

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 – „Litvínov“**

dle specifikace činností spojených s řešením úkolů, které pro MZe – úsek lesního hospodářství provádí ÚKZÚZ
Brno Č.j.: 21473/2018-MZE-16212

Závěrečná zpráva

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

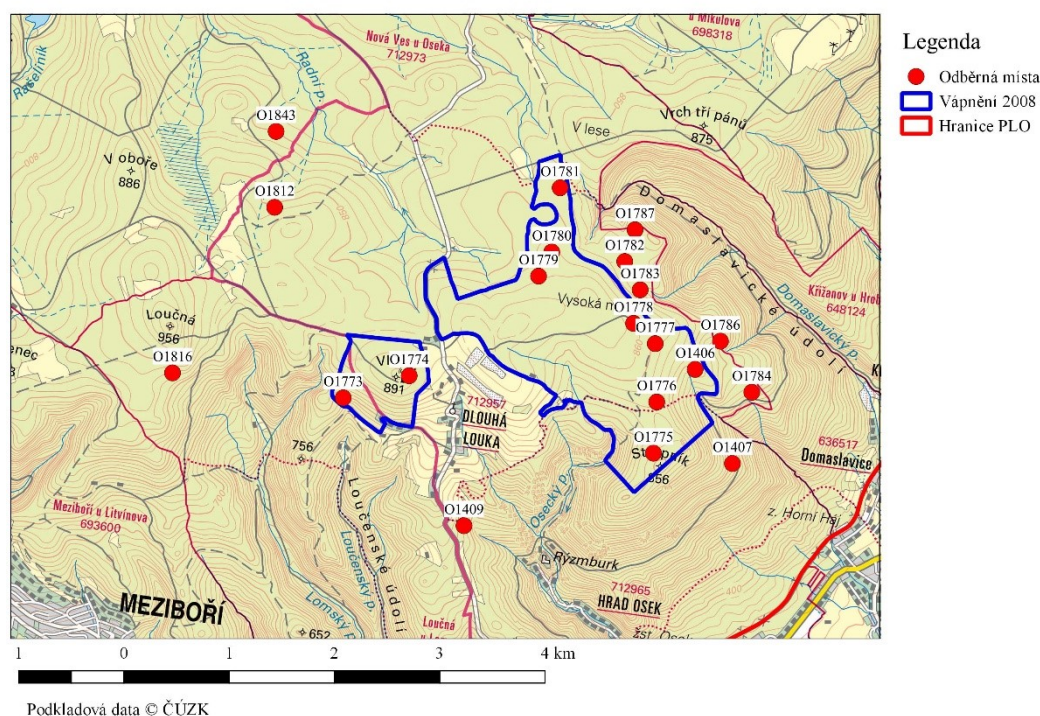
Obsah

1. Úvod	5
2. Popis odběrných míst	5
3. Metodika	6
4. Výsledky	7
4.1. Půda	7
4.2. Asimilační pletiva	13
5. Závěr	14
6. Přílohy	15
6.1. Popisné statistiky a testy	15
6.1.1. Nadložní organický horizont	15
6.1.2. Horizont organominerální	17
6.1.3. Horizont minerální	20
6.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku	23
6.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku	25
6.2. Grafy	27
6.2.1. Hořčík	27
6.2.2. Sycení basemi	31
6.3. Kartogramy	32
6.3.1. Hořčík	32
6.3.2. Sycení basemi	36

1. Úvod

V lokalitě „Litvínov“ proběhlo v roce 2018 šetření účinnosti vápnění na deseti odběrných místech ve vápněných a sedmi odběrných místech v kontrolních (v posledních deseti letech nevápněných) lesních porostech. Do souboru „kontrolních“ porostů byly zahrnuty výsledky ze tří porostů vzorkovaných v roce 2017 (OM 01409, 01812 a 01816). Na dotčených pozemcích proběhlo v roce 2008 vápnění lesních porostů. Účinnost těchto zásahů je v této zprávě hodnocena podle půdních vlastností zjištěných v roce 2018. Toto šetření bylo vykonáno na základě specifikace činností č.j.: **21473/2018-MZE-16212**, kterou pověřuje ÚKZÚZ MZe ČR.

2. Popis odběrných míst



Obr. 1: poloha OM v rámci PLO Krušné hory

Při výběru stanovišť určených pro kontrolu účinnosti vápnění bylo respektováno pravidlo srovnatelnosti vápněných i kontrolních ploch. Na rozdíl od kontroly rovnoměrnosti leteckého vápnění nejsou tedy odběrná místa umístěna tak, aby pokrývala celou plochu vápnění, ale aby odpovídala kontrolním stanovištím. Podobnost je dána lesním typem a porostem přibližně stejného věku a dřevinné skladby. Nezbytnou podmínkou jsou meliorační zásahy, případně příprava půdy při obnově porostů.

Do souboru vápněných i kontrolních ploch byly zařazeny náhradní porosty, které byly v 80-tých letech minulého století změněny shrnutím stávajícího povrchového horizontu a následně zalesněny. Odchytky v chemických vlastnostech vápněných a kontrolních ploch nejsou tak velké, aby byl jejich přirozený vývoj v šetřeném prostoru odlišný. Změny způsobené vlivem dodaného vápence jsou tedy zřejmé.

V konkrétním souboru vápněných a kontrolních porostů se jeví kontrolní stanoviště poněkud bohatší s vyšším podílem listnatých dřevin. Jejich chemické vlastnosti jsou mnohdy podobné a očekávané rozdíly způsobené vlivem vápence mohou být tedy méně výrazné.

Tab. 1: Seznam odběrných míst

vápněná	vlastník	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hospodářský soubor
01406	LČR	BK90, SM10	31	6S4	1724
01773	LČR	SMP18,BR20,Md26,JR18	35	6K4	7524
01774	LČR	SMP18,KL18,JR12,JIV16	55	7K3	7721
01775	LČR	BK30,BR30,SM30,JR10	30	6K4	7501
01776	LČR	SM80,JR20,BK+	95	6K4	7524
01777	LČR	SM70,JR30,SMP+	38	6K4	7524
01778	LČR	JR60,SMP30,SM10,BR+	38	6K4	7524
01779	LČR	JR80,SM10,BK10	36	6K4	7524
01780	LČR	SMP30;BR30,JR30,SM10	36	6K4	7524
01781	LČR	SM25,SMP25,JR25,BR25	34	7K3	7724
kontrolní	vlastník	Zastoupení dřevin	Věk porostu	Lesní typ	Hospodářský soubor
01409	LČR	SM88, MD8, KL4	58	5S6	551
01407	LČR	BK60,BR10,MD30	44	5S9	7501
01782	LČR	SMP65,BK35	36	7K3	2724
01783	LČR	SM70,BR10,BK10,JR10	36	6K4	2724
01784	LČR	BR70,SM20,BK10	39	5S6	2724
01786	LČR	BR40,SM30,MD30,BK+	34	6S4	2721
01787	LČR	SMP80,BR10,MD10	26	7K3	2724
01812	LČR	SM100, KL+	32	7K3	7724
01816	LČR	SM50, JR47, KL3	27	7K3	7724
01843	LČR	SM90,SMP10	38	7K3	7724

3. 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 software StatSoft, Inc. (2013), STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.
- Pro hodnocení statisticky významných rozdílů mezi vápněnými a kontrolními porosty bylo použito schéma uvedené v tabulce 2. Pro slovní hodnocení obsahu prvků v jehlicích byla u kartogramů použita klasifikace ÚKZÚZ

Tab. 2: Hodnocení statisticky významných rozdílů v datech

			Porost							
			Vápněný				Kontrolní			
			2008	2010	2013	2018	2008/09	2010	2012/13	2017/18
Porost	Vápněný	2008		Ano	Ano	Ano	Ano			
		2010	Ano		Ano	Ano		Ano		
		2013	Ano	Ano		Ano			Ano	
		2018	Ano	Ano	Ano					Ano
	Kontrolní	2008/09	Ano					Ano	Ano	Ano
		2010		Ano			Ano		Ano	Ano
		2012/13			Ano		Ano	Ano		Ano
		2017/18				Ano	Ano	Ano		

4. Výsledky

4.1. Půda

Tab. 3: Vybrané parametry v letech 2008 a 2018 ve vápněných porostech (opakovaný odběr)

Horizont	nadložní materiál (t/ha)		C _{ox} (%)		N _{tot} (%)	
	2008	2018	2008	2018	2008	2018
nadložní organický	102	118	19,8	28,9	1,06	1,47
organominerální			6,25	5,57	0,29	0,33
minerální			4,85	4,15	0,21	0,25

Tab. 4: Vybrané parametry v letech 2008/09 a 2017/18 v kontrolních porostech (opakovaný odběr)

Horizont	nadložní materiál (t/ha)		C _{ox} (%)		N _{tot} (%)	
	2008/09	2017/18	2008/09	2017/18	2008/09	2017/18
nadložní organický	80,4	102	21,2	28,3	1,17	1,54
organominerální			6,06	5,89	0,27	0,33
minerální			4,50	4,46	0,16	0,25

Množství nadložního organického materiálu je v době šetření – v roce 2018 na vápněných plochách vyšší než na plochách kontrolních. Po dobu šetření byly zjištěny na plochách vápněných změny v tomto množství. Na konci desetiletího pozorování je množství organického nadložního materiálu na souborech srovnávaných ploch podobné.

Spalitelný uhlík C_{ox} v nadložním organickém horizontu byl na počátku šetření v roce 2008 významně nižší na vápněných i kontrolních plochách. V průběhu desetiletí jsou zjišťovány vyšší hodnoty, které jsou na konci tohoto období na srovnávaných plochách podobné.

Hodnoty celkového dusíku (N_{tot}) v nadložním organickém horizontu jsou na plochách vápněných po vápnění významně vyšší. Ve srovnání s plochami kontrolními jsou obsahy po dobu šetření podobné.

V **organominerálním horizontu** jsou po dobu pozorování zjištěny významné rozdíly v obsazích celkového dusíku a to odděleně v rámci vápněných a kontrolních ploch. Závislost na vápnění není zřejmá.

V **minerálním horizontu** jsou obsahy vyrovnané po dobu šetření. Vliv vápnění se neprojevuje.

Poměr oxidovatelného uhlíku a celkového dusíku (C_{ox}/N_{tot}) je v nadložním organickém horizontu vápněných i kontrolních ploch bez významných změn. Vzhledem k nízkým hodnotám svědčí o vysokých obsazích celkového dusíku vázaného v organickém materiálu.

Významné změny v tomto poměru, které by ukazovaly na vliv vápnění, nejsou zjištěny ani v organominerálních a minerálních horizontech.

Na vápněných plochách je v nadložním organickém horizontu zjištěna významně vyšší hodnota výměnného pH (pH_{CaCl2}), po dvou letech od vápnění ve srovnání s hodnotou před vápněním na těchto plochách (pH_{CaCl2} 3,77 < pH_{CaCl2} 4,63). Ve druhém a pátém roce po vápnění jsou na plochách vápněných významně vyšší hodnoty pH_{CaCl2} než na plochách kontrolních.

V organominerálních ani v minerálních horizontech se vápnění na hodnotách pH_{CaCl2} výrazněji neprojevilo.

Hodnoty pH aktivního (pH_{H2O}) se v nadložním organickém horizontu po dobu pozorování významně nemění, na konci desetiletí je poněkud vyšší na plochách vápněných. V organominerálním horizontu byly po dobu pozorování vyšší hodnoty (pH_{H2O}) na vápněných plochách, včetně hodnoty počáteční. Postupem času se hodnoty srovnávají. V minerálním horizontu nebyly zaznamenány významné rozdíly a změny.

Obsahy **extrahovatelného fosforu** jsou v nadložním organickém horizontu vysoké na vápněných i kontrolních plochách. V pátém roce po vápnění je na vápněných plochách zjištěna významně nižší hodnota než hodnota počáteční. Toto snížení, i když nevýznamné, se projevilo i na plochách kontrolních a souvislost s vápněním považujeme za nepravděpodobnou. V organominerálním horizontu kolísají obsahy na obou typech srovnávaných ploch. Souvislost s vápněním není zřejmá. V horizontech minerálních jsou obsahy na vápněných i kontrolních plochách bez významných rozdílů.

Přístupné obsahy fosforu jsou na srovnávaných plochách nízké, v mnoha případech pod limitem detekce.

Na vápněných plochách je v nadložním organickém horizontu ve druhém a pátém roce po vápnění zjištěna významně nižší hodnota **extrahovatelného draslíku**. Tyto významně nižší hodnoty jsou zjištěny i v souboru ploch kontrolních. Obsahy zjištěné na konci šetření na vápněných i kontrolních plochách považujeme za vyhovující. V organominerálním horizontu jsou rovněž zjištěny významně nižší extrahovatelné obsahy po dvou letech od vápnění na vápněných i kontrolních plochách. Ve srovnání s rokem 2008 jsou na vápněných i kontrolních plochách zjištěny významně nižší obsahy extrahovatelného draslíku. Trend nižších obsahů v období po vápnění je zjištěn i v horizontech minerálních na vápněných i kontrolních plochách.

Přístupné obsahy draslíku (K_{MIII}) jsou v organominerálním i minerálním horizontu na vápněných i kontrolních plochách bez významných rozdílů po dobu šetření.

