

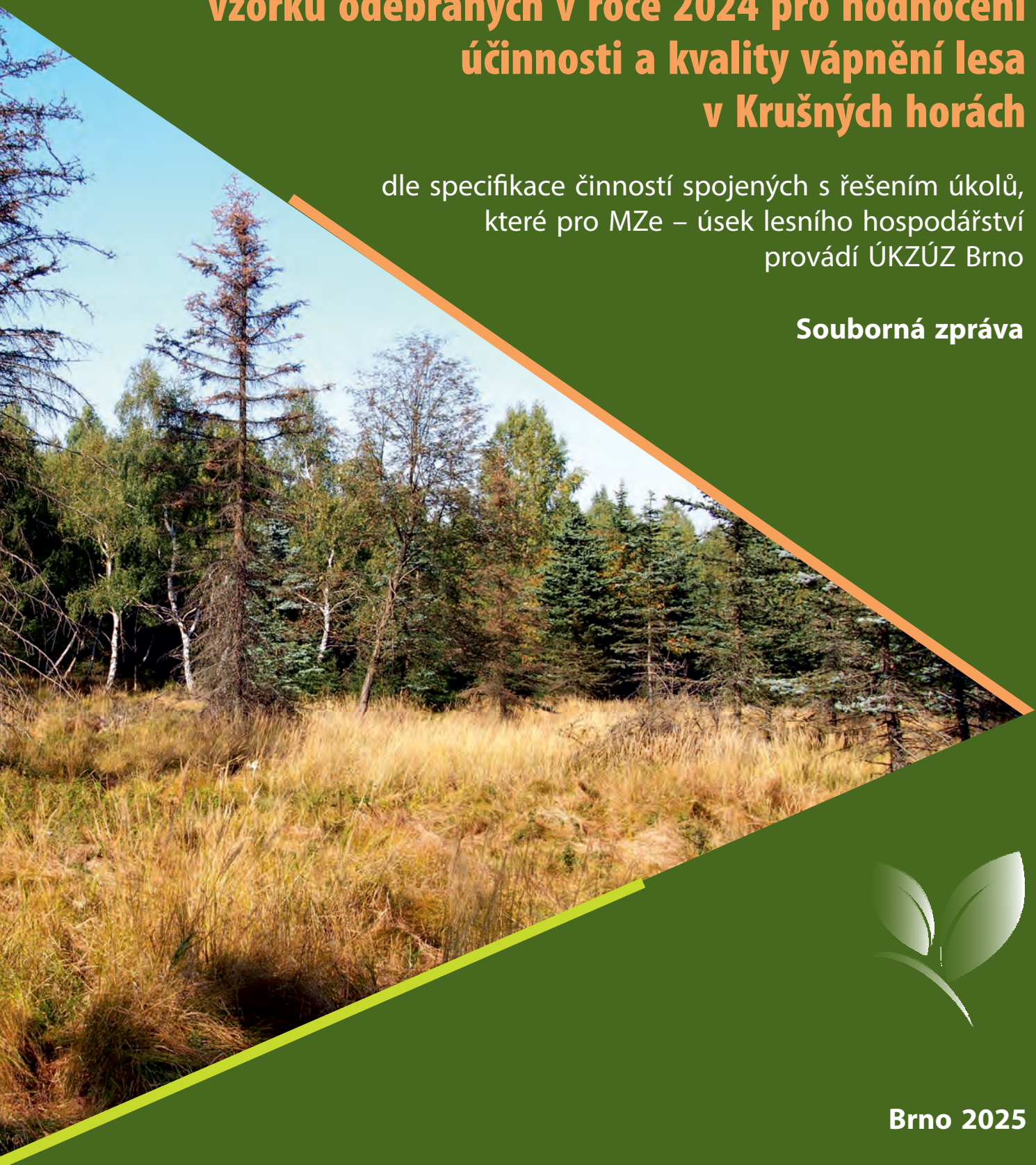
Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Oddělení půdy a lesnictví

**Kompletní vyhodnocení analýz půdních a rostlinných
vzorků odebraných v roce 2024 pro hodnocení
účinnosti a kvality vápnění lesa
v Krušných horách**

dle specifikace činností spojených s řešením úkolů,
které pro MZe – úsek lesního hospodářství
provádí ÚKZÚZ Brno

Souborná zpráva



Brno 2025

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
Oddělení půdy a lesnictví



**Kompletní vyhodnocení analýz půdních
a rostlinných vzorků odebraných v roce 2024
pro hodnocení účinnosti a kvality vápnění lesa
v Krušných horách**

dle specifikace činností spojených s řešením úkolů, které pro MZe – úsek lesního hospodářství provádí ÚKZÚZ
Brno

Souborná zpráva

Zpracovali: Ing. Dušan Reininger, Ph. D.
Bc. Petra Morávková
Ing. Tomáš Svoboda

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Metodika.....	9
3. „Jáchymov B“, „Kryštofovy Hamry C“, „Kovářská C“ a „Vejprty D“	10
3.1. Popis odběrných míst	10
3.2. Výsledky.....	13
3.2.1. Půda.....	13
3.2.1.1. Nadložní organický materiál	13
3.2.1.2. Půdní chemická reakce.....	14
3.2.1.3. Dusík	16
3.2.1.4. Spalitelný uhlík (C_{ox})	16
3.2.1.5. Poměr C/N.....	16
3.2.1.6. Fosfor	16
3.2.1.7. Draslík	17
3.2.1.8. Vápník	20
3.2.1.9. Hořčík.....	23
3.2.1.10. Síra	26
3.2.1.11. Hliník.....	26
3.2.1.12. Železo	27
3.2.1.13. Mangan.....	28
3.2.1.14. Rizikové prvky	28
3.2.1.14.1. Zinek.....	28
3.2.1.14.2. Kadmium.....	29
3.2.1.14.3. Chróm.....	29
3.2.1.14.4. Měď	29
3.2.1.14.5. Olovo	29
3.2.1.15. Půdní sorpční komplex.....	30
3.2.1.15.1. Stupeň nasycení.....	30
3.2.1.15.2. Kationtová výměnná kapacita	32
3.2.2. Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého	37
3.2.2.1. Dusík	37
3.2.2.2. Fosfor	38
3.2.2.3. Draslík	39

3.2.2.4. Vápník	40
3.2.2.5. Hořčík	41
3.2.2.6. Bór	42
3.2.2.7. Mangan	42
3.2.2.8. Zinek	43
3.2.2.9. Ostatní prvky	43
3.2.2.10. Hodnocení poměrů prvků v jehlicích	44
3.3. Závěr	45
3.4. Přílohy	46
3.4.1. Popisné statistiky	46
3.4.1.1. Nadložní organický horizont	46
3.4.1.2. Horizont organominerální	47
3.4.1.3. Horizont minerální	49
3.4.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku	51
3.4.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku	52
4. „Hora Sv. Kateřiny C“ a „Litvínov C“	53
4.1. Popis odběrných míst	53
4.2. Výsledky	56
4.2.1. Půda	56
4.2.1.1. Nadložní humus	56
4.2.1.2. Půdní chemická reakce	57
4.2.1.3. Dusík	60
4.2.1.4. Spalitelný uhlík (Cox)	60
4.2.1.5. Poměr C/N	61
4.2.1.6. Fosfor	61
4.2.1.7. Draslík	62
4.2.1.8. Vápník	64
4.2.1.9. Hořčík	66
4.2.1.10. Síra	68
4.2.1.11. Hliník	69
4.2.1.12. Železo	70
4.2.1.13. Mangan	72
4.2.1.14. Rizikové prvky	72

4.2.1.14.1. Zinek.....	72
4.2.1.14.2. Kadmium.....	73
4.2.1.14.3. Chróm.....	75
4.2.1.14.4. Měď.....	75
4.2.1.14.5. Olovo.....	75
4.2.1.15. Půdní sorpční komplex.....	75
4.2.1.15.1. Stupeň nasycení.....	75
4.2.1.15.2. Kationtová výměnná kapacita.....	77
4.2.2. Hodnocení obsahů prvků v jehlicích smrku ztepilého	80
4.2.2.1. Dusík	80
4.2.2.2. Fosfor	81
4.2.2.3. Draslík.....	82
4.2.2.4. Vápník.....	83
4.2.2.5. Hořčík.....	84
4.2.2.6. Bór.....	85
4.2.2.7. Mangan.....	85
4.2.2.8. Zinek.....	85
4.2.2.9. Ostatní prvky	86
4.2.2.10. Hodnocení poměrů prvků v jehlicích.....	86
4.2.3. Hodnocení obsahů prvků v listech břízy bělokoré	87
4.2.3.1. Dusík	87
4.2.3.2. Fosfor	87
4.2.3.3. Draslík	88
4.2.3.4. Vápník	88
4.2.3.5. Hořčík.....	88
4.2.3.6. Bór.....	90
4.2.3.7. Mangan.....	90
4.2.3.8. Zinek.....	90
4.2.3.9. Ostatní prvky	90
4.3. Závěr.....	92
4.4. Přílohy	93
4.4.1. Popisné statistiky.....	93
4.4.1.1. Nadložní organický horizont.....	93

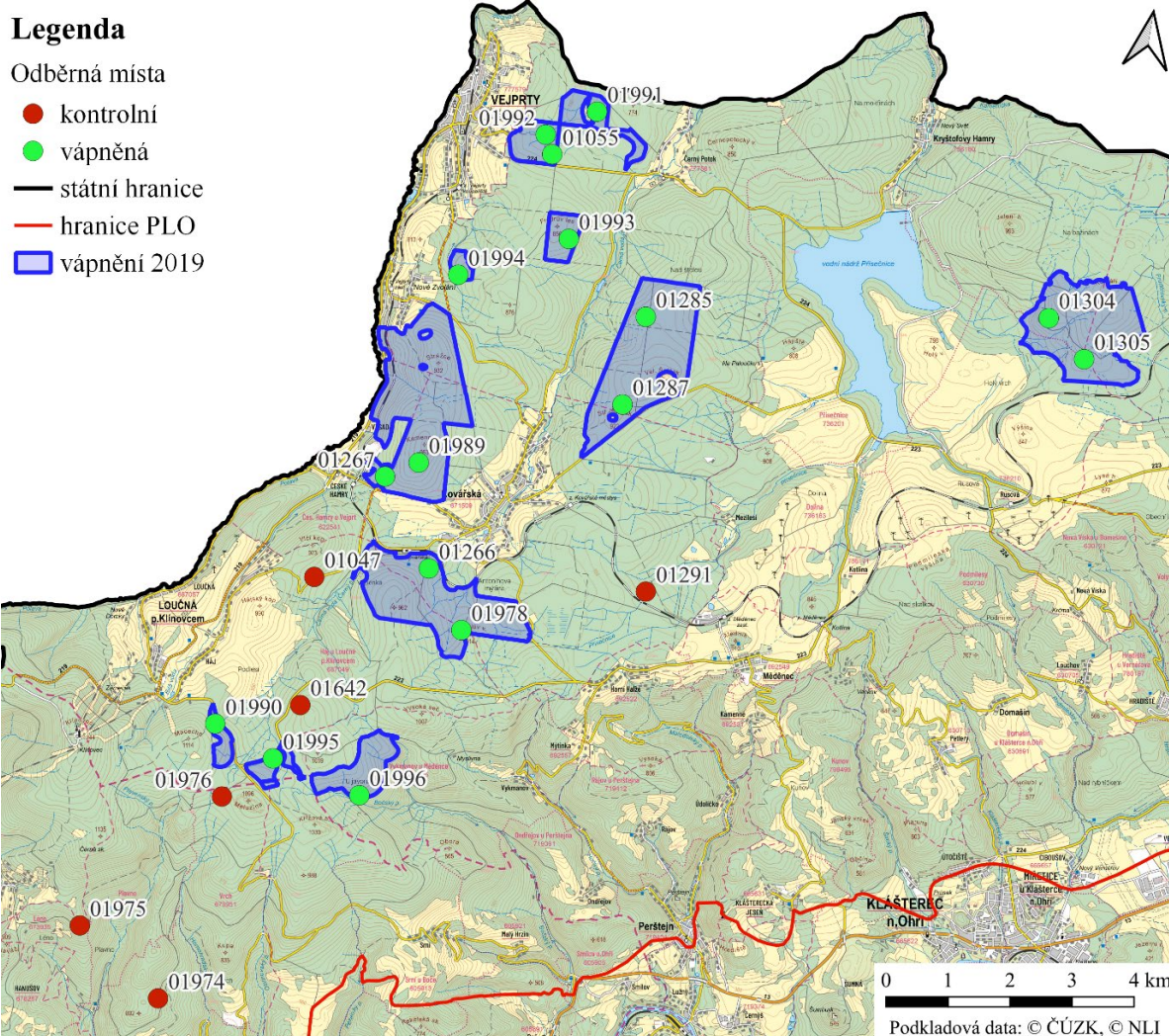
4.4.1.2. Horizont organominerální	94
4.4.1.3. Horizont minerální	96
4.4.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku	98
4.4.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku.....	99
4.4.1.6. Bříza bělokorá - listy	100
5. Literatura	101

1. Úvod

V roce 2024 byly provedeny odběry vzorků půd a asimilačních orgánů za účelem zhodnocení účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace ve dvou územně oddělených lokalitách:

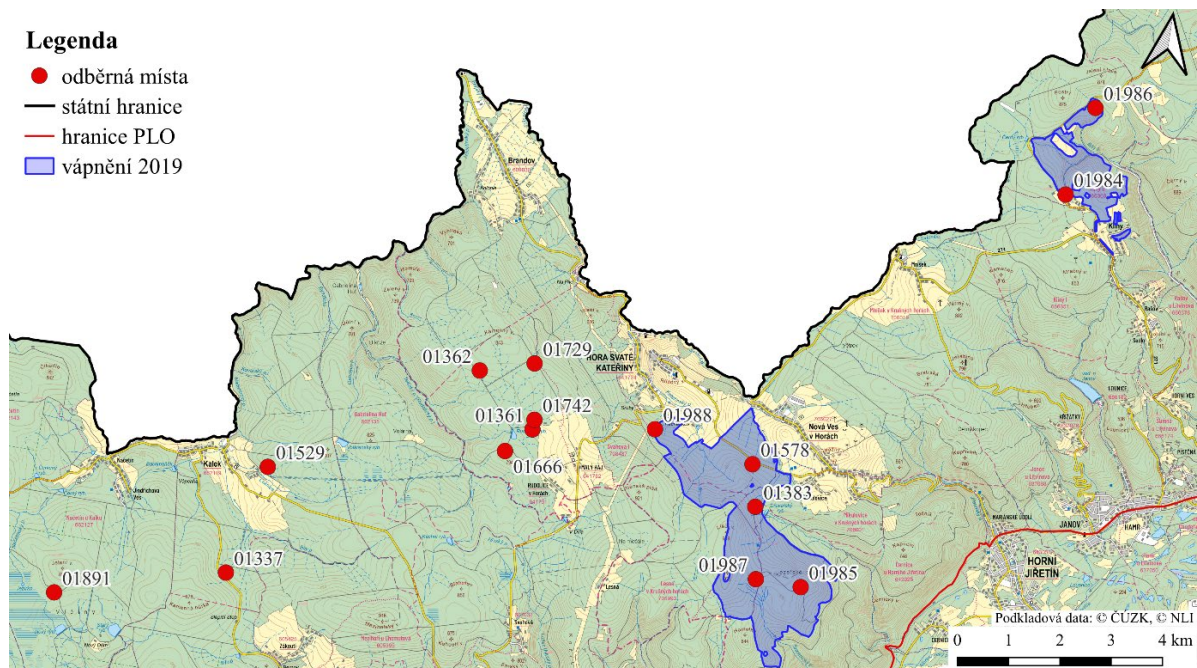
- a) „Jáchymov B“, „Kryštofovy Hamry C“, „Kovářská C“ a „Vejprty D“
- b) „Hora Sv. Kateřiny C“ a „Litvínov C“

Vápnění na plochách „Jáchymov B“, „Kryštofovy Hamry C“, „Kovářská C“ a „Vejprty D“ proběhlo v roce 2019. Ke kontrole účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace byly použity výsledky z šestnácti porostů vápněných a šesti porostů kontrolních (za posledních 10 let nevápněných). Vzorky z vápněných porostů byly odebrány v letech 2018/2019, 2021 a 2024. Vzorky z kontrolních porostů byly odebrány v letech 2018/2019, 2020/2021, 2023/2024. Z dostupných databází vyplývá, že porosty na odběrných místech 01047, 01055, 01991 a 01992 byly povápněny v roce 2000, porosty na odběrných místech 01267, 01989, 01993 a 01994 byly povápněny v roce 2001, porosty na odběrných místech 01287 a 01304 byly povápněny v roce 2002 a porosty na odběrných místech 01266, 01285 a 01642 byly povápněny v roce 2006.



Obr. 1: Vápněné plochy „Jáchymov B“, „Kryštofovy Hamry C“, „Kovářská C“ a „Vejprty D“ a poloha odběrných míst

Mezi další plochy, kde v roce 2019 proběhlo letecké vápnění, řadíme „Horu Sv. Kateřiny C“ a „Litvínov C“. Ke kontrole účinnosti vápnění po pěti letech od aplikace zde byly použity výsledky ze sedmi porostů vápněných a z osmi porostů kontrolních (v posledních deseti letech nevápněných). Vzorky z vápněných porostů byly odebrány v letech 2019, 2021 a 2024. Vzorky z kontrolních porostů byly odebrány v letech 2019, 2021, 2023 a 2024. Z dostupných databází vyplývá, že odběrné místo 01383 bylo povápněno v roce 1999. OM 01337 a 01986 byla povápněna v roce 2000. OM 01578 a 01988 byla povápněna v roce 2002, dále OM 01362, 01666 a 01729 byla povápněna v roce 2006.



Obr. 2: Vápněné plochy „Hora Sv. Kateřiny C“ a „Litvínov C“ a poloha odběrných míst

2. Metodika

- Odběr půdních vzorků a vzorků asimilačních orgánů, skladování a předávání vzorků bylo provedeno podle zásad zakotvených v příslušném metodickém pokynu, který je součástí řízené dokumentace ÚKZÚZ
- Vzorky byly analyzovány v laboratořích NRL ÚKZÚZ
- Ke statistickému zpracování byl použit software Microsoft Excel a TIBCO Software Inc. (2020). Data Science Workbench, verze 14. <http://tibco.com> a software StatSoft, Inc. (2013), STATISTICA (data analysis software systém), version 12
- Mapové podklady byly vypracovány v programu QGIS 3.28.5.
- Pro hodnocení statisticky významného rozdílu mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulkách 1 a 2.
- Pro slovní hodnocení obsahů prvků v půdě a v asimilačních orgánech smrku ztepilého byla u kartogramů použita klasifikace ÚKZÚZ (FIALA A KOL., 2013)

Tab. 1: Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech pro plochy „Jáchymov B“, „Kryštofovy Hamry C“, „Kovářská C“ a „Vejprty D“

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Porost	Vápněný	2018/2019		Ano	Ano	Ano		
		2021	Ano		Ano		Ano	
		2024	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2018/2019	Ano				Ano	Ano
		2020/2021		Ano		Ano		Ano
		2023/2024			Ano	Ano	Ano	

Tab. 2: Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech pro plochy „Hora Sv. Kateřiny C“ a „Litvínov C“

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2019	2021	2024	2019	2021	2023/24
Porost	Vápněný	2019		Ano	Ano	Ano		
		2021	Ano		Ano		Ano	
		2024	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2019	Ano				Ano	Ano
		2021		Ano		Ano		Ano
		2023/24			Ano	Ano	Ano	

3. „Jáchymov B“, „Kryštofovy Hamry C“, „Kovářská C“ a „Vejprty D“

3.1. Popis odběrných míst

Stanoviště vybraná k posouzení kvality a účinnosti vápnění se nacházejí ve spíše mladších smrkových porostech od 6. do 8. lesního vegetačního stupně s největším zastoupením v 6. stupni s 12 vzorkovanými porosty (Tab. 3). Zařazení do edafických kategorií je zde poměrně rozmanité, ale v porostech kontrolních i vápněných převažuje kategorie K – kyselá. Geologické podloží ve zkoumaných oblastech tvoří převážně pararula, svor a ortorula. Zvolené vzorkované porosty jsou tedy z hlediska přírodních podmínek porovnatelné a považují se za vhodné k posouzení kvality a účinnosti vápnění. Detailnější popis odebraných vzorků na jednotlivých stanovištích je uveden v tabulkách 4 a 5.

Tab. 3: Seznam odběrných míst

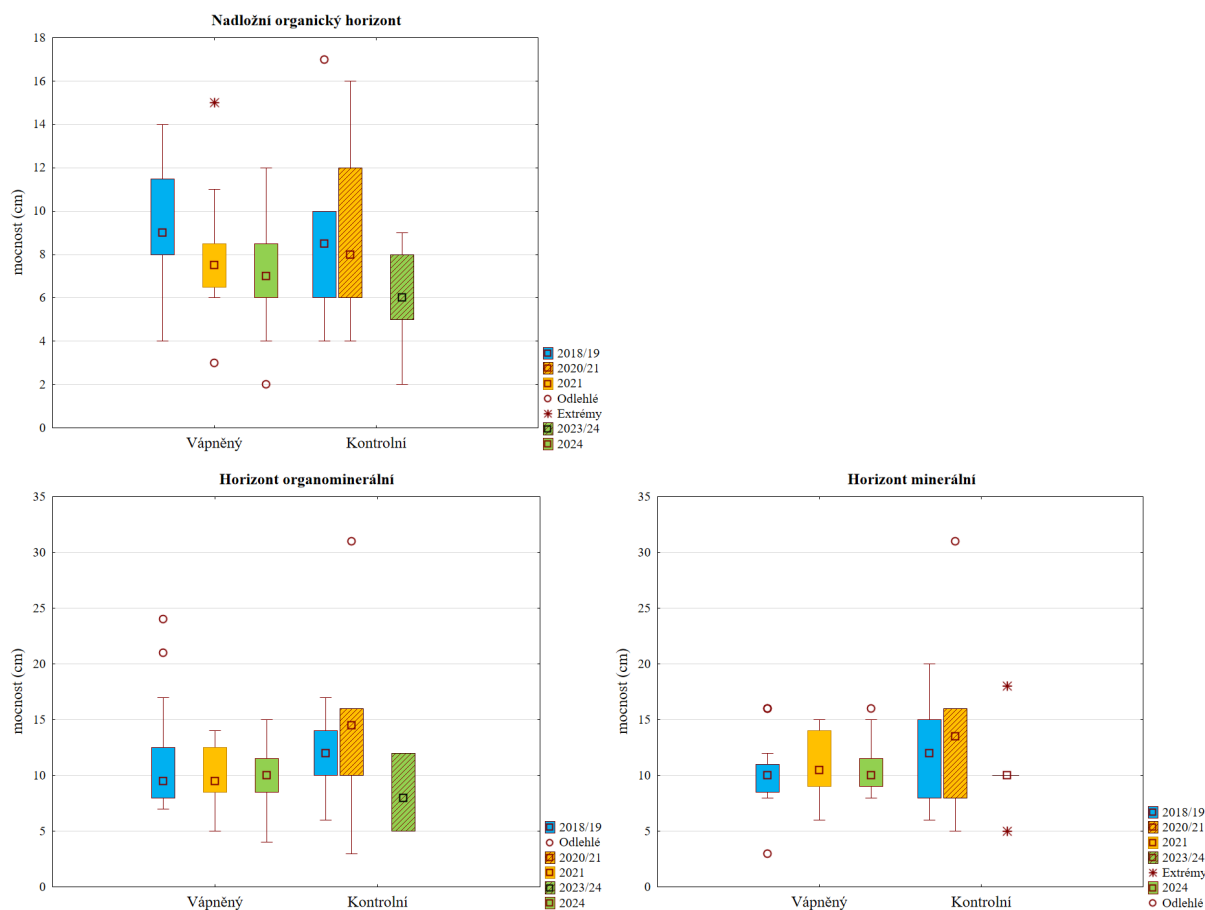
Vápněná	Vlastník	Por. sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01055	LČR LS Klášterec	149B5	SM 100, JR +	50	6S4	7541	pararula
01266	LČR LS Klášterec	235A4a	SM 100	40	6K1	7521	pararula svorového vzhledu
01267	LČR LS Klášterec	250C8	SM 100	72	7G3	7782	kvarcitický svor s přechody do kvarcitu
01285	LČR LS Klášterec	174A6	SM 100	57	6K1	7522	pararula svorového vzhledu
01287	LČR LS Klášterec	170C5	SM 100	45	7K1	7721	svor
01304	LČR LS Klášterec	105D1b	SMP 100 / BK 60, SM 40	7	6S2	7521	pararula
01305	LČR LS Klášterec	101A4c	SM 100, SMP +	35	6K5	7524	pararula
01978	LČR LS Klášterec	236C6	SM 100	54	6K5	7722	svor a pararula svorového vzhledu
01989	LČR LS Klášterec	252A6	SM 100	56	7M1	7722	kvarcitický svor s přechody do kvarcitu
01990	LČR LS Klášterec	275A3a	SM 100	26	8K1	21	svor a pararula svorového vzhledu
01991	LČR LS Klášterec	145D8	SM 100	72	6S2	7541	svor a pararula svorového vzhledu
01992	LČR LS Klášterec	148B2	SM 100, BR +	15	7P1	7781	svor a pararula svorového vzhledu
01993	LČR LS Klášterec	154B7/2	SM 100	61	6K1	7522	pararula svorového vzhledu
01994	LČR LS Klášterec	159A6	SM 100	54	6K1	7522	pararula svorového vzhledu
01995	LČR LS Klášterec	317E1a	SM 100 / SM 95, BR 5, BK +	3	8Q1	7781	ortorula
01996	LČR LS Klášterec	318B8a/1r	SM 100	77	6K1	7722	ortorula
Kontrolní	Vlastník	Por. sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01047	LČR LS Klášterec	261B7	SM 100	62	7K1	7722	svor a pararula svorového vzhledu
01291	LČR LS Klášterec	217C2a	SM 100	18	8G3	7781	smíšený sediment
01642	LČR LS Klášterec	316C3b	SM 100, BR +	24	7K5	7721	svor a pararula svorového vzhledu
01974	LČR LS Horní Blatná	412B4a	SM 90, MD 10, BK +	36	6K5	537	svor a pararula svorového vzhledu
01975	LČR LS Horní Blatná	407B4b	SM 90, BR 10, BK +	34	6K1	531	svor
01976	LČR LS Klášterec	275B6	SM 100	52	8Q1	7781	ortorula

Tab. 4: Popis půdního prostředí vápněných stanovišť

Vápněná	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01055	převládá H, sypký, shora filcovitý, přechod hladký	7.5YR3/2, tmavě hnědá, shora silně humózní, prachovito-hlinitá, drobtovitá, drobivá	10YR5/6, žlutavě hnědá, prachovito-hlinitá, drobtovitá, drobivá
01266	mocnost diferencovaná, převládá H, sypký, přechod ostrý	7.5YR4/4, shora silně humózní, hlinitá, hrudkovitá, drobivá	7.5YR5/8, rezavá, jílovito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná až vazká
01267	různé mocnosti, na přesypech slabý, převládá H	7.5YR3/3, čokoládově hnědá, písčito-jílovito-hlinitá, hrudkovitá, soudržná	7.5YR5/8, rezavá, jílovito-hlinitá, hrubě hranolovitá, soudržná až vazká
01285	vytvořena moderová až morová forma, převládá H, přechod ostrý, filcovitý, ve spod sypký	7.5YR3/4, kávově hnědá, prachovito-hlinitá, hrudkovitá, drobivá	10YR4/6, úlomky muskovitu, hnědá, rezavá, jílovito-hlinitá, hranolovitá, soudržná
01287	ucelený stmelенý horizont, vytvořena morová forma, převládá H, přechod ostrý	10YR3/4, hnědá, shora humózní, místy vybělený horizont, šedavá, hlinitá, drobtovitá až hranolovitá, drobivá až kyprá	7.5YR4/4, hnědá, rezavá, místy vybělená, písčito-hlinitá, soudržná, vazká, místy až jílovitá, mramorovaný horizont
01304	místy nevyvinutý, filcovitý drn, převládá H	7.5YR5/3, hnědá, místy světle hnědá, silně prokořeněná, prachovitá, drobtovitá až hrudkovitá, drobivá	7.5YR6/8, světle hnědá, jílovito-hlinitá, hranolovitá, soudržná až vazká
01305	místy velice slabý, převládá F, místy prorostlý drn	7.5YR6/3, šedá až hnědá, hlinitá, hrudkovitá, drobivá, vespod soudržná	7.5YR6/8, tmavě rezavá, hlinito-jílovitá, hranolovitá, soudržná až vazká
01978	moder, převládá H, sypký, přechod hladký	7.5YR5/4, shora silně-středně humózní, prachovitá, krupnatá, drobtovitá, sypká	7.5YR5/6, hnědá-narůžovělá, prachovito-hlinitá, drobtovitá, drobivá
01989	vyvinutý mor, převládá H, sypký, přechod hladký	5YR4/2, 2.5Y6/2, hnědá, místy šedá, redukční horizont, písčito-hlinitá, hrudkovitá, drobivá	5YR5/6, rezavá, na jednom místě šedá, redukční horizont, písčito-hlinitá, hrudkovitá, soudržná
01990	místy prokořeněný, těžko rozeznatelný od minerálu, místy vyvinutý, mocný H, sypký	7.5YR3/3, světle hnědá, shora silně humózní, prachovito-hlinitá, hrudkovitá, drobivá	7.5YR5/6, rezavá, písčito-hlinitá, hrubě hranolovitá, vazká
01991	úlomky břidlic, moder, H, silně prorostlý, přechod hladký	10YR4/6, světle hnědá, přechází do rezavé, hlinitá, drobtovitá, kyprá, shora krupnatá až sypká	10YR5/8, rezavá, jílovito-hlinitá, hranolovitá, soudržná až vazká
01992	převládá H, prokořeněný, sypký, přechod hladký	7.5YR3/3, tmavě hnědá, shora humózní, vespod narezavělá, prachovito-hlinitá, krupnatá až hrudkovitá, sypká	7.5YR4/6, na dvou místech redukční šedý horizont, písčito-jílovito-hlinitá, hranolovitá, soudržná až vazká
01993	moder, převládá H, prokořeněný, sypký	převládá 7.5YR3/4, tmavě hnědá, prachovito-hlinitá, krupnatá až hrudkovitá, kyprá, výskyt stmelenců	10YR6/8, hnědá, jílovito-hlinitá, hrudkovitá až hranolovitá, soudržná
01994	moder až mor, převládá H	7.5YR3/3, hnědá, přechází do rezavé, místy redukční horizont, hlinito-prachovitá, drobtovitá, kyprá	10YR5/6, rezavá, místy šedý redukční horizont, jílovito-hlinitá, hrubě hranolovitá, vazká
01995	mocný moder až mor, převládá H, krémovitý	převládá 7.5YR2.5/2, místy 7.5YR4/4, hluboký, tmavě hnědá, silně humózní, vespodu narezavělá, písčito-hlinitá, hrubě hranolovitá, kyprá až vazká	7.5YR3/2, šedohnědá, místy vybělená, hlinito-písčitá, drobtovitá, převážně drobivá
01996	F+H, převládá F, filcovitý, přechod ostrý	7.5YR5/2, šedavě hnědá, silně humózní, místy šedý redukční horizont, hlinito-písčitá, krupnatá až hrudkovitá, sypká	5YR4/4, převládá rezavá, místy vybělená, hlinito-písčitá, krupnatá, sypká

Tab. 5: Popis půdního prostředí kontrolních stanovišť

Kontrolní	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01047	moder až mor, filcovitý, drobnivý, přechod ostrý	7.5YR4/3, tmavě hnědá, shora silně humózní, místy šedý redukční horizont, 7.5YR6/1, prachovito hlinitá, drobtovitá až hrudkovitá, drobnivá	7.5YR6/8, rezivá, jílovito-hlinitá, hranolovitá, soudržná-vazká
01291	silně prorostlý, převládá H, přechod hladký	7.5YR2.5/2, 7.5YR4/3, silně humózní, šedá, vybělená, hlinito-písčítá, drobtovitá, drobnivá	7.5YR5/2, šedavě hnědá, místy vybělená, skvrny, písčítá, drobnivá
01642	surový humus, převládá H, filcovitý, přechod hladký	7.5YR2.5/2, tmavě hnědá s hladkým přechodem do šedé, středně humózní, místy vybělená, písčito-hlinitá, drobtovitá-hrudkovitá, drobnivá	10YR4/6, žlutavě hnědá, jílovito-hlinitá, hrudkovitá-hranolovitá, soudržná-vazká
01974	F+H, převládá F, H místy zcela chybí, filcovitý, přechod hladký	10YR3/3, tmavě hnědá, shora silně humózní, prachovitá, krupnatá, sypká	10YR3/6, žlutavě hnědá, krupnatá-hrudkovitá, sypká, prachovito-písčítá
01975	F+H, převládá H, filcovitý, přechod hladký, silně prokořeněný	7.5YR2.5/2, tmavě hnědá, shora silně humózní, prachovito-hlinitá, krupnatá-drobtovitá, sypká	10YR3/6, žlutavě hnědá, prachovito-hlinitá, krupnatá, sypká
01976	převládá H, filcovitý, přechod hladký	10YR2/1, shora humózní, jílovito-hlinitá, hrudkovitá-hranolovitá, soudržná	10YR3/2, tmavě hnědá, místy vysvětlenná, písčito-jílovito-hlinitá, hranolovitá, soudržná-vazká



Obr. 3: Mocnosti vzorkovaných horizontů

Ve vápněných i v kontrolních porostech byl zaznamenán pokles mocnosti nadložního organického horizontu, což se projevuje i v poklesu množství nadložního humusu.

3.2. Výsledky

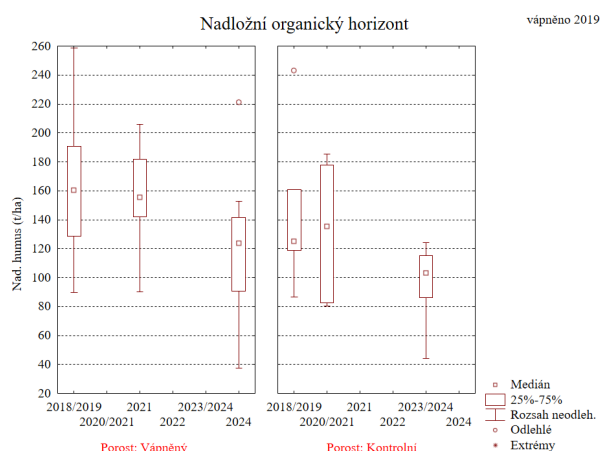
3.2.1. Půda

3.2.1.1. Nadložní organický materiál

Množství nadložního humusu je ve vápněných porostech pět let po vápnění významně nižší ve srovnání se situací před vápněním (Tab. 6, Obr. 4). Vzhledem k tomu, že k podobnému poklesu došlo i v kontrolních porostech, nedáváme tuto změnu do souvislosti s vápněním.

Tab. 6: Nadložní humus, pH, spalitelný uhlík (C_{ox}), celkový dusík (N), poměr C/N a výměnná acidita v šetřených horizontech (průměrné hodnoty)

	Vápněný			Kontrolní		
	2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Nadložní organický horizont						
Nad. humus (t/ha)	168	164	119	143	133	96,0
pH _{CaCl2}	3,77	4,03	4,26	3,32	3,24	3,26
pH _{H2O}	4,46	4,39	4,92	4,07	4,10	4,04
C _{ox} (%)	21,3	20,7	27,6	22,9	24,0	26,3
N (%)	1,11	1,09	1,29	1,33	1,27	1,32
C/N	18,7	18,5	21,3	17,2	18,9	20,1
Horizont organominerální						
pH _{CaCl2}	3,61	3,55	3,78	3,43	3,44	3,27
pH _{H2O}	4,41	4,35	4,54	4,17	4,37	4,09
C _{ox} (%)	4,23	4,53	4,75	5,48	4,78	6,41
N (%)	0,26	0,26	0,29	0,32	0,28	0,38
C/N	16,4	17,4	16,5	17,2	17,1	17,4
Vým. acid (mekv./kg)	150	178	159	153	145	198
Horizont minerální						
pH _{CaCl2}	3,79	3,73	3,84	3,68	3,75	3,68
pH _{H2O}	4,53	4,49	4,59	4,40	4,62	4,43
C _{ox} (%)	2,62	2,55	2,52	3,80	3,59	3,60
N (%)	0,18	0,16	0,17	0,23	0,22	0,20
C/N	14,4	15,9	15,3	16,4	16,0	18,1
Vým. acid (mekv./kg)	105	125	123	115	116	115



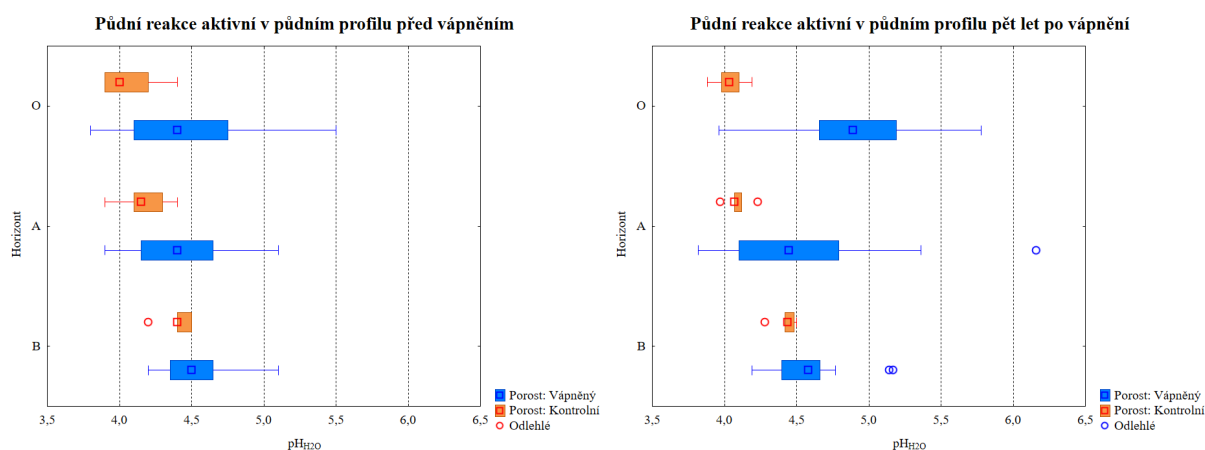
Obr. 4: Množství nadložního humusu v nadložním organickém horizontu vápněných a kontrolních porostů

3.2.1.2. Půdní chemická reakce

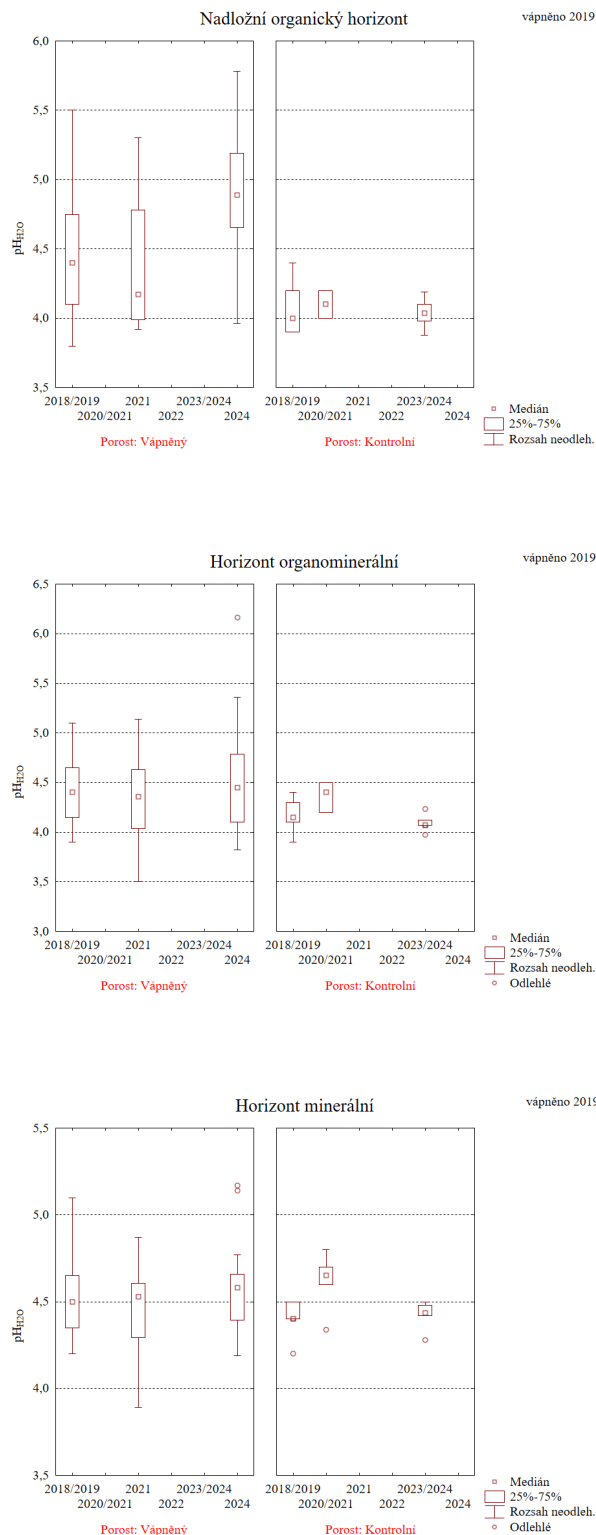
V nadložním organickém horizontu vápněných porostů se za pozorované období významně zvýšila hodnota půdní reakce výměnné ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) a pět let po vápnění ji tedy hodnotíme jako silně kyselou na rozdíl od kontrolních porostů, kde hodnoty výměnného pH zůstávají na úrovni velmi silně kyselé půdní reakce. Podobně je hodnocena i půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) (Obr. 6 a 7). Zvýšení hodnoty pH v důsledku vápnění je v tomto horizontu očekávatelné.

V horizontu organominerálním nejsou změny v hodnotách půdní reakce tak výrazné. Přesto i zde je pět let po vápnění detekován významný rozdíl mezi vápněnými a kontrolními porosty v hodnotách půdní reakce aktivní. Ve vápněných porostech se hodnota $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ mírně zvyšuje, kdežto v kontrolních porostech klesá (Obr. 6).

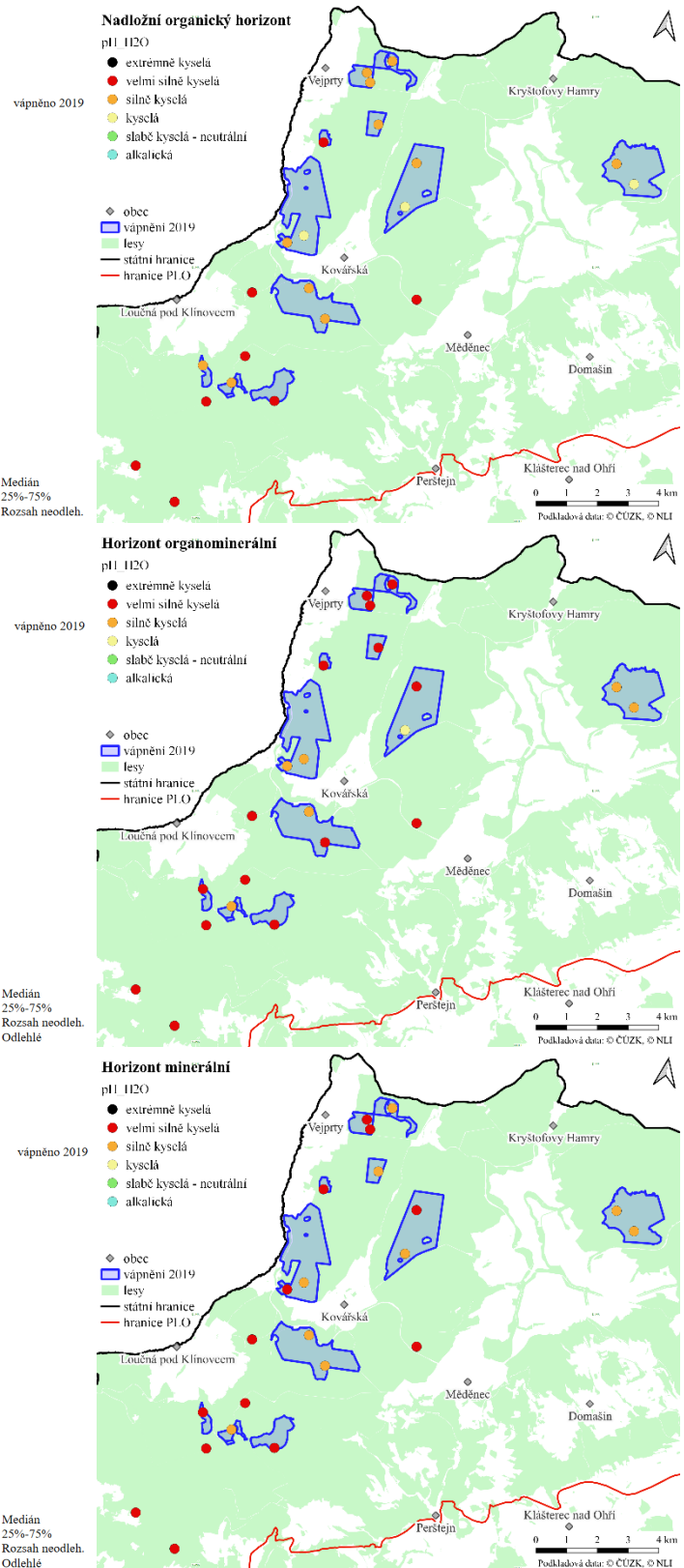
Podobné změny jako v horizontu organominerálním probíhají i v horizontu minerálním. Ve vápněných porostech se hodnota $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ opět mírně zvyšuje, kdežto v kontrolních porostech dlouhodobě kolísá okolo hodnoty 4,5. Vyšší hodnoty pH v minerálních horizontech vápněných porostů jsou pravděpodobně důsledkem vápnění provedeného v předchozích letech.



