0	5,0	5,0	4,9	5,0
Allmän skadeklass	Medeltal	3,3	3,8	3,6	3,7	4,1	3,9	3,0	3,6	3,4	2,8	3,5	3,5	3,0	3,5	3,4	3,4	3,9	3,8	3,7	4,0	3,9	3,6	4,1	4,1
	Min.	1,2	1,9	1,7	2,0	4,0	2,8	1,2	2,1	1,7	1,3	1,9	2,1	1,6	2,1	2,3	2,0	3,0	2,6	2,4	3,0	2,5	2,1	3,0	3,1
	Max.	5,0	5,0	5,0	4,5	4,6	4,8	5,0	5,0	5,0	4,0	4,3	4,3	4,0	4,0	4,0	4,9	5,0	5,0	4,6	4,8	5,0	4,5	4,7	4,7
IAP	Medeltal	2,1	1,6	1,6	1,7	1,4	1,4	2,1	1,7	1,7	2,5	1,9	1,8	2,3	1,7	1,8	2,1	1,6	1,5	1,8	1,5	1,3	1,9	1,4	1,3
	Min.	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	1,1	0,8	0,8	1,2	1,1	1,1	0,1	0,0	0,0	0,9	0,3	0,0	0,5	0,4	0,3
	Max.	4,3	3,3	3,4	2,7	2,0	2,2	4,3	3,3	3,4	3,2	3,2	2,7	3,6	2,5	3,0	3,0	2,7	2,5	3,2	2,4	2,6	3,1	3,1	2,3
Artantal/ yta	Medeltal	5,2	4,1	4,0	3,8	3,3	3,7	5,5	4,3	4,4	6,5	4,5	4,6	5,5	4,2	4,3	5,1	4,0	4,0	4,6	3,8	3,3	4,6	3,7	3,6
	Min.	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	1,0	0,0	0,0	3,0	2,0	0,0	2,0	1,0	1,0
	Max.	9,0	8,0	9,0	6,0	5,0	5,0	9,0	8,0	9,0	9,0	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	6,0	7,0	8,0	7,0	7,0	7,0	8,0	7,0
Blåslavens täcknings- grad	Medeltal	9,5	7,9	9,5	8,0	7,6	7,3	16	13	15	6,3	5,1	5,0	9,7	11	19	6,5	4,4	4,8	7,6	5,6	7,0	1,2	0,8	0,8
	Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	1,2	0,7	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Max.	52	51	61	18	19	18	52	49	48	12	20	24	33	51	61	16	16	23	20	20	28	3,5	3,2	3,1
Tagel- lavarnas täcknings- grad	Medeltal	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Max.	3,9	1,9	4,0	0,1	0,0	0,0	3,9	1,9	4,0	1,0	0,4	0,0	0,2	0,0	2,7	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0

8.12.2025

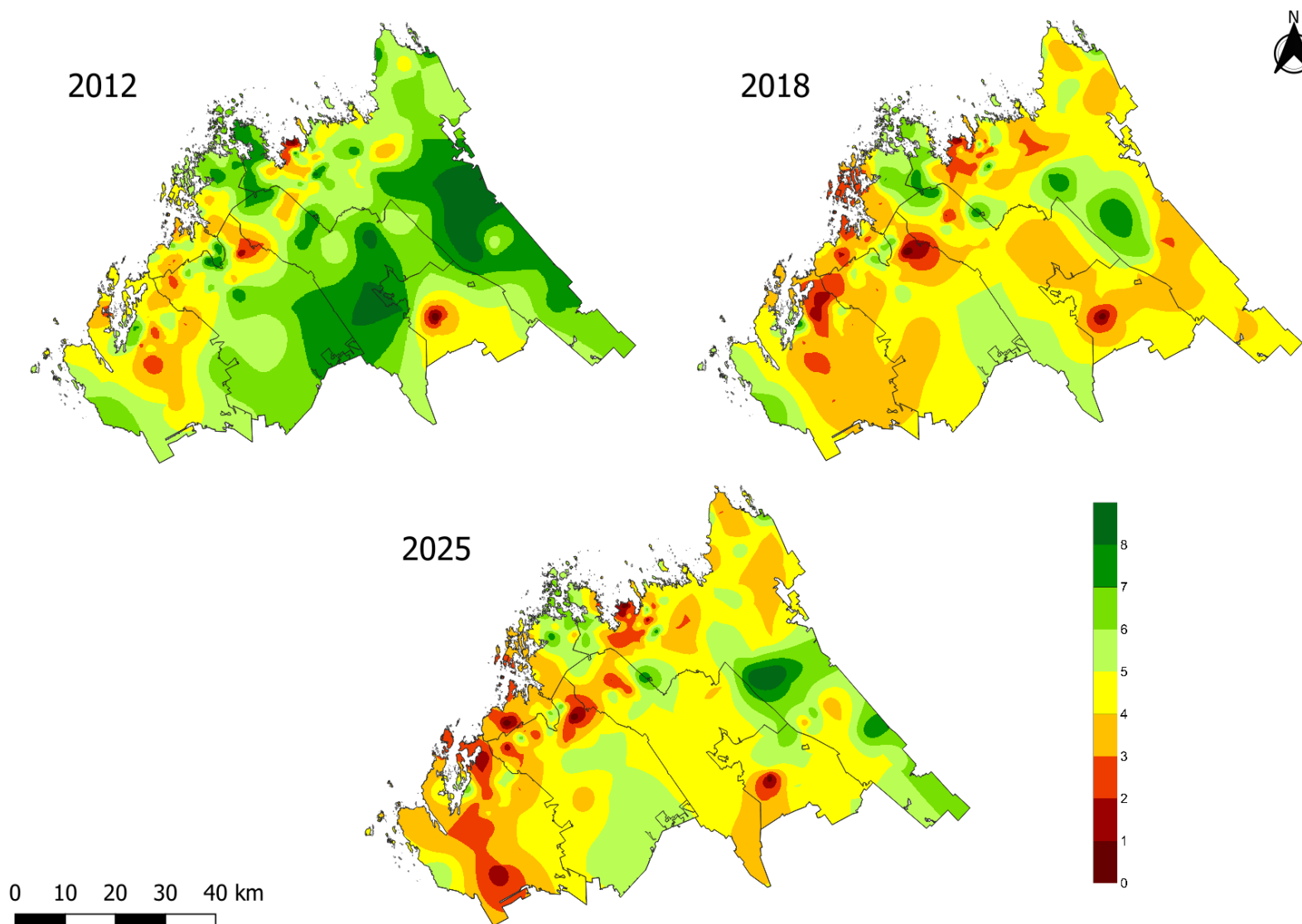
HR



Figur 6.6. Blåslavens skadeklass i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

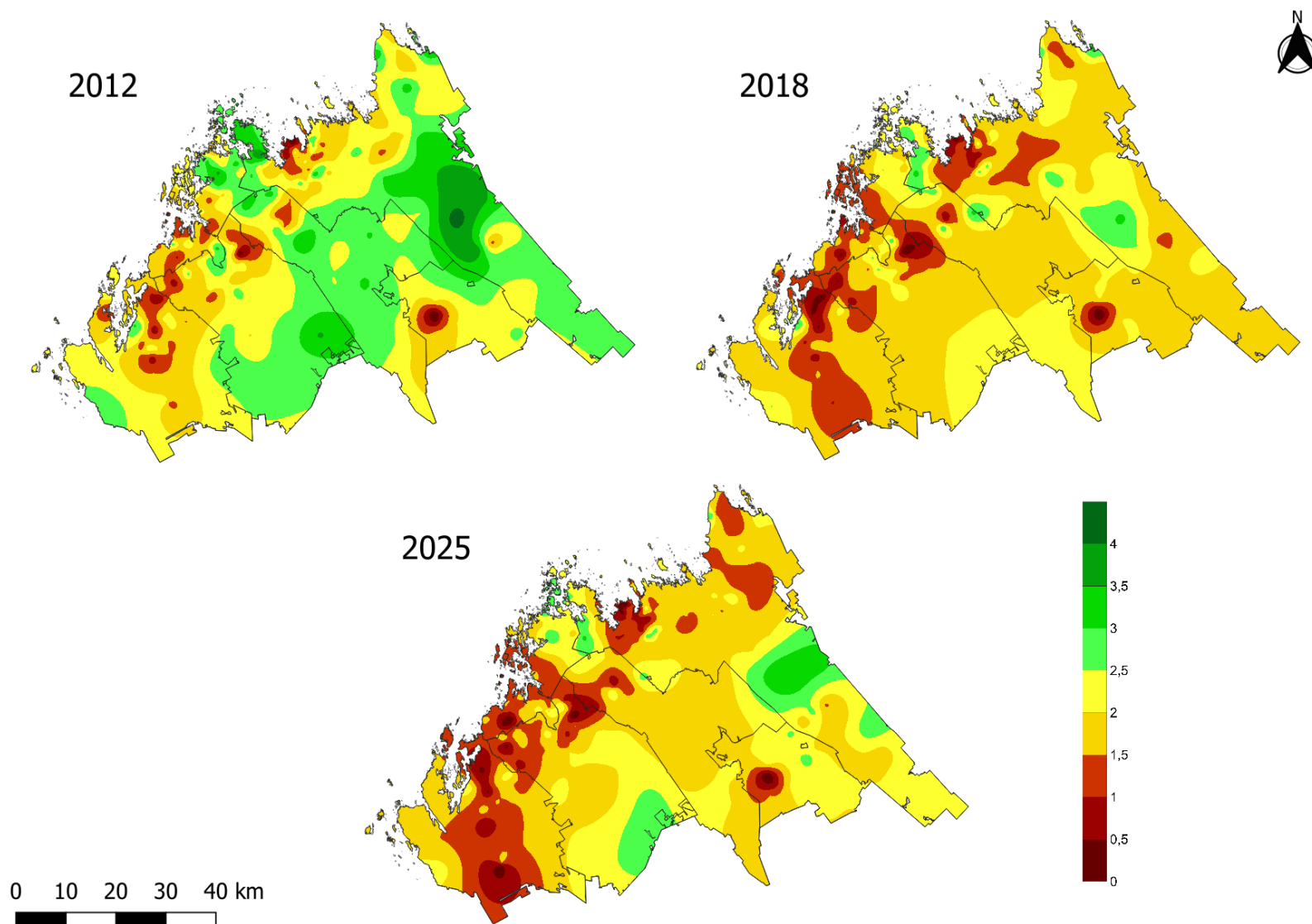
HR



Figur 6.7. Antal lavararter i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

HR



Figur 6.8. IAP-index i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025

6.1.1 Barrens grundämneshalter

De genomsnittliga, lägsta och högsta halterna av grundämnen i barr för hela regionen och per kommun för åren 2012, 2018 och 2025 presenteras i tabell 6.2. I jämförelsen ingår de områden som har förblivit oförändrade och för vilka analyser har utförts under dessa uppföljningsår.

Vid en granskning av hela området med hjälp av parvisa t-tester hade halterna av arsenik, bor, magnesium och mangan ökat i området jämfört med år 2018. Halterna av kadmium, kobolt, koppar, nickel, fosfor, kalium, kalcium, järn, svavel, kvicksilver och totalkväve hade i sin tur sjunkit jämfört med år 2018. Inga statistiskt signifikanta skillnader i halterna av zink och vanadin noterades mellan åren 2025 och 2018.

År 2025 var halterna av zink, bor, kalcium, magnesium och mangan högre än år 2012. När det gäller kobolt, koppar, nickel, vanadin, kalium, järn, svavel och totalkväve var halterna lägre än år 2012. När det gäller kvicksilver var förändringen nästan signifikant ($p = 0,050$) och dess halt var lägre än år 2012. Det fanns inga statistiskt signifikanta skillnader i halterna av arsenik, kadmium och fosfor mellan åren 2025 och 2012.

De högsta halterna av **svavel** i barr har uppmätts i ett ganska tydligt men spritt område nära kusten, och halterna har minskat längre inåt landet. Det har skett en nedgång jämfört med 2012 och 2018. (Figur 6.9)

År 2018 inrättades två nya provytor i Kaustby (239 och 240), där litiumhalterna i barren var 0,1 och 0,28 mg/kg. År 2025 var motsvarande halter på samma ytor < 1,0 mg/kg. Litiumhalterna kommer att följas upp även i framtida uppföljningar.

8.12.2025

HR

Tabell 6.2 Barrens grundämneshalter (mg/kg per torrsvikt) per kommun åren 2012, 2018 och 2025.

Barr, grundämne mg/kg		Hela område			Kaustby			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
		2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
N %	Medeltal	1,4	1,5	1,4	1,3	1,4	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	1,2	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5	1,3
	Min.	1,1	1,1	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,1	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,0
	Max.	2,0	1,9	1,8	1,5	1,5	1,4	2,0	1,9	1,8	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,9	1,6	1,7	1,8	1,8	1,7	1,9	1,7
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
P	Medeltal	1365	1443	1363	1317	1355	1300	1376	1480	1361	1285	1358	1285	1409	1474	1336	1405	1441	1386	1377	1466	1445	1325	1391	1340
	Min.	1 000	1150	1000	1200	1290	1100	1100	1240	1100	1100	1200	1100	1200	1300	1100	1200	1220	1000	1000	1150	1200	1100	1230	1100
	Max.	1 900	1920	1900	1400	1440	1500	1600	1920	1900	1600	1680	1600	1900	1700	1600	1600	1760	1600	1600	1750	1600	1500	1590	1700
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
K	Medeltal	5585	5689	5406	5433	5290	5283	5656	5903	5506	5623	5497	4977	5764	5772	5173	5510	5530	5448	5532	5694	5682	5455	5481	5235
	Min.	4200	4300	4300	4900	4840	4500	4300	4740	4600	4600	4940	4300	4800	5100	4600	4400	4640	4600	4200	4300	4600	4400	4630	4500
	Max.	7600	7580	7500	5900	5750	6100	7600	7580	6500	7000	6270	5600	6700	6280	6200	6500	6340	6100	7000	7430	7500	7000	6390	6600
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
Ca	Medeltal	2902	4013	3478	2450	3058	2817	3117	4347	3841	2462	3396	3162	3537	4394	3818	2595	3757	3157	3064	4186	3586	2540	3703	2935
	Min.	1500	2040	1900	2000	2510	2500	2000	2710	2400	1500	2140	1900	2800	3240	2900	1700	2040	2300	1900	2740	2000	1800	2580	2200
	Max.	5200	7200	6300	2900	3940	3500	4400	6580	6300	3100	4690	4600	5200	6330	5000	3600	5310	4000	4500	7200	5300	3200	4980	4100
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
Mg	Medeltal	797	784	868	805	803	853	812	789	879	776	850	886	934	902	909	764	726	857	757	761	845	769	739	846
	Min.	390	490	450	640	680	680	390	490	450	610	670	720	770	740	800	580	500	690	410	590	580	640	580	650
	Max.	1100	1140	1200	930	900	950	1000	1000	1200	1000	1140	1100	1100	1090	990	1000	960	1000	1000	890	1200	1000	970	1100
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
Mn	Medeltal	382	424	459	387	473	492	411	469	506	402	482	564	417	465	443	360	406	421	340	334	405	335	339	365
	Min.	110	100	110	230	310	330	160	180	210	120	170	210	300	320	310	110	130	180	120	180	120	140	100	110
	Max.	860	1030	1000	490	630	610	790	890	1000	700	760	910	560	600	580	860	1030	910	510	550	790	540	560	640

