

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
Oddělení půdy a lesnictví

Central Institute for Supervising
and Testing in Agriculture
ISO 9001 certified



**Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého
vápnění v Krušných horách
„Kraslice 1“
pět let po vápnění**

dle specifikace činností č.j.: MZE-24276/2021-16212, spojených s řešením úkolů, které pro MZe – úsek lesního
hospodářství provádí ÚKZÚZ Brno

Závěrečná zpráva

Zpracovali: Dr. Ing. Přemysl Fiala
Ing. Dušan Reininger, Ph.D.
Ing. Tomáš Svoboda

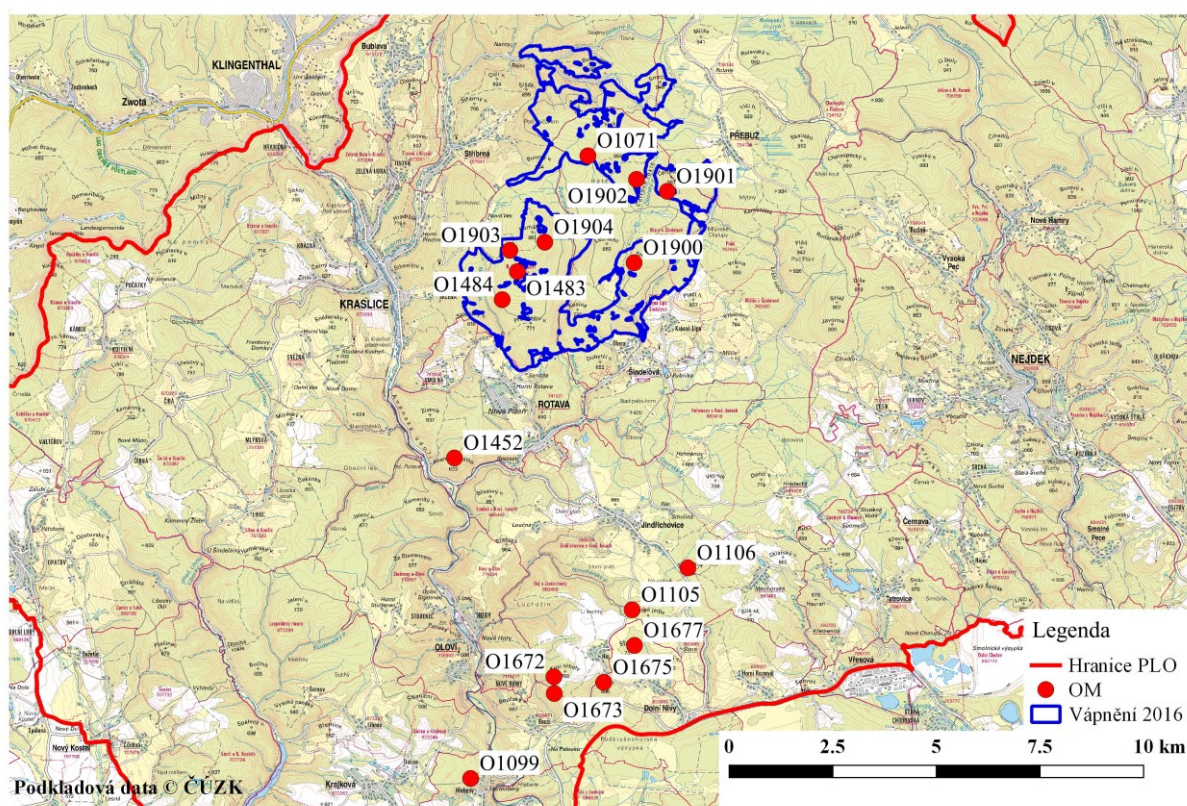
Obsah

1. Úvod.....	5
2. Metodika.....	6
3. Popis stanovišť	7
4. Výsledky.....	10
4.1. Půdní prostředí	10
4.1.1. Nadložní materiál	10
4.1.2. Uhlík a dusík	10
4.1.3. Půdní chemická reakce.....	11
4.1.4. Fosfor	12
4.1.5. Draslík	13
4.1.6. Vápník a hořčík	14
4.1.7. Olovo	15
4.1.8. Železo	16
4.1.9. Síra	16
4.1.10. Zinek.....	17
4.1.11. Hliník, chrom, kadmium, měď a bór.....	17
4.1.12. Půdní sorpční komplex.....	17
4.2. Hodnocení obsahů prvků v jehlicích smrku ztepilého	21
4.2.1. Hořčík.....	21
4.2.2. Vápník	21
4.2.3. Draslík	22
4.2.4. Dusík	23
4.2.5. Fosfor	24
4.2.6. Síra	24
4.2.7. Mangan.....	25
4.2.8. Bor.....	25
4.2.9. Hliník, železo, zinek.....	26
5. Závěr.....	27
6. Literatura	28
7. Přílohy	29
7.1. Popisné statistiky.....	29
7.1.1. Nadložní organický horizont.....	29
7.1.2. Horizont organominerální	31
7.1.3. Horizont minerální	33
7.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku	35
7.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku.....	37
7.2. Kartogramy.....	39
7.2.1. pH _{H2O}	39
7.2.2. Vápník	40
7.2.3. Hořčík.....	44

1. Úvod

Na území **LS Kraslice** proběhlo v roce 2021 šetření účinnosti vápnění na osmi odběrných místech ve vápněných porostech. Jako kontrola byly použity výsledky z osmi odběrných míst z nevápněných lesních porostů. Na dotčených pozemcích proběhlo v letech 2016 vápnění lesních porostů. Soubor časově navazujících měření chemických vlastností na vápněných plochách z let 2016, 2018 a 2021 a v letech 2015, 2017 a 2021 na kontrolních plochách poskytuje možnost popsat vývoj chemických vlastností v půdních profilech těchto stanovišť.

Toto šetření bylo vykonáno na základě specifikace činností č.j.: MZE-24276/2021-16212, kterou pověřuje ÚKZÚZ MZe ČR.



Obr. 1: Umístění odběrných míst (OM)

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, software StatSoft, Inc. (2013), STATISTICA (data analysis software system), version 12 a software Surfer, <http://www.goldensoftware.com/>.
- Pro hodnocení statisticky významných rozdílů mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulce 1.

Tab. 1. Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech

			Porost					
			Vápněný			Kontrolní		
			2016	2018	2021	2015	2017	2021
Porost	Vápněný	2016		Ano	Ano	Ano		
		2018	Ano		Ano		Ano	
		2021	Ano	Ano				Ano
	Kontrolní	2015	Ano				Ano	Ano
		2017		Ano		Ano		Ano
		2021			Ano	Ano	Ano	

3. Popis stanovišť

Pro účel vyhodnocení účinnosti vápnění po dvou a následně pěti letech byly založeny odběrná místa ve vápněných a kontrolních porostech (Obr. 1). Ve vápněných porostech se odebíraly půdní a rostlinné vzorky před vápněním a po dvou a pěti letech od vápnění. Odběrná místa jsou topograficky stabilizována a výsledky chemických analýz jsou archivovány.

Tab. 2: Seznam odběrných míst

vápněná	Vlastník	Por.sk.	Zastoupení dřevin	Lesní typ
01071	LS Kraslice	202C ₉	SM100	7K5
01483	LS Kraslice	216C ₇	SM100, MD +, BK +	6M1
01484	LS Kraslice	235C ₉	SM100, BK +	6K1
01900	LS Kraslice	227D ₉	SM100	6M1
01901	LS Kraslice	208D ₉	SM100	7K5
01902	LS Kraslice	210E ₉	SM100	7K5
01903	LS Kraslice	215D ₉	SM100	6K1
01904	LS Kraslice	216B ₁₃	SM100	7K1
Kontrolní	Vlastník	Por.sk.	Zastoupení dřevin	Lesní typ
01099	LS Kraslice	644C _{11a}	SM85, BO5, MD5, BK5	4F1/5I2
01105	LS Kraslice	608B _{12d}	SM100	5K1
01106	LS Kraslice	465C _{8a}	SM100	6K1
01452	LS Kraslice	430B ₁₁	SM64, BO30, MD6	5K2
01672	LS Kraslice	614B ₈	SM100, BK +	5K1
01673	LS Kraslice	613B _{13a}	SM100	5K1
01675	LS Kraslice	612C ₁₃	SM88, BO6, BK3, BR3	5N4
01677	LS Kraslice	611C ₁₀	SM100	5K1

Tab. 3: Popis půdního prostření šetřených stanovišť

vápněná	nadložní horizont	organominerální horizont	minerální horizont
01071	F filcový – sypký, H krémovitý, přechod hladký.	5YR2.5/2 kávově hnědá, rH, drobtovitá, drobivá, přechod rozlámaný	2.5YR4/8 rezivá, jH, hrubě hranolovitá, soudržná, vazká
01483	Převládá H, vrstevnatý (krémovitý)	10YR4/2, šedá, drobtovitá, drobivá, hP, přechod rozlámaný	10YR4/4, 5YR4/6 rezivá, hrudkovitá, pH, drobivá
01484	F + H, přechod hladký	7.5YR4/3 shora kávově hnědá, dole šedá, skvrny četné, hP, drobtovitá, drobivá, místy vybělený rezivý horizont	7.5YR6/4, 7.5YR4/6, vysvětlená, vespod rezivá, pH, hranolovitá, vazká, podklad – žula, barva podle % jílu.
01900	F + H, filcový, přechod hladký, místy nevyvinutý	7.5YR5/2, hnědý, shora černý, přechod hladký, pH, drobtovitá, drobivá	7.5YR4/6, rezivá, přechod hladký, pH, drobivá, sypká
01901	H drobivý, vrstevnatý, přechod hladký	5YR5/2, šedá, hP, vybělená, sypká, přechod rozlámaný	7.5YR4/4, rezivá, hP, soudržná, vespod vazká
01902	F vrstevnatý, H mocnější, krémovitý	7.5YR3/1, 7.5YR5/2, hnědá, místy šedá, mramorovaná, vysvětlená, přechod rozlámaný, pH, drobtovitá, drobivá	5YR4/4, rezivá, pH, hranolovitá, soudržná – vazká.
01903	Mělký, převládá H, krémovitý, přechod hladký	10YR6/1, šedý, mramorovaný, hP, drobtovitá, drobivá	5YR4/4, rezivá, pH, hranolovitá, soudržná – vazká, zahliněné kameny
01904	F filcový, H krémovitý, záteky mezi balvany	2.5YR6/2, šedá, náznaky vysvětlení, hP, písek, drobtovitá, sypká variabilní mocnost až do 50 cm.	7.5YR5/6, rezivá, rH, hrubě hranolovitá, soudržná – vazká.
kontrolní	nadložní horizont	organominerální horizont	minerální horizont
01099	dominuje H, přechod vlnitý	7.5YR4/6 hnědá, místy vybělená, hrudkovitá, soudržná, pH	7.5YR5/6 tmavě hnědá až rezivá, drobtovitá, vazká, pJH
01105	F + H, filcový, krémovitý	Hnědá – narůžovělá rH, drobtovitá, kyprá	Rezivá, jH, hrubě hranolová, vazká
01106	F + H, F filcový, H krémovitý	7.5YR3/2 hnědá, středně humózní, hP, hrudkovitá, kyprá	10YR4/6 hnědá až rezivá, hP, hrubě hranolovitá, soudržná
01452	F + H, vyvinutý, filcovitý, přechod ostrý	7.5YR3/2 hnědá, shora humózní, místy redukční horizont, pH, místy výrazná podzolizace, drobivá, místy vazká	7.5YR4/6 rezivá, rhJ, hranolovitá, vazká
01672	převládá F, ostrý přechod	10YR3/2, tmavě hnědá, shora humózní, H, drobtovitá	Světle hnědá – oranžová, 10YR4/4, H, hrudkovitá, sypká
01673	převládá F, H filcovitý, přechod ostrý	hnědá, 10YR3/3, silně humózní, slída, rH, hrudkovitá	Světle hnědá, 10YR6/4, H, hranolovitá
01675	převládá F, filcovitý, H místy drobivý, přechod hladký	7.5YR3/2, tmavě hnědá, místy silně humózní, rH, drobtovitá, drobivá	7.5YR5/6, skořicově hnědá, rH, hranolovitá, soudržná
01677	F + H, filcový, převládá H, přechod ostrý	7.5YR3/3 tmavě hnědá, hP, krupnatá, sypká	7.5YR5/6 světle hnědá, přechod nevýrazný, rH, krupnatá

Pro zmitost použity půdознаecké zkratky

Pro zvýšení přesnosti porovnávání množství nadložního organického materiálu, případně podchycení změn v popisech půdních horizontů, jsou změřeny jednotlivé mocnosti i na každém odběrném místě. Průměrné hodnoty se berou v úvahu při hodnocení změn.

Tab. 4: Hodnocení shody mocností vzorkovaných horizontů (2021)

OM	Vápněná stanoviště		
	(F+ H)	A _h	(A + B)
01071	7	10	10
01483	8	13	9
01484	9	15	10
01900	6	6	13
01901	9	20	7
01902	9	9	7
01903	5	11	15
01904	8	24	7
průměr	8	14	10
OM	Kontrolní stanoviště		
	(F+ H)	A _h	(A + B)
01099	9	9	13
01105	8	4	18
01106	9	12	7
01452	9	7	7
01672	4	22	10
01673	8	16	14
01675	11	10	11
01677	7	8	13
průměr	8	11	12

(F+H) – nadložní organický horizont

A_h – organominerální horizont

(A+B) – minerální horizont

Mocnost nadložního organického horizontu vápněných stanovišť je srovnatelná s kontrolními stanovišti (Tab. 4).

Na jednotlivých výkopcích se určuje početnost kořenů pro přibližnou opravu hmotnosti ostatního organického materiálu ve výkopku.

Tab. 5: Početnost kořenů na odběrných stanovištích (2021)

Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
Odběrné místo	hrubé	jemné		hrubé	jemné
01071	0,90	1,88	01099	1,33	1,11
01483	1,11	1,66	01105	0,55	1,33
01484	0,44	1,89	01106	0,55	1,66
01900	0,66	1,66	01452	0,44	1,89
01901	0,89	1,56	01672	0,22	1,30
01902	1,67	1,44	01673	0,30	1,70
01903	1,00	1,78	01675	0,66	1,90
01904	1,00	1,78	01677	1,7	1,40
průměr	0,96	1,71	průměr	0,72	1,54

Na vápněných stanovištích je zjištěn vyšší počet hrubých kořenů (Tab. 5). V roce 2015, 2016, 2017 a 2018 nebyl počet kořenů zjišťován.

Vybraná kontrolní odběrná místa odpovídají dřevinnou skladbou, věkem i lesním typem místům vápněným. Sledování odlišného vývoje má tedy společný základ v podobnosti stanovišť vápněných i kontrolních míst.

4. Výsledky

4.1. Půdní prostředí

4.1.1. Nadložní materiál

V letech 2016 – 2018 je ve vápněných porostech pozorován úbytek nadložního organického materiálu (Tab. 6). Toto snížení dáváme do souvislosti s vyšší mikrobiální aktivitou, vyvolanou změnou povahy rozkládajícího se materiálu. S nižším množstvím nadložního organického materiálu na vápněných plochách souvisí i vyšší množství prostoru zabraného objemem kořenů (Tab. 5).

Tab. 6: Nadložní materiál, spalitelný uhlík (C_{ox}), celkový dusík (N_{tot}) a poměr C/N (průměr, plochy vápněné)

Horizont	Nadložní materiál (t/ha)			C_{ox} (%)			N_{tot} (%)			C/N		
	2016	2018	2021	2016	2018	2021	2016	2018	2021	2016	2018	2021
(F + H)	125	105	112	24,4	31,7	31,9	1,22	1,47	1,34	20,2	21,7	24,0
A _h				4,74	3,89	3,62	0,17	0,23	0,20	29,2	17,4	18,3
(A + B)				4,46	3,54	3,32	0,13	0,20	0,19	39,1	17,4	17,7

(F+H) – nadložní organický horizont

A_h – organominerální horizont

(A+B) – minerální horizont

Na kontrolních plochách je u množství nadložního organického materiálu zaznamenán opačný trend. V roce 2021 zde bylo zjištěno statisticky významně vyšší množství nadložního materiálu než v roce 2015.

4.1.2. Uhlík a dusík

V období 2016 - 2021 se na vápněných plochách zvyšuje v nadložních horizontech podíl spalitelného uhlíku, který je odrazem vyšší produkce opadu snadno rozložitelného materiálu po vápnění. S vyšší produkcí tohoto materiálu souvisí vyšší množství celkového dusíku v nadložních organických horizontech, který se podobně jako C_{ox} významně zvyšuje v období těsně po vápnění (Tab. 6).