Obr. 5: Půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění



Obr. 6: Půdní reakce aktivní (pH_{H2O}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 7: Kartogramy hodnocení půdní reakce podle pH_{H2O} v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů.

3.2.1.3. Dusík

Obsah dusíku (N) je pět let po vápnění vyšší ve srovnání se situací před vápněním. Vzhledem k tomu, že nebyly zjištěny rozdíly v obsahu dusíku mezi vápněnými a kontrolními porosty, není tato změna v obsahu dusíku v tomto případě spojována s vápněním.

Zvýšení obsahu dusíku v nadložních organických horizontech vápněných porostů se v horizontu organominerálním ani v minerálním výrazněji neprojevuje (Tab. 6).

3.2.1.4. Spalitelný uhlík (C_{ox})

Obsah spalitelného uhlíku (C_{ox}) je v nadložním organickém horizontu vápněných porostů podobně jako obsah dusíku vyšší oproti stavu v půdě před vápněním. Obsah uhlíku se mírně zvyšuje i v porostech kontrolních.

Mírný nárůst byl zjištěn i v horizontu organominerálním vápněných i kontrolních porostů. V horizontu minerálním zůstává obsah C_{ox} poměrně stabilní.

3.2.1.5. Poměr C/N

Poměr C/N je ovlivněn jak obsahem dusíku, tak i obsahem spalitelného uhlíku. V nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů se poměr C/N zvyšuje, a to i přes skutečnost, že mocnost a množství nadložního organického horizontu klesá. Na zvýšení poměru C/N má v tomto případě větší podíl obsah uhlíku. Problematikou ukládání uhlíku v lesních půdách se širěji zabývali ŠRÁMEK A KOL., 2024, podle nichž se v mnoha případech jedná o synergické působení mnoha vlivů, mezi které zejména patří lesnické hospodaření, dřevinná skladba, obnova porostů, výchovné zásahy, kalamity, vápnění, hnojení a změny klimatu. Předkládaná zpráva se zabývá pouze hodnocením účinnosti vápnění a ostatní vlivy jsou zde hodnoceny pouze omezeném rozsahu.

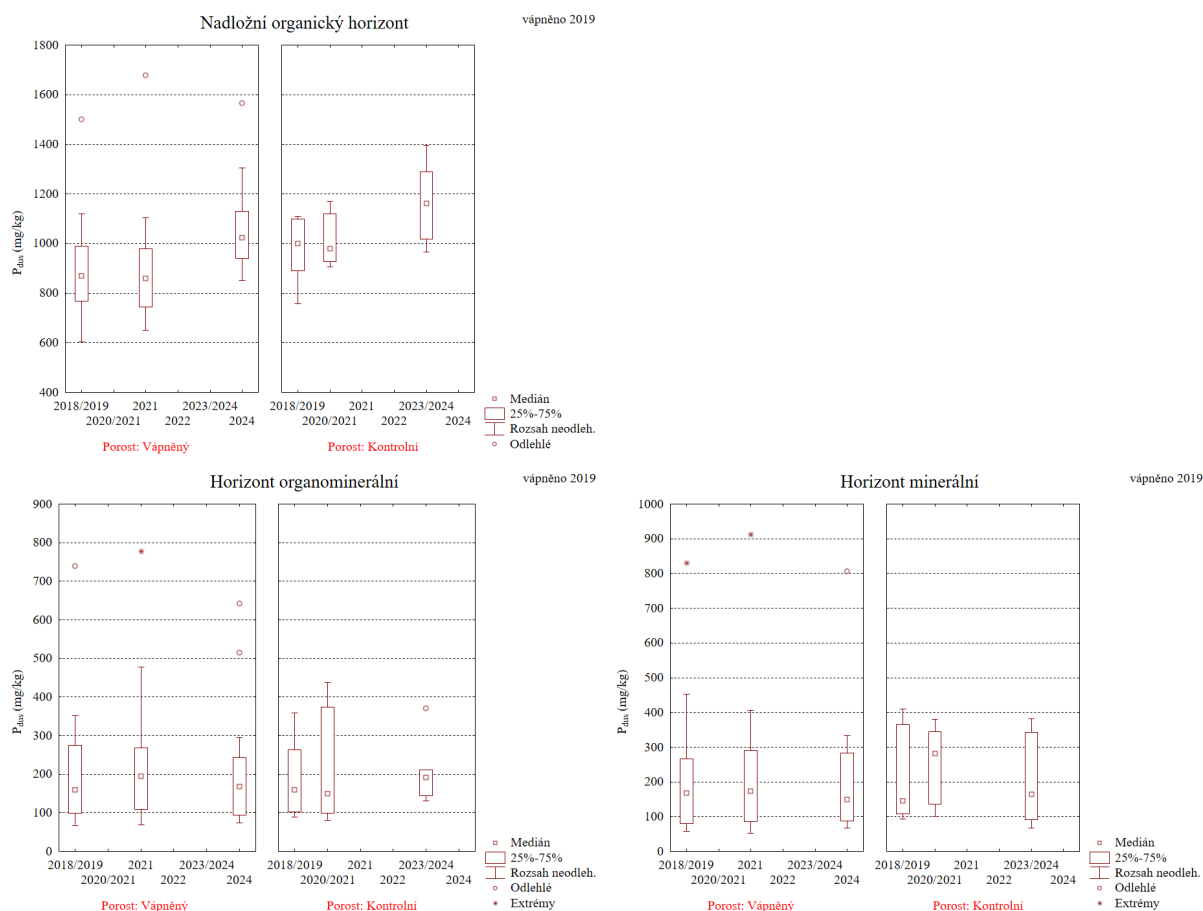
V horizontech organominerálních ani v minerálních nedochází k výraznějším změnám.

3.2.1.6. Fosfor

Obsah extrahovatelného fosforu (P_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů za sledované období zvýšil a je hodnocen jako vysoký. Vývoj je podobný u obou typů porostů (Obr. 8) a změnu tedy nepovažujeme za vliv vápnění.

V horizontu organominerálním se obsah extrahovatelného fosforu významně nemění a pohybuje se na vyhovující úrovni. V horizontu minerálním také v důsledku vápnění nedošlo k výraznější změně a obsah fosforu je hodnocen jako nízký.

Obsah přístupného fosforu (P_{M3}) se v organominerálních i minerálních horizontech vápněných porostů v mnoha případech pohybuje pod limitem detekce ($3,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) a jeho obsah je hodnocen jako nízký až nedostatečný. Porovnáním s hodnotami z kontrolních porostů nebyly zjištěny významné rozdíly a vliv vápnění na obsah přístupného fosforu v půdě tedy nebyl prokázán.



Obr. 8: Obsah extrahovatelného fosforu (P_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

3.2.1.7. Draslík

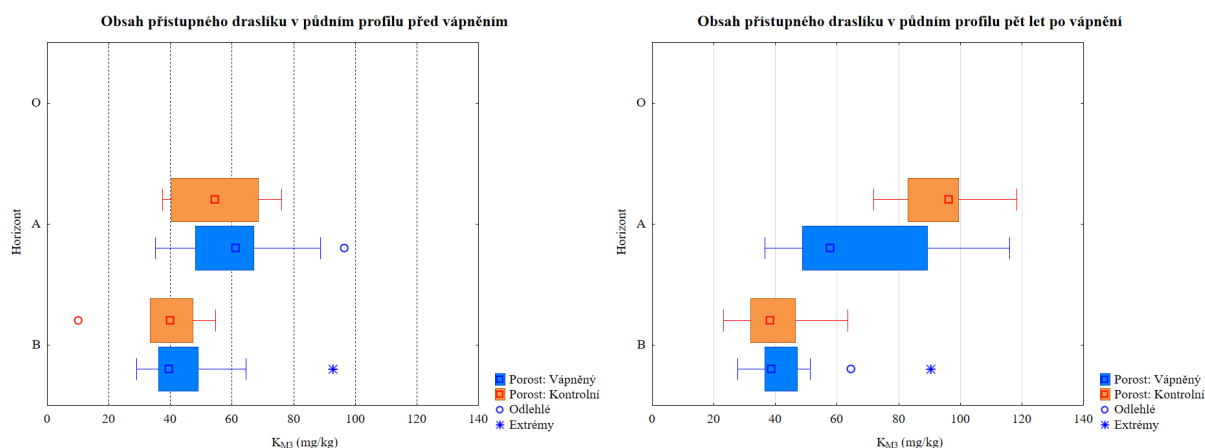
Obsahy extrahovatelného draslíku (K_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů jsou v pátém roce po vápnění nižší než před vápněním (Tab. 7, Obr. 10). Na kontrolních stanovištích obsah extrahovatelného draslíku ve sledovaném období kolísá, ale od hodnot zjištěných ve vápněných porostech se významně neliší. Podobné výsledky byly už na vápněných lokalitách zjištěny (FIALA A KOL., 2023a; REININGER A KOL., 2024). Z publikovaných výsledků studie dlouhodobého vlivu vápnění na půdní vlastnosti (ŠRÁMEK ET AL., 2012) je zřejmé, že se může jednat pouze o přechodný stav, kdy v delším časovém horizontu se může obsah draslíku na vápněných plochách vrátit zpět na hodnoty zjištěné před vápněním lesních porostů. Obsah K_{dus} v nadložních organických horizontech je hodnocen jako nízký až vyhovující.

V organominerálních i v minerálních horizontech vápněných porostů nedochází k výraznějším změnám, ať už vzhledem k situaci před vápněním i vzhledem k hodnotám zjištěným v půdních horizontech kontrolních porostů. Obsah K_{dus} v organominerálních i v minerálních horizontech vápněných porostů je hodnocen jako nedostatečný až nízký.

Tab. 7: Průměrný obsah makroprvků v šetřených půdních horizontech

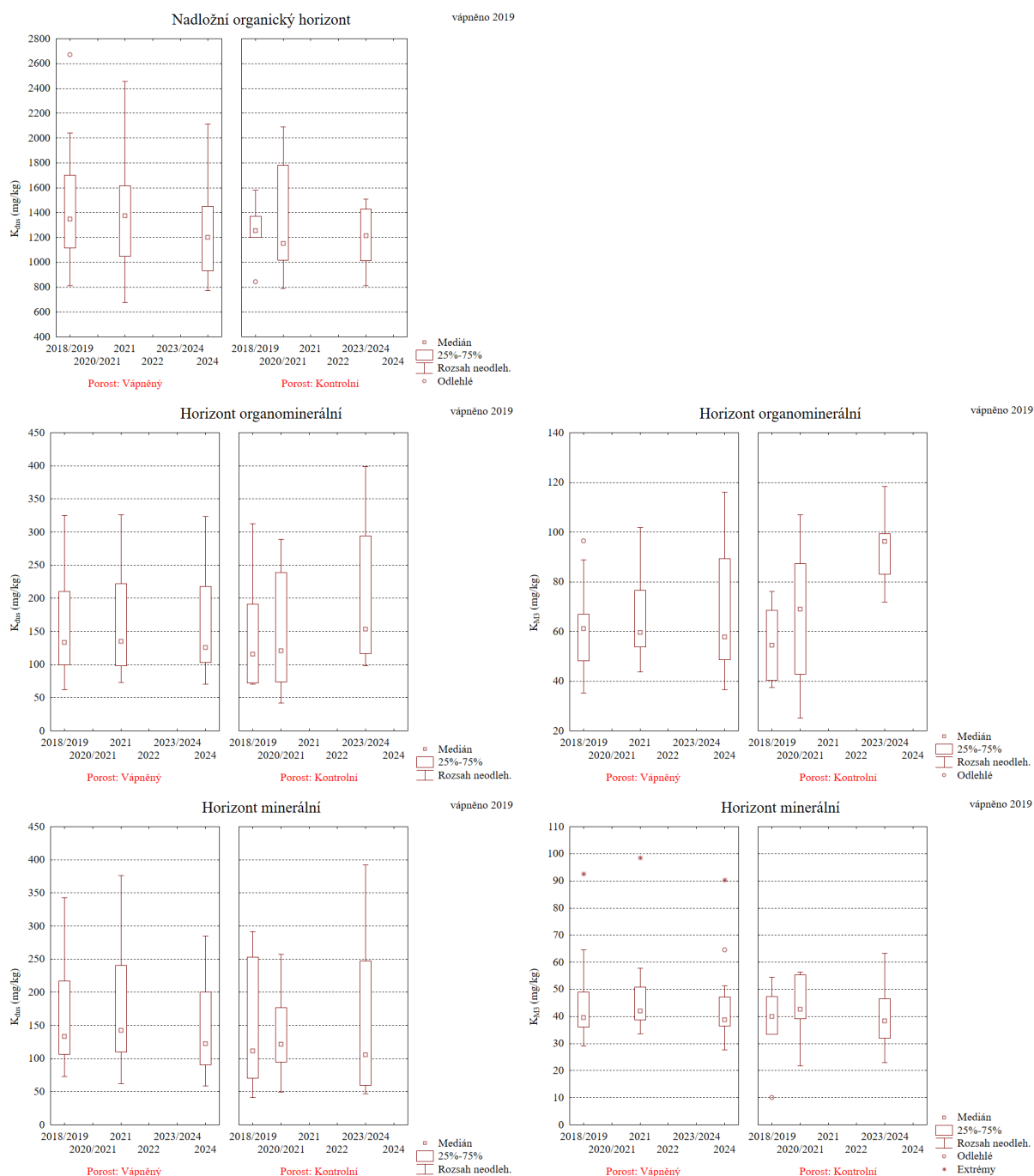
	Vápněný			Kontrolní		
	2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Nadložní organický horizont						
P _{dus} (mg/kg)	901	903	1070	976	1014	1165
K _{dus} (mg/kg)	1486	1390	1251	1251	1329	1199
Ca _{dus} (mg/kg)	3863	5514	8239	1314	1371	1636
Mg _{dus} (mg/kg)	1518	2126	2588	1018	1185	911
Horizont organominerální						
P _{dus} (mg/kg)	205	234	207	189	215	206
K _{dus} (mg/kg)	160	166	160	147	147	203
Ca _{dus} (mg/kg)	804	829	1181	286	309	277
Mg _{dus} (mg/kg)	494	473	532	634	520	485
P _{M3} (mg/kg)	--	--	--	--	9,49	--
P _{ICPM3} (mg/kg)	--	--	--	--	--	12,3
K _{M3} (mg/kg)	60,1	65,9	67,4	55,2	66,7	94,2
Ca _{M3} (mg/kg)	572	624	848	191	154	220
Mg _{M3} (mg/kg)	148	172	208	76,9	72,0	101
Horizont minerální						
P _{dus} (mg/kg)	221	230	207	211	254	202
K _{dus} (mg/kg)	163	174	148	147	137	159
Ca _{dus} (mg/kg)	471	406	427	209	222	201
Mg _{dus} (mg/kg)	581	582	535	738	671	699
P _{M3} (mg/kg)	--	--	--	--	--	--
P _{ICPM3} (mg/kg)	--	--	--	--	--	--
Ca _{M3} (mg/kg)	300	270	302	97,3	--	98,3
Mg _{M3} (mg/kg)	79,1	75,8	84,3	45,0	40,6	45,1

-- Hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

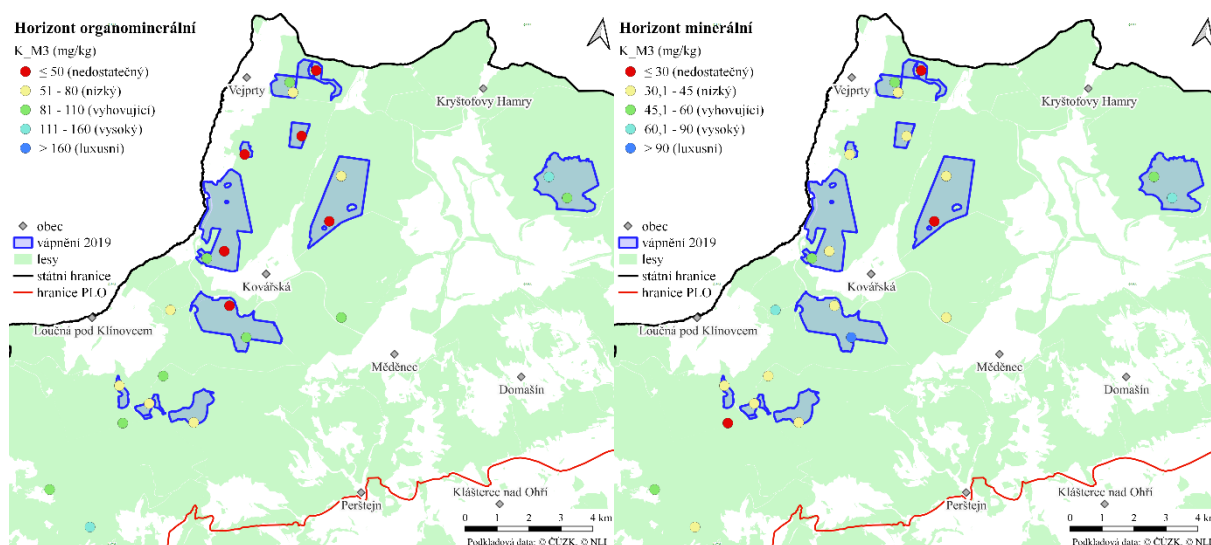
Obr. 9: Obsah přístupného draslíku (K_{M3}) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění

Obsah přístupného draslíku (K_{M3}) se v horizontu organominerálním mění významně pouze v kontrolních porostech. Dochází zde k nárůstu obsahů, který se do jisté míry, nevýznamně projevuje i v porostech vápněných. Ve vápněných porostech je obsah draslíku klasifikován jako nedostatečný až nízký a v kontrolních porostech jako vyhovující (Obr. 11).

V horizontu minerálním se obsah přístupného draslíku významně nemění a je klasifikován jako nízký.



Obr. 10: Obsah extrahovatelného (K_{dus}) a přístupného (K_{M3}) draslíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



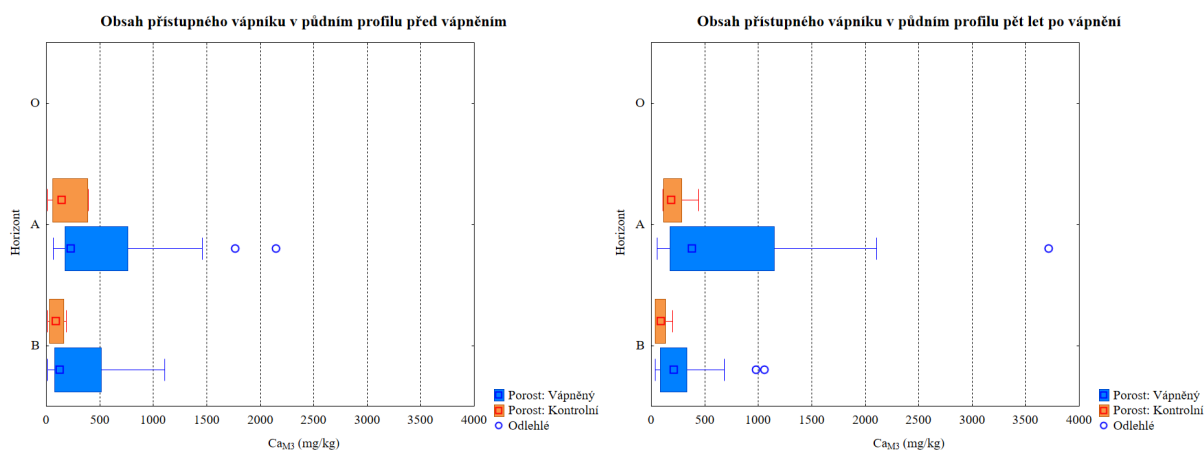
Obr. 11: Kartogramy hodnocení obsahu přístupného draslíku (K_{M3}) v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

3.2.1.8. Vápník

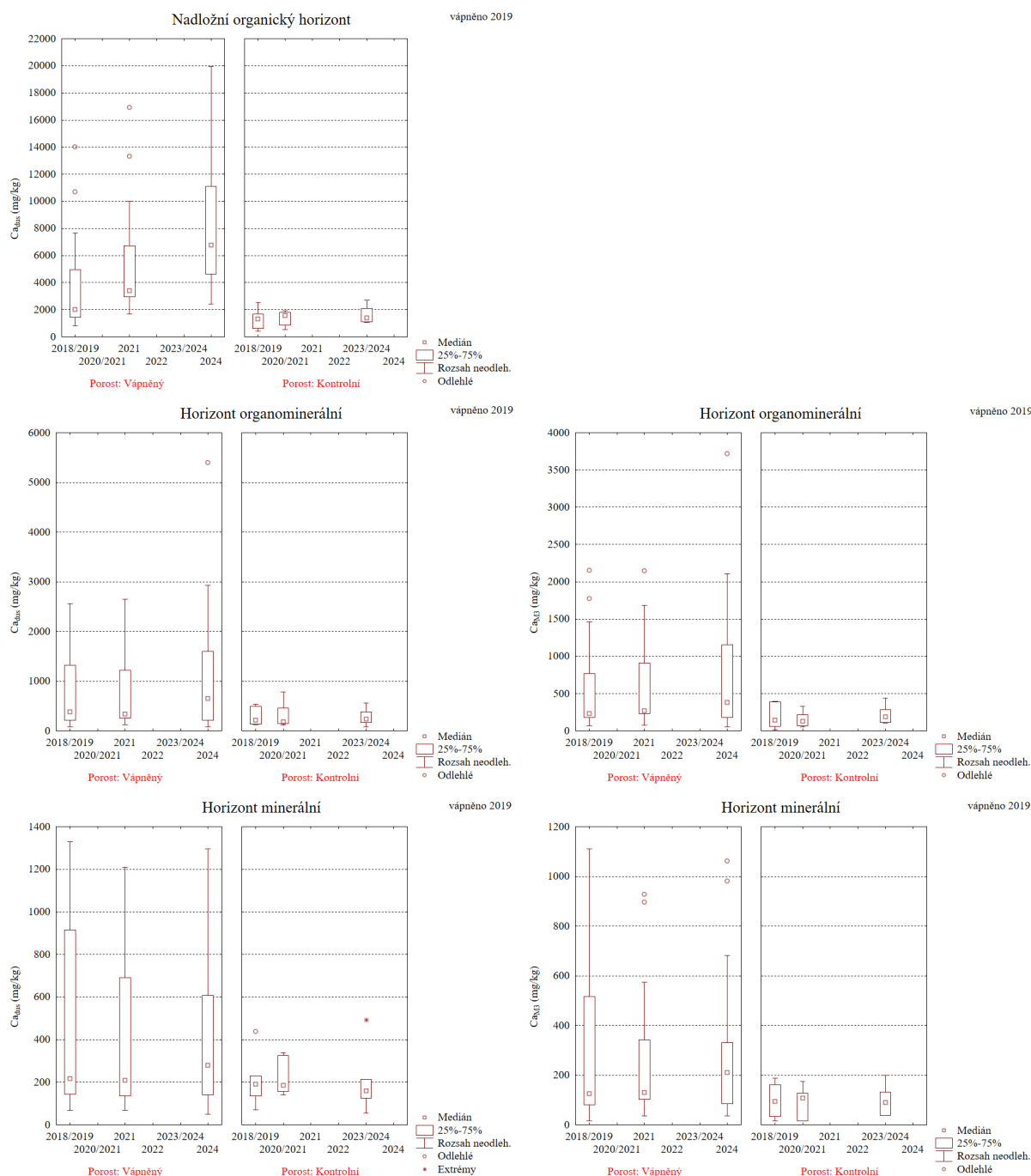
Extrahovatelný obsah vápníku (Ca_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů statisticky významně zvyšuje v průběhu celého sledovaného období (Obr. 13). To by znamenalo, že v tomto horizontu stále zůstává poměrně značné množství vápence, jehož pronikání do spodních půdních horizontů je zpomaleno např. v důsledku klimatických podmínek.

V horizontu organominerálním obsahy Ca_{dus} ve vápněných porostech narůstají pozvolna, zatímco v kontrolních porostech nevýrazně kolísají. Ve vápněných porostech je obsah Ca_{dus} hodnocen jako nízký, i když v některých porostech dosahuje luxusní úrovně (Obr. 14).

Ani v minerálních horizontech vápněných porostů není patrná významnější změna. Je to dáno i tím, že už před vápněním byl rozsah obsahu Ca_{dus} v tomto horizontu poměrně široký. Obsah Ca_{dus} je zde hodnocen převážně jako nízký.



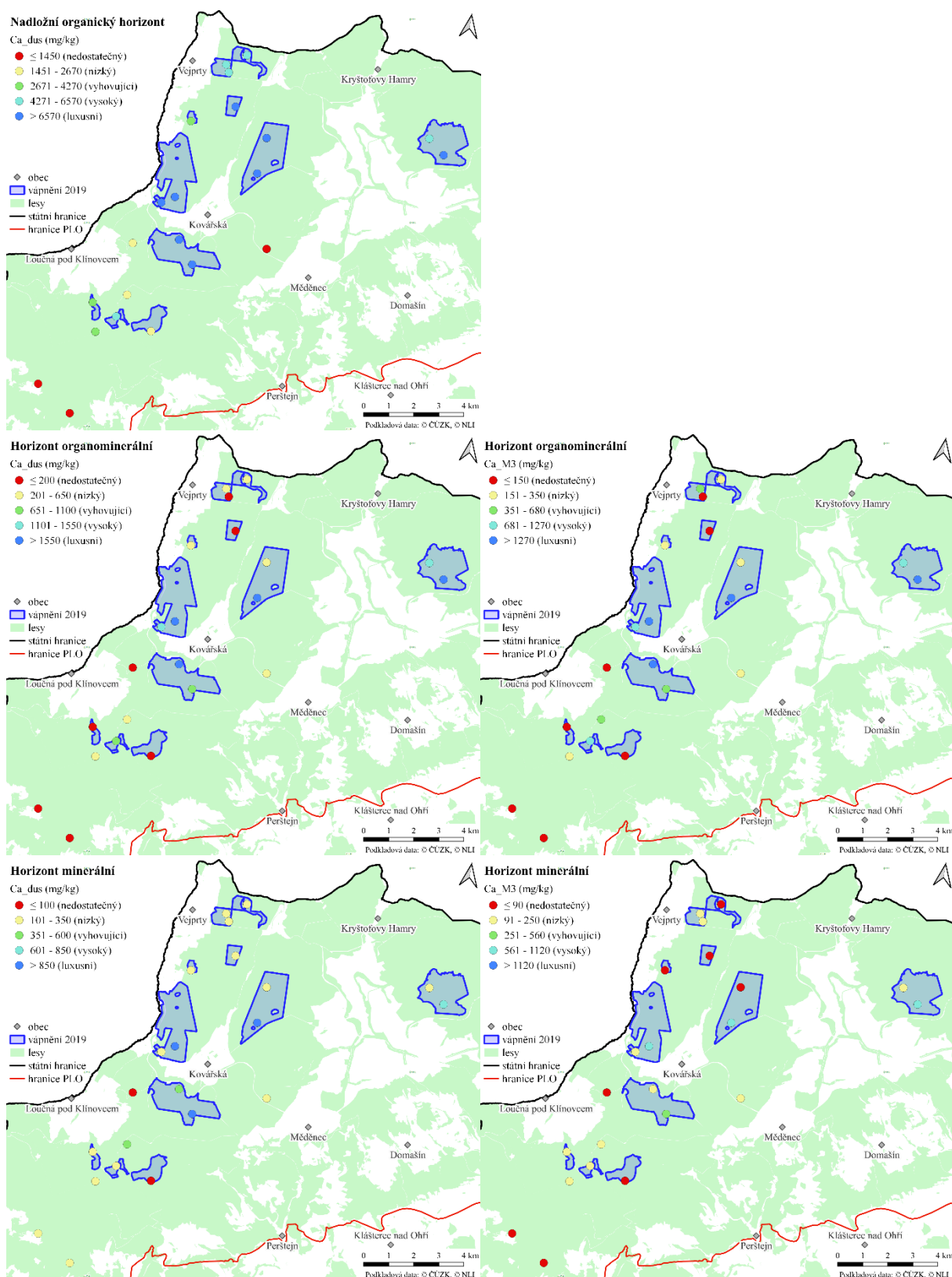
Obr. 12: Obsah přístupného vápníku (Ca_{M3}) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění



Obr. 13: Obsah extrahovatelného (Ca_{dus}) a přístupného (Ca_{M3}) vápníku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

V obsahu přístupného vápníku (Ca_{M3}) není ve vápněných porostech v organominerálních horizontech za pozorované období zjištěna významnější změna, i když tento obsah mírně roste (Obr. 13). Obsah Ca_{M3} je zde podle hodnoty mediánu ($379 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) klasifikován jako vyhovující.

K pozvolnému nárůstu obsahu Ca_{M3} dochází i v minerálních horizontech vápněných porostů. Ve většině porostů je ovšem stále klasifikován jako nedostatečný až nízký (Obr. 14). Pozvolný nárůst obsahu Ca_{M3} v půdním profilu považujeme za pozitivní vliv vápnění.



Obr. 14: Kartogramy hodnocení obsahu extrahovatelného (Ca_{dus}) a přístupného (Ca_{M3}) vápníku v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

3.2.1.9. Hořčík

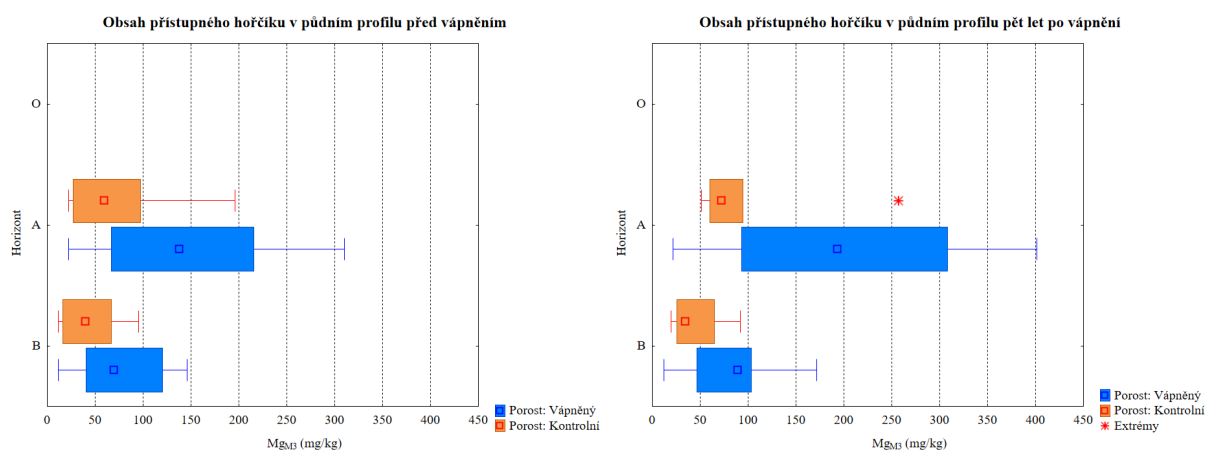
Extrahovatelný obsah hořčíku (Mg_{dus}) se podobně jako obsah Ca_{dus} v nadložním organickém horizontu vápněných porostů významně zvyšuje v průběhu celého sledovaného období (obr. 16).

V horizontu organominerálním se obsah Mg_{dus} ve vápněných porostech během sledování nemění, což vypovídá o pomalém postupu rozmetaného vápence půdním profilem a obsah Mg_{dus} je zde hodnocen jako nízký.

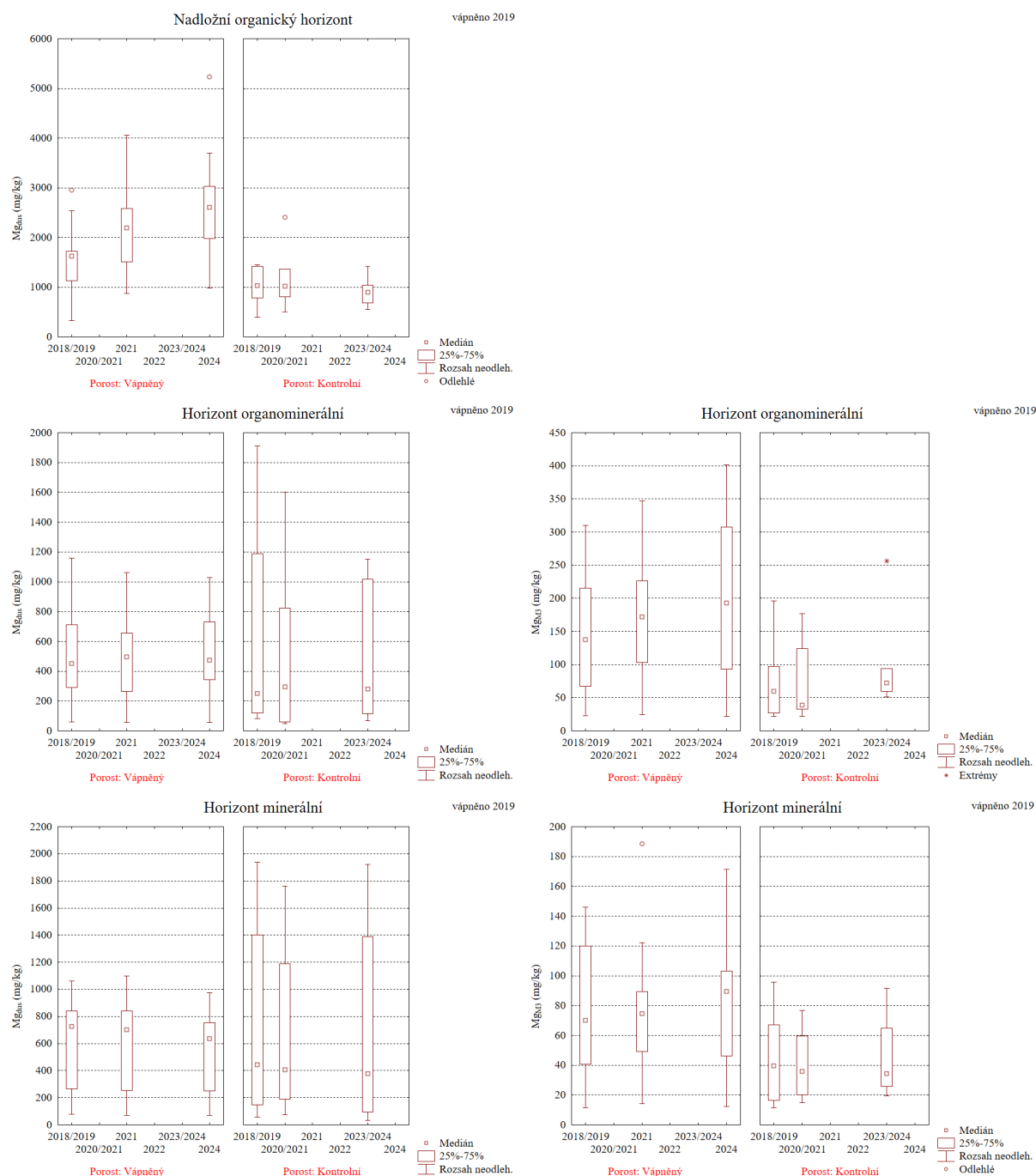
Podobná je situace i v minerálních horizontech vápněných porostů. Za sledované období opět nebyla zaznamenána výraznější změna a obsah Mg_{dus} odpovídá stavu před vápněním. Obsah Mg_{dus} je zde stále hodnocen jako nízký.

Na rozdíl od obsahu Mg_{dus} můžeme v případě obsahu přístupného hořčíku (Mg_{M3}) hovořit o pozitivním vlivu vápnění. V organominerálním horizontu je u obsahu Mg_{M3} ve vápněných porostech znatelný vzestupný trend. Zatímco před vápněním byl obsah Mg_{M3} klasifikován jako vyhovující, tak pět let po vápnění se jeho obsah zvýšil až na vysokou úroveň.

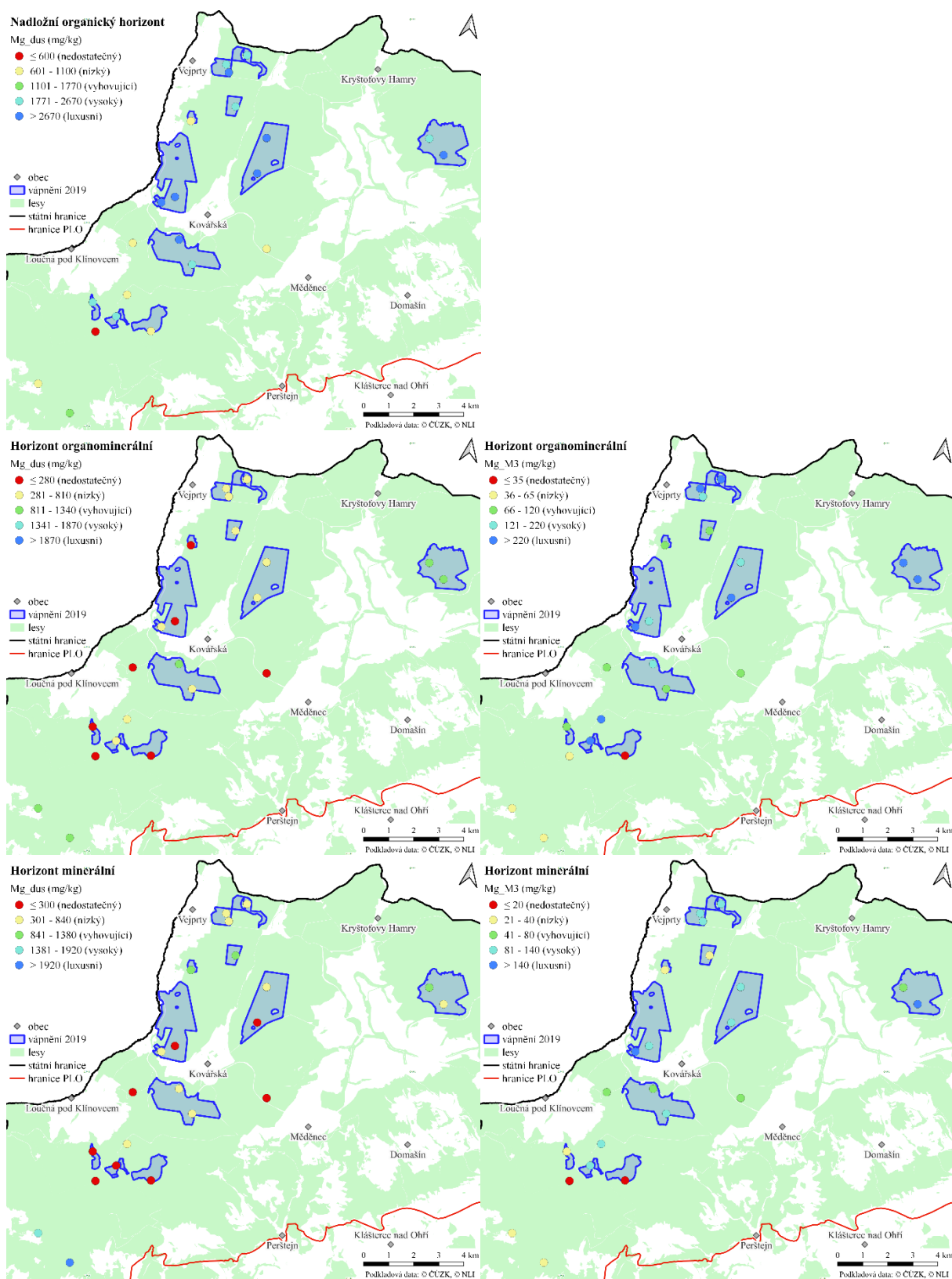
V minerálním horizontu se vliv vápnění projevuje výrazněji až po pěti letech a obsah Mg_{M3} je zde hodnocen také jako vysoký.



Obr. 15: Obsah přístupného hořčíku (Mg_{M3}) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění



Obr. 16: Obsah extrahovatelného (Mg_{dus}) a přístupného (Mg_{M3}) hořčíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 17: Kartogramy hodnocení obsahu extrahovatelného (Mg_{dus}) a přístupného (Mg_{M3}) hořčíku v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

3.2.1.10. Síra

Obsah přístupné síry (SM_3) klesá jak v horizontu organominerálním, tak i v horizontu minerálním vápněných porostů. V obou případech jsou obsahy z roku 2024 statisticky významně nižší než obsahy zjištěné před vápněním. Tento pokles však nespojujeme s vápněním, protože podobný pokles byl zaznamenán i v kontrolních porostech (Tab. 8).

Tab. 8: Průměrný obsah hliníku, železa, manganu, boru a síry v šetřených půdních horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Nadložní organický horizont						
Al_{dus} (mg/kg)	8900	8018	6242	7357	8017	6323
Fe_{dus} (mg/kg)	11717	10876	7639	10457	11040	8513
Mn_{dus} (mg/kg)	196	197	241	114	131	130
B_{dus} (mg/kg)	2,19	1,87	3,19	1,73	1,83	1,68
Horizont organominerální						
Al_{dus} (mg/kg)	4611	4495	4221	4520	4274	3921
Fe_{dus} (mg/kg)	11328	10501	9266	9350	9352	8106
Mn_{dus} (mg/kg)	266	259	254	88,9	86,5	64,1
Al_{M3} (mg/kg)	1737	1520	1458	1662	1624	1541
B_{M3} (mg/kg)	0,60	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	680	613	586	706	671	652
SM_3 (mg/kg)	25,0	25,0	19,8	24,0	22,9	19,4
Horizont minerální						
Al_{dus} (mg/kg)	6094	6013	5782	6395	6371	5597
Fe_{dus} (mg/kg)	12921	12339	11037	14233	12417	12423
Mn_{dus} (mg/kg)	322	353	326	166	147	119
Al_{M3} (mg/kg)	1976	1687	1756	1937	1998	1646
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	601	583	522	564	552	525
SM_3 (mg/kg)	37,9	35,7	30,9	33,0	33,4	26,6

3.2.1.11. Hliník

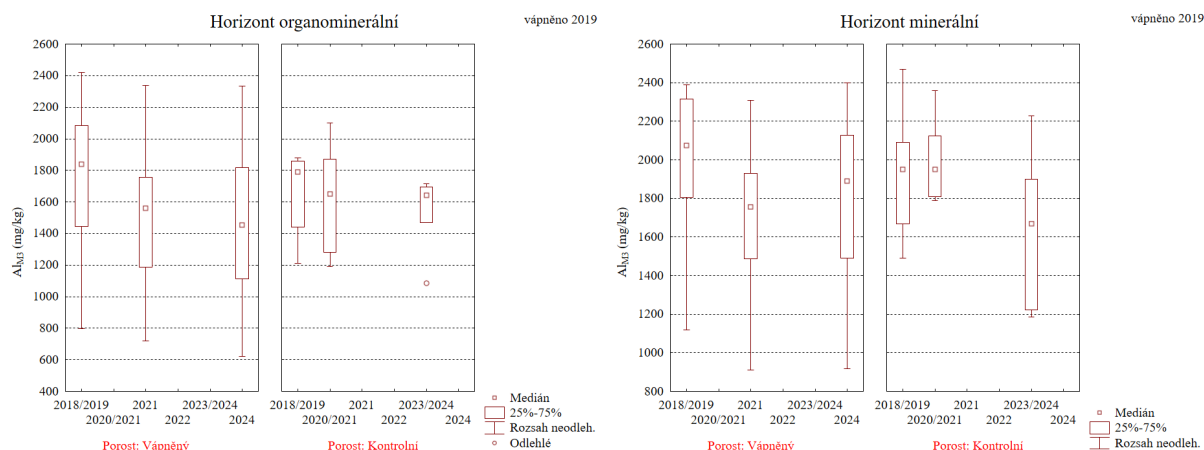
Extrahovatelný obsah hliníku (Al_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů klesl ve srovnání se situací před vápněním. Ve vápněných porostech se jedná o pokles z vysoké úrovně na střední.

