

ÚSTŘEDNÍ KONTROLNÍ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝ

ODDĚLENÍ PŮDY A LESNICTVÍ



**VÝSLEDKY PRŮZKUMU STAVU VÝŽIVY LESA
V PLO Č. 11 ČESKÝ LES
V ROCE 2015**

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

(Specifikace činností č. j.: 14131/2015-MZE-16212)

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

Schválil: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Brno, květen 2016

1. Úvod a metodika	5
<u>1.1. Úvod.....</u>	5
<u>1.2. Seznam odběrných míst</u>	6
<u>1.3. Účel průzkumu</u>	9
2. Přírodní poměry	10
<u>2.1. Poměry geologické a pedologické.....</u>	10
<u>2.2. Údaje lesnické typologie a hospodářské úpravy lesa</u>	10
<u>2.3. Imisní zatížení</u>	11
<u>2.4. Meliorační zásahy v minulosti.....</u>	13
3. Vyhodnocení chemických analýz – výsledky a diskuze	14
<u>3.1. Půdní prostředí.....</u>	14
3.1.1. Chemizmus půdy.....	14
3.1.2. Těžké kovy.....	23
3.1.3. Mikrobiologická šetření.....	24
<u>3.2. Chemizmus asimilačních orgánů.....</u>	26
3.2.1. Smrk ztepilý	26
3.2.2. Hodnocení poměrů živin ve výživě smrku.....	31
3.2.3. Borovice lesní	32
3.2.4. Buk lesní	32
3.2.5. Model bilance půdní zásoby a odběru ročním přírůstkem jehlic smrku	33
4. Vývoj vybraných parametrů v letech 2001 – 2015.....	35
<u>4.1. Půda.....</u>	35
<u>4.2. Smrk ztepilý (jehlice).....</u>	39
5. Návrh ozdravných opatření.....	44
6. Závěr	45
7. Použitá literatura.....	46

1. Úvod a metodika

1.1. Úvod

V roce 2015 byl proveden v PLO č. 11 Český les, průzkum výživy lesa na 98 odběrných místech. Na těchto místech bylo odebráno 294 půdních vzorků a 196 vzorků asimilačních orgánů v souladu se specifikací činností (č. j.: 14131/2015-MZE-16212) spojených s řešením tohoto úkolu.

Průzkum navazuje na dřívější šetření, které proběhlo v této oblasti v letech 2001 a 2004. Při umísťování odběrných míst bylo tudíž přihlíženo k místům již dříve šetřeným a to za účelem zjištění vývoje stavu lesa. Zároveň však bylo dbáno požadavku postihnouti nejvíce rozšířených hospodářských souborů, rozlohou významných majetků i kartograficky rovnoměrného rozmístění pro potřeby konečných grafických výstupů.

Z celkového počtu 98 odběrných míst byl na žádost držitelů lesních pozemků proveden odběr na třech dalších odběrných místech.

Grafické zpracování v podobě krabicových grafů je provedeno na základě vlastnických vztahů podle příslušných lesních správ a prostorového členění v rámci PLO. Z důvodů nedostatečného počtu vzorků od několika subjektů byly pro účely tohoto zpracování vytvořeny dvě „umělé“ skupiny (Ostatní-jih a Ostatní-sever). Počty odebraných vzorků zahrnutých do tohoto zpracování jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 1: Definované skupiny pro grafické porovnání

Lesní správa (skupina)	počet půdních vzorků v jednotlivých horizontech	počet vzorků jehlic smrku ztepilého pro běžný i předchozí rok
Kolowrat-Krakowský	8	8
LS Domažlice	20	18
LS Františkovy Lázně	8	8
LS Horšovský Týn	6	5
LS Klatovy	7	5
LS Pímda	26	24
město Domažlice	7	5
(Ostatní-jih)	město Kdyně: 2 obec Pocinovice: 1 obec Vlkanov: 1	město Kdyně: 2 obec Pocinovice: 1 obec Vlkanov: 1
(Ostatní-sever)	Gerimo, s.r.o.: 1 LZ Kladská: 2 město Cheb: 3 město Planá: 1 město Tachov: 1 obec Chodský Újezd: 1	Gerimo, s.r.o.: 1 LZ Kladská: 2 město Cheb: 3 město Planá: 1 město Tachov: 1 obec Chodský Újezd: 1

Pro slovní hodnocení jsou použity zpravidla hodnoty mediánů uvedené v tabulkách i běžném textu. Referenční hodnoty použité pro hodnocení jsou vzaty z citovaných literárních zdrojů.

1.2. Seznam odběrných míst

Tab. 2: Seznam odběrných míst, PLO 11:

OM	Lesní správa	porostní skupina	věk	lesní typ	hospodářský soubor	zastoupení dřevin na OM	AVB	vzorky dřevin
11002	LS Horšovský Týn	226D7	65	5O1	571	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11006	LS Horšovský Týn	102A11	109	5O1	571	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11009	Kolowrat-Krakowský	119E6	69	6Q3	571	sm 100	sm 30	1/1,1/2
11018	Kolowrat-Krakowský	215A11b	116	5B6	551	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11022	Kolowrat-Krakowský	244A9	96	5K7	531	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11023	Kolowrat-Krakowský	102B14/2b	142/20	5K7	531	sm 69, bk 31	sm 34	1/1,1/2
11027	Kolowrat-Krakowský	108E4	41	4S1	451	sm 100	sm 24	1/1,1/2
11029	LS Přimda	360A13	129	7G3	791	sm 67, bo 33	sm 24, bo 24	1/1,1/2, 20/1,20/2
11032	LS Přimda	118B13	129	6K1	531	sm 100	sm 28	1/1,1/2
11035	LS Františkovy Lázně	441A11/1b	101/8	6K1	531	sm 100	sm 28	1/1,1/2
11037	LS Františkovy Lázně	544A8	80	6K1	531	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11039	LS Františkovy Lázně	418D11b	102	5K1	2521	sm 100	sm 30	1/1,1/2
11040	LS Františkovy Lázně	343B4	34	4K1	2421	sm 77, bo 16, md 7	sm 36	1/1,1/2, 20/1,20/2
11041	LS Františkovy Lázně	422A11a	104	6K1	531	sm 100	sm 26	1/1,1/2
11044	město Planá	7B13	128	5H2	CHS 55	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11050	LS Přimda	301C13	124	5O1	8521	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11054	LS Františkovy Lázně	534C8	74	5K1	531	sm 100	sm 34	1/1,1/2
11059	LS Přimda	150E12/1c	113	5K7	531	sm 100	sm 34	1/1,1/2
11063	LS Přimda	135C12	119	5K7	531	sm 100	sm 34	1/1,1/2
11066	LS Přimda	105A12	120	5O1	571	sm 100	sm 34	1/1,1/2
11068	LS Přimda	122B6	60	5O1	571	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11069	město Domažlice	35E8	77	5K7	531	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11076	město Domažlice	50D16	155	5J1	16	bk 100	bk 32	50
11081	město Domažlice	41F14	135	6N1	4521	bk 70, sm 28, jd 2	bk 36, sm 36	1/1,1/2, 50
11082	město Domažlice	57C16	155	6N1	9546	bk 100	bk 26	50
11091	LS Domažlice	252B16/2	152/17	5K7	531	sm 100	sm 34	1/1,1/2, 50
11093	LS Domažlice	239C4	33	6I1	531	sm 86, bk 11, jr 3	sm 36	1/1,1/2
11094	LS Domažlice	209H11	104	5O1	571	sm 90, bk 10	sm 36	1/1,1/2, 50
11097	LS Domažlice	221B11	108	5K1	531	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11100	LS Domažlice	114D9	83	5K7	531	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11102	LS Domažlice	136C12	118	5V2	571	sm 100	sm 30	1/1,1/2
11105	město Domažlice	11B8	80	4K1	531	sm 92, md 4, bk 4	sm 34	1/1,1/2
11108	město Domažlice	25A4	33	4K3	531	sm 86, md 14	sm 36	1/1,1/2
11111	LS Domažlice	198C13	121	5K7	531	sm 89, bk 11	sm 36	1/1,1/2, 50
11112	město Domažlice	7C8	71	4K3	531	sm 84, md 16	sm 28	1/1,1/2