Trend nižších extrahovatelných a přístupných obsahů po vápnění je zjištěn na vápněných i kontrolních plochách, což vylučuje jedinečnost negativního antagonistického vlivu vápence. To je potvrzeno i hodnocením sorpčního komplexu v organominerálních i minerálních horizontech, kde je zjištěno vyšší sycení po pěti letech od vápnění na kontrolních i vápněných plochách.

V nadložním organickém, organominerálním i minerálním horizontu jsou na vápněných plochách zjištěny významně vyšší hodnoty **obsahu extrahovatelného vápníku** (Ca_{dus}) dva a pět let po vápnění ve srovnání s plochami kontrolními. Deset let po vápnění je na plochách vápněných v nadložním organickém horizontu nevýznamně vyšší hodnota obsahu vápníku ve srovnání s plochami kontrolními ($5477 \text{ mg Ca.kg}^{-1} > 1971 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$). V organominerálním horizontu ($371 \text{ mg Ca.kg}^{-1} > 191 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$) a v minerálním ($244 \text{ mg Ca.kg}^{-1} > 189 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$) jsou rovněž tyto rozdíly nevýznamné. V minerálním horizontu je obsah extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) na vápněných plochách významně vyšší po dvou ($221 \text{ mg Ca.kg}^{-1} > 85,1 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$) a pěti ($299 \text{ mg Ca.kg}^{-1} > 120 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$) letech po vápnění. V desátém roce je na vápněných plochách nevýznamně vyšší obsah Ca_{dus} . V organominerálním horizontu se **obsah přístupného vápníku** postupně zvyšuje až do pátého roku po vápnění, kdy jsou jeho hodnoty významně vyšší než na plochách kontrolních ($610 \text{ mg Ca.kg}^{-1} > 164 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$). Po deseti letech od vápnění je tento rozdíl statisticky nevýznamný ($371 \text{ mg Ca.kg}^{-1} > 191 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$), ovšem obsah na vápněných plochách je stále vyšší.

U **výměnné formy vápníku** v organominerálním horizontu je tato změna rychlejší a významně vyšší sycení sorpčního komplexu je zaznamenáno již ve druhém roce po vápnění ($21 \text{ mekv Ca.kg}^{-1} > 4,71 \text{ mekv Ca.kg}^{-1}$). Významně vyšší sycení na vápněných plochách setrvává i pět let po vápnění a v desátém roce je zde sycení vyšší nevýznamně ($14,6 \text{ mekv Ca.kg}^{-1} > 5,65 \text{ mekv Ca.kg}^{-1}$). Sycení sorpčního komplexu v minerálním horizontu je na plochách vápněných nevýznamně vyšší před a dva roky po vápnění. Na vápněných plochách se sycení zvyšuje až do pátého roku, kdy je významně vyšší než na plochách kontrolních ($11 \text{ mekv Ca.kg}^{-1} > 3,65 \text{ mekv Ca.kg}^{-1}$). V desátém roce je zde sycení pouze nevýznamně vyšší.

Obsahy **extrahovatelného hořčíku** (Mg_{dus}) v nadložních organických horizontech vápněných ploch jsou významně vyšší po dvou a pěti letech po vápnění ve srovnání s plochami kontrolními. Deset let po vápnění jsou obsahy na vápněných plochách nevýznamně vyšší ($2424 \text{ mg Mg.kg}^{-1} > 1382 \text{ mg Mg.kg}^{-1}$). Obsah extrahovatelného hořčíku se v organominerálních horizontech zvyšuje do pátého roku po vápnění, kdy jsou jeho hodnoty významně vyšší než hodnota před vápněním na těchto plochách. Ve srovnání s plochami kontrolními jsou tyto obsahy po dobu šetření nevýznamně vyšší. Podobný je stav v horizontech minerálních s nejvyšším obsahem v pátém roce po vápnění.

Přístupná forma hořčíku (Mg_{MIII}) se v organominerálním horizontu na plochách vápněných zvyšuje po dobu pozorování. V pátém roce po vápnění je tato hodnota významně vyšší než počáteční hodnota na plochách vápněných ($160 \text{ mg Mg.kg}^{-1} > 76,1 \text{ mg Mg.kg}^{-1}$) a také významně vyšší než na plochách kontrolních ($160 \text{ mg Mg.kg}^{-1} > 41,3 \text{ mg Mg.kg}^{-1}$). Deset let po vápnění je hodnota přístupného hořčíku na plochách vápněných významně vyšší ($167 \text{ mg Mg.kg}^{-1} > 56,0 \text{ mg Mg.kg}^{-1}$). V minerálních horizontech je množství přístupného hořčíku na vápněných plochách vyšší než na plochách kontrolních po celou dobu šetření. Na vápněných plochách se tato hodnota zvyšuje. Pět let po vápnění je zde významně vyšší než na plochách kontrolních ($62,5 \text{ mg Mg.kg}^{-1} > 25,3 \text{ mg Mg.kg}^{-1}$). V desátém roce po vápnění je obsah na vápněných plochách vyšší nevýznamně z důvodu neočekávaně vysoké hodnoty na plochách kontrolních ($42,5 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Sycení sorpčního komplexu hořčíkem se v organominerální horizontu na vápněných plochách vyvíjí podobně jako přístupná forma hořčíku s nejvyšší hodnotou v pátém roce po vápnění. Tato hodnota je zde významně vyšší než hodnoty počáteční ($7,52 \text{ mekv Mg.kg}^{-1} < 16,0 \text{ mekv Mg.kg}^{-1}$), ale v desátém roce je poněkud nižší ($16,0 \text{ mekv Mg.kg}^{-1} > 13,7 \text{ mekv Mg.kg}^{-1}$). Ve srovnání s plochami kontrolními je sycení na vápněných plochách v pátém a desátém roce po vápnění významně vyšší. V minerálním horizontu se na vápněných plochách zvyšuje sycení hořčíkem až do pátého roku. V pátém a desátém roce je na plochách vápněných významně vyšší než na plochách kontrolních.

V nadložních organických horizontech vápněných porostů je zjištěno významné snížení **extrahovatelné formy hliníku** (Al_{dus}) po dvou a pěti letech od vápnění. V desátém roce je hodnota nižší nevýznamně. V porostech kontrolních nejsou zjištěny významné změny během pozorování. V desátém roce po vápnění je ovšem tato hodnota ve srovnávaných stanovištích podobná. V organominerálních horizontech vápněných a kontrolních porostů se obsah extrahovatelného hliníku statisticky významně zvýšil, v minerálních horizontech nejsou zjištěny během pozorování významné změny a hodnoty jsou na obou typech ploch podobné.

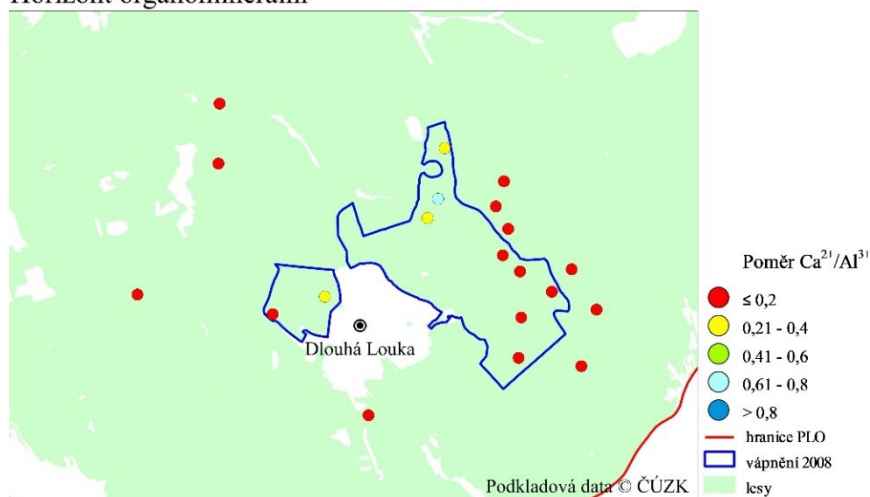
U **výměnné formy hliníku** (Al_{vym}) nejsou v průběhu pozorování zaznamenány významnější změny jak ve vápněných tak, v kontrolních porostech. U obsahů **extrahovatelného manganu** (Mn_{dus}) nejsou v nadložním organickém horizontu zjištěny významné změny. Na srovnávaných plochách jsou podobné obsahy a hodnotíme je jako nízké. V organominerálních horizontech jsou zjištěny na vápněných plochách významně vyšší obsahy manganu ve dvou, pěti i deseti letech od vápnění ve srovnání s výchozím stavem. Na plochách kontrolních je významný kladný rozdíl mezi hodnotou před a deset let po vápnění. Hodnoty se pohybují v oblastech nízkých obsahů a vliv vápence se zde neprojevuje.

Tab. 5: Výměnné kationty v organominerálním a v minerálním horizontu v roce 2018

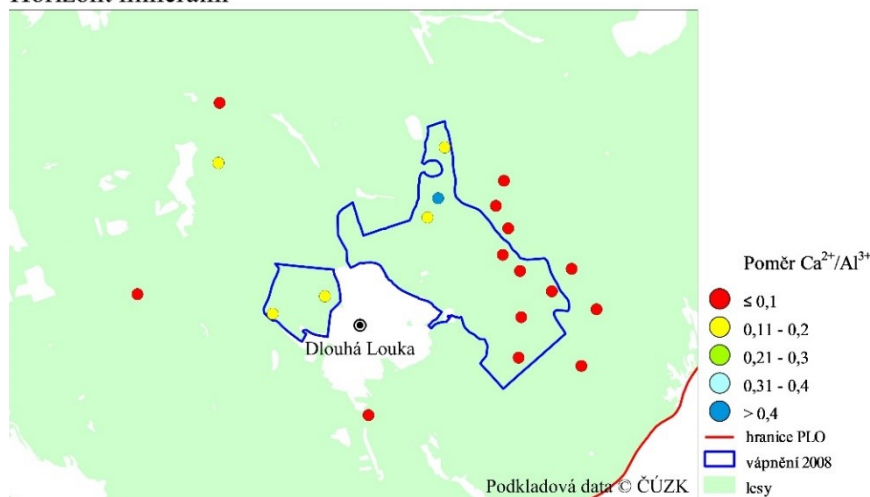
Půdní vlastnost	Horizont			
	organominerální		minerální	
	vápněná	kontrolní	vápněná	kontrolní
Ca^{2+} [mekv./kg]	14,6	5,80	6,71	4,50
Mg^{2+} [mekv./kg]	13,7	4,48	5,44	3,37
Al^{3+} [mekv./kg]	82,7	80,4	61,5	70,8
$\text{Ca}^{2+} / \text{Al}^{3+}$	0,20	0,08	0,13	0,06
$\text{Mg}^{2+} / \text{Al}^{3+}$	0,19	0,07	0,10	0,05

Za dostatečný podíl $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ v sorpčním komplexu považuje Bonneau (BONNEAU, 1992) hodnoty mezi 0,10 – 0,20 a pro $\text{Mg}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ minimální podíl 0,05 (Tab. 5).

Horizont organominerální

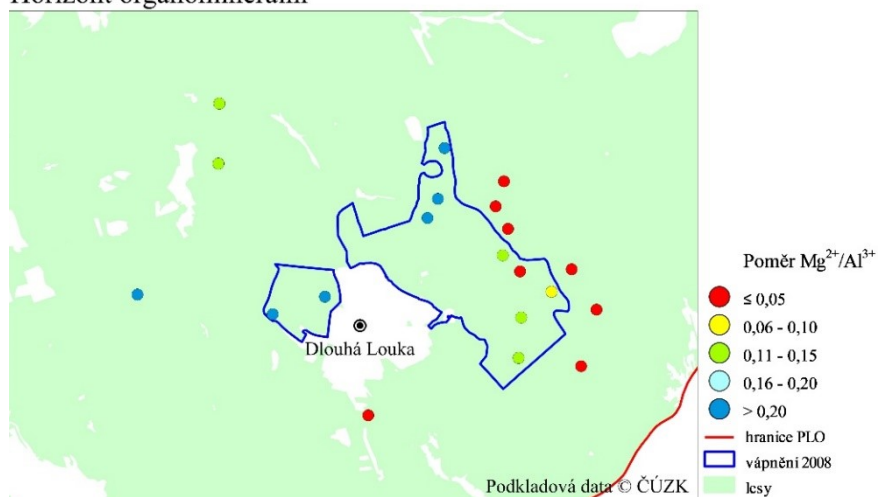


Horizont minerální

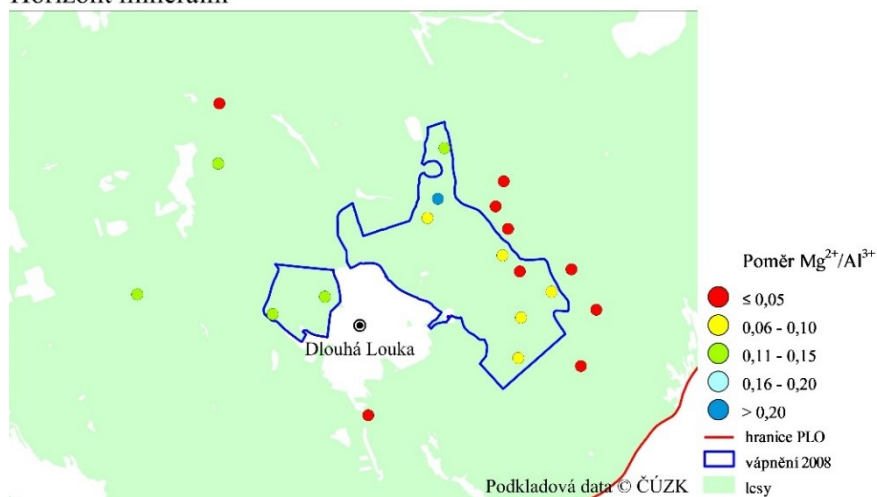
Obr. 2: Kartogramy poměru $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ v půdních horizontech

Odběrná místa s poměrem kationtů $\text{Ca}^{2+}/\text{Al}^{3+} < 0,20$ jsou zjištěna na vápněných i kontrolních plochách. Vzhledem k pomalejšímu pohybu vápníku půdním profilem, který je doložen nejvyšší hodnotou sycení sorpčního komplexu po pěti letech od vápnění předpokládáme jeho další působení v hlubších částech půdních profilů.