V horizontu organominerálním nedochází k žádné statisticky významné změně. Ve vápněných i v kontrolních porostech je ale znatelný klesající trend. V roce 2024 je obsah Al_{dus} i zde hodnocen jako střední.

V horizontu minerálním je obsah Al_{dus} ve vápněných i v kontrolních porostech poměrně stabilní bez výraznějších změn.

Přístupný obsah hliníku (Al_{M3}) se v horizontu organominerálním statisticky významně snížil ve vápněných porostech oproti stavu před vápněním. V kontrolních porostech je také zaznamenán pokles, ale ne tak výrazný jako v porostech vápněných (Obr. 18), což by naznačovalo pozitivní vliv vápnění.

Obsahy přístupného hliníku se mění statisticky významně i v horizontu minerálním. Jak v porostech vápněných, tak i v kontrolních jsou obsahy zjištěné v roce 2024 významně nižší než obsahy před vápněním.



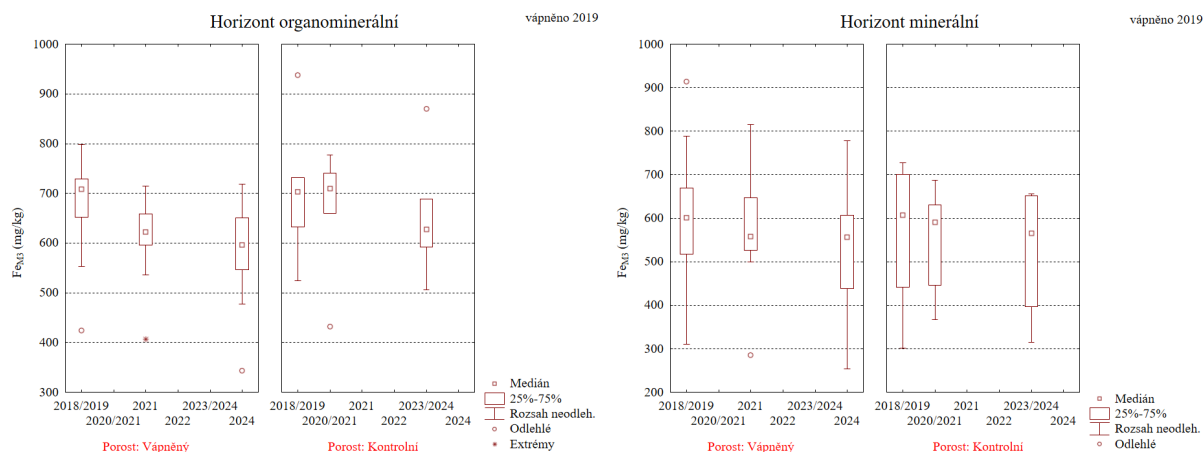
Obr. 18: Obsah přístupného (Al_{M3}) hliníku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

3.2.1.12. Železo

Extrahovatelný obsah železa (Fe_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů statisticky významně klesl. Podobný vývoj byl ovšem zaznamenán i v kontrolních porostech. Obsah Fe_{dus} v nadložních organických horizontech vápněných i kontrolních porostů byl podle hodnoty mediánu klasifikován jako střední.

V horizontu organominerálním se obsah Fe_{dus} ve vápněných porostech také statisticky významně snižuje oproti stavu před vápněním. Přestože změny v kontrolních porostech nejsou významné, probíhá zde stejný trend jako v porostech vápněných, nelze tedy tuto změnu prokazatelně označit jako vliv vápnění. Ve vápněných porostech je obsah Fe_{dus} hodnocen podle hodnoty mediánu jako vysoký až velmi vysoký. V kontrolních porostech je pak obsah Fe_{dus} hodnocen jako vysoký.

Podobně jako v horizontu organominerálním se obsahy Fe_{dus} snižují i v horizontu minerálním, a to opět jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech. Obsah Fe_{dus} je zde hodnocen jako vysoký.



Obr. 19: Obsah přístupného (Fe_{M3}) železa v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Obsahy přístupného železa (Fe_{M3}) mají podobný průběh jako v případě Fe_{dus} . Obsah Fe_{M3} v organominerálním i v minerálním horizontu postupem času klesá v porostech vápněných i kontrolních, ale jen ve vápněných je tato změna významná.

3.2.1.13. Mangan

Obsah extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů je velmi nízký (FIALA A KOL., 2013). Během sledování se jeho obsah významně nezměnil.

V organominerálních a minerálních horizontech také nedochází k výraznějším změnám a obsah Mn_{dus} ve vápněných porostech je klasifikován podle hodnoty mediánu jako nízký.

3.2.1.14. Rizikové prvky

3.2.1.14.1. Zinek

Extrahovatelný obsah zinku (Zn_{dus}) je v nadložním organickém horizontu po pěti letech srovnatelný se situací zjištěnou před vápněním a jeho obsah je ve vápněných i kontrolních porostech podle hodnoty mediánu klasifikován jako střední.

V organominerálních i v minerálních horizontech se obsahy Zn_{dus} za sledované období výrazněji nemění.

Tab. 9: Průměrný obsah rizikových prvků v šetřených půdních horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Nadložní organický horizont						
Zn_{dus} (mg/kg)	45,6	42,1	49,9	54,9	58,8	52,5
Cd_{dus} (mg/kg)	0,28	0,27	0,39	0,32	0,34	0,45
Cr_{dus} (mg/kg)	9,59	8,64	7,33	9,18	9,65	7,68
Cu_{dus} (mg/kg)	11,2	9,14	9,06	11,6	12,6	9,94
Pb_{dus} (mg/kg)	110	103	95,9	158	144	151
Horizont organominerální						
Zn_{dus} (mg/kg)	16,3	13,9	15,1	21,6	19,4	18,5
Cd_{dus} (mg/kg)	--	--	< 0,2	--	< 0,2	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	5,54	5,12	4,83	5,51	5,92	5,35
Cu_{dus} (mg/kg)	6,44	5,62	5,88	6,46	5,70	7,22
Pb_{dus} (mg/kg)	75,0	79,7	77,7	64,5	58,7	88,2
Horizont minerální						
Zn_{dus} (mg/kg)	22,5	18,6	18,7	23,9	23,0	23,6
Cd_{dus} (mg/kg)	--	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	6,86	6,42	6,30	7,14	7,57	7,13
Cu_{dus} (mg/kg)	8,37	5,24	4,99	5,50	6,06	4,55
Pb_{dus} (mg/kg)	49,7	52,6	48,8	48,7	43,1	52,4

-- Hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

3.2.1.14.2. *Kadmium*

Extrahovatelný obsah kadmia (Cd_{dus}) se v nadložním organickém horizontu statisticky významně zvýšil jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech. V obou případech je obsah statisticky významně vyšší v roce 2024 než při odběrech před vápněním. Obsah Cd_{dus} v tomto horizontu je klasifikován jako nízký.

V horizontu organominerálním obsahy statisticky významně klesly pouze ve vápněných porostech a nevýznamně v kontrolních. V minerálním horizontu nedochází k žádným statisticky významným změnám. U většiny vzorků odebraných z organominerálního horizontu a u všech vzorků odebraných z minerálního horizontu nedosahovaly obsahy Cd_{dus} meze stanovitelnosti ($< 0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Vzhledem k podobnému průběhu v půdním profilu vápněných i kontrolních porostů nepovažujeme zjištěné změny obsahu Cd_{dus} za důsledek vápnění.

3.2.1.14.3. *Chrómov*

Extrahovatelný obsah chrómu (Cr_{dus}) ve vápněných porostech v průběhu sledování statisticky významně klesá a je zde klasifikován jako nízký. Pokles obsahu Cr_{dus} byl zjištěn také v kontrolních porostech, a i zde je klasifikován jako nízký.

V organominerálních ani v minerálních horizontech vápněných porostů nedochází k výraznějším změnám v obsahu Cr_{dus} .

3.2.1.14.4. *Měď*

Obsah extrahovatelné mědi (Cu_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů statisticky významně snížil a je klasifikován jako velmi nízký až nízký. V kontrolních porostech obsah Cu_{dus} ve sledovaném období kolísá. V roce 2024 je jeho hodnota srovnatelná s hodnotou zjištěnou ve vápněných porostech.

V horizontu organominerálním nebyly ve vápněných porostech zjištěny výraznější změny v obsahu Cu_{dus} .

V horizontu minerálním se hodnota Cu_{dus} ve vápněných porostech pět let po vápnění neliší od hodnoty zjištěné v kontrolních porostech.

3.2.1.14.5. *Olovo*

Extrahovatelný obsah olova (Pb_{dus}) se ve vápněných porostech v nadložních organických horizontech dlouhodobě pohybuje okolo hodnoty 100 mg.kg^{-1} a je tedy klasifikován jako střední. V kontrolních porostech je situace o poznání horší. Obsahy olova jsou zde klasifikovány jako vysoké a vypovídají tak o zatížení této oblasti olovem.

Zatížení olovem s hloubkou půdního profilu klesá a hodnoty Pb_{dus} ve vápněných porostech jsou poměrně stabilní.

3.2.1.15. Půdní sorpční komplex

3.2.1.15.1. Stupeň nasycení

Sycení sorpčního komplexu bázemi (BS) se v organominerálních horizontech vápněných porostů po pěti letech od vápnění zvýšilo přibližně o 10 % (hodnoceno podle průměrných hodnot) na 46,8 %, což odpovídá slabě nenasyčeným lesním půdám (VAVŘÍČEK A KUČERA, 2014).

V horizontech minerálních dochází k pozvolnému zvyšování hodnoty BS, která pět let po vápnění činí v průměru 28 % (Tab. 10). Jedná se tedy také o slabě nenasyčené lesní půdy. Tyto změny považujeme za pozitivní vliv vápnění.

Tab. 10: Průměrné hodnoty půdního sorpčního komplexu v šetřených půdních horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Horizont organominerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	72,5	74,0	62,2	76,1	72,8	83,4
K _{VYM} (mekv./kg)	1,26	1,36	1,62	1,23	1,45	2,03
Ca _{VYM} (mekv./kg)	31,0	34,3	49,2	10,8	8,62	11,8
Mg _{VYM} (mekv./kg)	13,0	13,6	19,9	6,32	6,26	7,81
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,38	0,38	0,42	0,27	0,24	0,41
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,86	0,77	0,83	0,20	0,28	--
Al _{VYM} (mekv./kg)	64,0	64,2	58,1	65,9	67,1	73,5
Fe _{VYM} (mekv./kg)	3,73	3,49	2,84	5,23	4,53	5,93
CEC (mekv./kg)	118	124	133	94,9	89,4	105
BS (%)	36,2	37,9	46,8	17,6	17,8	19,9
Horizont minerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	60,9	64,0	58,4	63,9	61,4	63,3
K _{VYM} (mekv./kg)	0,85	0,87	0,90	0,75	0,77	0,74
Ca _{VYM} (mekv./kg)	16,0	15,0	16,1	--	5,56	5,15
Mg _{VYM} (mekv./kg)	6,01	5,59	6,92	3,63	3,33	3,22
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,27	0,29	0,28	0,23	0,21	0,23
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,66	0,60	0,57	0,24	0,23	--
Al _{VYM} (mekv./kg)	57,7	58,6	57,9	60,4	59,2	61,2
Fe _{VYM} (mekv./kg)	1,58	1,66	1,12	2,79	2,15	2,18
CEC (mekv./kg)	84,0	85,8	82,6	73,7	71,2	72,7
BS (%)	26,0	24,6	28,0	12,1	12,9	12,1

-- Hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

Pro hodnocení toxicity hliníku v lesních půdách se obecně používají poměry bazických kationtů (BC) k obsahu hliníku (Al^{3+}) v půdních horizontech. Poměr BC/Al^{3+} menší než 1 je považován za potenciální index pro nepříznivý vliv Al^{3+} a nevyváženost živin pro růst rostlin (BRUNNER AND SPERISEN, 2013, RAHMAN ET AL., 2018).

Z vývoje hodnot poměru BC/Al^{3+} v organominerálním horizontu vápněných porostů je patrné, že i když tento poměr pomalu stoupá, tak kritické hodnoty 1 dosud nebylo dosaženo. Ovšem negativní vliv kationtů Al^{3+} se pomalu snižuje. V minerálních horizontech je tento poměr dlouhodobě také stále pod kritickou hranicí, ale ve srovnání se situací před vápněním i zde došlo k mírnému zlepšení (Tab. 11), což považujeme za kladný vliv vápnění.

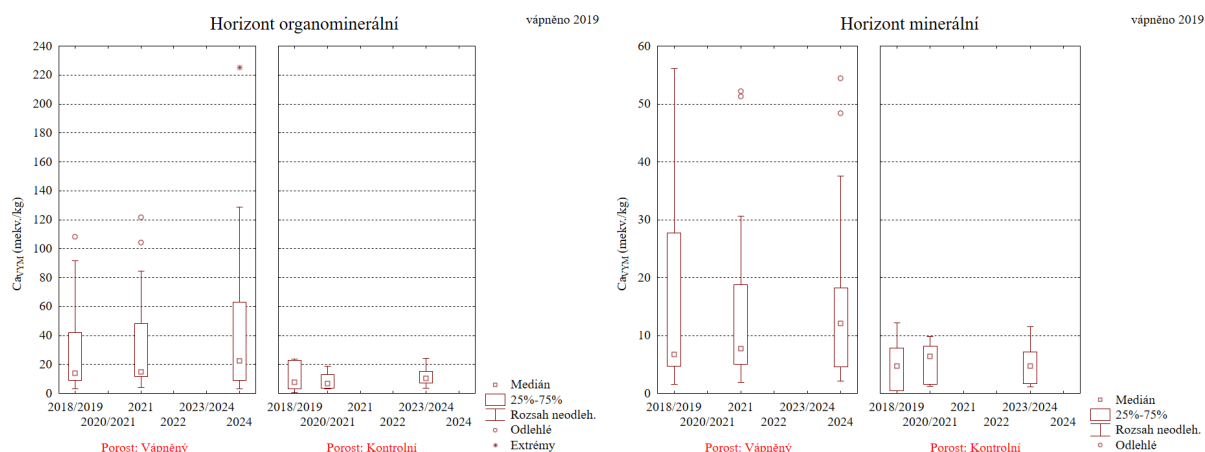
Tab. 11: Poměry bazických kationtů ke kationtům hliníku (medián)

	Vápněný			Kontrolní		
	2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Horizont organominerální						
BC/Al ³⁺	0,38	0,44	0,54	0,26	0,18	0,23
Ca ²⁺ /Al ³⁺	0,16	0,21	0,25	0,13	0,12	0,13
Horizont minerální						
BC/Al ³⁺	0,22	0,24	0,32	0,14	0,17	0,14
Ca ²⁺ /Al ³⁺	0,13	0,13	0,18	0,07	0,08	0,09

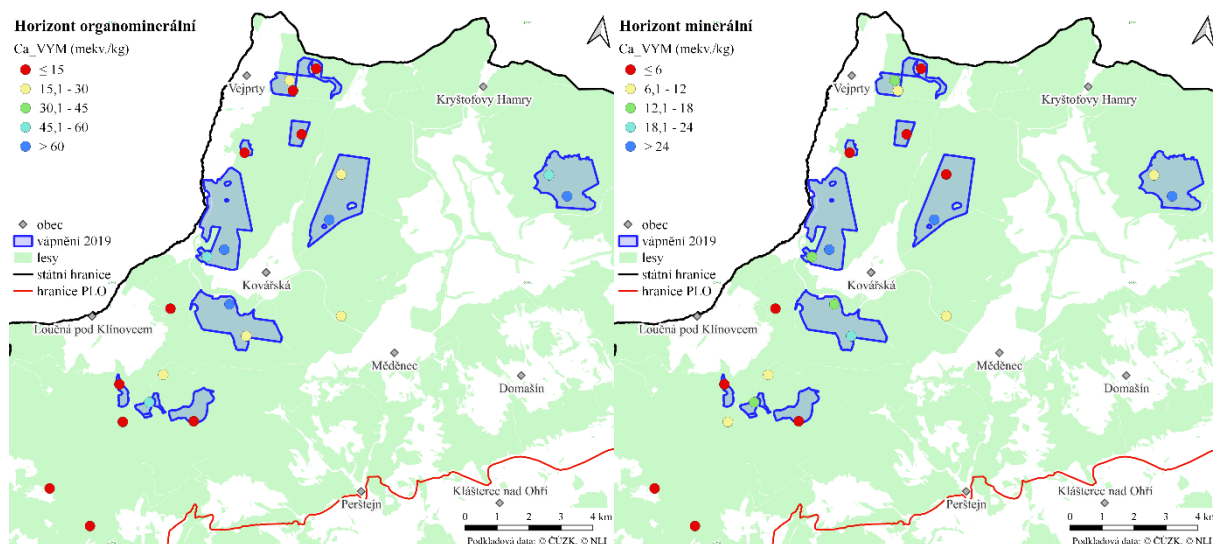
Pokud budeme hodnotit toxicitu hliníku podle poměru $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$, kde je za hranici vysoké toxicity považována hodnota 0,2 (CRONAN AND GRIGAL, 1995), kdy zjevné riziko nepříznivých dopadů na lesy je 95% a více, dospějeme k podobným závěrům s tím, že v organominerálních horizontech vápněných porostů byla tato hodnota překročena už dva roky po vápnění a v minerálních horizontech těchto porostů se k této hranici postupně přibližujeme. Vliv toxicity hliníku se tedy snižuje. V půdách kontrolních porostů je situace značně odlišná, poměr $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ se zde dlouhodobě udržuje na přibližně stejné úrovni hluboko pod touto hranicí.

3.2.1.15.2. Kationtová výměnná kapacita

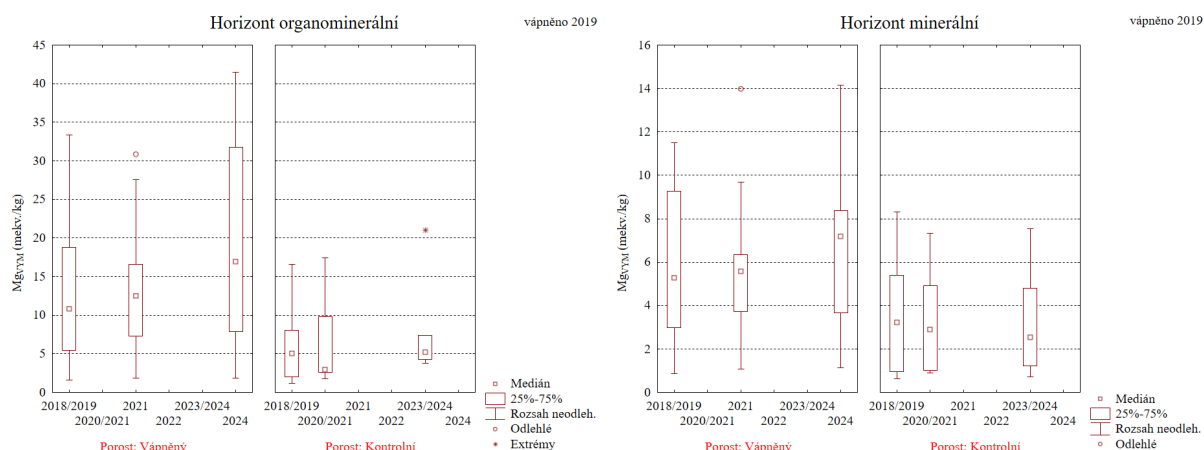
Očekávaným projevem vápnění v horizontu pěti let od aplikace je obvykle zvýšení obsahu kationtů vápníku ($\text{Ca}_{\text{VYM}} = \text{Ca}^{2+}$) a hořčíku ($\text{Mg}_{\text{VYM}} = \text{Mg}^{2+}$) v půdním sorpčním komplexu. Tento předpoklad se potvrdil i v tomto případě, i když zvýšení obsahu Ca^{2+} je pouze pozvolné (Obr. 20). Výrazně nižší hodnoty v sycení sorpčního komplexu vápníkem byly zjištěny zejména v okolí Vejprty (Obr. 21). Sycení sorpčního komplexu kationty hořčíku je v minerální části půdního profilu vápněných porostů daleko výraznější (Obr. 22). V organominerálních horizontech vápněných porostů je dokonce i statisticky významně vyšší a vápnění v tomto smyslu zde působí pozitivně.



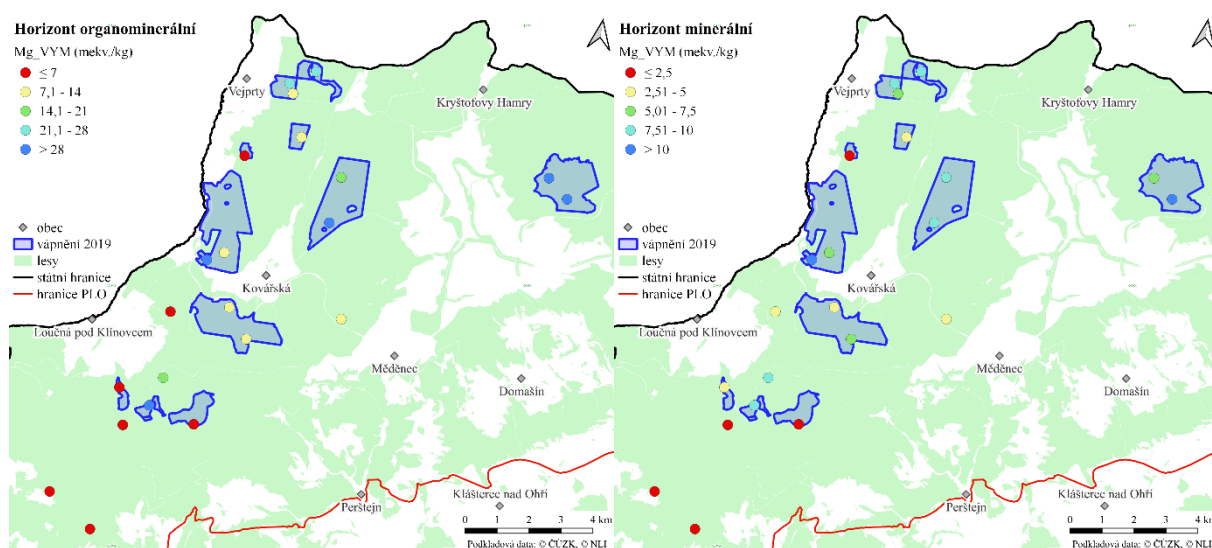
Obr. 20: Obsah výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.



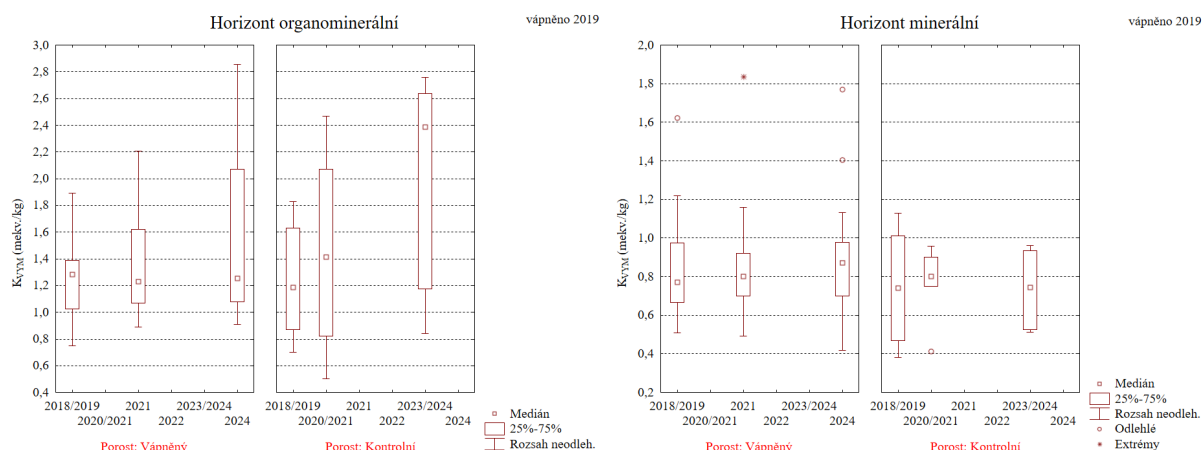
Obr. 21: Kartogramy hodnocení obsahu výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů



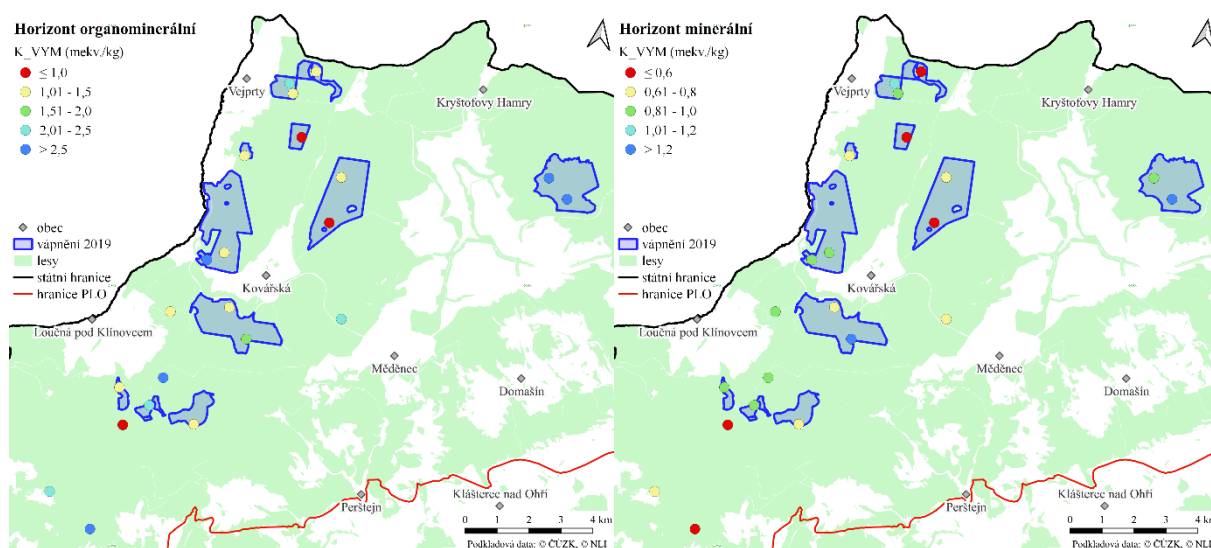
Obr. 22: Obsah výměnných kationtů hořčíku (Mg_{vym}) v půdních horizontech vápěných a kontrolních porostů



Obr. 23: Kartogramy hodnocení obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{vym}) v půdních horizontech vápěných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

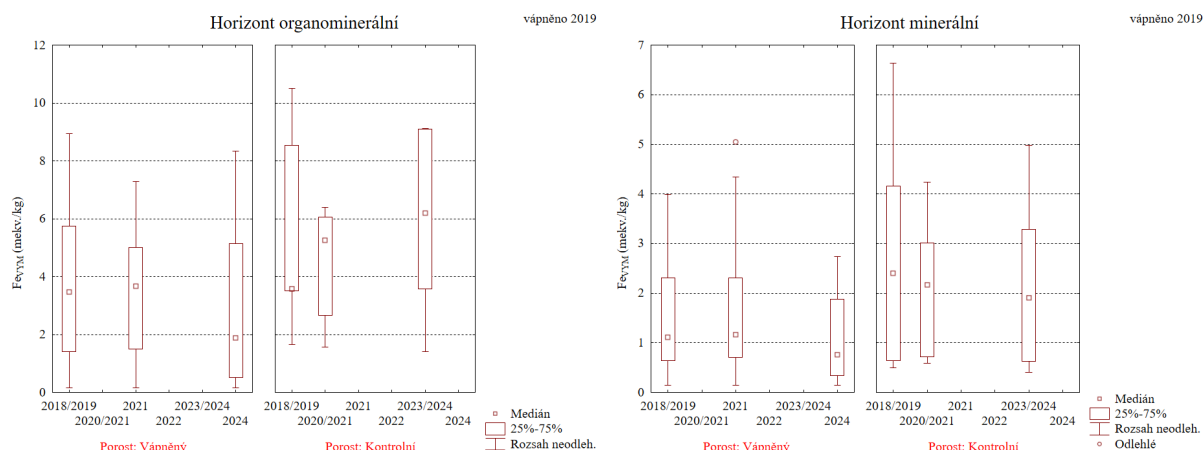


Obr. 24: Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

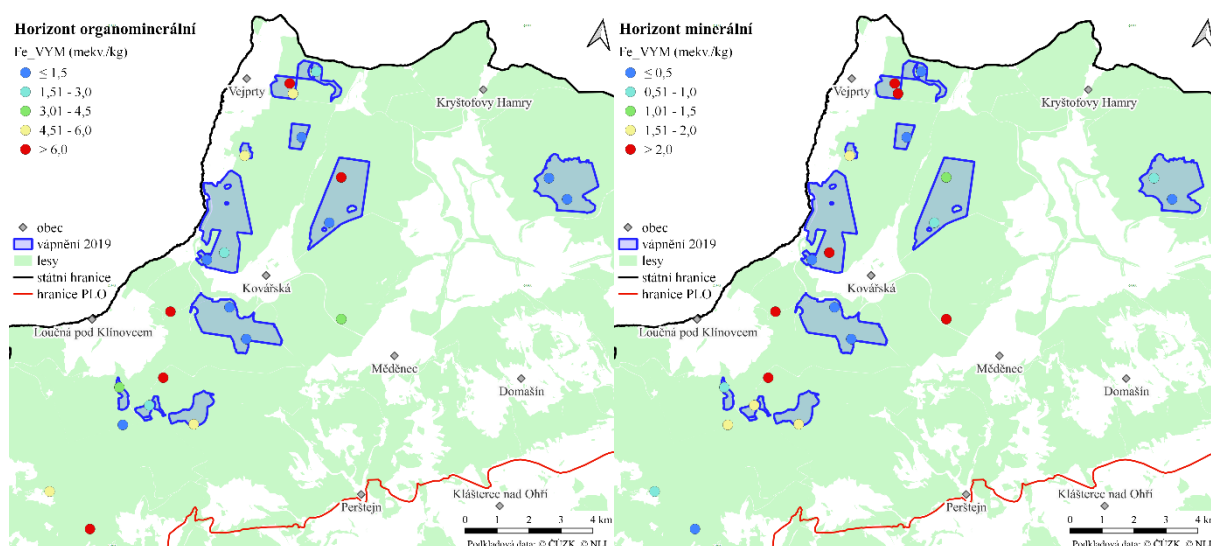


Obr. 25: Kartogramy hodnocení obsahu výměnných kationtů draslíku (K_{VYM}) v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

V případě obsahu výměnných kationtů draslíku ($K_{VYM} = K^+$) nejsou na vápněných plochách zjištěny negativní účinky vápnění. V organominerálním i v minerálním horizontu vápněných porostů se hodnota K^+ za sledované období pozvolna zvyšuje (Obr. 24).



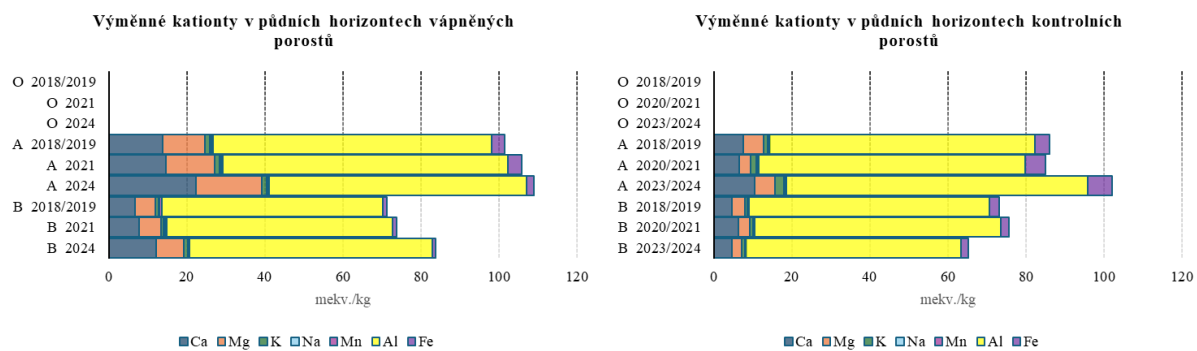
Obr. 26: Obsah výměnných kationtů železa (Fe_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



Obr. 27: Kartogramy hodnocení obsahu výměnných kationtů železa (Fe_{VYM}) v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

Pozitivní účinek vápnění se projevuje poklesem obsahu výměnných kationtů železa (Fe_{VYM}) v půdním profilu vápněných porostů. Zejména v organominerálním horizontu vápněných porostů je tento pokles v kontrastu s rostoucím obsahem Fe_{VYM} v kontrolních porostech (Obr. 26). V minerálních horizontech je zaznamenán pokles obsahu Fe_{VYM} i v kontrolních porostech.

Aktuální kationtová výměnná kapacita (CEC) vyjadřuje sumu kationtů vázaných v půdním sorpčním komplexu. V součtu kationtů vstupujících do výpočtu CEC představuje nejvyšší položku obsah výměnných kationtů hliníku (Obr. 28). Změny v hodnotách CEC nejsou ze statistického pohledu významné ve vápněných ani v kontrolních porostech. Důležitý je právě zvyšující se podíl kationtů vápníku a hořčíku a klesající zastoupení kyselých kationtů hliníku a železa v půdách vápněných porostů, což považujeme za kladný vliv vápnění.

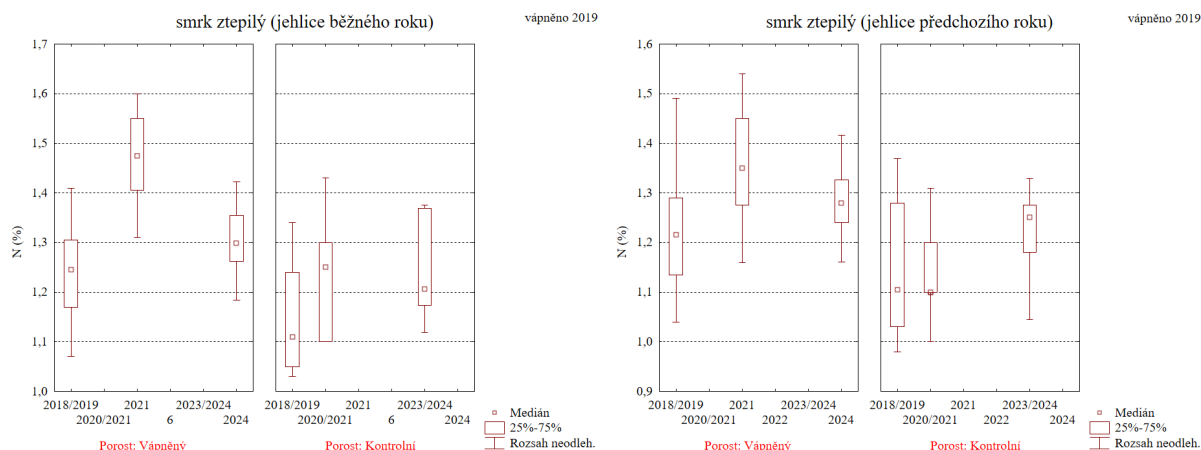


Obr. 28: Medián obsahu výměnných kationtů v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

3.2.2. Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého

3.2.2.1. Dusík

Výživa dusíkem se v jehlicích smrku ztepilého během sledování statisticky významně mění pouze ve vápněných porostech, kde je zaznamenáno výrazné kolísání obsahu dusíku v jehlicích (Obr. 29). Pět let po vápnění je obsah dusíku v jehlicích smrku ve vápněných porostech klasifikován jako nízký.



Obr. 29: Obsah dusíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

Tab. 12: Průměrný obsah prvků v jehlicích běžného roku smrku ztepilého

	Vápněný			Kontrolní		
	2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Al (mg/kg)	47,1	59,2	66,0	48,0	59,6	94,9
B (mg/kg)	12,6	13,8	14,7	11,5	13,0	15,2
Ca (mg/kg)	3423	3664	4917	2947	3085	3488
Cd (mg/kg)	0,07	0,07	0,08	0,05	0,03	0,04
Cr (mg/kg)	--	0,14	0,18	< 0,1	< 0,1	0,18
Cu (mg/kg)	3,05	3,23	2,78	2,71	3,08	2,67
Fe (mg/kg)	29,9	31,5	38,1	23,9	23,0	35,1
K (mg/kg)	6963	7292	5079	5932	5931	4455
Mg (mg/kg)	896	1019	1167	843	989	1168
Mn (mg/kg)	230	296	350	380	323	459
N (%)	1,24	1,47	1,30	1,15	1,24	1,24
Ni (mg/kg)	1,07	1,06	0,78	1,35	1,60	1,27
P (mg/kg)	1689	1906	1606	1523	1847	1501
Pb (mg/kg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S (mg/kg)	865	924	897	820	821	877
Zn (mg/kg)	32,4	35,6	40,8	28,1	32,0	31,4

-- Hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

Tab. 13: Průměrný obsah prvků v jehlicích předchozího roku smrku ztepilého

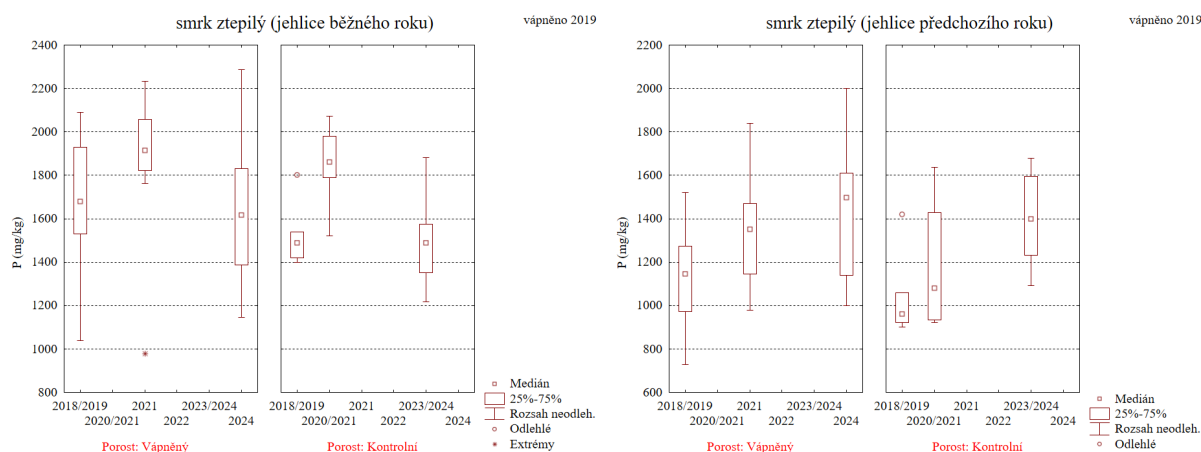
	Vápněný			Kontrolní		
	2018/2019	2021	2024	2018/2019	2020/2021	2023/2024
Al (mg/kg)	73,5	79,8	76,5	89,6	124	144
B (mg/kg)	14,0	12,7	14,8	11,5	12,5	17,1
Ca (mg/kg)	6686	6917	7833	5010	4807	6424
Cd (mg/kg)	0,06	0,06	0,06	0,04	--	--
Cr (mg/kg)	0,14	0,14	0,20	0,20	0,12	0,21
Cu (mg/kg)	2,25	2,41	1,99	2,00	2,07	1,66
Fe (mg/kg)	45,0	38,3	44,4	39,8	37,4	48,7
K (mg/kg)	4341	4581	4355	3898	3609	4050
Mg (mg/kg)	965	984	1245	801	917	1426
Mn (mg/kg)	442	447	490	531	422	790
N (%)	1,23	1,36	1,28	1,15	1,14	1,22
Ni (mg/kg)	0,47	0,51	0,59	0,67	0,66	0,91
P (mg/kg)	1124	1360	1408	1038	1180	1399
Pb (mg/kg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S (mg/kg)	900	892	910	848	806	904
Zn (mg/kg)	29,3	33,0	43,9	22,7	22,3	30,6

-- Hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

3.2.2.2. Fosfor

Obsahy fosforu v jehlicích běžného roku kolísají v průběhu šetření jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech (Obr. 30). Obsah fosforu v jehlicích vápněných porostů je hodnocen podle hodnoty mediánu jako vysoký.

Obsah fosforu v jehlicích předchozího roku ve vápněných i v kontrolních porostech v průběhu sledování vykazuje stoupající trend. Obsah fosforu v jehlicích vápněných porostů je zde hodnocen podle hodnoty mediánu jako vysoký až luxusní.

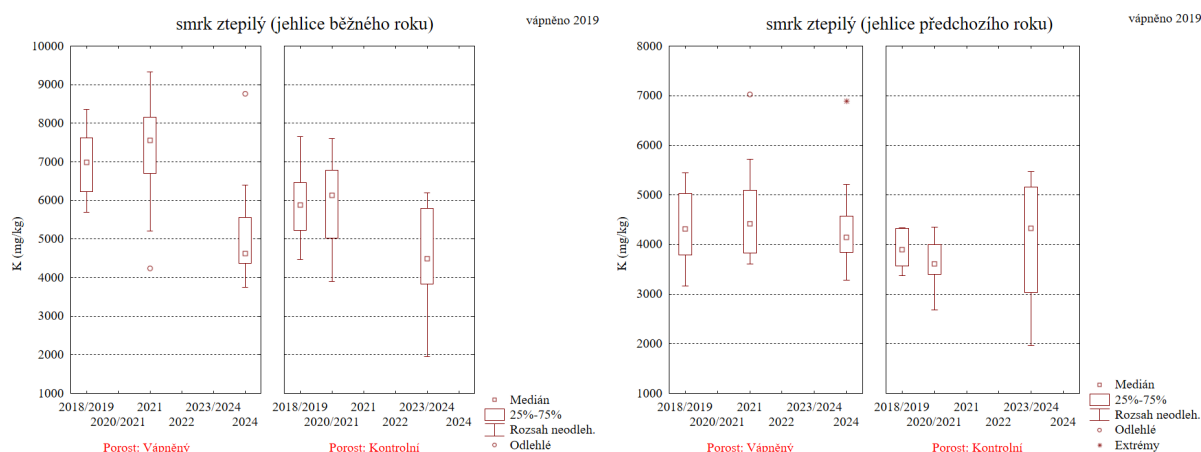


Obr. 30: Obsah fosforu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

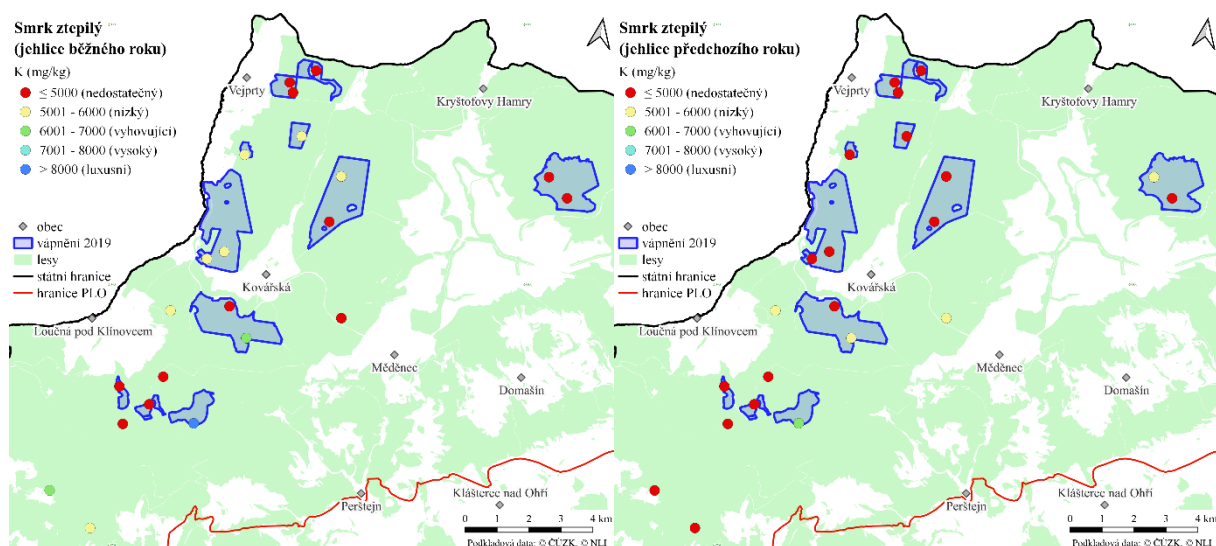
3.2.2.3. Draslík

Výživa jehlic běžného roku draslíkem vykazuje v roce 2024 výrazné zhoršení. Tento pokles byl zaznamenán jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech (Obr. 31). Obsah draslíku ve vápněných porostech je klasifikován jako nedostatečný až nízký. Vzhledem k podobnému vývoji obsahu draslíku jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech, nedáváme pokles obsahu draslíku do souvislosti s vápněním.