Tab. 7: Nadložní materiál, spalitelný uhlík (C_{ox}), celkový dusík (N_{tot}) a poměr C/N (průměr, plochy kontrolní)

Horizont	nadložní materiál (t/ha)			C_{ox} (%)			N_{tot} (%)			C/N		
	2015	2017	2021	2015	2017	2021	2015	2017	2021	2015	2017	2021
(F + H)	113	120	132	25,9	31,5	30,2	1,15	1,36	1,26	22,6	23,1	23,9
A _h				4,06	3,11	3,08	0,20	0,23	0,20	22,4	12,9	15,3
(A + B)				2,11	1,54	--	0,15	0,16	0,13	16,3	8,66	8,94

(F+H) – nadložní organický horizont

A_h – organominerální horizont

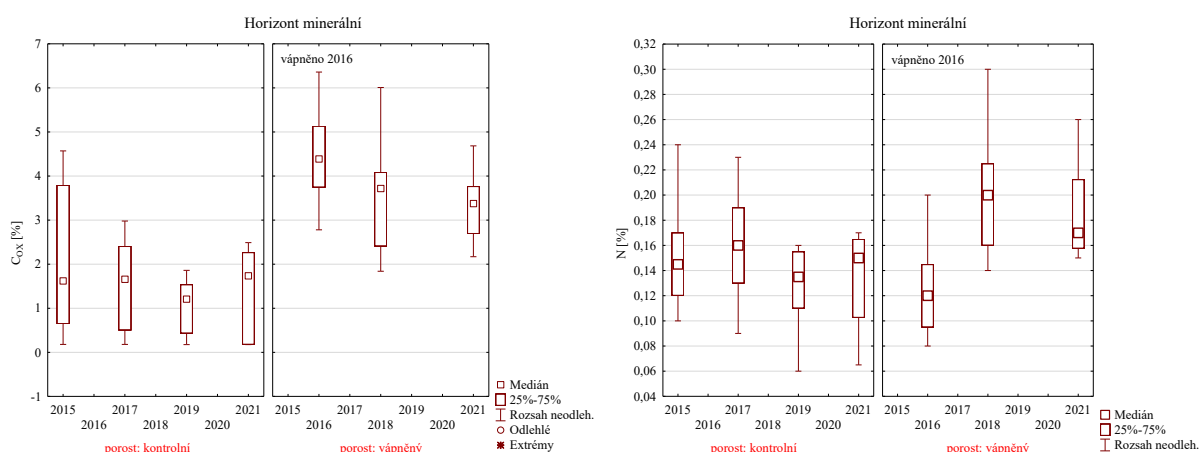
(A+B) – minerální horizont

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Vápnění zřejmě ovlivnilo pozvolný úbytek nadložního organického materiálu. Obohacení půdního profilu transportem rozloženého organického materiálu (C_{ox}) není zaznamenáno v organominerálních horizontech.

Hodnoty C_{ox} , které by s tímto obohacením mohly souviset, jsou naopak na vápněných i kontrolních plochách ve dvou letech i pěti letech po vápnění významně nižší. Snížení množství spalitelného uhlíku C_{ox} v souvislosti s vyšší rozkladnou činností je v organominerálních horizontech zjištěno na vápněných i kontrolních plochách. Nemá tedy důkazem účinnosti vápnění.

Obsah celkového dusíku (N_{tot}) se v organominerálních horizontech (A_h) vápněných porostů zvyšuje, a to mezi roky 2016 – 2018 významně (0,17 % - 0,23 %). Vzhledem k podobným, i když ne významným změnám na plochách kontrolních nelze jednoznačně rozhodnout o přímém vlivu vápnění na toto zvýšení. Pravděpodobnosti vlivu vápnění napovídá v tomto případě významné zvýšení N_{tot} ve spodních minerálních horizontech vápněných ploch. To se totiž neprojevuje na plochách kontrolních.



Obr. 2: Obsah uhlíku a dusíku v období 2015 - 2021 v minerálních horizontech vápněných a kontrolních porostů

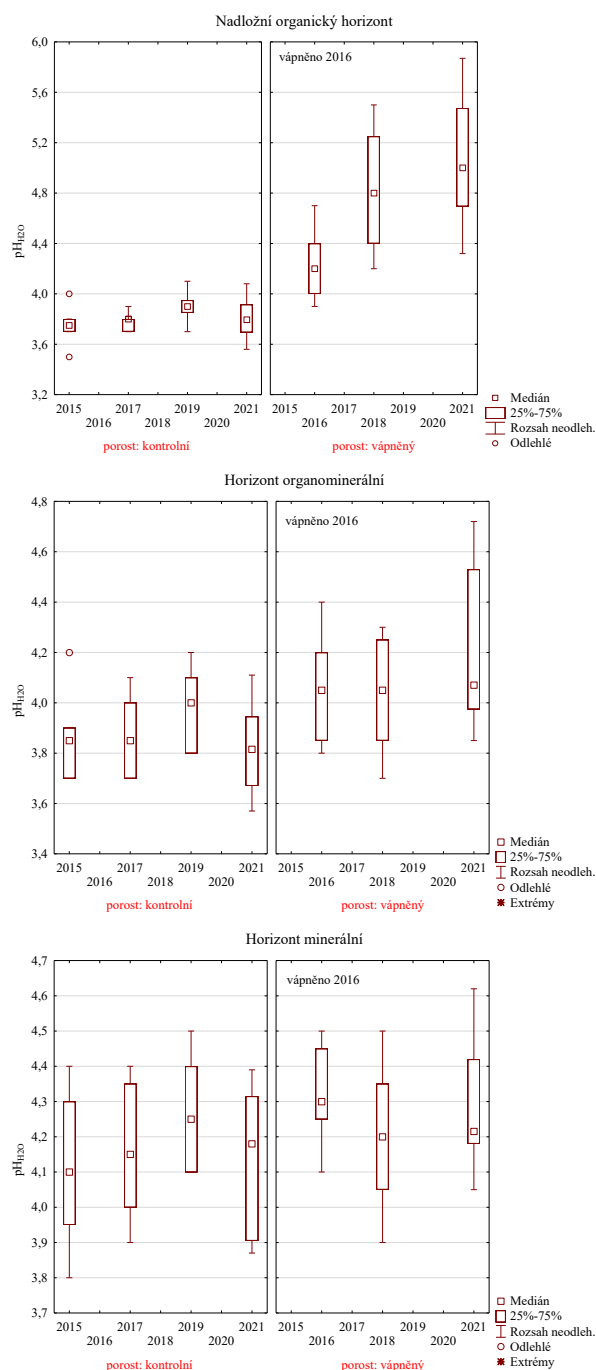
Ve spodních minerálních horizontech ($A + B$) jsou obsahy C_{ox} a N_{tot} vyšší na plochách vápněných. Statistické významnosti dosahuje vyšší hodnota N_{tot} v minerálních horizontech vápněných ploch (Obr. 2). Zde je tento obsah na vápněných plochách ($N_{tot} = 0,19$ %) významně vyšší než na plochách kontrolních ($N_{tot} = 0,13$ %).

Rozdílnost související s vápněním lesních porostů se týká snižující se hodnoty množství nadložního organického materiálu na vápněných plochách a zvyšující se obsahů celkového dusíku N_{tot} ve spodních minerálních horizontech vápněných ploch.

4.1.3. Půdní chemická reakce

Tab. 8. Průměrné hodnoty půdní chemické reakce a výměnné acidity v šetřených horizontech

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2016	2018	2021	2015	2017	2021
Horizont nadložní organický						
pH _{CaCl2}	3,38	4,18	4,27	3,01	2,98	2,91
pH _{H2O}	4,23	4,83	5,07	3,75	3,78	3,81
Horizont organominerální						
pH _{CaCl2}	3,39	3,28	3,35	3,29	3,26	3,21
pH _{H2O}	4,05	4,04	4,22	3,85	3,86	3,82
Vým. acid. [mekv./kg]	149	127	126	183	145	153
Horizont minerální						
pH _{CaCl2}	3,73	3,38	3,52	3,64	3,63	3,59
pH _{H2O}	4,33	4,20	4,29	4,11	4,16	4,13
Vým. acid. [mekv./kg]	148	133	124	133	110	104



Obr. 3: Půdní reakce aktivní v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.4. Fosfor

Extrahovatelné obsahy fosforu (P_{dus}) se v nadložních organických horizontech (F + H) vápněných ploch nemění. Na plochách kontrolních je zaznamenána změna, která může souviset s vyšším množstvím organického materiálu (C_{ox}) (Tab. 7).

Ve spodních minerálních horizontech (A + B) jsou na vápněných plochách obsahy (P_{dus}) významně vyšší než na plochách kontrolních.

Hodnota chemické půdní reakce aktivní ($pH_{\text{H}_2\text{O}}$) i výměnné (pH_{CaCl_2}) v **nadložních horizontech** se podle očekávání na vápněných plochách zvyšuje po celou pětiletou dobu pozorování (Tab. 8). Na kontrolních stanovištích jsou zaznamenány nevýznamné změny v půdní kyselosti po celou dobu sledování.

V **organominerálních** horizontech je zjištěno pět let po vápnění významně zvýšení hodnoty ($pH_{\text{H}_2\text{O}}$), které je pravděpodobně způsobeno vápněním.

Spodní **minerální** horizonty vápněných ploch nejsou prozatím vápněním ovlivněny a je zde zjištěna pokračující acidifikace půdy. Ta se projevuje především nižší hodnotou $pH_{\text{H}_2\text{O}}$ (4,20) v roce 2018. Tento pokles je ovšem následován zvýšením na hodnotu 4,29 v roce 2021, kdy se kyselost vrací téměř do stavu před vápněním ($pH_{\text{H}_2\text{O}} = 4,33$) a je, podobně jako v horizontech organominerálních odrazem působení hořečnatého kationtu Mg^{2+} , který se po uvolnění z dolomitického vápence, relativně rychle pohybuje půdním profilem (Tab. 9).

Hodnota výměnné acidity nekorresponduje s hodnotami chemické půdní reakce a v období 2016 – 2021 se na vápněných plochách snižuje ze 148 mekv.kg^{-1} na 124 mekv.kg^{-1} (Tab. 8).

Přístupné obsahy P_{MIII} jsou vyšší v organominerálních horizontech vápněných porostů, ale ve spodních minerálních jsou i zde pod hodnotou detekce (Tab. 9). Souvislost s vápněním není v případě P_{dus} i P_{MIII} zřejmá.

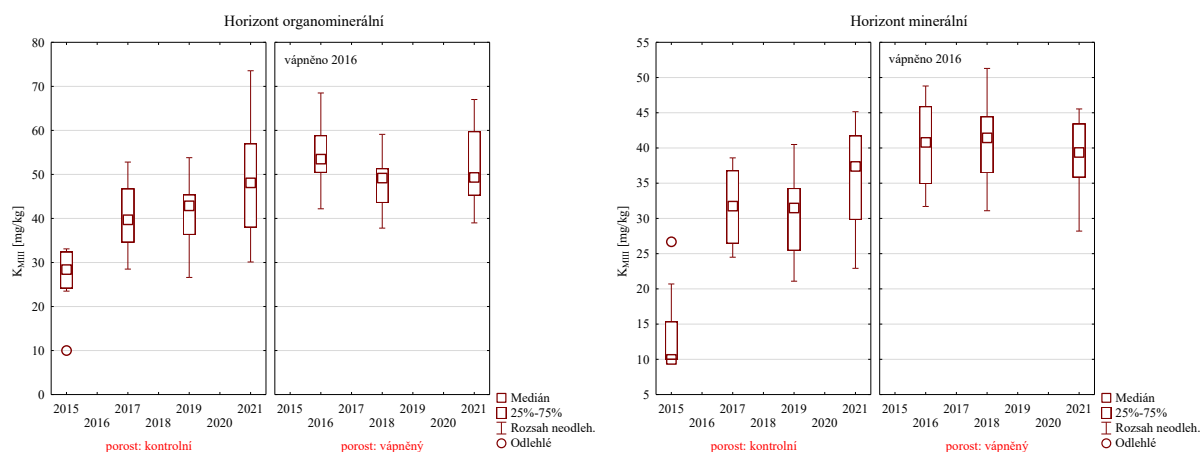
Tab. 9. Průměrný obsah makroprvků v šetřených horizontech

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2016	2018	2021	2015	2017	2021
Horizont nadložní organický						
P_{dus} (mg/kg)	835	841	803	710	769	705
K_{dus} (mg/kg)	945	920	864	1022	1043	1096
Ca_{dus} (mg/kg)	2732	6268	6370	1009	1072	1105
Mg_{dus} (mg/kg)	1089	2945	2669	676	737	863
Horizont organominerální						
P_{dus} [mg/kg]	147	124	133	93,4	95,0	96,5
K_{dus} [mg/kg]	82,5	76,3	87,7	125	83,9	107
Ca_{dus} [mg/kg]	180	158	239	75,6	68,9	71,2
Mg_{dus} [mg/kg]	175	168	210	394	318	334
P_{MIII} [mg/kg]	30,5	21,3	25,3	--	< 3,5	--
K_{MIII} [mg/kg]	54,5	48,1	51,8	26,6	40,4	48,7
Ca_{MIII} [mg/kg]	125	129	175	57,1	< 30	--
Mg_{MIII} [mg/kg]	124	134	162	26,8	19,9	22,6
Horizont minerální						
P_{dus} [mg/kg]	314	267	345	100	110	101
K_{dus} [mg/kg]	89,1	83,3	92,5	135	80,5	112
Ca_{dus} [mg/kg]	125	109	107	68,2	65,1	65,3
Mg_{dus} [mg/kg]	181	176	201	514	341	412
P_{MIII} [mg/kg]	--	--	--	--	--	--
K_{MIII} [mg/kg]	40,5	40,9	38,9	< 20	31,6	35,7
Ca_{MIII} [mg/kg]	67,1	--	--	< 30	< 30	< 30
Mg_{MIII} [mg/kg]	73,5	89,2	81,6	--	--	13,8

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

4.1.5. Draslík

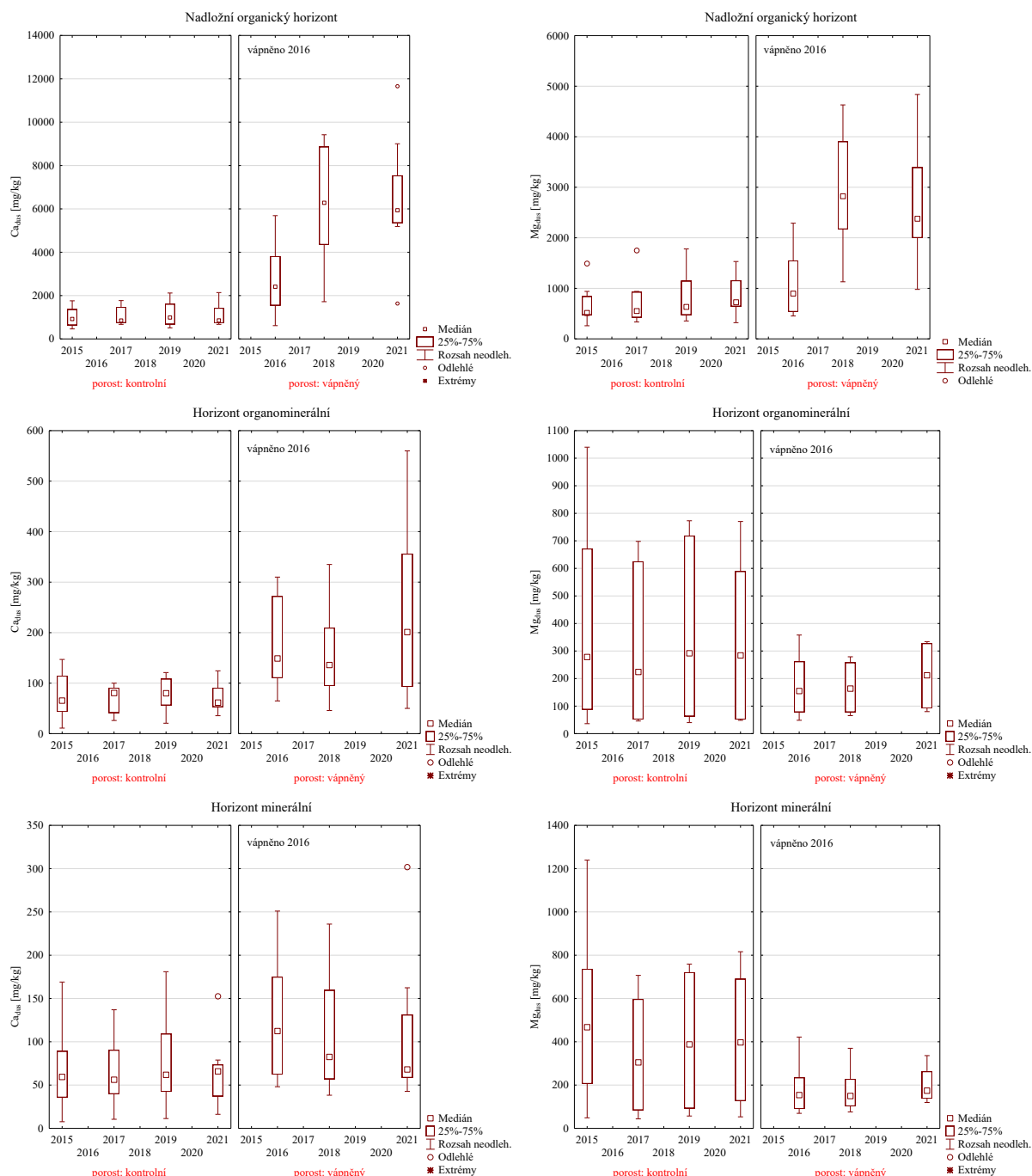
Obsahy extrahovatelného draslíku (K_{dus}) jsou na vápněných plochách nižší než na plochách kontrolních. Obsahy přístupné, zjišťované v horizontech organominerálních a minerálních, jsou naopak vyšší na plochách vápněných. Na vápněných plochách se obsahy K_{dus} i K_{MIII} nemění a souvislost s vápněním není podobně jako v případě fosforu zřejmá.