8.12.2025

HR

Barr, grundämne mg/kg		Hela område			Kaustby			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
		2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
n		147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
S	Medeltal	956	988	929	907	955	867	996	1036	974	884	980	897	980	911	856	943	860	910	950	1023	948	916	1016	888
	Min.	760	730	710	840	900	780	800	820	770	760	810	770	880	790	760	760	730	710	810	840	810	770	860	750
	Max.	1400	1410	1600	1000	1020	960	1400	1410	1600	1100	1320	1300	1200	1220	1000	1100	970	1100	1100	1250	1100	1100	1160	1100
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
B	Medeltal	16	13	17	14	11	16	16	14	18	16	12	16	22	16	22	15	8,3	17	17	16	19	15	12	15
	Min.	6,6	2,5	7,0	8,4	7,6	8,0	6,6	6,2	9,0	9,9	7,6	8,0	19	10	17	8,5	2,5	13	10	11	8,0	11	2,5	7,0
	Max.	31	28	41	22	16	24	29	28	41	27	18	32	31	22	38	23	16	29	23	23	28	20	25	30
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
Ni	Medeltal	1,0	0,50	0,45	0,48	0,37	0,30	1,8	0,78	0,70	0,58	0,37	0,30	0,55	0,37	0,28	0,53	0,32	0,28	0,54	0,40	0,32	0,54	0,27	0,30
	Min.	0,09	0,14	0,10	0,27	0,20	0,14	0,13	0,14	0,12	0,38	0,25	0,20	0,42	0,24	0,19	0,27	0,15	0,14	0,31	0,19	0,14	0,09	0,15	0,10
	Max.	7,7	3,3	2,7	0,57	0,58	0,43	7,7	3,3	2,7	0,96	0,86	0,56	0,85	0,54	0,51	0,72	0,56	0,49	1,0	0,80	0,79	2,2	0,42	0,64
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
Co	Medeltal	1,6	1,3	0,6				3,1	2,3	1,1	0,32	0,39	0,14	0,35	0,60	0,24	0,26	0,33	0,15	0,25	0,29	0,12	0,12	0,24	0,08
	Min.	0,08	0,07	0,06				0,34	0,47	0,20	0,32	0,39	0,14	0,33	0,49	0,19	0,16	0,19	0,08	0,14	0,17	0,07	0,08	0,07	0,06
	Max.	15	13	5,9				15	13	5,9	0,32	0,39	0,14	0,39	0,67	0,28	0,40	0,68	0,21	0,47	0,44	0,21	0,20	0,71	0,14
	n	52	52	53	0	0	0	26	26	27	1	1	1	3	3	3	9	9	9	8	8	8	5,00	5	5
Cu	Medeltal	3,3	3,5	2,4	2,4	3,5	2,4	3,8	4,3	2,7	2,7	3,0	2,2	2,7	2,7	2,1	4,0	2,8	2,3	2,8	2,9	2,4	3,0	3,6	2,3
	Min.	1,1	2,2	1,7	1,1	3,3	2,1	2,2	2,5	1,9	2,2	2,5	1,8	2,1	2,5	1,7	2,5	2,4	1,9	2,3	2,2	1,8	2,2	2,5	1,8
	Max.	18	10	6,5	3,1	3,8	2,9	9,1	10	6,5	3,6	4,0	2,7	3,1	3,0	2,6	18	3,5	3,1	3,2	3,9	3,1	5,8	4,4	2,9
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
Fe	Medeltal	101	79	62	57	48	52	164	114	69	67	61	56	57	64	61	68	62	58	73	65	64	56	50	54
	Min.	36	34	36	36	35	38	43	35	36	38	36	46	42	54	42	47	34	40	39	37	38	43	38	41
	Max.	690	540	170	95	75	100	690	540	170	110	140	72	77	89	100	97	96	75	170	130	160	82	81	86
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20

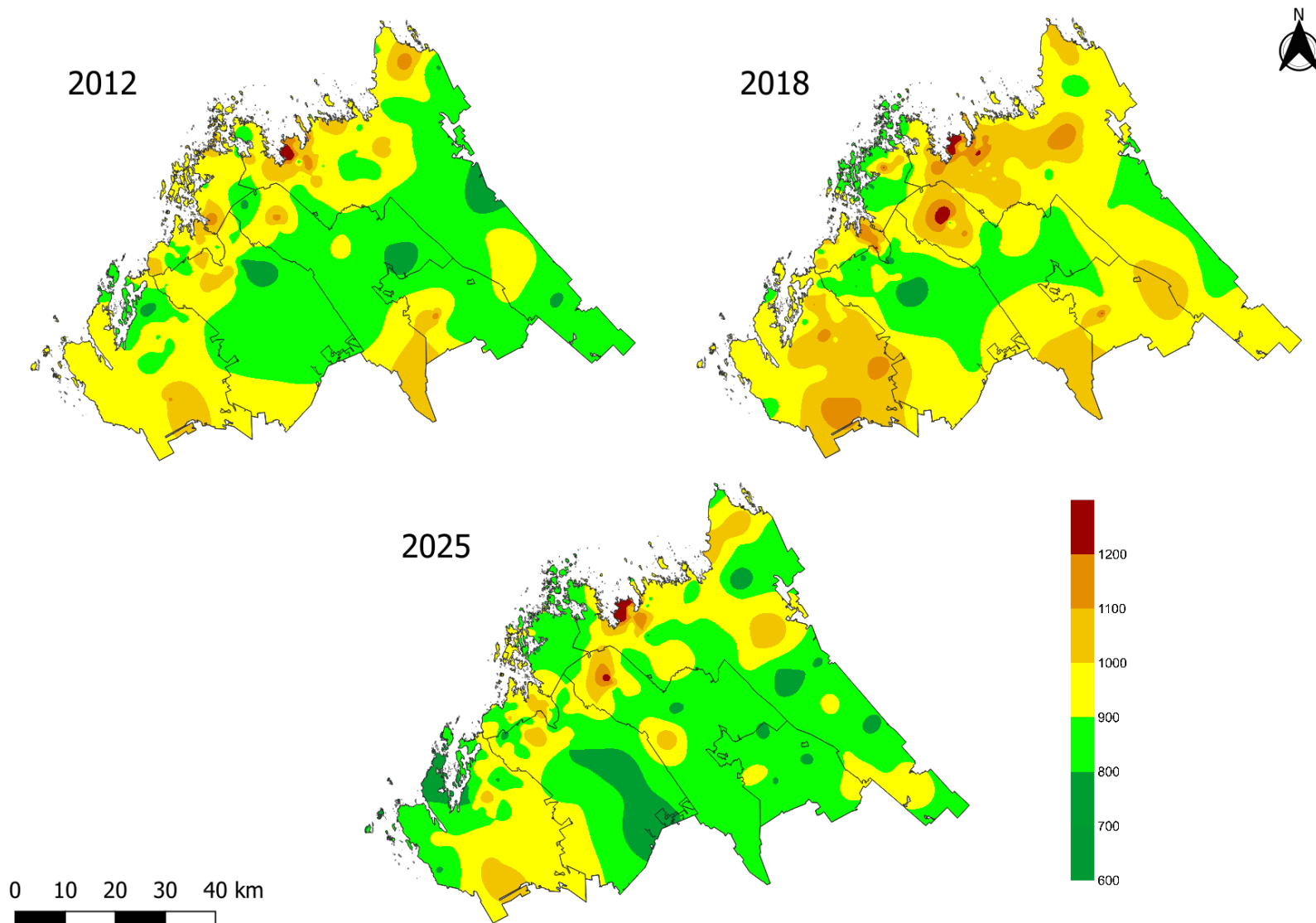
8.12.2025

HR

Barr, grundämne mg/kg		Hela område			Kaustby			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
		2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
As	Medeltal	0,13	0,10	0,21				0,22	0,16	0,37	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03
	Min.	0,03	0,02	0,02				0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
	Max.	1,0	1,2	2,3				1,0	1,2	2,3	0,03	0,05	0,06	0,03	0,06	0,08	0,07	0,05	0,05	0,06	0,09	0,06	0,03	0,04	0,04
	n	52	52	53	0	0	0	26	26	27	1	1	1	3	3	3	9	9	9	8	8	8	5	5	5
Hg	Medeltal	0,04	0,04	0,03				0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
	Min.	0,02	0,02	0,01				0,02	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Max.	0,10	0,22	0,11				0,10	0,22	0,11	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
	n	52	52	53	0	0	0	26	26	27	1	1	1	3	3	3	9	9	9	8	8	8	5	5	5
Cd	Medeltal	0,15	0,19	0,16	0,13	0,05	0,05	0,27	0,35	0,31	0,08	0,10	0,09	0,11	0,13	0,10	0,07	0,10	0,07	0,09	0,11	0,08	0,06	0,07	0,06
	Min.	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06	0,05	0,03	0,06	0,05	0,08	0,06	0,08	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03
	Max.	2,6	2,4	3,6	0,54	0,09	0,07	2,6	2,4	3,6	0,12	0,15	0,18	0,17	0,19	0,18	0,17	0,10	0,13	0,17	0,22	0,16	0,11	0,10	0,10
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
Cr	Medeltal	0,17	0,17	0,19	0,10	0,12	0,17	0,23	0,26	0,22	0,13	0,14	0,16	0,15	0,12	0,14	0,13	0,12	0,15	0,13	0,13	0,18	0,13	0,10	0,21
	Min.	0,06	0,05	0,10	0,07	0,05	0,11	0,08	0,05	0,10	0,09	0,05	0,13	0,07	0,05	0,10	0,07	0,05	0,11	0,07	0,05	0,10	0,06	0,05	0,11
	Max.	0,75	1,80	2,30	0,14	0,31	0,28	0,75	1,80	2,30	0,19	0,25	0,23	0,24	0,21	0,26	0,51	0,19	0,20	0,23	0,40	0,43	0,60	0,43	0,55
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
Zn	Medeltal	51	59	58	36	45	49	66	77	75	42	50	50	53	60	55	41	48	47	44	49	50	41	44	45
	Min.	24	26	20	29	36	41	30	38	37	33	33	36	42	44	40	28	31	36	25	31	30	24	26	20
	Max.	240	300	330	42	50	59	240	300	330	59	65	65	73	72	70	56	64	57	59	85	73	62	67	65
	n	147	144	147	6	6	6	54	53	54	13	13	13	11	11	11	21	21	21	22	20	22	20	20	20
V	Medeltal	0,15	0,09	0,08				0,16	0,09	0,08	0,10	0,05	0,08	0,12	0,12	0,06	0,13	0,07	0,08	0,17	0,12	0,07	0,09	0,05	0,07
	Min.	0,07	0,05	0,05				0,08	0,05	0,06	0,10	0,05	0,08	0,09	0,05	0,05	0,09	0,05	0,07	0,07	0,05	0,05	0,08	0,05	0,06
	Max.	0,64	0,61	0,14				0,33	0,17	0,14	0,10	0,05	0,08	0,13	0,19	0,08	0,20	0,21	0,10	0,64	0,61	0,10	0,10	0,05	0,10
	n	52	52	52	0	0	0	26	26	26	1	1	1	3	3	3	9	9	9	8	8	8	5	5	5

8.12.2025

HR



Figur 6.9 Barrens svavelhalter (mg/kg) i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

6.1.2 Mossans grundämneshalter

Statistiska nyckeltal för grundämneshalterna i mossan under uppföljningsåren 2012, 2018 och 2025 för hela området och per kommun presenteras i tabell 6.3. Förändringarna mellan de halter som observerades åren 2025 och 2018 testades med ett parvis t-test.

Vid undersökning av hela området, baserat på parvisa t-test, hade halterna av arsenik, bly, aluminium, natrium och järn i mossor ökat från 2018 till 2025. Halterna av kobolt, koppar, fosfor, kalium, kalcium, magnesium, mangan, svavel och kvicksilver hade i sin tur minskat jämfört med år 2018.

Med undantag för arsenik, kadmium, bly, zink, natrium och kvicksilver hade alla grundämneshalter minskat till år 2025 jämfört med år 2012. Halterna av arsenik, natrium och bly i mossorna hade ökat från år 2012 till år 2025. Halterna av zink, natrium och kvicksilver skilde sig inte mellan åren 2012 och 2025.

År 2018 inrättades två nya provytor i Kaustby (239 och 240), där litiumhalterna i mossor var 0,1 och 0,1 mg/kg. År 2025 var motsvarande halter på samma ytor < 1,0 mg/kg. Litiumhalterna kommer att följas upp även i framtida uppföljningar.

Zonkartor över grundämneshalterna i mossor från åren 2012, 2018 och 2025 presenteras nedan (Figur 6.10–Figur 6.18). Zonkartorna visar att **aluminiumhalterna** har ökat i Kronoby, Pedersöre och Nykarleby jämfört med undersökningar som genomfördes 2012 och 2018. I likhet med tidigare år förekommer förhöjda aluminiumhalter fortfarande som en splittrad zon på ytorna vid kusten. I tidigare uppföljningar i Nykarlebyområdet har man inte observerat förhöjda aluminiumhalter. År 2018 var zonerna belägna i Nykarleby centrum, i kommunens nordöstra del nära Karleby samt i Ytterjeppo. Zonen i den nordöstra delen förklaras särskilt av placeringen av området K204 nära R&R Frostdahl Ab:s marktäktsovmråde, där det även finns ett gammalt, vattenfyllt stenbrott. Den gamla ytan var förstörd och på ersättningsytan är halterna högre än på det tidigare området. Dessutom var halterna förhöjda på provytan (K218) i ett område nära centrum av Nykarleby, i närheten av Ab Ekorosk Oy:s återvinningsstation, samt i Björkmossen i Kronoby nära en gammal avstjälningsplats. Björkmossenområdet har också behövt ersättas med ett nytt sedan 2018, vilket förklarar förändringen jämfört med den tidigare uppföljningen.

När det gäller **arsenikhalter** syns under alla år förhöjda haltzoner i närheten av Yxpila och centrum i Karleby. År 2025 hade zonen expanderat jämfört med tidigare år, och något förhöjda halter kan också ses i Jeppo, Nykarleby. (Figur 6.11)

8.12.2025

HR

Inga betydande förändringar har skett i zonerna för kadmium-, kobolt- och kopparhalter under åren 2012–2025. Zonerna med förhöjda halter av kobolt och koppar är något mer koncentrerade kring Yxpila i Karleby, och halterna har minskat i utkanten av uppföljningsområdet. (Figur 6.12–Figur 6.14)

Zonerna för järnhalterna i mossan placerar sig i huvudsak på samma sätt som under åren 2012 och 2018. De högsta halterna har dock förskjutits från de norra delarna av Karleby och Kronoby till de norra delarna av Nykarleby och deponin Björkmossen i Kronoby. (Figur 6.15)

Haltzonerna för kvicksilver och zink är i stora drag liknande som åren 2012 och 2018. Halterna i områdena Kronoby och Kaustby har minskat något sedan 2018, och zonerna med de lägsta halterna i den södra halvan av uppföljningsområdet är enhetliga. (Figur 6.16 och Figur 6.18)

De största halterzonerna för nickel har tydligt krympt sedan år 2012. De högsta halterna har i alla uppföljningar påträffats i närheten av Yxpila i Karleby, medan halterna i andra områden har varit relativt låga. (Figur 6.17)

8.12.2025

HR

Tabell 6.3 Mossans grundämneshalter (mg/kg) per kommun 2012, 2018 och 2025.