Oproti změnám v jehlicích běžného roku tak v jehlicích předchozího roku obsahy draslíku nevykazují ve vápněných porostech výraznější změnu a obsah draslíku je zde dlouhodobě klasifikován jako nedostatečný.



Obr. 31: Obsah draslíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

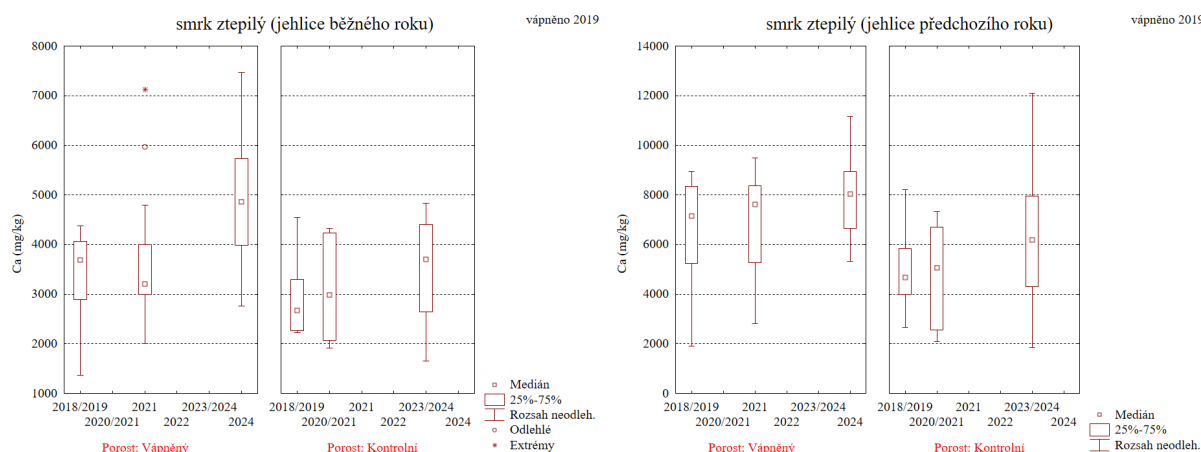


Obr. 32: Kartogramy hodnocení obsahu draslíku (K) v jehlicích smrku ztepilého vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

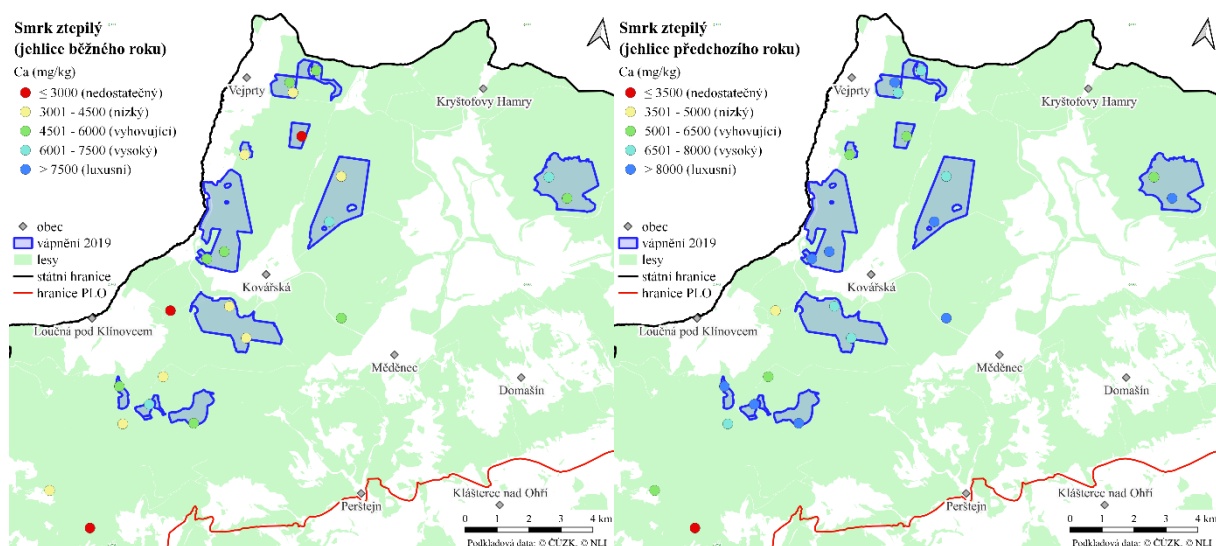
3.2.2.4. Vápník

Obsah vápníku se v jehlicích běžného roku smrku ztepilého statisticky významně zvyšuje oproti stavu před vápněním (Obr. 33). Nevýznamně se ovšem zvyšuje i obsah vápníku v kontrolních porostech. Nelze tedy tvrdit, že nárůst vápníku v jehlicích je pouze výsledek vápnění. Obsah vápníku v jehlicích vápněných porostů je klasifikován jako nízký až vyhovující.

V jehlicích přechozího roku smrku ztepilého dochází k nevýznamnému nárůstu v odběrech po pěti letech od vápnění jak ve vápněných porostech, tak i v porostech kontrolních. Ve vápněných porostech se obsah vápníku dostává na vysokou až luxusní úroveň výživy.



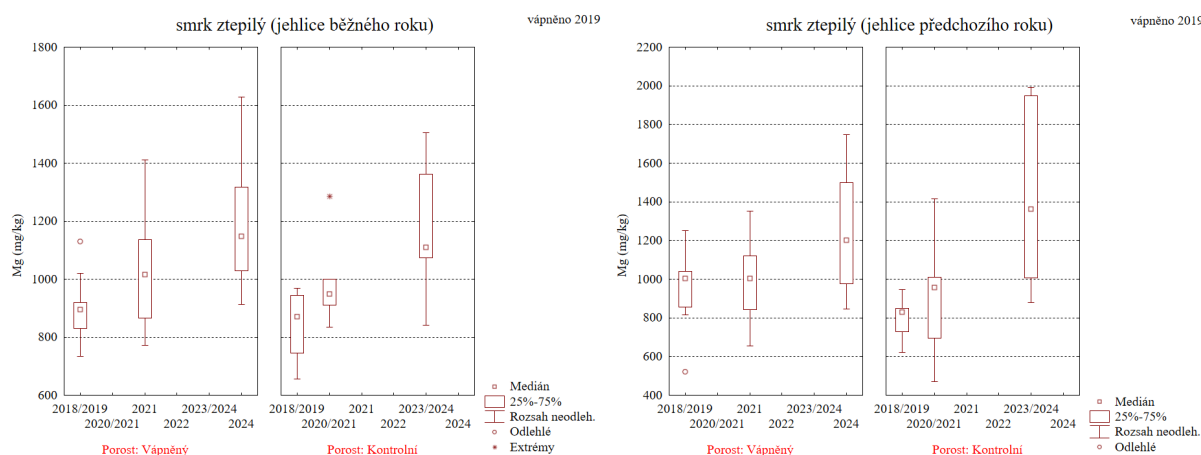
Obr. 33: Obsah vápníku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



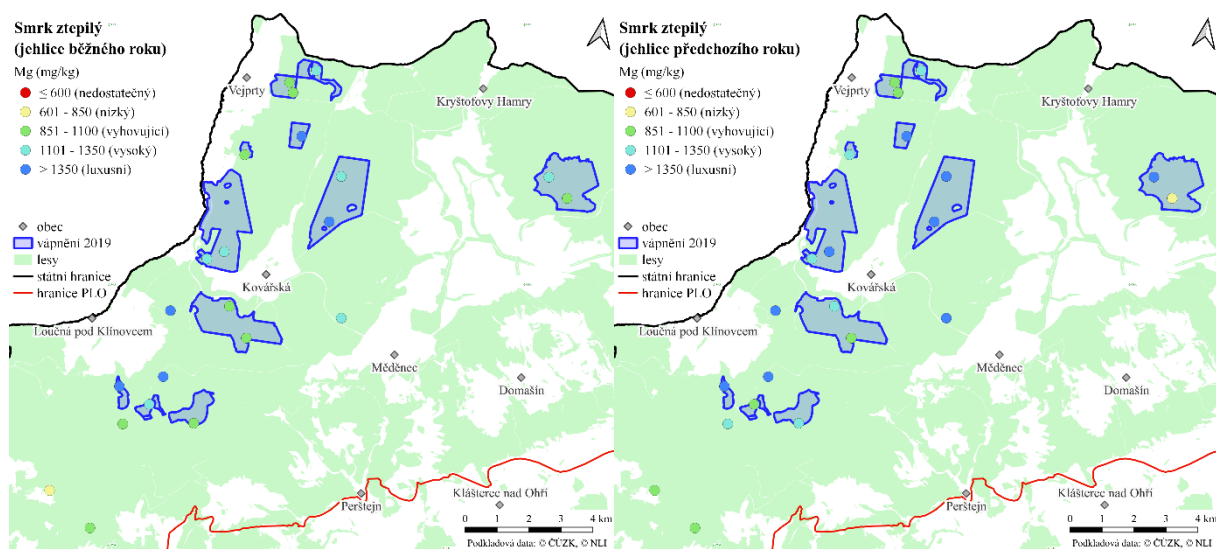
Obr. 34: Kartogramy hodnocení obsahu vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

3.2.2.5. Hořčík

Vliv vápnění na obsah hořčíku v jehlicích je neprůkazný. Z přiložených grafů (Obr. 35) je zřetelně patrné, že obsah hořčíku se průběžně zvyšuje i v kontrolních porostech a srovnáním mezi vápněnými a kontrolními porosty nebyly zjištěny výraznější rozdíly. Obsah hořčíku v jehlicích vápněných porostů je klasifikován jako vyhovující až vysoký.



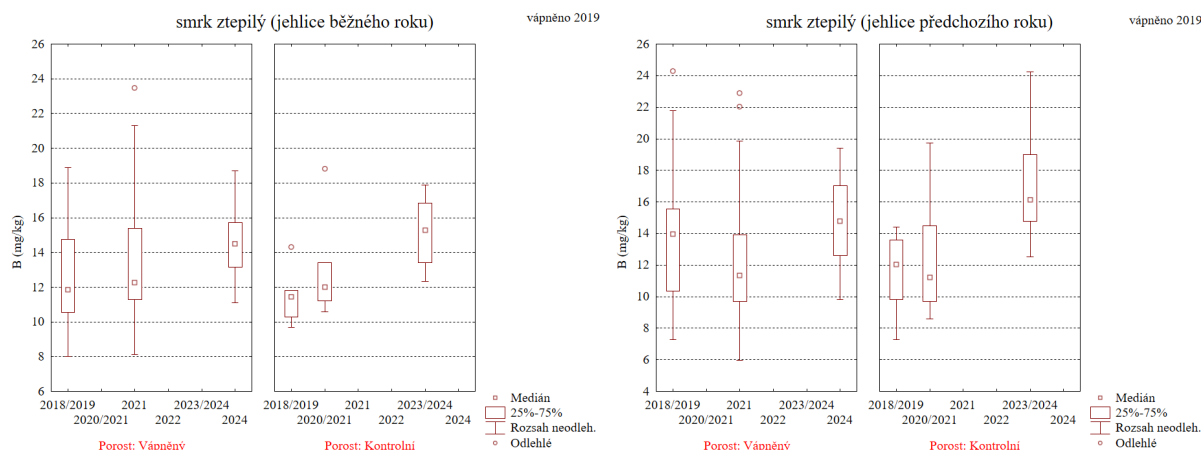
Obr. 35: Obsah hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



Obr. 36: Kartogramy hodnocení obsahu hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého vápněných (2024) a kontrolních (2023/2024) porostů

3.2.2.6. Bór

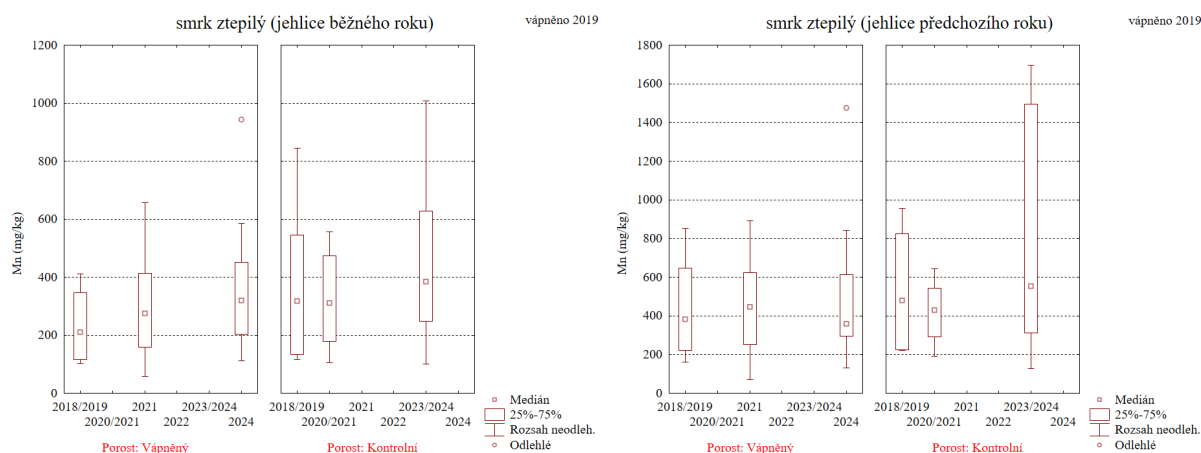
V jehlicích běžného roku byl ve vápněných i kontrolních porostech statisticky významně vyšší obsah bóru v roce 2024 oproti stavu před vápněním (Obr. 37). V jehlicích předchozího roku se obsah bóru ve vápněných porostech chová podobně jako v porostech kontrolních. Z tohoto ohledu nebyl zjištěn negativní vliv vápnění na úroveň výživy smrku bórem. V jehlicích běžného roku je obsah bóru ve vápněných porostech klasifikován jako velmi nízký až nízký a v jehlicích předchozího roku jako nízký až střední.



Obr. 37: Obsah bóru v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

3.2.2.7. Mangan

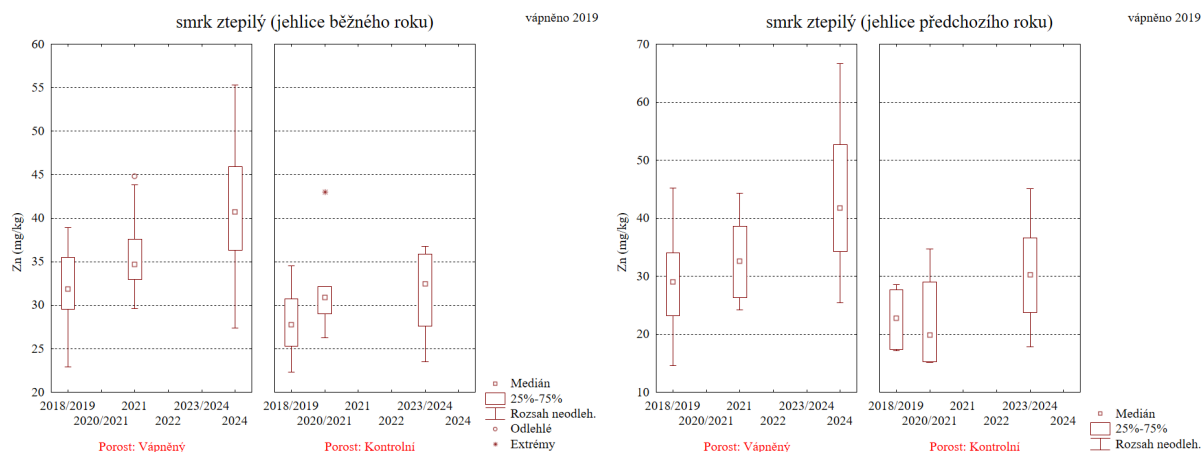
V jehlicích běžného roku se ve vápněných porostech statisticky významně zvýšil i obsah manganu ve srovnání se situací před vápněním. V jehlicích předchozího roku se obsah manganu ve vápněných porostech výrazněji nemění. Srovnáním obsahu manganu mezi vápněnými a kontrolními porosty nebyly pět let po vápnění zjištěny významnější rozdíly.



Obr. 38: Obsah manganu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

3.2.2.8. Zinek

Obsah zinku v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů ve sledovaném období průběžně stoupá (Obr. 39) a je hodnocen jako střední až vysoký. Pozvolné zvyšování obsahu zinku je patrné také v jehlicích kontrolních porostů, kde je hodnocen jako nízký až střední.



Obr. 39: Obsah zinku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

3.2.2.9. Ostatní prvky

Obsah **hliníku** se v jehlicích běžného roku ve vápněných i v kontrolních porostech průběžně zvyšuje (Tab. 12). Ve vápněných porostech je tento nárůst výrazně pomalejší než v porostech kontrolních a obsah hliníku je zde hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku nedochází ve vápněných porostech k výraznějším změnám na rozdíl od porostů kontrolních, kde došlo k významnému zvýšení obsahu. Ve vápněných porostech je obsah hliníku hodnocen jako velmi nízký.

Dalším prvkem, jehož obsah se v jehlicích během sledování významně změnil, je **železo**. Obsah železa v jehlicích běžného roku zjištěný v roce 2024 je významně vyšší oproti stavu před vápněním i stavu po dvou letech po vápnění, jak ve vápněných porostech, tak i v porostech kontrolních. V jehlicích předchozího roku obsahy železa kolísají a ve vápněných porostech jsou v roce 2024 srovnatelné se situací před vápněním. Obsah železa v jehlicích vápněných porostů je hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **kadmia** v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů zůstává stabilní a je hodnocen jako velmi nízký.

V jehlicích běžného roku statisticky významně narůstá obsah **chromu**, jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech oproti stavu před vápněním. Podobný průběh je zjištěn i v jehlicích předchozího roku. I přes rostoucí obsah chromu v jehlicích je jeho obsah stále hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **mědi** v jehlicích vápněných i kontrolních porostů kolísá, ale vzhledem k podobnému vývoji v těchto porostech se nejedná o projev vápnění. Obsah mědi v jehlicích je hodnocen jako nízký.

Obsah **olova** v jehlicích smrku ztepilého vápněných porostů je po celou dobu sledování hodnocen jako velmi nízký bez výraznějších změn.

Obsah **síry** se v jehlicích vápněných porostů dlouhodobě pohybuje okolo hodnoty 900 mg.kg⁻¹. V jehlicích běžného roku je hodnocen jako střední a v jehlicích předchozího roku jako nízký až střední.

Obsah **niklu** v jehlicích běžného roku ve vápněných i v kontrolních porostech za sledované období klesl a ve vápněných porostech je hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku je naopak zaznamenán mírný nárůst a obsah niklu ve vápněných porostech je hodnocen jako velmi nízký až nízký.

3.2.2.10. Hodnocení poměrů prvků v jehlicích

Problematikou hodnocení úrovně výživy pomocí vzájemných poměrů prvků v asimilačních orgánech se zabývali ŠRÁMEK A KOL. (2009). Podle údajů uveřejněných v této studii (Tab. 14) nebyly ve vápněných, ani v kontrolních porostech zjištěny zásadní problémy ve výživě sledovanými makroprvky.

Tab. 14: Hodnocení vyváženosti výživy podle poměru vybraných prvků (medián) v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách

	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Modelový*	7,01 – 10 (6 – 12)	1 - 3	2 - 7	8 - 14	0,8 - 2,4	2,2 - 6,4	2,5 - 5
Vápněné (2024)	7,92	2,69	2,81	11,6	1,11	4,25	4,12
Kontrolní (2023/2024)	8,55	2,64	3,72	10,3	1,32	3,71	3,47

*(ŠRÁMEK A KOL., 2009)

3.3. Závěr

Podle uvedených výsledků se pozitivní vliv vápnění projevuje stále převážně v nadložním organickém horizontu, kde se významně zvýšilo pH jak výměnné, tak i aktivní. Významně jsou zde vyšší i obsahy jak vápníku, tak hořčíku, ale tyto prvky do minerální části půdního profilu postupují pouze pozvolna.

Negativní vlivy vápnění na obsah dusíku, fosforu, draslíku v půdě nebo na zrychlenou mineralizaci nadložního organického horizontu nebyl v těchto lokalitách prokázán.

Extrahovatelný nebo přístupný obsah prvků v půdních horizontech vápněných i kontrolních porostů se během pěti let změnil v mnohých případech podobným způsobem. Může zde tedy být pozorován nárůst v obsahu fosforu či úbytek v obsahu hliníku a železa. Tento vývoj je považován za pozitivní, ale nelze ho spojovat pouze s vápněním.

Vápnění se pozitivně projevilo na hodnotách sorpčního komplexu. Ve vápněných porostech došlo ke zvýšení saturace bázemi, kde se pozitivně projevuje zvýšení obsahu kationtů vápníku a hořčíku. Dále došlo ke zlepšení poměru BC/Al^{3+} , což znamená, že došlo k omezení vlivu kyselých kationtů hliníku. Ve vápněných půdách zároveň klesá i obsah kationtů železa a nebyly zjištěny negativní vlivy vápnění na obsah kationtů draslíku.

Vliv vápnění na výživu smrkových porostů v této oblasti se nepodařilo zcela prokázat. Mezi vápněnými a kontrolními porosty nejsou v obsahu prvků v jehlicích ve většině případů zjištěny průkazné rozdíly, nebo nejsou zjištěny rozdíly ve vývoji obsahu prvků v jehlicích za sledované období. Výraznější reakcí na vápnění je pouze zvýšení obsahu vápníku v jehlicích běžného roku.

Sledování účinnosti vápnění je v této oblasti Krušných hor teprve v polovině. Vzhledem k množství vápníku a hořčíku v nadložních organických horizontech vápněných porostů se dá předpokládat postupné pronikání těchto prvků půdním profilem i v dalším období, kdy by se vyšší nabídka těchto prvků v půdním prostředí mohla odrazit i ve výživě smrku ztepilého ve srovnání s kontrolními porosty.

3.4. Přílohy

3.4.1. Popisné statistiky

3.4.1.1. Nadložní organický horizont

Popisné statistiky - nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	16	119	124	37,6	221	90,8	142
pH _{CaCl2}	16	4,26	4,26	3,15	5,24	3,98	4,55
pH _{H2O}	16	4,92	4,89	3,96	5,78	4,66	5,19
N (%)	16	1,29	1,29	0,94	1,47	1,20	1,44
C _{OX} (%)	16	27,6	26,8	20,4	35,3	22,1	33,4
C/N	16	21,3	21,8	17,1	26,9	19,1	23,2
Al _{dus} (mg/kg)	16	6242	6679	3621	9069	4399	7711
B _{dus} (mg/kg)	16	3,19	2,96	1,49	5,57	2,13	4,08
Ca _{dus} (mg/kg)	16	8239	6751	2411	19940	4628	11120
Cd _{dus} (mg/kg)	16	0,39	0,35	0,22	0,95	0,30	0,41
Cr _{dus} (mg/kg)	16	7,33	6,80	3,35	11,0	6,03	9,02
Cu _{dus} (mg/kg)	16	9,06	9,11	5,14	17,2	7,69	10,1
Fe _{dus} (mg/kg)	16	7639	8363	3979	11500	5082	9838
K _{dus} (mg/kg)	16	1251	1201	771	2111	934	1449
Mg _{dus} (mg/kg)	16	2588	2603	981	5232	1982	3028
Mn _{dus} (mg/kg)	16	241	218	77,7	770	117	304
P _{dus} (mg/kg)	16	1070	1025	852	1565	939	1131
Pb _{dus} (mg/kg)	16	95,9	94,7	45,9	135	88,6	105
Zn _{dus} (mg/kg)	16	49,9	50,1	24,8	85,6	37,1	54,8

Popisné statistiky - nadložní organický horizont – kontrolní porosty (2023/2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus (t/ha)	6	96,0	103	44,3	124	86,0	115
pH _{CaCl2}	6	3,26	3,27	3,11	3,40	3,21	3,29
pH _{H2O}	6	4,04	4,04	3,88	4,19	3,98	4,10
N (%)	6	1,32	1,34	1,14	1,51	1,17	1,43
C _{OX} (%)	6	26,3	25,7	20,5	33,6	20,9	31,2
C/N	6	20,1	20,5	14,6	24,9	16,0	24,0
Al _{dus} (mg/kg)	6	6323	5817	4653	8759	4906	7987
B _{dus} (mg/kg)	6	1,68	1,77	0,65	2,28	1,47	2,16
Ca _{dus} (mg/kg)	6	1636	1413	1075	2723	1100	2089
Cd _{dus} (mg/kg)	6	0,45	0,47	0,16	0,68	0,41	0,51
Cr _{dus} (mg/kg)	6	7,68	6,86	5,17	11,5	5,79	9,95
Cu _{dus} (mg/kg)	6	9,94	10,1	5,80	13,2	9,08	11,5
Fe _{dus} (mg/kg)	6	8513	7763	5434	14310	5466	10340
K _{dus} (mg/kg)	6	1199	1215	813	1509	1012	1430
Mg _{dus} (mg/kg)	6	911	896	544	1417	678	1035
Mn _{dus} (mg/kg)	6	130	74,7	42,8	319	50,1	221
P _{dus} (mg/kg)	6	1165	1161	965	1395	1017	1290
Pb _{dus} (mg/kg)	6	151	137	89,1	270	126	147
Zn _{dus} (mg/kg)	6	52,5	46,0	19,8	104	34,5	65,2

3.4.1.2. Horizont organominerální

Popisné statistiky - horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	16	3,78	3,69	2,97	5,43	3,37	3,99
pH _{H2O}	16	4,54	4,45	3,82	6,16	4,10	4,79
Vým. acid (mekv./kg)	16	159	153	90,4	240	116	197
C _{OX} (%)	16	4,75	4,50	3,62	6,50	3,85	5,66
N (%)	16	0,29	0,28	0,21	0,44	0,24	0,35
C/N	16	16,5	16,2	11,7	20,0	15,1	18,0
Al _{M3} (mg/kg)	16	1458	1454	620	2335	1115	1818
K _{M3} (mg/kg)	16	67,4	57,9	36,7	116	48,7	89,3
Ca _{M3} (mg/kg)	16	848	379	56,1	3715	177	1153
Mg _{M3} (mg/kg)	16	208	193	21,6	402	93,5	308
B _{M3} (mg/kg)	16	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,69	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	16	586	596	343	718	547	650
S _{M3} (mg/kg)	16	19,8	18,7	9,60	29,2	15,8	25,0
P _{dus} (mg/kg)	16	207	168	74,0	643	93,2	244
K _{dus} (mg/kg)	16	160	126	70,2	324	103	218
Mg _{dus} (mg/kg)	16	532	474	54,9	1028	341	731
Ca _{dus} (mg/kg)	16	1181	647	77,1	5402	211	1596
Al _{dus} (mg/kg)	16	4221	4486	1804	8669	2426	5054
Cd _{dus} (mg/kg)	16	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,32	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	16	4,83	5,68	0,74	9,10	2,29	6,70
Cu _{dus} (mg/kg)	16	5,88	4,97	2,60	11,0	4,20	6,73
Fe _{dus} (mg/kg)	16	9266	10399	1481	15860	5405	12070
Mn _{dus} (mg/kg)	16	254	124	9,25	1146	46,1	296
Pb _{dus} (mg/kg)	16	77,7	74,8	34,6	122	63,3	89,6
Zn _{dus} (mg/kg)	16	15,1	13,5	4,12	39,6	8,23	18,7
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	16	62,2	74,4	< 1,0	109	35,7	90,5
K _{VYM} (mekv./kg)	16	1,62	1,25	0,91	2,85	1,08	2,07
Ca _{VYM} (mekv./kg)	16	49,2	22,3	3,29	225	9,12	63,1
Mg _{VYM} (mekv./kg)	16	19,9	16,9	1,83	41,5	7,86	31,7
Na _{VYM} (mekv./kg)	16	0,42	0,33	0,20	0,76	0,31	0,65
Mn _{VYM} (mekv./kg)	16	0,83	0,40	0,11	5,60	0,17	1,01
Al _{VYM} (mekv./kg)	16	58,1	65,9	1,50	105	29,6	83,5
Fe _{VYM} (mekv./kg)	16	2,84	1,89	< 0,3	8,35	0,52	5,14
CEC (mekv./kg)	16	133	127	85,6	268	117	138
BS (%)	16	46,8	34,0	7,67	100	17,2	73,1
P _{ICPM3} (mg/kg)	16	--	6,99	< 3,5	39,3	< 3,5	16,8

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2023/2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	6	3,27	3,30	3,14	3,39	3,16	3,32
pH _{H2O}	6	4,09	4,07	3,97	4,23	4,07	4,12
Vým. acid (mekv./kg)	6	198	198	140	238	190	227
Cox (%)	6	6,41	6,51	5,16	7,72	5,42	7,17
N (%)	6	0,38	0,41	0,21	0,49	0,37	0,44
C/N	6	17,4	16,2	14,1	25,2	14,6	18,4
Al _{M3} (mg/kg)	6	1541	1642	1085	1714	1468	1697
K _{M3} (mg/kg)	6	94,2	96,3	71,9	118	83,1	99,4
Ca _{M3} (mg/kg)	6	220	186	108	439	115	284
Mg _{M3} (mg/kg)	6	101	72,1	51,4	257	59,8	94,3
B _{M3} (mg/kg)	6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	6	652	627	506	870	592	689
S _{M3} (mg/kg)	6	19,4	16,5	12,1	29,7	15,2	26,5
P _{dus} (mg/kg)	6	206	191	131	370	145	212
K _{dus} (mg/kg)	6	203	154	97,9	399	117	295
Mg _{dus} (mg/kg)	6	485	279	68,8	1153	115	1017
Ca _{dus} (mg/kg)	6	277	236	80,0	562	170	382
Al _{dus} (mg/kg)	6	3921	3800	2093	5523	3070	5240
Cd _{dus} (mg/kg)	6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,35	< 0,2	0,26
Cr _{dus} (mg/kg)	6	5,35	4,55	2,32	8,95	3,33	8,42
Cu _{dus} (mg/kg)	6	7,22	8,16	3,09	8,77	6,49	8,68
Fe _{dus} (mg/kg)	6	8106	9011	2677	11780	6527	9632
Mn _{dus} (mg/kg)	6	64,1	40,8	6,91	187	31,2	78,3
Pb _{dus} (mg/kg)	6	88,2	92,4	49,0	118	67,5	110
Zn _{dus} (mg/kg)	6	18,5	11,7	4,40	49,4	6,29	27,8
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	6	83,4	84,6	68,9	95,7	76,7	89,7
K _{VYM} (mekv./kg)	6	2,03	2,38	0,84	2,76	1,17	2,64
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6	11,8	10,4	3,52	24,3	6,98	15,1
Mg _{VYM} (mekv./kg)	6	7,81	5,21	3,77	21,0	4,24	7,42
Na _{VYM} (mekv./kg)	6	0,41	0,44	0,20	0,56	0,26	0,54
Mn _{VYM} (mekv./kg)	6	--	0,19	< 0,1	0,84	< 0,1	0,53
Al _{VYM} (mekv./kg)	6	73,5	77,3	52,8	83,1	70,8	79,6
Fe _{VYM} (mekv./kg)	6	5,93	6,19	1,41	9,13	3,57	9,10
CEC (mekv./kg)	6	105	103	79,6	135	102	111
BS (%)	6	19,9	16,2	13,0	36,0	13,4	24,9
P _{ICPM3} (mg/kg)	6	12,3	10,0	4,70	25,8	5,61	17,8

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

3.4.1.3. Horizont minerální

Popisné statistiky - horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	16	3,84	3,79	3,53	4,30	3,68	3,97
pH _{H2O}	16	4,59	4,58	4,19	5,17	4,40	4,66
Vým. acid (mekv./kg)	16	123	113	81,6	224	100	139
C _{OX} (%)	16	2,52	2,34	1,29	4,39	2,02	3,11
N (%)	16	0,17	0,16	0,12	0,25	0,13	0,19
C/N	16	15,3	15,3	9,64	20,9	12,7	17,7
Al _{M3} (mg/kg)	16	1756	1889	918	2399	1491	2129
K _{M3} (mg/kg)	16	44,2	38,7	27,8	90,4	36,5	47,1
Ca _{M3} (mg/kg)	16	302	210	36,1	1061	85,7	332
Mg _{M3} (mg/kg)	16	84,3	89,5	12,2	172	46,3	103
B _{M3} (mg/kg)	16	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	16	522	557	254	779	438	607
S _{M3} (mg/kg)	16	30,9	24,7	9,19	91,5	18,1	38,8
P _{dus} (mg/kg)	16	207	149	67,8	807	86,7	283
K _{dus} (mg/kg)	16	148	123	58,4	285	90,8	201
Mg _{dus} (mg/kg)	16	535	637	69,5	976	251	753
Ca _{dus} (mg/kg)	16	427	279	48,5	1295	140	607
Al _{dus} (mg/kg)	16	5782	6129	1812	9166	3905	7681
Cd _{dus} (mg/kg)	16	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	16	6,30	6,77	0,72	11,9	2,89	8,80
Cu _{dus} (mg/kg)	16	4,99	4,38	1,33	10,6	3,20	6,23
Fe _{dus} (mg/kg)	16	11037	11495	1533	17240	9029	13885
Mn _{dus} (mg/kg)	16	326	234	5,07	1202	80,5	445
Pb _{dus} (mg/kg)	16	48,8	48,1	15,4	81,8	37,2	55,9
Zn _{dus} (mg/kg)	16	18,7	21,4	3,05	36,5	8,26	24,9
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	16	58,4	62,5	24,5	89,0	46,2	70,9
K _{VYM} (mekv./kg)	16	0,90	0,87	0,42	1,77	0,70	0,98
Ca _{VYM} (mekv./kg)	16	16,1	12,1	2,14	54,4	4,56	18,3
Mg _{VYM} (mekv./kg)	16	6,92	7,17	1,13	14,2	3,68	8,38
Na _{VYM} (mekv./kg)	16	0,28	0,26	0,17	0,44	0,24	0,33
Mn _{VYM} (mekv./kg)	16	0,57	0,34	< 0,1	2,28	0,21	0,63
Al _{VYM} (mekv./kg)	16	57,9	62,2	22,4	88,2	44,6	70,5
Fe _{VYM} (mekv./kg)	16	1,12	0,76	< 0,3	2,74	0,34	1,88
CEC (mekv./kg)	16	82,6	81,9	49,9	112	70,7	95,8
BS (%)	16	28,0	24,7	6,07	72,2	14,5	30,6
P _{ICPM3} (mg/kg)	16	--	6,38	< 3,5	25,8	< 3,5	13,3

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2023/2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	6	3,68	3,64	3,52	3,99	3,54	3,75
pH _{H2O}	6	4,43	4,44	4,28	4,50	4,42	4,48
Vým. acid (mekv./kg)	6	115	103	82,8	158	93,6	150
C _{OX} (%)	6	3,60	3,66	2,17	4,76	3,29	4,06
N (%)	6	0,20	0,20	0,17	0,24	0,18	0,22
C/N	6	18,1	18,6	12,1	23,5	15,3	20,3
Al _{M3} (mg/kg)	6	1646	1669	1186	2227	1223	1899
K _{M3} (mg/kg)	6	40,2	38,3	23,0	63,4	31,9	46,5
Ca _{M3} (mg/kg)	6	98,3	90,0	38,4	200	38,7	133
Mg _{M3} (mg/kg)	6	45,1	34,4	19,3	91,8	25,7	64,7
B _{M3} (mg/kg)	6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	6	525	566	316	655	397	652
S _{M3} (mg/kg)	6	26,6	17,1	10,5	64,7	12,2	38,2
P _{dus} (mg/kg)	6	202	164	67,8	382	91,6	343
K _{dus} (mg/kg)	6	159	106	46,9	393	59,2	247
Mg _{dus} (mg/kg)	6	699	377	31,8	1921	96,4	1389
Ca _{dus} (mg/kg)	6	201	160	54,2	492	126	215
Al _{dus} (mg/kg)	6	5597	6001	2443	8410	2471	8258
Cd _{dus} (mg/kg)	6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	6	7,13	7,50	1,74	12,8	2,66	10,6
Cu _{dus} (mg/kg)	6	4,55	5,00	2,49	6,17	2,86	5,77
Fe _{dus} (mg/kg)	6	12423	10930	567	28980	4714	18420
Mn _{dus} (mg/kg)	6	119	116	2,69	309	31,5	140
Pb _{dus} (mg/kg)	6	52,4	52,4	16,8	84,9	23,4	84,6
Zn _{dus} (mg/kg)	6	23,6	12,7	3,26	73,3	4,32	35,5
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	6	63,3	56,8	34,7	91,0	49,9	90,8
K _{VYM} (mekv./kg)	6	0,74	0,74	0,51	0,96	0,53	0,94
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6	5,15	4,72	1,14	11,5	1,63	7,19
Mg _{VYM} (mekv./kg)	6	3,22	2,52	0,72	7,53	1,23	4,79
Na _{VYM} (mekv./kg)	6	0,23	0,21	0,17	0,32	0,18	0,29
Mn _{VYM} (mekv./kg)	6	--	< 0,1	< 0,1	0,46	< 0,1	0,16
Al _{VYM} (mekv./kg)	6	61,2	55,1	32,8	90,5	47,7	86,1
Fe _{VYM} (mekv./kg)	6	2,18	1,91	0,40	4,98	0,62	3,29
CEC (mekv./kg)	6	72,7	66,8	37,3	111	55,3	98,5
BS (%)	6	12,1	11,5	6,93	18,2	7,79	16,8
P _{ICPM3} (mg/kg)	6	--	5,57	< 3,5	61,1	< 3,5	35,7

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

3.4.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	16	66,0	59,7	43,8	125	51,8	75,6
B (mg/kg)	16	14,7	14,5	11,1	18,7	13,2	15,7
Ca (mg/kg)	16	4917	4867	2762	7472	3984	5731
Cd (mg/kg)	16	0,08	0,06	0,02	0,31	0,03	0,08
Cr (mg/kg)	16	0,18	0,17	0,13	0,26	0,16	0,21
Cu (mg/kg)	16	2,78	2,71	2,16	3,94	2,46	2,89
Fe (mg/kg)	16	38,1	37,3	29,8	46,1	33,6	43,0
K (mg/kg)	16	5079	4622	3750	8766	4370	5556
Mg (mg/kg)	16	1167	1148	912	1628	1029	1318
Mn (mg/kg)	16	350	320	111	942	204	452
N (%)	16	1,30	1,30	1,18	1,42	1,26	1,36
Ni (mg/kg)	16	0,78	0,64	0,30	1,72	0,50	1,03
P (mg/kg)	16	1606	1618	1145	2287	1388	1832
Pb (mg/kg)	16	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,24	< 0,2	< 0,2
S (mg/kg)	16	897	901	795	980	858	932
Zn (mg/kg)	16	40,8	40,8	27,4	55,4	36,3	46,0

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – kontrolní porosty (2023/2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	6	94,9	94,7	52,0	139	69,8	120
B (mg/kg)	6	15,2	15,3	12,3	17,9	13,4	16,9
Ca (mg/kg)	6	3488	3695	1653	4834	2648	4405
Cd (mg/kg)	6	0,04	0,02	< 0,02	0,07	0,02	0,06
Cr (mg/kg)	6	0,18	0,18	0,11	0,24	0,14	0,23
Cu (mg/kg)	6	2,67	2,75	2,31	2,91	2,48	2,83
Fe (mg/kg)	6	35,1	35,0	32,2	38,1	32,5	37,8
K (mg/kg)	6	4455	4486	1948	6190	3829	5791
Mg (mg/kg)	6	1168	1111	842	1506	1074	1363
Mn (mg/kg)	6	459	385	101	1008	249	628
N (%)	6	1,24	1,21	1,12	1,38	1,17	1,37
Ni (mg/kg)	6	1,27	1,00	0,52	2,56	0,63	1,89
P (mg/kg)	6	1501	1490	1216	1883	1352	1576
Pb (mg/kg)	6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,33	< 0,2	0,30
S (mg/kg)	6	877	872	821	949	831	916
Zn (mg/kg)	6	31,4	32,4	23,5	36,8	27,6	35,9

3.4.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	16	76,5	68,1	53,2	120	61,9	94,9
B (mg/kg)	16	14,8	14,8	9,83	19,4	12,6	17,0
Ca (mg/kg)	16	7833	8032	5323	11160	6659	8957
Cd (mg/kg)	16	0,06	0,04	< 0,02	0,24	0,02	0,07
Cr (mg/kg)	16	0,20	0,20	0,13	0,33	0,17	0,21
Cu (mg/kg)	16	1,99	2,05	1,09	2,53	1,62	2,39
Fe (mg/kg)	16	44,4	44,1	34,1	57,7	38,5	51,0
K (mg/kg)	16	4355	4143	3281	6893	3838	4571
Mg (mg/kg)	16	1245	1200	846	1747	978	1501
Mn (mg/kg)	16	490	358	131	1474	295	615
N (%)	16	1,28	1,28	1,16	1,42	1,24	1,33
Ni (mg/kg)	16	0,59	0,57	0,30	1,02	0,35	0,89
P (mg/kg)	16	1408	1499	998	2000	1139	1612
Pb (mg/kg)	16	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S (mg/kg)	16	910	903	811	1004	874	954
Zn (mg/kg)	16	43,9	41,8	25,4	66,7	34,3	52,7

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – kontrolní porosty (2023/2024)

	N	Průměr	Medián	Minimální	Maximál.	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al (mg/kg)	6	144	160	65,1	213	83,7	184
B (mg/kg)	6	17,1	16,1	12,5	24,3	14,8	19,0
Ca (mg/kg)	6	6424	6177	1849	12100	4292	7950
Cd (mg/kg)	6	--	0,03	< 0,02	0,05	< 0,02	0,05
Cr (mg/kg)	6	0,21	0,19	0,16	0,29	0,18	0,23
Cu (mg/kg)	6	1,66	1,66	1,03	2,37	1,24	1,99
Fe (mg/kg)	6	48,7	49,1	38,3	57,8	45,7	52,2
K (mg/kg)	6	4050	4329	1962	5476	3037	5165
Mg (mg/kg)	6	1426	1363	879	1994	1008	1950
Mn (mg/kg)	6	790	554	127	1696	311	1496
N (%)	6	1,22	1,25	1,05	1,33	1,18	1,28
Ni (mg/kg)	6	0,91	0,67	0,30	1,62	0,63	1,55
P (mg/kg)	6	1399	1398	1093	1679	1231	1594
Pb (mg/kg)	6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,27	< 0,2	0,24
S (mg/kg)	6	904	885	848	1011	852	941
Zn (mg/kg)	6	30,6	30,3	17,9	45,1	23,7	36,7

4. „Hora Sv. Kateřiny C“ a „Litvínov C“

4.1. Popis odběrných míst

Stanoviště vybraná k posouzení kvality a účinnosti vápnění se nacházejí ve spíše mladších listnatých, převážně březových porostech v 6. až 7. lesním vegetačním stupni. Největší zastoupení je v 7. lesním vegetačním stupni s 12-ti vzorkovanými porosty. Ve vzorkovaných porostech dominuje edafická kategorie K – kyselá, pouze dva porosty spadají do kategorie S – svěží.

V geologickém podloží převažují ortoruly a pararuly. Porosty jsou tedy porovnatelné a jsou považovány za vhodné k posouzení kvality a účinnosti vápnění. Detailnější popis stanovišť je pro případné doplnění informací v tab. 16.