Obr. 4: Přístupný obsah draslíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.6. Vápník a hořčík

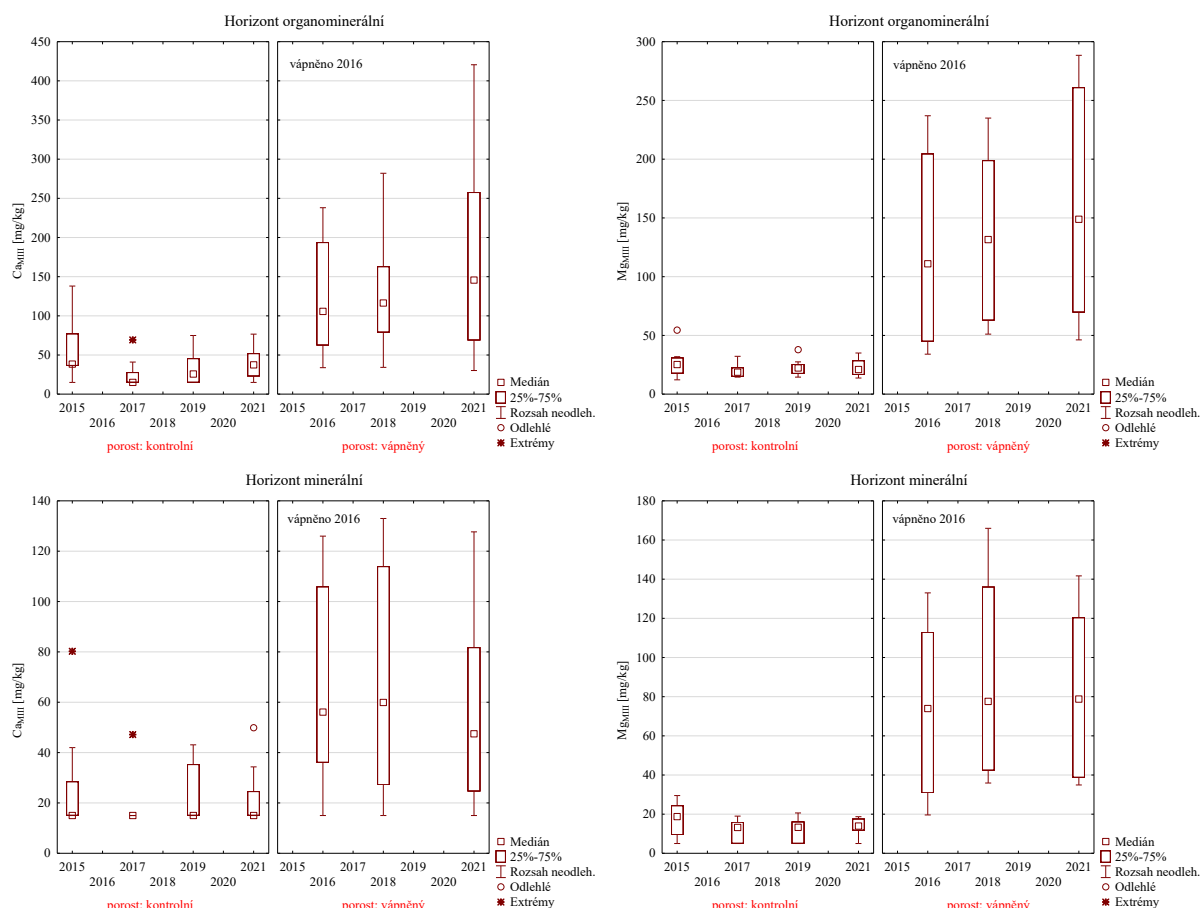
Vápnění lesa se projevuje významným zvyšováním extrahovatelných (Ca_{dus} , Mg_{dus}) obsahů vápníku a hořčíku v **nadložních organických horizontech** (Tab. 9).



Obr. 5: Extrahovatelný obsah vápníku a hořčíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Toto významné zvýšení je zaznamenáno i v horizontech **organominerálních**, kde se vedle obsahů extrahovatelných zvyšují i obsahy rostlinám přístupné (Ca_{MIII} , Mg_{MIII}).

V horizontech **minerálních** je zjištěno mírné zvýšení obsahů extrahovatelného hořčíku ($\text{Mg}_{\text{dus}} = 201 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a udržování míry přístupného hořčíku ($\text{Mg}_{\text{MIII}} = 81,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Tab. 9).



Obr. 6: Přístupný obsah vápníku a hořčíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Možné negativní vlivy vápnění, jakými jsou menší přístupnost fosforu, případně antagonismus vápníku vůči draslíku nejsou u extrahovatelné a přístupné formy těchto prvků pozorovány.

4.1.7. Olovo

Obsahy olova (Pb_{dus}) (Tab. 10) se v nadložních organických horizontech vápněných porostů statisticky významně snižují z hodnoty 112 mg.kg^{-1} v roce 2016 na hodnotu $88,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ v roce 2021. Významné snížení obsahů olova v těchto horizontech je ovšem zjištěno i na kontrolních plochách (z hodnoty 72 mg.kg^{-1} na $59,7 \text{ mg.kg}^{-1}$). Z uvedeného tedy vylučujeme vliv vápnění.

V organominerálních horizontech jsou obsahy olova na srovnávaných plochách stabilní. Na vápněných plochách v horizontech minerálních se obsahy zvyšují a to mezi lety 2016 – 2021 významně a na plochách kontrolních jsou stabilní na významně nižší úrovni proti plochám vápněným. Pohyb v minerálních horizontech vápněných porostů tedy může být způsobem vápněním – uvolněním olova z organických vazeb a jeho přesun do spodních minerálních horizontů. Zjištěné obsahy olova nepovažujeme za toxické, ovšem negativní vliv vápnění na nežádoucí uvolňování olova nelze vyloučit.

Tab. 10. Průměrný obsah hliníku, bóru, kadmia, chromu, mědi, železa, manganu, olova, síry a zinku v šetřených horizontech

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2016	2018	2021	2015	2017	2021
Horizont nadložní organický						
Al _{du} [mg/kg]	4739	4591	4296	6724	6391	7111
B _{du} [mg/kg]	3,25	3,45	3,35		3,34	3,14
Cd _{du} [mg/kg]	0,31	0,26	0,22	0,25	0,20	0,14
Cr _{du} [mg/kg]	5,77	5,45	5,15	8,18	8,06	9,07
Cu _{du} [mg/kg]	9,99	9,42	8,58	19,7	18,1	16,8
Fe _{du} [mg/kg]	4533	4426	3932	7396	6894	8745
Mn _{du} [mg/kg]	145	193	202	222	240	247
Pb _{du} [mg/kg]	112	106	88,9	72,0	70,0	59,7
Zn _{du} [mg/kg]	27,3	24,5	25,4	34,2	34,4	37,2
Horizont organominerální						
B _{MIII} [mg/kg]	< 0,5	< 0,5	< 0,5		0,50	< 0,5
Fe _{MIII} [mg/kg]	637	655	643	751	698	721
S _{MIII} [mg/kg]	18,7	15,9	10,2	25,9	38,3	29,7
Al _{du} [mg/kg]	2426	2213	2100	3371	3623	3666
Cd _{du} [mg/kg]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{du} [mg/kg]	2,72	2,03	1,92	4,21	3,96	4,15
Cu _{du} [mg/kg]	2,95	3,16	3,06	4,59	5,14	4,92
Fe _{du} [mg/kg]	5686	5150	4250	6444	6285	6417
Mn _{du} [mg/kg]	78,4	70,1	66,1	163	165	152
Pb _{du} [mg/kg]	39,7	38,7	39,1	37,8	34,7	35,5
Zn _{du} [mg/kg]	6,34	5,80	5,06	12,3	12,5	11,6
Horizont minerální						
B _{MIII} [mg/kg]	< 0,5	< 0,5	< 0,5		< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} [mg/kg]	595	693	693	626	579	569
S _{MIII} [mg/kg]	30,5	21,3	16,7	35,4	61,5	43,6
Al _{du} [mg/kg]	5080	3994	4801	4308	4324	4517
Cd _{du} [mg/kg]	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{du} [mg/kg]	4,73	4,34	4,85	4,59	4,39	4,48
Cu _{du} [mg/kg]	2,61	3,02	3,03	4,09	4,73	4,42
Fe _{du} [mg/kg]	10169	11194	12095	6855	7174	6754
Mn _{du} [mg/kg]	192	153	204	222	214	204
Pb _{du} [mg/kg]	32,1	39,0	40,6	24,9	21,8	20,9
Zn _{du} [mg/kg]	9,04	7,63	7,96	14,8	13,9	13,7

4.1.8. Železo

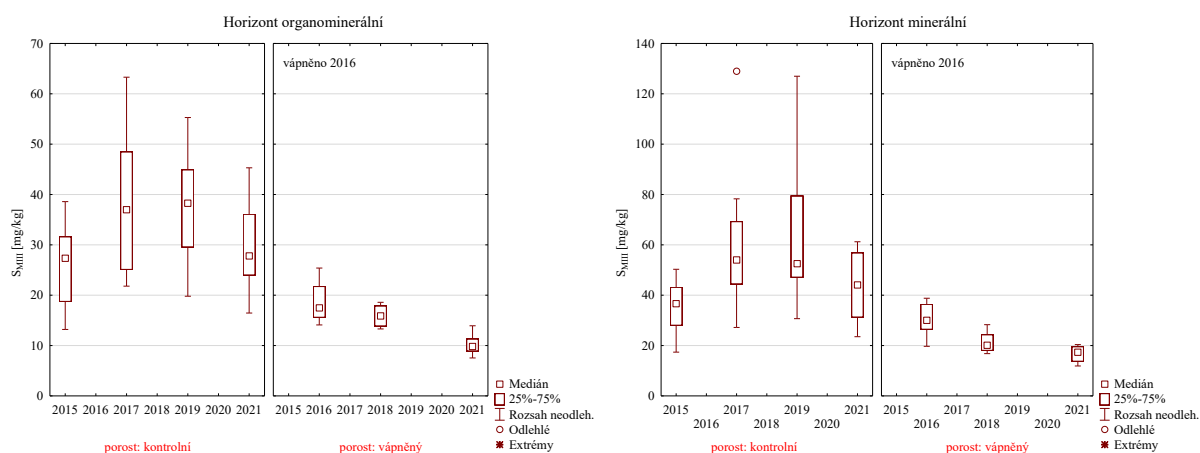
Obsahy extrahovatelného železa jsou na plochách vápněných v horizontech (F + H) významně nižší ve srovnání s plochami kontrolními a jejich obsah se během sledovaného období výrazně nezměnil.

V minerálních horizontech vápněných porostů došlo ke zvýšení obsahu přístupného železa (Fe_{MIII}) po vápnění, což může být, podobně jako v případě olova, výsledkem uvolnění a pohybu do spodních částí půdních profilů.

4.1.9. Síra

Obsahy přístupné síry (S_{MIII}) se v horizontech organominerálních na vápněných plochách snižují po vápnění. Po pěti letech od vápnění je toto snížení statisticky významné. Vzhledem

k opačnému trendu zjištěnému na plochách kontrolních považujeme toto snižování za vliv vápnění. Síra je poutána pronikajícími kationty vápníku a hořčíku a je snížena její přístupnost rostlinám.



Obr. 7: Přístupný obsah síry v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

4.1.10. Zinek

V nadložních organických horizontech vápněných ploch byl dva roky po vápnění zjištěn pokles obsahu zinku. Vzhledem k tomu, že na plochách kontrolních je obsah zinku stabilní nebo se postupně zvyšuje považujeme pokles na vápněných plochách za vliv vápnění.

Významný pokles na vápněných plochách je zjištěn i v horizontech organominerálních. Ve spodních minerálních horizontech vápněných ploch je snížení obsahů zinku nevýznamné, ale zůstává na nižší úrovni po celou dobu sledování a je významně nižší než na plochách kontrolních. Obsahy zinku v půdním prostředí považujeme za ovlivněné vápněním.

4.1.11. Hliník, chrom, kadmium, měď a bór.

Na plochách vápněných jsou v nadložních organických horizontech nižší obsahy extrahovatelného hliníku (Al_{dus}), chromu (Cr_{dus}) a mědi (Cu_{dus}).

V případě extrahovatelného hliníku, kadmia, chromu a mědi, není pravděpodobný vliv vápnění na jejich obsahy ve všech šetřených horizontech (Tab. 10).

Obsahy přístupného boru jsou v organominerálních a minerálních horizontech nízké a ve většině případu nedosahují úrovně detekčního laboratorního minima ($< 0,5$).

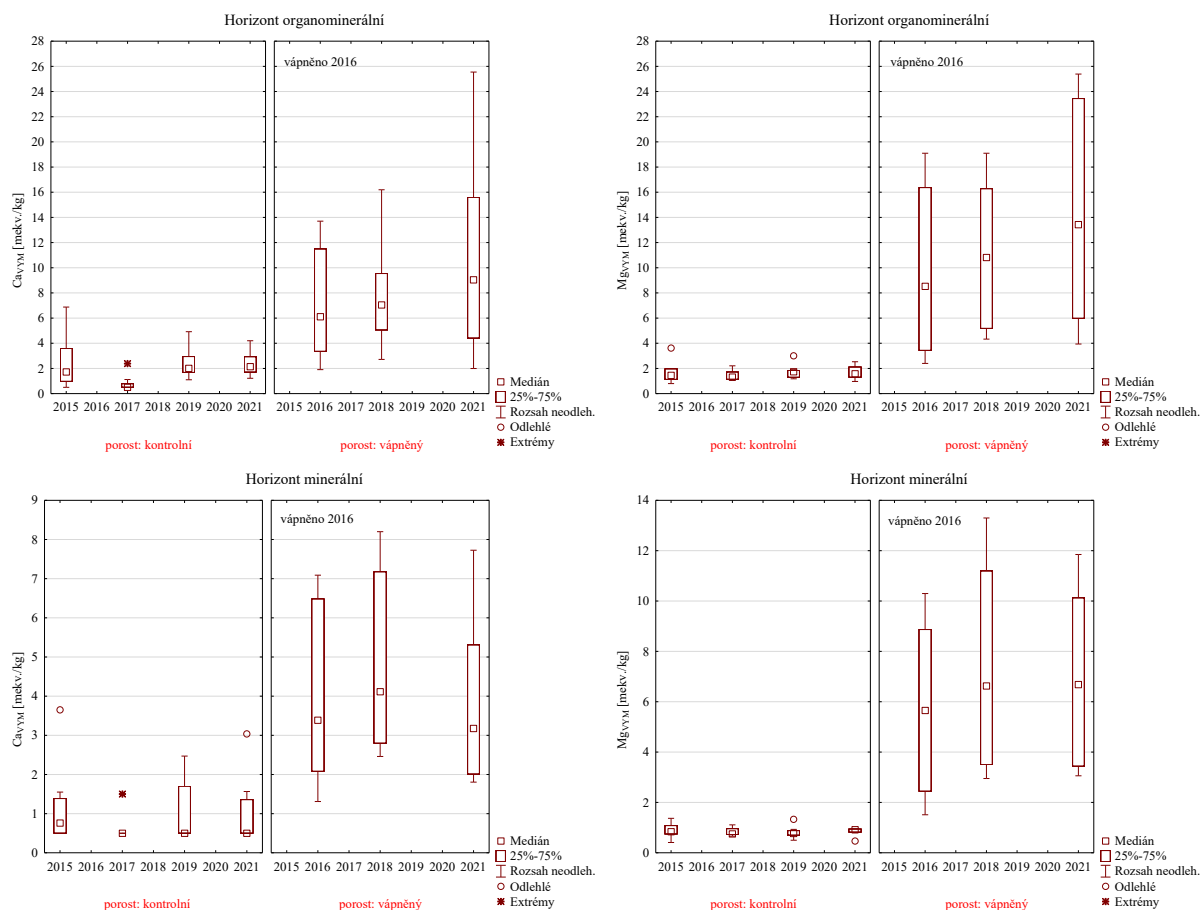
4.1.12. Půdní sorpční komplex

Výměnná acidita jako součet kationtů $Al^{3+}+H^{+}$ se v organominerálních horizontech vápněných ploch se nevýznamně snižuje z hodnoty $61,6 \text{ mekv.kg}^{-1}$ na hodnotu $57,6 \text{ mekv.kg}^{-1}$ a na plochách kontrolních se pohybuje kolem hodnoty 84 mekv.kg^{-1} (Tab. 11).

V horizontech minerálních se na vápněných plochách výměnná acidita významně zvyšuje z hodnoty $63,0 \text{ mekv.kg}^{-1}$ v roce 2016 na hodnotu $78,4 \text{ mekv.kg}^{-1}$ v roce 2021. Toto vyšší obsazení sorpčního komplexu kationty $Al^{3+}+H^{+}$ v minerálních horizontech je důsledkem pokračující acidifikace ve spodních částech šetřených profilů na vápněných plochách. Na plochách kontrolních je výměnná acidita stabilní a pohybuje se od $59,2$ do $64,8 \text{ mekv.kg}^{-1}$.

Zvyšování sycení sorpčního komplexu půdy organominerálních horizontů kationty Ca^{2+} a Mg^{2+} na vápněných plochách je zpočátku pozvolné a významnosti nabývá až v pátém roce po vápnění (Obr. 8). V organominerálních horizontech je zde zaznamenáno významné zvýšení sycení kationtem Ca^{2+} mezi roky 2016 a 2021 (z 7,19 mekv.kg⁻¹ na 10,7 mekv.kg⁻¹). Toto zvýšení je důkazem stálého účinku dolomitického vápnence.

V horizontech minerálních je rovněž zaznamenáno vyšší sycení sorpčního komplexu vápníkem ve srovnání s kontrolními plochami.