OM	Lesní správa	porostní skupina	věk	lesní typ	hospodářský soubor	zastoupení dřevin na OM	AVB	vzorky dřevin
11113	LS Domažlice	267B10	100	4S2	451	sm 54, bo 38, bk 8	sm 30	1/1,1/2, 50
11114	LS Domažlice	170B8	71	6K1	531	sm 86, bk 3, jd 11	sm 36	1/1,1/2
11115	LS Domažlice	185C8	80	6K6	531	sm 100	sm 34	1/1,1/2
11116	LS Domažlice	130C8	73	5K7	531	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11117	obec Pocinovice	8D11	108	4K3	431	sm 91, bo 9	sm 28	1/1,1/2
11118	město Kdyně	8C9	82	5P1	CHS 57	sm 86, bk 11, bo 3	sm 28	50
11119	obec Vlkanov	1E12	111	5K3	CHS 53	bo 51, sm 27, md 22	bo 32	1/1,1/2
11120	LS Domažlice	120B8	73	5K7	531	sm 98, md 2	sm 36	1/1,1/2
11121	LS Horšovský Týn	140B12a	114	5K7	531	sm 100	sm 28	1/1,1/2
11122	LS Horšovský Týn	126E9	89	5V2	571	sm 93, br 7	sm 36	1/1,1/2
11123	LS Domažlice	101C7	65	6P2	571	sm 90, br 5, os 5	sm 36	1/1,1/2
11124	LS Horšovský Týn	216C11a	105	5K7	531	sm 100	sm 32	1/1,1/2
11125	LS Přimda	718E8	77	5V1	571	sm 100	sm 34	1/1,1/2
11126	LS Přimda	704A9	89	4B6	451	sm 100	sm 34	1/1,1/2
11127	LS Přimda	827A9	81	5O1	571	sm 87, bk 13	sm 34	1/1,1/2, 50
11128	LS Přimda	443D11	107	5M3	433	sm 89, bk 7, md 4	sm 26	1/1,1/2
11129	LS Přimda	439C10b	95	5K7	531	sm 94, bo 6	sm 30	1/1,1/2
11130	LS Přimda	628A12	111	5K3	531	sm 77, bo 23	sm 28, bo 26	1/1,1/2, 20/1,20/2
11131	LS Přimda	624D10	100	5K3	531	sm 100	sm 30	1/1,1/2
11132	LS Přimda	825C10a	100	5K7	531	sm 94, bo 6	sm 34	1/1,1/2
11133	LS Přimda	106F10	94	6K6	531	sm 100	sm 24	1/1,1/2
11134	město Cheb	17C8	79	4K1	431	sm 80, md 14, bo 3, db 3	sm 36	1/1,1/2
11135	město Cheb	26B10	91	5M3	431	sm 57, bo 43	sm 26	1/1,1/2
11136	město Cheb	30C9	89	4M3	433	sm 47, bo 47, md 6	bo 32	1/1,1/2, 20/1,20/2
11137	LZ Kladská	506B7	61	4K1	2421	sm 93, md 7	sm 36	1/1,1/2
11138	LS Františkovy Lázně	332B5	45	5P1	571	bo 53, sm 45, md 2	sm 34, bo 30	1/1,1/2, 20/1,20/2
11139	LS Františkovy Lázně	411A8	80	5K1	2521	sm 96, md 4	sm 32	1/1,1/2
11140	LZ Kladská	520C6	51	5K1	2521	sm 95, md 3, bk 2	sm 36	1/1,1/2
11141	LS Přimda	425A10	95	5K1	531	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11142	LS Přimda	330E8	76	5V2 (5M1)	571	sm 76, bo 24	sm 34	1/1,1/2
11143	Gerimo, s.r.o.	2D6	53	5S1	CHS 55	sm 77, dg 23	sm 36	1/1,1/2
11144	město Tachov	11D9b	87	4K3	431	sm 59, bo 41	sm 32	1/1,1/2, 20/1,20/2
11145	obec Chodský Újezd	2B10	92	5K1	531	sm 96, bo 4	sm 24	1/1,1/2
11146	LS Přimda	130C8	78	5K1	531	sm 98, bk 2	sm 30	1/1,1/2
11147	Kolowrat-Krakowský	208A7	78	4B5	451	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11148	Kolowrat-Krakowský	234A4	49	5O3	571	sm 100	sm 30	1/1,1/2
11149	LS Přimda	152C8	71	6K6	531	sm 94, bk 6	sm 36	1/1,1/2

OM	Lesní správa	porostní skupina	věk	lesní typ	hospodářský soubor	zastoupení dřevin na OM	AVB	vzorky dřevin
11150	město Domažlice	26E2	13	4K1	531	sm	sm 26	1/1, 1,2
11151	město Domažlice	26C3	28	5O1	571	sm	sm 28	1/1, 1/2
11152	město Domažlice	26C2	14	4K1	531	sm	sm 26	1/1, 1/2
11373	Kolowrat-Krakowský	132H17/2b	171/29	6Q3	5563	sm 55, bo 45	sm 30, bo 34	1/1,1/2, 20/1,20/2
11376	LS Přimda	817D12	115	6Q3	8563	bo 88, sm 12	bo 26	20/1,20/2
11381	LS Přimda	116E15b	150	6K6	8563	bk 80, sm 20	bk 24, sm 28	50
11401	LS Domažlice	232F10	91	6K1	531	sm 100	sm 24	1/1,1/2
11414	LS Přimda	337E12	119	5K7	531	sm 100	sm 32	1/1,1/2
11429	LS Horšovský Týn	122D11	109	5N3	8546	bk 67, sm 33	bk 36	50
11501	LS Domažlice	318A14	132	4S2	536	bk 93, sm 7	bk 30	50
11504	LS Domažlice	326A8	77	4S2	536	sm 79, bk 21	sm 32, bk 30	1/1,1/2, 50
11507	LS Klatovy	519F11	103	4S1	451	bk 55, sm 31, bo 10, md 4	sm 28, bk 30	1/1,1/2, 50
11509	LS Klatovy	508B8	80	4S2	451	sm 96, bk 4	sm 36	1/1,1/2
11523	LS Klatovy	411H12b	112	5A1	7501	sm 45, bk 29, jd 24, bo 2	sm 28	1/1,1/2, 50
11525	LS Klatovy	404G10	92	5P1	571	bo 49, sm 38, bk 13	bo 30	1/1,1/2, 50
11526	LS Klatovy	402H15	142	4S1	556	bk 76, bo 24	bk 28	50
11527	LS Klatovy	406D8	77	5V1	571	sm 100	sm 34	1/1,1/2
11528	LS Klatovy	528E12	112	4B1	451	bk 93, br 7	bk 30	50
11529	LS Domažlice	275F11	104	4S2	451	sm 100	sm 32	1/1,1/2
11530	LS Domažlice	264A10	94	4S2	451	sm 94, bk 6	sm 30	1/1,1/2, 50
11531	LS Domažlice	283A9	90	5Q1	571	sm 73, bo 27	sm 32, bo 30	1/1,1/2
11532	město Kdyně	9G8	73	5O1	CHS 57	sm 100	sm 36	1/1,1/2
11533	LS Domažlice	313A8	73	4S2	536	bk 100	bk 28	50
11901	LS Přimda	347G9	87	6K1	531	sm 100	sm 24	1/1,1/2
11902	LS Přimda	340E15	144	5K7	8563	bk 59, sm 41	bk 30, sm 32	1/1,1/2, 50
11903	LS Přimda	226B9	87	6M3	531	sm 66, bo 34	sm 30	1/1,1/2

1.3. Účel průzkumu

Účelem průzkumu v této oblasti je poznání úrovně výživy lesa a stavu lesního půdního prostředí ve smyslu nabídky živin, zjištění obsahů některých mikroelementů, zatížení těžkými kovy a kyselosti respektive zásaditosti půdního prostředí odděleně ve všech sledovaných půdních horizontech. Uvedené podklady slouží především při rozhodování o melioračních zásazích v lese. Závěry mají všeobecný charakter.