Horizont organominerální



Horizont minerální

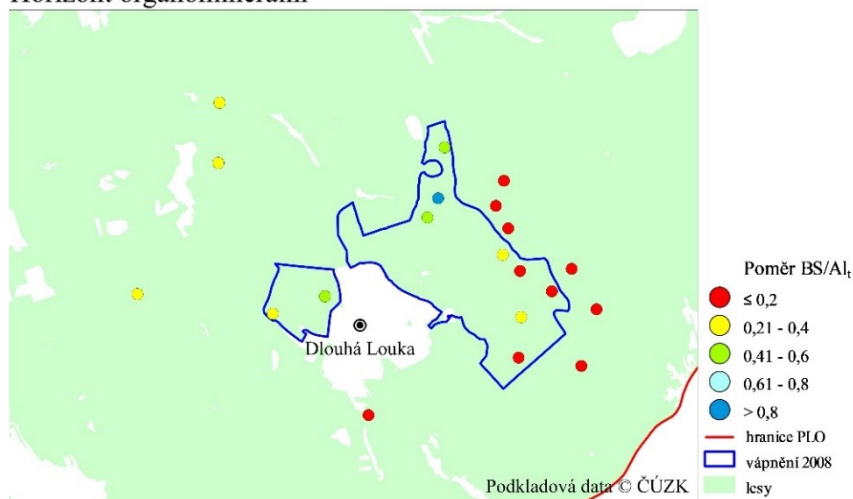
Obr. 3: Kartogramy poměru Mg^{2+}/Al^{3+} v půdních horizontech

Příznivější je hodnocení poměru kationtů Mg^{2+}/Al^{3+} , kdy se projevuje vliv rychlejšího pohybu hořčíku půdním profilem. Hodnoty poměru a $Mg^{2+}/Al^{3+} < 0,05$ jsou zjištěny především na kontrolních, tedy nevápněných plochách.

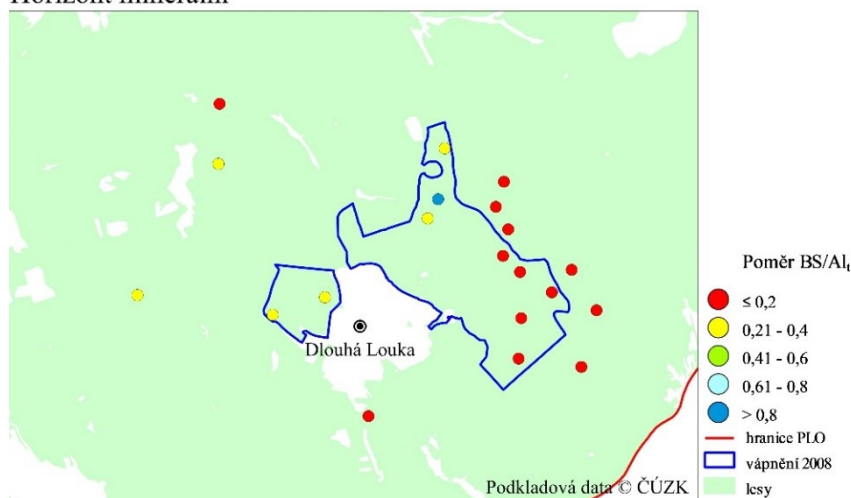
Tab. 6: Hodnocení BS v organominerálním a v minerálním horizontu v roce 2018

Půdní vlastnost	Horizont			
	organominerální		minerální	
	vápněná	kontrolní	vápněná	kontrolní
BS [%]	24,9	12,0	17,7	10,0
$(Al + H) = Al_t$	90,6	90,5	63,2	75,4
BS / Al_t	0,37	0,14	0,24	0,12

Horizont organominerální



Horizont minerální

Obr. 4: Kartogramy poměru BS/Al_t v půdních horizontech

Postupující účinek dolomitického vápence v půdním profilu je doložen poměry sycení sorpčního komplexu bazickými kationty ke kationtům hliníku vázanému v sorpčním komplexu půd. V organominerálním horizontu jsou tři odběrná místa s nízkým zastoupením bazických kationtů z důvodu odlišných vlastností půdních profilů buldozerovaných ploch, nebo nerovnoměrnosti leteckého rozmetání vápence. V horizontu minerálním je nedostatečné množství na pěti místech, což pravděpodobně souvisí s pomalejším postupem bazických kationtů půdním profilem.

4.2. Asimilační pletiva

Předmětem srovnání jsou asimilační pletiva jehlic smrku v běžném a předchozím roce. Pro srovnávání byly použity chemické vlastnosti vápněných a kontrolních porostů po pěti a deseti letech od vápnění. Obsahy zjištěné před vápněním a dva roky po vápnění nejsou uvedeny. V těchto letech se z porostů odebíraly jehlice smrku pichlavého, který zde byl převládající dřevinou a v rámci přeměn náhradních porostů byl z těchto stanovišť vytěžen.

Desátý rok po vápnění je zjištěna v jehlicích běžného roku významně nižší hodnota **obsahu dusíku** na vápněných plochách vzhledem ke stavu před pěti lety.

Výživa **fosforem** je na vápněných plochách v desátém roce po vápnění v jehlicích běžného roku významně nižší než v pátém roce. Rozdíl vzhledem k plochám kontrolním není zjištěn.

Obsah **draslíku** je v na vápněných plochách v desátém roce po vápnění v jehlicích běžného roku nižší než v pátém roce. Rozdíl mezi vápněnými a kontrolními stanovišti není významný.

Výživa fosforem a draslíkem na vápněných plochách kolísá na rozdíl od ploch kontrolních, kde jsou tyto obsahy stabilní.

Úroveň výživy **vápníkem** v jehlicích běžného roku je na sledovaných stanovištích podobná, bez významných změn.

Výživa **hořčíkem** v jehlicích běžného roku je na vápněných plochách v posledních pěti letech stabilní a významně vyšší než na plochách kontrolních. V jehlicích předchozího roku je zjištěn významný rozdíl v obsazích hořčíku, kde je v desátém roce po vápnění vyšší hodnota než v pátém roce. Na stanovištích kontrolních se tato hodnota poněkud snižuje. Zde může probíhat proces ukládání hořčíku do starších pletiv, což může být kladným vlivem vápnění.

Obsah **síry** se v jehlicích běžného roku v posledních pěti letech snižují na vápněných i kontrolních plochách. Souvislost s vápněním je tedy nepravděpodobná.

U ostatních prvků nebyly v jehlicích předchozího roku zjištěny významné změny, které by souvisely s vápněním.

Tab. 7: Mediány obsahů prvků v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (N v %) v jehlicích běžného roku na vápněných a kontrolních plochách na konci desetiletého období.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	B
vápněná	1,34	1481	5450	3770	1035	885	381	37,7	13,9
hodnocení	2	2	2	3	3	x	3	3	2
kontrolní	1,37	1655	6384	2834	874	937	534	37,7	14,9
hodnocení	2	3	3	2	2	x	3	3	2

Pozn. Jehlice běžného roku jsou odebrány v témže roce, kdy vyrašily, dvouleté jsou o rok starší. Hodnocení podle Hüttla in Šrámek 2009. 1 – nedostatečný, 2 – vyhovující, 3 – nadbytečný. x- pod hranicí nedostatku.

Tab. 8: Modelové a skutečné poměry vybraných prvků v jehlicích běžného roku na vápněných plochách na konci desetiletého 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
zjištěný	7,4-11,0	1,7-2,8	2,5-8,0	10,3-19	1,1-3,9	3,8-11,3	2,2-4,5

*(ŠRÁMEK et al, 2009)

Na vápněných plochách odpovídají ve většině případů zjištěné poměry živin poměrům modelovým. U poměru N/Mg přesahuje tento poměr modelový limit na třech z deseti stanovišť a u poměru K/Mg na jednom z deseti stanovišť. Tento nepříznivý poměr je způsoben nízkými hodnotami hořčíku ($<1000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), který je zjištěn na těchto odběrných místech a zřejmě tedy doznívající účinky vápnění těchto stanovišť.

5. Závěr

Vápnění porostů v lokalitě Litvínov nevyvolalo významné negativní jevy, jako je zvýšení celkového dusíku, ztráta nadložního organického materiálu, případně snížení obsahu spalitelného uhlíku C_{ox} v šetřených půdních horizontech, tj. v nadložním organickém horizontu a v horizontech organominerálních a minerálních do hloubky asi 40 cm, tedy kořenové vrstvy lesních porostů.

Kontrola účinnosti vápnění prokázala působení vápníku a hořčíku na chemickou půdní reakci a obsahy vápníku a hořčíku v půdních profilech.

Dostatečnost rozmetané dávky dolomitického vápence ($3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) je potvrzena šetřením poměrů bazických kationtů k volnému kationtu hliníku. Z šetření je patrný dosud probíhající proces působení dolomitického vápence, především kationtu vápníku v hlubších půdních horizontech.

Vliv vápnění na výživu lesních dřevin je prokázán chemizmem asimilačních orgánů, tedy jehlic smrku na vápněných a kontrolních stanovištích. Na vápněných plochách jsou zjištěny vyšší obsahy vápníku a hořčíku a rovněž poměry živin odpovídající poznatkům o vyrovnané výživě lesních dřevin. Nebyly zjištěny možné negativní vlivy jako je významné snížení úrovně výživy fosforem a draslíkem. Časový i prostorový průběh reakcí odpovídá doposud zjišťovaným zákonitostem. Šetřením půdních profilů na buldozerovaných plochách náhradních porostů bylo zjištěno vytvoření půdního prostředí s vyvinutými půdními horizonty, typickými pro lesní stanoviště. Tyto půdy jsou ve stadiu vhodném pro pěstování lesních porostů i pro zajištění ekologických funkcí lesa, jako je ukládání uhlíku, zadržování dostatečného množství vody i prostředí pro život organické složky lesních půd, zvířeny i květeny.

Dalším úkolem lesních hospodářů je sledování vývoje těchto půd, včetně jejich chemizmu, ochrana současného stavu a další vývoj sledující variabilitu lesního prostředí.

6. Přílohy

6.1. Popisné statistiky a testy

6.1.1. Nadložní organický horizont

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – kontrolní porosty (rok 2017+2018)

Proměnná	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus [t/ha]	10	108	110	21,3	170	78,2	149
pH _{CaCl2}	10	3,33	3,25	3,00	4,20	3,20	3,40
pH _{H2O}	10	4,24	4,20	3,80	4,90	4,10	4,30
N [%]	10	1,53	1,54	1,17	1,87	1,33	1,75
Cox [%]	10	28,8	26,5	16,8	41,8	23,8	37,6
C/N	10	18,6	19,4	12,6	23,8	15,0	22,1
Al _{dus} [mg/kg]	10	6898	7075	3310	12100	4250	8240
B _{dus} [mg/kg]	10	3,17	3,15	2,00	5,50	2,50	3,40
Ca _{dus} [mg/kg]	10	1904	1350	489	7760	1000	1870
Cd _{dus} [mg/kg]	10	0,26	0,24	0,14	0,46	0,17	0,34
Cr _{dus} [mg/kg]	10	11,1	12,0	5,09	16,8	7,58	13,3
Cu _{dus} [mg/kg]	10	14,8	15,2	9,74	19,7	11,7	16,7
Fe _{dus} [mg/kg]	10	9455	9860	2820	17500	4200	12400
K _{dus} [mg/kg]	10	1162	1105	695	1630	901	1500
Mg _{dus} [mg/kg]	10	1280	1105	560	2210	707	2110
Mn _{dus} [mg/kg]	10	277	264	60	577	198	378
P _{dus} [mg/kg]	10	1012	983	787	1280	954	1080
Pb _{dus} [mg/kg]	10	115	121	62,4	159	101	130
Zn _{dus} [mg/kg]	10	42,9	46,5	23,9	63,5	29,4	49,9

Popisné statistiky – nadložní organický horizont – vápněné porosty (deset let po vápnění)