Obr. 8: Obsah výměnných kationtů vápníku a hořčíku v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Zřetelný je ovšem posun u rychleji se pohybujícího kationtu Mg^{2+} , kde je zaznamenáno v organominerálních horizontech významné zvýšení mezi lety 2016 a 2021 (z 9,77 mekv.kg⁻¹ na 14,4 mekv.kg⁻¹). Rychlejší pohyb kationtu Mg^{2+} se ovšem projevuje i ve spodních horizontech minerálních, kde nastává významná změna v letech 2016 – 2018 (z 5,72 mekv.kg⁻¹ na 7,36 mekv.kg⁻¹) (Tab. 11). Poněkud nižší sycení sorpčního komplexu v minerálních horizontech vzhledem k roku 2018 jako by signalizovalo doznívající účinek vápnění.

Zvýšené a následné snížené sycení sorpčního komplexu kationtem Mg^{2+} v minerálních horizontech má odezvu ve vysoké úrovni výživy hořčíkem v roce 2018 (1319 mg.kg⁻¹) v jehlicích běžného roku a následné snížení (1241 mg.kg⁻¹) v roce 2021 (Tab. 12).

Sycení sorpčního komplexu kationty Ca^{2+} a Mg^{2+} na kontrolních plochách osciluje v obou šetřených horizontech kolem významně nižších hodnot a z tohoto důvodu lze brát vyšší sycení kationty vápníku a hořčíku jako kladný a očekávaný důsledek vápnění.

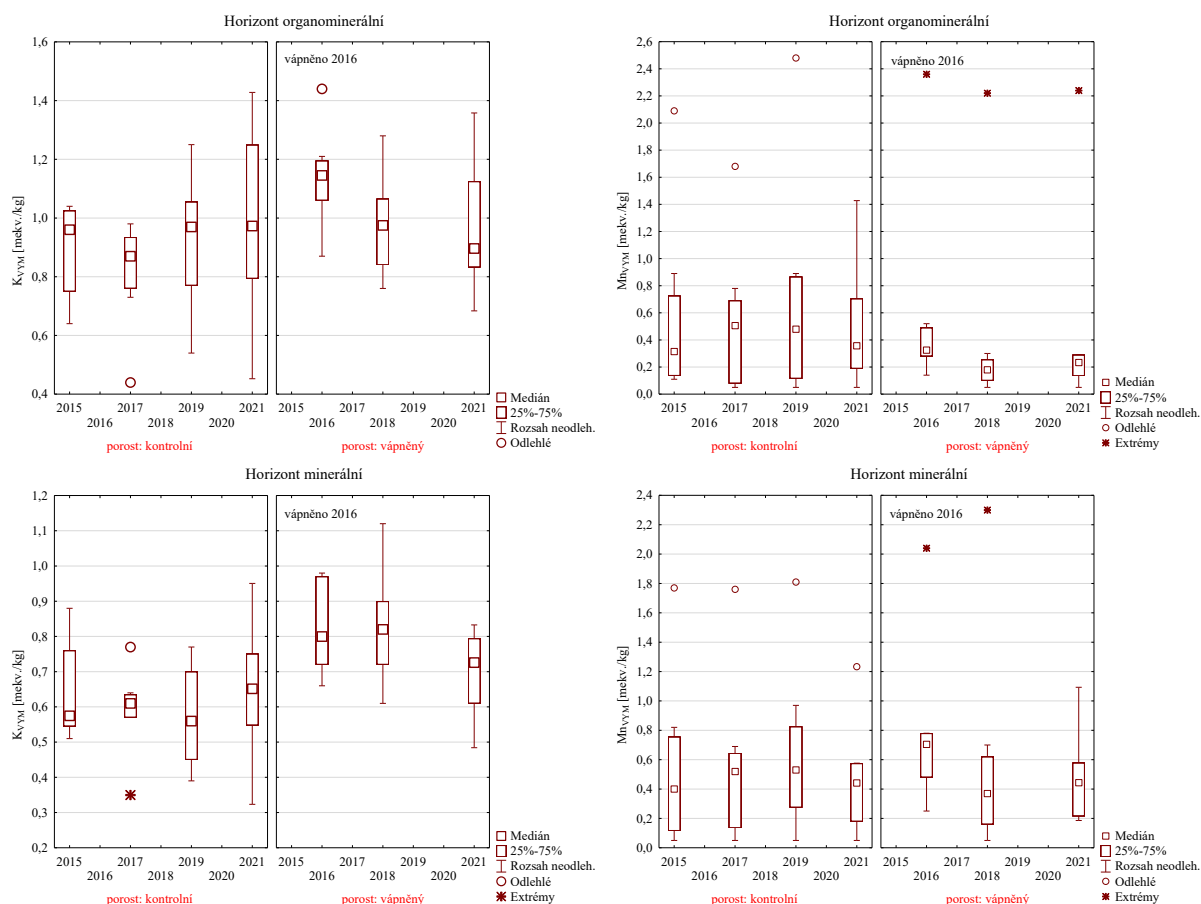
Tab. 11. Šetření hodnot půdního sorpčního komplexu (průměrné hodnoty)

	Vápněná stanoviště			Kontrolní stanoviště		
	2016	2018	2021	2015	2017	2021
Horizont organominerální						
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	61,6	67,5	57,6	87,8	81,6	83,6
K _{VYM} [mekv./kg]	1,14	0,98	0,97	0,89	0,82	0,99
Ca _{VYM} [mekv./kg]	7,19	7,78	10,7	--	< 1,0	2,38
Mg _{VYM} [mekv./kg]	9,77	11,0	14,4	1,69	1,45	1,68
Na _{VYM} [mekv./kg]	0,34	0,31	0,17	0,21	0,22	0,21
Mn _{VYM} [mekv./kg]	0,59	0,42	0,45	0,57	--	0,50
Al _{VYM} [mekv./kg]	55,3	48,6	48,6	71,0	66,0	74,5
Fe _{VYM} [mekv./kg]	3,50	4,93	2,77	6,22	4,80	3,43
CEC [mekv./kg]	80,0	87,5	83,9	93,2	85,2	88,9
BS [%]	22,4	23,3	30,7	6,34	4,55	6,32
Ca _{VYM} /Al _{VYM}	0,14	0,17	0,28	0,04	0,01	0,04
Mg _{VYM} /Al _{VYM}	0,19	0,24	0,37	0,03	0,02	0,02
(K _{VYM} +Ca _{VYM} +Mg _{VYM}) [mekv./kg]	18,1	19,8	26,1	5,08	3,08	5,05
BS/(Al+H) _{VYM}	0,31	0,32	0,57	0,07	0,04	0,07
Horizont minerální						
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	63,0	78,2	78,4	64,8	59,2	60,8
K _{VYM} [mekv./kg]	0,83	0,83	0,70	0,64	0,59	0,65
Ca _{VYM} [mekv./kg]	4,04	4,86	3,82	--	< 1,0	--
Mg _{VYM} [mekv./kg]	5,72	7,36	6,93	0,89	0,83	0,85
Na _{VYM} [mekv./kg]	0,29	0,28	0,18	0,16	0,17	0,14
Mn _{VYM} [mekv./kg]	0,78	0,58	0,47	0,55	0,55	0,46
Al _{VYM} [mekv./kg]	62,3	63,1	74,8	59,3	51,9	58,0
Fe _{VYM} [mekv./kg]	2,03	4,70	3,10	2,67	2,43	1,58
CEC [mekv./kg]	73,9	91,6	90,0	68,0	61,9	63,7
BS [%]	14,9	15,1	13,4	5,55	4,89	5,45
Ca _{VYM} /Al _{VYM}	0,07	0,09	0,06	0,03	0,02	0,02
Mg _{VYM} /Al _{VYM}	0,10	0,12	0,10	0,02	0,02	0,02
(K _{VYM} +Ca _{VYM} +Mg _{VYM}) [mekv./kg]	10,6	13,0	11,4	2,72	2,05	2,53
BS/(Al+H) _{VYM}	0,18	0,18	0,16	0,05	0,04	0,05

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Sycení sorpčního komplexu kationtem draslíku (K^+) se významně snižuje v organominerálních horizontech vápněných ploch, zatímco na plochách kontrolních po mírném snížení v roce 2017 je v roce 2021 jeho hodnota opět vyšší (Tab. 11). Tento jev, jako neblahý důsledek vápnění je pozorován i v horizontech minerálních, kde míra sycení v roce 2021 klesá na hodnotu $0,70 \text{ mekv.kg}^{-1}$. Na plochách kontrolních se hodnoty sycení kationtem draslíku výrazně nemění a jsou po celou dobu sledování nižší než na plochách vápněných (Obr. 9).

Nežádoucí zvýšení manganu, které by mohlo dosáhnout toxické úrovně je podle uvedených hodnot vyloučené. V obou horizontech je zjištěno snižování hodnoty sycení kationtem Mn^{2+} .



Obr. 9: Obsah výměnných kationtů draslíku a manganu v půdních horizontech vápněných a kontrolních porostů

Kladným účinkem vápnění je nižší sycení sorpčního komplexu kationtem hliníku Al^{3+} , které je prozatím pozorováno v organominerálních horizontech. Účinek vápnění je potvrzen opačným trendem na plochách kontrolních. V horizontech minerálních se účinek vápnění, podle sycení kationtem Al^{3+} prozatím neprojevuje.

Obsazení sorpčního komplexu kationtem železa, se v obou studovaných horizontech ve dvou letech po vápnění zvyšuje a v pátém roce se vrací na původní úroveň. Na plochách kontrolních je zaznamenáno významné snižování po celou dobu sledování. Vliv vápnění na krátkodobé zvýšení Fe v sorpčním komplexu nevylučujeme.

Zvláštním kritériem účinnosti vápnění je hodnocení půdního sorpčního komplexu jako celku. Hodnota kationtové výměnné kapacity se po dvou letech od vápnění v organominerálních i minerálních horizontech významně zvyšuje a zůstává významně vyšší po dobu šetření. Na plochách kontrolních se v organominerálních horizontech snižuje a v horizontech minerálních je takřka neměnná.

Sycení basemi se vlivem vápnění zvyšuje zatím pouze v organominerálním horizontu. V horizontech minerálních nejsou významné změny na srovnávaných plochách prozatím zjištěny.

4.2. Hodnocení obsahů prvků v jehlicích smrku ztepilého

4.2.1. Hořčík

Z hodnocení úrovně výživy dřevin na vápněných a kontrolních plochách na konci sledované periody v roce 2021 vyplývá vyšší úroveň výživy hořčíkem na vápněných plochách (Tab. 12 a 13). U hořčíku je na vápněných plochách úroveň výživy na střední úrovni.

Tab. 12: Průměrný obsah prvků v jehlicích běžného roku (letorostů)

Prvek	Porost			
	Vápněný		Kontrolní	
	2018	2021	2017	2021
N [%]	1,35	1,19	1,31	1,15
P [mg/kg]	1478	1284	1401	1138
K [mg/kg]	4213	3642	5794	4216
Ca [mg/kg]	4291	3728	2571	3796
Mg [mg/kg]	1319	1241	856	909
S [mg/kg]	960	781	942	775
B [mg/kg]	15,8	12,3	15,8	15,4
Mn [mg/kg]	499	321	938	933
Fe [mg/kg]	44,6	41,2	36,4	44,4
Al [mg/kg]	71,8	65,8	64,7	88,3
Zn [mg/kg]	29,4	28,0	24,4	27,8

Tab. 13: Průměrný obsah prvků jehlicích předchozího roku

Prvek	Porost					
	Vápněný			Kontrolní		
	2016	2018	2021	2015	2017	2021
N [%]	1,30	1,26	1,19	1,41	1,30	1,13
P [mg/kg]	1485	1268	1142	1266	1062	1033
K [mg/kg]	4971	3673	3069	4633	4103	3785
Ca [mg/kg]	3426	5828	5220	5479	4349	4792
Mg [mg/kg]	1206	1297	1171	917	760	742
S [mg/kg]	946	919	821	1072	989	846
B [mg/kg]	15,4	14,4	10,9	19,8	19,3	15,0
Mn [mg/kg]	523	606	370	1399	1589	1080
Fe [mg/kg]	37,0	48,9	53,4	57,5	51,9	64,6
Al [mg/kg]	63,7	82,2	89,9	107	99,3	126
Zn [mg/kg]	33,3	26,5	23,3	27,9	20,2	24,3

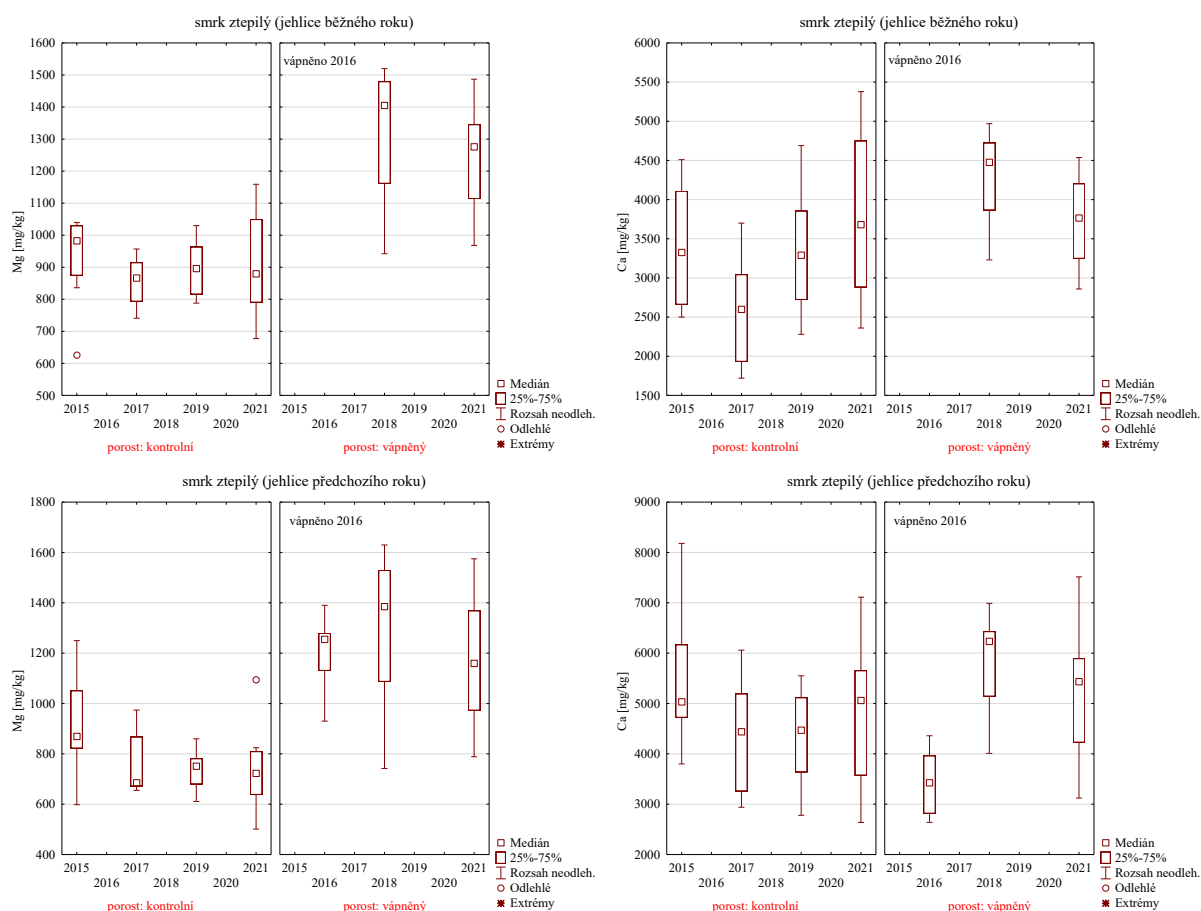
Obsahy hořčíku v jehlicích běžného roku se na vápněných plochách mírně snižují (Obr. 10). Zde je také nutno brát na vědomí, že sledujeme období od dvou do pěti let po vápnění. Předpokládané významné zvýšení hořčíku v jehlicích letorostů nastalo těsně po vápnění a v současné době účinek vápnění doznívá a mírně se zvyšuje. Tomuto vysvětlení napovídají i významně nižší obsahy hořčíku na srovnávaných kontrolních plochách.

V jehlicích předchozího roku je na vápněných plochách vyšší úroveň výživy hořčíkem, který se rychleji pohybuje ekosystémem.

4.2.2. Vápník

Zvýšení obsahů vápníku, jako převažující součásti dolomitického vápence, je patrné v jehlicích předchozího roku (Obr. 10). Obsahy vápníku v jehlicích letorostů vápněných

porostů jsou poněkud nižší, zatímco na plochách kontrolních se významně zvyšují. Zde se nabízí vysvětlení pomalého pohybu vápníku ekosystémem, díky němuž se v úrovni výživy prozatím neprojevuje.