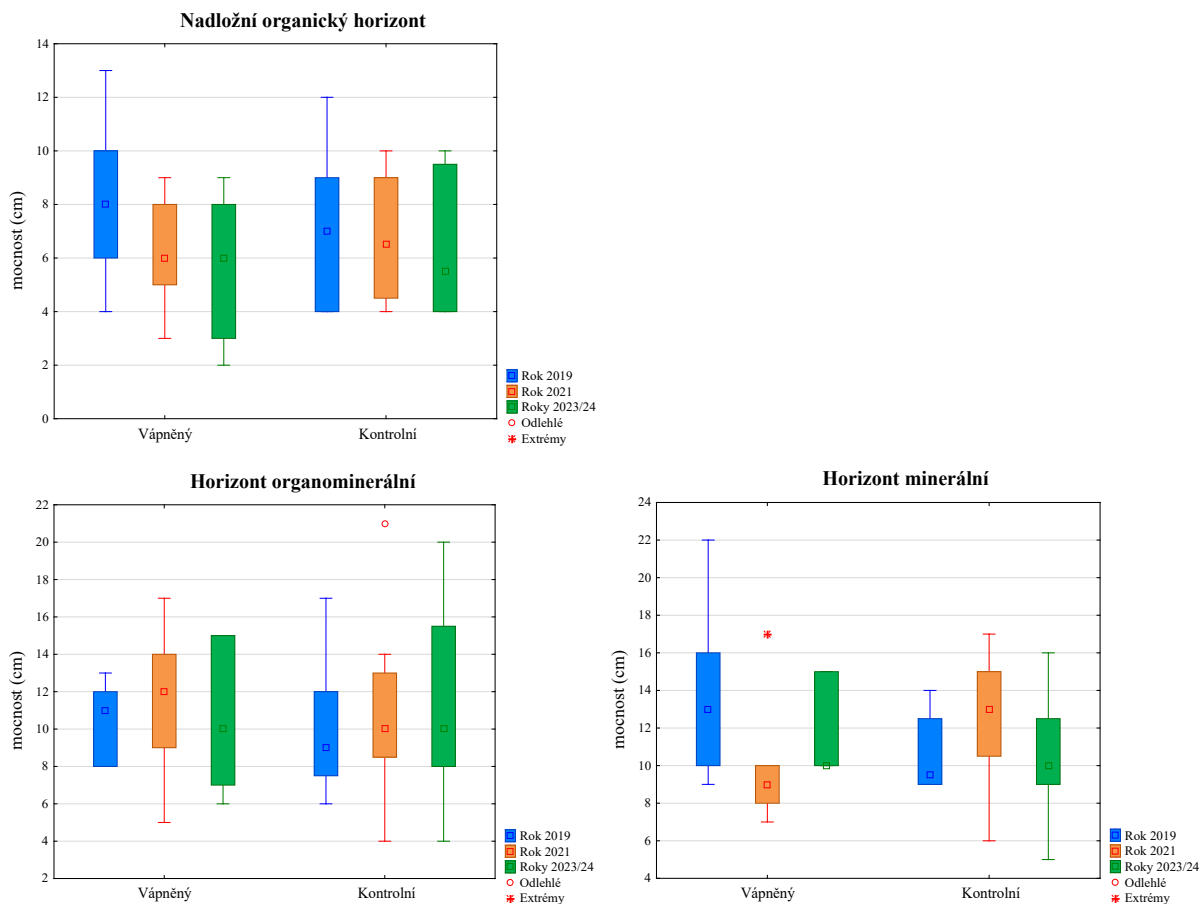
Tab. 15: Seznam odběrných míst

Vápněná	Vlastník	Por. Sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01383	Lesy Jezeří, k.s.	404Ca5a	JR 90, BR 10, BK +, MD +	45	7K5	724	ortorula
01578	Město Hora Svaté Kateřiny	304A7/5d/2	JR, 50, SMP 20, SM 20, BK 10/ SM 100	45	6S2	524	hlinito-kamenitý, balvanitý až blokový sediment
01984	LČR LS Litvínov	230B5/1d	JR 90, BR 10 / SM 50, BK 45, JR 5	42	6K5	520	ortorula
01985	Lesy Jezeří, k.s.	408C3b	BR 80, SM 20	24	7K5	721	ortorula
01986	LČR LS Litvínov	201A1a	SMP 100 / SM 100	3	7K5	721	pararula
01987	Lesy Jezeří, k.s.	416B4a/1	BR 90, MD 10 / SM 100	40	7K5	727	metagranit
01988	Město Hora Svaté Kateřiny	302B4	BR 70, BK 10, SM 10, MD 10	34	6S1	547	pararula
Kontrolní	Vlastník	Por. Sk.	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hosp. soubor	Geologie
01337	LČR LS Klášterec	88A5/1	BR 95, BO 5, BK +	45	7K5	724	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
01361	LČR LS Klášterec	56D3c	SM 90, BR 10, JIV +	27	7K5	721	ortorula
01362	LČR LS Klášterec	44A4b/2a	SM 100, BK +	32	7K5	724	alkalický olivnický bazalt
01529	LČR LS Klášterec	51B4/2	BR 100	36	7K5	720	ortorula
01666	LČR LS Klášterec	56C4/2a	BK 60, SM 20, JR 20	17	7K5	721	ortorula
01729	LČR LS Klášterec	58C5	BR 100, BK +, SM +	43	7K5	724	pararula svorového vzhledu
01742	LČR LS Klášterec	58D5a/1	BR 76, SMP 24	47	7K5	724	pararula svorového vzhledu
01891	Arcibiskupství pražské	120D4c	BR 90, SM 10	31	7K3	3727	pararula svorového vzhledu

Tab. 16: Popis půdního prostředí vzorkovaných stanovišť

Vápněná	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01383	souvislý drn, převládá H, silně prokořeněný, H drobnivý	5YR3/4, tmavě hnědá, kyprá, drobtovitá, drobnivá, hlinito-písčítá, shora mírně humózní, místy vybělená	5YR4/4, hnědá, místy rezivá, hlinito-písčítá, drobnivá
01578	F+H, převládá H, krémovitý, přechod hladký	tmavě hnědá, 7.5YR3/4, shora humózní, písčito-hlinitá, drobtovitá, drobnivá, místy vybělená	okrově hnědá, 10YR3/6, písčito-hlinitá, hrudkovitá, drobnivá
01984	hluboký, převládá H, krémovitý, přechod ostrý	7.5YR2.5/3, kávově hnědá, shora silně humózní, hlinitá, drobtovitá, drobnivá	7.5YR4/6, hnědá, hlinitá, hrudkovitá, hranolovitá, drobnivá
01985	prokořeněný drn, filcovitý, převládá H, místy zcela mineralizovaný	tmavě hnědá, 7.5YR3/1 a 5YR3/3, shora silně humózní, kyprá, hrudkovitá, písčito-hlinitá	hnědá, 10YR3/6, kyprá, písčito-hlinitá, drobnivá
01986	místy převrácený, převládá H, přechod ostrý	7.5YR2.5/3, kávově hnědá, hlinitá, drobtovitá, drobnivá	7.5YR4/6, hnědá až rezavá, hlinitá, hrubě hranolovitá, drobnivá
01987	souvislý drn, převládá F, slabý, málo vyvinutý, mull	tmavě hnědá, 7.5YR3/1, shora silně humózní, drobtovitá, sypká, hlinito-písčítá	hnědá, 7.5YR4/4, drobtovitá, sypká, hlinito-písčítá
01988	F+H, filcovitý, místy H chybí, přechod hladký	hnědá, 7.5YR3/2, shora silně humózní, vespod světlejší, písčito-hlinitá, hrudkovitá, drobnivá	žlutavě hnědá, 10YR3/6, písčito-hlinitá, hrudkovitá, drobnivá
Kontrolní	Nadložní organický horizont	Horizont organominerální	Horizont minerální
01337	souvislý drn, převládá H	tmavě šedá až černá, 10YR5/2, hlinito-písčítá, soudržná	hnědá, 7.5YR5/4, místy vybělená, 7.5YR6/2, hlinitá, soudržná
01361	prokořeněný drn, převládá H	7.5YR3/1, tmavě hnědá, shora mírně humózní, prokořeněná, drobnivá, sypká, hlinito-písčítá, mírně vlhká	žlutavě hnědá, 10YR4/4, drobtovitá, drobnivá, písčito-hlinitá, mírně vlhká, soudržná
01362	souvislý drn, převládá H	tmavě hnědá až černá, 7.5YR2.5/1, silně prokořeněná, hlinitá, hrudkovitá, drobnivá	hnědá, 10YR3/3, hlinitá, hrudkovitá, drobnivá, kyprá, mírně vlhká
01529	filcovitý, prokořeněný, místy nevyvinut, místy dominuje H	kávově hnědá, 7.5YR2.5/2, středně humózní, prachovitá, krupnatá, drobtovitá, drobnivá	7.5YR4/6, převládá šedý redukční horizont, místy rezavá, jílovito-hlinitá, soudržná až vazká
01666	surový humus, převládá H, přechod ostrý	humózní, kávově hnědá, 7.5YR3/4, hlinitá, místy redukční horizont, 7.5YR6/2, krupnatá až drobtovitá, drobnivá	rezavá, 7.5YR6/6, jílovito-hlinitá, příměs písku, hranolovitá, soudržná
01729	souvislý drn, převládá H, přechod hladký	tmavě hnědá, 7.5YR3/2, shora silně humózní, písčito-hlinitá, drobnivá	hnědá, 7.5YR4/6, místy až rezavá, písčito-hlinitá, drobnivá, sypká
01742	souvislý drn, převládá H, přechod hladký	tmavě hnědá, místy vysvětlená, 7.5YR3/4, mírně vlhká, drobtovitá, drobnivá, písčito-hlinitá	hnědá, 7.5YR4/6, mírně vlhká, drobtovitá, drobnivá, písčito-hlinitá
01891	slabý, prokořeněný, přechod ostrý	málo vyvinutý, hnědá, 7.5YR5/4, skořicová, hlinitá, drobtovitá, drobnivá	skořicově hnědá, 7.5YR7/8, hranolovitá, soudržná, jílovito-hlinitá

Mocnosti nadložního organického horizontu se snižují jak v porostech vápněných, tak i v porostech kontrolních (Obr. 40). Výraznější pokles byl zaznamenán ve vápněných porostech, ovšem kvůli podobnému, avšak mírnějšímu vývoji v kontrolních porostech nelze tento pokles dávat do spojitosti pouze s vápněním.



Obr. 40: Mocnosti vzorkovaných horizontů vápněných i kontrolních porostů

4.2. Výsledky

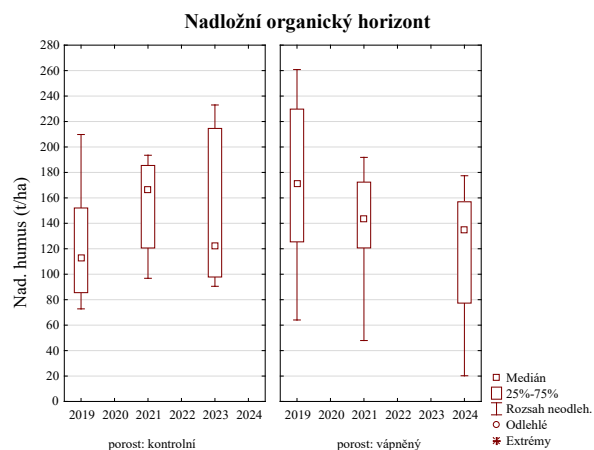
4.2.1. Půda

4.2.1.1. Nadložní humus

V nadložním organickém horizontu vápněných porostů se od roku 2019 statisticky významně snížil obsah nadložního humusu (Tab. 17), zatímco v kontrolních porostech množství nadložního humusu kolísá (Obr. 41). Pokles množství nadložního humusu ve vápněných porostech je v tomto případě způsoben rozvolněným zápojem vzorkovaných porostů, kde se ve většině případů jedná o prořídle náhradní porosty jeřábu a smrku pichlavého. Větší oslunění povrchu mělo pravděpodobně za následek rychlejší mineralizaci vrstvy nadložního humusu, na které se ovšem mohla podílet i vyšší mikrobiální aktivita vyvolaná vápněním.

Tab. 17: Nadložní humus, pH, spalitelný uhlík (C_{ox}), dusík (N), poměr C/N a výměnná acidita v šetřených horizontech (průměrné hodnoty)

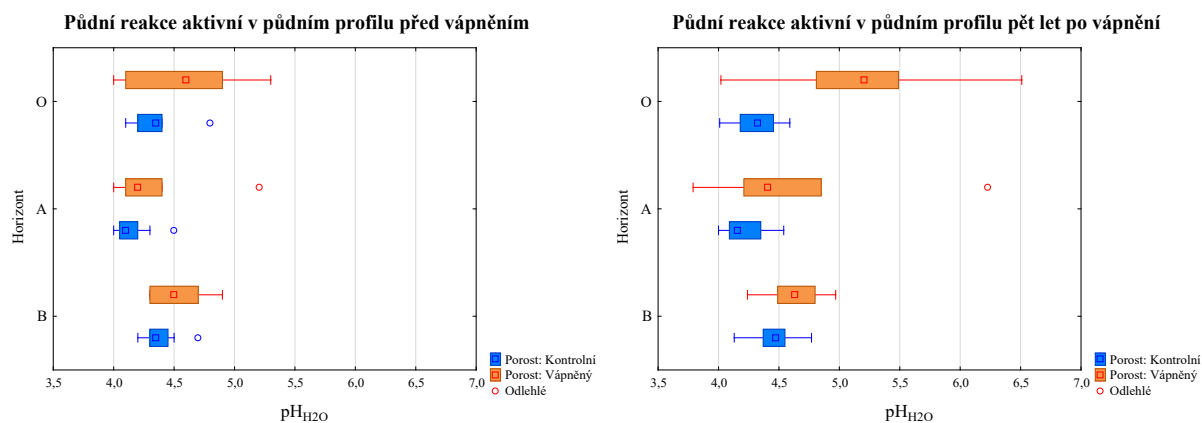
	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Nad. humus (t/ha)	171	137	112	123	154	149
pH _{CaCl2}	3,84	4,48	4,60	3,54	3,41	3,44
pH _{H2O}	4,59	4,44	5,16	4,35	4,11	4,31
C _{ox} (%)	19,2	20,1	21,6	20,3	18,0	23,7
N (%)	1,26	1,29	1,29	1,26	1,08	1,03
C/N	15,3	15,9	17,3	16,0	16,2	23,1
Horizont organominerální						
pH _{CaCl2}	3,54	3,64	3,88	3,40	3,41	3,44
pH _{H2O}	4,34	4,42	4,62	4,15	4,17	4,22
C _{ox} (%)	5,02	5,42	5,69	4,64	4,25	3,99
N (%)	0,29	0,30	0,33	0,31	0,26	0,23
C/N	17,7	17,9	17,4	15,0	16,2	16,8
Vým. acidita (mekv./kg)	140	158	145	142	139	114
Horizont minerální						
pH _{CaCl2}	3,79	3,77	3,87	3,69	3,69	3,70
pH _{H2O}	4,51	4,57	4,61	4,39	4,45	4,46
C _{ox} (%)	3,67	3,72	3,42	2,98	2,73	2,55
N (%)	0,22	0,19	0,18	0,21	0,18	0,17
C/N	17,1	19,2	18,9	13,5	14,5	13,4
Vým. acidita (mekv./kg)	103	111	101	99,0	95,5	101



Obr. 41: Množství nadložního humusu v nadložním organickém horizontu vápněných a kontrolních porostů

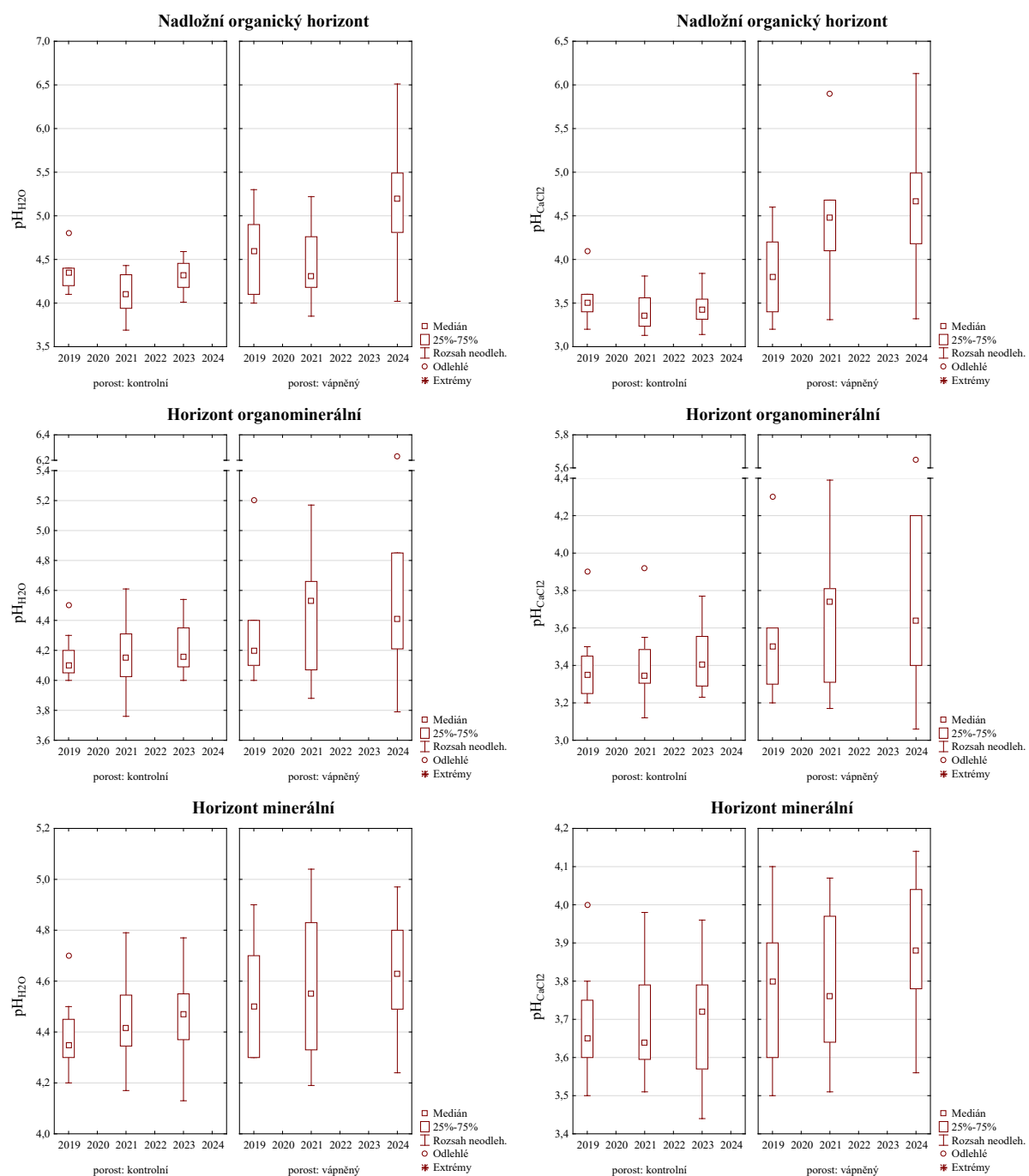
4.2.1.2. Půdní chemická reakce

Hodnota půdní chemická reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) i výměnné ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) je po pěti letech od vápnění statisticky významně vyšší než před vápněním a zároveň je významně vyšší i ve srovnání s kontrolními porosty. Tento rozdíl oproti předchozím odběrům, a zvláště oproti kontrolním porostům, vypovídá o pomalém postupu rozmetaných zrn vápence půdním profilem (Obr. 42). V nadložním organickém horizontu vápněných porostů je hodnota půdní reakce hodnocena převážně jako silně kyselá (Obr. 44), zatímco v kontrolních porostech jako velmi silně kyselá.

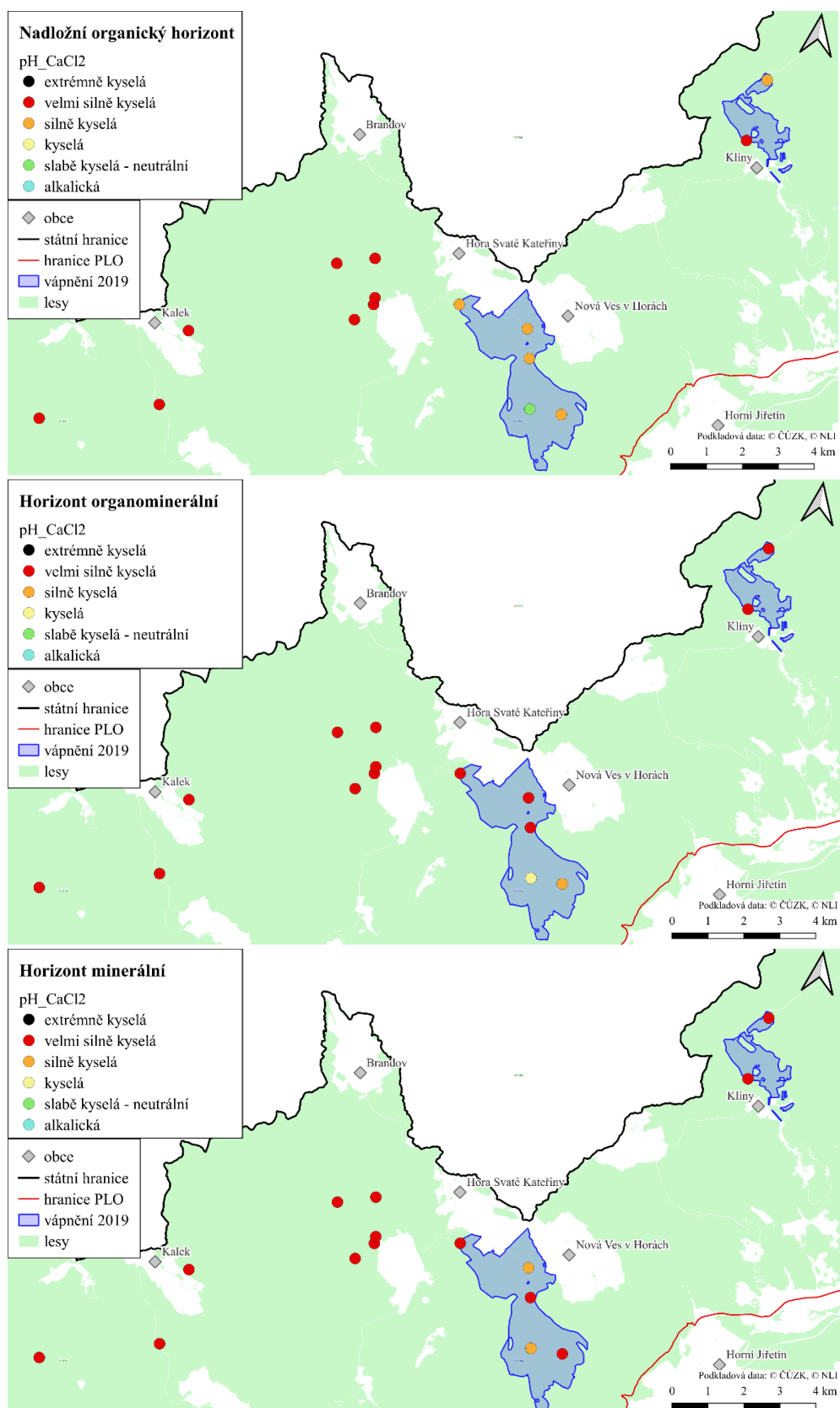


Obr. 42: Půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v půdním profilu před vápněním a pět let po vápnění

V organominerálních i v minerálních horizontech vápněných porostů dochází pouze k pozvolnému zvyšování hodnoty pH. Změny v kontrolních porostech jsou nevýrazné a hodnoty pH se zde od roku 2019 pohybují v přibližně stejných hodnotách.



Obr. 43: Půdní chemická reakce aktivní (pH_{H_2O}) a výměnná (pH_{CaCl_2}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů



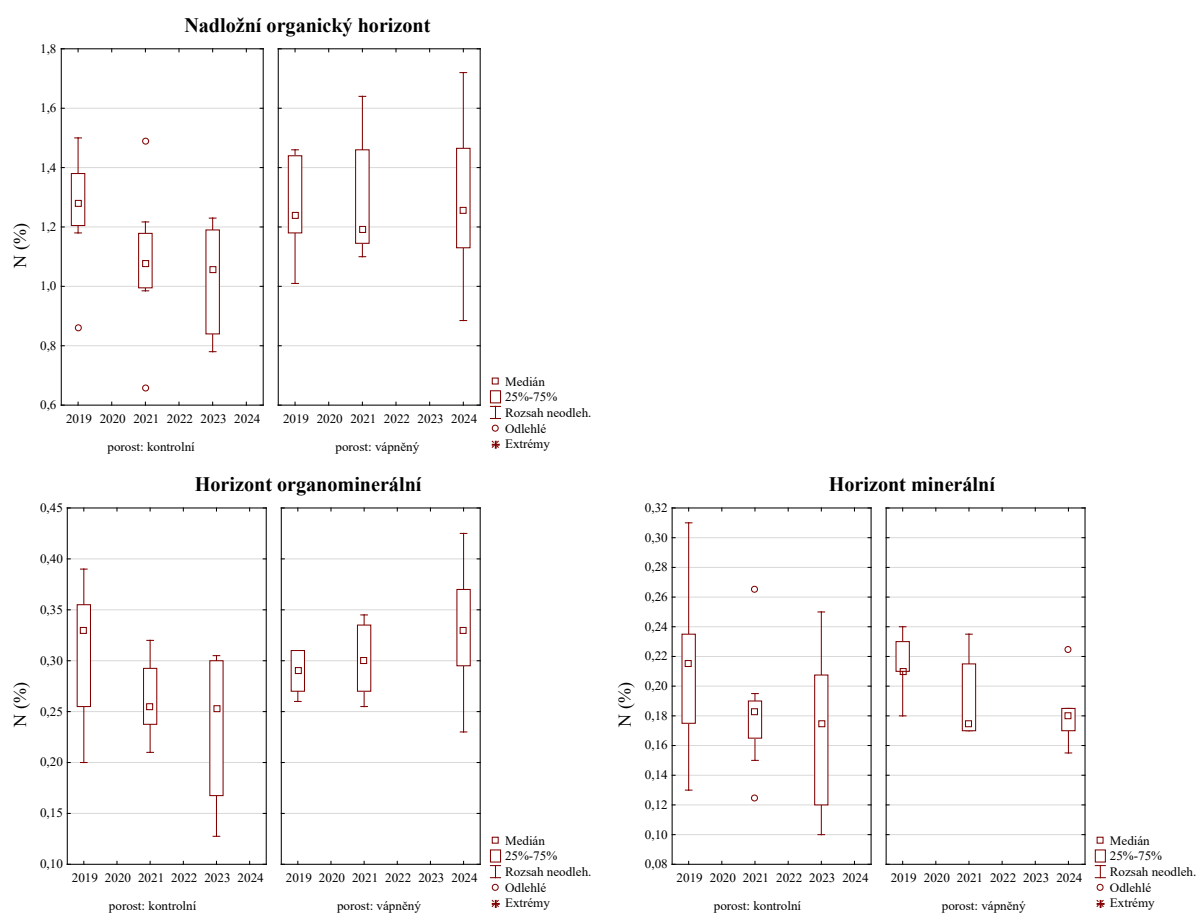
Obr. 44: Kartogramy hodnocení půdní reakce pH_{CaCl2} v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023) porostů

4.2.1.3. Dusík

Vliv vápnění na obsah dusíku (N) v nadložních organických horizontech lesních půd popisují FORMÁNEK ET VRÁNOVÁ (2003). V našem případě ve vápněných porostech nedochází (na rozdíl od kontrolních porostů) k výraznějším změnám a obsah dusíku je zde po celou dobu sledování poměrně stabilní (Obr. 45).

V horizontu organominerálním se obsahy dusíku ve vápněných porostech nevýznamně zvyšují a v porostech kontrolních se obsahy nevýznamně snižují. Tyto pozvolné změny způsobily, že v roce 2024 jsou obsahy ve vápněných porostech statisticky významně vyšší než obsahy v porostech kontrolních.

V horizontu minerálním trend zvyšování obsahu dusíku ve vápněných porostech již nepokračuje a dochází k poklesu jak v kontrolních, tak ve vápněných porostech.



Obr. 45: Obsah dusíku (N) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.2.1.4. Spalitelný uhlík (Cox)

Obsah spalitelného uhlíku (C_{ox}) se statisticky významně nemění ani v jednom půdním horizontu. Obsahy se v nadložním organickém a v organominerálním horizontu vápněných porostů nevýznamně zvyšují v průběhu šetření, zatímco v minerálních horizontech spíše stagnují. V porostech kontrolních obsahy C_{ox} v organominerálním a minerálním horizontu nevýznamně klesají. V organominerálním horizontu jsou obsahy ve vápněných porostech

v roce 2024 statisticky významně vyšší než v porostech kontrolních právě díky této průběžné nevýznamné změně.

4.2.1.5. Poměr C/N

Poměr C/N se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů statisticky významně nemění. V horizontech organominerálních a minerálních také nedošlo k významnějším změnám.

4.2.1.6. Fosfor

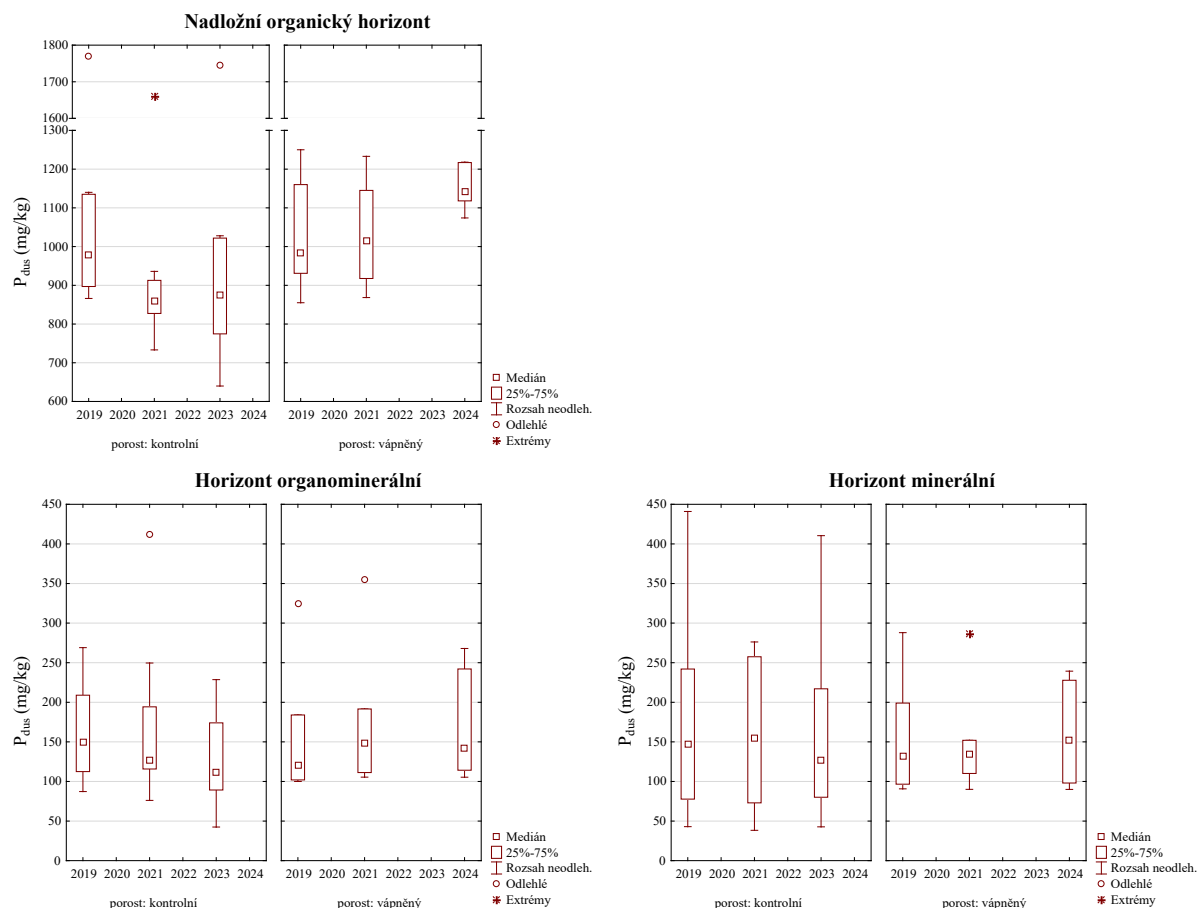
V nadložním organickém horizontu vápněných porostů došlo za sledované období ke zvýšení extrahovatelného obsahu fosforu (P_{dus}) a je zde tedy hodnocen jako vysoký, zatímco v kontrolních porostech obsah (P_{dus}) ve srovnání s rokem 2019 klesl a je hodnocen jako vyhovující.

Podobný vývoj byl zaznamenán i v organominerálních horizontech (Obr. 46). Tyto změny zatím nejsou tak výrazné a obsah (P_{dus}) je dlouhodobě hodnocen jako nízký. V horizontech minerálních se obsahy extrahovatelného fosforu dlouhodobě příliš nemění a obsah (P_{dus}) je hodnocen jako nízký.

Tab. 18: Průměrný obsah makroprvků v šetřených půdních horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
P_{dus} (mg/kg)	1031	1028	1150	1082	949	966
K_{dus} (mg/kg)	1430	1229	1323	1444	1308	1421
Ca_{dus} (mg/kg)	2824	6935	7577	1650	1308	1276
Mg_{dus} (mg/kg)	1291	3132	3301	1049	884	763
Horizont organominerální						
P_{dus} (mg/kg)	153	172	164	162	170	128
K_{dus} (mg/kg)	173	194	193	156	168	160
Ca_{dus} (mg/kg)	436	682	1221	300	251	200
Mg_{dus} (mg/kg)	409	523	684	257	303	245
P_{M3} (mg/kg)	--	--		--	10,9	11,4
$P_{\text{M3 iep}}$ (mg/kg)			11,4			16,2
K_{M3} (mg/kg)	75,1	89,6	101	84,7	77,4	84,7
Ca_{M3} (mg/kg)	268	420	846	202	178	144
Mg_{M3} (mg/kg)	118	200	385	59,0	55,3	45,9
Horizont minerální						
P_{dus} (mg/kg)	154	148	155	177	161	163
K_{dus} (mg/kg)	188	193	182	164	193	156
Ca_{dus} (mg/kg)	213	252	226	202	198	167
Mg_{dus} (mg/kg)	507	534	539	450	485	422
P_{M3} (mg/kg)	< 3,5	< 3,5		--	--	12,7
$P_{\text{M3 iep}}$ (mg/kg)			--			15,0
K_{M3} (mg/kg)	56,0	57,2	52,6	52,8	50,3	55,3
Ca_{M3} (mg/kg)	111	159	164	100	115	99,6
Mg_{M3} (mg/kg)	49,5	85,3	81,0	34,2	34,6	28,8

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti



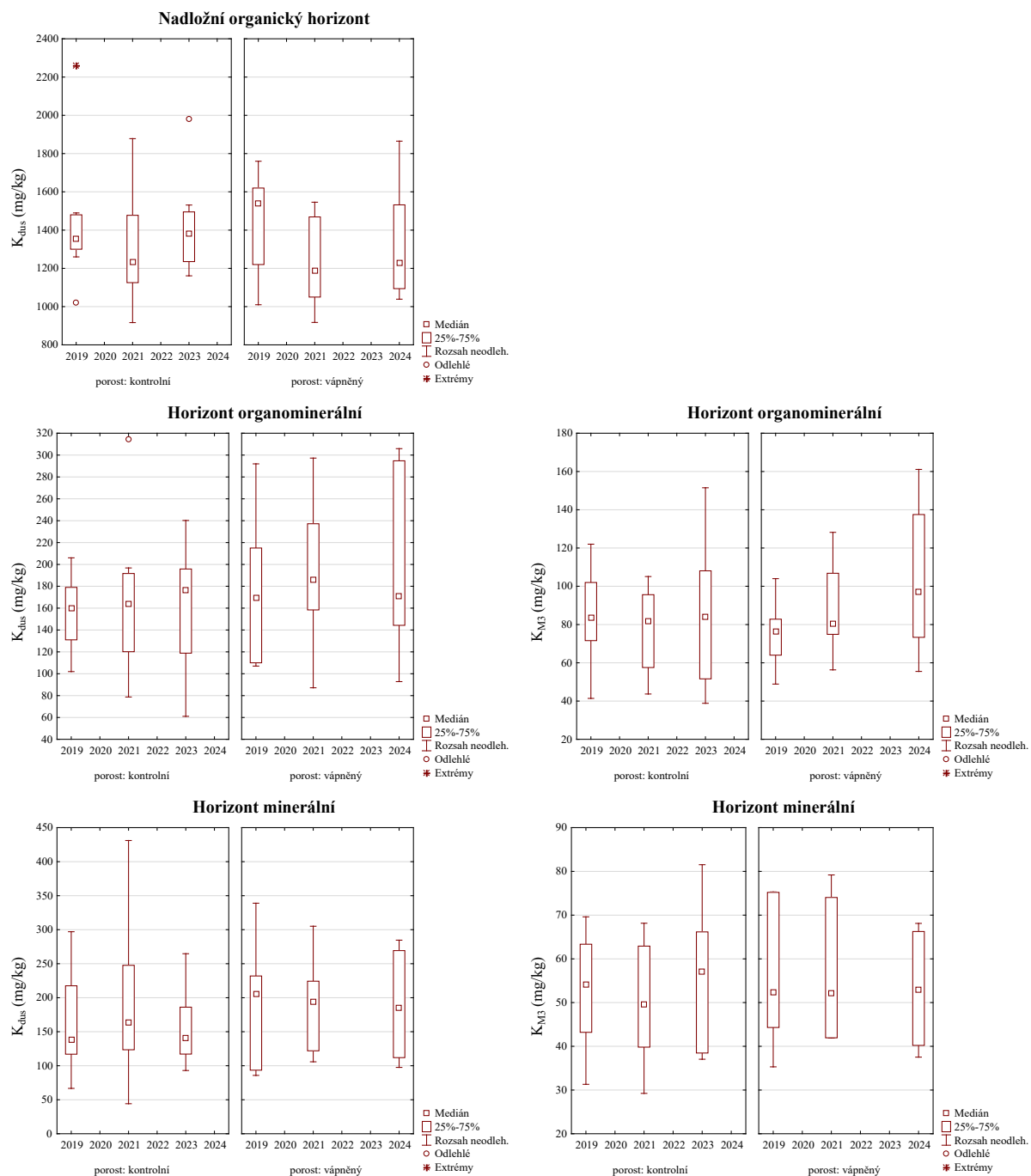
Obr. 46: Obsahy extrahovatelného (P_{dus}) fosforu v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Změny v obsazích přístupného fosforu (P_{M3}) ve vápněných porostech jdou hodnotit pouze obtížně. Jednak jsou obsahy často tak nízké, že je mnoho hodnot pod mezí stanovitelnosti a zároveň se v průběhu šetření změnila metodika zjišťování obsahu přístupného fosforu. Porovnání obsahu přístupného fosforu ($P_{\text{M3_icp}}$) v kontrolních a vápněných porostech neodhalilo významnější rozdíly, tedy vliv vápnění na omezení přístupnosti fosforu v půdních horizontech nebyl v tomto případě prokázán a obsah přístupného fosforu je zde obecně hodnocen jako nedostatečný až nízký.

4.2.1.7. Draslík

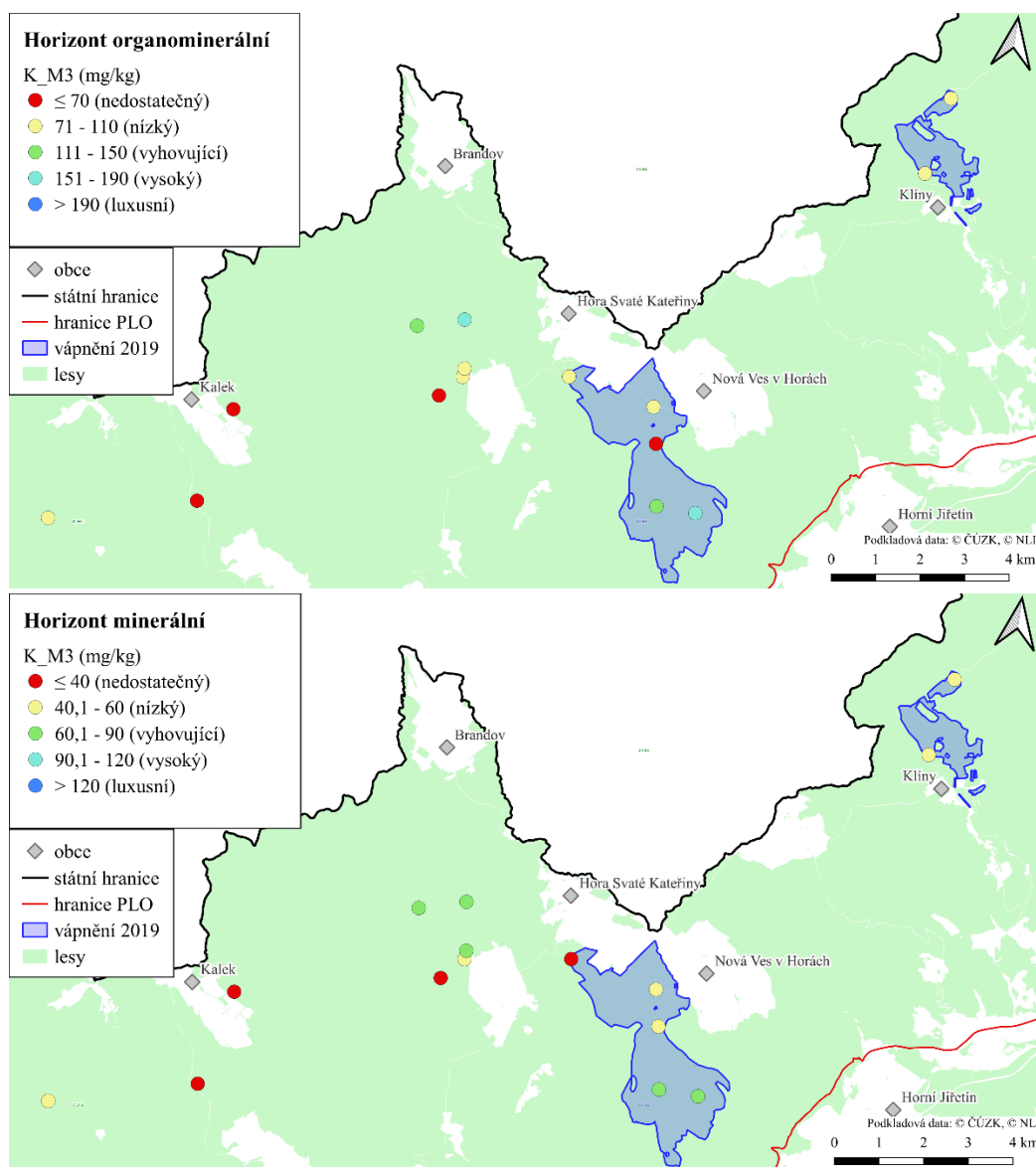
Pět let po vápnění nebyl zaznamenán negativní vliv vápnění na extrahovatelný obsah draslíku (K_{dus}) v nadložních organických horizontech vápněných porostů. Obsah (K_{dus}) zde kolísá podobně jako v porostech kontrolních (Obr. 47) a je dlouhodobě hodnocen jako nízký.

V organominerálních i v minerálních horizontech vápněných porostů nedochází k výraznějším změnám a obsah K_{dus} zůstává dlouhodobě na přibližně stejných hodnotách a je dlouhodobě hodnocen jako nedostatečný až nízký.



Obr. 47: Obsahy extrahovatelného (K_{dus}) a přístupného draslíku (K_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Obsahy přístupného draslíku (K_{M3}) se v organominerálním ani v minerálním horizontu statisticky významně nemění. V organominerálním horizontu vápněných porostů ale dochází v průběhu šetření k nevýznamnému nárůstu (Obr. 47). Tato změna by, pokud bude tento trend pokračovat, v budoucím šetření mohla nabýt významnosti. Obsah K_{M3} v půdních horizontech vápněných porostů je převážně hodnocen jako nízký (Obr. 48).