Proměnná	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Nad. humus [t/ha]	10	118	120	57,8	181	97,3	138
pH _{CaCl2}	10	4,04	3,80	3,20	5,30	3,70	4,20
pH _{H2O}	10	4,83	4,75	4,10	6,00	4,50	4,90
N [%]	10	1,47	1,47	1,22	1,73	1,34	1,60
Cox [%]	10	28,9	30,0	22,2	36,5	26,2	31,5
C/N	10	19,6	18,9	17,6	23,2	18,4	20,7
Al _{dus} [mg/kg]	10	7313	7195	5310	10300	6130	8330
B _{dus} [mg/kg]	10	3,55	3,40	2,40	5,10	2,70	4,40
Ca _{dus} [mg/kg]	10	5477	4365	1320	13600	2840	6080
Cd _{dus} [mg/kg]	10	0,35	0,39	0,12	0,50	0,24	0,47
Cr _{dus} [mg/kg]	10	12,2	11,6	10,1	18,1	11,0	12,5
Cu _{dus} [mg/kg]	10	15,7	15,7	10,0	21,2	13,6	17,0
Fe _{dus} [mg/kg]	10	10449	9185	6770	16600	7570	13600
K _{dus} [mg/kg]	10	1278	1270	863	1760	1170	1360
Mg _{dus} [mg/kg]	10	2424	2005	1370	5000	1490	2440
Mn _{dus} [mg/kg]	10	336	282	157	706	221	407
P _{dus} [mg/kg]	10	1103	1125	891	1290	1070	1160
Pb _{dus} [mg/kg]	10	126	126	66,4	217	91,7	150
Zn _{dus} [mg/kg]	10	50,2	51,0	34,9	65,7	44,9	55,3

Porovnání průměrných hodnot* (nadložní organický horizont)

	Porost							
	Vápněný				Kontrolní			
	před vápněním (2008) (A)	dva roky po vápnění (2010) (B)	pět let po vápnění (2013) (C)	deset let po vápnění (2018) (D)	(2008/09) (E)	(2010) (F)	(2012/13) (G)	(2017/18) (H)
Nad. humus [t/ha]	102	68,3 ^C	132 ^B	118	80,4	75,8	105	102
pH _{CaCl2}	3,77 ^B	4,63 ^{AF}	4,25 ^G	4,04	3,39	3,48 ^B	3,20 ^C	3,38
pH _{H2O}	4,59	5,16	4,87	4,83	4,39	4,33	4,15	4,28
N [%]	1,06 ^{BCD}	1,55 ^A	1,49 ^A	1,47 ^A	1,17	1,38	1,34	1,54
COX [%]	19,8 ^{CD}	22,6 ^D	26,5 ^A	28,9 ^{AB}	21,2 ^H	26,2	26,2	28,3 ^E
C/N	18,9	14,6	18,0	19,6	18,8	19,1	19,7	18,2
Al _{dus} [mg/kg]	9432 ^{BC}	5891 ^A	5679 ^A	7313	7333	4948	5881	7208
Ca _{dus} [mg/kg]	2913 ^{BC}	10656 ^{ADF}	8099 ^{AG}	5477 ^B	1064	2913 ^B	1134 ^C	1971
Cd _{dus} [mg/kg]	0,48 ^{BCD}	0,61 ^{AD}	0,59 ^{ADG}	0,35 ^{ABC}	0,45 ^H	0,51 ^{GH}	0,39 ^{CFH}	0,28 ^{EFH}
Cr _{dus} [mg/kg]	12,1 ^{BC}	9,77 ^{AD}	10,1 ^{AD}	12,2 ^{BC}	10,8	8,88 ^H	10,3	11,5 ^F
Cu _{dus} [mg/kg]	16,3	13,7	16,5	15,7	18,4	15,4	17,0	14,6
Fe _{dus} [mg/kg]	13799 ^{BC}	7090 ^A	7457 ^A	10449	10446	5974	7974	9991
K _{dus} [mg/kg]	1349 ^{BC}	1063 ^{AD}	987 ^{AD}	1278 ^{BC}	1133 ^F	883 ^{EGH}	1149 ^F	1228 ^F
Mg _{dus} [mg/kg]	2016 ^B	5091 ^{ADF}	3408 ^G	2424 ^B	905	1297 ^B	815 ^C	1382
Mn _{dus} [mg/kg]	307	348	325	336	173	268	180	312
P _{dus} [mg/kg]	1248 ^C	1090	996 ^A	1103	1074	1021	973	1046
Pb _{dus} [mg/kg]	145	128	125	126	161	162	127	113
Zn _{dus} [mg/kg]	61,2 ^{BCDE}	49,5 ^A	41,8 ^A	50,2 ^A	44,6 ^A	42,8	41,5	42,7

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F,G,H označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci. Porovnávají se vzájemně všechny vápněné mezi sebou, všechny kontrolní mezi sebou a příslušné vápněné a kontrolní (2008x2008/09, 2010x2010, 2013x2012/13 a 2018x2017/18)

Poznámka: K porovnání byly použity výsledky opakovaných odběrů z 8 kontrolních porostů a ze 10 vápněných porostů.

6.1.2. Horizont organominerální

Popisné statistiky – horizont organominerální – kontrolní porosty (rok 2017+2018)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	10	3,35	3,40	3,10	3,60	3,20	3,40
pH _{H2O}	10	4,06	4,05	3,80	4,40	4,00	4,10
Vým. acid. [mekv./kg]	10	135	139	64,0	213	107	171
Cox [%]	10	5,78	5,98	3,56	7,15	5,25	6,34
N [%]	10	0,32	0,35	0,23	0,38	0,30	0,36
C/N	10	17,9	17,5	15,5	20,9	16,9	18,1
Al _{MIII} [mg/kg]	10	1804	1715	1440	2430	1520	2030
P _{MIII} [mg/kg]	10	--	< 3,5	< 3,5	16,2	< 3,5	7,06
K _{MIII} [mg/kg]	10	66,3	67,0	35,7	97,8	54,9	83,1
Ca _{MIII} [mg/kg]	10	106	117	< 30	198	39,0	145
Mg _{MIII} [mg/kg]	10	55,8	33,4	19,5	167	24,8	76,1
B _{MIII} [mg/kg]	10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,70	< 0,5	0,53
Fe _{MIII} [mg/kg]	10	715	712	591	805	691	738
S _{MIII} [mg/kg]	10	29,9	23,6	20,4	76,9	21,4	31,5
P _{dus} [mg/kg]	10	222	174	94,9	422	146	275
K _{dus} [mg/kg]	10	128	122	75,0	187	115	139
Mg _{dus} [mg/kg]	10	485	337	119	1330	197	521
Ca _{dus} [mg/kg]	10	187	185	83,9	344	156	221
Al _{dus} [mg/kg]	10	4383	4315	2060	6560	3060	6100
Cd _{dus} [mg/kg]	10	0,30	0,33	< 0,2	0,37	0,25	0,36
Cr _{dus} [mg/kg]	10	6,19	6,68	1,76	11,1	3,11	8,91
Cu _{dus} [mg/kg]	10	6,20	6,16	3,48	8,46	5,08	7,66
Fe _{dus} [mg/kg]	10	9884	9680	4260	15500	6880	12600
Mn _{dus} [mg/kg]	10	155	109	19,7	544	47,0	186
Pb _{dus} [mg/kg]	10	94,6	90,9	46,6	164	65,2	120
Zn _{dus} [mg/kg]	10	14,1	12,5	4,81	30,1	8,34	16,9
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	10	90,5	92,3	69,3	115	73,5	103
K _{VYM} [mekv./kg]	10	1,39	1,33	0,68	2,01	1,02	1,71
Ca _{VYM} [mekv./kg]	10	5,80	6,51	1,51	10,0	1,97	7,84
Mg _{VYM} [mekv./kg]	10	4,48	2,98	1,39	12,6	2,49	6,26
Na _{VYM} [mekv./kg]	10	0,37	0,37	0,26	0,47	0,28	0,45
Mn _{VYM} [mekv./kg]	10	0,57	0,31	< 0,1	2,41	0,17	0,63
Al _{VYM} [mekv./kg]	10	80,4	84,9	52,7	109	60,0	94,5
Fe _{VYM} [mekv./kg]	10	3,63	3,87	1,22	6,17	2,01	5,03
CEC [mekv./kg]	10	102	102	73,7	121	97,1	115
BS [%]	10	12,0	10,2	5,20	24,4	6,50	18,1

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Popisné statistiky – horizont organominerální – vápněné porosty (deset let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	10	3,47	3,45	3,20	3,80	3,30	3,60
pH _{H2O}	10	4,23	4,20	3,90	4,60	4,10	4,30
Vým. acid. [mekv./kg]	10	129	126	77,6	185	92,4	165
COX [%]	10	5,57	5,62	4,05	6,50	5,22	5,93
N [%]	10	0,33	0,34	0,26	0,37	0,31	0,36
C/N	10	16,9	16,9	15,6	18,6	16,0	18,0
Al _{MIII} [mg/kg]	10	2004	2020	1740	2300	1830	2130
P _{MIII} [mg/kg]	10	--	< 3,5	< 3,5	36,1	< 3,5	< 3,5
K _{MIII} [mg/kg]	10	69,4	72,9	48,6	84,4	57,8	77,7
Ca _{MIII} [mg/kg]	10	249	182	83,6	708	142	324
Mg _{MIII} [mg/kg]	10	167	171	65,4	297	129	214
B _{MIII} [mg/kg]	10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,60	< 0,5	0,50
Fe _{MIII} [mg/kg]	10	694	708	471	816	663	762
S _{MIII} [mg/kg]	10	34,2	27,3	22,1	65,2	24,4	39,5
P _{dus} [mg/kg]	10	237	175	111	575	148	228
K _{dus} [mg/kg]	10	140	140	103	192	117	154
Mg _{dus} [mg/kg]	10	611	492	366	1120	404	838
Ca _{dus} [mg/kg]	10	371	325	143	904	208	413
Al _{dus} [mg/kg]	10	5082	4805	3740	7460	3930	5690
Cd _{dus} [mg/kg]	10	0,27	0,32	< 0,2	0,39	0,22	0,34
Cr _{dus} [mg/kg]	10	7,49	7,32	6,66	9,11	6,97	7,88
Cu _{dus} [mg/kg]	10	8,14	7,71	5,49	11,0	7,07	9,29
Fe _{dus} [mg/kg]	10	13253	13500	8730	16300	12400	14300
Mn _{dus} [mg/kg]	10	203	203	86,1	374	113	251
Pb _{dus} [mg/kg]	10	114	121	69,4	156	95,1	126
Zn _{dus} [mg/kg]	10	16,4	16,3	9,06	27,2	10,3	21,9
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	10	90,6	93,1	59,8	121	67,6	101
K _{VYM} [mekv./kg]	10	1,19	1,27	0,80	1,44	0,99	1,38
Ca _{VYM} [mekv./kg]	10	14,6	10,8	4,11	42,8	7,99	18,1
Mg _{VYM} [mekv./kg]	10	13,7	13,9	5,42	25,7	10,3	17,3
Na _{VYM} [mekv./kg]	10	0,38	0,39	0,29	0,47	0,36	0,41
Mn _{VYM} [mekv./kg]	10	0,47	0,43	< 0,1	0,99	0,31	0,66
Al _{VYM} [mekv./kg]	10	82,7	84,5	55,2	114	60,3	93,1
Fe _{VYM} [mekv./kg]	10	3,26	3,52	0,35	6,37	2,04	4,45
CEC [mekv./kg]	10	120	127	88,7	138	109	133
BS [%]	10	24,9	24,9	9,30	50,9	16,4	29,2

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Porovnání průměrných hodnot* (organominerální horizont)