Obr. 10: Obsah hořčíku a vápníku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

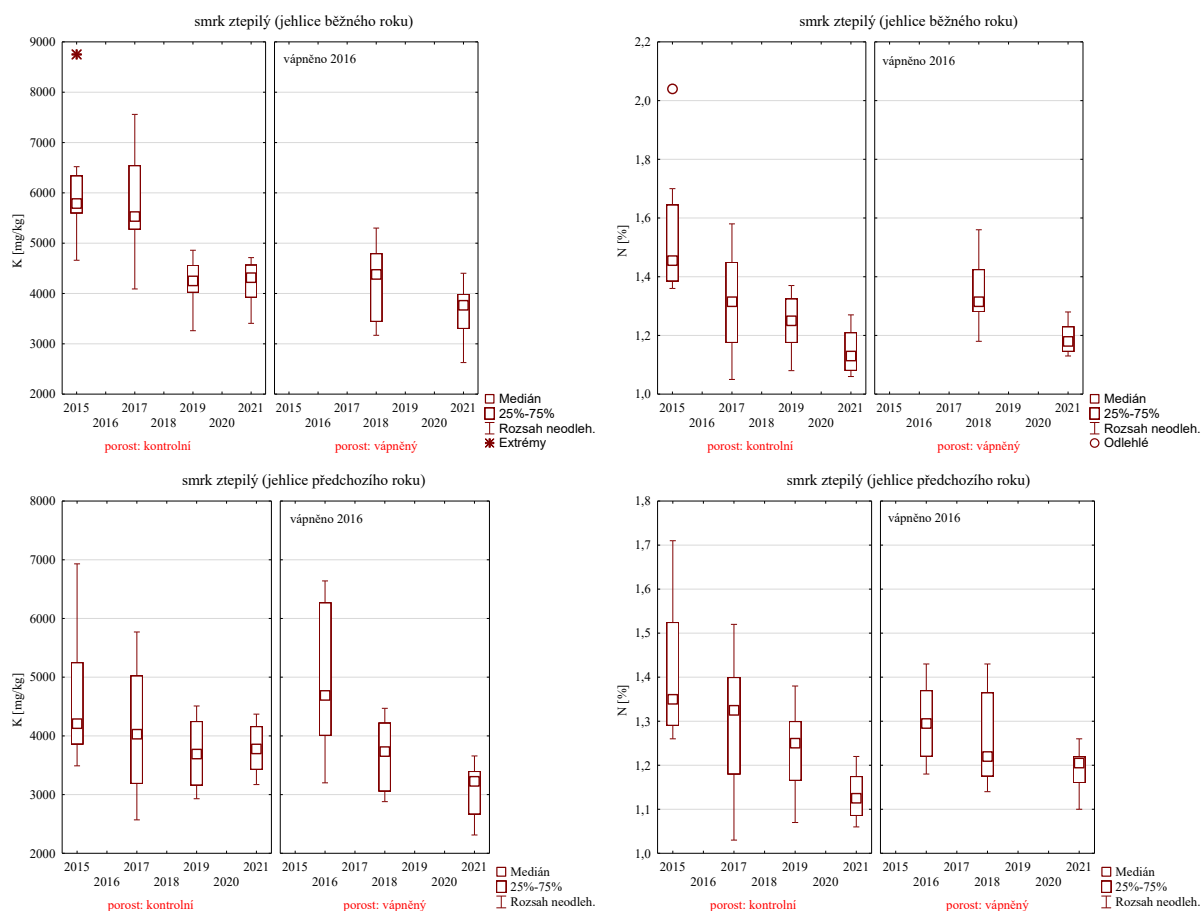
Tab.14: Hodnocení průměrného obsahu prvků v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách na konci pětiletého období.

	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	B (mg.kg ⁻¹)
vápněná	1,19	1284	3642	3728	1241	41,2	28,0	12,3
hodnocení	1	3	1	2	4	1	2	1
kontrolní	1,15	1138	4216	3796	909	44,4	27,8	15,4
hodnocení	1	2	1	2	3	1	2	2

klasifikace ÚKZÚZ, Fiala a kol. (2013). 1 – velmi nízký, 2 – nízký, 3 – střední, 4 – vysoký, 5 – velmi vysoký

4.2.3. Draslík

Na vápněných i kontrolních plochách je v roce 2021 velmi nízká úroveň výživy draslíkem. U draslíku jeho obsah v jehlicích klesá, ale podobný trend je zaznamenán i v kontrolních porostech (Obr. 11). Vezmeme – li ovšem v úvahu, že u jehlic běžného roku hodnotíme periodu od dvou do pěti let po vápnění, možnost projevu antagonismu draslíku a vápníku a snižující se přístupnost draslíku v půdním prostředí, musíme konstatovat negativní důsledek vápnění na příjem draslíku a jeho obsahy v letorostech smrku na vápněných plochách. Předpokládanou dočasnost tohoto jevu potvrdí, nebo vyvrátí další pozorování.



Obr. 11: Obsah draslíku a dusíku v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

Tab. 15: Hodnocení průměrného obsahu v jehlicích předchozího roku na vápněných a kontrolních plochách na konci pětiletého období.

	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	B (mg.kg ⁻¹)
vápněná	1,19	1142	3069	5220	1171	53,4	23,3	10,9
hodnocení	1	3	1	3	4	1	2	2
kontrolní	1,13	1033	3785	4792	742	64,6	24,3	15,0
hodnocení	1	2	1	2	2	2	2	2

Hodnocení podle klasifikace ÚKZÚZ, Fiala a kol. (2013). 1 – velmi nízký, 2 – nízký, 3 – střední, 4 – vysoký, 5 – velmi vysoký

4.2.4. Dusík

Na vápněných i kontrolních plochách je v roce 2021 velmi nízká úroveň výživy dusíkem. Z hodnocení modelových poměrů živin vyplývá nízká úroveň výživy dusíkem, která je na obou srovnávaných plochách, ale poněkud více se projevuje ve vztahu k obsahům fosforu na vápněných plochách (Tab. 16). Poměr N/K, podobně jako K/Ca a K/Mg naopak odráží poněkud sníženou úroveň výživy draslíkem na vápněných plochách. Poměr N/Mg je příznivější na plochách vápněných díky vyšším obsahům hořčíku. Všeobecně lze konstatovat, že není zjištěna výrazná nerovnost ve výživě na šetřených plochách.

Tab. 16: Modelové a skutečné poměry vybraných prvků v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách na konci pětiletého období

Poměr	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Modelový *	7,1-12,0	1,9-3,6	2-7	8-14	0,8-2,4	2,2-6,4	2,5-5,0
vápněné	9,5	3,3	3,3	9,8	1,0	3,0	3,1
kontrolní	10,3	2,8	3,3	13,0	1,2	4,8	4,2

*(ŠRAMEK et al, 2009)

Významné snížení obsahu dusíku po vápnění je pozorováno na vápněných i kontrolních plochách (Obr. 11), proto jej nebereme jako důsledek vápnění. Nicméně na vápněných plochách by se dalo toto snížení vysvětlit zředovacím efektem při růstu pletiv a vyšší spotřebou při zvýšeném metabolismu.

Tab. 17: Modelové a skutečné poměry vybraných prvků v jehlicích předchozího roku na vápněných a kontrolních plochách na konci pětiletého období

Poměr	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Modelový *	7,1-12,0	1,9-3,6	2-7	8-14	0,8-2,4	2,2-6,4	2,5-5,0
vápněné	10,8	4,0	2,4	10,8	0,63	2,8	4,8
kontrolní	11,2	3,0	2,6	16,0	0,87	5,4	6,6

*(ŠRAMEK et al, 2009)

Hodnocení poměrů živin v jehlicích předchozího roku nebereme jako přímou informaci o harmonické výživě. Aktivní metabolismus probíhá v jehlicích běžného roku (letorostů). Obsahy v jehlicích starším informují o ukládání případně translokaci živin.

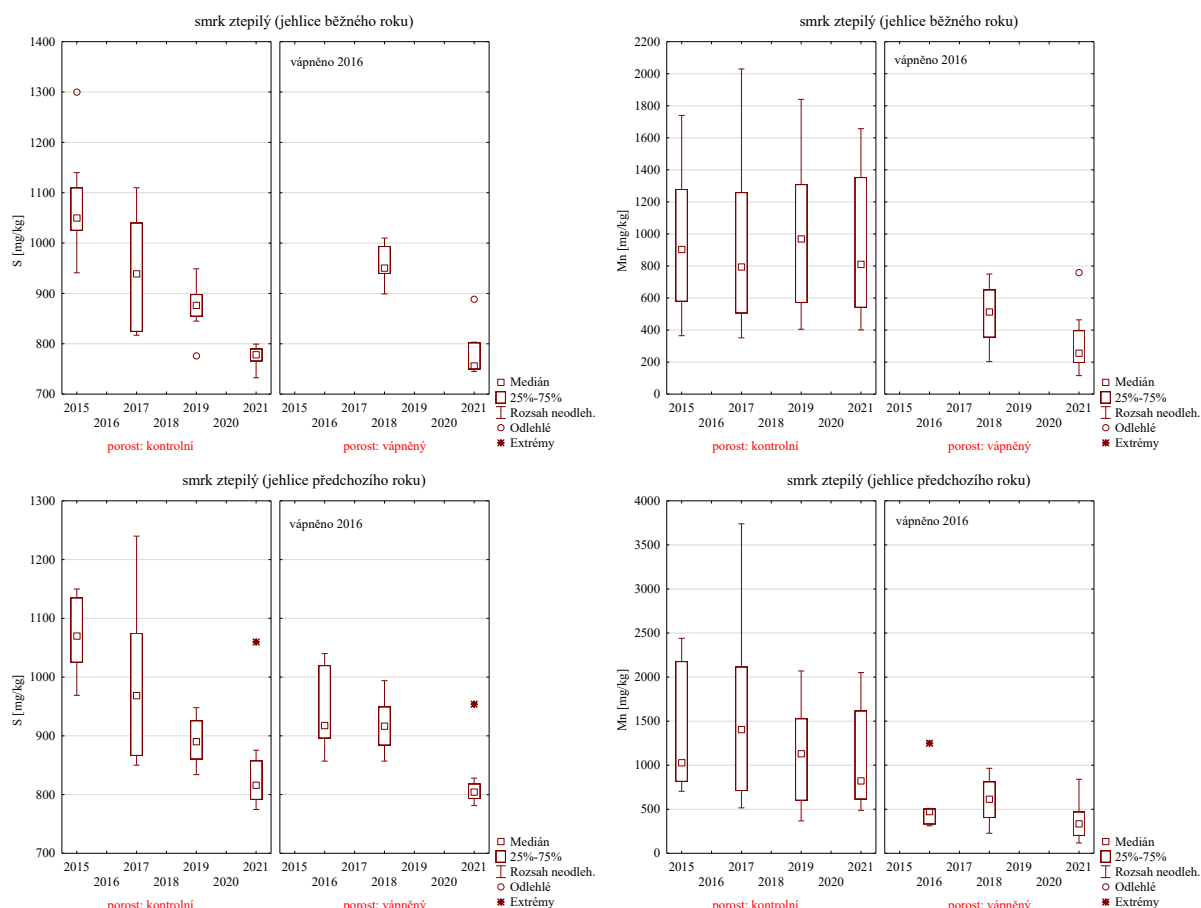
Translokace ze starších do mladších pletiv je zjevná na vápněných plochách v případě draslíku, a to podle poměrů N/K a K/Ca případně i nízkém poměru K/Mg (Tab. 17). Týká se zřejmě i hořčíku na kontrolních plochách, na jehož nízké hodnoty ukazují poměry N/Mg a Ca/Mg. Posledně uvedený poměr odráží také hromadění vápníku v pletivech starších jehlic.

4.2.5. Fosfor

U fosforu je na vápněných plochách úroveň výživy na střední úrovni (Tab. 14). V případě fosforu se tedy neprojevuje možné blokování fosforu vápníkem. Obsahy fosforu jsou v letorostech smrku na vápněných plochách vyšší, i když se mezi roky 2018 – 2021 významně snižují.

4.2.6. Síra

Významné snížení úrovně výživy sírou je pozorováno na vápněných i kontrolních plochách (Obr. 12) a je pravděpodobně obecným trendem po odsíření emisních zdrojů podobně jako v půdním prostředí. Nevylučujeme ovšem snížení přístupnosti síry v přítomnosti dodaného vápníku.



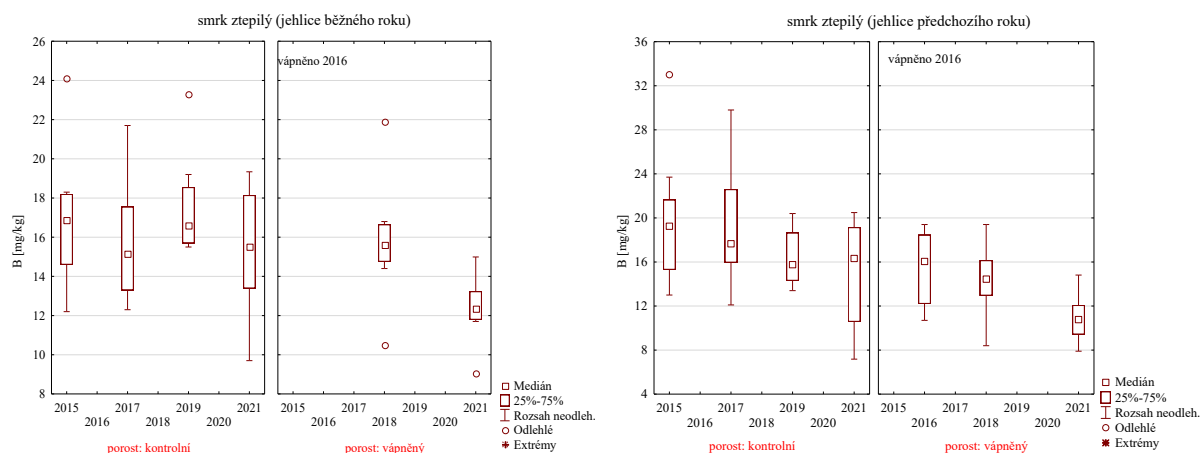
Obr. 12: Obsah síry a manganu v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.7. Mangan

Nižší obsahy Mn jsou také pozitivním účinkem vápnění, na rozdíl od obsahů boru, jehož příjem je v podmínkách vyššího pH a přítomnosti vápníku zřejmě zpomalen. Mezi významné změny lze ještě zařadit snížení obsahů manganu v letorostech (Obr. 12). Snížení úrovně manganu na vápněných plochách ovšem nepovažujeme, vzhledem k jeho možnému toxickému působení na kyselých stanovištích, za negativní jev. Obsahy manganu v jehlicích předchozího roku jsou nižší než na plochách kontrolních a vzhledem ke shodným, nízkým hodnotám v roce 2021 nepředpokládáme relokaci ze starších jehlic.

4.2.8. Bor

Jako negativní vliv vápnění se ukazuje snížená úroveň výživy borem (Obr. 13). Významné snižování na vápněných plochách je dostatečným důkazem. Jeho nedostatek se projevuje poruchami růstu (nekrózy meristémů) a plodnosti, kořeny se málo větví a nadměrně se tvoří korek (LARCHER. 1988). Příznaky nedostatku boru nejsou prozatím pozorovány.



Obr. 13: Obsah boru v jehlicích smrku ztepilého vápněných a kontrolních porostů

4.2.9. Hliník, železo, zinek

Obsahy hliníku, železa a zinku v jehlicích letorostů na vápněných plochách nebyly vápněním významně ovlivněny. Obsahy železa a hliníku v jehlicích předchozího roku napovídají spíše jeho ukládání ve starších pletivech. V případě zinku je podle snižujících se hodnot obsahů v jehlicích předchozího roku možná relokace do mladších pletiv. Snižování je ovšem pozorováno i na plochách kontrolních.

5. Závěr

Šetření účinnosti vápnění lesních porostů dolomitickým vápencem na lokalitě „Kraslice 1“ po pěti letech od aplikace proběhlo na dostatečném počtu odběrných míst umístěných ve vápněném prostoru a na typologicky odpovídajících kontrolních místech nevápněných. Byl popsán pětiletý vývoj chemických vlastností půdního prostředí i asimilačních pletiv jehlic smrku odebraných v běžném roce (letorostů) i jehlic předešlého roku (o rok starších).

V půdním prostředí nebyl zjištěn nežádoucí úbytek organického nadložního materiálu. Chemická půdní reakce výměnná i aktivní se v nadložních organických horizontech zvýšila. Toto zvýšení je pozorováno i v horizontech organominerálních. Zde se ovšem týká pouze chemické půdní reakce aktivní.

Spodní minerální horizonty nejsou v období po pěti letech od vápnění prozatím ovlivněny.

Očekávaným pozitivním účinkem vápnění je zvýšení obsahů vápníku a hořčíku. To se projevuje v extrahovatelných obsazích v nadložních organických horizontech i horizontech organominerálních. V těch se zvyšují rovněž rostlinám přístupné formy vápníku a hořčíku.

Ve spodních minerálních horizontech je zjištěno mírné zvýšení obsahů hořčíku, pomaleji pohybující se vápník sem prozatím nepronikl.

Zřetelněji se účinek vápnění projevuje v pohybu kationtů vápníku a hořčíku, jejichž obsahy se v organominerálních a v případě hořčíku i minerálních horizontech významně zvyšují po celou dobu pětiletého pozorování. S tím souvisí i vyšší sycení sorpčního komplexu těmito bazickými kationty. V organominerálních horizontech je významně sníženo obsazení sorpčního komplexu výměnnou formou toxického hliníku.

Nežádoucí vlivy, jako je omezení přístupnosti fosforu nebo draslíku nebyly na šetřených lokalitách v půdním prostředí zjištěny.

V chemizmu jehlic má vápnění odezvu především ve vyšší úrovni výživy hořčíkem. Nižší obsahy manganu jsou rovněž pozitivem vápnění na rozdíl od nižších obsahů boru, který se na vápněných plochách snižuje. Toto snižování je zjištěno i ve starších jehlicích, a to i na kontrolních plochách. Doporučujeme doplňovat obsahy boru vhodným hnojivem postřikem nebo zapravením do půdy (Boroil, Borax, Botrac).

Účinnost dolomitického vápence na půdní prostředí i chemizmus asimilačních pletiv bude nadále hodnocena po deseti letech od vápnění – v roce 2026.

6. Literatura

FIALA P., REININGER D., SAMEK T., NĚMEC P., SUŠIL A. 2013: Průzkum výživy lesa v České republice 1996 – 2011. Brno, ÚKZÚZ: 148 s.

LARCHER WALTER. 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Academia Praha, 368 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.