Mossa, grundämne mg/kg		Hela område			Kaustby			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
		2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
As	Medeltal	0,26	0,21	0,46	0,14	0,23	0,26	0,51	0,33	0,93	0,17	0,21	0,35	0,11	0,11	0,24	0,15	0,14	0,19	0,13	0,13	0,16	0,11	0,11	0,14
	Min.	0,05	0,04	0,05	0,07	0,12	0,07	0,07	0,04	0,05	0,07	0,06	0,08	0,07	0,07	0,09	0,05	0,06	0,11	0,05	0,05	0,07	0,07	0,04	0,08
	Max.	2,5	1,5	5,6	0,22	0,42	0,79	2,5	1,5	5,6	0,41	0,54	0,88	0,19	0,15	0,70	0,40	0,27	0,43	0,25	0,37	0,28	0,18	0,17	0,32
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Cd	Medeltal	0,26	0,24	0,26	0,12	0,14	0,09	0,47	0,43	0,50	0,19	0,22	0,19	0,17	0,16	0,16	0,14	0,13	0,12	0,15	0,14	0,14	0,12	0,11	0,09
	Min.	0,08	0,06	0,06	0,09	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,11	0,10	0,08	0,13	0,12	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09	0,07	0,06	0,08	0,06	0,06
	Max.	1,6	1,6	2,1	0,15	0,22	0,11	1,6	1,6	2,1	0,41	0,53	0,42	0,23	0,25	0,27	0,23	0,26	0,25	0,25	0,24	0,80	0,16	0,18	0,13
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Co	Medeltal	3,3	3,1	2,1	0,42	0,99	0,48	7,4	6,7	4,9	1,7	2,4	1,2	1,9	1,7	0,62	1,0	1,1	0,64	1,1	1,1	0,52	0,48	0,48	0,36
	Min.	0,23	0,19	0,13	0,23	0,44	0,33	0,30	0,19	0,13	0,42	0,39	0,27	1,10	0,93	0,33	0,38	0,41	0,27	0,54	0,50	0,23	0,35	0,31	0,22
	Max.	27	26	25	0,54	1,8	0,92	27	26	25	5,0	7,6	3,5	3,7	3,8	1,1	1,9	3,9	2,2	2,4	2,7	1,2	0,69	0,78	0,84
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Cr	Medeltal	1,2	0,75	0,71	1,1	1,9	0,57	1,3	0,84	0,68	0,97	0,80	0,65	0,81	0,52	0,44	1,5	0,63	0,59	1,2	0,77	0,64	0,84	0,40	1,2
	Min.	0,55	0,20	0,19	0,73	0,62	0,23	0,62	0,20	0,19	0,72	0,20	0,23	0,69	0,31	0,25	0,55	0,20	0,25	0,56	0,20	0,30	0,59	0,20	0,40
	Max.	11	6,4	10	1,3	6,4	1,2	4,0	2,8	2,8	2,2	2,3	1,4	1,0	0,83	0,64	11	1,2	1,0	2,9	2,9	2,1	1,3	0,86	10
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Cu	Medeltal	6,0	5,8	4,6	4,2	4,4	4,6	8,7	6,9	6,2	5,2	6,5	4,4	4,7	5,5	3,4	4,7	5,2	3,5	5,0	5,6	4,0	3,9	4,4	3,6
	Min.	2,7	3,1	2,2	3,4	3,6	2,4	2,7	3,1	2,6	3,1	3,6	2,4	3,6	4,7	2,2	3,3	3,9	2,6	3,1	4,0	2,3	3,3	3,3	2,4
	Max.	19	14	18	5,0	5,7	10	19	14	18	12	13	8,6	6,2	6,7	4,4	7,7	7,7	4,6	9,5	11	8,9	5,2	8,0	6,0
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Pb	Medeltal	3,0	2,5	4,4	1,2	1,5	0,84	5,5	4,2	9,5	2,1	2,2	3,1	1,6	1,4	2,3	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1
	Min.	0,77	0,57	0,42	1,1	0,89	0,57	0,95	0,57	0,42	0,98	0,79	0,66	1,1	0,83	0,83	0,77	0,68	0,98	0,98	0,87	0,68	0,99	0,58	0,68
	Max.	22	16	57	1,4	2,4	1,0	22	16	57	6,1	5,3	8,5	2,2	1,8	7,0	4,0	2,9	2,4	2,8	3,9	3,0	2,3	2,0	2,3

8.12.2025

HR

Mossa, grundämne mg/kg		Hela område			Kaustby			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
		2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Ni	Medeltal	2,4	1,1	1,0	0,95	1,1	0,81	4,3	1,5	1,5	1,4	1,0	0,84	1,2	0,82	0,54	1,3	0,87	0,65	1,6	1,0	0,71	1,6	0,69	0,96
	Min.	0,54	0,31	0,27	0,66	0,82	0,43	0,54	0,40	0,27	0,67	0,45	0,32	0,96	0,49	0,34	0,58	0,42	0,41	0,61	0,42	0,40	0,61	0,31	0,47
	Max.	17	3,5	6,6	1,3	1,6	1,8	17	3,5	4,6	3,9	2,7	1,8	2,2	1,7	0,76	5,7	1,5	0,99	6,1	3,0	1,9	7,9	1,8	6,6
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Zn	Medeltal	80	83	82	32	51	39	142	137	149	56	77	59	45	57	41	51	52	37	52	55	46	37	41	53
	Min.	21	24	20	25	37	23	24	24	20	29	36	25	21	41	30	33	35	27	36	38	23	23	27	27
	Max.	560	540	620	40	64	75	560	540	620	150	180	140	62	92	70	78	76	53	82	77	110	55	63	170
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
V	Medeltal	1,3	0,83	0,81	0,95	0,94	1,1	1,2	0,84	0,74	0,89	0,90	0,80	0,83	0,69	0,58	0,88	0,76	0,83	1,6	1,0	0,81	2,3	0,67	0,98
	Min.	0,39	0,25	0,26	0,50	0,56	0,38	0,44	0,26	0,27	0,45	0,32	0,26	0,65	0,35	0,33	0,39	0,25	0,37	0,45	0,27	0,38	0,46	0,27	0,46
	Max.	15	5,2	3,5	1,6	2,0	3,5	3,7	2,0	2,0	2,6	2,9	1,8	1,7	2,3	0,80	1,5	1,4	1,6	9,7	5,2	2,5	15	2,9	2,7
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Al	Medeltal	287	245	268	223	323	257	345	268	243	272	283	291	178	149	213	284	257	277	309	264	280	218	167	327
	Min.	90	73	96	110	210	140	93	73	96	161	140	110	94	88	120	107	84	120	90	99	140	113	110	170
	Max.	1525	830	1100	347	600	540	1525	830	570	881	790	600	301	290	340	532	450	450	1011	810	740	364	320	1100
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
P	Medeltal	1334	1339	1236	1057	1070	1002	1346	1375	1338	1253	1259	1206	1280	1412	1205	1520	1352	1136	1421	1413	1211	1192	1250	1227
	Min.	680	770	630	920	900	820	910	810	810	960	770	800	680	1180	920	1000	920	750	940	990	630	730	820	870
	Max.	2600	2560	2400	1200	1380	1300	2600	2560	2400	2400	2480	2200	1600	1900	1600	2600	2030	1800	2100	1900	2000	1700	1890	1800
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
K	Medeltal	6217	6904	5696	5183	6012	5733	6308	7025	6140	6050	6190	5308	6145	7361	5273	6760	7063	5445	6024	7148	5600	6105	6645	5440
	Min.	3000	3560	3200	4300	3920	4300	4000	4500	4600	4300	3560	3900	4000	5780	4000	4800	5080	3700	4500	4610	3200	3000	4260	3900
	Max.	10000	11200	9100	5900	7750	7200	10000	11200	9100	8300	10700	7500	8000	9680	6900	10000	10200	7700	8500	9930	7400	8200	10800	8400
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Ca	Medeltal	2630	2942	2274	2200	3083	2267	2575	2965	2329	2500	3111	2267	2827	3010	2273	2825	2929	2075	2962	3110	2376	2320	2544	2240

8.12.2025

HR

Mossa, grundämne mg/kg		Hela område			Kaustby			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
		2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
	Min.	1500	1800	1400	2100	2570	1600	1600	1800	1400	1900	2250	1700	1500	2460	1900	2100	2190	1500	2400	2310	1600	1600	1880	1600
	Max.	4200	4670	4300	2400	3800	3000	4200	4480	4300	3700	4260	3300	3700	3450	3200	4000	4670	3800	4000	4140	3700	3100	3780	3000
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Mg	Medeltal	1096	1196	985	967	1125	958	1068	1146	1009	993	1128	958	1042	1272	924	1236	1296	893	1185	1310	1050	1060	1113	1009
	Min.	570	630	580	860	790	700	720	700	730	740	630	710	570	1090	730	740	910	580	710	930	690	800	810	640
	Max.	2100	2620	2100	1100	1390	1200	2100	1690	2100	1900	2260	1600	1300	1580	1200	2000	2620	1400	1800	1700	1500	1400	1560	1500
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Mn	Medeltal	294	362	248	302	403	277	287	384	259	308	418	285	282	341	245	330	334	208	281	349	228	285	320	257
	Min.	98	140	64	200	280	170	110	140	80	180	150	100	98	260	180	240	200	64	190	180	130	150	140	86
	Max.	590	750	600	420	700	400	590	750	600	430	730	460	390	470	350	450	520	310	390	510	370	440	540	370
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Na	Medeltal	82	68	118	85	62	135	81	53	124	73	56	115	83	36	123	86	109	94	79	99	135	84	60	102
	Min.	43	20	38	51	49	80	43	20	64	52	20	38	46	20	54	58	20	59	47	20	56	47	20	62
	Max.	250	190	390	120	75	220	250	93	250	130	190	390	140	72	180	110	190	170	140	180	310	120	140	250
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Fe	Medeltal	473	328	377	308	367	435	639	393	374	393	386	376	243	187	265	443	319	362	509	331	363	289	205	458
	Min.	120	77	100	120	210	150	140	77	100	190	110	110	120	110	160	130	99	140	140	89	150	150	110	200
	Max.	2400	1320	1900	600	860	1400	2400	1200	1100	1400	1320	900	390	390	420	860	680	690	1800	1220	1100	530	440	1900
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
S	Medeltal	1000	884	732	863	895	688	1019	902	823	938	789	733	842	769	700	1059	906	628	1077	1002	722	984	812	661
	Min.	480	420	420	670	700	420	670	420	470	730	450	420	480	580	590	790	640	470	830	780	470	580	590	460
	Max.	1800	1510	1500	1100	1240	1100	1800	1450	1500	1600	1440	1400	1100	1020	900	1700	1280	880	1500	1510	1000	1600	1190	1000
	n	138	138	138	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20
Hg	Medeltal	0,06	0,06	0,06	0,03	0,05	0,03	0,08	0,09	0,09	0,06	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
	Min.	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02

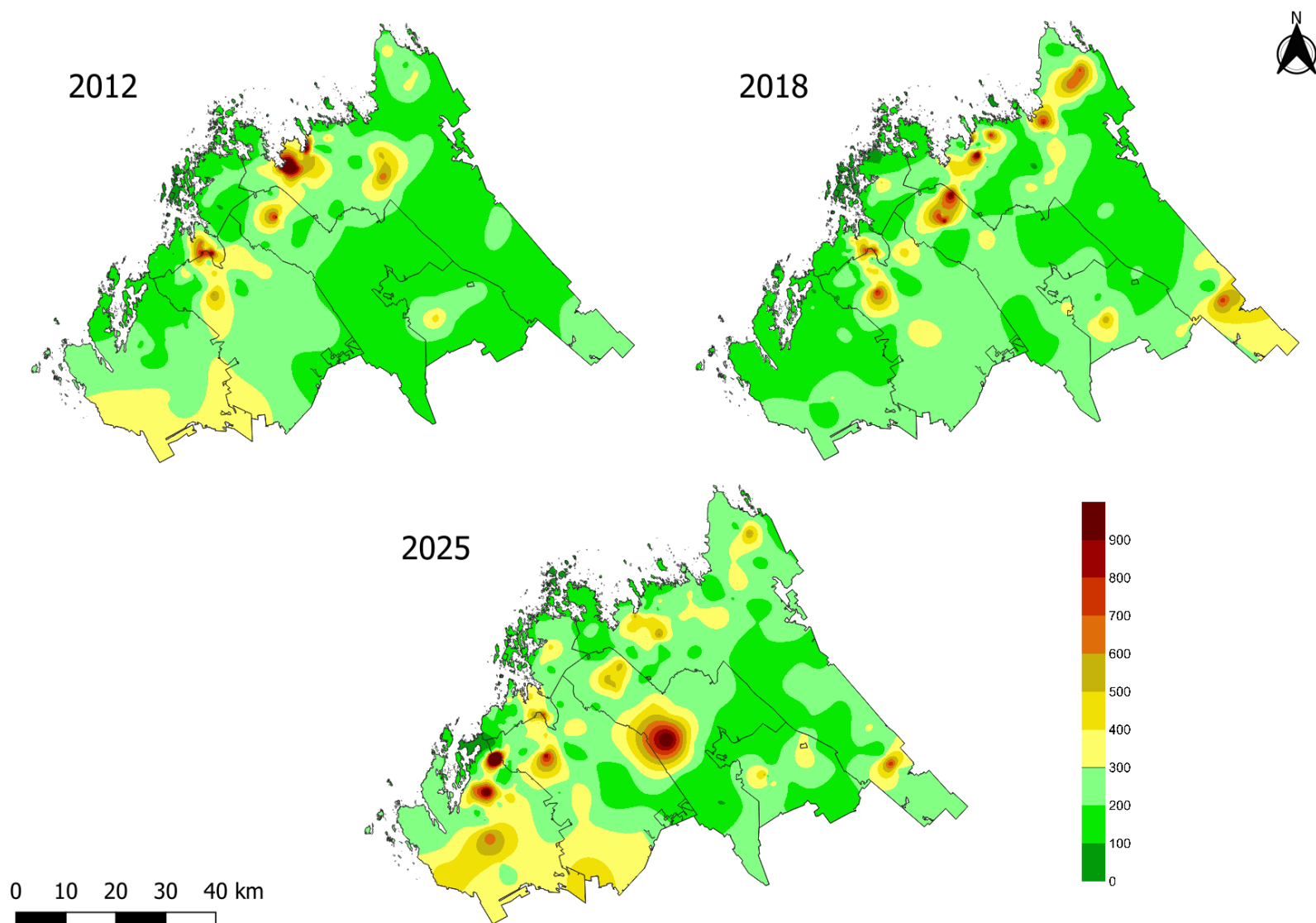
8.12.2025

HR

Mossa, grundämne mg/kg	Hela område			Kaustby			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
Max.	0,28	0,28	0,28	0,04	0,07	0,04	0,28	0,28	0,28	0,24	0,16	0,16	0,05	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08	0,07	0,08	0,07	0,06	0,08	0,06
n	138	138	137	6	6	6	48	48	48	12	12	12	11	11	11	20	20	20	21	21	21	20	20	20