2. Přírodní poměry

2.1. Poměry geologické a pedologické

Severní část oblasti v západním a jižním okolí města Cheb je tvořena svory a fylity. Břidlice fylitické jsou mezi Hrozňatovem a Kozly. Na jihu v okolí Paliče a Nového Světa na ně navazují svory. Převážná část území je tvořena pararulami střídajícími se s granity.

Oblast Babylonu je na granitu. Východně od Domažlic se vertikálně střídají pararuly s amfibolity. Jižní oblast mezi Nýrskem, Kdyní a Všeruby je tvořena gabry a amfibolity.

Tab. 3: Celkový přehled zastoupených hornin v PLO 11 na lesní půdě*

Období	Hornina	
Moldanubikum (proterozoikum)	ruly a pararuly	44,6
	kvarcity	1,4
	amfibolit	4,1
Algonkium (proterozoikum)	ruly muskovito-biotitické, biotitické	22,4
	bulžník	0,1
	břidlice	0,7
	vápenec krystalický, erlány	0,1
	diorit	2,9
	fylity	2,1
	Svor	6,3
	Spilit	0,2
Terciér	Štěrky, písky, jíly	0,6
Magmatity	Gabro	1,8
	Žuly	12,7
		100 %

*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Plzeň, PLO – Český les, MZe č. j.:1777/99 - 5110

2.2. Údaje lesnické typologie a hospodářské úpravy lesa

Tab. 4: Zastoupení lesních vegetačních stupňů v PLO (%) a umístění odběrných míst

LVS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Sa
zastoupení v %	0,01	0,4		1,3	1,5	62,3	30,6	3,7	0,1	100
Počet odb. míst					24	55	18	1		98

*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Plzeň, PLO – Český les, MZe č. j.:1777/99 - 5110

Nejrozšířenější je lesní vegetační stupeň č. 5 jedlobukový, který je mapován na 62,3 % porostní plochy. Dále jsou plošně významné lesní vegetační stupeň č. 6 – smrkobukový a č. 7 - bukosmrkový.

Tab. 5: Plošné zastoupení edafických kategorií*

EK	Z	Y	M	K	N	I	S	F	C	B	H	D	A	J
%			3	31	3	1	30			6			1	
OM			4	54	1		10			4			1	1

EK	L	U	V	O	P	Q	G	R
%	1		8	8	6	2	8	1
OM			7	9	4	3		

*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Plzeň, PLO – Český les, MZe č. j.:1777/99 - 5110
OM – počet odběrných míst podle edafických kategorií

Tab. 6: Zastoupení souborů lesních typů podle ekologických řad v PLO (%) a umístění odběrných míst

Ekolog. řada	extrémní	kyselá	živná	obohacená		oglejená	podmáčená
				ronem	vodou		
%	1	28	36	1	9	16	9
OM		59	14	2	7	16	

*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Plzeň, PLO – Český les, MZe č. j.:1777/99 - 5110

OM – počet odběrných míst podle ekologických řad

Tab. 7: Zastoupení půdních typů a nižších jednotek

Půdní typ	Soubor lesních typů	Zastoupení [%]
Ranker	typický (0Z,3Z,4Z,5Z,6Z,7Z)	0,8
	kambický (3J,3Y,5J,5Y,6Y)	0,7
Kambizem	typická oligotrofní (4K,5K,3K)	13,5
	- oligomezotrofní 5S7	16,6
	- mezotrofní (3S,3B,4S, 5S,4B,5B,5D)	11,1
	dystrická podzolovaná (0K,3M,4M,5M)	3,3
	rankerová oligotrofní (3N,3C,4N,5N,6N)	0,6
	mezotrofní (3A,4A,5A)	1,4
	pseudoglejová 5O	6,9
	luvíká 5I, 5H	0,6
Podzol	arenický (6M,0M)	0,3
	humusový 7M	0,2
Kryptopodzol	oligotrofní (6K,7K,6S,7S)	16,4
Fluvizem	(2L,3L,5L)	0,9
Pseudoglej	typický (4P,5P, 6P)	6,6
	kambický (4O,5O,6O)	7,0
	podzolový 6Q	0,6
Glej	typický (5G,6G)	4,7
	rašelinový 1T	0,2
	zbahnělý 1G	0,1
	kambický (5V,6V)	8,2
	rašelinohumózní (7G,7T)	1,6
Organozem	fibrická 8R,část 7R	0,1
	mezotrofní (4R,5R,6R,7R)	0,6

*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Plzeň, PLO – Český les, MZe č. j.:1777/99 - 5110

2.3. Imisní zatížení

Tab. 8: Pásma ohrožení imisemi v ha

Pásmo	A	B	C	D	celkem
výměra			2.437	59.625	62.062

*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Plzeň, PLO – Český les, MZe č. j.:1777/99 - 5110

I v době vrcholící imisní zátěže, v polovině 80. let, zůstával Český les oblastí relativně málo zatíženou. Ve směru převládajících větrů byl exponován poměrně vzdálené bavorské průmyslové oblasti v okolí Ingolstadtu. Severní část byla přímo ovlivněna emisemi z elektrárny v Arzbergu. Tam se uplatňovaly i vlivy domácích zdrojů, zejména z prostoru Sokolovské pánve.

Nízká úroveň zatížení jak oxidem siřičitým, tak oxidy dusíku přetrvává dodnes, jak je možné zjistit z ročenek „Znečištění ovzduší na území České republiky ČHMÚ“ (<http://portal.chmi.cz/>).

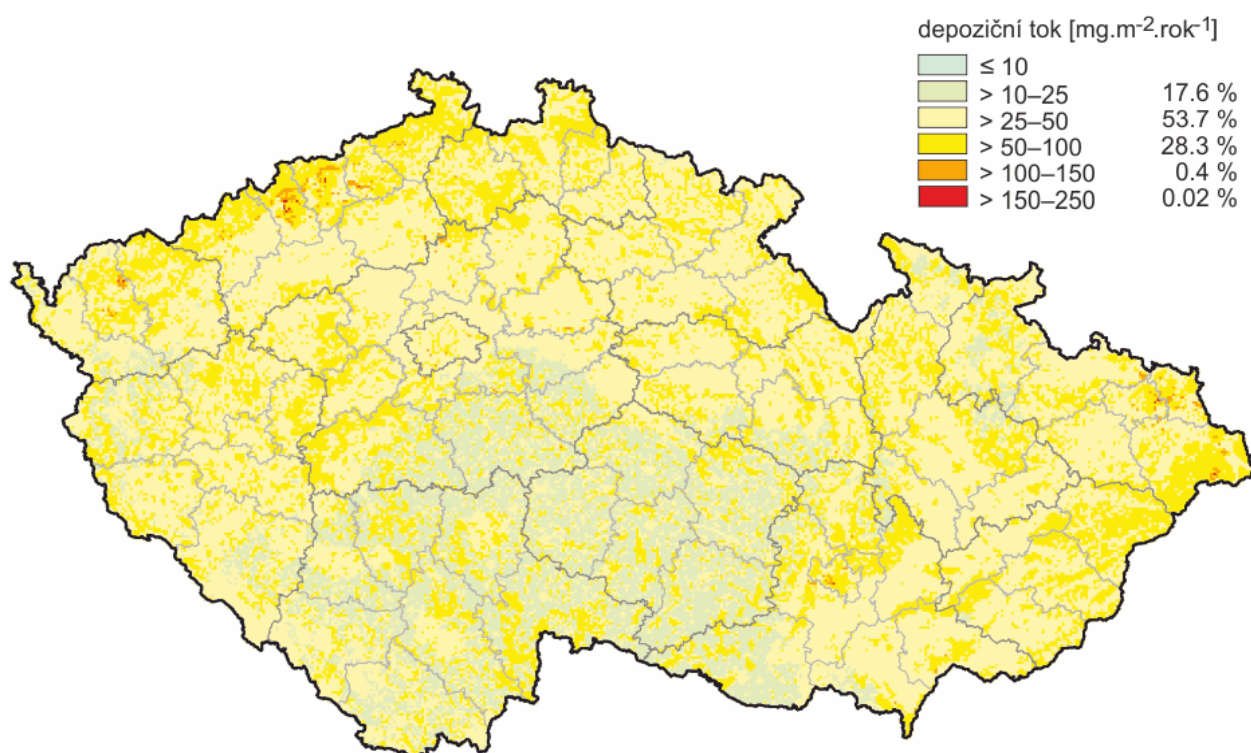
Měření na stanici Přimda charakterizují výši deponitních látek ve střední části Českého lesa. Tato stanice leží přibližně uprostřed přírodní lesní oblasti, která se táhne v poměrně úzkém pruhu podél jihozápadní hranice ČR v délce cca 100 km. Je proto sotva reprezentativní pro celé území, nicméně s přihlédnutím k rozložení zatížení na území ČR, by podle ČHMÚ měla být celá sledovaná oblast bez výrazných vnitřních odlišností.