	Porost							
	Vápněný				Kontrolní			
	před vápněním (2008) (A)	dva roky po vápnění (2010) (B)	pět let po vápnění (2013) (C)	deset let po vápnění (2018) (D)	(2008/09) (E)	(2010) (F)	(2012/13) (G)	(2017/18) (H)
pH _{CaCl2}	3,52	3,50	3,49	3,47	3,33	3,31	3,30	3,38
pH _{H2O}	4,28 ^E	4,19 ^F	4,23 ^G	4,23	4,04 ^A	3,95 ^B	3,94 ^C	4,08
Vým. acid. [mekv./kg]	48,2 ^{BCD}	153 ^A	188 ^A	129 ^A	71,4 ^{FG}	185 ^E	176 ^E	138
Cox [%]	6,25	5,89 ^C	7,86 ^{BD}	5,57 ^C	6,06	6,67	7,29	5,89
N [%]	0,29	0,33 ^C	0,26 ^{BD}	0,33 ^C	0,27	0,26 ^H	0,27 ^H	0,33 ^{FG}
C/N	25,0	19,7	31,4	16,9	27,9	69,1	27,7	17,9
Al _{III} [mg/kg]		1706 ^D	1709 ^D	2004 ^{BC}		1670 ^H	1627 ^H	1885 ^{FG}
P _{III} [mg/kg]	--	--	12,6 ^D	-- ^C	-- ^{FH}	-- ^{EG}	-- ^{FH}	-- ^{EG}
K _{III} [mg/kg]	56,9	69,5	77,7	69,4	69,6	70,6	76,8	71,6
Ca _{III} [mg/kg]	235	-- ^F	392 ^G	249	115	< 100 ^B	104 ^C	107
Mg _{III} [mg/kg]	76,1 ^{CD}	106 ^{CD}	160 ^{ABG}	167 ^{ABH}	36,9	42,0	41,3 ^C	56,0 ^D
Fe _{III} [mg/kg]			638 ^D	694 ^C			649 ^H	718 ^G
Sm _{III} [mg/kg]			19,9 ^D	34,2 ^C			20,5	31,5
P _{dus} [mg/kg]	295 ^D	250	286	237 ^A	316 ^{FH}	249 ^E	266	248 ^E
K _{dus} [mg/kg]	229 ^{BD}	144 ^A	185	140 ^A	234 ^{FGH}	137 ^E	147 ^E	137 ^E
Mg _{dus} [mg/kg]	479 ^C	473 ^C	646 ^{AB}	611	328	305	412	447
Ca _{dus} [mg/kg]	433	498 ^F	610 ^G	371	208	160 ^B	164 ^C	191
Al _{dus} [mg/kg]	4291 ^D	4563	4569	5082 ^A	3521 ^H	4168	4250	4459 ^E
Cd _{dus} [mg/kg]	-- ^C	< 0,2 ^C	0,43 ^{ABD}	0,27 ^C	0,12 ^{GH}	< 0,2 ^G	-- ^{EF}	0,30 ^E
Cr _{dus} [mg/kg]	7,00	6,68	7,14	7,49	6,11	6,69	6,78	6,34
Cu _{dus} [mg/kg]	5,05 ^{BD}	8,75 ^A	6,06	8,14 ^A	5,65 ^F	9,41 ^{EGH}	5,85 ^F	6,36 ^F
Fe _{dus} [mg/kg]	9494	10838	11799	13253	9970	11638	10151	10448
Mn _{dus} [mg/kg]	132 ^{BCD}	231 ^A	193 ^A	203 ^A	88,1 ^H	138	128	175 ^E
Pb _{dus} [mg/kg]	86,9 ^{BCD}	113 ^A	120 ^A	114 ^A	80,7 ^G	103	105 ^E	101
Zn _{dus} [mg/kg]	17,1	19,6	17,1	16,4	13,1	15,9	15,0	13,9
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	83,1	83,1	81,2	90,6	79,0	106	95,9	92,4
K _{VYM} [mekv./kg]	1,39 ^C	1,38 ^C	1,73 ^{ABD}	1,19 ^C	1,61	1,44	1,76	1,49
Ca _{VYM} [mekv./kg]	14,2 ^C	21,0 ^F	26,5 ^{ADG}	14,6 ^C	7,34	4,71 ^B	6,52 ^C	5,65
Mg _{VYM} [mekv./kg]	7,52 ^{CD}	8,99 ^C	16,0 ^{ABG}	13,7 ^{AH}	3,03	2,44	3,35 ^C	4,51 ^D
Na _{VYM} [mekv./kg]	0,44 ^B	0,29 ^A	0,35	0,38	0,39	0,33	0,41	0,37
Mn _{VYM} [mekv./kg]	0,34	--	0,61	0,47	0,37	0,29	0,41	0,63
Al _{VYM} [mekv./kg]	72,6	75,1	75,8	82,7	72,9	94,2	83,1	82,0
Fe _{VYM} [mekv./kg]	8,38 ^{BCD}	3,73 ^A	2,22 ^A	3,26 ^A	9,58	6,43	4,62	3,80
CEC [mekv./kg]	107 ^C	115	126 ^A	120	91,4	115	108	104
BS [%]	22,2 ^C	24,8 ^F	35,2 ^{AG}	24,9 ^H	14,4	7,80 ^B	11,1 ^C	11,7 ^D

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F,G,H označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci. Porovnávají se vzájemně všechny vápněné mezi sebou, všechny kontrolní mezi sebou a příslušné vápněné a kontrolní (2008x2008/09, 2010x2010, 2013x2012/13 a 2018x2017/18)

Poznámka: K porovnání byly použity výsledky opakovaných odběrů z 8 kontrolních porostů a ze 10 vápněných porostů.

6.1.3. Horizont minerální

Popisné statistiky – horizont minerální – kontrolní porosty

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	10	3,62	3,50	3,40	3,90	3,50	3,80
pH _{H2O}	10	4,31	4,20	4,10	4,70	4,20	4,50
Vým. acid. [mekv./kg]	10	153	151	103	196	134	176
Cox [%]	10	4,43	4,39	1,62	6,28	4,06	4,96
N [%]	10	0,25	0,25	0,14	0,35	0,23	0,27
C/N	10	17,8	17,8	11,6	21,3	16,9	19,2
Al _{MIII} [mg/kg]	10	2370	2285	1970	3190	2160	2510
P _{MIII} [mg/kg]	10	< 3,5	< 3,5	< 3,5	12,2	< 3,5	< 3,5
K _{MIII} [mg/kg]	10	57,5	55,5	29,0	97,4	47,1	64,5
Ca _{MIII} [mg/kg]	10	84,5	87,6	< 30	207	30,0	106
Mg _{MIII} [mg/kg]	10	42,2	27,2	< 10	130	14,1	52,8
B _{MIII} [mg/kg]	10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,75	< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} [mg/kg]	10	572	619	291	697	589	657
S _{MIII} [mg/kg]	10	38,2	33,9	30,4	68,9	32,2	37,7
P _{dus} [mg/kg]	10	217	195	109	483	124	271
K _{dus} [mg/kg]	10	120	118	69,2	193	97,2	136
Mg _{dus} [mg/kg]	10	611	422	202	1320	247	1140
Ca _{dus} [mg/kg]	10	177	151	58,1	374	127	229
Al _{dus} [mg/kg]	10	6990	6170	4660	10500	5560	8200
Cd _{dus} [mg/kg]	10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,31	< 0,2	0,26
Cr _{dus} [mg/kg]	10	7,88	7,71	3,37	17,5	4,51	9,03
Cu _{dus} [mg/kg]	10	4,75	3,94	2,13	7,89	3,32	6,33
Fe _{dus} [mg/kg]	10	13328	13450	7780	21300	10300	16300
Mn _{dus} [mg/kg]	10	273	175	64,7	1000	114	289
Pb _{dus} [mg/kg]	10	67,7	71,1	28,8	117	41,0	85,0
Zn _{dus} [mg/kg]	10	15,8	15,1	5,73	26,6	10,7	20,2
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	10	75,4	81,5	39,1	89,6	69,7	85,6
K _{VYM} [mekv./kg]	10	1,00	0,97	0,41	1,88	0,74	1,26
Ca _{VYM} [mekv./kg]	10	4,50	4,27	< 1,0	12,6	1,59	5,48
Mg _{VYM} [mekv./kg]	10	3,37	1,91	0,67	10,9	0,93	4,37
Na _{VYM} [mekv./kg]	10	0,32	0,32	0,18	0,41	0,28	0,35
Mn _{VYM} [mekv./kg]	10	0,55	0,45	< 0,1	1,79	0,16	0,76
Al _{VYM} [mekv./kg]	10	70,8	75,0	34,2	85,7	67,2	79,3
Fe _{VYM} [mekv./kg]	10	1,81	1,33	< 0,3	5,17	0,40	2,92
CEC [mekv./kg]	10	84,7	88,8	42,1	108	72,7	99,7
BS [%]	10	10,0	8,75	3,90	21,3	6,40	12,5

Popisné statistiky – horizont minerální – vápněné porosty (deset let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
pH _{CaCl2}	10	3,77	3,85	3,30	4,00	3,60	3,90
pH _{H2O}	10	4,44	4,45	4,10	4,70	4,30	4,60
Vým. acid. [mekv./kg]	10	134	131	84,8	185	120	155
COX [%]	10	4,15	4,14	1,76	5,66	3,72	4,86
N [%]	10	0,25	0,26	0,16	0,32	0,23	0,28
C/N	10	16,4	16,7	11,0	18,6	15,9	17,7
Al _{MIII} [mg/kg]	10	2493	2445	2210	2790	2380	2660
P _{MIII} [mg/kg]	10	--	< 3,5	< 3,5	67,4	< 3,5	< 3,5
K _{MIII} [mg/kg]	10	49,5	48,6	30,9	68,5	41,7	59,5
Ca _{MIII} [mg/kg]	10	117	80,5	55,3	381	76,5	116
Mg _{MIII} [mg/kg]	10	66,0	65,2	21,8	140	48,3	69,9
B _{MIII} [mg/kg]	10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,54	< 0,5	< 0,5
Fe _{MIII} [mg/kg]	10	459	449	228	659	382	518
S _{MIII} [mg/kg]	10	49,0	45,4	30,3	70,9	37,6	58,4
P _{duš} [mg/kg]	10	240	185	136	507	167	268
K _{duš} [mg/kg]	10	132	131	83	173	118	161
Mg _{duš} [mg/kg]	10	698	667	375	1080	450	925
Ca _{duš} [mg/kg]	10	244	198	119	620	181	264
Al _{duš} [mg/kg]	10	8129	8280	5780	9420	7830	8920
Cd _{duš} [mg/kg]	10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,31	< 0,2	0,28
Cr _{duš} [mg/kg]	10	8,44	8,18	5,91	11,00	7,70	9,02
Cu _{duš} [mg/kg]	10	4,63	4,72	3,42	5,58	4,08	5,30
Fe _{duš} [mg/kg]	10	13802	14250	7620	19400	12900	15100
Mn _{duš} [mg/kg]	10	393	354	255	693	321	403
Pb _{duš} [mg/kg]	10	60,2	55,0	33,6	109	46,0	65,1
Zn _{duš} [mg/kg]	10	18,8	18,4	13,2	30,0	13,9	21,3
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	10	63,2	58,3	35,5	106	44,7	82,5
K _{VYM} [mekv./kg]	10	0,76	0,75	0,39	1,14	0,56	0,95
Ca _{VYM} [mekv./kg]	10	6,71	4,43	2,74	24,9	3,59	6,58
Mg _{VYM} [mekv./kg]	10	5,44	5,29	1,74	12,1	4,12	5,99
Na _{VYM} [mekv./kg]	10	0,25	0,24	0,17	0,35	0,20	0,32
Mn _{VYM} [mekv./kg]	10	0,57	0,57	0,34	0,89	0,38	0,79
Al _{VYM} [mekv./kg]	10	61,5	57,3	34,8	104	42,9	80,2
Fe _{VYM} [mekv./kg]	10	0,59	0,46	< 0,3	1,56	0,32	0,74
CEC [mekv./kg]	10	76,4	72,3	44,3	117,0	63,8	93,0
BS [%]	10	17,7	15,8	7,60	45,9	11,0	19,9

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Porovnání průměrných hodnot* (minerální horizont)

	Porost							
	Vápněný				Kontrolní			
	před vápněním (2008) (A)	dva roky po vápnění (2010) (B)	pět let po vápnění (2013) (C)	deset let po vápnění (2018) (D)	(2008/09) (E)	(2010) (F)	(2012/13) (G)	(2017/18) (H)
pH _{CaCl2}	3,80	3,96 ^D	3,82	3,77 ^B	3,75	3,89 ^{GH}	3,68 ^F	3,66 ^F
pH _{H2O}	4,46	4,57	4,45	4,44	4,36	4,40	4,28	4,34
Vým. acid. [mekv./kg]	39,8 ^{BCD}	121 ^A	143 ^A	134 ^A	67,0 ^{FGH}	128 ^E	135 ^E	153 ^E
Cox [%]	4,85	4,29 ^C	5,79 ^{BD}	4,15 ^C	4,50	4,26	4,96	4,46
N [%]	0,21	0,18	0,16	0,25	0,16	0,14 ^H	0,16	0,25 ^F
C/N	25,8	25,7	38,5	16,4	31,2	57,4	33,1	17,6
Al _{III} [mg/kg]		2179	2146 ^D	2493 ^C		2173	1998 ^H	2396 ^G
P _{III} [mg/kg]	< 5,0	--	--	--	--	--	--	3,77
K _{III} [mg/kg]	46,6	39,8	47,6	49,5	46,7	43,3	49,5	58,6
Ca _{III} [mg/kg]	124	--	170 ^G	117	64,0	< 100	59,4 ^C	87,6
Mg _{III} [mg/kg]	32,2 ^{CD}	39,6 ^D	62,5 ^{AG}	66,0 ^{AB}	20,3	-- ^H	25,3 ^C	42,5 ^F
Fe _{III} [mg/kg]			464	459			530	548
Sm _{III} [mg/kg]			28,8 ^D	49,0 ^C			29,1	39,1
P _{dus} [mg/kg]	217	208	258	240	255	229	224	239
K _{dus} [mg/kg]	231 ^{BCD}	109 ^A	155 ^A	132 ^A	187 ^{FG}	97,5 ^E	117 ^E	125
Mg _{dus} [mg/kg]	618	463 ^{CD}	700 ^B	698 ^B	495	402	514	574
Ca _{dus} [mg/kg]	247	221 ^F	299 ^G	244	146	85,1 ^B	120 ^C	189
Al _{dus} [mg/kg]	6140	7415	7456	8129	7220	7684	6411	7244
Cd _{dus} [mg/kg]	--	< 0,2	--	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cr _{dus} [mg/kg]	8,32	7,24	7,65	8,44	8,00	7,10	7,29	8,16
Cu _{dus} [mg/kg]	3,44 ^B	5,96 ^A	3,95	4,63	4,29 ^F	7,44 ^{EGH}	3,94 ^F	4,82 ^F
Fe _{dus} [mg/kg]	13201	11180	12084	13802	11371	10090	10826	13498
Mn _{dus} [mg/kg]	225 ^{BCD}	394 ^A	355 ^A	393 ^A	200	258	239	306
Pb _{dus} [mg/kg]	70,2 ^{BE}	48,2 ^A	66,4	60,2	44,4 ^{AH}	40,2 ^H	60,7	67,9 ^{EF}
Zn _{dus} [mg/kg]	18,8	20,8	20,8	18,8	15,4	17,2	16,6	16,1
(Al+H) _{VYM} [mekv./kg]	65,1	55,0	63,3	63,2	73,7	60,1	76,4	73,0
K _{VYM} [mekv./kg]	0,94	0,73 ^C	1,04 ^{BD}	0,76 ^C	0,95	0,77 ^G	1,10 ^H	1,01
Ca _{VYM} [mekv./kg]	7,05	6,89	11,0 ^G	6,71	3,38	1,64	3,65 ^C	4,74
Mg _{VYM} [mekv./kg]	2,85 ^{CD}	3,09 ^{CD}	5,61 ^{ABG}	5,44 ^{ABH}	1,41	0,97	1,85 ^C	3,44 ^D
Na _{VYM} [mekv./kg]	0,35 ^B	0,24 ^A	0,28	0,25	0,31	0,24	0,32	0,31
Mn _{VYM} [mekv./kg]	0,70 ^B	0,38 ^A	0,57	0,57	0,62 ^F	0,29 ^{EH}	0,50	0,58 ^F
Al _{VYM} [mekv./kg]	62,5	54,9	63,4	61,5	71,6	59,7	72,8	68,0
Fe _{VYM} [mekv./kg]	2,34 ^{BCD}	-- ^A	0,48 ^A	0,59 ^A	2,74 ^{FGH}	0,76 ^E	1,35 ^E	1,76 ^E
CEC [mekv./kg]	76,3	65,9 ^C	81,3 ^B	76,4	79,8 ^F	63,6 ^E	83,3	82,7
BS [%]	16,8	19,0	22,2 ^G	17,7	7,58	5,80	8,26 ^C	10,4