8.12.2025

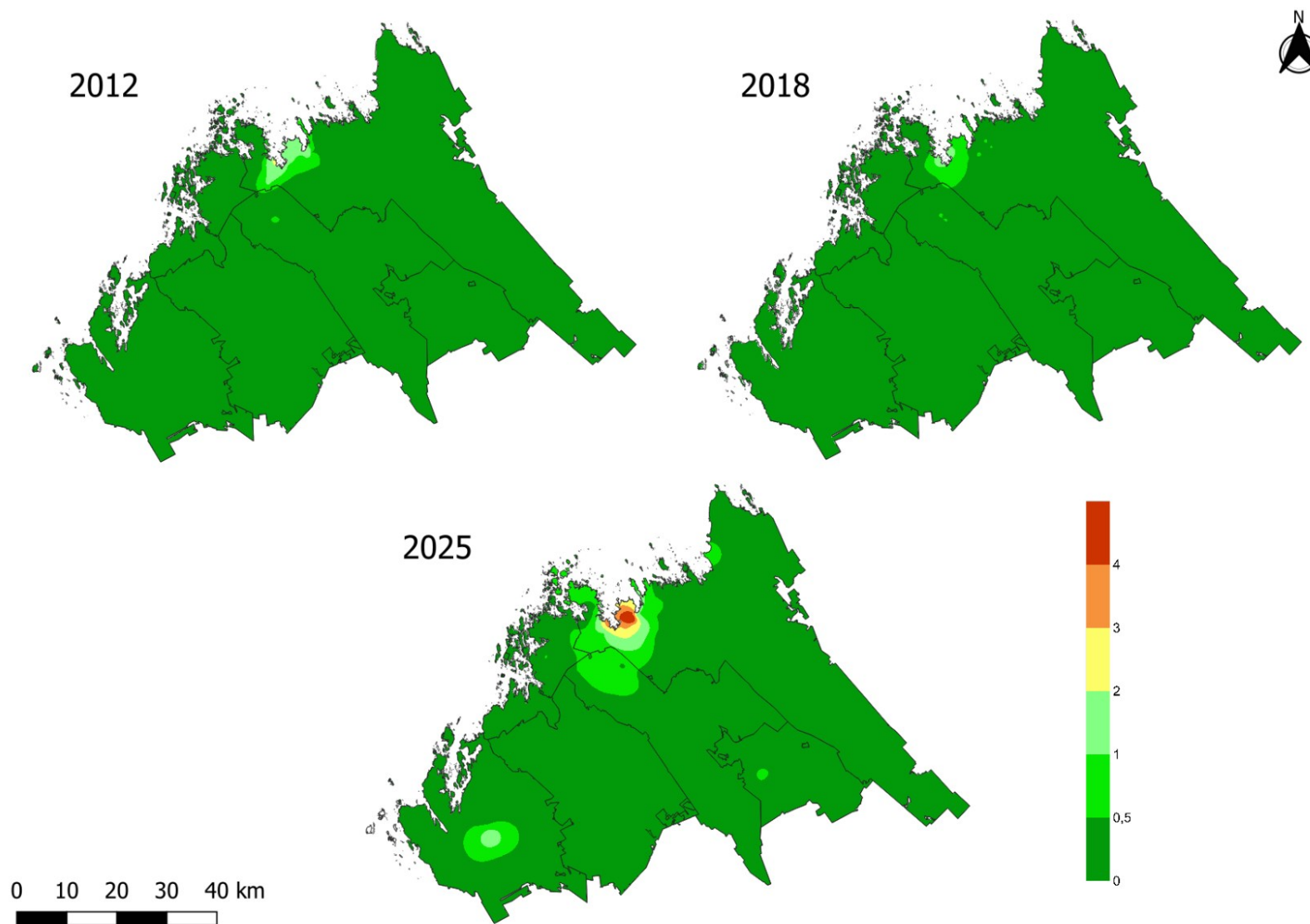
HR



Figur 6.10 Mossans aluminiumhalter (mg/kg) i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

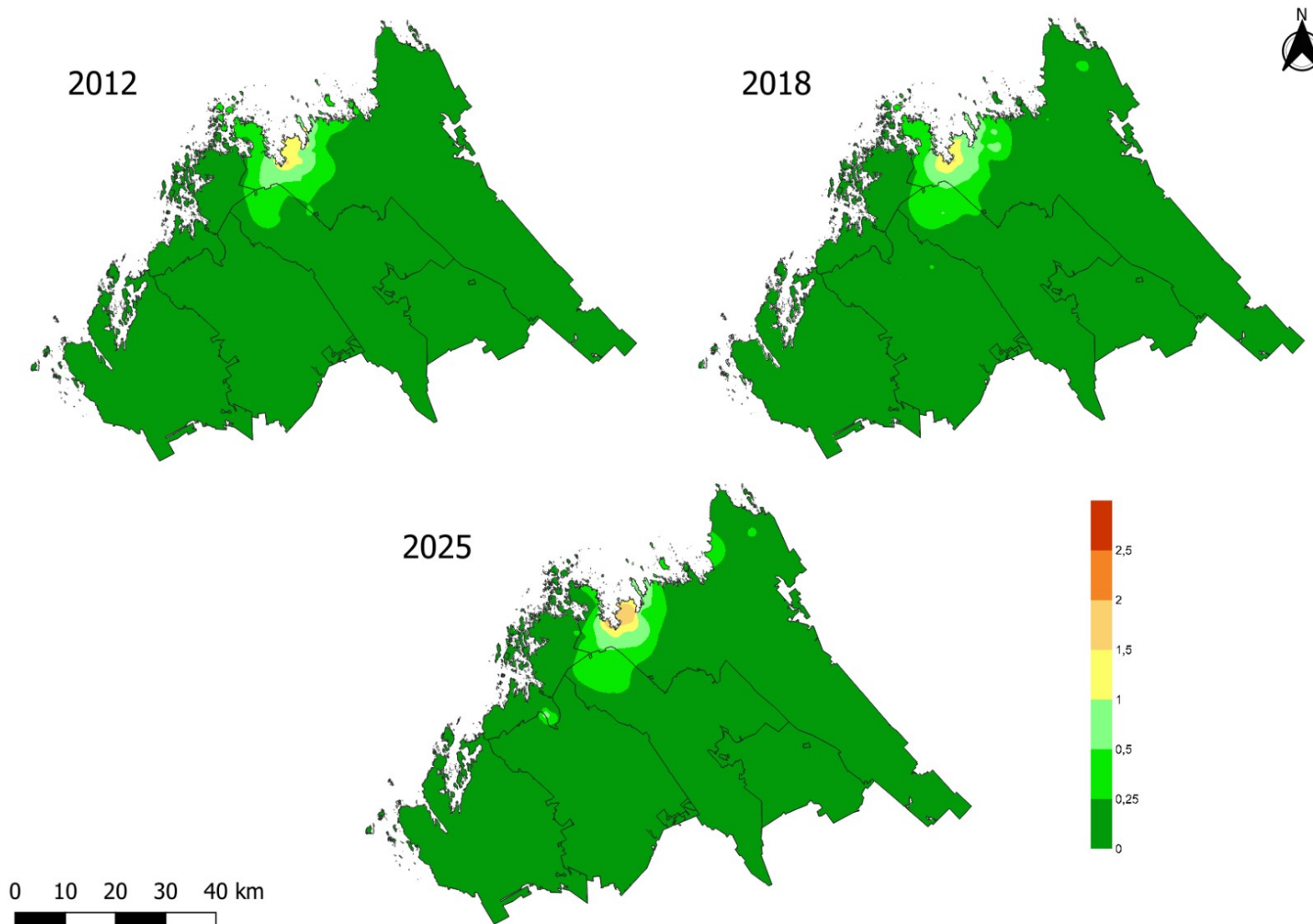
HR



Figur 6.11 Mossans arsenikhalter (mg/kg) i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

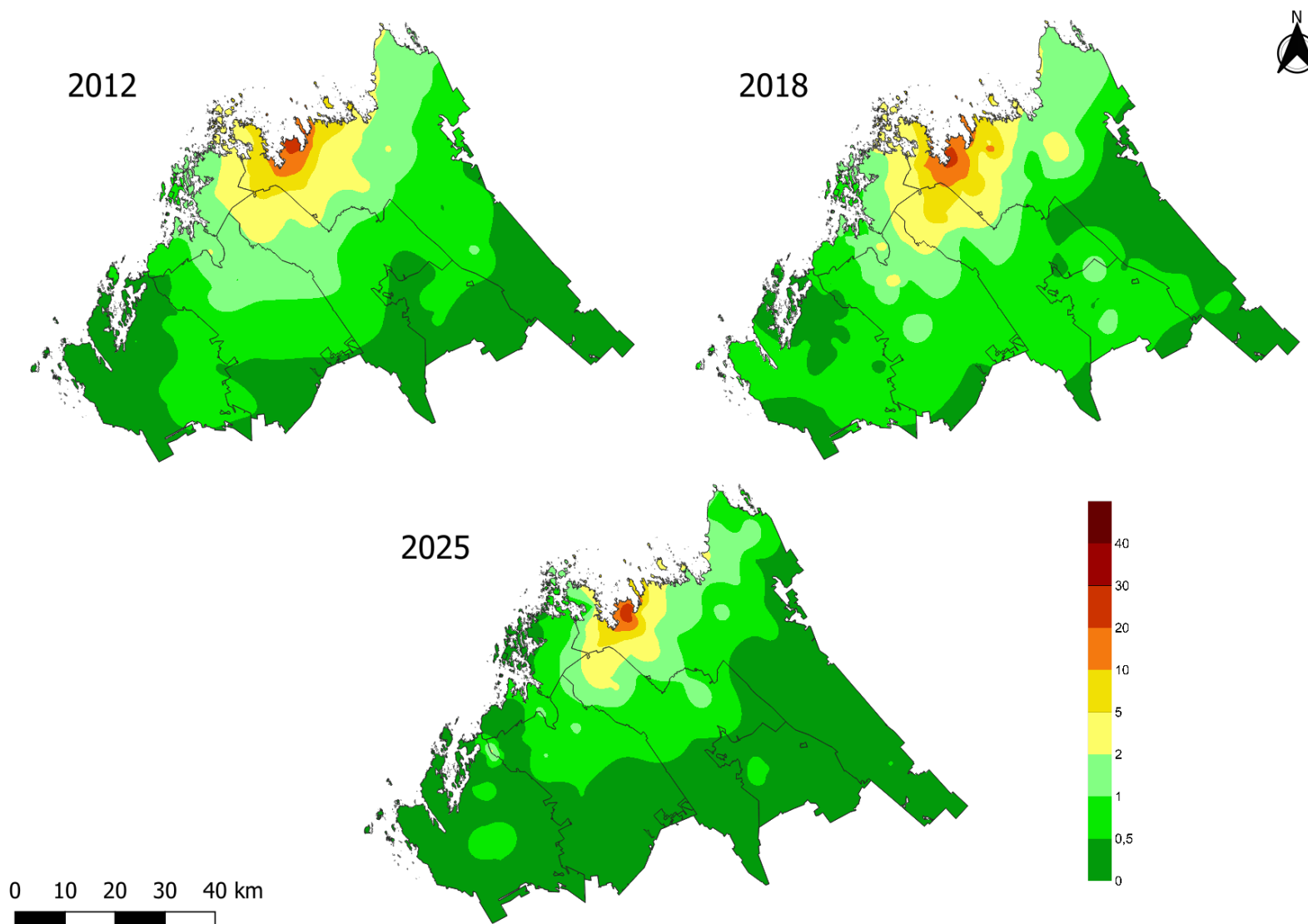
HR



Figur 6.12 Mossans kadmiumhalter (mg/kg) i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

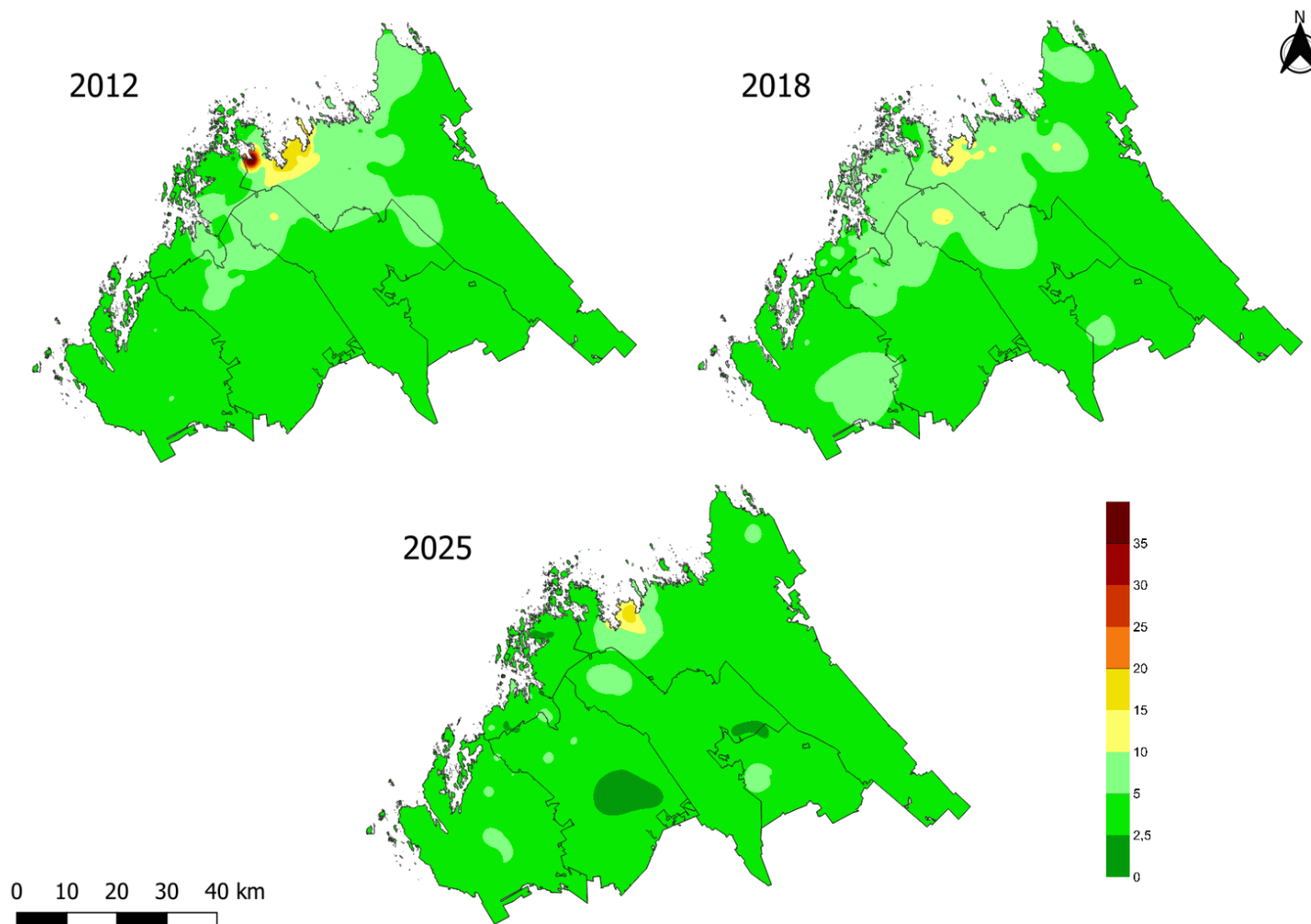
HR



Figur 6.13 Mossans kobolthalter (mg/kg) i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