Rok 1997 ještě reprezentuje období s poměrně vysokými emisemi oxidů síry na území ČR. Program jejich celkového snížení byl dokončen až v roce 1998. Tento stav se promítá

i do výsledků měření depozice síry i dusíku na lokalitě Přimda. Klesá však současně i depozice bazických kationtů (FIALA ET AL., 2009). Rok odběrů vzorků (2015) byl relativně suchým rokem.

Tab. 9: Celková roční mokrá depozice (kg/ha) Přimda

Rok	1999	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2013	2015
srážky			1036	781,3	800	691,3	870,3	710,5	747,6	608,8
síra	5,4	5,8	11,5	12,0	10,4	7,0	9,6	5,8	6,3	4,9
dusík	14,2	9,5	18,5	27,7	24,1	18,0	22,3	17,9	17,28	15,41
vodíkové ionty	0,31	0,13	0,15	0,15	0,11	0,09	0,13	0,08	0,08	0,08
vápník	3,3	3,1	1,4	1,6	1,1	1,1	1,3	1,2	1,44	0,94
hořčík	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,18	0,18
draslík	1,9	1,2	0,5	0,6	0,5	0,3	1,0	0,5	0,4	0,08



Obr. 1: Pole celkové roční depozice vodíkových iontů, 2015 (zdroj: <http://portal.chmi.cz/>)

Celková roční depozice vodíkových iontů vznikla součtem map depozice mokré a suché. Mapa mokré depozice vodíkových iontů je sestavena na základě naměřených hodnot pH ve srážkách a mapa suché depozice vodíkových iontů odpovídá depozici plynů SO_2 a NO_x na základě stechiometrie za předpokladu jejich kyselé reakce v prostředí (ČHMÚ, 2007).

Tab. 10: Kyselá depozice podle údajů ze stanice Přimda:

	$\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$	$1 \text{ g} \cdot \text{S (N)} \text{ m}^{-2}$	
S	5 000	0,03125 mol	312,5 mol $\text{H}^+ \cdot \text{ha}^{-1}$
N	15 000	0,071425 mol	1071 mol $\text{H}^+ \cdot \text{ha}^{-1}$
H	80		80 mol $\text{H}^+ \cdot \text{ha}^{-1}$
Celkem eq			1464 eq $\text{H}^+ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$

$1 \text{ g} \cdot \text{S} \cdot \text{m}^{-2} = 625 \text{ eq} \cdot \text{H}^+ \cdot \text{ha}^{-1}$
 $1 \text{ g} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-2} = 714 \text{ eq} \cdot \text{H}^+ \cdot \text{ha}^{-1}$

Jestliže se vstup vodíkových iontů ve vrcholových částech Českého lesa pohybuje v intervalu $50 - 100 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, tedy $500 - 1000 \text{ mol.H}^{+}.\text{ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, není dosaženo hodnoty $1463 \text{ mol.H}^{+}.\text{ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, která je označována jako kritická (DE VRIESE ET AL., 2002). Nicméně vodíková depozice na koruny stromů, počítaná z imisních spadů S, N a doplněná spady H^{+} , odpovídá této kritické hodnotě.

Tab. 11: Kritické dávky kyselé depozice pro vybrané druhy podloží

Horninové podloží	Kritická dávka kyselé depozice eq $\text{H}^{+}.\text{ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$
Granity	< 200
Žula, rula (muskovit, biotit, plagioklas)	200 – 500
Granodiorit, břidlice, gabro	500 – 1000
Gabro, čedič	1000 – 2000
Slín, vápenec	➤ 2000

Zdroj: HADAŠ IN SLODIČÁK ET AL., 2005

Nejvyšší zastoupení rul a pararul spolu s žulami (Tab. 3) znamená náchylnost půdního prostředí k jeho okyselování. Tyto horniny tvoří hlavní, nejvyšší hřebeny Českého lesa.

2.4. Meliorační zásahy v minulosti

Podle ANDRŠTA (1992) bylo na území lesního závodu Přimda (bez bližší lokalizace) povápněno v roce 1986 152 ha porostní půdy dávkou $2,5 \text{ t.ha}^{-1}$ dolomitického vápence. V roce 1987 k tomu přibýlo 230 ha. V roce 1988 bylo na ploše s největším poškozením (výměra neuvedena) dále použito tekuté hnojivo CaN_{sol} v dávce 240 kg.ha^{-1} na dva zásahy v intervalu 6 týdnů.