7. Přílohy

7.1. Popisné statistiky

7.1.1. Nadložní organický horizont

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – kontrolní porosty (2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus [t/ha]	8	132	134	74,2	171	114	157
pH _{CaCl2}	8	2,91	2,86	2,60	3,33	2,77	3,06
pH _{H2O}	8	3,81	3,80	3,56	4,08	3,70	3,92
N [%]	8	1,26	1,31	1,09	1,39	1,14	1,37
Cox [%]	8	30,2	31,2	23,6	34,6	26,6	33,9
C/N	8	23,9	24,0	21,7	26,2	22,5	25,0
Al _{dus} [mg/kg]	8	7111	6217	4859	10530	5191	9343
B _{dus} [mg/kg]	8	3,14	3,01	2,32	4,27	2,78	3,50
Ca _{dus} [mg/kg]	8	1105	856	674	2139	728	1431
Cd _{dus} [mg/kg]	8	0,14	0,12	0,07	0,23	0,11	0,16
Cr _{dus} [mg/kg]	8	9,07	9,70	4,52	14,27	6,39	10,79
Cu _{dus} [mg/kg]	8	16,8	17,9	8,39	22,6	13,8	20,1
Fe _{dus} [mg/kg]	8	8745	8530	4085	14760	5674	11355
K _{dus} [mg/kg]	8	1096	1089	745	1507	858	1311
Mg _{dus} [mg/kg]	8	863	726	321	1531	642	1156
Mn _{dus} [mg/kg]	8	247	162	60,8	484	112	442
P _{dus} [mg/kg]	8	705	660	518	957	602	822
Pb _{dus} [mg/kg]	8	59,7	57,5	40,4	78,5	50,3	71,5
Zn _{dus} [mg/kg]	8	37,2	35,2	25,8	53,0	30,1	44,1

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus [t/ha]	8	112	110	65,7	142	103	132
pH _{CaCl2}	8	4,27	4,19	3,27	5,18	3,84	4,81
pH _{H2O}	8	5,07	5,00	4,32	5,87	4,70	5,48
N [%]	8	1,34	1,39	0,98	1,48	1,34	1,40
C _{OX} [%]	8	31,9	31,4	26,8	39,8	29,3	33,7
C/N	8	24,0	23,8	20,2	27,3	22,4	25,8
Al _{dus} [mg/kg]	8	4296	4102	3328	5505	3779	4888
B _{dus} [mg/kg]	8	3,35	3,50	2,49	3,81	3,11	3,63
Ca _{dus} [mg/kg]	8	6370	5939	1635	11660	5355	7538
Cd _{dus} [mg/kg]	8	0,22	0,21	0,12	0,30	0,17	0,27
Cr _{dus} [mg/kg]	8	5,15	4,80	4,18	6,40	4,58	5,93
Cu _{dus} [mg/kg]	8	8,58	8,05	7,18	10,68	7,27	10,09
Fe _{dus} [mg/kg]	8	3932	3737	2144	6267	3294	4492
K _{dus} [mg/kg]	8	864	860	738	1061	774	921
Mg _{dus} [mg/kg]	8	2669	2378	980	4837	2000	3392
Mn _{dus} [mg/kg]	8	202	179	83,9	449	140	223
P _{dus} [mg/kg]	8	803	793	664	951	738	872
Pb _{dus} [mg/kg]	8	88,9	87,0	63,4	111	74,2	107
Zn _{dus} [mg/kg]	8	25,4	24,4	20,7	30,8	23,1	28,5

7.1.2. Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,21	3,21	2,97	3,55	3,03	3,33
pH _{H2O}	8	3,82	3,82	3,57	4,11	3,67	3,95
Vým. acid. [mekv./kg]	8	153	142	101	210	129	186
C _{ox} [%]	8	3,08	3,07	1,31	4,57	1,97	4,36
N [%]	8	0,20	0,19	0,14	0,31	0,15	0,24
C/N	8	15,3	15,3	9,36	22,9	12,3	17,6
Al _{III} [mg/kg]	8	1470	1453	866	1850	1293	1779
P _{III} [mg/kg]	8	--	< 3,5	< 3,5	19,2	< 3,5	8,42
K _{III} [mg/kg]	8	48,7	48,1	30,1	73,6	38,0	57,0
Ca _{III} [mg/kg]	8	--	37,5	< 30	76,6	< 30	52,1
Mg _{III} [mg/kg]	8	22,6	21,0	13,7	35,0	16,5	28,6
B _{III} [mg/kg]	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,57	< 0,5	< 0,5
Fe _{III} [mg/kg]	8	721	716	539	851	683	790
S _{III} [mg/kg]	8	29,7	27,8	16,5	45,3	24,0	36,1
P _{dus} [mg/kg]	8	96,5	77,0	10,5	241	29,7	154
K _{dus} [mg/kg]	8	107	107	54,6	177	72,6	134
Mg _{dus} [mg/kg]	8	334	284	48,4	770	51,5	589
Ca _{dus} [mg/kg]	8	71,2	61,4	35,5	124	52,9	90,7
Al _{dus} [mg/kg]	8	3666	4078	1656	4901	2806	4503
Cd _{dus} [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	8	4,15	3,40	1,86	7,00	2,21	6,56
Cu _{dus} [mg/kg]	8	4,92	3,80	2,92	8,17	3,05	7,29
Fe _{dus} [mg/kg]	8	6417	5723	4189	10430	4774	7862
Mn _{dus} [mg/kg]	8	152	108	14,1	540	46,4	177
Pb _{dus} [mg/kg]	8	35,5	36,3	25,3	41,7	31,4	40,6
Zn _{dus} [mg/kg]	8	11,6	10,6	3,30	25,4	4,90	16,7
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	8	83,6	85,2	45,9	116,0	72,9	95,5
K _{VYM} [mekv./kg]	8	0,99	0,97	0,45	1,43	0,79	1,25
Ca _{VYM} [mekv./kg]	8	2,38	2,14	1,22	4,20	1,71	2,95
Mg _{VYM} [mekv./kg]	8	1,68	1,58	0,97	2,54	1,29	2,12
Na _{VYM} [mekv./kg]	8	0,21	0,21	0,14	0,30	0,17	0,25
Mn _{VYM} [mekv./kg]	8	0,50	0,36	< 0,1	1,43	0,19	0,70
Al _{VYM} [mekv./kg]	8	74,5	74,1	44,4	102	60,5	90,4
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8	3,43	3,20	< 0,3	6,42	2,52	4,73
CEC [mekv./kg]	8	88,9	90,4	51,3	120	79,1	100
BS [%]	8	6,32	5,89	3,48	10,5	4,60	7,81
Ca _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,04	0,03	0,01	0,08	0,02	0,05
Mg _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,03
(K _{VYM} +Ca _{VYM} +Mg _{VYM}) [mekv./kg]	8	5,05	4,99	3,14	7,74	4,20	5,57
BS/(Al+H) _{VYM}	8	0,07	0,06	0,03	0,11	0,05	0,08

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,35	3,25	3,04	3,71	3,17	3,62
pH _{H2O}	8	4,22	4,07	3,85	4,72	3,98	4,53
Vým. acid. [mekv./kg]	8	126	114	83,2	213	101	142
C _{ox} [%]	8	3,62	3,60	2,26	4,97	3,10	4,19
N [%]	8	0,20	0,22	0,13	0,26	0,16	0,24
C/N	8	18,3	17,6	16,2	22,5	16,8	19,6
Al _{MIII} [mg/kg]	8	1119	1126	657	1664	846	1343
P _{MIII} [mg/kg]	8	25,3	12,7	< 3,5	103	4,42	32,1
K _{MIII} [mg/kg]	8	51,8	49,3	39,0	67,0	45,2	59,8
Ca _{MIII} [mg/kg]	8	175	146	30,2	421	69,1	258
Mg _{MIII} [mg/kg]	8	162	149	46,2	288	69,8	261
B _{MIII} [mg/kg]	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} [mg/kg]	8	643	664	442	735	624	697
S _{MIII} [mg/kg]	8	10,2	9,81	7,54	13,9	8,88	11,3
P _{dus} [mg/kg]	8	133	93,2	62,1	421	74,0	123
K _{dus} [mg/kg]	8	87,7	80,0	65,1	126	74,0	101
Mg _{dus} [mg/kg]	8	210	212	80,1	334	91,9	328
Ca _{dus} [mg/kg]	8	239	201	50,0	560	92,8	356
Al _{dus} [mg/kg]	8	2100	2051	1123	3990	1243	2551
Cd _{dus} [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	8	1,92	1,33	0,61	5,70	0,82	2,38
Cu _{dus} [mg/kg]	8	3,06	2,77	2,02	4,77	2,16	3,92
Fe _{dus} [mg/kg]	8	4250	3705	1256	11070	1944	5190
Mn _{dus} [mg/kg]	8	66,1	34,2	20,4	263	30,3	58,6
Pb _{dus} [mg/kg]	8	39,1	36,4	28,5	59,4	29,4	46,5
Zn _{dus} [mg/kg]	8	5,06	4,45	3,86	8,28	4,00	5,74
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	8	57,6	48,8	26,9	97,3	45,4	74,3
K _{VYM} [mekv./kg]	8	0,97	0,90	0,68	1,36	0,83	1,12
Ca _{VYM} [mekv./kg]	8	10,7	9,05	2,00	25,6	4,41	15,6
Mg _{VYM} [mekv./kg]	8	14,4	13,4	3,94	25,4	5,97	23,5
Na _{VYM} [mekv./kg]	8	0,17	0,16	0,12	0,27	0,14	0,20
Mn _{VYM} [mekv./kg]	8	0,45	0,23	< 0,1	2,24	0,13	0,29
Al _{VYM} [mekv./kg]	8	48,6	41,6	21,8	86,7	38,1	60,6
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8	2,77	2,26	0,40	7,50	1,08	3,80
CEC [mekv./kg]	8	83,9	83,1	55,7	135	64,0	93,3
BS [%]	8	30,7	25,7	12,5	62,2	13,4	46,4
Ca _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,28	0,16	0,05	0,82	0,07	0,45
Mg _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,37	0,22	0,08	1,17	0,11	0,54
(K _{VYM} +Ca _{VYM} +Mg _{VYM}) [mekv./kg]	8	26,1	23,2	6,80	51,5	11,4	40,6
BS/(Al+H) _{VYM}	8	0,57	0,34	0,14	1,64	0,15	0,88

7.1.3. Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty (2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,59	3,69	3,29	3,84	3,36	3,75
pH _{H2O}	8	4,13	4,18	3,87	4,39	3,91	4,32
Vým. acid. [mekv./kg]	8	104	91,6	75,2	160	83,2	122
Cox [%]	8	--	1,74	< 0,35	2,49	< 0,35	2,27
N [%]	8	0,13	0,15	0,07	0,17	0,10	0,17
C/N	8	8,94	11,2	1,67	16,0	2,22	13,6
Al _{III} [mg/kg]	8	1623	1626	949	2146	1408	1911
P _{III} [mg/kg]	8	--	< 3,5	< 3,5	24,4	< 3,5	12,0
K _{III} [mg/kg]	8	35,7	37,4	22,9	45,2	29,8	41,7
Ca _{III} [mg/kg]	8	< 30	< 30	< 30	49,9	< 30	< 30
Mg _{III} [mg/kg]	8	13,8	14,0	< 10	18,7	11,7	17,5
B _{III} [mg/kg]	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{III} [mg/kg]	8	569	544	407	717	471	698
S _{III} [mg/kg]	8	43,6	44,1	23,5	61,2	31,2	56,9
P _{dus} [mg/kg]	8	101	45,2	7,49	281	21,3	193
K _{dus} [mg/kg]	8	112	101	46,2	225	77,6	133
Mg _{dus} [mg/kg]	8	412	397	53,3	816	127	690
Ca _{dus} [mg/kg]	8	65,3	65,9	16,2	153	37,3	73,6
Al _{dus} [mg/kg]	8	4517	4488	1757	6032	3882	5805
Cd _{dus} [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	8	4,48	4,09	1,89	7,43	2,95	6,24
Cu _{dus} [mg/kg]	8	4,42	4,43	1,42	6,52	3,06	6,24
Fe _{dus} [mg/kg]	8	6754	6319	3855	10390	4879	8694
Mn _{dus} [mg/kg]	8	204	155	33,8	632	58,2	271
Pb _{dus} [mg/kg]	8	20,9	21,4	13,4	27,3	16,9	25,1
Zn _{dus} [mg/kg]	8	13,7	12,8	3,17	22,5	7,73	21,5
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	8	60,8	54,1	31,1	112	45,1	72,5
K _{VYM} [mekv./kg]	8	0,65	0,65	0,32	0,95	0,55	0,75
Ca _{VYM} [mekv./kg]	8	--	< 1,0	< 1,0	3,04	< 1,0	1,37
Mg _{VYM} [mekv./kg]	8	0,85	0,92	0,47	0,95	0,82	0,95
Na _{VYM} [mekv./kg]	8	0,14	0,15	0,08	0,17	0,13	0,16
Mn _{VYM} [mekv./kg]	8	0,46	0,44	< 0,1	1,23	0,18	0,57
Al _{VYM} [mekv./kg]	8	58,0	50,8	30,2	107	45,1	67,4
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8	1,58	0,85	< 0,3	4,36	0,43	2,78
CEC [mekv./kg]	8	63,7	56,7	35,5	114	47,8	75,4
BS [%]	8	5,45	4,42	2,56	12,3	3,86	6,11
Ca _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,02	0,01	0,00	0,10	0,01	0,03
Mg _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02
(K _{VYM} +Ca _{VYM} +Mg _{VYM}) [mekv./kg]	8	2,53	2,24	1,53	4,29	2,01	2,95
BS/(Al+H) _{VYM}	8	0,05	0,03	0,02	0,14	0,03	0,06

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont minerální – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	8	3,52	3,49	3,33	3,78	3,39	3,65
pH _{H2O}	8	4,29	4,22	4,05	4,62	4,18	4,42
Vým. acid. [mekv./kg]	8	124	135	90,4	144	102	143
C _{ox} [%]	8	3,32	3,38	2,17	4,69	2,69	3,77
N [%]	8	0,19	0,17	0,15	0,26	0,16	0,21
C/N	8	17,7	18,4	14,1	20,8	15,6	19,4
Al _{MIII} [mg/kg]	8	1864	1959	1325	2131	1687	2084
P _{MIII} [mg/kg]	8	--	10,0	< 3,5	151	< 3,5	45,3
K _{MIII} [mg/kg]	8	38,9	39,4	28,2	45,6	35,8	43,4
Ca _{MIII} [mg/kg]	8	--	47,5	< 30	128	< 30	81,8
Mg _{MIII} [mg/kg]	8	81,6	78,8	34,9	142	38,7	120
B _{MIII} [mg/kg]	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} [mg/kg]	8	693	708	608	752	655	727
S _{MIII} [mg/kg]	8	16,7	17,4	11,9	20,4	13,7	19,6
P _{dus} [mg/kg]	8	345	277	56,2	1035	177	380
K _{dus} [mg/kg]	8	92,5	85,0	69,3	157	76,6	95,3
Mg _{dus} [mg/kg]	8	201	174	120	336	137	263
Ca _{dus} [mg/kg]	8	107	68,0	42,7	302	58,6	131
Al _{dus} [mg/kg]	8	4801	5186	2434	6620	3803	5687
Cd _{dus} [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,20	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	8	4,85	3,21	1,54	10,3	2,42	7,86
Cu _{dus} [mg/kg]	8	3,03	2,84	2,01	4,33	2,34	3,75
Fe _{dus} [mg/kg]	8	12095	11815	4204	22580	8267	14905
Mn _{dus} [mg/kg]	8	204	154	49,0	665	115	191
Pb _{dus} [mg/kg]	8	40,6	41,5	30,2	50,9	34,0	46,6
Zn _{dus} [mg/kg]	8	7,96	7,06	6,41	10,3	6,85	9,58
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	8	78,4	80,2	55,7	102	58,9	95,7
K _{VYM} [mekv./kg]	8	0,70	0,73	0,48	0,83	0,61	0,79
Ca _{VYM} [mekv./kg]	8	3,82	3,18	1,80	7,73	2,01	5,31
Mg _{VYM} [mekv./kg]	8	6,93	6,68	3,06	11,9	3,44	10,1
Na _{VYM} [mekv./kg]	8	0,18	0,18	0,12	0,27	0,14	0,23
Mn _{VYM} [mekv./kg]	8	0,47	0,44	0,19	1,09	0,22	0,58
Al _{VYM} [mekv./kg]	8	74,8	75,8	53,3	96,9	56,7	91,5
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8	3,10	3,26	0,50	4,81	1,90	4,57
CEC [mekv./kg]	8	90,0	91,9	61,9	110	76,7	106
BS [%]	8	13,4	10,7	6,80	24,6	7,32	19,9
Ca _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,06	0,04	0,02	0,14	0,03	0,08
Mg _{VYM} /Al _{VYM}	8	0,10	0,08	0,04	0,19	0,05	0,16
(K _{VYM} +Ca _{VYM} +Mg _{VYM}) [mekv./kg]	8	11,4	9,97	5,68	18,8	6,69	16,8
BS/(Al+H) _{VYM}	8	0,16	0,12	0,07	0,32	0,08	0,25