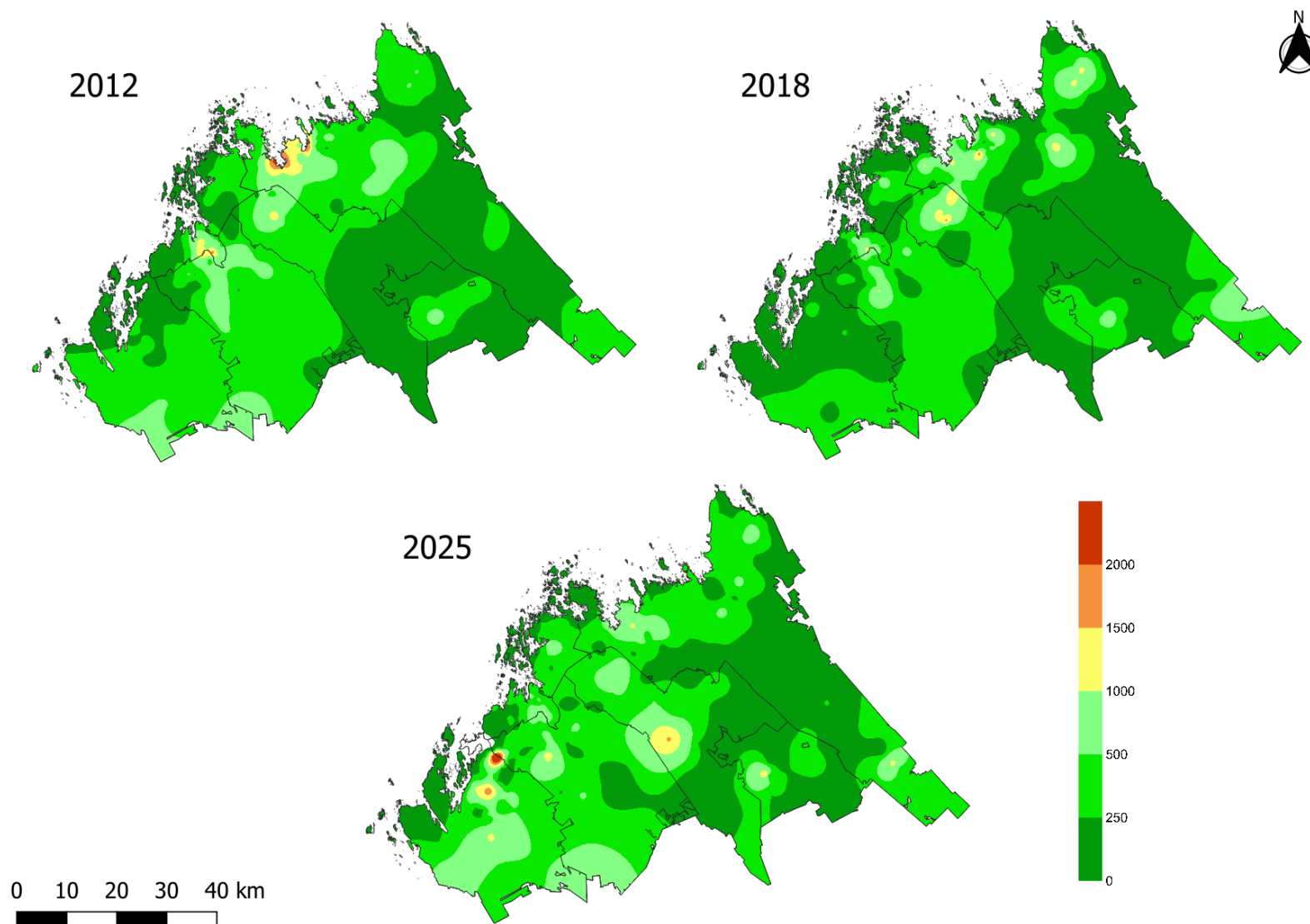
HR



Figur 6.14 Mossans kopparhalter (mg/kg) i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

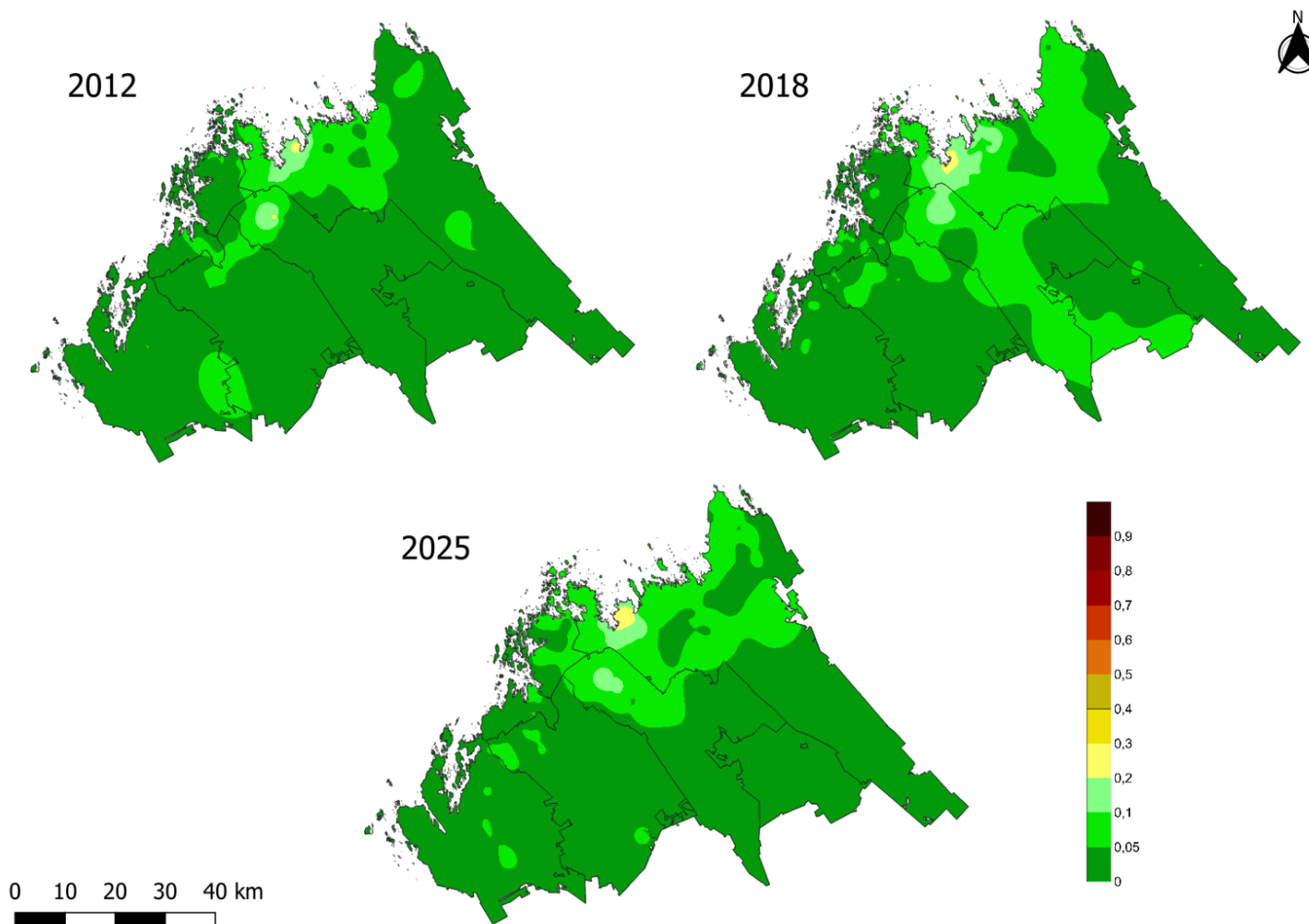
HR



Figur 6.15 Mossans järnhalter i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

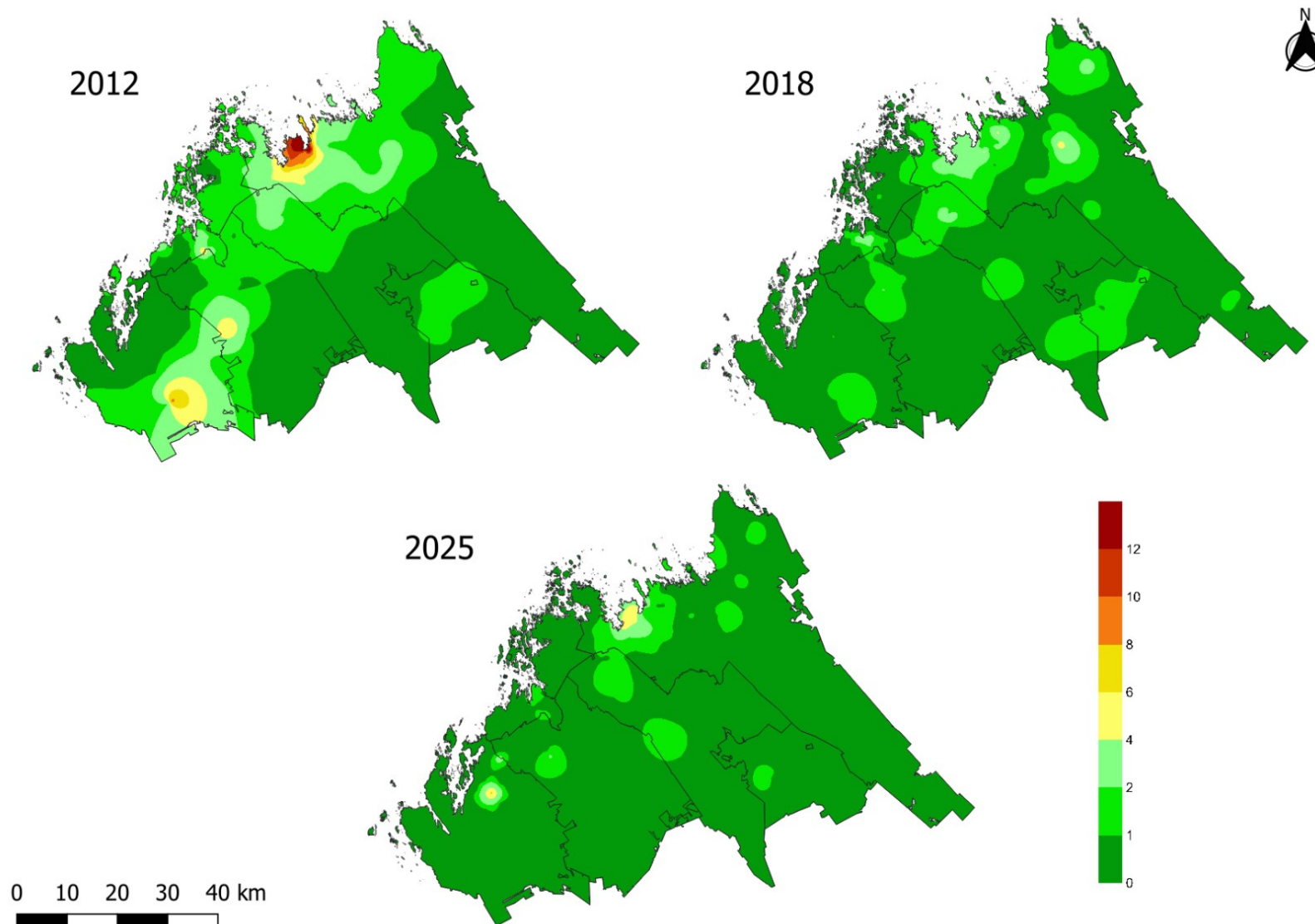
HR



Figur 6.16 Mossans kvicksilverhalter i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

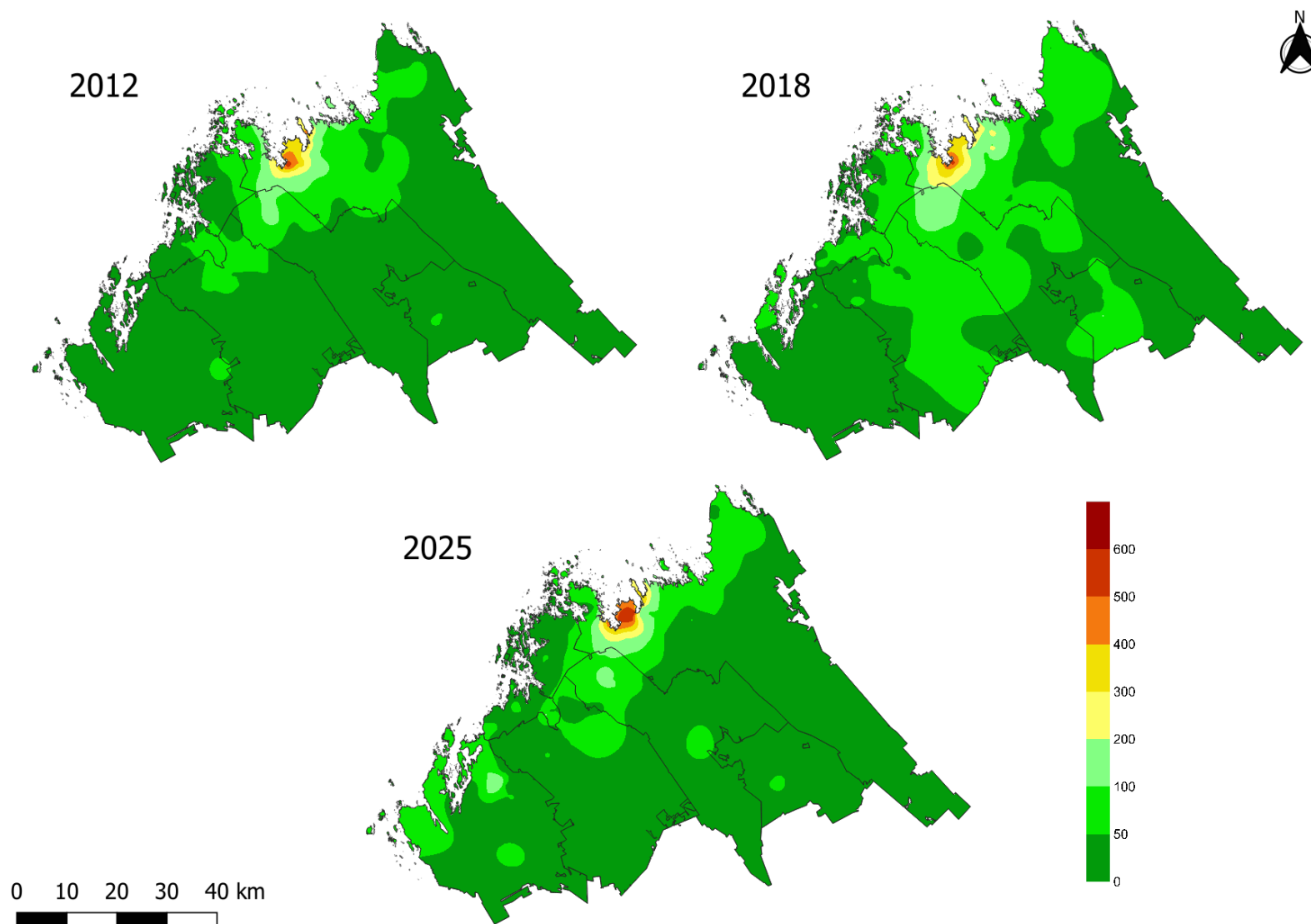
HR



Figur 6.17 Mossans nickelhalter i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

8.12.2025

HR



Figur 6.18 Mossans zinkhalter i uppföljningsområdet åren 2012, 2018 och 2025.