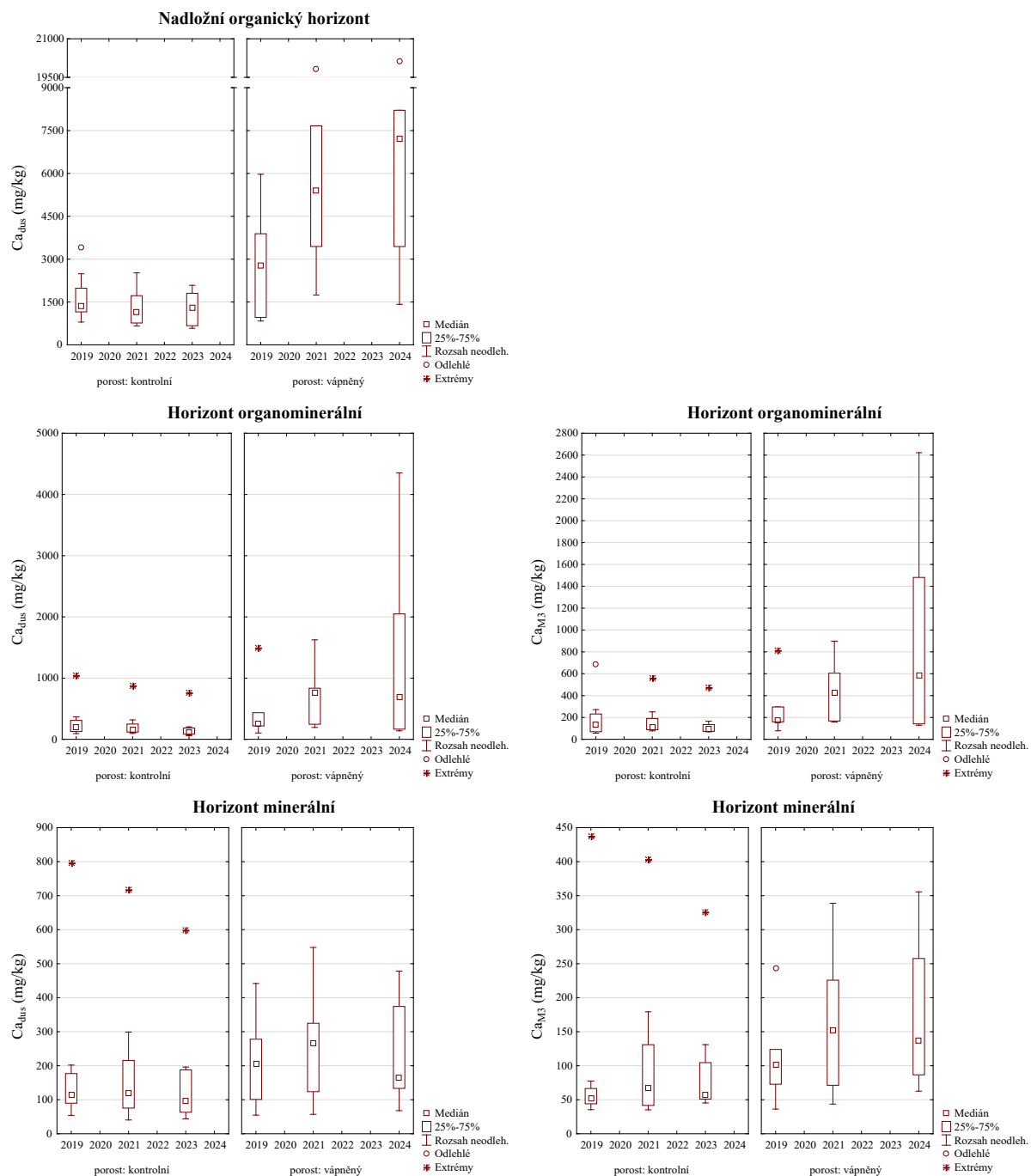
Obr. 48: Kartogramy hodnocení obsahu přístupného draslíku (K_{M3}) v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023) porostů

4.2.1.8. Vápník

V nadložním organickém horizontu vápněných porostů je dosud zachyceno poměrně velké množství extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}), jehož koncentrace se s klesající mocností a množstvím nadložního humusu postupně zvyšuje. V kontrolních porostech naopak dochází k mírnému, ale stabilnímu poklesu obsahu Ca_{dus}.

Obsah extrahovatelného vápníku v horizontu organominerálním ve vápněných porostech stoupá. Tuto změnu považujeme za vliv vápnění i vzhledem k úbytku obsahu Ca_{dus} v kontrolních porostech (Obr. 49). Obsah Ca_{dus} ve vápněných porostech je i tak ve většině případů hodnocen jako nízký až nedostatečný.

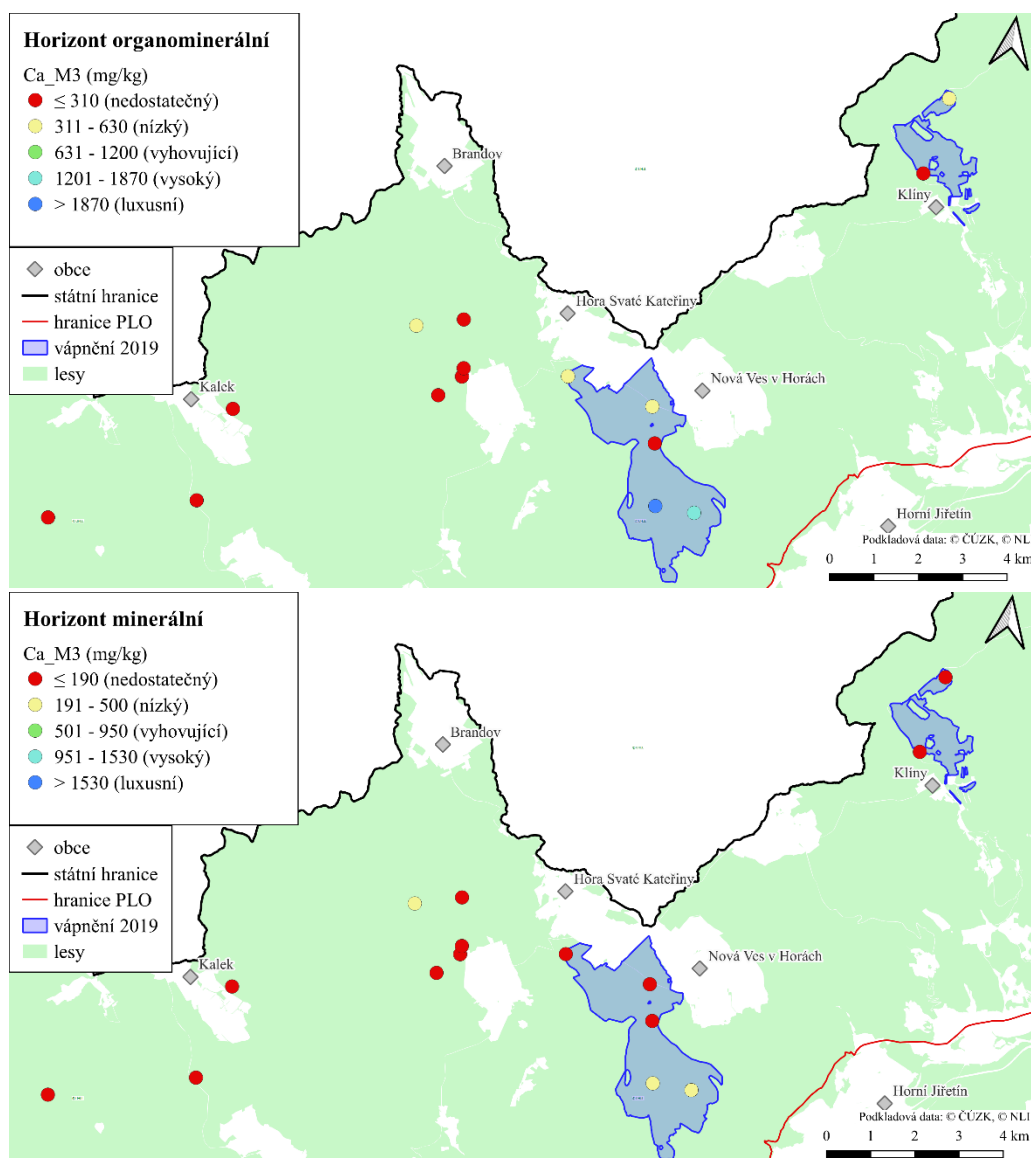
Vliv vápnění se v horizontu minerálním zatím výrazněji neprojevuje a hodnoty obsahu Ca_{dus} spíše stagnují, jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech a obsah Ca_{dus} je zde hodnocen ve většině případů jako nedostatečný až nízký.



Obr. 49: Obsah extrahovatelného (Ca_{dus}) a přístupného (Ca_{M3}) vápníku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Přístupný obsah vápníku (Ca_{M3}) se v organominerálním horizontu vápněných porostů také postupně zvyšuje (Obr. 49). V kontrolních porostech naopak obsah Ca_{M3} mírně klesá. Vápnění má tedy na obsah (Ca_{M3}) požadovaný vliv. I přesto je obsah Ca_{M3} ve vápněných porostech hodnocen převážně jako nízký až nedostatečný (Obr. 50).

V horizontu minerálním je pozorován pouze mírný nárůst ve srovnání se situací před vápněním a obsah Ca_{M3} je zde hodnocen převážně jako nedostatečný.



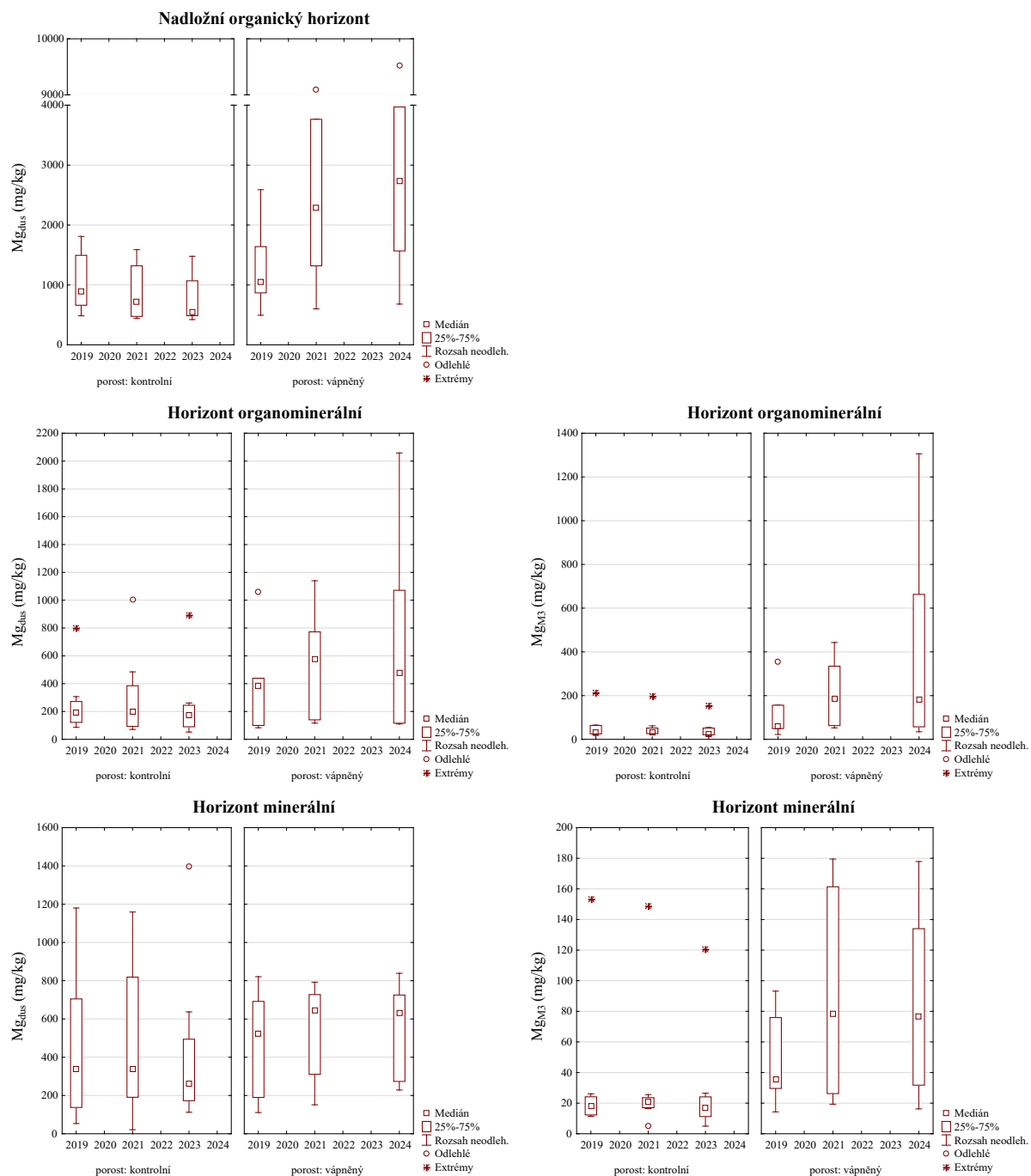
Obr. 50: Kartogramy hodnocení obsahu přístupného vápníku (Ca_{M3}) v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023) porostů

4.2.1.9. Hořčík

Podobně jako u Ca_{dus} je i množství extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů stále poměrně vysoké a jeho obsah je zde hodnocen jako vyhovující až luxusní.

Vliv vápnění není z pohledu extrahovatelných obsahů v hlubších horizontech tak jednoznačný. Obsahy ve vápněných porostech v horizontu organominerálním narůstají pouze nevýznamně, ale v porostu kontrolním hodnoty stagnují, lze tedy uvažovat o mírném vlivu vápnění. Obsah Mg_{dus} v organominerálních horizontech vápněných porostů je hodnocen jako nízký až vyhovující.

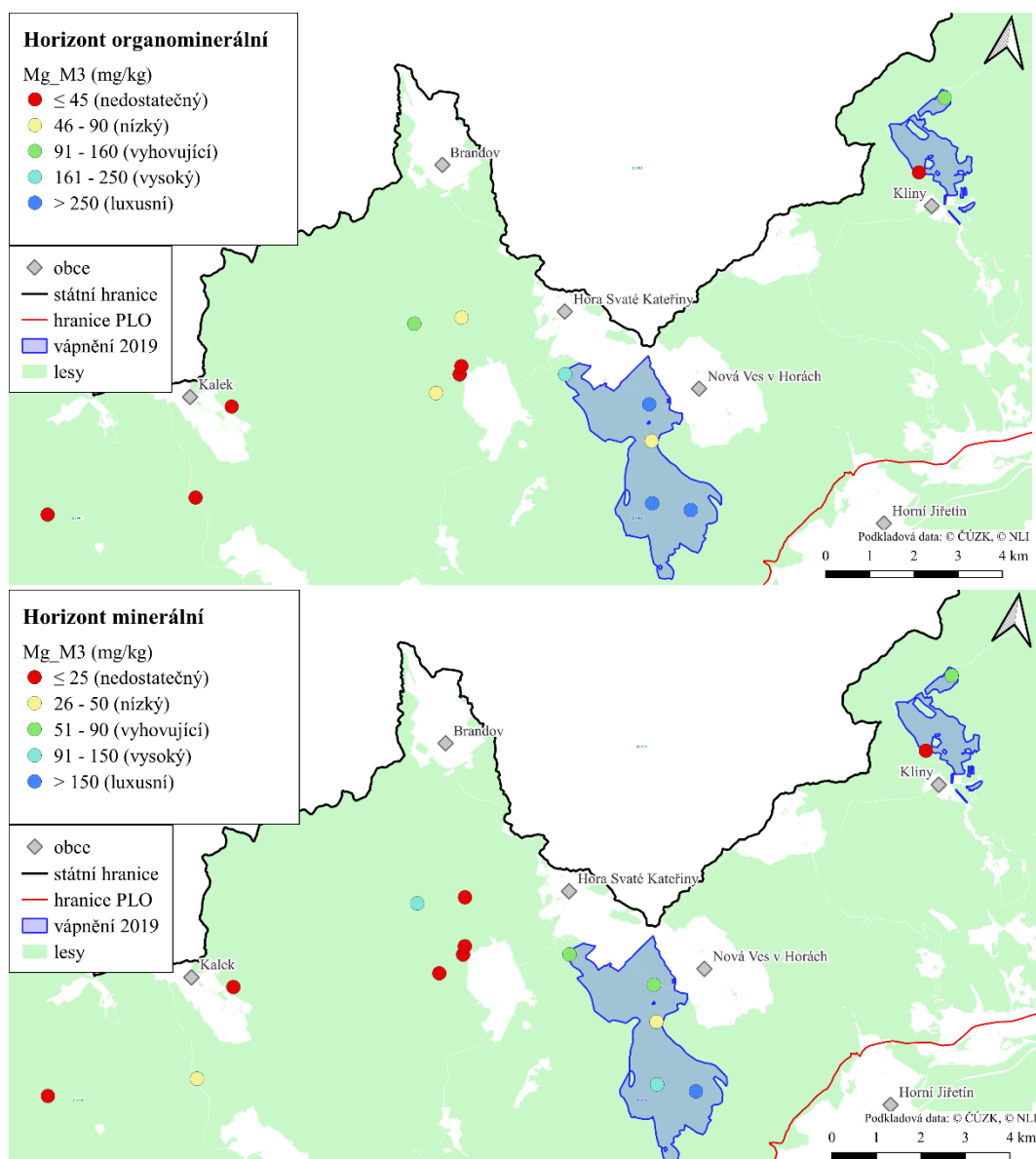
Do jisté míry podobný proces probíhá i v horizontu minerálním. Tato změna je ale méně patrná než v horizontu organominerálním a obsah Mg_{dus} ve vápněných porostech je hodnocen jako nízký.



Obr. 51: Obsah extrahovatelného (Mg_{dus}) a přístupného hořčíku (Mg_{M3}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Obsahy přístupného hořčíku (Mg_{M3}) se v organominerálních horizontech vápněných porostů statisticky významně zvyšují a jsou hodnoceny převážně jako vyhovující až luxusní (Obr. 51).

V minerálních horizontech se obsah Mg_{M3} pohybuje na podobné úrovni jako dva roky po vápnění a k dalšímu zvýšení obsahu v důsledku vápnění zde prozatím nedošlo i tak je obsah Mg_{M3} v minerálních horizontech vápněných porostů hodnocen převážně jako vyhovující až luxusní.



Obr. 52: Kartogramy hodnocení obsahu přístupného hořčíku (Mg_{M3}) v půdních horizontech vápněných (2024) a kontrolních (2023) porostů

4.2.1.10. Síra

Obsah přístupné síry (S_{M3}) klesá jak v horizontu organominerálním, tak i v horizontu minerálním vápněných i kontrolních porostů (Tab. 19).

4.2.1.11. Hliník

V nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů dochází k poklesu obsahu extrahovatelného hliníku (Al_{dus}). Obsah Al_{dus} v nadložním organickém horizontu vápněných porostů je dlouhodobě hodnocen jako střední.

V horizontu organominerálním se obsah Al_{dus} chová podobně jako v nadložním organickém horizontu, tedy klesá jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech (Obr. 53). Ve vápněných porostech je opět obsah Al_{dus} hodnocen jako střední.

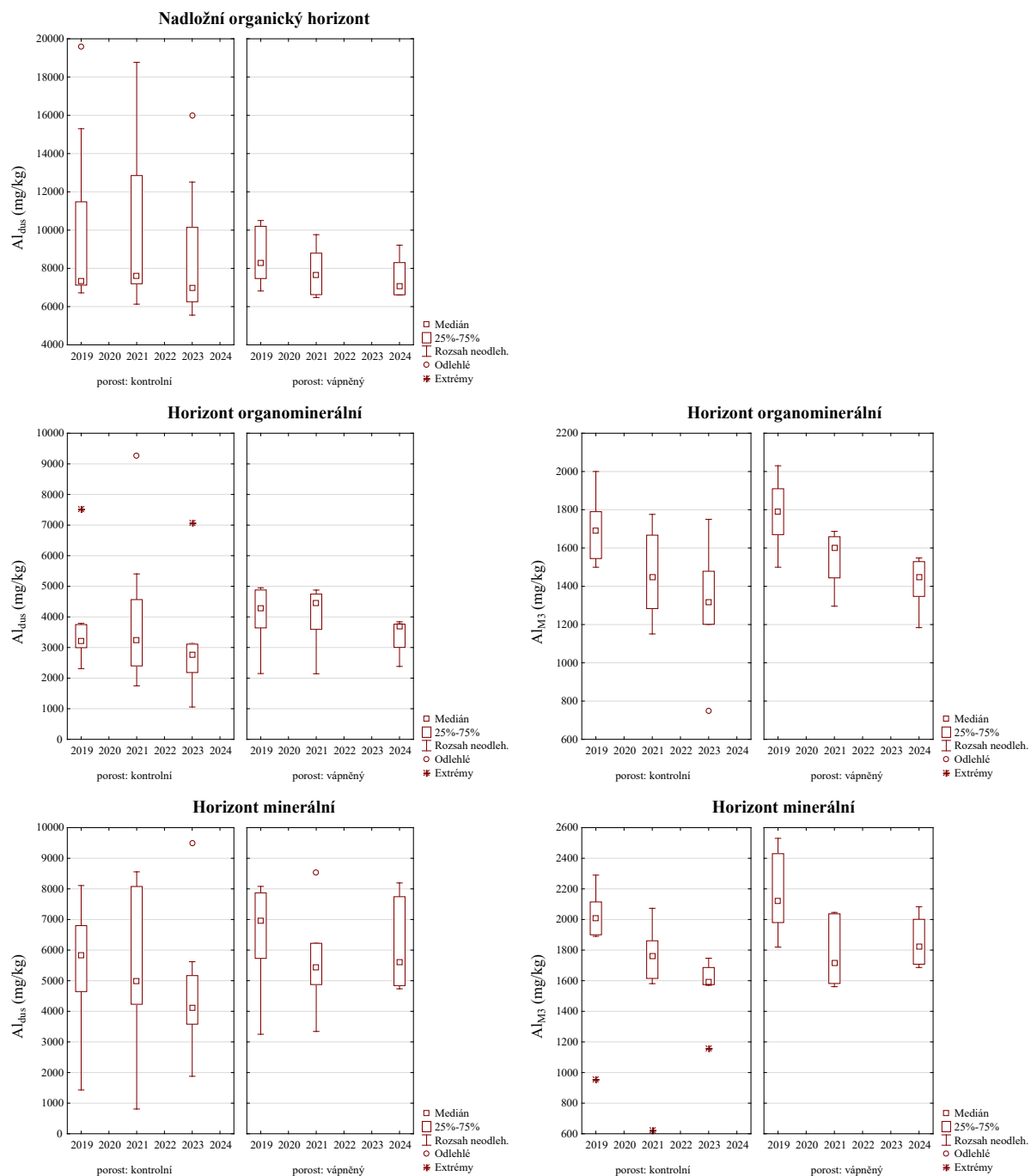
V minerálním horizontu vápněných porostů nejsou zjištěny výraznější změny v obsahu Al_{dus} , zatímco v kontrolních porostech je v tomto horizontu opět zaznamenán klesající trend. Obsah Al_{dus} ve vápněných porostech je hodnocen převážně jako střední až vysoký.

Vývoj obsahu přístupného hliníku (Al_{M3}) v organominerálních a minerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů v podstatě kopíruje situaci zjištěnou u Al_{dus} .

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že pokles obsahu extrahovatelné i přístupné formy hliníku není v tomto případě primárně důsledkem vápnění.

Tab. 19: Průměrný obsah hliníku, železa, manganu, bóru a síry v šetřených půdních horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Al_{dus} (mg/kg)	8550	7835	7462	9779	10029	8536
Fe_{dus} (mg/kg)	9366	8308	8618	9445	10225	8137
Mn_{dus} (mg/kg)	264	270	318	280	195	188
B_{dus} (mg/kg)	2,66	2,35	2,32	2,24	1,65	2,13
Horizont organominerální						
Al_{dus} (mg/kg)	4119	4019	3426	3714	3928	3029
Fe_{dus} (mg/kg)	11087	9759	8509	8109	8191	6330
Mn_{dus} (mg/kg)	122	128	121	180	191	164
Al_{M3} (mg/kg)	1789	1548	1423	1694	1465	1312
B_{M3} (mg/kg)	0,56	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	692	606	584	650	587	552
$SM3$ (mg/kg)	25,3	24,8	21,4	24,3	22,7	18,0
Horizont minerální						
Al_{dus} (mg/kg)	6524	5707	6140	5510	5497	4636
Fe_{dus} (mg/kg)	13206	12632	12084	11308	10400	9800
Mn_{dus} (mg/kg)	198	181	187	294	288	337
Al_{M3} (mg/kg)	2171	1769	1839	1912	1646	1576
B_{M3} (mg/kg)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe_{M3} (mg/kg)	558	577	509	572	483	538
$SM3$ (mg/kg)	33,1	28,7	28,1	27,5	26,4	22,1

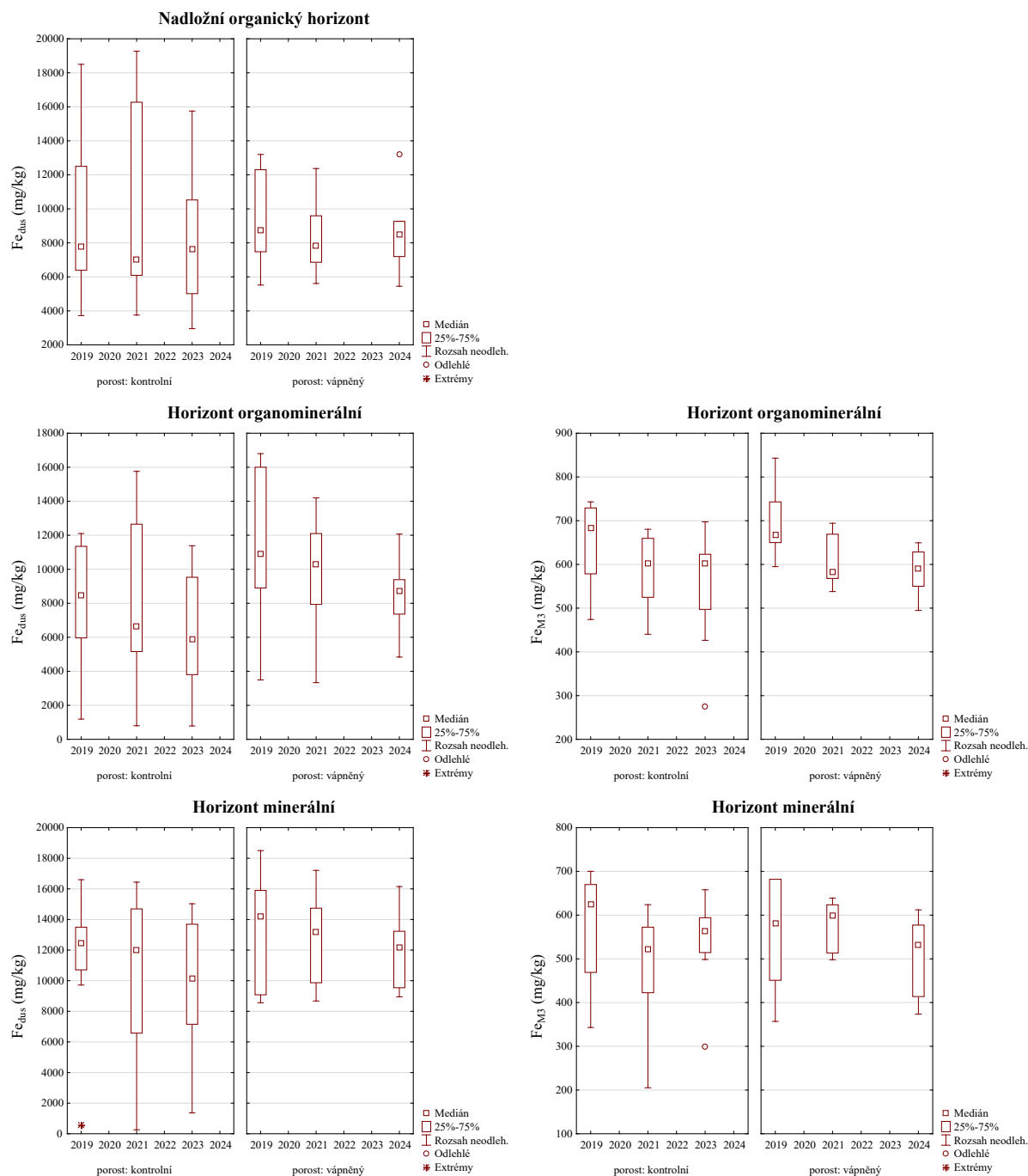


Obr. 53: Obsah extrahovatelného (Al_{dus}) a přístupného (Al_{M3}) hliníku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.2.1.12. Železo

Extrahovatelný obsah železa (Fe_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů výrazněji nemění a ve sledovaném období kolísá podobně jako v kontrolních porostech (Obr. 54). Ve vápněných porostech je obsah (Fe_{dus}) hodnocen převážně jako střední.

V organominerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů je již evidentní trend poklesu obsahu Fe_{dus} . Ve vápněných porostech se jedná o pokles z velmi vysoké úrovně na vysokou.



Obr. 54: Obsahy extrahovatelného (Fe_{dus}) a přístupného (Fe_{M3}) železa v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.

Pokles obsahu Fe_{dus} je znatelný i v minerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů. Ve vápněných porostech dosahuje ovšem obsah Fe_{dus} stále velmi vysoké úrovně.

U železa byl také zaznamenán pokles obsahu v organominerálních horizontech vápněných i kontrolních porostů i u jeho přístupné formy (Fe_{M3}). V minerálních horizontech jsou změny neprůkazné a obsah Fe_{M3} zde během sledování spíše kolísá.

Z uvedených výsledků nelze, stejně jako v případě hliníku, hovořit o průkazném vlivu vápnění na obsah Fe v půdě.

4.2.1.13. Mangan

Obsah extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních porostů je klasifikován jako velmi nízký (FIALA A KOL., 2013). Zatímco ve vápněných porostech je pozorované zvýšení obsahu Mn_{dus} , v kontrolních porostech obsah manganu klesá. Ve vápněných porostech tedy mohlo dojít k navázání manganu na humusové látky (VAVRÍČEK A KUČERA, 2014) a vápnění zde tedy působí negativně.

V organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů nedošlo u obsahu Mn_{dus} k výraznějším změnám a obsah manganu je zde klasifikován jako velmi nízký (horizont A) a nízký (horizont B).

4.2.1.14. Rizikové prvky

4.2.1.14.1. Zinek

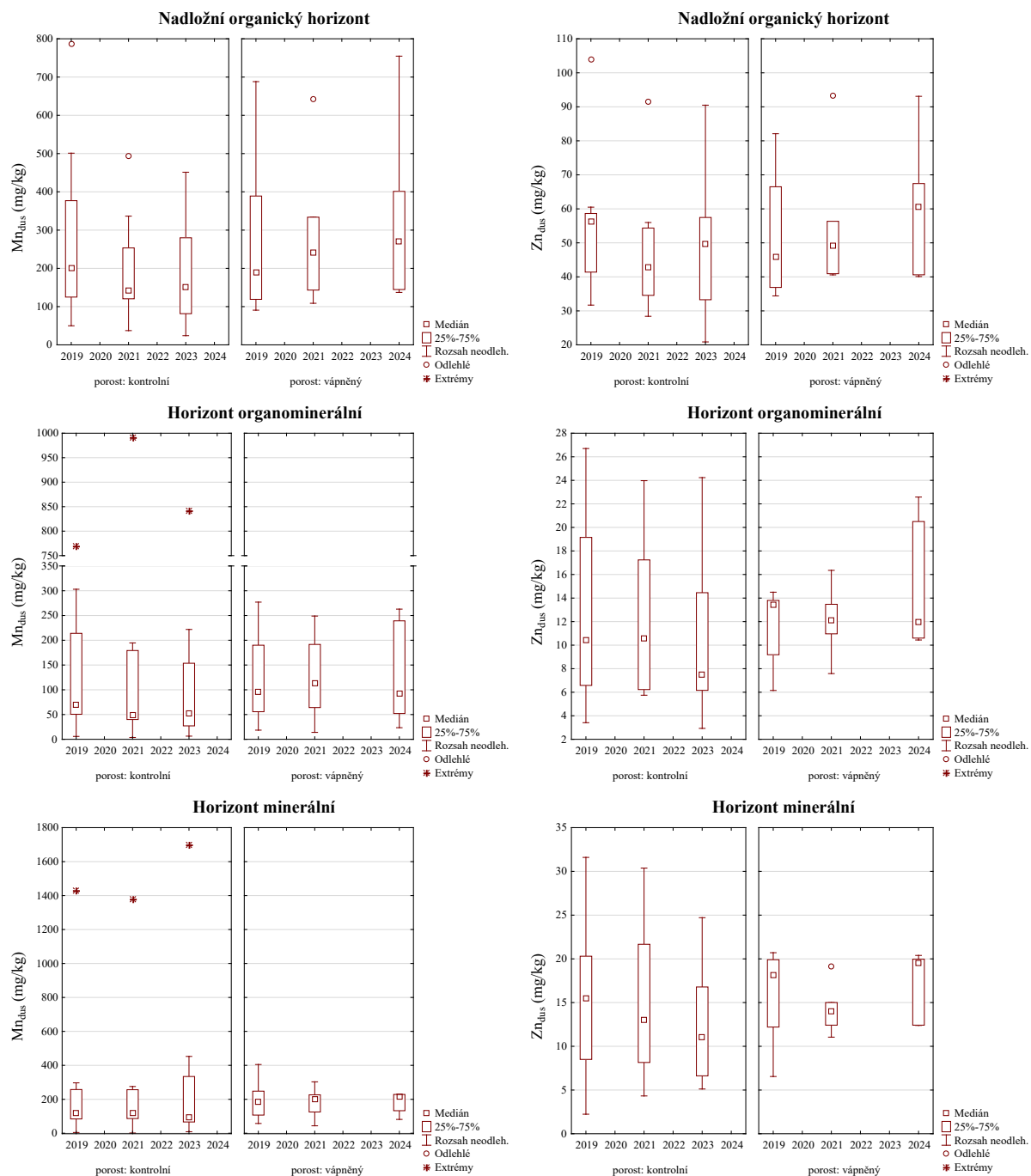
Extrahovatelný obsah zinku (Zn_{dus}) se v nadložním organickém horizontu vápněných porostů postupně zvyšuje, kdežto v kontrolních porostech je zaznamenán pokles. Zvýšení pH vápněním tedy mohlo způsobit vytvoření málo rozpustných sloučenin. I přes toto zvýšení je obsah zinku ve vápněných porostech hodnocen jako nízký.

Stejně změny jsou pozorovány i v horizontu organominerálním a do jisté míry i v horizontu minerálním, kde je změna ve vápněných porostech méně zřetelná, ale obsah Zn_{dus} zde stále narůstá (Obr. 55).

Tab. 20: Průměrné obsahy rizikových prvků v šetřených půdních horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
Nadložní organický horizont						
Cd_{dus} (mg/kg)	0,34	0,42	0,75	0,31	0,28	0,18
Cr_{dus} (mg/kg)	10,6	9,61	10,9	11,3	11,6	9,70
Cu_{dus} (mg/kg)	13,8	12,7	13,2	12,5	9,79	8,34
Pb_{dus} (mg/kg)	129	143	154	114	124	120
Zn_{dus} (mg/kg)	51,3	53,8	59,0	56,0	48,0	49,0
Horizont organominerální						
Cd_{dus} (mg/kg)	0,64	0,57	0,43	0,50	--	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	5,40	5,06	4,38	5,62	5,65	4,33
Cu_{dus} (mg/kg)	4,86	6,12	5,48	6,31	6,03	4,75
Pb_{dus} (mg/kg)	93,8	109	104	87,3	76,0	70,0
Zn_{dus} (mg/kg)	11,9	12,2	14,3	12,8	12,2	10,4
Horizont minerální						
Cd_{dus} (mg/kg)	--	--	< 0,2	--	< 0,2	< 0,2
Cr_{dus} (mg/kg)	7,02	6,51	6,41	7,24	6,81	6,05
Cu_{dus} (mg/kg)	3,74	3,79	3,16	4,82	4,78	4,30
Pb_{dus} (mg/kg)	58,9	70,7	62,4	55,0	47,2	50,8
Zn_{dus} (mg/kg)	15,8	14,1	16,8	15,3	15,0	12,3

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezi stanovitelnosti

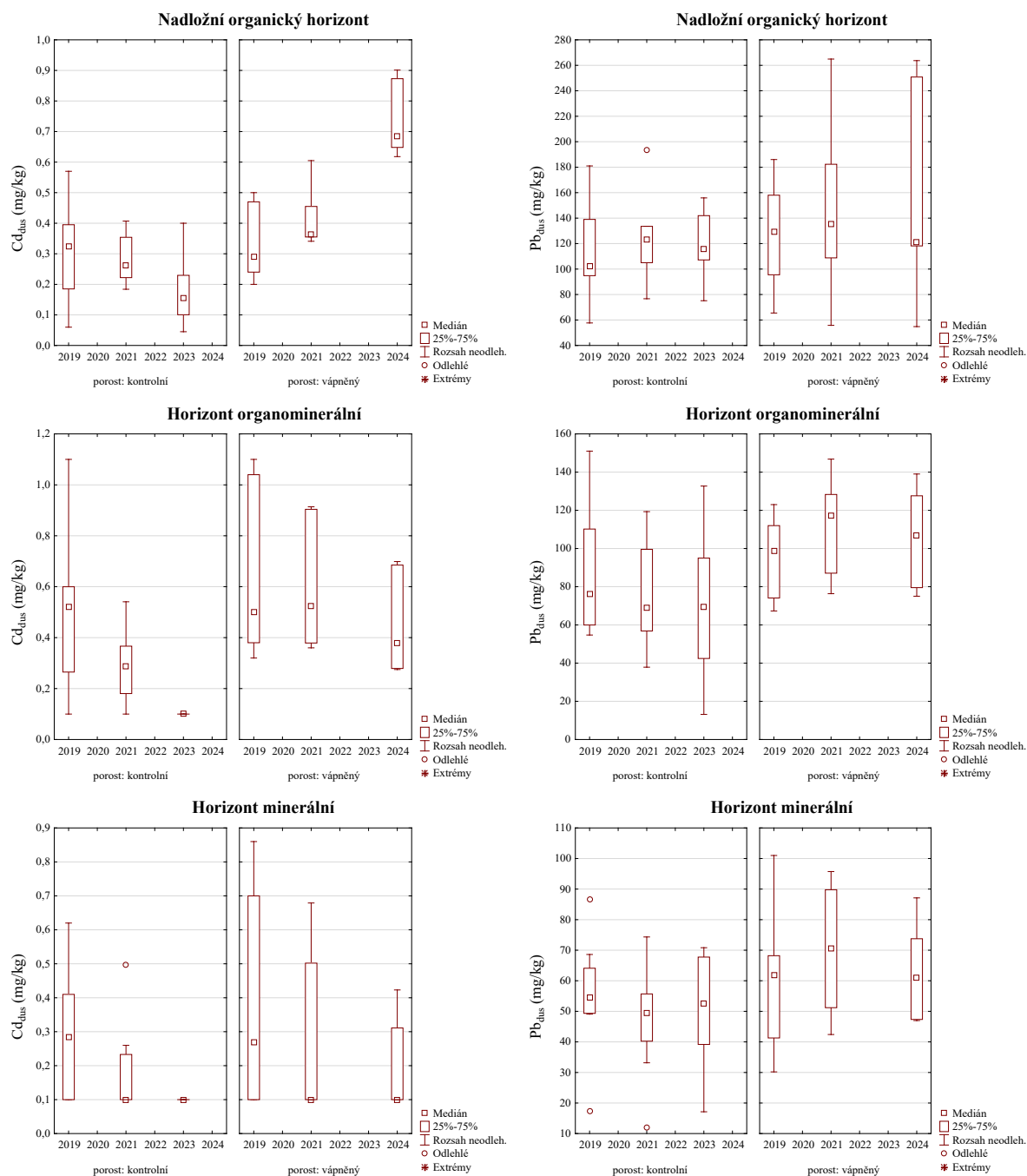


Obr. 55: Obsah extrahovatelného manganu (Mn_{dus}) a zinku (Zn_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.

4.2.1.14.2. Kadmium

Z rizikových prvků jsou v nadložním organickém horizontu vápněných porostů nejvýraznější změny pozorované u extrahovatelného obsahu kadmia (Cd_{dus}), který pět let po vápnění dosahuje více než dvojnásobných hodnot v porovnání se situací zjištěnou před vápněním. V kontrolních porostech naopak obsah Cd_{dus} klesá. Na obsah kadmia má velký vliv hodnota pH. Vyšší hodnota pH snižuje rozpustnost Cd^{2+} a ve vápněných půdách obsahy Cd rostou (JANSSON, 2002). KARALIĆ AND AL. (2013) ve své studii uvádí, že přestože vápnění

neovlivňuje totální obsah kadmia, v případě přístupného obsahu kadmia by se jeho hodnoty měly snižovat. Vápnění tedy v našem případě mohlo snížit mobilitu Cd a společně s poklesem množství nadložního humusu ve vápněných porostech se pak koncentrace Cd v tomto horizontu zvyšuje. Vliv vápnění na obsah Cd_{dus} je dobré posuzovat regionálně. Např. v blízkých vápněných porostech šetřených od roku 2017 do roku 2022 nejsou po pěti letech od vápnění zaznamenány zvýšené obsahy kadmia (REININGER A KOL., 2023). V jiných případech bylo zjištěno, že dochází k nárůstu obsahů kadmia v nadložním organickém horizontu po dvou letech od vápnění, ale po pěti letech od vápnění byl zaznamenán pokles (FIALA A KOL., 2023a; 2023b; 2019).



Obr. 56: Obsah extrahovatelného kadmia (Cd_{dus}) a olova (Pb_{dus}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů.

Nárůst obsahu Cd_{dus} se v horizontu organominerálním již neděje, naopak se zde jeho obsah mírně snižuje (Obr. 56) a v horizontu minerálním vápněných porostů dochází dokonce i ke statisticky významnému úbytku od stavu zjištěného před vápněním. Obsahy a mobilitu kadmia v půdě je tedy vhodné sledovat dlouhodobě.

4.2.1.14.3. *Chró*

Extrahovatelný obsah chrómu (Cr_{dus}) v nadložním organickém horizontu vápněných porostů nevykazuje výraznější změny.

V organominerálních a minerálních horizontech vápněných porostů obsah Cr_{dus} pozvolna klesá, ale vzhledem k podobným výsledkům v kontrolních porostech tyto změny nepřisuzujeme vápnění.

4.2.1.14.4. *Měď*

Ve všech půdních horizontech nedochází u extrahovatelného obsahu mědi (Cu_{dus}) ve vápněných porostech za sledované období k výraznějším změnám.

4.2.1.14.5. *Olovo*

Extrahovatelný obsah olova (Pb_{dus}) je v nadložních organických horizontech vápněných porostů dlouhodobě hodnocen jako vysoký a v průběhu sledování se postupně zvyšuje (Obr. 56). Vyšší obsah Pb_{dus} je v tomto případě pravděpodobně důsledkem vápnění, kdy došlo v důsledku zvýšení pH k imobilizaci olova.

Mírné zvýšení obsahu Pb_{dus} je možné pozorovat i v organominerálních horizontech vápněných porostů, zatímco v kontrolních porostech obsah Pb_{dus} v tomto horizontu postupně klesá.

V minerálním horizontu nejsou změny v obsahu Pb_{dus} vyvolané vápněním pozorovány a obsah Pb_{dus} je tu poměrně stabilní.

4.2.1.15. *Půdní sorpční komplex*

4.2.1.15.1. *Stupeň nasycení*

Sycení sorpčního komplexu bázemi (BS) se v organominerálních horizontech vápněných porostů po pěti letech od vápnění zvýšilo přibližně o 22 % (hodnoceno podle průměrných hodnot) na 50,7 %, což odpovídá slabě nenasyčeným až slabě nasyceným lesním půdám (VAVŘÍČEK A KUČERA, 2014).

V horizontech minerálních dochází u vápněných porostů také k pozvolnému zvyšování hodnoty BS, která pět let po vápnění činí v průměru 24 % (Tab. 21). Jedná se tedy o slabě nenasyčené lesní půdy. Tyto změny považujeme za pozitivní vliv vápnění.

Tab. 21: Průměrné hodnoty půdního sorpčního komplexu v šetřených půdních horizontech

	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
Horizont organominerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	71,3	61,9	51,9	79,4	69,5	62,1
K _{VYM} (mekv./kg)	1,65	1,99	2,36	1,88	1,56	1,71
Ca _{VYM} (mekv./kg)	16,7	27,6	51,3	12,7	10,5	8,10
Mg _{VYM} (mekv./kg)	11,7	19,5	36,8	4,98	4,22	3,40
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,29	0,23	0,26	0,31	0,25	0,32
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,35	0,50	0,75	0,72	0,45	--
Al _{VYM} (mekv./kg)	61,9	53,7	45,6	65,4	61,8	56,7
Fe _{VYM} (mekv./kg)	4,74	3,38	2,87	4,66	3,10	2,03
CEC (mekv./kg)	102	111	143	99,4	86,0	75,6
BS (%)	28,7	42,1	50,7	18,4	18,3	16,2
Horizont minerální						
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	63,0	57,4	53,5	61,4	53,2	57,0
K _{VYM} (mekv./kg)	1,10	1,15	1,02	0,97	0,91	0,97
Ca _{VYM} (mekv./kg)	6,91	9,76	9,07	6,48	6,84	5,72
Mg _{VYM} (mekv./kg)	4,06	6,71	6,18	2,78	2,54	2,20
Na _{VYM} (mekv./kg)	0,26	0,18	0,21	0,22	0,19	0,26
Mn _{VYM} (mekv./kg)	0,36	0,33	0,32	0,67	0,45	0,41
Al _{VYM} (mekv./kg)	58,2	53,3	51,2	55,3	50,1	54,9
Fe _{VYM} (mekv./kg)	2,18	2,03	1,27	2,24	1,38	1,34
CEC (mekv./kg)	75,3	75,2	70,0	71,8	63,7	66,2
BS (%)	17,8	24,7	24,0	13,4	15,2	13,2

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezi stanovitelnosti

Pro hodnocení toxicity hliníku v lesních půdách se obecně používají poměry bazických kationtů (BC) k obsahu hliníku (Al^{3+}) v půdních horizontech. Poměr BC/Al^{3+} menší než 1 je považován za potenciální index pro nepříznivý vliv Al^{3+} a nevyváženost živin pro růst rostlin (BRUNNER AND SPERISEN, 2013, RAHMAN ET AL., 2018).