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D,E,F,G,H označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci. Porovnávají se vzájemně všechny vápněné mezi sebou, všechny kontrolní mezi sebou a příslušné vápněné a kontrolní (2008x2008/09, 2010x2010, 2013x2012/13 a 2018x2017/18)

Poznámka: K porovnání byly použity výsledky opakovaných odběrů z 8 kontrolních porostů a z 10 vápněných porostů.

6.1.4. Smrk ztepilý – jehlice běžného roku

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

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	57,8	60,3	42,2	69,7	50,9	64,1
B [mg/kg]	8	14,9	15,2	10,8	18,9	13,3	16,3
Ca [mg/kg]	8	2834	3020	1730	3320	2485	3305
Cd [mg/kg]	8	0,10	0,08	0,04	0,26	0,05	0,14
Cr [mg/kg]	8	0,17	0,16	0,12	0,27	0,14	0,19
Cu [mg/kg]	8	3,14	3,06	2,52	3,61	2,91	3,52
Fe [mg/kg]	8	37,7	35,0	32,5	45,9	33,4	43,3
K [mg/kg]	8	6384	5890	5000	9620	5555	6780
Mg [mg/kg]	8	874	831	794	1110	804	910
Mn [mg/kg]	8	534	458	169	1030	234	844
N [%]	8	1,37	1,36	1,13	1,62	1,32	1,45
Ni [mg/kg]	8	1,70	1,86	0,53	3,10	0,88	2,25
P [mg/kg]	8	1655	1685	1120	2180	1475	1810
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,21	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	8	937	915	820	1040	883	1020
Zn [mg/kg]	8	31,1	32,2	22,0	35,9	28,6	34,7

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

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	10	55,2	54,4	44,5	69,9	49,5	61,1
B [mg/kg]	10	13,9	13,5	10,6	16,8	12,6	15,6
Ca [mg/kg]	10	3770	3665	2950	4400	3420	4310
Cd [mg/kg]	10	0,06	0,05	0,03	0,15	0,03	0,09
Cr [mg/kg]	10	0,18	0,17	0,13	0,33	0,15	0,18
Cu [mg/kg]	10	3,02	3,11	2,63	3,48	2,68	3,31
Fe [mg/kg]	10	37,7	37,2	31,5	43,4	35,2	42,8
K [mg/kg]	10	5450	5365	4440	7270	4640	5750
Mg [mg/kg]	10	1035	1000	937	1210	983	1050
Mn [mg/kg]	10	381	335	128	683	242	519
N [%]	10	1,34	1,39	1,11	1,51	1,24	1,42
Ni [mg/kg]	10	0,88	0,83	0,48	1,52	0,59	1,08
P [mg/kg]	10	1481	1510	1190	1810	1270	1650
Pb [mg/kg]	10	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
S [mg/kg]	10	885	904	770	987	845	922
Zn [mg/kg]	10	31,6	32,5	26,1	35,0	29,6	33,8

Porovnání průměrných hodnot* (smrk ztepilý – jehlice běžného roku)

	Porost			
	Vápněný		Kontrolní	
	pět let po vápnění (2013) (A)	deset let po vápnění (2018) (B)	(2012/13) (C)	(2017/18) (D)
Al [mg/kg]	57,3	51,8	59,7	59,5
B [mg/kg]	16,0	13,9	16,9	14,7
Ca [mg/kg]	3523	3723	3347	2942
Cd [mg/kg]	0,09 ^B	0,06 ^A	0,08 ^D	0,11 ^C
Cr [mg/kg]	0,25 ^B	0,16 ^A	0,26 ^D	0,16 ^C
Cu [mg/kg]	3,70 ^B	2,93 ^A	3,57	3,19
Fe [mg/kg]	37,2	35,0	39,5	37,1
K [mg/kg]	7105	5410	6533	6352
Mg [mg/kg]	1094	1062 ^D	994 ^D	899 ^{BC}
Mn [mg/kg]	295	341	508	474
N [%]	1,47 ^B	1,32 ^A	1,48	1,38
Ni [mg/kg]	1,49 ^B	0,90 ^A	1,62	1,65
P [mg/kg]	1767 ^B	1440 ^A	1725	1682
S [mg/kg]	1063 ^B	873 ^A	1052 ^D	951 ^C
Zn [mg/kg]	33,9	31,1	32,1	32,2

* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci. Porovnávají se vzájemně všechny vápněné mezi sebou, všechny kontrolní mezi sebou a příslušné vápněné a kontrolní (2013x2012/13 a 2018x2017/18)

Poznámka: K porovnání byly použity výsledky opakovaných odběrů z 6 kontrolních porostů a z 6 vápněných porostů.

6.1.5. Smrk ztepilý – jehlice předchozího roku

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

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	8	91,1	88,9	77,7	111	81,1	100
B [mg/kg]	8	16,2	16,0	13,5	20,6	14,6	17,2
Ca [mg/kg]	8	4708	4910	2040	6870	3835	5630
Cd [mg/kg]	8	0,07	0,05	< 0,02	0,21	0,04	0,10
Cr [mg/kg]	8	0,21	0,21	0,17	0,27	0,18	0,24
Cu [mg/kg]	8	2,10	2,27	1,44	2,63	1,68	2,43
Fe [mg/kg]	8	59,1	60,0	44,4	72,4	52,8	65,4
K [mg/kg]	8	4318	4185	3640	5140	3905	4790
Mg [mg/kg]	8	832	782	652	1250	694	901
Mn [mg/kg]	8	808	536	287	1550	344	1435
N [%]	8	1,38	1,36	1,09	1,62	1,33	1,47
Ni [mg/kg]	8	0,80	1,02	0,29	1,20	0,35	1,09
P [mg/kg]	8	1158	1175	847	1420	1017	1305
Pb [mg/kg]	8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,32	< 0,2	0,25
S [mg/kg]	8	960	936	908	1070	921	994
Zn [mg/kg]	8	23,9	25,3	10,5	33,8	20,4	27,9

Popisné statistiky – smrk ztepilý (jehlice předchozího roku) – vápněné porosty (deset let po vápnění)

	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil
Al [mg/kg]	10	82,9	80,0	61,8	105,0	69,2	95,2
B [mg/kg]	10	15,0	15,2	11,9	17,3	13,5	16,6
Ca [mg/kg]	10	5931	5270	4980	7820	5160	6950
Cd [mg/kg]	10	0,04	0,04	< 0,02	0,10	0,02	0,06
Cr [mg/kg]	10	0,19	0,19	0,15	0,23	0,18	0,21
Cu [mg/kg]	10	2,14	2,09	1,86	2,49	1,94	2,38
Fe [mg/kg]	10	56,3	56,9	46,0	65,9	50,6	63,8
K [mg/kg]	10	4100	4130	3070	5940	3430	4240
Mg [mg/kg]	10	1011	1010	776	1290	861	1160
Mn [mg/kg]	10	496	439	178	820	327	750
N [%]	10	1,36	1,43	1,14	1,48	1,24	1,47
Ni [mg/kg]	10	0,43	0,41	0,25	0,66	0,35	0,55
P [mg/kg]	10	1068	1050	848	1450	958	1130
Pb [mg/kg]	10	--	0,22	< 0,2	0,28	< 0,2	0,26
S [mg/kg]	10	941	963	781	1110	864	971
Zn [mg/kg]	10	22,9	22,2	17,1	31,7	19,1	25,3

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

Porovnání průměrných hodnot* (smrk ztepilý – jehlice předchozího roku)

	Porost			
	Vápněný		Kontrolní	
	pět let po vápnění (2013) (A)	deset let po vápnění (2018) (B)	(2012/13) (C)	(2017/18) (D)
Al [mg/kg]	81,5	77,1	86,7	91,2
B [mg/kg]	16,5	15,7	20,2 ^D	16,1 ^C
Ca [mg/kg]	5607	5990	5347	5093
Cd [mg/kg]	0,07 ^B	0,04 ^A	0,05 ^D	0,08 ^C
Cr [mg/kg]	0,36 ^B	0,19 ^A	0,29	0,20
Cu [mg/kg]	2,58	2,09	2,27	2,13
Fe [mg/kg]	51,0	53,9	53,1	57,0
K [mg/kg]	4780	3942	4710	4253
Mg [mg/kg]	990 ^B	1083 ^A	982 ^D	885 ^C
Mn [mg/kg]	468	449	767	744
N [%]	1,46	1,34	1,38	1,38
Ni [mg/kg]	0,57	0,42	0,70	0,70
P [mg/kg]	1130	1029	1173	1168
Pb [mg/kg]	-- ^{BC}	< 0,2 ^A	< 0,2 ^A	< 0,2
S [mg/kg]	1090 ^B	940 ^A	1054 ^D	972 ^C
Zn [mg/kg]	21,3	23,6	23,4	26,1

-- hodnota neuvedena pro vysoký výskyt hodnot pod limitem detekce

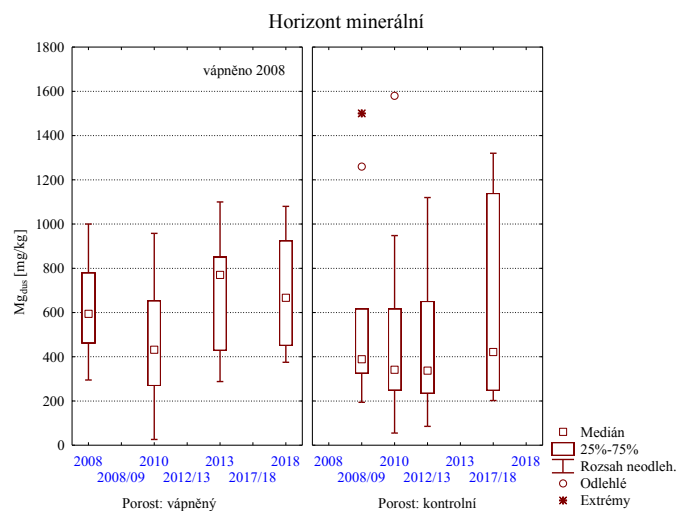
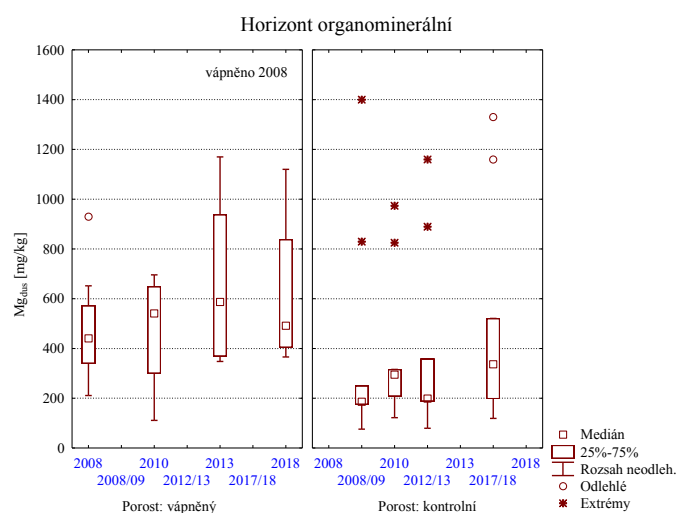
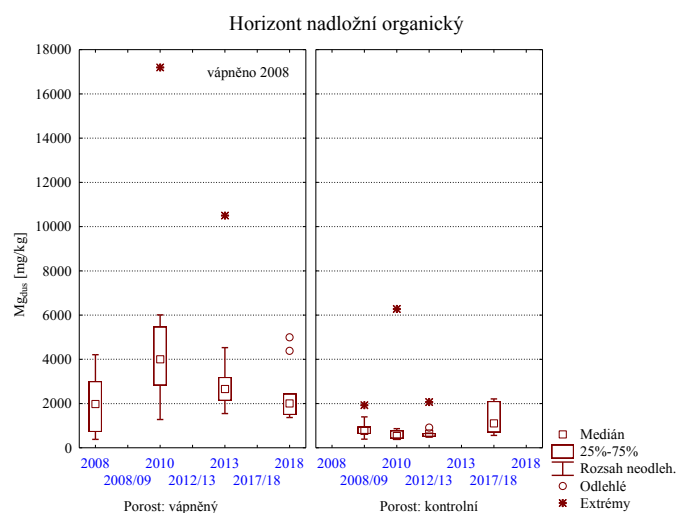
* ANOVA při opakovaných měřeních, statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$); písmena A,B,C,D označují zjištěný statisticky významný rozdíl od hodnoty uvedené v tomto sloupci. Porovnávají se vzájemně všechny vápněné mezi sebou, všechny kontrolní mezi sebou a příslušné vápněné a kontrolní (2013x2012/13 a 2018x2017/18)

Poznámka: K porovnání byly použity výsledky opakovaných odběrů z 6 kontrolních porostů a z 6 vápněných porostů.