6.1.3 Humusens grundämneshalter

Nyckeltal för grundämneshalterna i humus under uppföljningsåren 2012, 2018 och 2025 i hela området och kommunvis presenteras i tabell 6.4. För Karlebys del presenteras provytor och bakgrundsytor separat. Förändringarna mellan de halter som observerades åren 2025 och 2018 testades med parvisa t-tester. I uppföljningen av humusens grundämneshalter mellan åren har alla uppföljningsområden inkluderats, även de som bytts ut, eftersom antalet oförändrade humusytor var lågt. Från granskningen uteslöts dock fyra nya provytor i Kaustby och Karleby, eftersom de grundades år 2025 och det inte finns några jämförelsepunkter inom deras områden. I jämförelsen av provytor ingick 41 ytor.

Jämfört med år 2018 hittades statistiskt signifikanta skillnader i halterna av krom, vanadin, natrium och svavel. Halterna av krom, vanadin och svavel hade minskat, medan halterna av natrium hade ökat jämfört med år 2018. För de övriga grundämnena observerades inga statistiskt säkerställda skillnader i halterna.

Jämfört med år 2012 hade halterna av halvmetaller och metaller, såsom arsenik, kadmium, kobolt, koppar, nickel och kvicksilver i humus, sjunkit fram till år 2025. Endast järnhalten i humusen ökade inom hela området. Situationen när det gäller aluminium är svår att bedöma, eftersom halten enligt uppgifterna var 38,3 mg/kg 2012 och 2 348 mg/kg 2025, vilket tyder på ett fel i uppgifterna om aluminium eller i analysen av dessa, eller att humus inte samlades in från utsläppskällornas omgivning 2012. Halterna av krom och bly i humus hade förblivit oförändrade jämfört med år 2012. Halterna av de övriga grundämnena, huvudsakligen näringsämnen, har stigit från år 2012 till år 2025.

År 2018 inrättades två nya provytor i Kaustby (239 och 240), där litiumhalterna i barren var 0,1 och 0,28 mg/kg. Under år 2025 låg de motsvarande halterna på samma provytor på < 1,0 mg/kg. Litiumhalterna kommer att följas upp även i kommande uppföljningar.

8.12.2025

HR

Tabell 6.4 Humusens grundämneshalter per kommun åren 2012, 2018 och 2025.

Humus, grundämne mg/kg		Hela område			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
		2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
As	Medeltal	15	12	12	15	12	13	2,6	2,2	1,3												
	Min.	2,6	1,7	1,2	3,1	1,7	1,2	2,6	2,2	1,3												
	Max.	43	38	36	43	38	36	2,6	2,2	1,3												
	n	15	15	15	14	14	14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd	Medeltal	2,0	2,1	1,9	5,0	5,1	4,7	0,35	0,25	0,13	0,41	0,37	0,48	0,45	0,51	0,39	0,50	0,46	0,37	0,34	0,34	0,29
	Min.	0,23	0,15	0,13	0,43	0,27	0,37	0,35	0,25	0,13	0,25	0,15	0,35	0,23	0,24	0,21	0,26	0,34	0,23	0,26	0,25	0,16
	Max.	18	19	17	18	19	17	0,35	0,25	0,13	0,59	0,56	0,72	0,66	0,98	0,72	0,77	0,65	0,60	0,41	0,51	0,55
	n	40	40	40	14	14	14	1	1	1	4	4		9	9	9	6	6	6	6	6	6
Co	Medeltal	83	73	75	89	77	80	1,0	7,2	0,98												
	Min.	1,0	2,2	0,98	1,0	2,2	1,3	1,0	7,2	0,98												
	Max.	260	240	250	260	240	250	1,0	7,2	0,98												
	n	15	15	15	14	14	14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr	Medeltal	4,4	18	4,2							5,0	11	3,4	3,7	10	4,2	6,3	28	4,7	3,1	25	4,4
	Min.	2,6	2,0	1,3							3,7	2,8	2,7	2,8	2,0	1,3	4,4	9,3	2,4	2,6	3,1	1,9
	Max.	8,5	60	13							6,8	28	4,0	4,5	43	11	8,5	60	6,7	3,7	48	13
	n	25	25	25	0	0	0	0	0	0	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6
Cu	Medeltal	68	62	61	173	156	146	7	8	3,2	11	9	15	12	9	9,3	14	18	12	8	8	31
	Min.	6	6	3,2	10	6	6,5	7	8	3,2	7	6	10	6	6	5,3	10	12	7,6	7	6	5,1
	Max.	660	710	640	660	710	640	7	8	3,2	14	13	27	17	12	19	20	27	15	9	9	150
	n	40	40	40	14	14	14	1	1	1	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6
Pb	Medeltal	33	109	32							26	35	29	29	115	28	47	65	43	32	192	27
	Min.	15	16	14							15	16	22	19	16	18	31	35	19	20	24	14
	Max.	70	980	60							30	46	34	42	770	37	70	140	60	36	980	34
	n	25	25	25	0	0	0	0	0	0	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6
Ni	Medeltal	30	33	25	72	73	59	2,9	17	2,4	8,4	14	11	5,9	9	5,3	9,4	15	7,1	4,5	7,4	4,4

8.12.2025

HR

Humus, grundämne mg/kg		Hela område			Karleby			Kronoby			Larsmo			Pedersöre			Jakobstad			Nykarleby		
		2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025	2012	2018	2025
	Min.	2,9	4	2,4	4,3	7	3,4	2,9	17	2,4	5,5	7	6,0	3,4	6	3,0	5,7	7	4,3	4,0	3,7	2,8
	Max.	210	230	200	210	230	200	2,9	17	2,4	11	23	22	9,2	14	7,6	16	20	12	5,4	11	6,9
	n	40	40	40	14	14	14	1	1	1	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6
Zn	Medeltal	313	329	364	792	815	918	17	49	27	64	61	143	60	62	55	53	100	59	50	50	40
	Min.	17	36	12	48	50	55	17	49	27	37	55	40	23	45	26	24	52	33	37	36	12
	Max.	2700	2820	2700	2700	2820	2700	17	49	27	86	74	370	100	94	81	80	230	84	59	66	63
	n	40	40	40	14	14	14	1	1	1	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6
V	Medeltal	20	20	15	21	19	15	3,9	30	18												
	Min.	3,9	6	6,0	6,5	6	6,0	3,9	30	18												
	Max.	64	58	46	64	58	46	3,9	30	18												
	n	15	15	15	14	14	14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	Medeltal	38	2248	2348	51	2198	2371	7,0	4960	3300	14	1528	1825	19	1857	2244	80	3648	2283	18	1578	2700
	Min.	7,0	810	1100	19	1320	1700	7,0	4960	3300	9,0	1130	1100	11	940	1400	21	1880	1400	10	810	1200
	Max.	310	6390	5800	160	5800	4300	7,0	4960	3300	19	2420	2900	35	2640	4900	310	6390	3900	27	2020	5800
	n	40	40	40	14	14	14	1	1	1	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6
P	Medeltal	615	697	710							555	565	700	570	609	640	597	950	760	740	663	790
	Min.	380	410	430							420	410	630	420	550	430	380	710	580	540	560	560
	Max.	850	1370	1200							790	660	780	670	670	810	850	1370	950	840	780	1200
	n	25	25	25	0	0	0	0	0	0	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6
K	Medeltal	537	791	788	474	652	834	350	910	660	523	608	715	681	818	858	512	1160	722	537	808	710
	Min.	250	400	470	250	500	500	350	910	660	250	480	630	450	400	530	410	560	470	450	590	470
	Max.	1000	2690	1400	730	900	1 400	350	910	660	670	710	920	1000	2120	1300	600	2690	950	600	1260	1300
	n	40	40	40	14	14	14	1	1	1	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6
Ca	Medeltal	1779	2885	2714	1470	2591	2636	1900	1920	1900	2375	3960	3075	1922	2866	2689	2030	2982	3150	1617	2948	2390
	Min.	780	480	240	880	480	1300	1900	1920	1900	1800	2510	2200	1100	1350	1700	780	1150	1800	1400	2240	240
	Max.	3700	5440	4900	2200	3960	3800	1900	1920	1900	2900	5440	3600	2800	4620	3300	3700	4400	4900	2000	3790	3200
	n	40	40	40	14	14	14	1	1	1	4	4	4	9	9	9	6	6	6	6	6	6

6.2 Jämförelse med andra uppföljningar utförda i Finland

6.2.1.1 Tallens stamlavar

Resultaten för lavvariablerna i 2025 års uppföljning jämfördes med andra uppföljningar som gjorts i Finland. Skadegraden på blåslav var i samma storleksordning som i uppföljningarna i Nyland, Björneborgsregionen och Tavastland. Under det senaste decenniet har blåslaven varit mindre skadad i uppföljningarna i Björneborgsregionen och södra Satakunta, Kajanaland samt Norra Karelen, där den genomsnittliga skadegraden även i dessa har varierat från lindrig till tydlig skada.

Det genomsnittliga artantalet i Karleby- och Jakobstadsregionen, granskat både per provträd och per provyta, är lägre än i andra områden. Luftrenhetsindexet i Karleby- och Jakobstadsregionen ligger på samma nivå som i andra områden (Tabell 6.5)

Samma fenomen har kunnat observeras i alla lavvariabler även när man jämför resultaten från 2018 och 2012 i Karleby och Jakobstad med andra områden. (Tabell 6.5)

Tabell 6.5 Blåslavens skadeklass, artantal per träd och provyta samt luftrenhetsindex (IAP) i uppföljningar utförda i olika delar av Finland.

Område	N	Uppföljningsår	Blåslavens skadeklass	Artantal /träd	Artantal /yta	IAP
Karleby-Jakobstad	244	2025	2,5	3,1	4,1	1,6
Björneborgregionen och Södra Satakunta ¹⁾	152	2022	2,2	3,6	5,6	1,9
Södra Karelen ²⁾	245	2022	2,8	3,9	5,3	2,1
Seinäjäkiregionen och Södra Österbotten ¹⁾	96	2022	3,0	-	6	1,6
Nyland ⁴⁾	501	2020	2,5	5,1	6	1,5
Norra Karelen ⁵⁾	315	2020	1,9	5,5	6,9	2,9
Karleby-Jakobstad⁶⁾	240	2018	2,6	3,1	4,1	1,6
Seinäjäkiregionen och Södra Österbotten ⁷⁾	97	2017	2,5	-	6,6	2
Kajanaland ⁵⁾	52	2015	1,7	4,9	-	-
Nyland ⁹⁾	734	2014	2,5	4,4	6,7	1,7
Björneborg-Harjavalta ¹⁰⁾	57	2014	2,4	3,6	5,7	-
Egentliga- och Päijänne-Tavastland ¹¹⁾	304	2014	2,5	4,5	6	2,4
Vasaregionen ¹²⁾	53	2013	2,3	4,3	6	1,9
Karleby-Jakobstad¹³⁾	238	2012	2,3	3,9	5,2	2,1
Södra Karelen ¹⁴⁾	263	2012	2,1	4,9	6,5	2,6
Norra Karelen ¹⁵⁾	300	2010	2,1	6	7,4	2,7

8.12.2025

HR

Område	N	Uppföljningsår	Blåslavens skadeklass	Artantal /träd	Artantal /yta	IAP
Nyland ¹⁶⁾	776	2009	2,2	4,4	7	2
Nystadsregionen ¹⁷⁾	103	2006	2,1	5,1	6,8	2,2

1) Ramboll Finland Oy, 2023

2) Eurofins Ahma Oy, 2023

3) Eurofins Ahma Oy, 2022

4) NTM-centralen i Nyland, 2021

5) NTM-centralen i Norra Karelen, 2021

6) Jyväskylä universitet, 2013

7) Ahma Ympäristö Oy, 2017

8) NTM-centralen i Kajanaland, 2017

9) NTM-centralen i Nyland, 2015

10) Nab Labs Oy, 2016a

11) NTM-centralen i Tavastland, 2016

12) Nab Labs Oy, 2016b

13) Jyväskylä universitet, 2013a

14) Jyväskylä universitet, 2013b

15) NTM-centralen i Norra Karelen, 2011

16) NTM-centralen i Nyland, 2010

17) Jyväskylä universitet, 2008

6.2.2 Barrens grundämneshalter

Resultaten från denna uppföljning jämfördes med resultat från andra uppföljningar i olika delar av Finland. Dessutom inkluderades jämförelsevärden för barrens grundämneshalter, vilka beskriver beståndets genomsnittliga näringstillstånd (Tabell 6.6)

I resultaten för Karleby-Jakobstad år 2025 låg koppar- och manganhalterna ungefär i nivå med jämförelsevärdena. Bor-, zink-, järn-, kalium- och kalciumhalterna var något högre än jämförelsenivån. (Tabell 6.6)

Kadmium- och zinkhalterna var något högre än motsvarande medelhalter i andra uppföljningar. För övriga grundämnen ligger medelhalterna i Karleby-Jakobstad år 2025 på samma nivå som i andra områden. De genomsnittliga koppar- och nickelhalterna i barr i Karleby-Jakobstad hade sjunkit från nivåerna åren 2018 och 2012 till samma nivå som i andra områden. (Tabell 6.6)

8.12.2025

HR

Tabell 6.6. Barrens grundämneshalter (mg/kg) i bioindikatoruppföljningen i Karleby-Jakobstad år 2025 och som gjorts på andra håll i Finland. Resultaten för Karleby-Jakobstad under olika år har markerade med fetstil.