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

7.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) - kontrolní porosty (2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	88,3	87,8	72,1	104	79,1	98,0
B [mg/kg]	8	15,4	15,5	9,70	19,3	13,4	18,1
Ca [mg/kg]	8	3796	3680	2360	5378	2883	4751
Cd [mg/kg]	8	0,06	0,05	0,03	0,14	0,04	0,08
Cr [mg/kg]	8	0,26	0,18	0,14	0,81	0,15	0,24
Cu [mg/kg]	8	2,07	2,08	1,84	2,25	2,03	2,13
Fe [mg/kg]	8	44,4	42,7	34,2	54,8	39,0	51,5
K [mg/kg]	8	4216	4315	3407	4713	3923	4567
Mg [mg/kg]	8	909	879	677	1159	790	1050
Mn [mg/kg]	8	933	810	401	1657	540	1354
N [%]	8	1,15	1,13	1,06	1,27	1,08	1,21
Ni [mg/kg]	8	1,27	1,16	0,72	1,95	0,94	1,64
P [mg/kg]	8	1138	1109	880	1412	1027	1271
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,27	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	8	775	778	733	799	766	790
Zn [mg/kg]	8	27,8	27,8	19,6	38,8	21,2	33,1
N/P	8	10,3	9,92	7,72	12,9	9,15	11,8
N/K	8	2,75	2,61	2,42	3,61	2,51	2,87
N/Ca	8	3,25	3,24	2,10	5,04	2,47	3,75
N/Mg	8	13,0	12,6	9,40	17,6	11,4	14,5
K/Ca	8	1,21	1,18	0,82	1,97	0,84	1,41
K/Mg	8	4,78	4,52	3,29	6,87	4,16	5,36
Ca/Mg	8	4,19	4,35	2,34	5,28	3,63	4,98

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice běžného roku) - vápněné porosty (pět let po vápnění, 2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	65,8	60,2	49,6	109,6	56,0	67,4
B [mg/kg]	8	12,3	12,3	9,06	15,0	11,8	13,2
Ca [mg/kg]	8	3728	3766	2859	4537	3246	4205
Cd [mg/kg]	8	--	0,03	< 0,02	0,08	< 0,02	0,06
Cr [mg/kg]	8	0,16	0,15	0,13	0,20	0,13	0,18
Cu [mg/kg]	8	2,20	2,15	1,86	2,77	2,09	2,23
Fe [mg/kg]	8	41,2	38,4	32,2	65,7	35,7	41,6
K [mg/kg]	8	3642	3767	2628	4402	3300	3989
Mg [mg/kg]	8	1241	1276	968	1487	1113	1346
Mn [mg/kg]	8	321	255	116	759	195	398
N [%]	8	1,19	1,18	1,13	1,28	1,15	1,23
Ni [mg/kg]	8	0,40	0,40	0,15	0,66	0,22	0,59
P [mg/kg]	8	1284	1267	1056	1503	1138	1454
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	8	781	756	745	889	750	802
Zn [mg/kg]	8	28,0	28,5	22,6	31,5	26,4	30,1
N/P	8	9,46	9,18	7,83	11,64	7,89	11,04
N/K	8	3,34	3,38	2,57	4,53	2,93	3,51
N/Ca	8	3,27	3,09	2,78	4,44	2,82	3,56
N/Mg	8	9,82	9,32	7,80	13,22	8,63	10,84
K/Ca	8	1,00	0,96	0,63	1,41	0,90	1,13
K/Mg	8	3,01	2,71	2,09	4,11	2,49	3,75
Ca/Mg	8	3,11	2,70	2,15	4,69	2,49	3,84

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

7.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – kontrolní porosty (2021)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	126	128	97,8	160	112	134
B [mg/kg]	8	15,0	16,3	7,18	20,5	10,6	19,2
Ca [mg/kg]	8	4792	5061	2638	7112	3574	5657
Cd [mg/kg]	8	0,05	0,04	0,03	0,11	0,03	0,06
Cr [mg/kg]	8	0,24	0,22	0,18	0,33	0,19	0,28
Cu [mg/kg]	8	1,49	1,41	1,13	1,97	1,22	1,78
Fe [mg/kg]	8	64,6	68,4	48,3	81,2	52,7	72,6
K [mg/kg]	8	3785	3780	3171	4371	3426	4163
Mg [mg/kg]	8	742	723	501	1094	637	810
Mn [mg/kg]	8	1080	821	487	2051	615	1617
N [%]	8	1,13	1,13	1,06	1,22	1,09	1,18
Ni [mg/kg]	8	0,90	0,76	0,54	1,38	0,64	1,24
P [mg/kg]	8	1033	988	861	1284	912	1159
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,33	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	8	846	816	775	1060	791	858
Zn [mg/kg]	8	24,3	23,7	13,7	41,0	17,6	28,6
N/P	8	11,2	11,4	8,26	14,0	9,72	12,5
N/K	8	3,02	2,93	2,59	3,82	2,76	3,21
N/Ca	8	2,58	2,31	1,52	4,28	2,09	3,02
N/Mg	8	16,0	16,2	9,69	22,5	13,7	18,0
K/Ca	8	0,87	0,83	0,56	1,52	0,60	1,00
K/Mg	8	5,37	5,40	3,11	7,98	4,51	6,01
Ca/Mg	8	6,57	6,59	3,46	8,93	5,35	8,15

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (pět let po vápnění, 2021)

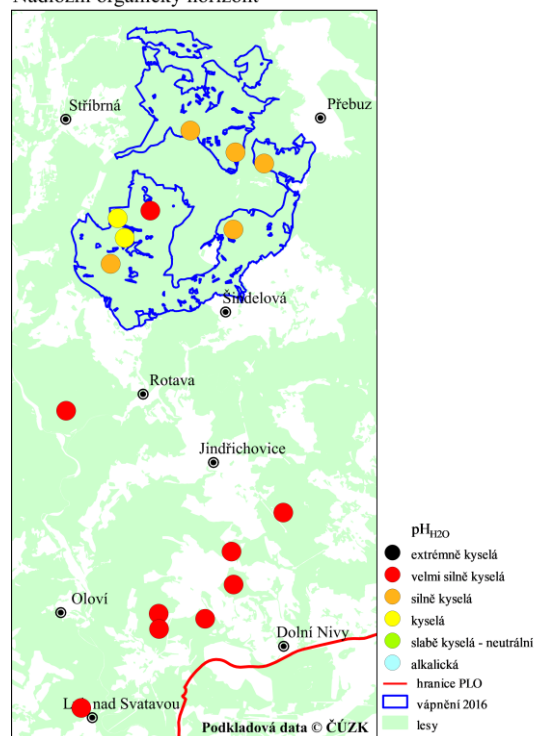
	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	89,9	77,1	62,5	182	70,0	90,5
B [mg/kg]	8	10,9	10,8	7,90	14,8	9,43	12,1
Ca [mg/kg]	8	5220	5435	3123	7515	4226	5899
Cd [mg/kg]	8	0,03	0,03	< 0,02	0,08	0,02	0,05
Cr [mg/kg]	8	0,18	0,18	0,12	0,23	0,14	0,22
Cu [mg/kg]	8	1,62	1,67	1,10	1,98	1,39	1,89
Fe [mg/kg]	8	53,4	52,1	41,9	63,4	50,9	57,8
K [mg/kg]	8	3069	3226	2312	3659	2667	3400
Mg [mg/kg]	8	1171	1160	789	1575	972	1369
Mn [mg/kg]	8	370	335	117	840	199	470
N [%]	8	1,19	1,21	1,10	1,26	1,16	1,22
Ni [mg/kg]	8	0,31	0,31	0,15	0,50	0,21	0,37
P [mg/kg]	8	1142	1038	912	1459	977	1367
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	8	821	804	781	954	793	818
Zn [mg/kg]	8	23,3	23,9	16,0	28,1	21,2	26,2
N/P	8	10,8	11,6	8,31	12,6	8,5	12,4
N/K	8	3,96	3,74	3,33	4,93	3,65	4,31
N/Ca	8	2,44	2,25	1,68	3,87	1,90	2,82
N/Mg	8	10,8	10,3	7,41	15,5	8,42	13,1
K/Ca	8	0,63	0,58	0,37	1,02	0,48	0,75
K/Mg	8	2,82	2,47	1,84	4,64	2,02	3,54
Ca/Mg	8	4,78	3,76	2,76	9,24	3,55	5,81

7.2. Kartogramy

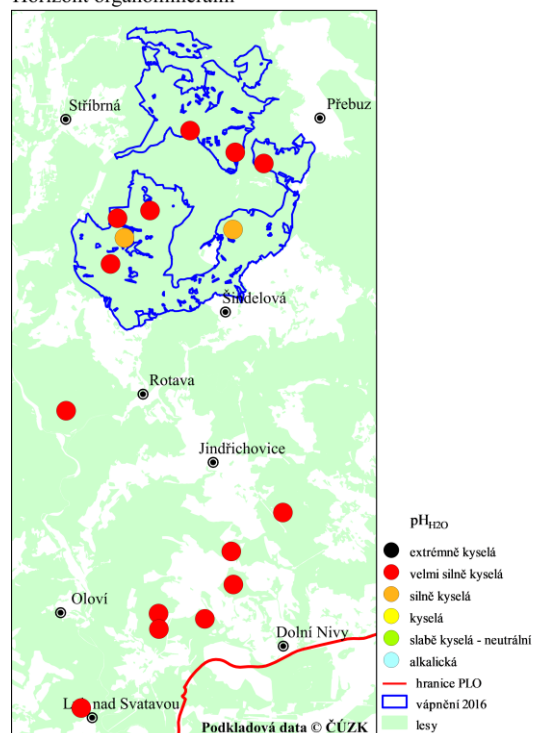
7.2.1. pH_{H_2O}

Kartogramy hodnocení půdní reakce podle pH_{H_2O} v půdních horizontech pět let po vápnění (2021)

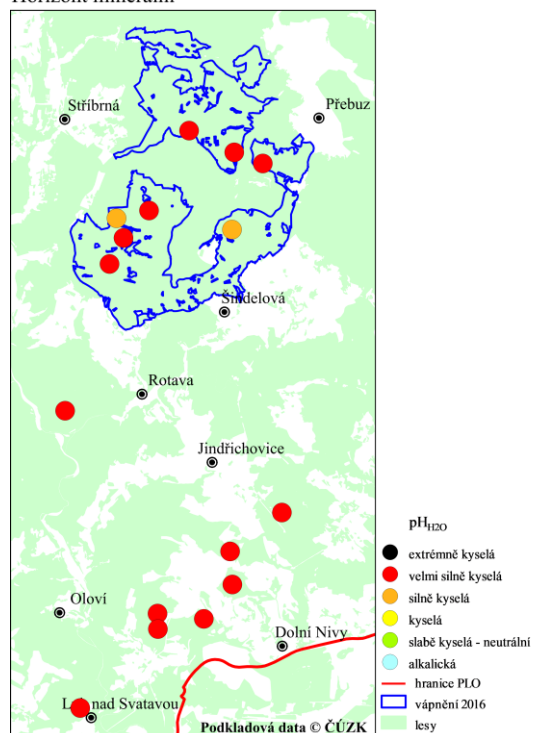
Nadlošní organický horizont



Horizont organominerální



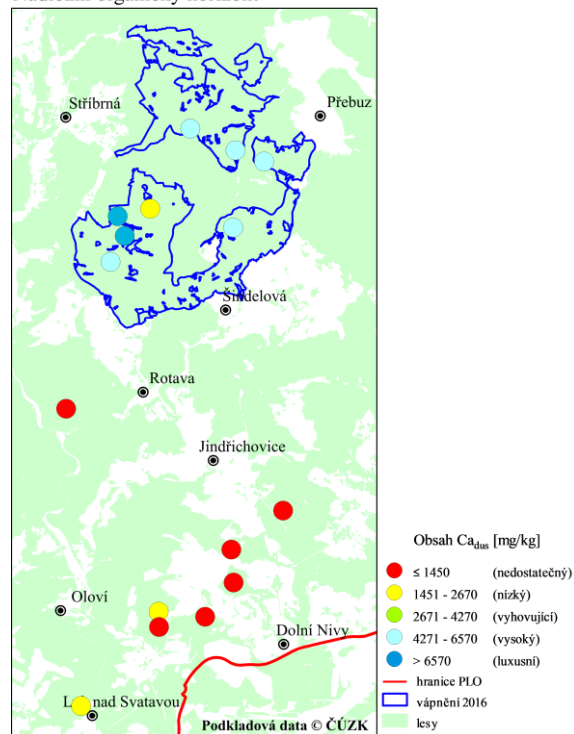
Horizont minerální



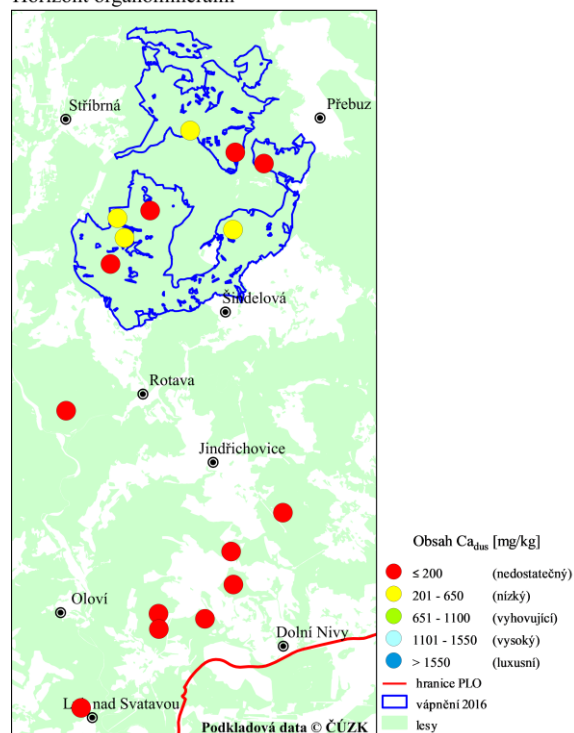
7.2.2. Vápník

Kartogramy obsahu extahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2021)

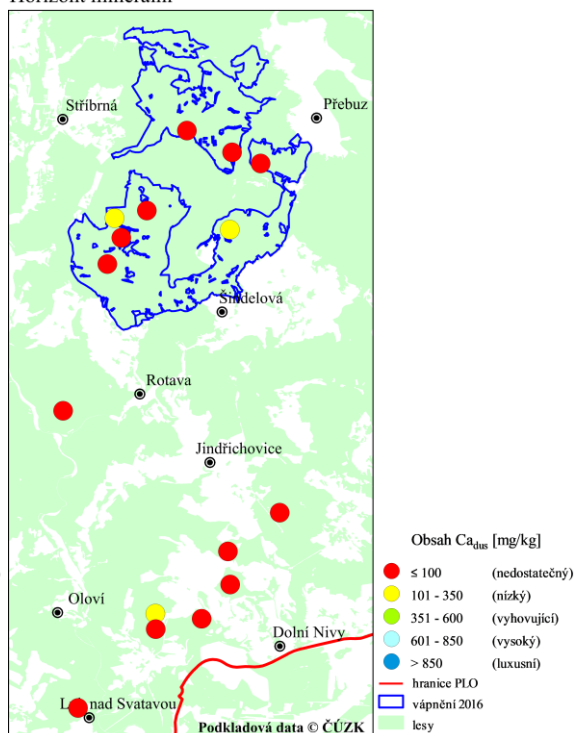
Nadloží organický horizont



Horizont organominerální

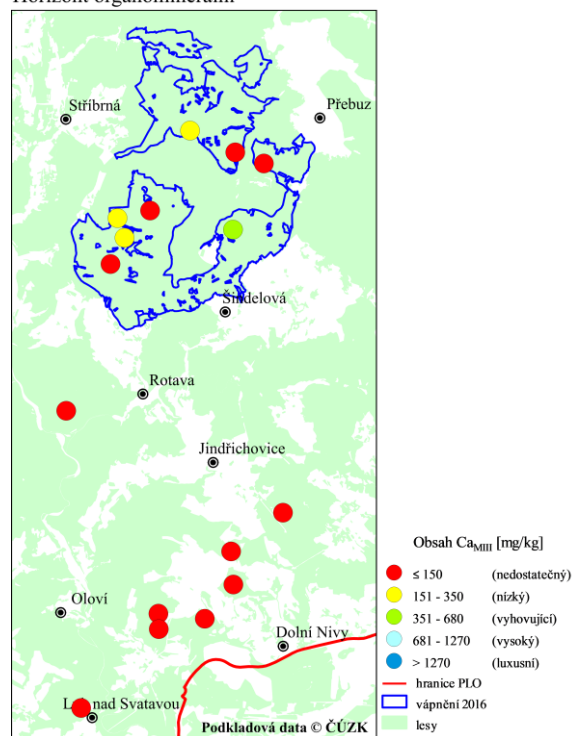


Horizont minerální

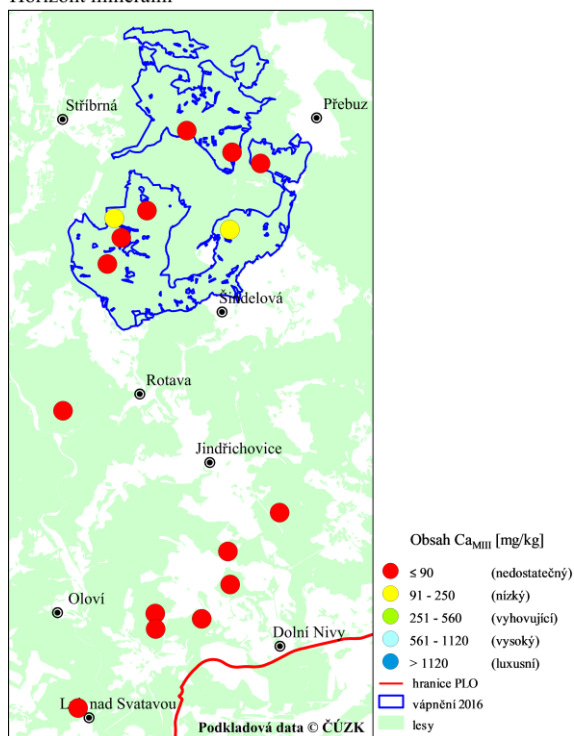


Kartogramy obsahu přístupného vápníku (Ca_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2021)