3. Vyhodnocení chemických analýz – výsledky a diskuze

3.1. Půdní prostředí

3.1.1. Chemizmus půdy

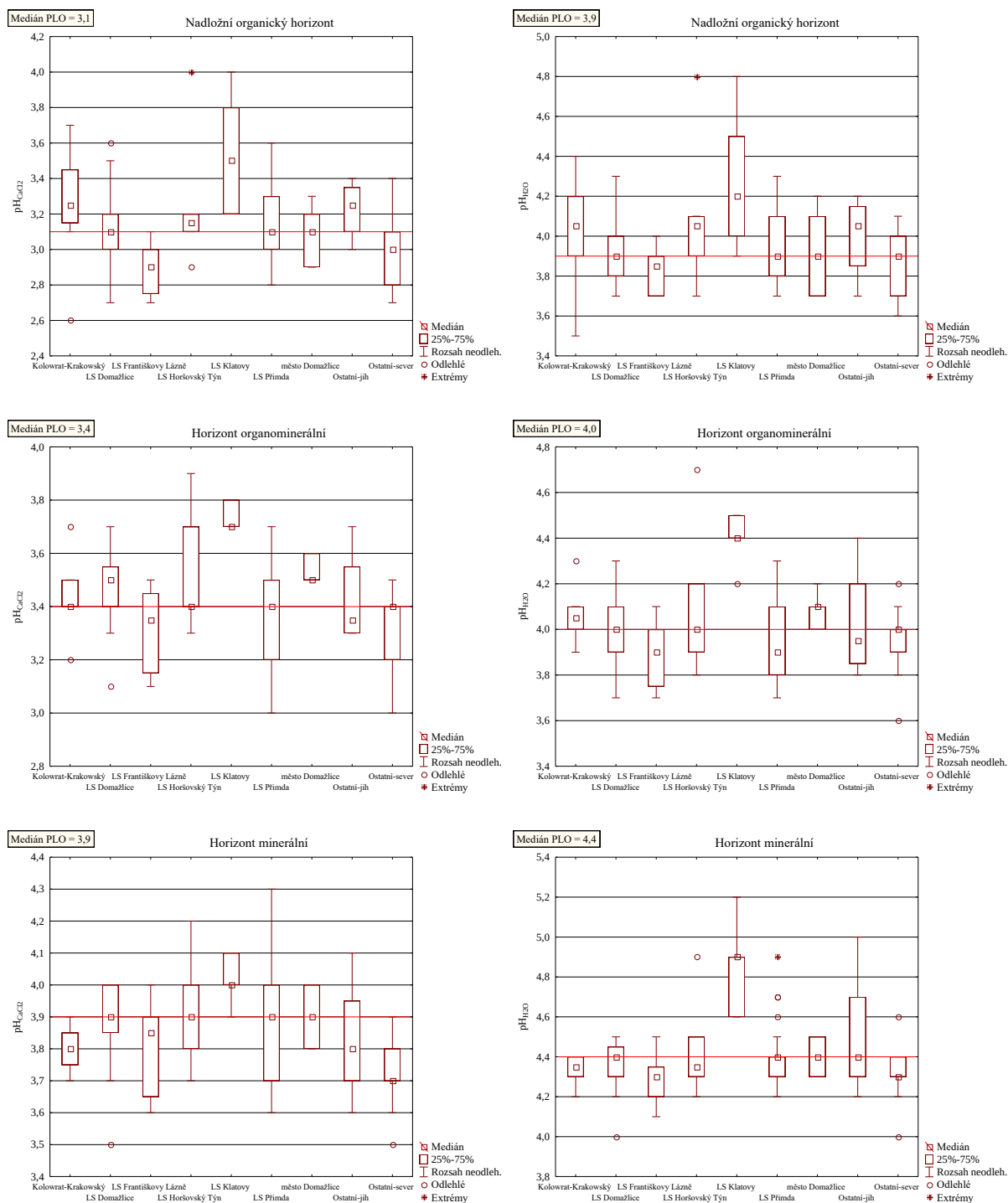
Chemická **půdní reakce** výměnná ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) v nadložním organickém horizontu je velmi silně kyselá až silně kyselá, na 22 % odběrných míst extrémně kyselá. Hodnoty v intervalu velmi silně kyselé půdní reakce aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) 3,6 – 4,5 jsou zjištěny na 92 odběrných místech. Podle této půdní vlastnosti, lze usuzovat na půdně homogenní územní celek pod značným acidifikačním tlakem.

V organominerálním horizontu je $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ v intervalu 3,6 – 4,5 zjištěno na 94 stanovištích a v horizontu minerálním na 81 stanovištích. Půda je hodnocena jako velmi silně kyselá. V horizontu organominerálním, kde je na 82 stanovištích (86 %) zjištěna hodnota $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ v intervalu 3,0 – 4,2, je zvýšený vstup vodíkových iontů kompenzován tvorbou Al^{3+} iontů z polymerických Al sloučenin.

V minerálním horizontu, kde většina hodnot $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (91 odběrných míst) spadá do intervalu 4,1 – 4,7, je zvýšený vstup vodíkových iontů vyměňován za bazické kationty ze sorpčního komplexu.

Nejkyselější půdy (obr. 2) jsou zjištěny v S části oblasti na území LČR LS Františkovy lázně a ve skupině „Ostatní sever“ zahrnující půdní vzorky z lesů Gerimo, s.r.o., LČR LZ Kladská, město Cheb, město Planá, město Tachov a obec Chodský Újezd.





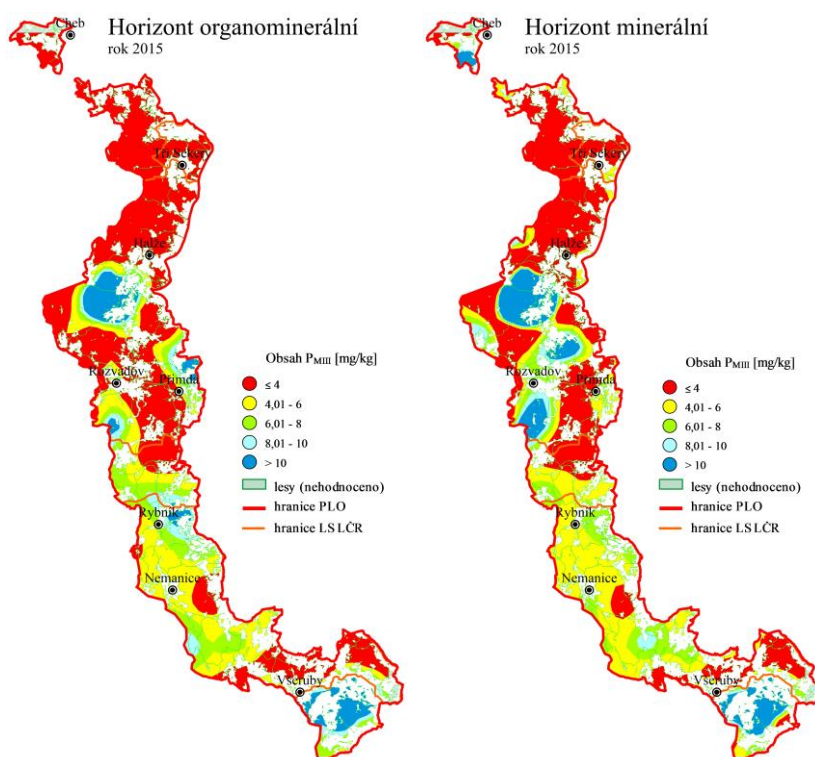
Obr. 2: Půdní reakce výměnná (pH_{CaCl_2}) a aktivní (pH_{H_2O}) v půdních horizontech podle lesních správ

Obsahy celkového **dušiku** nabývají hodnot od 0,67 % do 1,80 % s hodnotou mediánu 1,22 % v nadložním organickém horizontu. Jedná se o vyhovující až vysoké obsahy dusíku a vezmeme-li v potaz hodnotu mediánu množství nadložního organického materiálu $101 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, vypočítáme zásobu celkového dusíku $N_{\text{tot}} = 1232 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tato zásoba odpovídá asi 40-ti násobku ročního odběru smrkovým porostem. V minerální části půdních profilů jsou hodnoty vyhovující v organominerálním ($N_{\text{tot}} = 0,36 \%$) a nízké v minerálním horizontu