Område	År	B	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	N %	Ni	P	S	Zn
Karleby-Jakobstad	2025	17	3 508	0,15	0,18	2,4	61	5 348	865	463	1,4	0,45	1 360	926	57
Björneborgregionen och Södra-Satakunta ¹⁾	2022		3 800					5 700	850	500	1,4			900	
Seinäjokiregionen och Södra Österbotten ²⁾	2022	15	3 524	0,08	0,16	2,9	80	5 700	940	400	1,4	0,79	1 396	960	46
Karleby-Jakobstad³⁾	2018	12	3 874	0,13	0,13	3,3	66	5 607	790	432	1,5	0,94	1 355	947	49
Seinäjoki och Södra Österbotten ⁴⁾	2017	15	3 886	0,08	0,67	2,6	59	5 973	1 005	411	1,3	0,60	1 450	943	46
Kajanaland ⁵⁾	2015	8	2 590	0,09	0,40	2,6	35	4 280	720	602	1,2	0,97	1 180	770	35
Björneborg-Harjavalta ⁶⁾	2014		4 363					4 504	760	700	1,4			1 100	
Egentliga- och Päijänne Tavastland ⁷⁾	2014	20	4 210					4 560	830		0,9			1 060	
Vasaregionen ⁸⁾	2013	18	3 521			2,8		5 379	899	508	1,5		1 490	1 067	
Karleby-Jakobstad⁹⁾	2012	16	2 881	0,13	0,16	3,2	94	5 499	783	388	1,4	0,94	1 355	947	49
Vasaregionen ¹⁰⁾	2006	19	3 475	0,12	0,16	2,4	74	5 254	880	519	1,5	0,60	1 527	1 037	51
Seinäjoki ¹¹⁾	2006	15	3 218	0,08	0,13	2,2	68	4 697	879	413	1,5	0,41	1 461	971	45
Nystadsregionen ¹²⁾	2006	19	3 524		0,10	2,6	58	5 077	887	564	1,6	0,47	1 531	1 088	52
Åbo ¹³⁾	2005		4 400					5 600	1 000	650	1,6			1 100	
Referensvärde (Tabell 3.9)		12,1	1 850-2 280			2,6-3,2	46,4	4 820-4 870	990-1 070	409-555	1,2		1 460-1 520	940	40-46

¹⁾ Ramboll Finland Oy, 2024

²⁾ Eurofins Ahma Oy, 2022

³⁾ Eurofins Ahma Oy, 2020

⁴⁾ Eurofins Ahma Oy, 2017

⁵⁾ Ahma Ympäristö Oy, 2017

⁶⁾ Nab Labs Oy, 2016a

⁷⁾ NTM-centralen i Tavastland, 2016

⁸⁾ Nab Labs Oy, 2016b

⁹⁾ Jyväskylä universitet, 2013b

¹⁰⁾ Jyväskylä universitet, 2008b

¹¹⁾ Jyväskylä universitet, 2008a

¹²⁾ Jyväskylä universitet, 2008c

¹³⁾ Jyväskylä universitet, 2006

¹⁴⁾ enligt Reinikainen m.fl.1998, Braekke 1994, Mälkönen 1991 och Raitio 1994.

6.2.3 Mossornas grundämneshalter

Mossans grundämneshalter från 2025 års uppföljning har jämförts med andra uppföljningar utförda på andra håll i Finland (Tabell 6.7). I uppföljningen har man, utöver resultaten från de regionala bioindikatoruppföljningarna, inkluderat halter från Metlas riksomfattande uppföljning från år 2010.

De genomsnittliga halterna av krom, koppar och nickel var lägre än de som rapporterats i Metlas data. För de övriga undersökta grundämnena var halterna i Karleby-Jakobstad år 2025 högre än halterna i Metlas material. (Tabell 6.7)

Kvicksilver-, kadmium-, bly- och zinkhalterna i Karleby- och Jakobstadsregionen var högre än i andra områden. Magnesium-, nickel- och svavelhalterna var något lägre än i övriga landet. Halterna av övriga grundämnen i Karleby- och Jakobstadsregionen låg på samma nivå som medelhalterna i andra uppföljningar. (Tabell 6.7)

8.12.2025

HR

Tabell 6.7. Mossans grundämneshalter (mg/kg) i denna uppföljning samt i uppföljningar utförda på andra håll i Finland. Resultaten för Karleby-Jakobstad från åren 2025, 2018 och 2012 är markerade med fetstil.

Område	Uppföljningsår	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Ni	P	Pb	S	V	Zn
Karleby-Jakobstad	2025	283	0,40	0,23	0,72	4,4	391	0,05	990	0,96	1228	3,7	718	0,85	71
Björneborgregionen och Södra Satakunta ¹⁾	2022		0,13	0,15	1,5	11	240	0,03		3,6		1,0		0,50	30
Seinäjäkiregionen och Södra Österbotten ²⁾	2022		0,88	0,11	9,6	7,2	1 200	0,04		5,4		1,5		2,2	47
Norra Karelen ³⁾	2020		0,07	0,11	0,56	5,3	190		1300	1,2	1600	0,57	750	0,56	34
Karleby-Jakobstad⁴⁾	2018	250	0,2	0,23	0,76	5,7	336	0,06	1188	1,1	1335	2,3	869	0,83	80
Seinäjäki och Södra Österbotten ⁵⁾	2017	407	0,7	0,07	16	5,9	728	0,03	1374	8,6	1281,0	0,92	754	1,67	32
Kajanalands ⁶⁾	2015		0,09	0,12	0,92	4,1	232	0,04		3		1,8		1,1	30
Björneborg-Harjavalta ⁷⁾	2014		0,50	0,34	0,9	28	286	0,05		8,6		2,2		0,85	41
Egentliga Tavastland och Päijänne-Tavastland ⁸⁾	2014			0,17	1,1	5,8		0,04		1,4		3,1		1,4	41
Karleby-Jakobstad⁹⁾	2012	268	0,23	0,24	1,1	6,0	435	0,05	1084	2,1	1336	2,6	979	1,1	74
Seinäjäki ¹⁰⁾	2012	285	0,38	0,11	3,6	5,8	439	0,03	1389	2,6	1552	1,1	945	1,2	32
Norra Karelen ¹¹⁾	2010		0,16	0,16	1,7	5,2	431		1171	2,5	1345	1,9	922	1,6	38
Metla ¹²⁾	2010		0,11	0,12	0,97	5,0	243	0,04		2,5		2,1		1,1	31

¹⁾ Ramboll Finland Oy, 2024

²⁾ Eurofins Ahma Oy, 2022

³⁾ NTM-centralen i Norra Karelen, 2021

⁴⁾ Eurofins Ahma Oy, 2020

⁵⁾ Ahma Ympäristö Oy, 2017

⁶⁾ NTM-centralen i Kajanalands, 2017

⁷⁾ Nab Labs Oy, 2016a

⁸⁾ NTM-centralen i Tavastland, 2016

⁹⁾ Jyväskylä universitet, 2013a

¹⁰⁾ Ramboll Finland Oy, 2012

¹¹⁾ NTM-centralen i Norra Karelen, 2011

¹²⁾ Metla, 2010

6.2.4 Humusens grundämneshalter

Medelhalterna i humus jämfördes med resultaten från motsvarande uppföljningar utförda på andra håll i Finland (Tabell 6.8). Halterna av arsenik, kvicksilver, kadmium, kobolt, koppar, nickel och zink var högre än bakgrunds nivåerna i hela Finland och i huvudstadsregionen (kolumn Helsingfors, naturmark 2010).

Halterna av aluminium, bor, kalcium, krom, järn, kalium, magnesium, natrium, fosfor, bly, svavel och vanadin var ungefär på samma nivå som i uppföljningar på andra håll i Finland. Manganhalten var lägre än i andra delar av landet.

Tabell 6.8 Grundämneshalter i humus i uppföljningar utförda på andra håll i Finland.

Grundämne mg/kg	Karleby- Jakobstad 2025	Boliden Kevitsa 2025 ¹⁾	Karleby- Jakobstad 2018 ²⁾	Egentliga och Päijänne- Tavastland 2016 ³⁾	Karleby- Jakobstad 2012 ⁴⁾	Helsingfors, naturmark 2010 ⁵⁾	Huvudstadsregionens grannkommuner 2004–2005 ⁶⁾	Hela Finland 2001– 2002 ⁷⁾
Al	2 327	-	2 245	-	3 825	-	4 056	1960
As	9,1	-	12	-	15	4	2,1	1,3
B	7,8	-	2,4	-	2,6	-	4,5	5,0
Hg	1,5	-	1,7	-	2,2	-	0,2	0,2
Ca	2 673	-	2 885	-	1 779	-	4 264	2 610
Cd	1,7	-	2,1	0,4	2,0	0,3	0,4	0,3
Co	54	5,8	73	-	83	3	2,1	1,1
Cr	4,2	40	18	11	4,4	15	8,5	3,9
Cu	54	64	62	17	68	21	10	7,9
Fe	6 551	-	5 488	-	5 076	-	5 336	2 250
K	790	-	791	-	537	-	118	927
Mg	611	-	557	-	319	-	1 112	531
Mn	65	-	81	-	134	-	425	187
Na	72	-	68	-	36	-	100	50
Ni	22	60	33	9,4	30	10	7,5	4,6
P	714	-	697	-	615	-	878	742
Pb	32	-	109	51	33	69	55	31
S	1 504	-	1 644	-	1 320	-	1 518	1 230
V	13	9	20	20	20	24	16	6,9
Zn	318	47	329	68	313	62	68	41

¹⁾ Eurofins Ahma Oy 2025

²⁾ Eurofins Ahma Oy 2019

³⁾ NMT-centralen i Tavastland 2016

⁴⁾ Jyväskylä Universitet,
Miljöforskningsinstitutet 2013

⁵⁾ Helsingin ympäristökeskus 2010

⁶⁾ GTK 2006

⁷⁾ Salminen m.fl.2003

7 Slutsatser

Luftkvaliteten i Karleby- och Jakobstadsregionerna har följts upp under flera decennier med hjälp av bioindikatoruppföljningar. Luftkvaliteten i Karlebyregionen har följts upp med hjälp av bioindikatorer sedan 1970-talet och Jakobstadsregionen sedan början av 2000-talet. Sedan år 2012 har uppföljningen genomförts enhetligt i områdena. Som bioindikatorer för luftkvaliteten användes tallens stamlavar samt grundämneshalterna och de kemiska egenskaperna hos tallbarr, mossor och humus.

I Karleby- och Jakobstadsregionen finns betydande kluster av storindustri och energiproduktion som alstrar svaveldioxid, kväveoxider, partiklar samt tungmetaller. Dessutom uppstår diffusa utsläpp även från trafiken och boskapsskötseln. Sedan 1980-talet har utsläppen från den lokala industrin och fjärrtransporten minskat betydligt till följd av införandet av teknologier för utsläppsrening. Utsläppen från trafiken har likaså minskat i takt med att fordonsflottan förnyas. Området har mycket boskapsskötsel och särskilt pälsdjursuppfödning, vilket orsakar kväveutsläpp i form av låga flyktiga utsläpp. Dessa diffusa utsläpp kommer sannolikt inte att spridas särskilt långt, men de kan ha betydande lokala effekter. Utvecklingen av dessa diffusa utsläpp är kopplad till antalet gårdar och djurstallar. Pälsdjursuppfödningen har minskat i hela Finland. Diffusa utsläpp orsakas också av exempelvis torvproduktion och markutvinning, även om dessa utsläppskällor är färre än djurskydd.

Största delen av svavelutsläppen inom uppföljningsområdet kommer från storindustrin och energiproduktionen i Karleby och Jakobstad. Den mest betydande delen av partikel- och kväveutsläppen uppstår i Jakobstad. Största delen av metallutsläppen härstammar från Karlebyregionen, med undantag för kvicksilver, koppar och bly.

Industrins totala utsläpp av kväveoxider har legat på samma nivå i Karleby under hela 2000-talet, medan det har förekommit mer variation i kväveutsläppen i Jakobstad. Sedan år 2018 har industrins svavelutsläpp legat på en lägre nivå än under den föregående uppföljningsperioden åren 2012–2018. Kväveutsläppen har legat på samma nivå i Karleby under åren 2018–2024, medan utsläppen i Jakobstad har sjunkit något. Metallutsläppen har sjunkit stadigt sedan 1990-talet och legat på en ganska stabil nivå under hela 2000-talet, även om det har skett en liten ökning i metallutsläppen efter år 2018. Största delen av metallutsläppen består av zink. Utsläppen från trafiken har sjunkit stadigt i båda kommunerna under hela 2010-talet.

Av **lavarna** låg blåslav i genomsnitt tydligt mellan klasserna ”tydligt skadad” och ”lindrigt skadad”. Artbeståndet var i genomsnitt utarmat baserat på både artantalet och IAP-indexet. Luftföroreningarnas inverkan på de undersökta indikatorerna var tydligt märkbar i starkt förorenade områden. De mest skadade blåslavarna och de mest utarmade arterna hittades i områden nära industriområden, kommunala centrum och pälsfarmskluster.

8.12.2025

HR

Sådana områden fanns i Yxpila i Karleby, i Jakobstad, i de norra delarna av Nykarleby och Pedersöre samt i Kaustby. Med avseende på lavfloran låg de mest naturliga provytorna utspridda i de mellersta och västra delarna av Karleby, i Larsmo samt i norra delarna av Pedersöre. Artssammansättningen kunde klassificeras som naturlig främst i enskilda områden här och där, snarare än i större zoner. I Karleby-Jakobstadsregionen låg största delen av lavparametrarna år 2025 på samma nivå som i andra uppföljningar som gjorts i Finland under de senaste åren. Endast lavfloran var artfattigare än i andra områden. De vanligaste lavarerna som observerades var stocklav och blåslav. Alger och tagellav, som gynnas av föroreningar och särskilt av kvävebelastning, förekom på cirka en tredjedel av provträden. Jämfört med den tidigare uppföljningen hade förekomsten av arter som är känsliga för föroreningar ökat.

Lavvariablerna återspeglade både närheten till utsläppskällor och påverkan av naturliga faktorer på växtplatsen. Bland bakgrundsfaktorerna visade sig skogstyp och områdets lämplighet ha ett statistiskt signifikant samband med antalet lavarter och skadornas omfattning. Skogstypen beskriver provytans näringsnivå och lämpligheten beskriver mikroklimatet ur lavarnas synvinkel samt mängden undervegetation som skuggar träden på provytan. Artantalet och IAP-indexet var i genomsnitt högre i kargare skogstyper. Skadegraderna var lägre på kargare skogstyper. Algförekomsten på trädstammarna var å sin sida vanligare på bördiga växtplatser.

Placeringen av ytan på ett avstånd under 1 km, under 2 km eller 5 km från en tillståndspliktig utsläppskälla hade en inverkan i alla avståndsklasser på IAP-indexet, antalet arter och förekomsten av alger. Att ytan var belägen inom en radie på 1 eller 2 km från en tillståndspliktig utsläppskälla ökade skadegraden hos blåslav. Placeringen hade ingen inverkan på täckningen av lavar.

Det tydligaste sambandet mellan lavvariabler och olika utsläppskällor konstaterades i källor med låga utsläpp, såsom pälsfarmer och torvproduktionsområden. Närheten till pälsfarmer hade en negativ inverkan på IAP-indexet och antalet känsliga arter i uppföljningsområdena, samt på täckningen av blåslav och tagellavar. Motsvarande var lavfloran mer skadad i närheten av pälsfarmer och det förekom mer alger. Fenomenet förklaras av kvävebelastningen från farmerna. I närheten av torvproduktionsområden var IAP-indexet och artantalet högre än längre ifrån dem, och lavfloran var mindre skadad både vad gäller blåslav och generellt. Förekomsten av alger var också större på längre avstånd från torvproduktionsområdena. Torvproduktionen bedöms dock i verkligheten inte ha någon betydande inverkan på lavvariablerna, och regionens torvproduktionsområden är belägna på platser där det vanligtvis inte finns andra belastningsfaktorer, vilket även kan förklara artrikedomen och lavarnas kondition. Det fanns endast nio torvproduktionsområden i utsläppsmaterialet, vilket ytterligare ökar osäkerheten i resultatet.