Tab. 22: Poměry bazických kationtů ke kationtům hliníku (medián)

Horizont organominerální						
	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
BC/Al^{3+}	0,29	1,01	1,02	0,21	0,15	0,14
$\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$	0,17	0,55	0,65	0,13	0,09	0,08
Horizont minerální						
	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
BC/Al^{3+}	0,22	0,29	0,32	0,10	0,13	0,10
$\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$	0,10	0,16	0,17	0,06	0,08	0,05

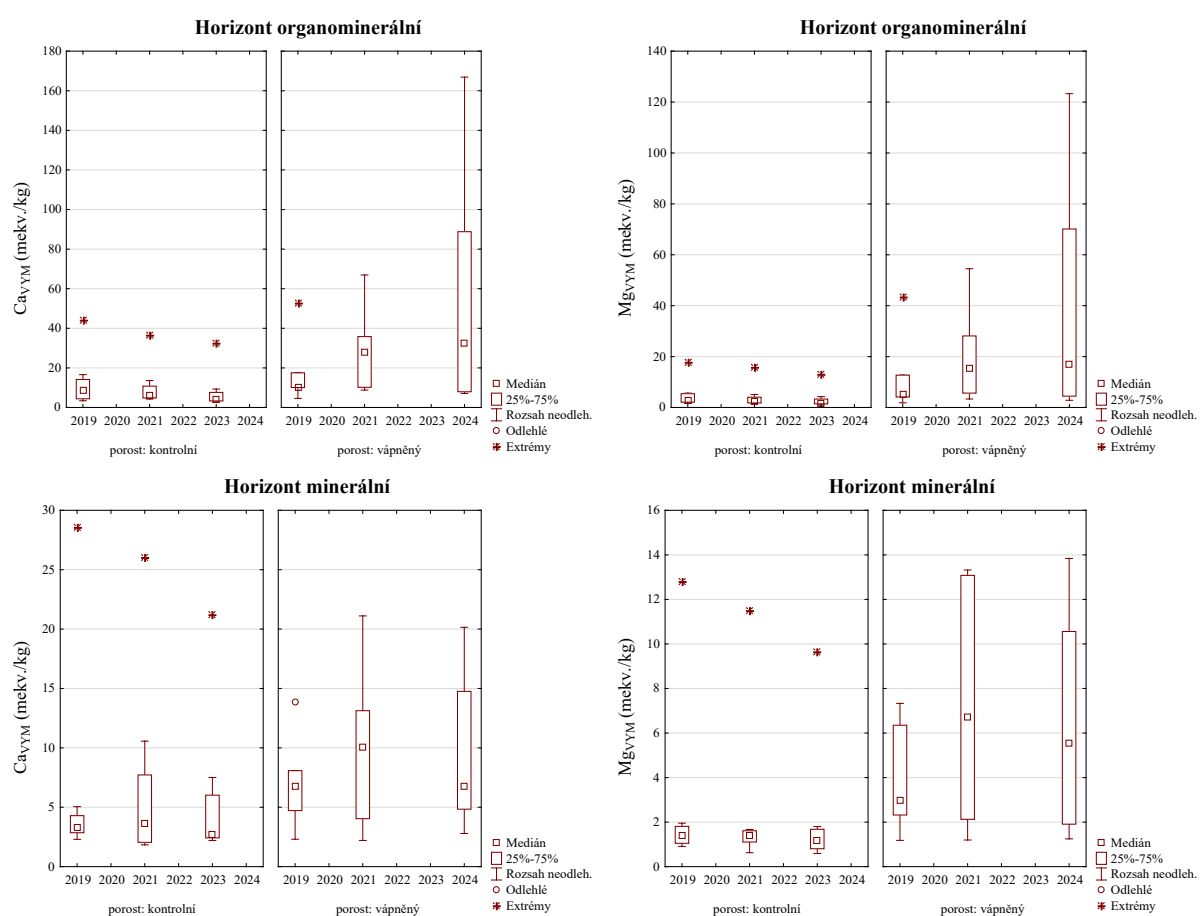
V horizontu organominerálním vápněných porostů bylo této hranice dosaženo již v roce 2021 a nadále nad ní přetrvává (Tab. 22). V horizontu minerálním je tento poměr stále pod touto hranicí, ale je zde patrný pozitivní trend. Ve vápněných porostech tedy pozvolna dochází k omezení negativního vlivu kationtů Al^{3+} .

Pokud budeme hodnotit toxicitu hliníku podle poměru $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$, kde je za hranici vysoké toxicity považována hodnota 0,2 (CRONAN AND GRIGAL, 1995), kdy zjevné riziko nepříznivých dopadů na lesy je 95% a více, dospějeme k podobným závěrům s tím, že v organominerálních horizontech vápněných porostů byla tato hodnota výrazně překročena už dva roky po vápnění a v minerálních horizontech těchto porostů se k této hranici postupně přibližujeme. Vliv toxicity hliníku se tedy i podle tohoto poměru postupně snižuje. V půdách kontrolních porostů

je situace značně odlišná, poměr $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ zde postupně klesá a riziko toxického působení kationtů Al^{3+} se během období sledování zvyšuje.

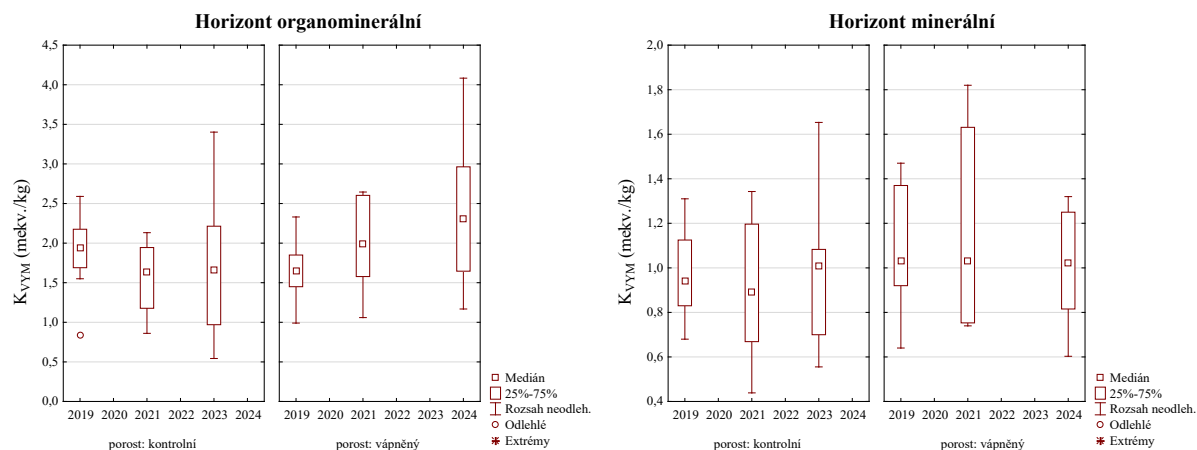
4.2.1.15.2. Kationtová výměnná kapacita

O efektu vápnění na horizont organominerální vypovídá i stav obsahů výměnných kationtů, zejména kationtů vápníku ($\text{Ca}_{\text{VYM}} = \text{Ca}^{2+}$) a hořčíku ($\text{Mg}_{\text{VYM}} = \text{Mg}^{2+}$) v půdním sorpčním komplexu. Obsahy výměnných kationtů těchto prvků jsou ve vápněných porostech v roce 2024 statisticky významně vyšší, než v roce 2019, tedy před vápněním. V kontrolních porostech se obsah těchto výměnných kationtů sice významně nemění, ale jejich obsah pozvolna klesá.



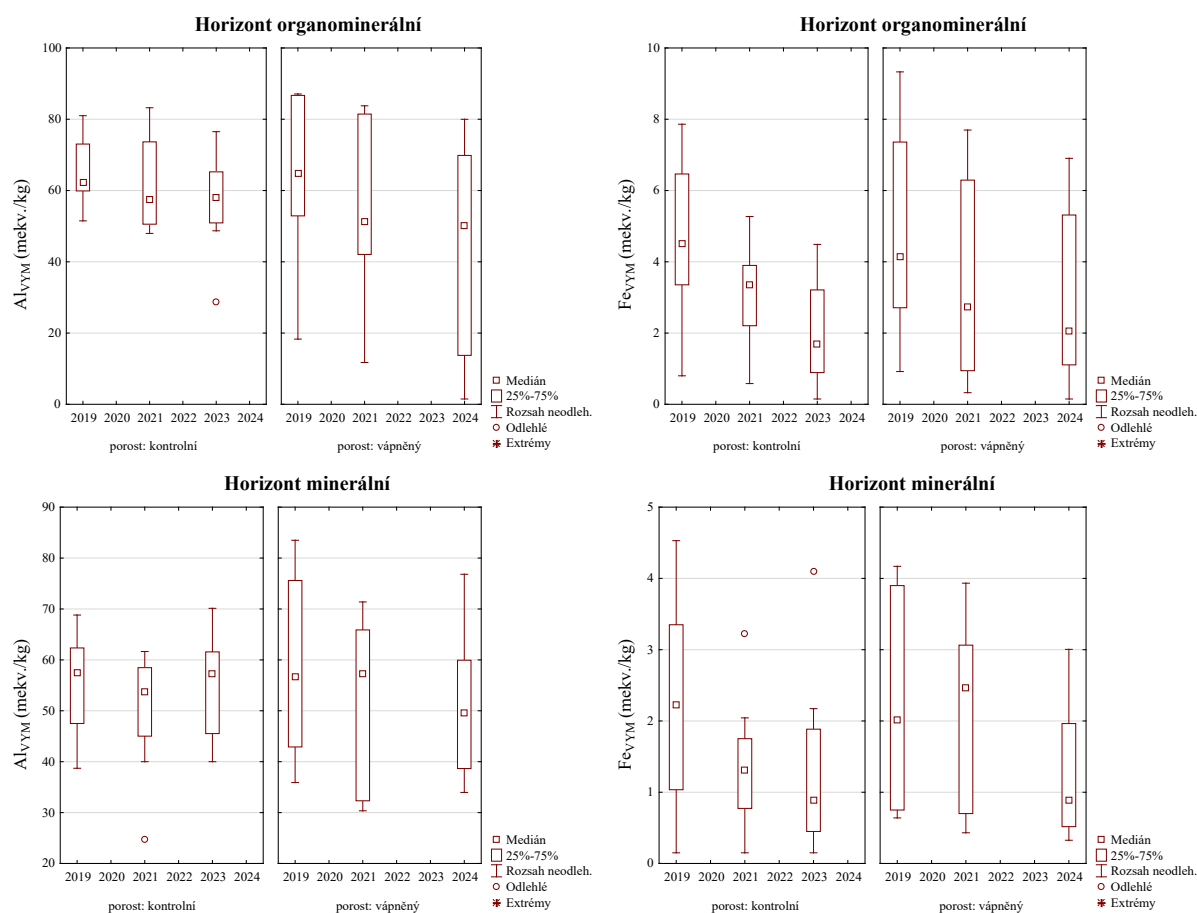
Obr. 57: Obsah výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) a hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

V případě obsahu výměnných kationtů draslíku ($\text{K}_{\text{VYM}} = \text{K}^+$) nejsou na vápněných plochách zjištěny negativní účinky vápnění. V organominerálních horizontech obsah K^+ dokonce pozvolna stoupá (Obr. 58). V minerálních horizontech vápněných porostů nedochází k výraznějším změnám.



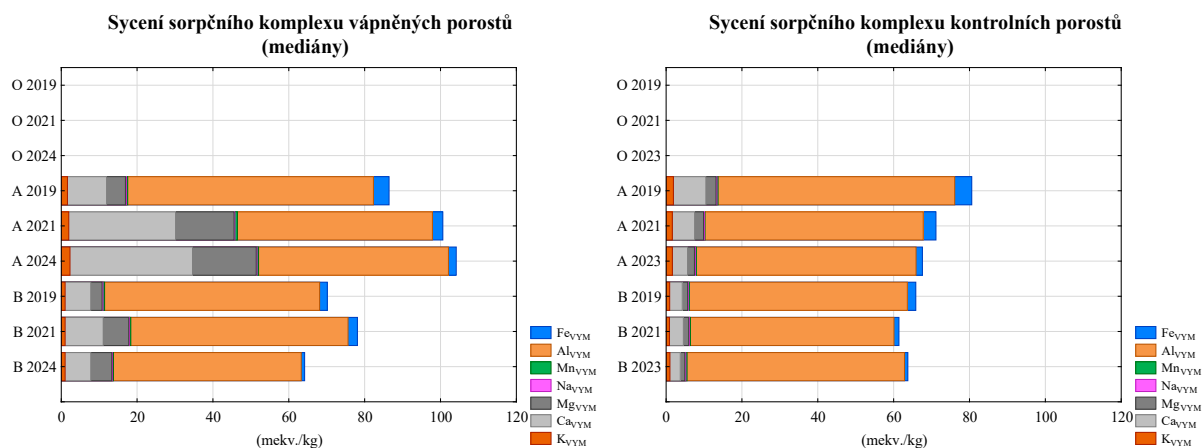
Obr. 58: Obsah výměnných kationtů draslíku (K_{vym}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Pozitivní účinek vápnění se projevuje poklesem obsahu výměnných kationtů hliníku (Al_{vym}) a to zejména v organominerálním horizontu vápněných porostů (Obr. 59). V případě obsahu výměnných kationtů železa (Fe_{vym}) byl v půdním profilu vápněných i kontrolních porostů pozorován podobný průběh, tedy mírný pokles.



Obr. 59: Obsah výměnných kationtů hliníku (Al_{vym}) a železa (Fe_{vym}) v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Aktuální kationtová výměnná kapacita (CEC) jako suma kationtů vázaných v půdním sorpčním komplexu v organominerálních horizontech vápněných porostů pozvolna roste, kdežto v porostech kontrolních mírně klesá (Obr. 60). Zvýšení CEC ve vápněných porostech je způsobeno vyšším obsahem výměnných kationtů Ca a Mg a zároveň poklesem obsahu výměnných kationtů Al a Fe. V minerálních horizontech vápněných porostů nejsou tyto změny tak výrazné.

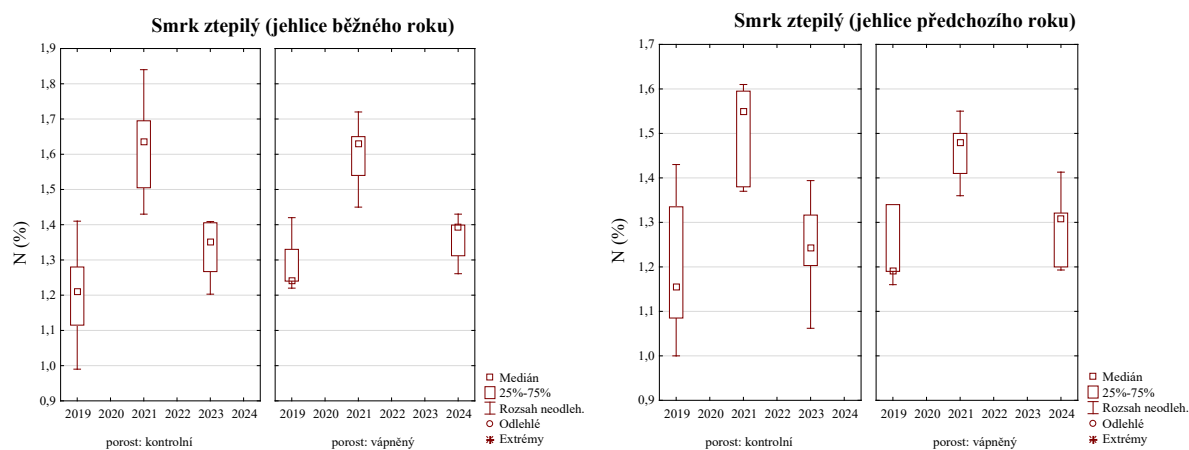


Obr. 60: Medián obsahu výměnných kationtů v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.2.2. Hodnocení obsahu prvků v jehlicích smrku ztepilého

4.2.2.1. Dusík

Obsahy dusíku v jehlicích běžného i předchozího roku v porostech vápněných i kontrolních v průběhu šetření statisticky významně kolísají. V roce 2023 (kontrolní) a 2024 (vápněné) byly obsahy v jehlicích významně nižší, než v roce 2021. Podobný průběh ve vápněných i v kontrolních porostech vylučuje vliv vápnění. Obsah dusíku v jehlicích běžného i předchozího roku je ve vápněných porostech hodnocen jako vyhovující.



Obr. 61: Obsah dusíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

Tab. 23: Průměrný obsah prvků v jehlicích běžného roku smrku ztepilého

	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
Al (mg/kg)	56,7	65,0	67,1	55,8	68,8	76,2
B (mg/kg)	14,2	18,6	15,7	11,9	16,2	12,1
Ca (mg/kg)	2430	3452	4142	2321	3537	4424
Cd (mg/kg)	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
Cr (mg/kg)	< 0,10	0,10	0,13	--	0,13	0,15
Cu (mg/kg)	3,00	3,33	3,35	2,75	3,16	2,40
Fe (mg/kg)	31,8	35,6	38,0	29,1	36,3	35,7
K (mg/kg)	6444	6144	5747	6105	6776	4874
Mg (mg/kg)	808	1174	1110	812	951	866
Mn (mg/kg)	225	280	262	317	456	445
N (%)	1,29	1,60	1,36	1,20	1,62	1,33
Ni (mg/kg)	1,12	0,94	1,11	1,65	1,35	1,28
P (mg/kg)	1548	1694	1715	1526	1934	1436
Pb (mg/kg)	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
S (mg/kg)	839	1028	913	830	1021	884
Zn (mg/kg)	28,8	33,9	36,7	25,7	31,8	38,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

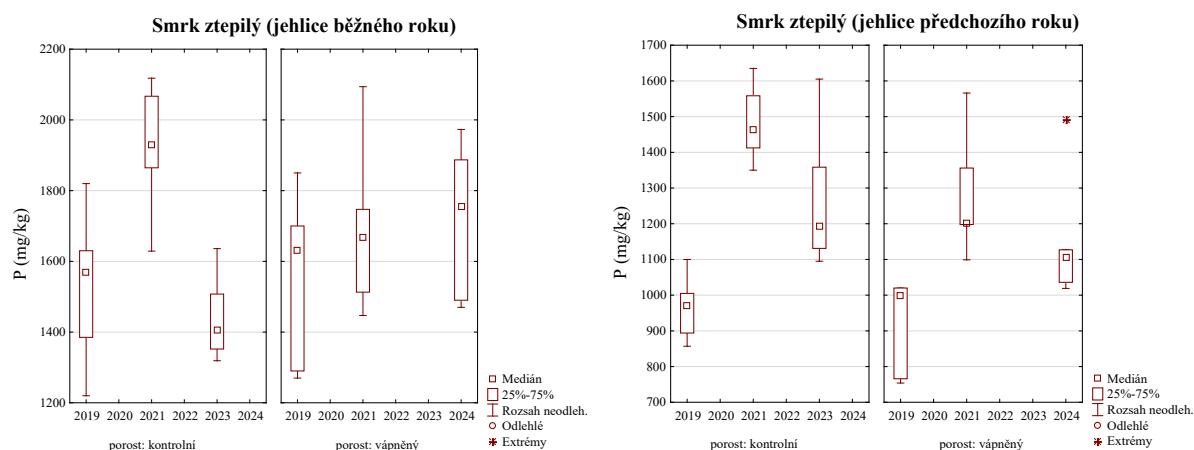
Tab. 24: Průměrný obsah prvků v jehlicích předchozího roku smrku ztepilého

	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023
Al (mg/kg)	79,5	97,3	104	98,2	125	96,8
B (mg/kg)	17,4	19,0	18,4	11,9	15,7	12,3
Ca (mg/kg)	4966	6122	5926	3989	6331	5967
Cd (mg/kg)	0,06	0,06	0,05	0,04	0,06	0,04
Cr (mg/kg)	0,12	0,15	0,18	0,13	0,16	0,16
Cu (mg/kg)	2,04	2,21	1,74	1,96	2,37	1,87
Fe (mg/kg)	45,8	47,5	51,7	45,1	50,9	45,4
K (mg/kg)	3854	4611	4252	3638	5059	4861
Mg (mg/kg)	879	1342	1196	744	873	754
Mn (mg/kg)	449	460	366	529	673	504
N (%)	1,24	1,46	1,29	1,20	1,50	1,25
Ni (mg/kg)	0,48	0,56	0,56	0,79	0,90	0,99
P (mg/kg)	912	1284	1156	962	1482	1258
Pb (mg/kg)	< 0,20	< 0,20	0,28	< 0,20	< 0,20	< 0,20
S (mg/kg)	857	1001	882	841	1009	862
Zn (mg/kg)	24,4	29,9	32,0	20,1	31,6	33,5

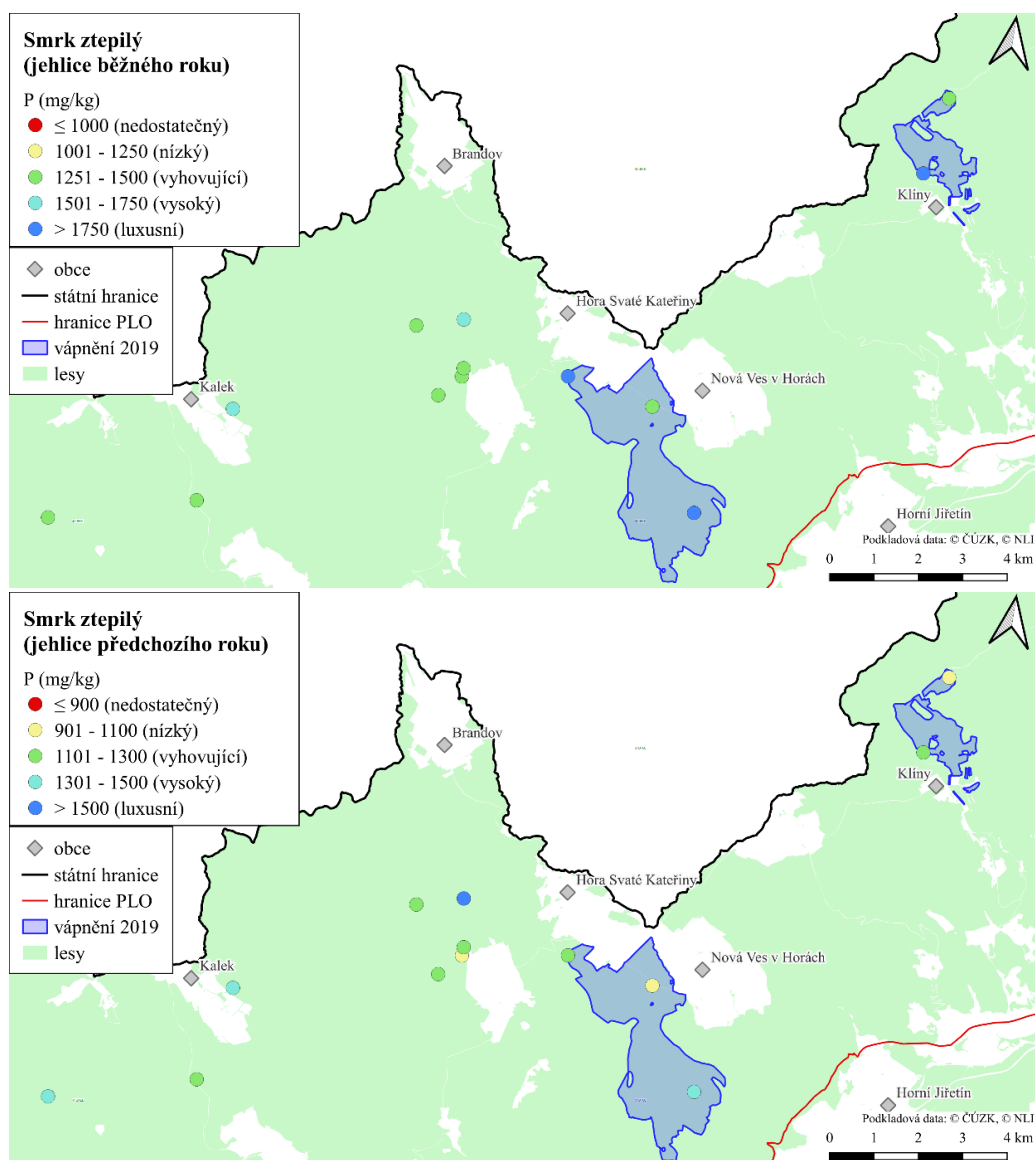
4.2.2.2. Fosfor

Obsah fosforu v jehlicích běžného roku se ve vápněných porostech statisticky významně nemění, ale průběžně mírně roste (Obr. 62). To naznačuje, že nemělo v tomto případě na výživu smrku negativní vliv a obsah fosforu je klasifikován jako vyhovující až luxusní (Obr. 63). V kontrolních porostech byl v roce 2023 zaznamenán nižší obsah fosforu v jehlicích běžného roku než v roce 2019.

V jehlicích předchozího roku během sledovaného období obsah fosforu ve vápněných a kontrolních porostech kolísá podobným způsobem. V roce 2024 je obsah vyšší než v roce 2019, tedy před vápněním, a je klasifikován jako nízký až vyhovující.



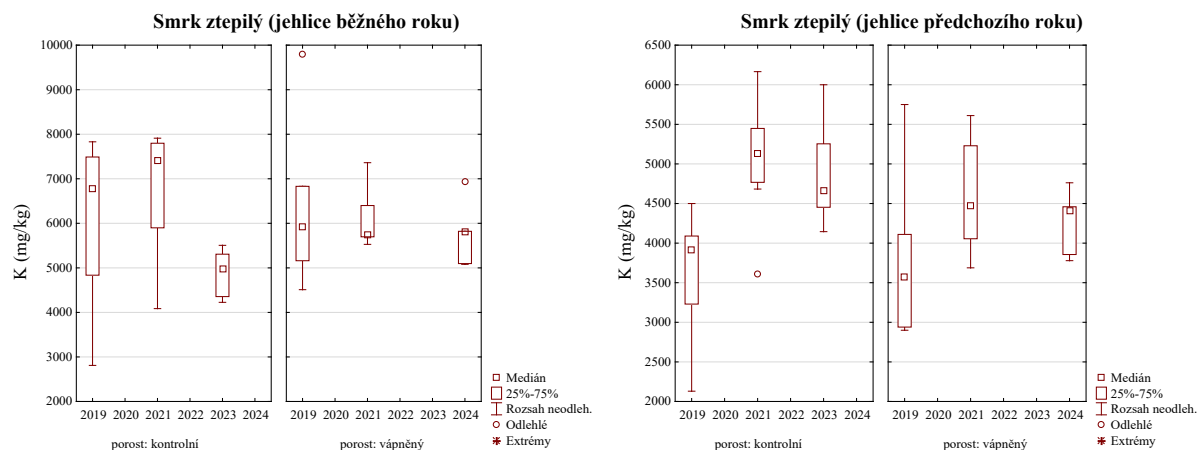
Obr. 62: Obsah fosforu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů



Obr. 63: Kartogramy hodnocení obsahu fosforu v jehlicích smrku ztepilého vápněných (2024) a kontrolních (2023) porostů

4.2.2.3. Draslík

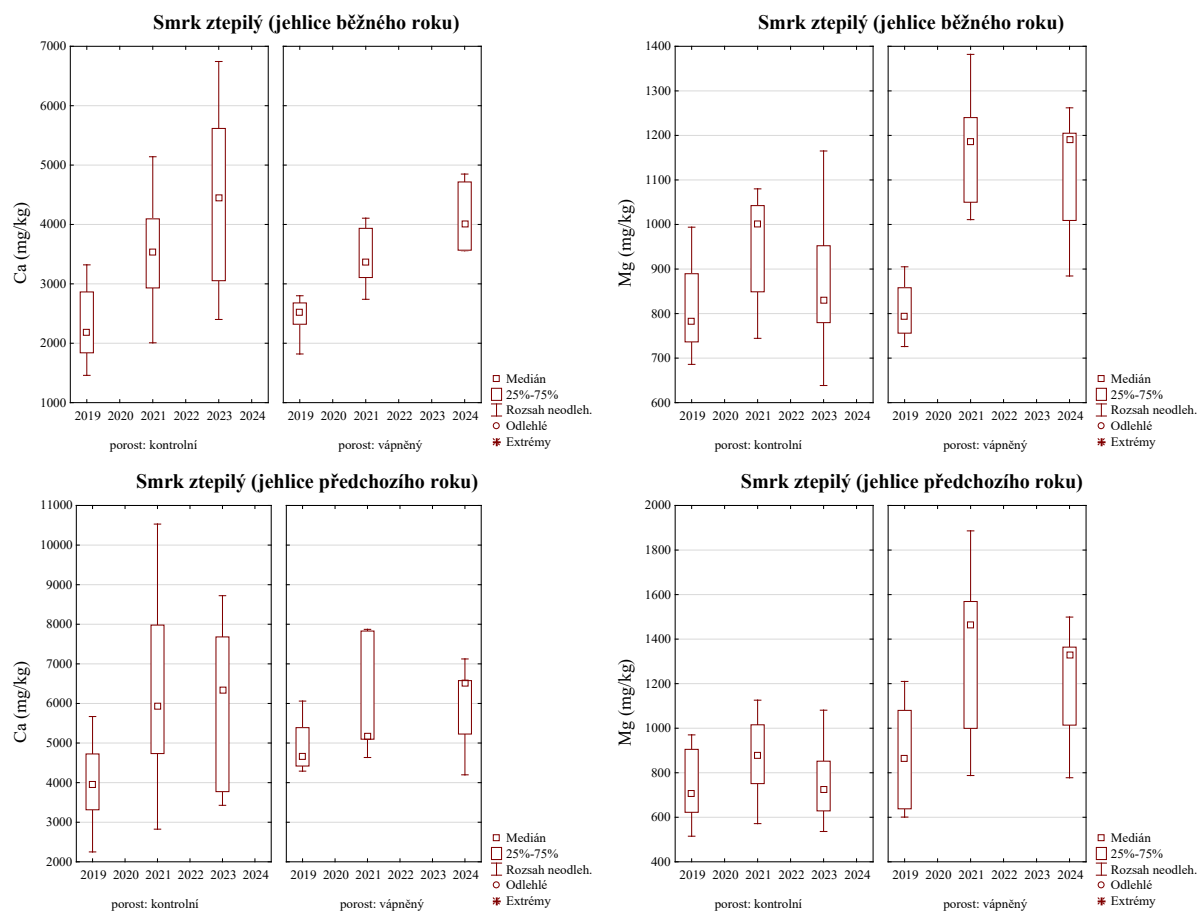
Výživa smrku ztepilého není podle výsledků chemických analýz vápněním nikterak ovlivněna. Změny v obsahu draslíku v jehlicích běžného i předchozího ve vápněných porostech odpovídají těm zjištěným v porostech kontrolních. Vápnění tedy na výživu smrku draslíkem nemělo vliv. V jehlicích běžného roku je obsah draslíku ve vápněných porostech klasifikován jako nízký a v jehlicích předchozího roku jako nedostatečný.



Obr. 64: Obsah draslíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.2.4. Vápník

Obsah vápníku se v jehlicích běžného roku statisticky významně zvyšuje jak v porostech kontrolních, tak i v porostech vápněných. Jelikož tyto změny probíhají i v kontrolních porostech, nelze v tomto případě hovořit pouze o vlivu vápnění. Obsah vápníku v jehlicích vápněných porostů je hodnocen jako nízký až vyhovující.

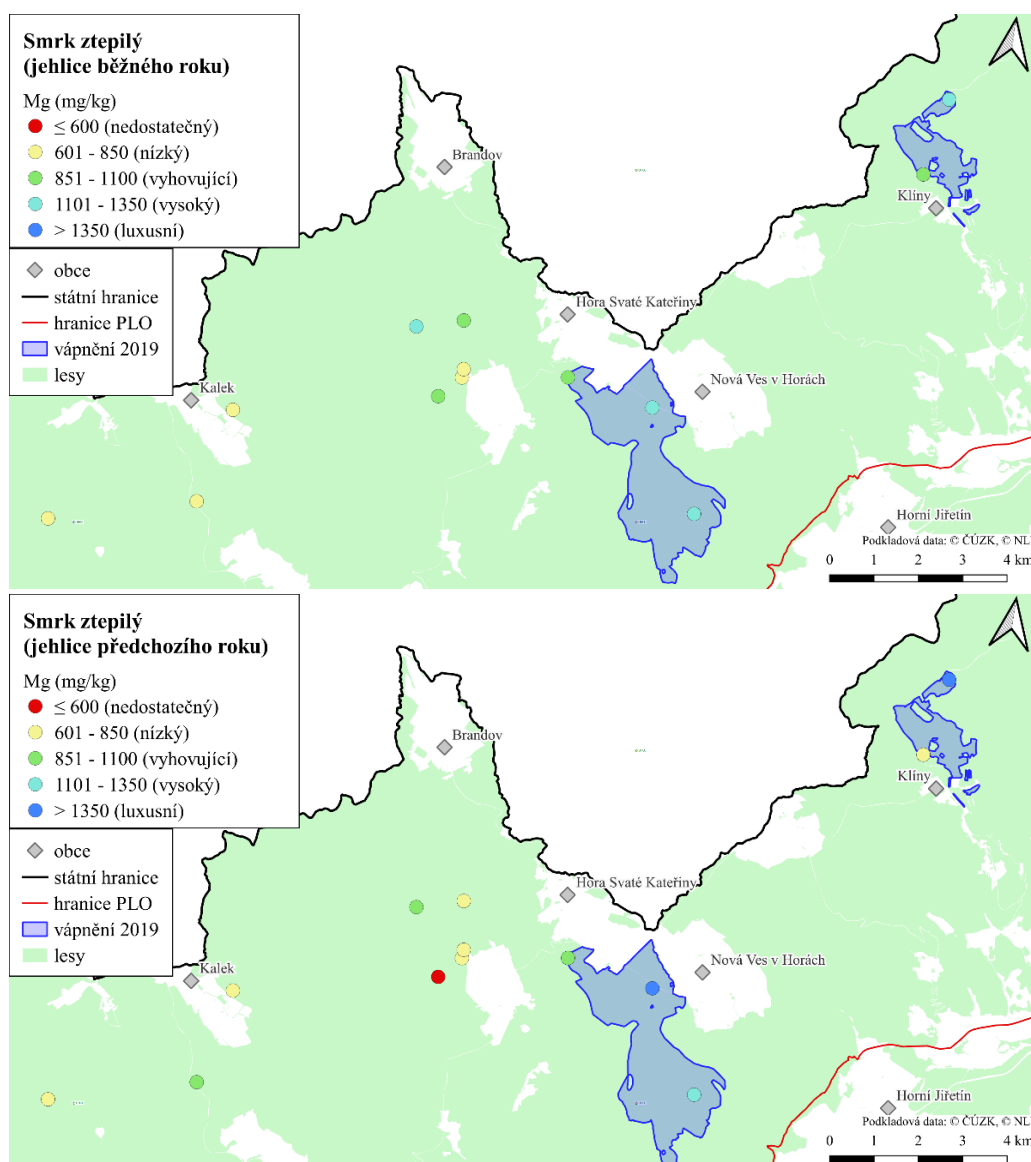


Obr. 65: Obsah vápníku a hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

Podobně můžeme pohlížet i na obsah vápníku v jehlicích předchozího roku. Obsah vápníku v jehlicích vápněných porostů je hodnocen jako vyhovující až vysoký.

4.2.2.5. Hořčík

Účelem vápnění je primárně zlepšit úroveň výživy hořčíku v asimilačních orgánech lesních dřevin, což se v tomto případě podařilo. Dva roky po vápnění se obsah hořčíku v jehlicích běžného roku zvýšil z nízké na vysokou úroveň a na této úrovni setrvává i pět let po vápnění.

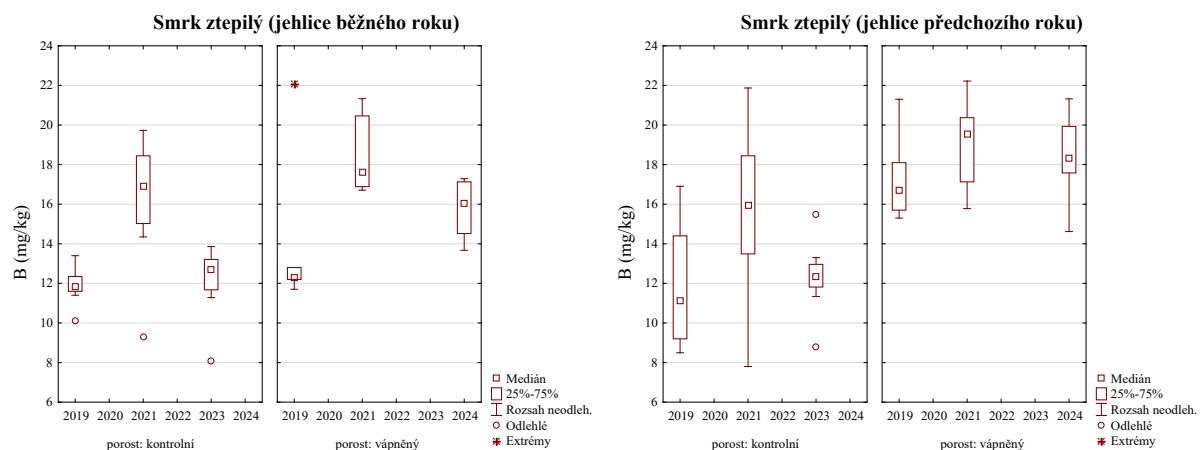


Obr. 66: Kartogramy hodnocení obsahu hořčíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných (2024) a kontrolních (2023) porostů

Podobné výsledky byly zjištěny i v jehlicích předchozího roku a ve vápněných porostech se obsah hořčíku udržuje na vysoké až luxusní úrovni výživy (Obr. 66).

4.2.2.6. Bór

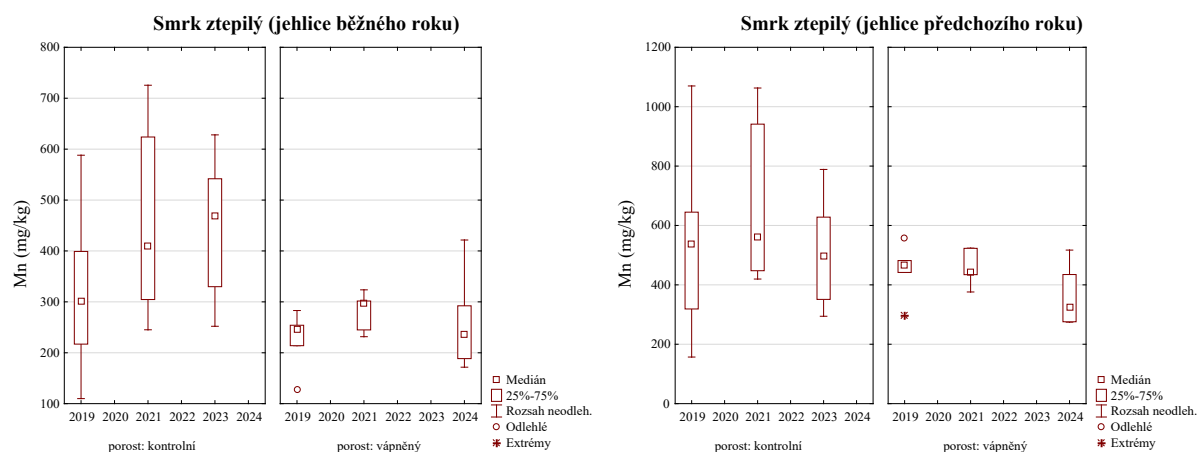
Možné negativní vlivy vápnění na obsah bóru je v tomto případě možné sledovat pouze přes výživu dřevin, protože obsah bóru v půdě se dlouhodobě pohybuje pod mezí stanovitelnosti ($0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$). Z uvedených výsledků (obr. 67) vyplývá, že výživa smrku ztepilého bórem nebyla v tomto případě narušena.



Obr. 67: Obsah bóru v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.2.7. Mangan

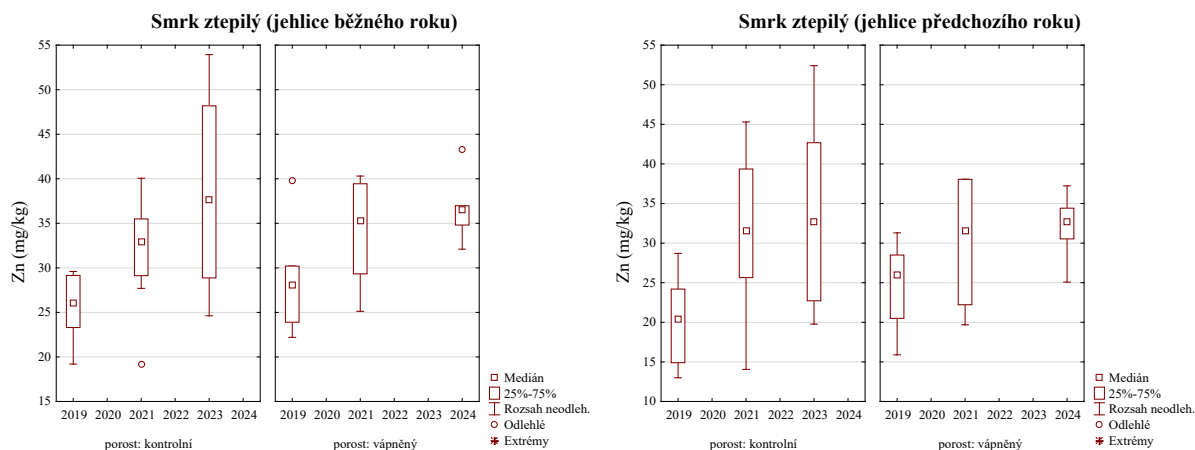
Výživa manganem v jehlicích smrku ztepilého se dlouhodobě pohybuje na přibližně stejné úrovni a vápnění tedy nemá na úroveň obsahu Mn v jehlicích výraznější vliv.



Obr. 68: Obsah manganu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.2.8. Zinek

Obsah zinku v jehlicích smrku ztepilého ve sledovaném období průběžně stoupá jak ve vápněných tak i v kontrolních porostech a v jehlicích vápněných porostů je úroveň obsahu Zn hodnocena jako střední.



Obr. 69: Obsah zinku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.2.9. Ostatní prvky

Obsah **hliníku** se v jehlicích běžného roku ve vápněných i v kontrolních porostech průběžně zvyšuje (Tab. 23). Ve vápněných porostech zvýšení obsahu hliníku není tak výrazné a obsah hliníku je zde hodnocen jako velmi nízký. V jehlicích předchozího roku dochází ke zvýšení obsahu hliníku pouze ve vápněných porostech a dostávají se tak na úroveň obsahu hliníku v porostech kontrolních (Tab. 24). Obsah hliníku je zde hodnocen jako velmi nízký až nízký.

Dalším prvkem, jehož obsah se v jehlicích vápněných porostů průběžně zvyšuje, je **železo**. I přes toto pozvolné zvyšování je obsah Fe v jehlicích vápněných porostů klasifikován stále jako velmi nízký.

Obsah **kadmia** v jehlicích běžného i předchozího roku vápněných porostů zůstává stabilní a je hodnocen jako velmi nízký.

Mezi prvky, jejichž obsah v jehlicích předchozího roku vápněných porostů pozvolna roste, patří i další rizikové prvky, tj. **chróm** a **olovo**. V případě olova i chrómu dochází ke zvýšení obsahu jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech. Nejedná se tedy o změny způsobené vápněním. Obsah Pb a Cr je v jehlicích hodnocen jako velmi nízký.

Obsah **mědi** v jehlicích vápněných i kontrolních porostů ve sledovaném období vykazuje podobný průběh, což vylučuje vliv vápnění na obsah tohoto prvku v jehlicích. Obsah mědi v jehlicích vápněných porostů je hodnocen jako nízký.

Obsah **niklu** v jehlicích vápněných porostů je srovnatelný s obsahem zjištěným před vápněním a je hodnocen jako nízký.

Obsah **síry** v jehlicích vápněných porostů v průběhu sledování kolísá podobně jako v kontrolních porostech.

4.2.2.10. Hodnocení poměrů prvků v jehlicích

Problematikou hodnocení úrovně výživy pomocí vzájemných poměrů prvků v asimilačních orgánech se zabývali ŠRÁMEK A KOL. (2009). Podle údajů uveřejněných v této

studii (Tab. 25) nebyly ve vápněných porostech zjištěny problémy ve výživě sledovanými makroprvky.