Horizont organominerální

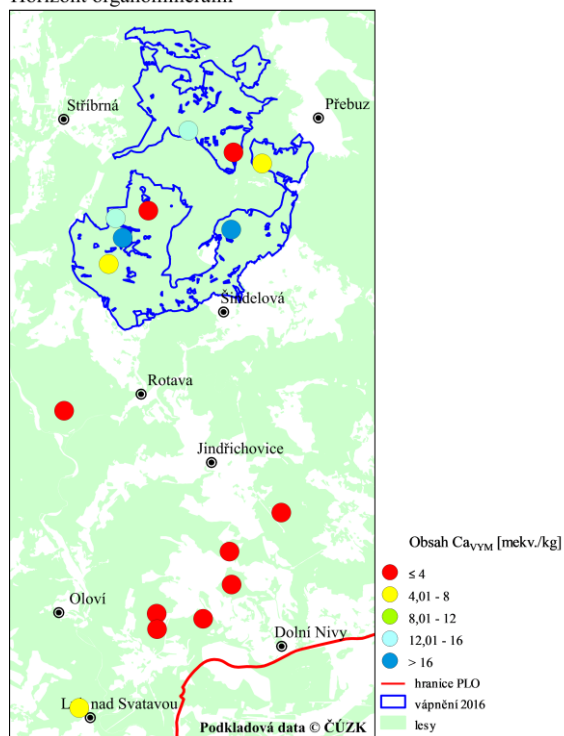


Horizont minerální

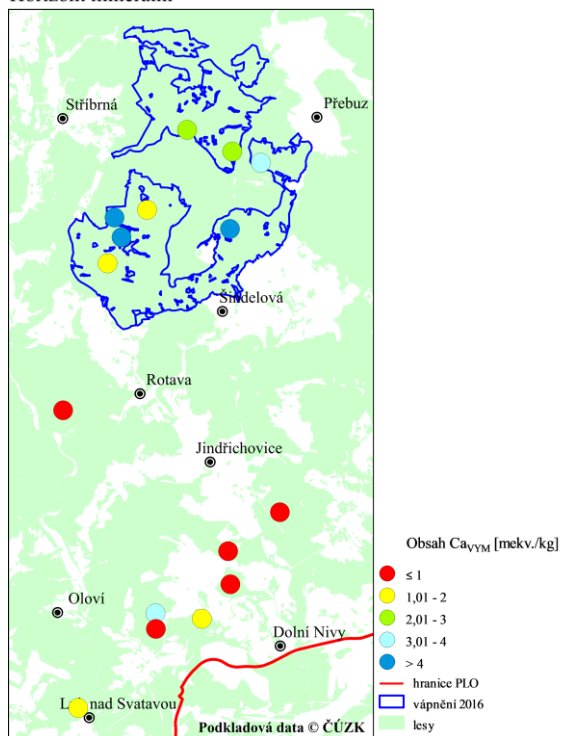


Kartogramy obsahu výměnných kationtů vápníku (Ca_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2021)

Horizont organominerální

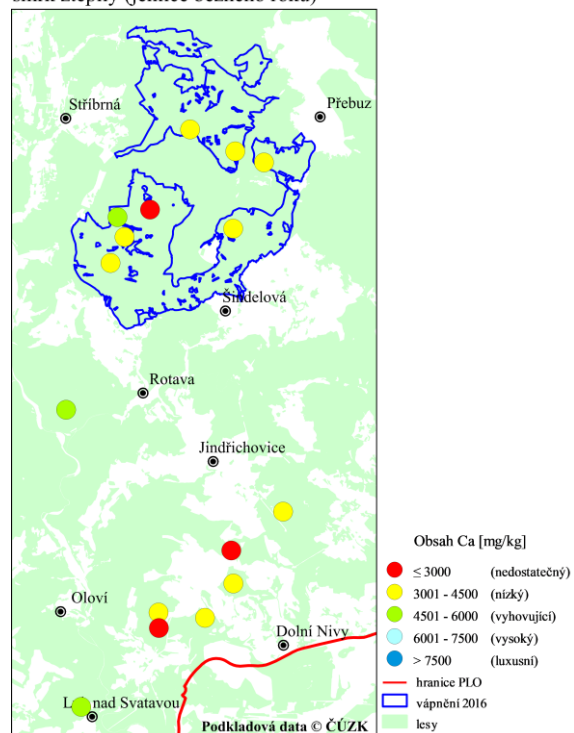


Horizont minerální

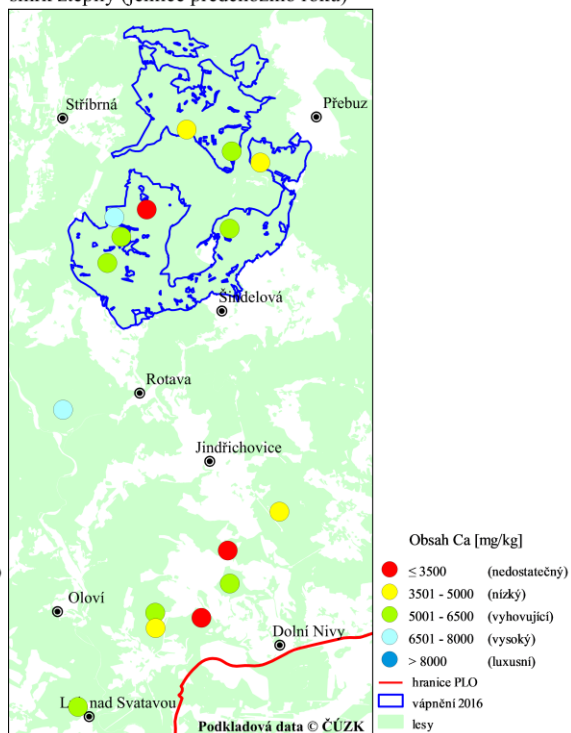


Kartogramy obsahu vápníku (Ca) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2021)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



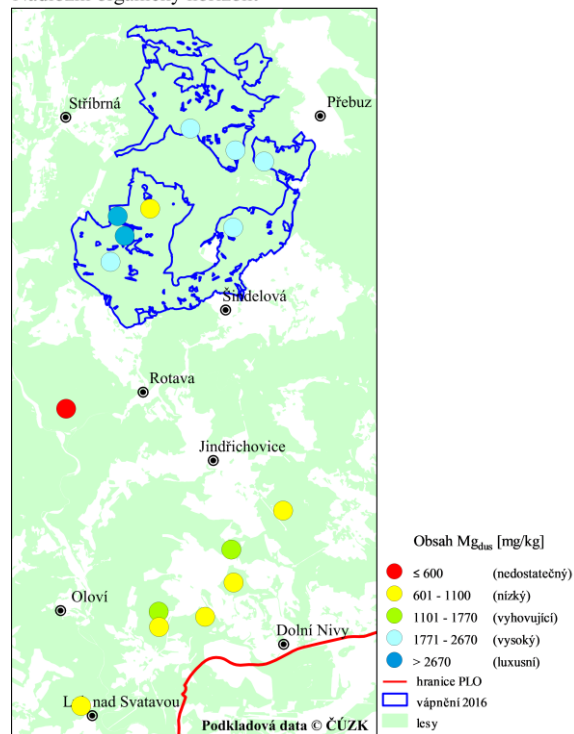
smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



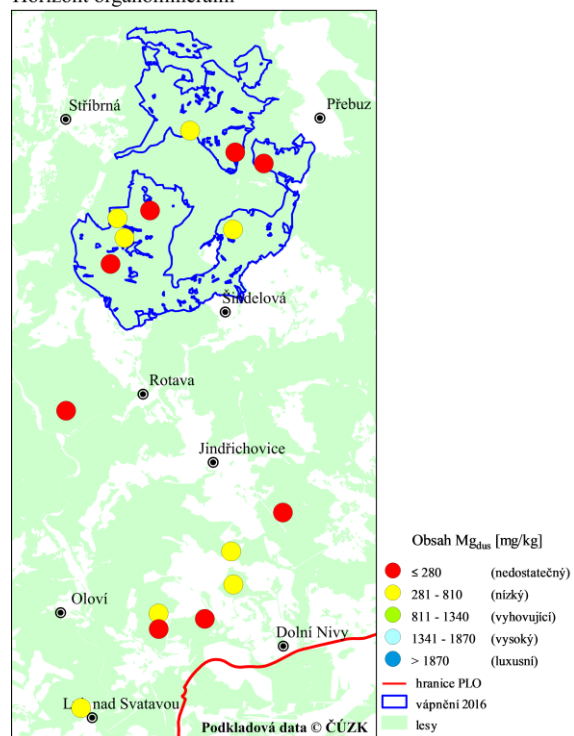
7.2.3. Hořčík

Kartogramy obsahu extahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2021)

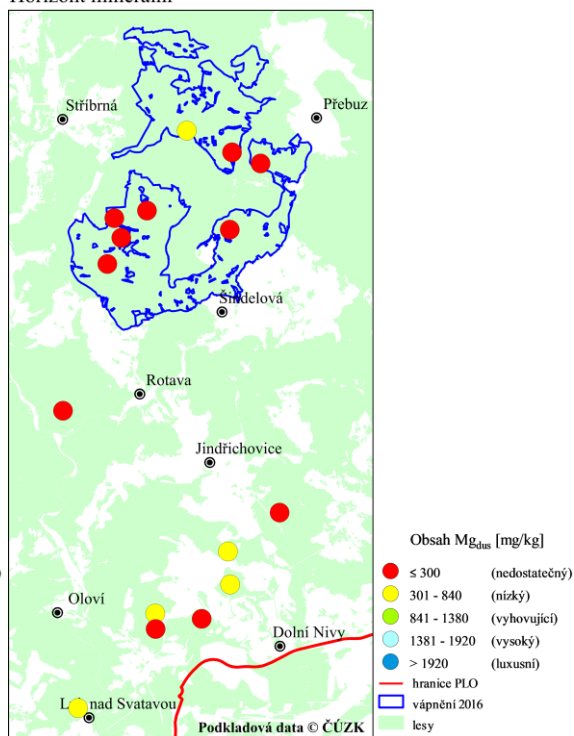
Nadloží organický horizont



Horizont organominerální

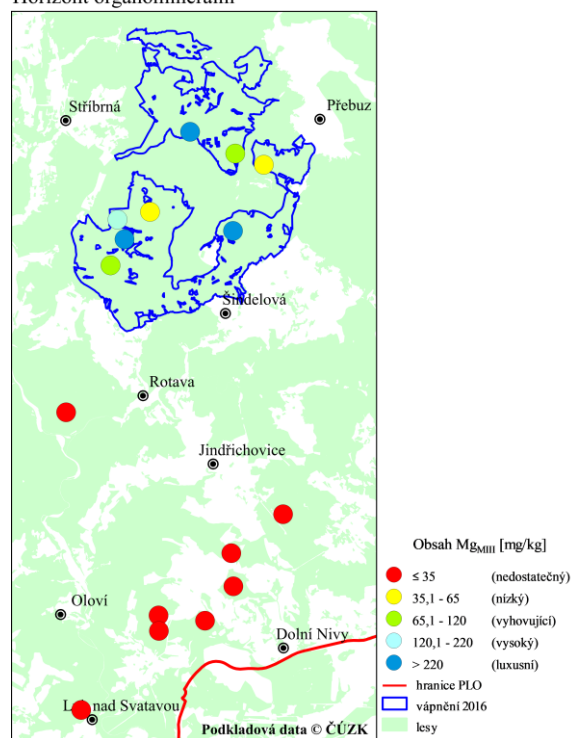


Horizont minerální

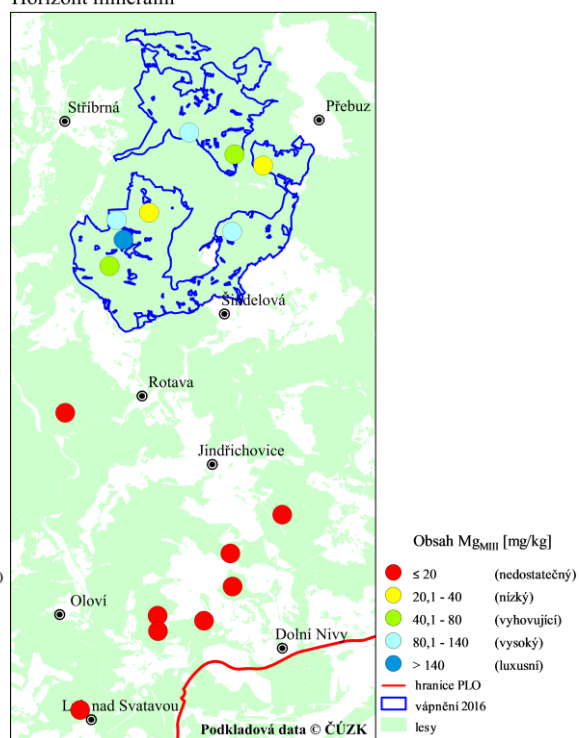


Kartogramy obsahu přístupného hořčíku (Mg_{MIII}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2021)

Horizont organominerální

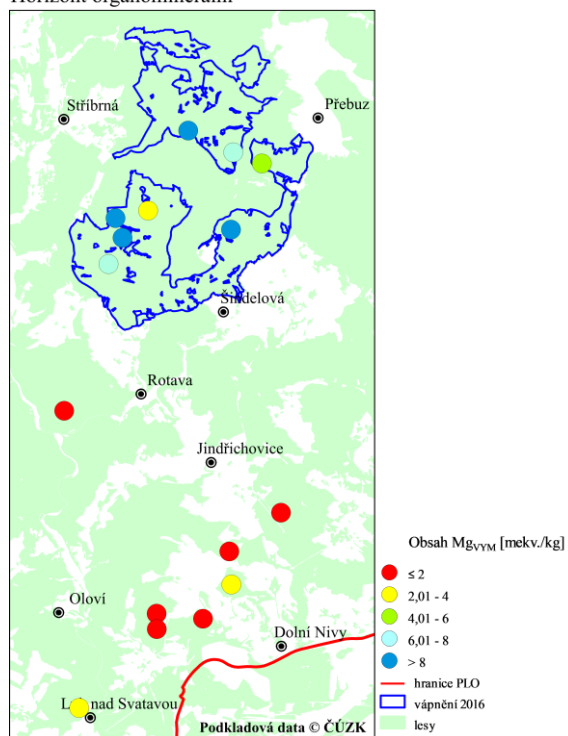


Horizont minerální

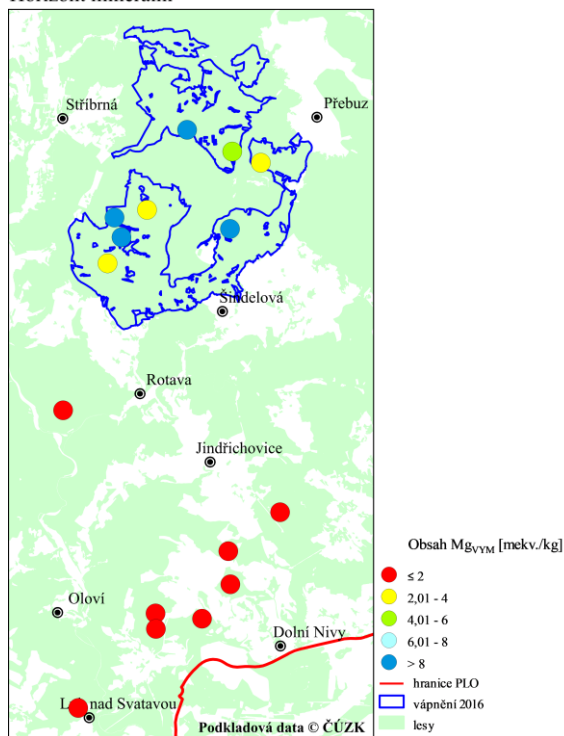


Kartogramy obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech pět let po vápnění (2021)

Horizont organominerální

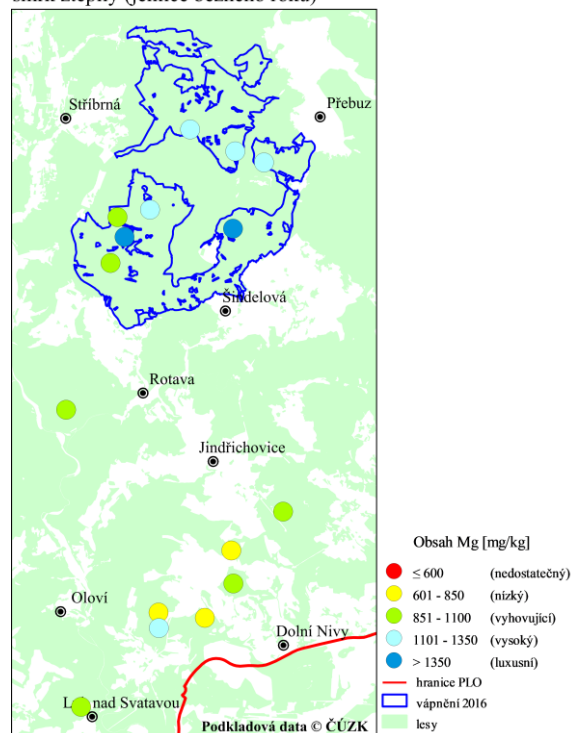


Horizont minerální



Kartogramy obsahu hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého pět let po vápnění (2021)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)