Närheten till det närmaste djurstallet och den närmaste energiproduktionsanläggningen minskade täckningsgraden hos blåslav. Ett samband observerades även mellan

8.12.2025

HR

marktäktverksamhet och mer skadad blåslav i deras närhet. Ett svagt samband observerades även mellan ett lägre IAP-index och närheten till industrianläggningar. I Karleby och Jakobstad finns ett flertal industri- och energiproduktionsanläggningar med hög utsläppshöjd, vilket gör att föroreningarna späds ut i luften och sprids över ett vidsträckt område, och därmed kan även deras effekter förbli relativt små. Dessutom råder sydliga vindar vid kusten, vilka transporterar utsläppen till havs. Kategorin för industrianläggningar omfattar såväl små som stora anläggningar, vilkas inverkan på lavfloran kan skilja sig avsevärt från varandra, vilket kan göra det svårare att upptäcka effekterna. Stora industrianläggningar har konstaterats påverka lavar, men vid mindre anläggningar är sambandet inte lika tydligt (t.ex. Jyväskylän universitet, 2013a). Med undantag för pälsdjursfarmer, torvproduktion och marktäktområden hade övriga diffusa dammutsläpp ingen inverkan på lavarnas tillstånd.

Trots att särskilt svavelutsläppen har visat en nedåtgående trend länge, och även andra utsläpp har legat på en relativt stabil nivå, observerades ingen regional förbättring hos lavarna från 2018 års nivå, och flera lavindikatorer låg på en sämre nivå än år 2012.

Kvävehalten i barren beskrev huvudsakligen skogsbeståndens naturliga näringsstatus. I principalkomponentanalysen laddades kvävehalten på samma faktor som flera andra näringsämnen. **Svavelhalten i barren** beskrev i sin tur mer luftburen belastning än näringsstatus, eftersom svavel laddades på samma faktor som de flesta metaller. Utifrån kartgranskningarna förekom de högsta svavelhalterna i de mest belastade områdena. Baserat på jämförelsen mellan åren har svavelhalterna vid de tillståndspliktiga anläggningarna inom uppföljningsområdet sjunkit från 2018 års nivå till nära 2012 års nivå. Mellan 2018 och 2024 har industrins svavelutsläpp legat på en lägre nivå än tidigare under 2000-talet, vilket även förklarar de sjunkande svavelhalterna i barren.

Svavelhalten i mossor laddades inte entydigt på någon faktor, och dess halt beskrev i lika hög grad både inverkan från utsläpp och näringsstatus. I viss mån observerades högre svavelhalter i mossor nära de mest belastade områdena, såsom Yxpila i Karleby, men i mossor följde svavelhalten inte belastningskällorna lika noggrant som i barren.

Metallutsläppen till luft från de tillståndspliktiga anläggningarna i området har varit något högre under 2018–2024 än under den föregående granskningsperioden (2012–2017). Vid en granskning av metallhalterna i barren hade halterna av arsenik, magnesium och mangan stigit statistiskt signifikant jämfört med år 2018. När det gäller zink och vanadin observerades ingen skillnad, medan halterna av övriga grundämnen hade halterna sjunkit jämfört med år 2018.

Jämfört med år 2012 hade grundämneshalterna mossor minskat år 2025, med undantag för arsenik, kadmium, bly, zink, natrium och kvicksilver. Halterna av arsenik, natrium och bly i mossorna hade ökat från år 2012 till år 2025. Mossans halter av aluminium, arsenik, natrium och järn har dock ökat något sedan år 2018. Halterna av kadmium, krom, nickel och zink har minskat sedan 2018. Halterna av övriga grundämnen uppvisade inga statistiskt signifikanta förändringar. Baserat på kartgranskningen har de höga halterna av kvicksilver, zink och

8.12.2025

HR

kobolt koncentrerats allt tydligare till de mest belastade områdena vid kusten, och Yxpilä i Karleby utmärkte sig med högre halter av nästan alla grundämnen. Motsvarande hade halterna av kobolt, koppar, kvicksilver, nickel och zink sjunkit i de mindre belastade områdena, särskilt i de södra och mellersta delarna av uppföljningsområdet.

Skillnaderna i förändringarna kan bero på inte bara de relativa andelarna av olika metallfraktioner i utsläppen till luft, utan även på lokala spridningsförhållanden och väder. Halterna ackumuleras i mossorna huvudsakligen genom stoftnedfall, men i barr kan metaller ackumuleras också via rötterna. Kraftiga regn sköljer kronan, varvid halterna i kronan sjunker, men via stoftnedfall kan mossorna ta åt sig. Snötäcket påverkar också hur nederbörden når mossan.

Halterna av tungmetaller uppmätta i **humus** korrelerade starkt med varandra, vilket innebär att områden med höga halter av en tungmetall också hade högre halter av andra. Dessutom observerades en negativ korrelation mellan aluminium och kalcium, vilket tyder på att aluminium kan ha trängt undan näringsämnen som kalcium ur marken tack vare sin starka bindningsförmåga.

Sett från år 2012 till år 2025 hade halterna av nästan alla halvmetaller och metaller i humus minskat. Halterna av andra ämnen, främst näringsämnen, har ökat sedan 2012. De flesta halterna av humusgrundämnen låg ungefär på samma nivå som i andra uppföljningar som genomförts i Finland, men jämfört med bakgrundshalterna i huvudstadsregionen och uppgifterna för Finland som helhet var halterna högre i Karleby-Jakobstad. Medelvärdena för barr- och mossproverna sänktes av det stora antalet provtyper, medan humusproverna var koncentrerade till belastade områden i Jakobstads–Karlebyregionen, vilket höjde medelhalterna.

I Jakobstads–Karlebyregionen syntes år 2025 fortfarande en tydlig påverkan av mänsklig verksamhet i de undersökta indikatorerna. Pälsdjursuppfödningen hade den tydligaste inverkan på lavarna. Dessutom har industriverksamheten effekter på lavfloran. Påverkningens styrka beror i hög grad på utsläppshöjden, eftersom utsläpp från skorstenstoppen späds ut effektivt och sprids över ett stort område, vilket minskar effekten. Utsläpp från låga källor, såsom pälsfarmernas kvävebelastning, kan ha en stark lokal påverkan. Lavsiffrorna låg i genomsnitt på ungefär samma nivå som år 2018 och var svagare än år 2012. Riktningen på förändringen i mossorna har inte varit entydig. Vissa grundämneshalter i mossorna har minskat och andra har stigit. För vissa grundämnen har de högsta halterna tydligare koncentrerats till de mest belastade områdena i Karleby, samtidigt som bakgrundshalterna i mindre påverkade områden har minskat sedan 2018.

Källor

Ahma Ympäristö Oy, 2017. Seinäjoen seudun ja Etelä-Pohjanmaan bioindikaattoritutkimus 2017. Lappalainen N., Lahti T., Puro H. ja Väyrynen T.

Björklund ym. 1996. Björklund, A., Edén, P., Mattson, L ja Sjöstrom, J. 1996. Kallio- ja maaperä. Teoksessa Raitio, H. (toim.) Kuusikoiden kunto Merenkurkun alueella. Merenkurkun neuvosto, Jyväskylä.

Brække F., 1994. Diagnostiske grensevier for naeringselementer I gran-og furunåler. Aktuelt fra skogforsk 15/97.

Eurofins Ahma Oy, 2025. Boliden Kevitsa Mining Oy – Bioindikaattoriselvitykset 2024. Kallo M. ja Yksjärvi M.

Eurofins Ahma Oy, 2023. Etelä-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriselvitys vuonna 2022. Osmala T., Kajankari-Shelvey P. ja Jokinen J.

Eurofins Ahma Oy, 2022. Seinäjoen seudun ja Etelä-Pohjanmaan bioindikaattoritutkimus 2022. Osmala T., Jokinen J. ja Kajankari-Shelvey P.

Eurofins Ahma Oy, 2019. Kokkolan ja Pietarsaaren seudun ilmanlaadun bioindikaattoriselvitys vuonna 2018. Lappalainen N ja Leppänen E-M.

GTK, 2015. Maankamara-karttapalvelu. Viitattu 10/2025. <https://gtkdata.gtk.fi/Maankamara/index.html>

GTK, 2006. Alkuaineiden taustapitoisuudet pääkaupunkiseudun kehyskuntien maaperässä. Tarvainen T.

Helsingin ympäristökeskus, 2010. Maaperän haitta-aineiden taustapitoisuudet sekä pitoisuudet puistoissa ja kerrostalojen pihilla Helsingissä. Östersundomin liitosalueen tuloksilla täydennetty versio. Salla A. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 6/2010.

Hämeen ELY-keskus, 2016. Kanta- ja Päijät-Hämeen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2014. Ruuth J., Toivanen H., Kuhmonen I., Leppänen E. ja Kiljunen A. Raportteja 5/2016.

Jyväskylän yliopiston Ympäristöntutkimuskeskus, 2013a. Kokkolan ja Pietarsaaren seudun ilmanlaadun bioindikaattoriselvitys vuonna 2012. Huuskonen I., Lehtonen E. ja Laita M. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 177.

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 2013b. Etelä-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2012. Lehtonen E., Huuskonen I., Keskitalo T. ja Laita M. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 176.

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 2008a. Seinäjoen seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Laita M., Huuskonen I., Keskitalo T. ja Lehtonen E. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 165.

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 2008b. Vakka-Suomen alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Laita M., Huuskonen I., Keskitalo T., Lehtonen E. ja Ellonen T. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 164.

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 2008c. Vaasan alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Laita M., Huuskonen I., Keskitalo T. ja Lehtonen E. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 164.

8.12.2025

HR

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 2008d. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Laita M., Huuskonen I., Keskitalo T. ja Lehtonen E. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 169.

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 2006. Turun seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2006-2007. Laita M., Huuskonen I., Haahla A., Polojärvi K. ja Ellonen T. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 163.

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 2005. Mittaustarkkuus mäntyjen runkojäkälistön ja sormipaisukarpeen (*Hypogymnia physodes*) vaurioiden havainnoinnissa. Polojärvi K, Niskanen I, Haahla A & Ellonen T. Tutkimusraportti 89/2005.

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 2003. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2002. Niskanen, I., Polojärvi, K., Witick, A., Haahla, A. ja Laitakari, V. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 156.

Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus, 1998. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 1997. Niskanen I., Ellonen T. ja Witick A. Ympäristönkeskuksen tiedonantoja 150.

Kainuun ELY-keskus, 2017. Kainuun bioindikaattoriselvitys. Toim. Seppänen A. Laatikainen T., Piispanen J., Poikolainen J., Karhu J., Seppänen R ja Kubin E. Elinvoimaa alueelle 3/2017.

Kalliola, 1973. Suomen kasvimaantiede. WSOY, Porvoo.

Kekäläinen, H. ja Vanhatalo, M. 1993. Kokkolan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 1992. Kokkolan ympäristötoimiston julkaisuja 7/1993.

Kling, P., Laaksovirta, K. ja Lodenius, M. 1985. Jäkälän ja männyn kaarnan raskasmetallipitoisuudet ilman saastumisen indikaattoreina Kokkolassa. Ympäristö ja terveys 5: 314-222.

Kokkolan kaupunki 2025. Ilmanlaadun yhteistarkkailun vuosiraportti 2024. Lindgren E., Hirvijoki T. ja Sillanpää T.

Laaksovirta K. ja Olkkonen H., 1977. Epiphytic lichen vegetation and element contents of *Hypogymnia physodes* and pine needles examined as indicator of air pollution at Kokkola, W. Finland. Annales Botanici Fennici 14: 112-130.

Mälkönen E. 1991. Maa- ja neulasanalyysin käyttökelpoisuus metsänhoitotoimenpiteiden suunnittelussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. Joensuun tutkimusasema.

Nab Labs Oy, 2016a. Porin-Harjavallan alueen ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2014-2015. Tutkimusraportti 31/2016.

Nab Labs Oy, 2016b. Vaasan seudun ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuonna 2013. Tutkimusraportti 36/2016.

Niskanen I., Veijola H. ja Ellonen T., 1996. Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 1996. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996: 17.

Niskanen I., 1995. Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta vuonna 1994. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:11. ISSN 0357-5454.

Pesonen, R., Pohjola, V., Jokinen, J., Kauppinen, H., Kartastenpää, R. ja Säynätkari, T. 1987. Kokkolan ilmanlaatu vuosina 1984-1986. Ilmatieteen laitos, ilmanlaatuosasto.

8.12.2025

HR

Pohjanmaan liitto, 2006. Pietarsaaren seudun aluerakennesuunnitelma 2030. Perusselvitys. Vaasa.

Pohjois-Karjalan ELY-keskus, 2021. Pohjois-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2020. Ruuth J., Keskitalo T., Talvitie T. ja Korhonen K.T. Raportteja 15/2021.

Pohjois-Karjalan ELY-keskus, 2011. Pohjois-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2010. Lehtonen E., Huuskonen I., Keskitalo T., Nevalainen S., Poikolainen J. ja Laita M. Raportteja 2/2011.

Raitio H., 1994. Kangasmetsien ravinnetilä neulasanalyysien valossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 527.

Ramboll Finland Oy, 2024. Porin seudun ja Etelä-Satakunnan ilmanlaadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2022-2023. Keskitalo T. ja Kiljunen A.

Reinikainen A., Veijalainen H. ja Nousiainen H., 1998. Puiden ravinnepuutokset – metsänkasvattajan ravinneopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 688.

Salminen R., Bogatyrev I., Chekushin V., Glavatskikh S.P., Gregorauskiene V., Niskavaara H., Selenok L., Tenhola M. ja Tomilina O., 2003. Barents ecogeochemistry – a large geochemical baseline study of heavy metals and other elements in surficial deposits, NW-Russia and Finland. Geological survey of Finland, special paper 36.

Tilastokeskus, 2024.

Uudenmaan ELY-keskus, 2021. Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2020. Ruuth J. ja Keskitalo T. Raportteja 13/2021.

Uudenmaan ELY-keskus, 2015. Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2014. Keskitalo T., Laita M., Ruuth J. ja Toivanen H. Raportteja 109/2015.

Uudenmaan ELY-keskus, 2010. Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2009. Huuskonen I., Lehtonen E., Keskitalo T. ja Laita M. Julkaisu 4/2010.

Veijola H. ja Niskanen I., 1996. Sammaleesta ja humuksesta tutkittavien muuttujien mittaustarkkuuden arviointi. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. Muistio 1/1998.

VNa 214/2007. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista.

Väisänen, S., 1986. Effects of air pollution by metal, chemical and fertilizer plants on forest vegetation at Kokkola, W. Finland. Annales Botanici Fennici 23: 205-315.

Väylävirasto, 2024.