Tab. 25: Hodnocení vyváženosti výživy podle poměru vybraných prvků (medián) v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách

	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Modelový*	7,01 – 12 (6 - 12)	1 - 3	2 - 7	8 - 14	0,8 - 2,4	2,2 - 6,4	2,5 - 5
Vápněné (2024)	7,39	2,39	3,48	12,0	1,26	4,60	3,84
Kontrolní (2023)	9,26	2,70	2,87	15,6	1,05	5,59	5,27

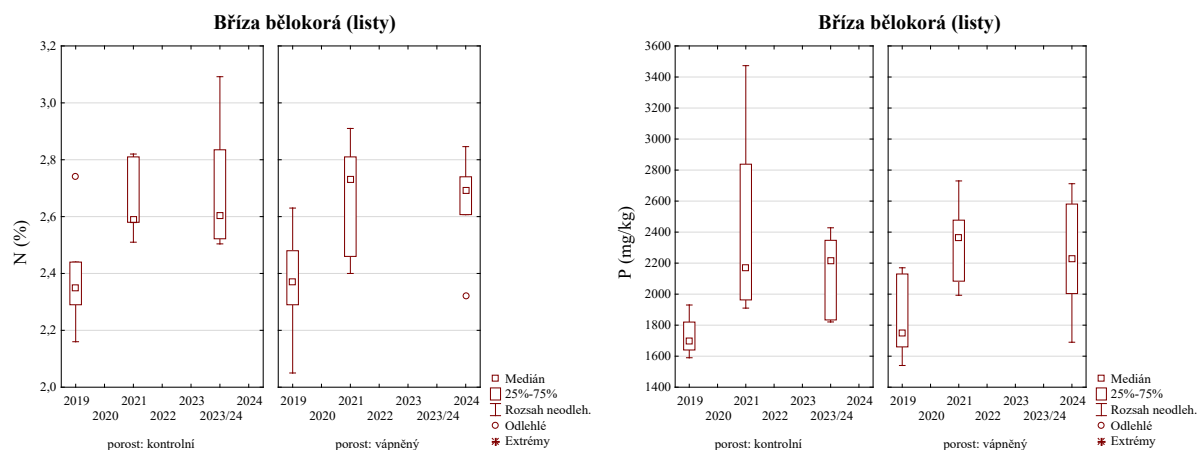
*(ŠRÁMEK A KOL., 2009)

V kontrolních porostech poměr N/Mg a poměr Ca/Mg překračují horní hranici vyvážené výživy a potvrzují nedostatek hořčíku ve výživě smrku ztepilého kontrolních (nevápněných) porostů.

4.2.3. Hodnocení obsahů prvků v listech břízy bělokoré

4.2.3.1. Dusík

Obsah dusíku se během sledovaného období ve vápněných porostech zvýšil z nízké na vyhovující úroveň. Podobný průběh byl zaznamenán i v porostech kontrolních a s vápněním tedy tyto změny nesouvisí.



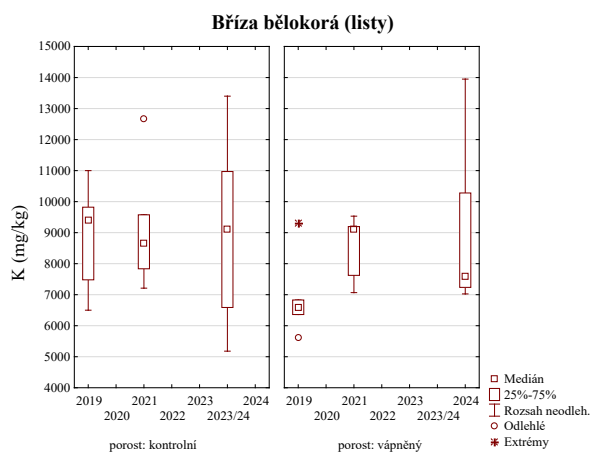
Obr. 70: Obsah dusíku a fosforu v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

4.2.3.2. Fosfor

Podobně jako u dusíku je zlepšení úrovně výživy zaznamenáno i u fosforu, kde je úroveň výživy klasifikována dokonce jako vysoká, a i v tomto případě není ovlivněna v důsledku vápnění.

4.2.3.3. Draslík

Obsah draslíku v listech není podle výsledků analýz ovlivněn vápněním a od roku 2019 se ve vápněných porostech mírně zvýšil. Ve vápněných porostech je klasifikován v širokém rozmezí od nízké až po luxusní úroveň výživy.



Obr. 71: Obsah draslíku v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

Tab. 26: Průměrný obsah prvků v listech břízy bělokoré

	Vápněný			Kontrolní		
	2019	2021	2024	2019	2021	2023/24
Al (mg/kg)	65,6	53,0	73,8	55,8	79,9	57,0
B (mg/kg)	31,7	26,1	34,4	29,6	23,3	29,0
Ca (mg/kg)	6518	7992	7672	5916	6989	6266
Cd (mg/kg)	0,17	0,24	0,14	0,17	0,26	0,20
Cr (mg/kg)	0,18	0,21	0,23	0,18	0,29	0,35
Cu (mg/kg)	4,97	5,77	6,43	5,09	6,00	6,29
Fe (mg/kg)	82,1	76,3	93,0	74,6	106	71,7
K (mg/kg)	6938	8509	9216	8983	9095	9028
Mg (mg/kg)	2572	3199	3630	2089	2070	2298
Mn (mg/kg)	552	703	452	791	989	921
N (%)	2,36	2,66	2,64	2,39	2,64	2,70
Ni (mg/kg)	1,40	2,06	2,05	2,77	3,65	3,75
P (mg/kg)	1850	2329	2243	1731	2410	2139
Pb (mg/kg)	0,92	0,94	0,88	0,87	0,73	0,84
S (mg/kg)	1692	1800	1872	1733	1753	1948
Zn (mg/kg)	163	195	216	164	205	181

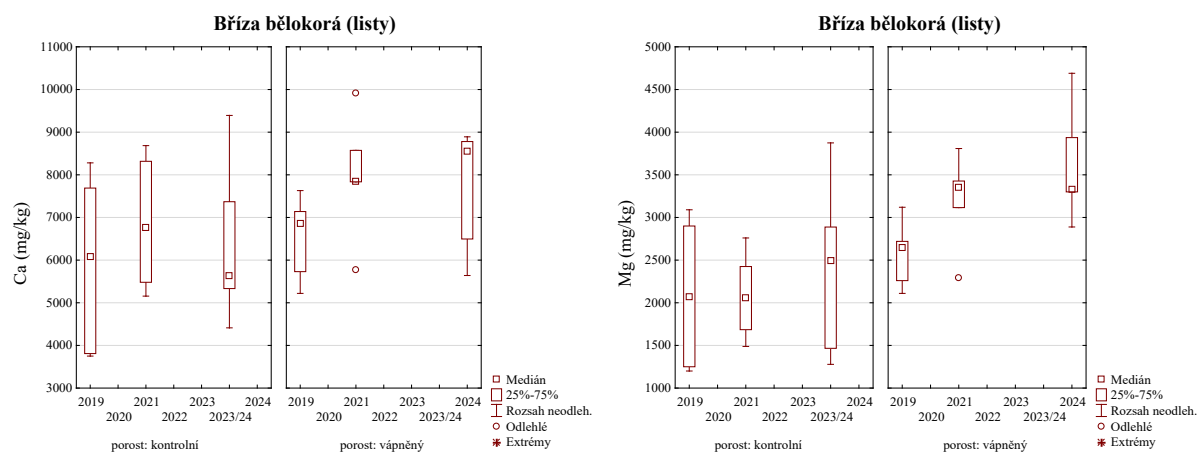
4.2.3.4. Vápník

Vliv vápnění se jednoznačně pozitivně projevuje na zlepšení úrovně výživy vápníkem (z vyhovující na vysokou). V kontrolních porostech se dlouhodobě pohybuje v oblasti nízké úrovně.

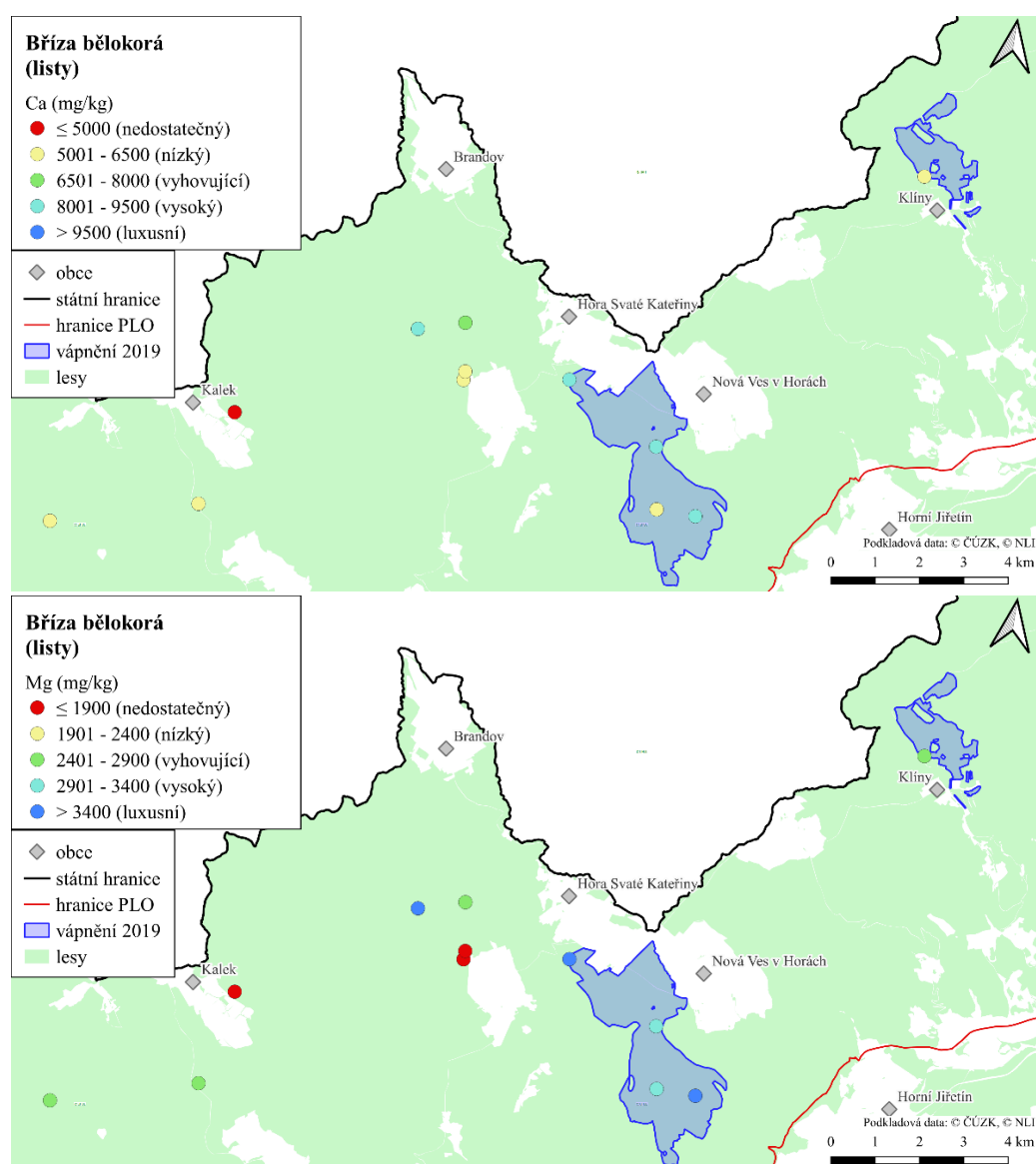
4.2.3.5. Hořčík

Vliv vápnění se v listech břízy bělokoré nejvíce projevil ve výživě hořčíkem (Obr. 72). Ve vápněných porostech se úroveň výživy hořčíkem pohybuje v oblasti vysoké až luxusní,

kdežto v porostech kontrolních zůstává ve většině případů v oblasti nedostatečné až vyhovující.



Obr. 72: Obsah vápníku a hořčíku v listech břízy bělokore vápněných a kontrolních porostů



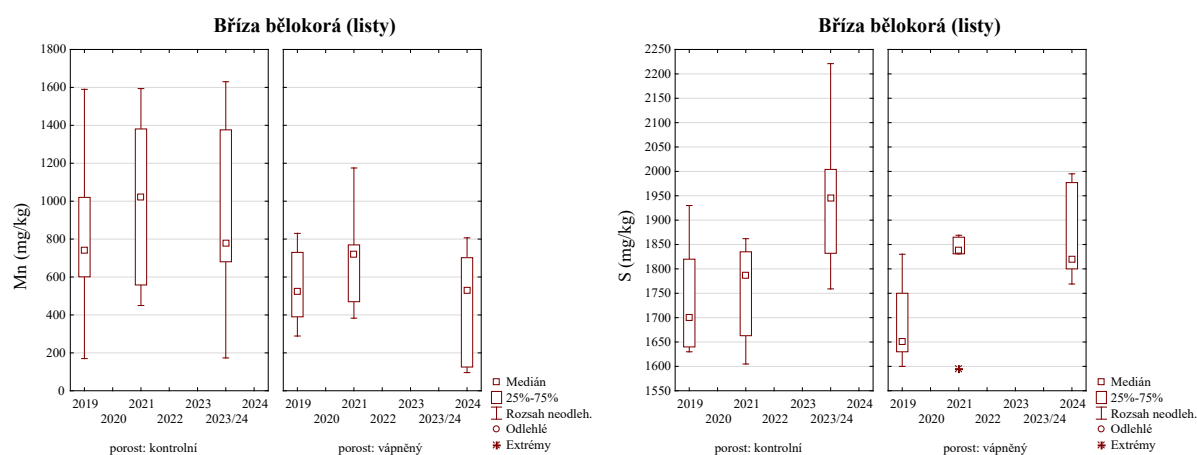
Obr. 73: Kartogramy hodnocení obsahu vápníku a hořčíku v listech břízy bělokore vápněných (2024) a kontrolních (2023/24) porostů

4.2.3.6. Bór

Výživa bórem v listech břízy není vápněním ovlivněna a dlouhodobě je dokonce vyšší než v porostech kontrolních (Tab. 26).

4.2.3.7. Mangan

Obsah manganu v listech břízy se dlouhodobě pohybuje okolo 500 až 600 mg.kg⁻¹, což je méně než v porostech kontrolních (Obr. 74). Vzhledem k tomu, že obsah Mn kolísá podobným způsobem jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech, nepovažujeme změnu v obsahu Mn v listech za důsledek vápnění.



Obr. 74: Obsah manganu a síry v listech břízy bělokoré vápněných a kontrolních porostů

4.2.3.8. Zinek

Mezi vápněnými a kontrolními porosty nejsou dlouhodobě zjištěny rozdíly v obsahu zinku v listech. Obsah Zn v listech je dlouhodobě hodnocen jako střední až vysoký.

4.2.3.9. Ostatní prvky

Obsah **hliníku** v listech vápněných porostů je po pěti letech od vápnění srovnatelný s hodnotami zjištěnými před vápněním a je hodnocen jako střední až vysoký.

Obsah **železa** kolísá v listech vápněných porostů podobně jako obsah hliníku a pět let po vápnění je hodnocen jako střední až vysoký.

Obsah **kadmia** v listech vápněných porostů kolísá podobně jako v kontrolních porostech a je hodnocen jako nízký.

Obsah **chrómu** v listech břízy se průběžně zvyšuje jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech. Ve vápněných porostech je hodnocen jako střední a v kontrolních jako vysoký.

Obsah **mědi** v listech se chová podobě jako obsah chrómu. Pozvolné zvyšování obsahu Cu v listech vápněných porostů vede k tomu, že je zde obsah Cu klasifikován jako střední až vysoký.

Obsah **olova** v listech vápněných i kontrolních porostů je poměrně stabilní a je hodnocen jako nízký.

Obsah **niklu** v listech vápněných porostů je výrazně nižší než v porostech kontrolních (Tab. 26). Pět let po vápnění je vyšší než před vápněním a je hodnocen jako nízký až střední. Zvýšení hodnot obsahu niklu je pozorováno i v kontrolních porostech, kde je nyní klasifikován jako velmi vysoký.

Obsah **síry** v listech se během sledování výrazně zvýšil, a to jak ve vápněných, tak i v kontrolních porostech.

4.3. Závěr

Podle dosažených výsledků rozborů půdních a rostlinných vzorků je vápnění hodnoceno jako účinné s převážně pozitivním vlivem na půdní vlastnosti a výživu dřevin.

Vápnění pozitivně ovlivnilo zejména hodnoty pH v celém půdním profilu. V nadložních organických horizontech vápněných porostů se i po pěti letech od aplikace vápence nachází poměrně vysoký obsah vápníku a hořčíku. Pronikání těchto prvků půdním profilem je poměrně pomalé, ale po pěti letech už je znatelná tendence ke zvyšování obsahu jak extrahovatelné formy, tak hlavně jejich přístupných obsahů. To je patrné hlavně v organominerálním horizontu a u přístupné formy jsou vyšší obsahy detekovány i v minerálních horizontech vápněných porostů. Navíc je tu předpoklad dalšího zvyšování obsahu těchto prvků v půdním profilu právě z důvodu jejich vysokého obsahu v nadložních organických horizontech. Vyšší obsah výměnných kationtů vápníku a hořčíku v půdním profilu má za následek i potlačení negativního vlivu kationtů Al^{3+} na výživu dřevin.

Ve sledované oblasti se prozatím nepotvrdily obavy z negativního vlivu vápnění na přístupnost fosforu a draslíku pro výživu dřevin. Obsah výměnných kationtů draslíku v organominerálních horizontech vápněných porostů dokonce pozvolna roste.

V nadložních organických horizontech vápněných porostů stoupá i obsah Mn, Zn, Cd, a Pb pravděpodobně v důsledku snížené mobility v důsledku vápnění.

Pokud má být vápnění účinné, musí se projevovat i ve výživě dřevin a tohoto cíle bylo po pěti letech od vápnění dosaženo. Doplnění Mg a Ca do půdy se projevilo zvýšením a stabilizací obsahu těchto prvků v jehlicích smrku ztepilého i v listech břízy bělokoré. Obsah ostatních prvků v asimilačních orgánech nebyl prozatím vápněním ovlivněn.

Sledovat účinnost vápnění z pohledu pozitivních i případných negativních účinků je vhodné i do budoucna. Horizont deseti let od aplikace se jeví jako další milník pro zhodnocení dlouhodobé účinnosti vápnění na lesní půdy a výživu dřevin.

4.4. Přílohy

4.4.1. Popisné statistiky

4.4.1.1. Nadložní organický horizont

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
Nad. humus (t/ha)	8	149	122	90,5	233	97,8	215
pH _{CaCl2}	8	3,44	3,43	3,14	3,84	3,32	3,55
pH _{H2O}	8	4,31	4,32	4,01	4,59	4,18	4,46
N (%)	7	1,03	1,06	0,78	1,23	0,84	1,19
Cox (%)	7	23,7	23,7	19,3	30,1	19,7	27,9
C/N	7	23,1	23,4	19,6	24,7	22,5	24,5
Al _{dus} (mg/kg)	8	8536	6974	5553	15980	6257	10146
B _{dus} (mg/kg)	8	2,13	2,13	1,71	2,50	1,90	2,38
Ca _{dus} (mg/kg)	8	1276	1292	581	2083	671	1807
Cd _{dus} (mg/kg)	8	0,18	0,16	0,05	0,40	0,10	0,23
Cr _{dus} (mg/kg)	8	9,70	7,76	4,43	21,8	5,84	12,1
Cu _{dus} (mg/kg)	8	8,34	8,35	5,52	11,1	7,14	9,59
Fe _{dus} (mg/kg)	8	8137	7657	2955	15750	5016	10525
K _{dus} (mg/kg)	8	1421	1383	1161	1980	1236	1495
Mg _{dus} (mg/kg)	8	763	546	423	1479	486	1069
Mn _{dus} (mg/kg)	8	188	152	24,2	451	81,6	280
P _{dus} (mg/kg)	8	966	874	640	1745	775	1022
Pb _{dus} (mg/kg)	8	120	116	75,1	156	107	142
Zn _{dus} (mg/kg)	8	49,0	49,5	20,9	90,5	33,3	57,5

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
Nad. humus (t/ha)	7	112	135	20,3	177	77,3	157
pH _{CaCl2}	7	4,60	4,67	3,32	6,13	4,18	4,99
pH _{H2O}	7	5,16	5,20	4,02	6,51	4,81	5,49
N (%)	7	1,29	1,26	0,89	1,72	1,13	1,47
Cox (%)	7	21,6	22,2	16,4	26,2	17,3	25,6
C/N	7	17,3	17,6	11,2	23,2	13,1	20,6
Al _{dus} (mg/kg)	7	7462	7046	6610	9212	6620	8302
B _{dus} (mg/kg)	7	2,32	2,07	1,53	3,48	1,94	2,90
Ca _{dus} (mg/kg)	7	7577	7211	1420	20130	3441	8210
Cd _{dus} (mg/kg)	7	0,75	0,69	0,62	0,90	0,65	0,87
Cr _{dus} (mg/kg)	7	10,9	11,2	7,99	14,1	9,38	11,5
Cu _{dus} (mg/kg)	7	13,2	14,7	6,27	18,4	10,3	15,5
Fe _{dus} (mg/kg)	7	8618	8479	5449	13210	7196	9266
K _{dus} (mg/kg)	7	1323	1230	1039	1865	1094	1532
Mg _{dus} (mg/kg)	7	3301	2736	681	9527	1568	3970
Mn _{dus} (mg/kg)	7	318	271	137	755	145	401
P _{dus} (mg/kg)	7	1150	1141	1074	1218	1118	1217
Pb _{dus} (mg/kg)	7	154	121	54,8	264	118	251
Zn _{dus} (mg/kg)	7	59,0	60,7	40,1	93,1	40,6	67,4

4.4.1.2. Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
pH _{CaCl2}	8	3,44	3,41	3,23	3,77	3,29	3,56
pH _{H2O}	8	4,22	4,16	4,00	4,54	4,09	4,35
Vým. acidita (mekv./kg)	8	114	113	39,2	164	96,0	144
C _{OX} (%)	8	3,99	4,63	1,66	5,37	2,83	5,01
N (%)	8	0,23	0,25	0,13	0,31	0,17	0,30
C/N	8	16,8	17,2	12,3	20,9	15,3	18,0
Al _{M3} (mg/kg)	8	1312	1317	751	1750	1202	1479
P _{M3} (mg/kg)	8	11,4	7,73	3,96	36,8	5,16	12,3
P _{M3_icp} (mg/kg)	8	16,2	9,26	5,15	38,5	5,95	27,9
K _{M3} (mg/kg)	8	84,7	84,1	38,8	152	51,6	108
Ca _{M3} (mg/kg)	8	144	96,6	68,8	471	73,0	135
Mg _{M3} (mg/kg)	8	45,9	25,4	17,7	155	21,0	51,1
B _{M3} (mg/kg)	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	8	552	602	276	697	497	623
S _{M3} (mg/kg)	8	18,0	16,7	11,2	29,0	14,5	20,6
P _{dus} (mg/kg)	8	128	111	42,5	229	89,2	174
K _{dus} (mg/kg)	8	160	176	61,1	240	119	196
Mg _{dus} (mg/kg)	8	245	173	52,7	893	90,4	245
Ca _{dus} (mg/kg)	8	200	117	60,7	768	84,7	185
Al _{dus} (mg/kg)	8	3029	2765	1057	7063	2184	3109
Cd _{dus} (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	8	4,33	2,44	0,90	13,6	1,55	6,09
Cu _{dus} (mg/kg)	8	4,75	3,79	1,14	12,4	2,33	6,16
Fe _{dus} (mg/kg)	8	6330	5900	787	11380	3806	9531
Mn _{dus} (mg/kg)	8	164	51,5	6,42	842	27,1	154
Pb _{dus} (mg/kg)	8	70,0	69,5	13,2	133	42,4	95,0
Zn _{dus} (mg/kg)	8	10,4	7,53	2,93	24,2	6,16	14,5
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	8	62,1	63,5	32,2	84,5	55,2	71,2
K _{VYM} (mekv./kg)	8	1,71	1,67	0,54	3,40	0,97	2,21
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8	8,10	4,01	2,70	32,2	3,31	7,62
Mg _{VYM} (mekv./kg)	8	3,40	1,79	1,01	13,1	1,44	3,31
Na _{VYM} (mekv./kg)	8	0,32	0,27	0,21	0,68	0,24	0,32
Mn _{VYM} (mekv./kg)	8	--	0,22	< 0,1	1,80	< 0,1	0,53
Al _{VYM} (mekv./kg)	8	56,7	58,0	28,7	76,5	50,9	65,2
Fe _{VYM} (mekv./kg)	8	2,03	1,68	< 0,3	4,49	0,89	3,21
CEC (mekv./kg)	8	75,6	77,5	36,9	107	62,9	90,2
BS (%)	8	16,2	11,2	8,65	45,5	8,97	17,5

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
pH _{CaCl2}	7	3,88	3,64	3,06	5,65	3,40	4,20
pH _{H2O}	7	4,62	4,41	3,79	6,23	4,21	4,85
Vým. acidita (mekv./kg)	7	145	152	84,8	195	115	171
C _{OX} (%)	7	5,69	5,67	4,73	6,59	4,87	6,28
N (%)	7	0,33	0,33	0,23	0,43	0,30	0,37
C/N	7	17,4	17,5	14,8	20,6	15,3	18,6
Al _{M3} (mg/kg)	7	1423	1446	1184	1548	1347	1529
P _{M3_icip} (mg/kg)	7	11,4	8,56	< 3,5	28,9	5,33	17,3
K _{M3} (mg/kg)	7	101	97,0	55,5	161	73,3	138
Ca _{M3} (mg/kg)	7	846	581	129	2622	141	1481
Mg _{M3} (mg/kg)	7	385	183	34,7	1306	57,2	663
B _{M3} (mg/kg)	7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,61	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	7	584	590	495	650	550	628
SM ₃ (mg/kg)	7	21,4	18,2	14,8	36,2	16,9	23,0
P _{dus} (mg/kg)	7	164	143	105	268	114	242
K _{dus} (mg/kg)	7	193	171	92,8	306	144	295
Mg _{dus} (mg/kg)	7	684	475	110	2058	116	1071
Ca _{dus} (mg/kg)	7	1221	687	140	4351	166	2049
Al _{dus} (mg/kg)	7	3426	3687	2382	3840	3004	3763
Cd _{dus} (mg/kg)	7	0,43	0,38	0,28	0,70	0,28	0,69
Cr _{dus} (mg/kg)	7	4,38	4,36	1,64	7,24	3,45	5,20
Cu _{dus} (mg/kg)	7	5,48	5,79	2,46	8,15	4,11	6,53
Fe _{dus} (mg/kg)	7	8509	8712	4841	12070	7362	9389
Mn _{dus} (mg/kg)	7	121	91,8	23,5	263	52,2	239
Pb _{dus} (mg/kg)	7	104	107	75,0	139	79,5	128
Zn _{dus} (mg/kg)	7	14,3	12,0	10,4	22,6	10,6	20,5
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	7	51,9	55,7	< 1	96,3	17,9	78,3
K _{VYM} (mekv./kg)	7	2,36	2,31	1,17	4,08	1,65	2,96
Ca _{VYM} (mekv./kg)	7	51,3	32,3	7,10	167	7,96	88,8
Mg _{VYM} (mekv./kg)	7	36,8	16,8	2,83	123	4,45	70,1
Na _{VYM} (mekv./kg)	7	0,26	0,25	0,20	0,44	0,21	0,30
Mn _{VYM} (mekv./kg)	7	0,75	0,37	0,10	3,19	0,15	0,65
Al _{VYM} (mekv./kg)	7	45,6	50,1	< 3	80,0	13,7	69,9
Fe _{VYM} (mekv./kg)	7	2,87	2,05	< 0,3	6,90	1,11	5,31
CEC (mekv./kg)	7	143	114	79,2	294	107	181
BS (%)	7	50,7	47,9	11,6	100	17,5	90,2

4.4.1.3. Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
pH _{CaCl2}	8	3,70	3,72	3,44	3,96	3,57	3,79
pH _{H2O}	8	4,46	4,47	4,13	4,77	4,37	4,55
Vým. acidita (mekv./kg)	8	101	102	66,4	140	86,0	115
C _{OX} (%)	8	2,55	3,08	0,18	4,53	0,96	3,80
N (%)	8	0,17	0,18	0,10	0,25	0,12	0,21
C/N	8	13,4	15,9	1,59	20,6	7,59	19,0
Al _{M3} (mg/kg)	8	1576	1594	1156	1747	1575	1686
P _{M3} (mg/kg)	8	12,7	5,34	3,54	45,4	4,36	16,5
P _{M3_icp} (mg/kg)	8	15,0	6,73	< 3,5	58,4	4,83	18,1
K _{M3} (mg/kg)	8	55,3	57,1	37,0	81,5	38,5	66,2
Ca _{M3} (mg/kg)	8	99,6	57,0	45,2	326	50,9	105
Mg _{M3} (mg/kg)	8	28,8	17,0	< 10	121	11,3	24,1
B _{M3} (mg/kg)	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	8	538	563	299	658	514	594
S _{M3} (mg/kg)	8	22,1	21,9	17,3	25,1	20,7	24,4
P _{dus} (mg/kg)	8	163	127	42,7	411	80,1	217
K _{dus} (mg/kg)	8	156	141	93,0	265	117	186
Mg _{dus} (mg/kg)	8	422	263	113	1399	173	494
Ca _{dus} (mg/kg)	8	167	97,7	43,9	598	63,2	188
Al _{dus} (mg/kg)	8	4636	4106	1878	9502	3580	5169
Cd _{dus} (mg/kg)	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} (mg/kg)	8	6,05	3,46	2,30	15,5	2,74	9,11
Cu _{dus} (mg/kg)	8	4,30	3,30	1,87	10,0	2,38	5,57
Fe _{dus} (mg/kg)	8	9800	10157	1361	15030	7156	13690
Mn _{dus} (mg/kg)	8	337	93,7	8,92	1697	66,4	334
Pb _{dus} (mg/kg)	8	50,8	52,4	17,1	70,8	39,2	67,7
Zn _{dus} (mg/kg)	8	12,3	11,0	5,12	24,7	6,63	16,8
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	8	57,0	58,1	43,2	74,0	47,0	64,4
K _{VYM} (mekv./kg)	8	0,97	1,01	0,56	1,65	0,70	1,08
Ca _{VYM} (mekv./kg)	8	5,72	2,74	2,20	21,2	2,42	6,02
Mg _{VYM} (mekv./kg)	8	2,20	1,19	0,59	9,63	0,81	1,68
Na _{VYM} (mekv./kg)	8	0,26	0,25	0,15	0,46	0,21	0,29
Mn _{VYM} (mekv./kg)	8	0,41	0,35	< 0,10	1,09	0,10	0,63
Al _{VYM} (mekv./kg)	8	54,9	57,3	40,0	70,1	45,5	61,6
Fe _{VYM} (mekv./kg)	8	1,34	0,89	< 0,3	4,10	0,45	1,89
CEC (mekv./kg)	8	66,2	67,6	48,0	80,3	57,6	75,5
BS (%)	8	13,2	9,08	6,80	41,8	7,43	11,8

Popisné statistiky – horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
pH _{CaCl2}	7	3,87	3,88	3,56	4,14	3,78	4,04
pH _{H2O}	7	4,61	4,63	4,24	4,97	4,49	4,80
Vým. acidita (mekv./kg)	7	101	99,2	83,2	120	89,2	117
C _{OX} (%)	7	3,42	3,16	2,92	4,33	3,03	3,73
N (%)	7	0,18	0,18	0,16	0,23	0,17	0,19
C/N	7	18,9	19,2	16,2	21,9	17,3	20,2
Al _{M3} (mg/kg)	7	1839	1824	1686	2083	1708	2001
P _{M3_icp} (mg/kg)	7	--	6,64	< 3,5	11,3	< 3,5	9,52
K _{M3} (mg/kg)	7	52,6	53,0	37,5	68,1	40,2	66,3
Ca _{M3} (mg/kg)	7	164	137	62,6	356	86,6	258
Mg _{M3} (mg/kg)	7	81,0	76,5	16,3	178	31,8	134
B _{M3} (mg/kg)	7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{M3} (mg/kg)	7	509	531	374	612	414	577
S _{M3} (mg/kg)	7	28,1	27,9	19,2	35,4	24,5	31,6
P _{dus} (mg/kg)	7	155	152	90,0	239	98,1	228
K _{dus} (mg/kg)	7	182	185	97,6	285	112	269
Mg _{dus} (mg/kg)	7	539	631	229	839	273	725
Ca _{dus} (mg/kg)	7	226	165	68,0	478	133	374
Al _{dus} (mg/kg)	7	6140	5622	4737	8194	4840	7745
Cd _{dus} (mg/kg)	7	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,42	< 0,2	0,31
Cr _{dus} (mg/kg)	7	6,41	5,34	3,63	12,9	4,29	7,41
Cu _{dus} (mg/kg)	7	3,16	3,07	1,43	5,25	1,87	4,08
Fe _{dus} (mg/kg)	7	12084	12180	8947	16150	9542	13230
Mn _{dus} (mg/kg)	7	187	218	81,5	229	133	229
Pb _{dus} (mg/kg)	7	62,4	60,9	47,0	87,1	47,4	73,8
Zn _{dus} (mg/kg)	7	16,8	19,5	12,4	20,4	12,4	20,0
(Al+H) _{VYM} (mekv./kg)	7	53,5	53,0	35,1	82,7	39,5	61,8
K _{VYM} (mekv./kg)	7	1,02	1,02	0,60	1,32	0,82	1,25
Ca _{VYM} (mekv./kg)	7	9,07	6,76	2,79	20,2	4,84	14,8
Mg _{VYM} (mekv./kg)	7	6,18	5,54	1,25	13,8	1,91	10,6
Na _{VYM} (mekv./kg)	7	0,21	0,19	0,13	0,29	0,15	0,28
Mn _{VYM} (mekv./kg)	7	0,32	0,26	0,13	0,69	0,21	0,42
Al _{VYM} (mekv./kg)	7	51,2	49,5	34,0	76,8	38,7	59,9
Fe _{VYM} (mekv./kg)	7	1,27	0,89	0,33	3,01	0,52	1,96
CEC (mekv./kg)	7	70,0	68,8	53,5	88,6	54,3	88,0
BS (%)	7	24,0	23,9	6,06	43,2	11,3	40,2

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod mezí stanovitelnosti

4.4.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
Al (mg/kg)	8	76,2	75,8	46,8	107	63,7	88,6
B (mg/kg)	8	12,1	12,7	8,07	13,9	11,7	13,2
Ca (mg/kg)	8	4424	4452	2401	6745	3054	5618
Cd (mg/kg)	8	0,05	0,04	< 0,02	0,11	0,03	0,07
Cr (mg/kg)	8	0,15	0,15	0,13	0,17	0,14	0,16
Cu (mg/kg)	8	2,40	2,38	2,00	2,72	2,28	2,57
Fe (mg/kg)	8	35,7	34,7	28,3	43,5	32,6	39,5
K (mg/kg)	8	4874	4970	4226	5506	4355	5307
Mg (mg/kg)	8	866	830	639	1165	780	952
Mn (mg/kg)	8	445	469	252	628	330	542
N (%)	8	1,33	1,35	1,20	1,41	1,27	1,41
Ni (mg/kg)	8	1,28	1,29	0,64	1,90	0,92	1,63
P (mg/kg)	8	1436	1407	1319	1636	1352	1508
Pb (mg/kg)	8	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,27	< 0,20	< 0,20
S (mg/kg)	8	884	915	775	977	801	945
Zn (mg/kg)	8	38,5	37,6	24,6	53,9	28,9	48,2

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
Al (mg/kg)	5	67,1	58,6	50,8	92,2	51,5	82,5
B (mg/kg)	5	15,7	16,1	13,7	17,3	14,5	17,1
Ca (mg/kg)	5	4142	4016	3559	4849	3568	4716
Cd (mg/kg)	5	0,07	0,08	0,03	0,13	0,05	0,08
Cr (mg/kg)	5	0,13	0,15	0,11	0,15	0,11	0,15
Cu (mg/kg)	5	3,35	3,30	3,30	3,45	3,30	3,40
Fe (mg/kg)	5	38,0	35,4	32,0	45,4	34,2	42,9
K (mg/kg)	5	5747	5806	5080	6931	5097	5821
Mg (mg/kg)	5	1110	1190	884	1262	1009	1205
Mn (mg/kg)	5	262	237	172	422	189	292
N (%)	5	1,36	1,39	1,26	1,43	1,31	1,40
Ni (mg/kg)	5	1,11	0,93	0,84	1,84	0,92	1,01
P (mg/kg)	5	1715	1754	1470	1973	1490	1887
Pb (mg/kg)	5	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,35	< 0,20	0,27
S (mg/kg)	5	913	919	854	963	888	940
Zn (mg/kg)	5	36,7	36,5	32,1	43,3	34,8	37,0

4.4.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – kontrolní porosty (2023)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
Al (mg/kg)	8	96,8	94,9	54,4	145	76,5	117
B (mg/kg)	8	12,3	12,3	8,80	15,5	11,8	13,0
Ca (mg/kg)	8	5967	6338	3428	8722	3774	7681
Cd (mg/kg)	8	0,04	0,03	< 0,02	0,09	0,03	0,06
Cr (mg/kg)	8	0,16	0,16	0,14	0,18	0,14	0,17
Cu (mg/kg)	8	1,87	1,92	1,45	2,06	1,78	2,01
Fe (mg/kg)	8	45,4	43,6	35,6	57,5	38,9	52,5
K (mg/kg)	8	4861	4665	4145	6000	4453	5254
Mg (mg/kg)	8	754	726	536	1081	629	852
Mn (mg/kg)	8	504	497	294	789	351	628
N (%)	8	1,25	1,24	1,06	1,39	1,20	1,32
Ni (mg/kg)	8	0,99	1,01	0,46	1,30	0,87	1,21
P (mg/kg)	8	1258	1192	1095	1605	1131	1359
Pb (mg/kg)	8	< 0,20	0,21	< 0,20	0,28	< 0,20	0,26
S (mg/kg)	8	862	880	772	932	792	925
Zn (mg/kg)	8	33,5	32,6	19,8	52,4	22,7	42,7

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
Al (mg/kg)	5	104	113	67,3	137	75,2	126
B (mg/kg)	5	18,4	18,3	14,6	21,3	17,6	19,9
Ca (mg/kg)	5	5926	6505	4198	7124	5227	6577
Cd (mg/kg)	5	0,05	0,06	< 0,02	0,09	0,04	0,06
Cr (mg/kg)	5	0,18	0,16	0,14	0,22	0,15	0,20
Cu (mg/kg)	5	1,74	1,76	1,43	2,14	1,55	1,82
Fe (mg/kg)	5	51,7	54,5	44,6	57,2	45,0	57,0
K (mg/kg)	5	4252	4405	3779	4762	3856	4459
Mg (mg/kg)	5	1196	1327	778	1499	1014	1364
Mn (mg/kg)	5	366	326	275	517	276	435
N (%)	5	1,29	1,31	1,19	1,41	1,20	1,32
Ni (mg/kg)	5	0,56	0,51	0,42	0,90	0,46	0,53
P (mg/kg)	5	1156	1106	1019	1492	1036	1127
Pb (mg/kg)	5	0,28	0,29	0,26	0,32	0,26	0,30
S (mg/kg)	5	882	867	825	946	855	915
Zn (mg/kg)	5	32,0	32,8	25,1	37,2	30,5	34,4

4.4.1.6. Bříza bělokorá - listy

Popisné statistiky – bříza bělokorá (listy) – kontrolní porosty (2023/24)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
Al (mg/kg)	7	57,0	59,5	42,3	78,7	43,0	69,4
B (mg/kg)	7	29,0	28,3	24,8	33,0	27,8	31,9
Ca (mg/kg)	7	6266	5627	4413	9392	5334	7369
Cd (mg/kg)	7	0,20	0,17	0,10	0,45	0,10	0,24
Cr (mg/kg)	7	0,35	0,38	0,24	0,44	0,30	0,39
Cu (mg/kg)	7	6,29	6,20	5,37	8,15	5,46	6,68
Fe (mg/kg)	7	71,7	77,0	57,1	79,8	58,8	79,2
K (mg/kg)	7	9028	9111	5179	13400	6588	10970
Mg (mg/kg)	7	2298	2492	1278	3874	1466	2888
Mn (mg/kg)	7	921	778	173	1630	681	1376
N (%)	7	2,70	2,60	2,50	3,09	2,52	2,84
Ni (mg/kg)	7	3,75	4,00	1,76	6,03	2,47	4,96
P (mg/kg)	7	2139	2213	1821	2428	1834	2347
Pb (mg/kg)	7	0,84	0,64	0,30	2,00	0,41	1,09
S (mg/kg)	7	1948	1945	1759	2221	1832	2004
Zn (mg/kg)	7	181	166	113	311	148	196

Popisné statistiky – bříza bělokorá (listy) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2024)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní (kvartil)	Horní (kvartil)
Al (mg/kg)	5	73,8	79,8	57,5	85,1	63,7	83,1
B (mg/kg)	5	34,4	33,7	28,5	40,1	33,6	36,2
Ca (mg/kg)	5	7672	8554	5640	8891	6495	8780
Cd (mg/kg)	5	0,14	0,15	0,03	0,22	0,12	0,16
Cr (mg/kg)	5	0,23	0,24	0,19	0,28	0,21	0,25
Cu (mg/kg)	5	6,43	6,37	5,97	7,08	6,06	6,66
Fe (mg/kg)	5	93,0	93,9	86,1	96,6	93,6	94,9
K (mg/kg)	5	9216	7588	7025	13950	7235	10280
Mg (mg/kg)	5	3630	3333	2889	4690	3300	3936
Mn (mg/kg)	5	452	530	96,0	807	125	702
N (%)	5	2,64	2,69	2,32	2,85	2,61	2,74
Ni (mg/kg)	5	2,05	1,97	1,52	2,87	1,78	2,11
P (mg/kg)	5	2243	2230	1690	2712	2004	2581
Pb (mg/kg)	5	0,88	0,95	0,48	1,11	0,83	1,03
S (mg/kg)	5	1872	1820	1769	1995	1800	1977
Zn (mg/kg)	5	216	215	133	300	182	248

5. Literatura

BRUNNER I, SPERISEN CH. (2013): Aluminum exclusion and aluminum tolerance in woody plants. *Frontiers in Plant Science*, 4, 12 p.

CRONAN CH. S., GRIGAL D. F. (1995). Use of Calcium/Aluminum Ratios as Indicators of Stress in Forest Ecosystems. *J. Environ. Qual.* 24: 209-226

FIALA P., REININGER D., SAMEK T., SUŠIL A. (2013): Průzkum výživy lesa v České republice 1997 – 2011. Brno, ÚKZÚZ. 148 s.

FIALA P., REININGER D., SVOBODA T. (2019): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách – „Litvínov“. Brno, ÚKZÚZ. 36 s.

FIALA P., REININGER D., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2023a): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Cínovec 1A“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ, 44 s.

FIALA P., REININGER D., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2023b): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Kryštofovy Hamry A, Vejprty B a Kovářská A“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ. 52 s.

FORMÁNEK P., VRÁNOVÁ V. (2003): A contribution to the effect of liming on forest soils: review of literature. *Journal of Forest science*, 49, 182 – 190.

JANSSON G. (2002): Cadmium in Arable Crops, The influence of soil factors and liming. Uppsala, Swedish University of Agricultural sciences, Doctoral thesis. 41 s.

KARALIĆ K., LONČARIĆ Z., POPOVIĆ B., ZEBEC V., KEROVEC D. (2013): Liming effect on soil heavy metals availability. *Poljoprivreda*, 19, 59-64.

RAHMAN A., LEE S.-H., JI H. CH., KABIR A. H., JONES CH. S., LEE K.-W. (2018): Importance of Mineral Nutrition for Mitigating Aluminum Toxicity in Plants on Acidic Soils: Current Status and Opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 28 p.

REININGER D., FIALA P., MORÁVKOVÁ P., SVOBODA T. (2023): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách „Litvínov A, Jirkov A, Hora Sv. Kateřiny A“ pět let po vápnění. Brno, ÚKZÚZ. 54 s.

REININGER D., SVOBODA T., MORÁVKOVÁ P. (2024): Kompletní vyhodnocení analýz půdních a rostlinných vzorků odebraných v roce 2023 pro hodnocení účinnosti a kvality vápnění lesa v Krušných horách. Brno, ÚKZÚZ, 230 s.

ŠRÁMEK V., LOMSKÝ B., NOVOTNÝ R. (2009): Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – Literární přehled. Zprávy lesnického výzkumu, 54, str. 307 – 315.

ŠRÁMEK V., FADRHOŇSOVÁ V., VORTELOVÁ L., LOMSKÝ B. (2012): Development of chemical soil properties in the western Ore Mts. (Czech Republic) 10 years after liming. Journal of Forest Science, 58: 57–66.

ŠRÁMEK V., FADRHOŇSOVÁ V., NEUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ K., CIENCIALA E., BORŮVKA L. (2024): Zásoby uhlíku v lesních půdách a lesní hospodářství – review. Zprávy lesnického výzkumu. 69, str. 22-36.

VAVŘÍČEK D., KUČERA A. (2014): Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Mendelu, Brno, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Učební text. Dostupné na https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf.