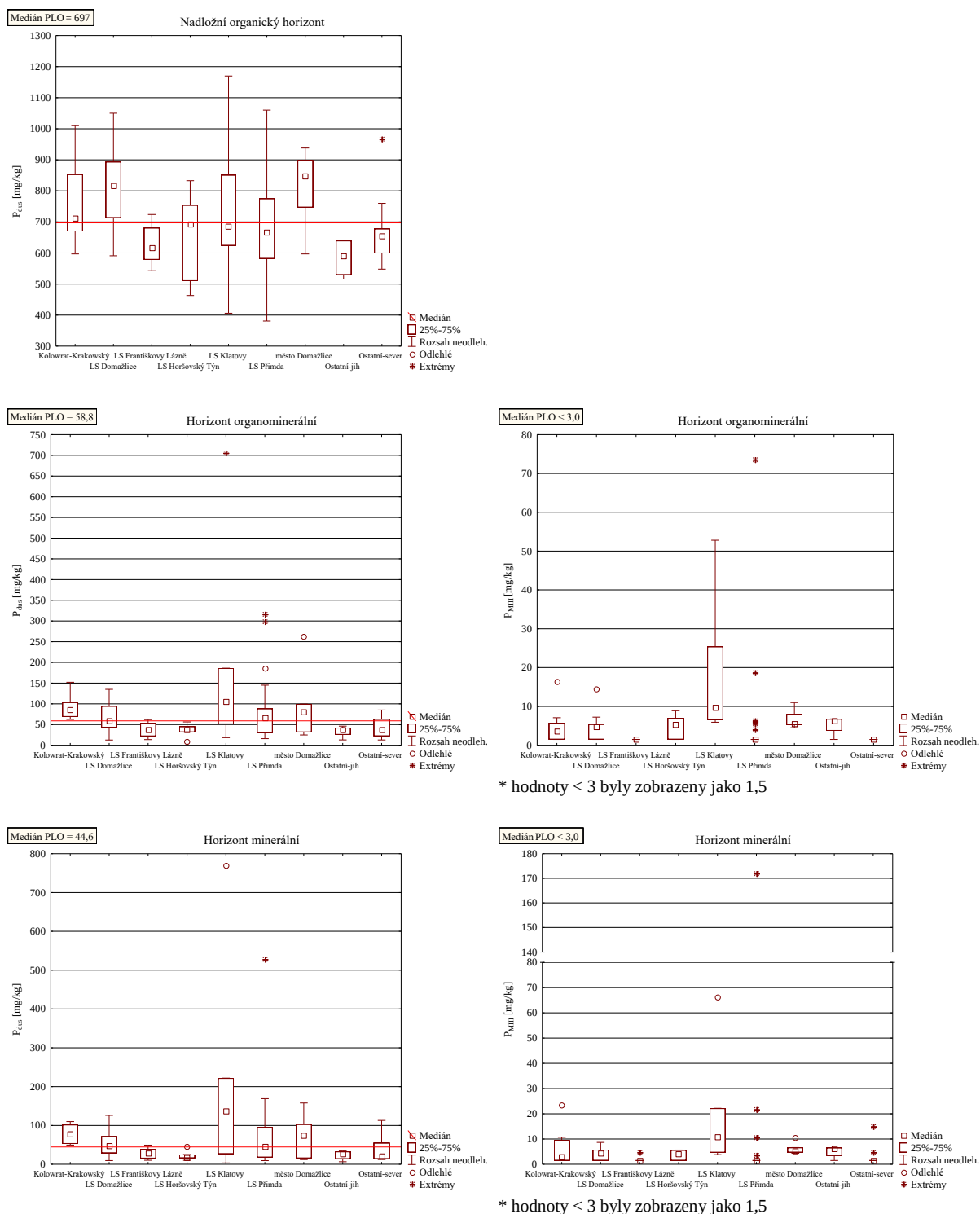
($N_{\text{tot}} = 0,10 \%$). Tyto hodnoty odpovídají koloběhu N v podmínkách zjišťovaných v horských polohách západních Čech.

S vysokým obsahem dusíku v nadložním organickém materiálu souvisí nízký poměr C/N s hodnotami kolem 22. Hodnota tohoto poměru se zvyšuje v minerální půdě na 26. Tato charakteristika je počítána z oxidovatelného uhlíku C_{ox} , který nabývá hodnot mediánu 26%, 6% a 3% v šetřených horizontech směrem do spodin profilů.

Obsah extrahovatelného **fosforu** v nadložním organickém horizontu s hodnotou mediánu 697 mg.kg^{-1} hodnotíme jako nízký. Obsahy extrahovatelného fosforu jsou velmi nízké a přístupného fosforu jsou nedostatečné ($P_{\text{dus}} = 59 \text{ mg.kg}^{-1}$ v organominerálním a $P_{\text{dus}} = 45 \text{ mg.kg}^{-1}$ v minerálním horizontu; $P_{\text{MIII}} = < 3 \text{ mg.kg}^{-1}$ v organominerálním a $P_{\text{MIII}} = < 3 \text{ mg.kg}^{-1}$ v minerálním horizontu). Nejnížší obsah přístupného fosforu (obr. 3 a 4) byl zjištěn ve vzorcích na LČR LS Františkovy Lázně, LČR LS Přimda a ve skupině „Ostatní sever“ (Gerimo, s.r.o., LČR LZ Kladská, město Cheb, město Planá, město Tachov a obec Chodský Újezd).

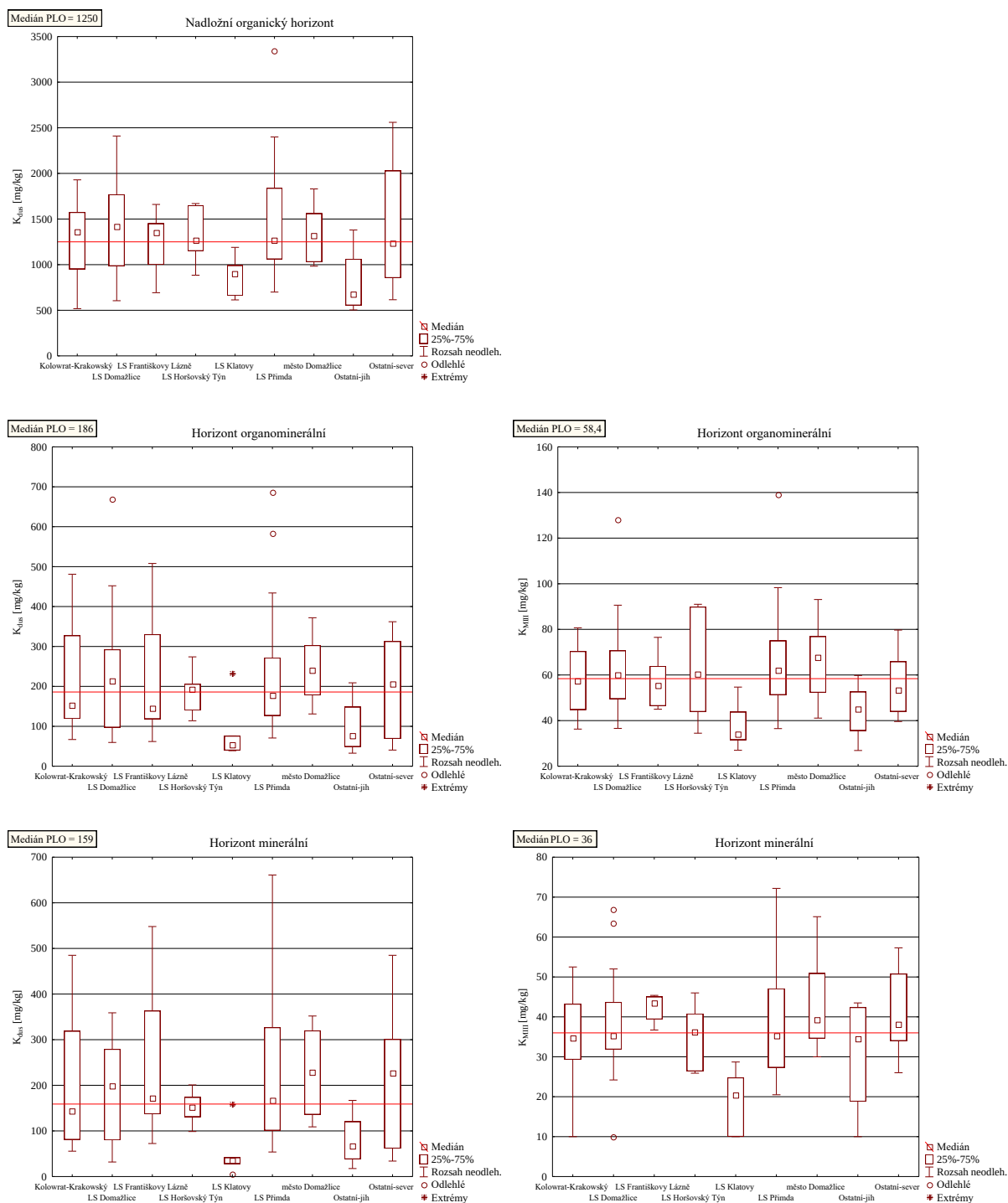


Obr. 3: Krigingové mapy prostorového rozdělení obsahu přístupného fosforu (P_{MIII}) v organominerálním a minerálním horizontu