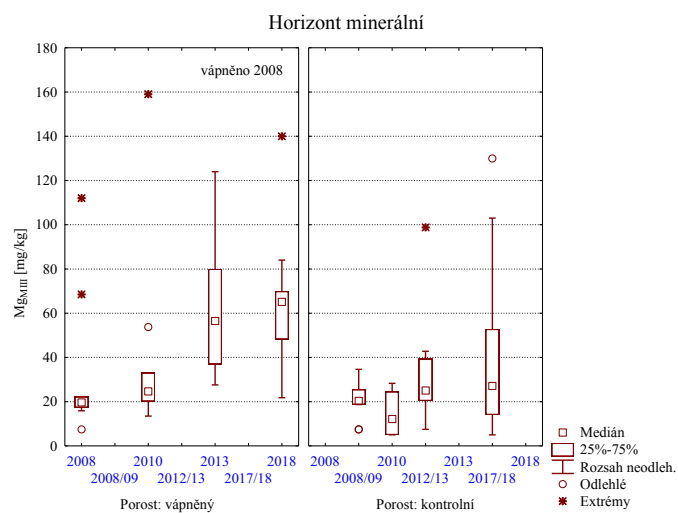
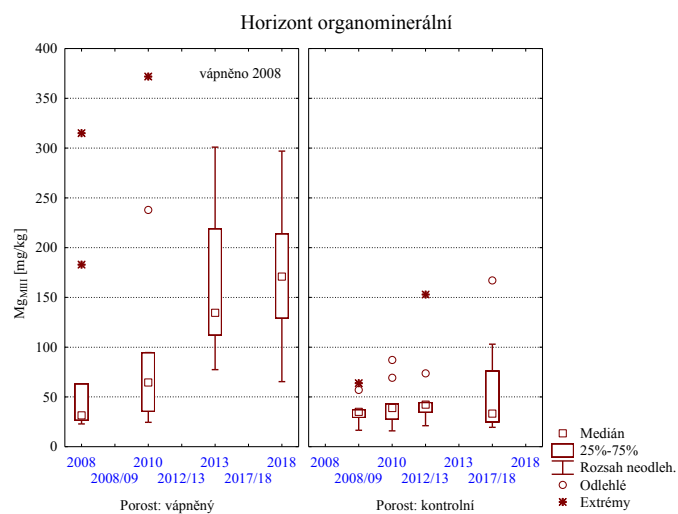
6.2. Grafy

6.2.1. Hořčík

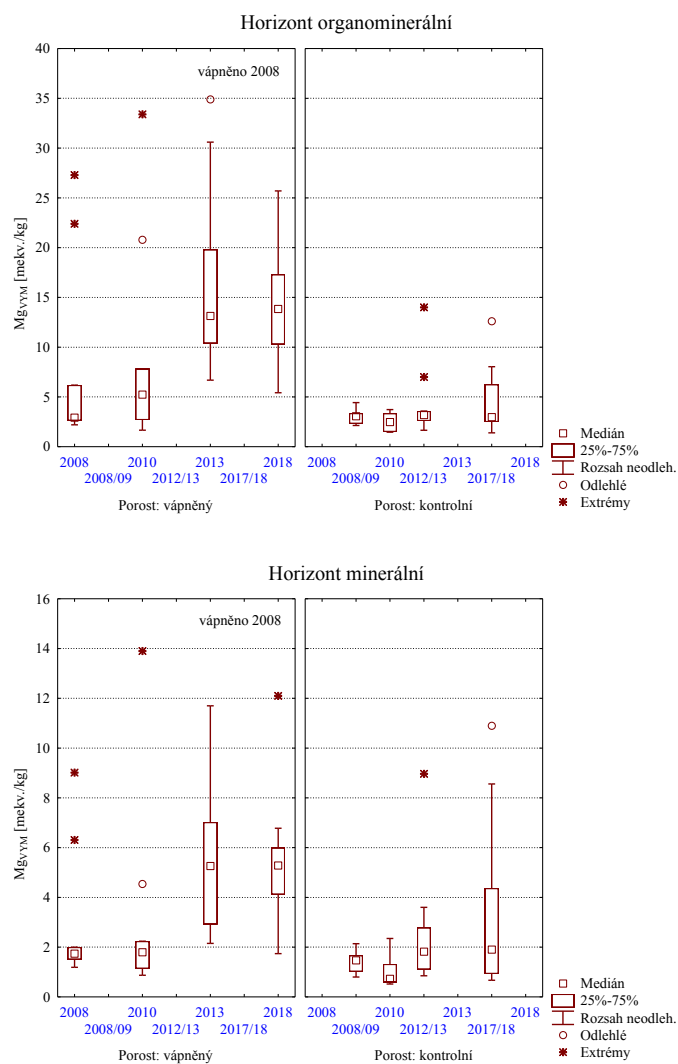
Obsah extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech před vápněním, dva, pět a deset let po vápnění (2018)



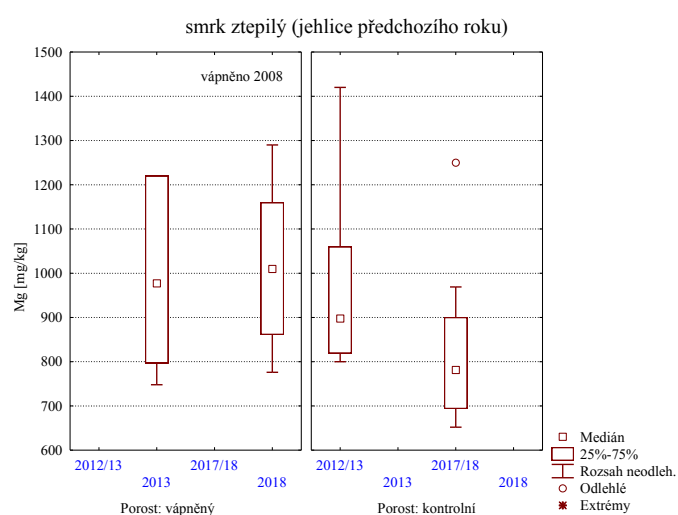
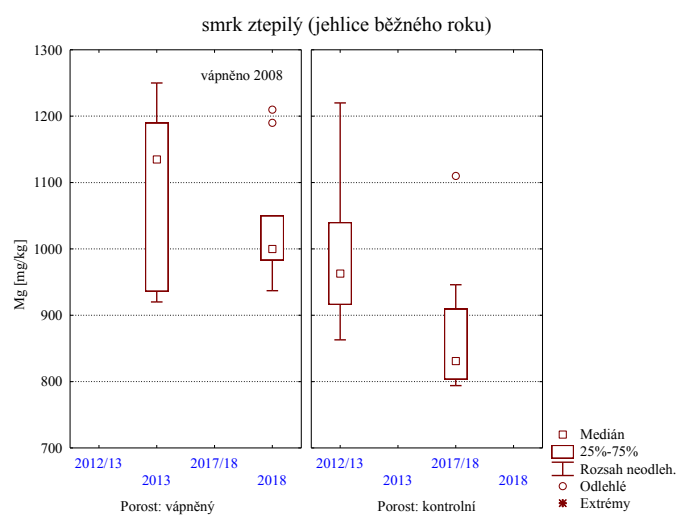
Přístupný obsah hořčíku (Mg_{MIII}) v půdních horizontech před vápněním, dva, pět a deset let po vápnění (2018)



Obsah výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech před vápněním, dva, pět a deset let po vápnění (2018)

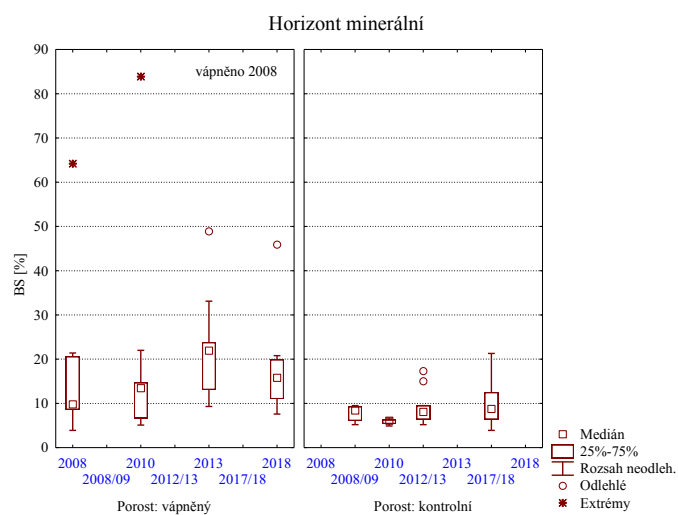
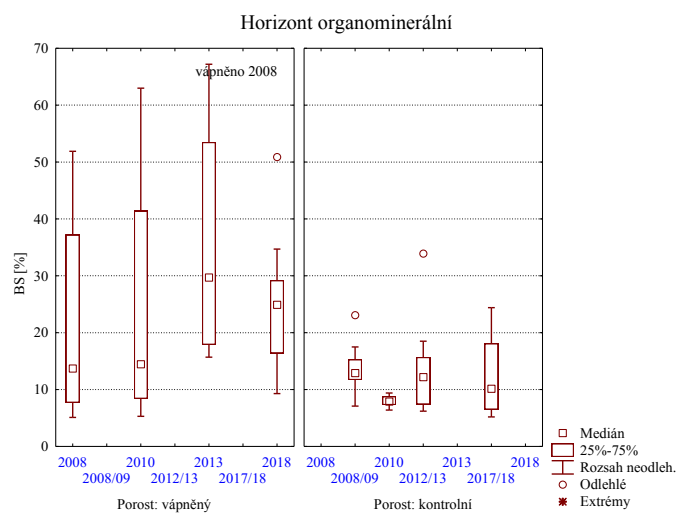


Obsah hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého pět a deset let po vápnění (2018)



6.2.2. Sycení basemi

Sycení basemi (BS) v půdních horizontech před vápněním, dva, pět a deset let po vápnění (2018)

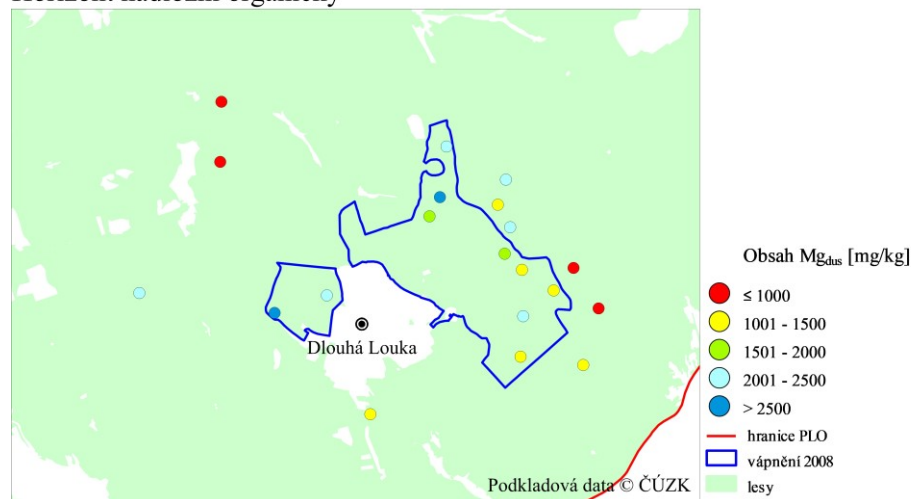


6.3. Kartogramy

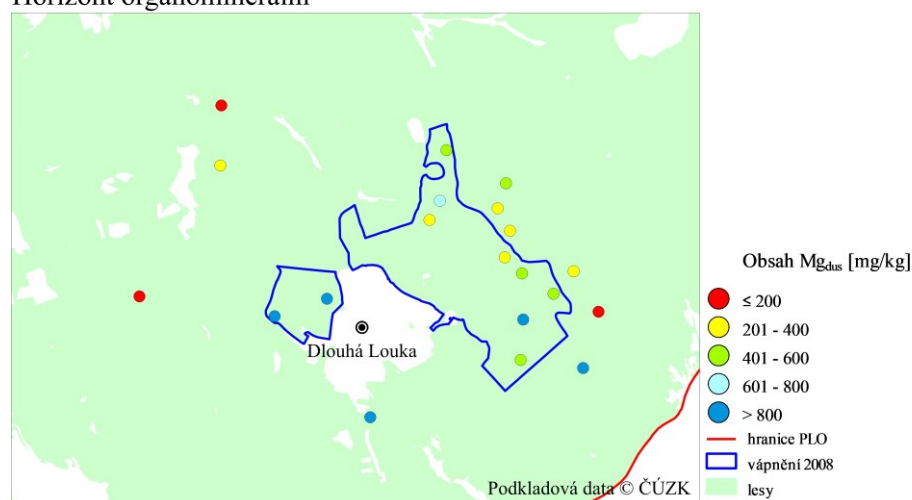
6.3.1. Hořčík

Kartogramy obsahu extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech deset let po vápnění (2018)