Obr. 4: Obsah extrahovatelného (P_{dus}) a přístupného (P_{MIII}) fosforu v půdních horizontech podle lesních správ

Obsah **draslíku** v nadložním organickém horizontu je charakterizován hodnotou mediánu – 1250 mg.kg^{-1} a odpovídá nízké úrovni. Nad hranicí vyhovující úrovně ($> 1260 \text{ mg.kg}^{-1}$) je 48 % šetřených stanovišť. V minerálních horizontech jsou extrahovatelné obsahy na nízké úrovni a přístupné obsahy na nízké a nedostatečné úrovni v organominerálním a minerálním horizontu. ($K_{\text{dus}} = 186 \text{ mg.kg}^{-1}$ v organominerálním a $K_{\text{dus}} = 159 \text{ mg.kg}^{-1}$ v minerálním horizontu; $K_{\text{MIII}} = 58 \text{ mg.kg}^{-1}$ v organominerálním a $K_{\text{MIII}} = 36 \text{ mg.kg}^{-1}$ v minerálním horizontu).



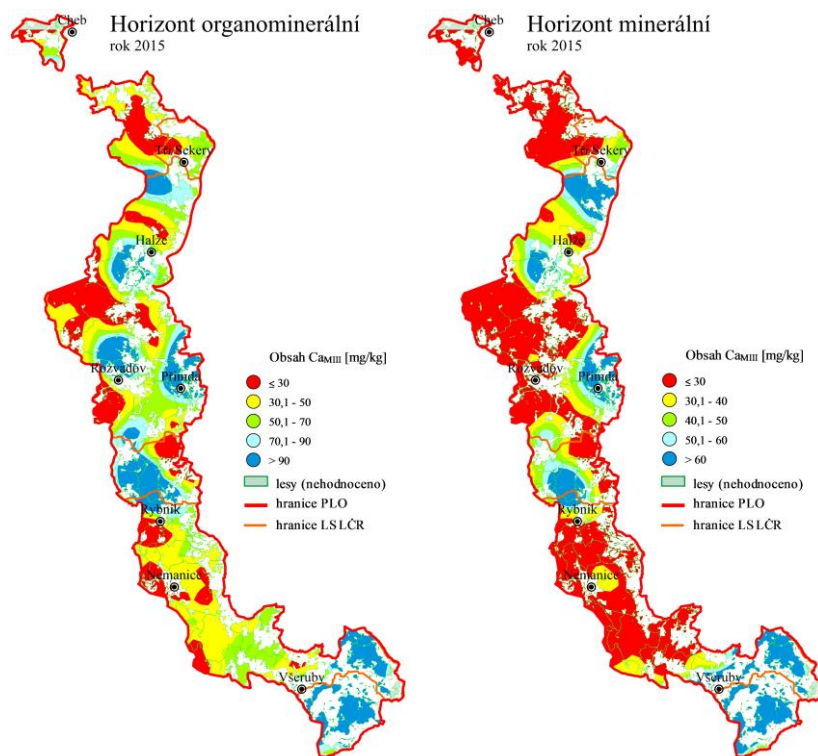
* hodnoty < 20 byly zobrazeny jako 10

Obr. 5: Obsah extrahovatelného (K_{dus}) a přístupného (K_{MIII}) draslíku v půdních horizontech podle lesních správ

Nedostatečný obsah draslíku byl zjištěn zejména v půdních vzorcích z LČR LS Klatovy a ze skupiny „Ostatní-jih“ zahrnující vzorky z lesů města Kdyně, obce Pocinovice a obce Vlkanov.

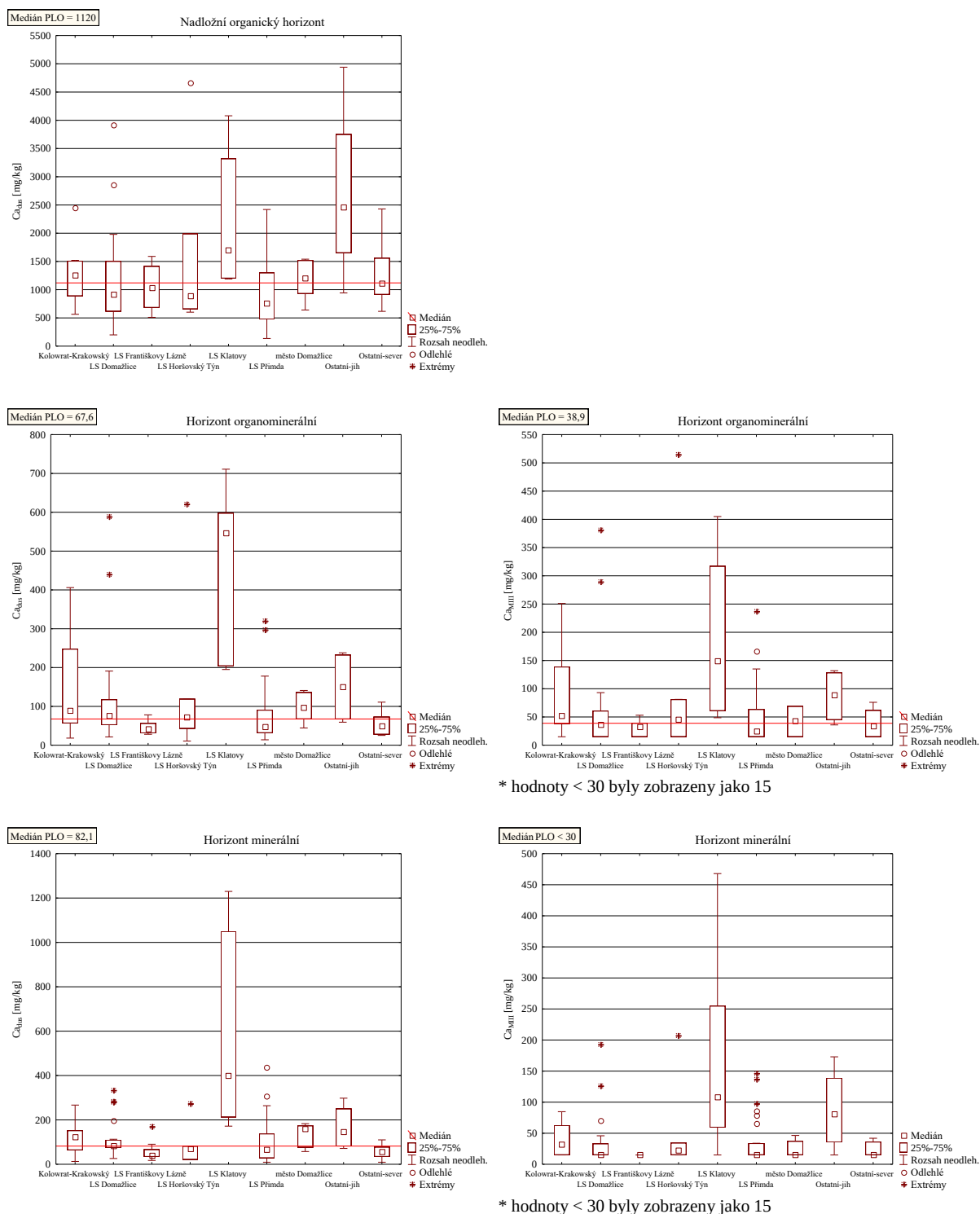
Rozložení četností obsahů **vápníku** v nadložním organickém horizontu má levostranný tvar s hodnotou mediánu 1120 mg.kg^{-1} a několika vyššími hodnotami v oblasti vyhovujících obsahů ($2671 \text{ mg.kg}^{-1} - 4271 \text{ mg.kg}^{-1}$). Nízká hodnota mediánu, klasifikovaná jako nedostatečná, odpovídá kyselým smrčínám horského typu ovlivněným průmyslovými imisemi. Zásobu vápníku v nadložním organickém materiálu podle zjištěných parametrů odhadujeme

na $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, což je množství, které je akumulováno jehličím, větvemi a pupeny přibližně za 6 roků. Hodnoty obsahů vyšší než $2001 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ jsou zjištěny v porostech se zastoupením buku a na bohatších stanovištích mimo hlavní příhraniční hřeben. Obsahy vápníku v extrahovatelné i přístupné formě jsou v minerálních horizontech nedostatečné ($\text{Ca}_{\text{dus}} = 67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v organominerálním a $\text{Ca}_{\text{dus}} = 82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v minerálním horizontu; $\text{Ca}_{\text{MIII}} = 39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v organominerálním a $\text{Ca}_{\text{MIII}} < 30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v minerálním horizontu). Obsahy přístupného vápníku $> 170 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ jsou zjištěny na 8 stanovištích na LS Domažlice v bučinách a ve smrkových porostech na stanovištích živné ekologické řady.