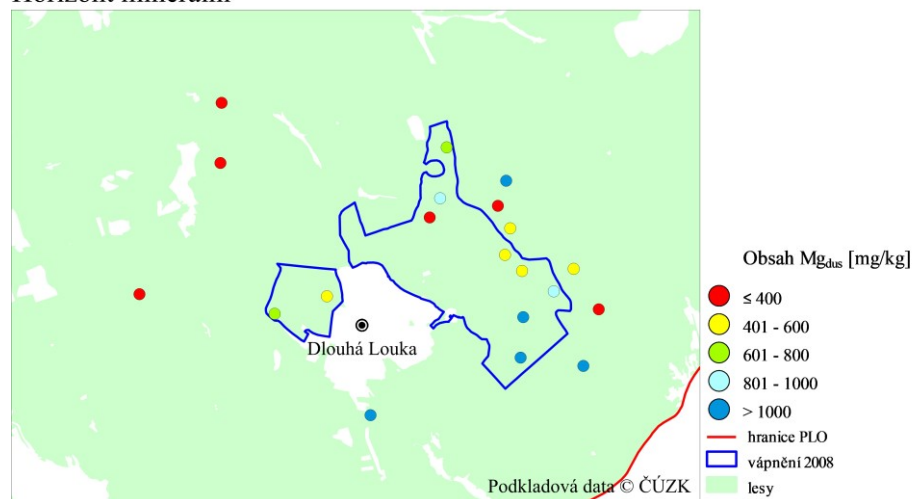
Horizont nadložní organický



Horizont organominerální

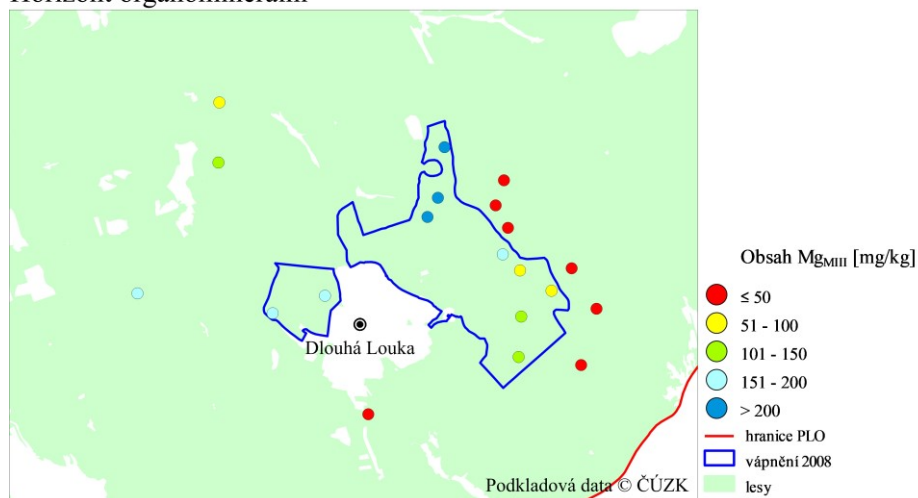


Horizont minerální

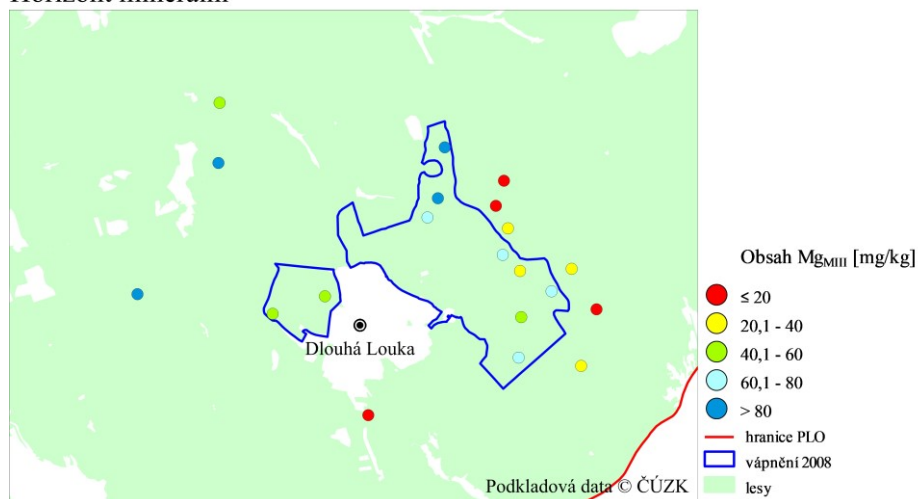


Kartogramy přístupného obsahu hořčíku (Mg_{MIII}) v půdních horizontech deset let po vápnění (2018)

Horizont organominerální

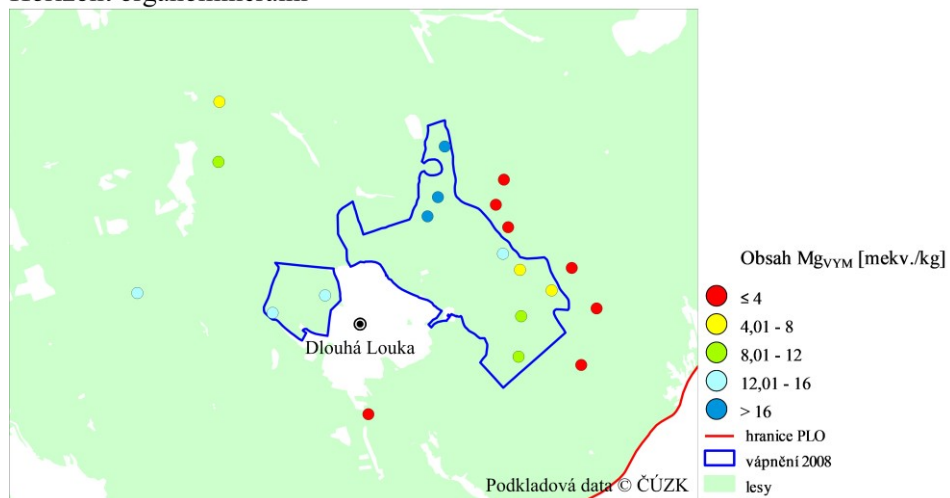


Horizont minerální

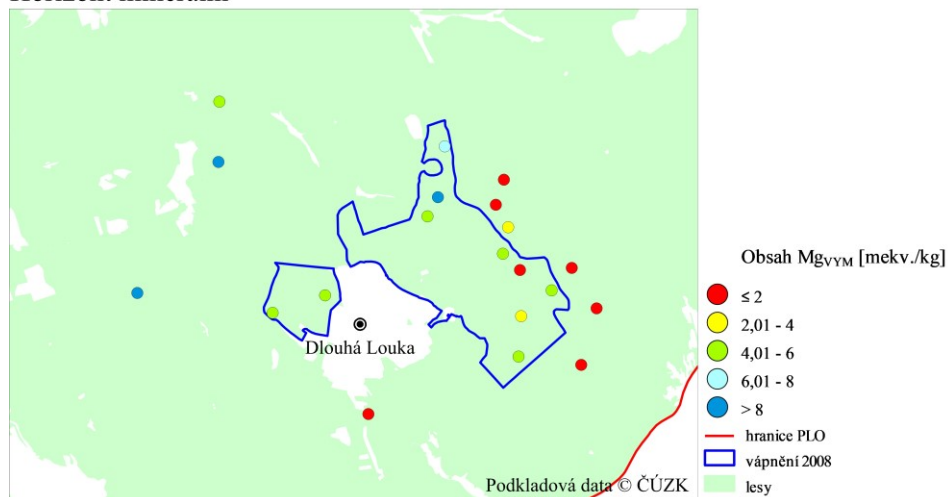


Kartogramy obsahu výměnných kationtů hořčíku (Mg_{VYM}) v půdních horizontech deset let po vápnění (2018)

Horizont organominerální

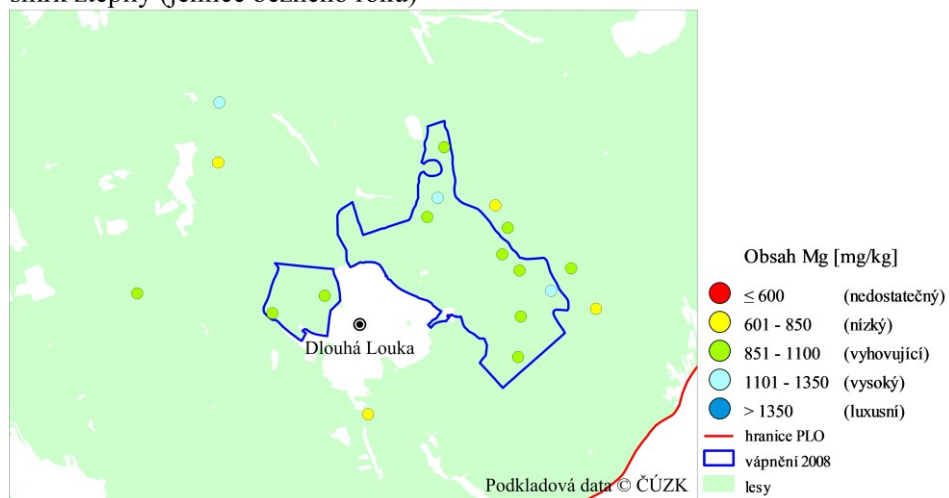


Horizont minerální

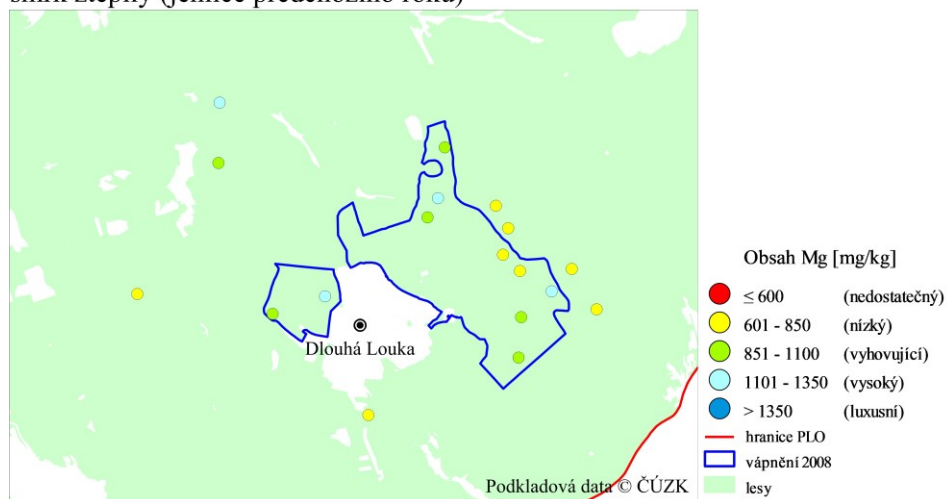


Kartogramy obsahu hořčíku (Mg) v jehlicích smrku ztepilého deset let po vápnění (2018)

smrk ztepilý (jehlice běžného roku)



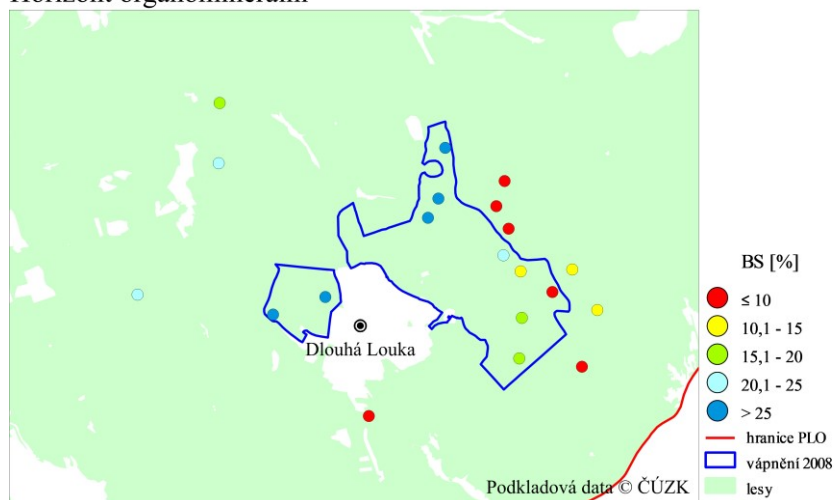
smrk ztepilý (jehlice předchozího roku)



6.3.2 Sycení basemi

Kartogramy sycení basemi (BS) v půdních horizontech deset let po vápnění (2018)

Horizont organominerální



Horizont minerální