Obr. 6: Krigingové mapy prostorového rozdělení obsahu přístupného vápníku (Ca_{MIII}) v organominerálním a minerálním horizontu

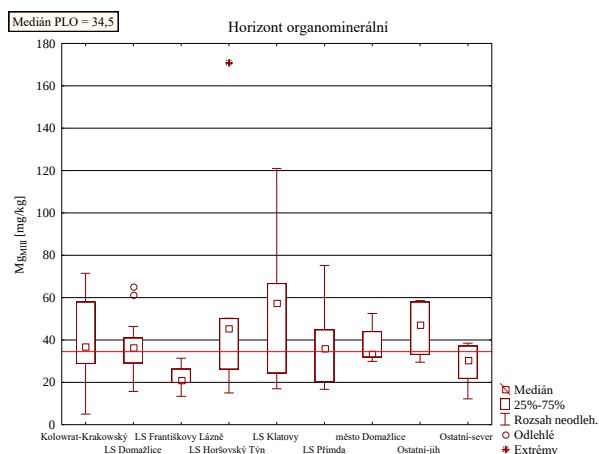
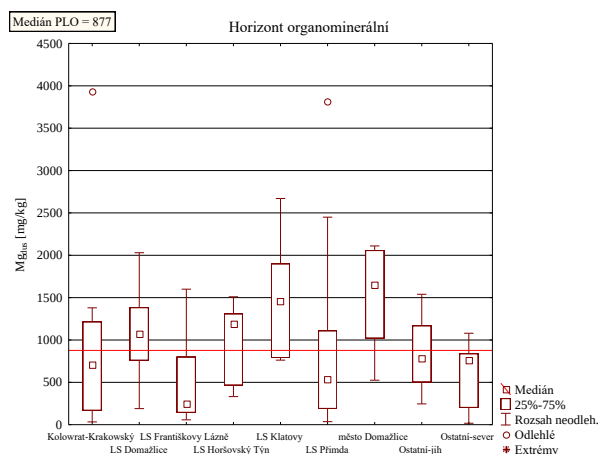
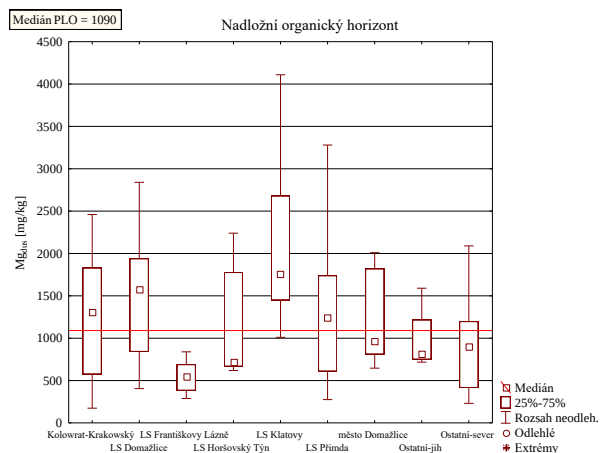
Nejnižší obsah extrahovatelného vápníku v nadložním organickém horizontu byl zjištěn zejména v lesích LČR LS Přimda (obr. 7). Nejnižší obsah přístupného vápníku v minerálním horizontu je pak zjištěn v půdních vzorcích z LČR LS Přimda, LČR LS Františkovy Lázně, LČR LS Domažlice, města Domažlice a města Cheb (obr. 6).



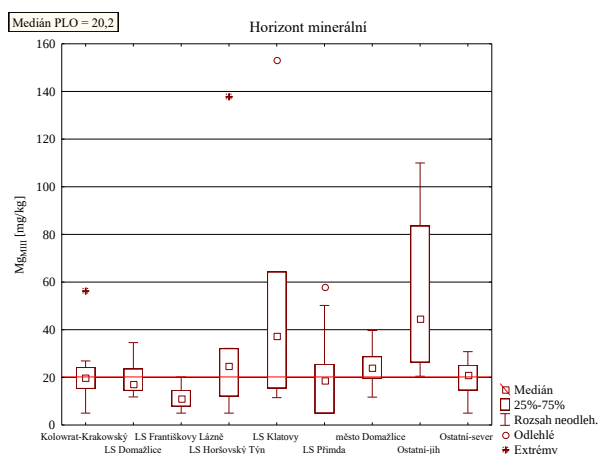
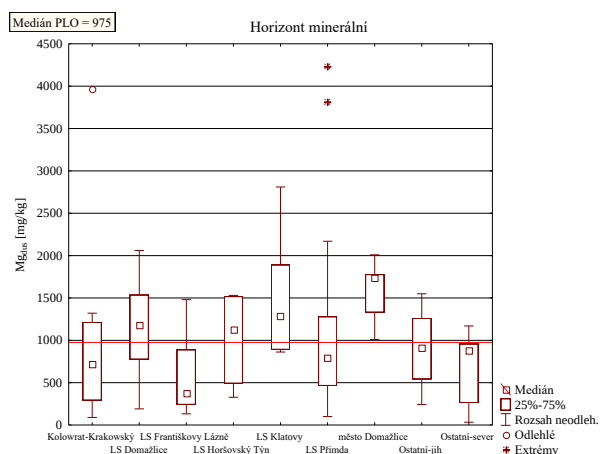
Obr. 7: Obsah extrahovatelného (Ca_{dus}) a přístupného (Ca_{MIII}) vápníku v půdních horizontech podle lesních správ

Obsahy **hořčíku** jsou v nadložním organickém horizontu podle hodnoty mediánu ($1090 \text{ mg.Mg.kg}^{-1}$) na nízké úrovni. Nerovnoměrné rozdělení četností obsahů s velkým rozpětím hodnot ($174 \text{ mg.Mg.kg}^{-1} - 4110 \text{ mg.Mg.kg}^{-1}$) zobrazuje rozdělení šetřené oblasti na chudší příhraniční část ($< 1100 \text{ mg.Mg.kg}^{-1}$) především na území LS Františkovy Lázně a LS Horšovský Týn a na bohatší ($> 1100 \text{ mg.Mg.kg}^{-1}$) vnitrozemí ve správě LS Klatovy a LS Domažlice (obr. 8).

V minerálních horizontech jsou extrahovatelné obsahy hořčíku na vyhovující úrovni, přístupné formy hořčíku jsou nedostatečné ($Mg_{\text{dus}} = 877 \text{ mg.kg}^{-1}$ v organominerálním a $Mg_{\text{dus}} = 975 \text{ mg.kg}^{-1}$ v minerálním horizontu; $Mg_{\text{MIII}} = 35 \text{ mg.kg}^{-1}$ v organominerálním a $Mg_{\text{MIII}} = 20,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ v minerálním horizontu).

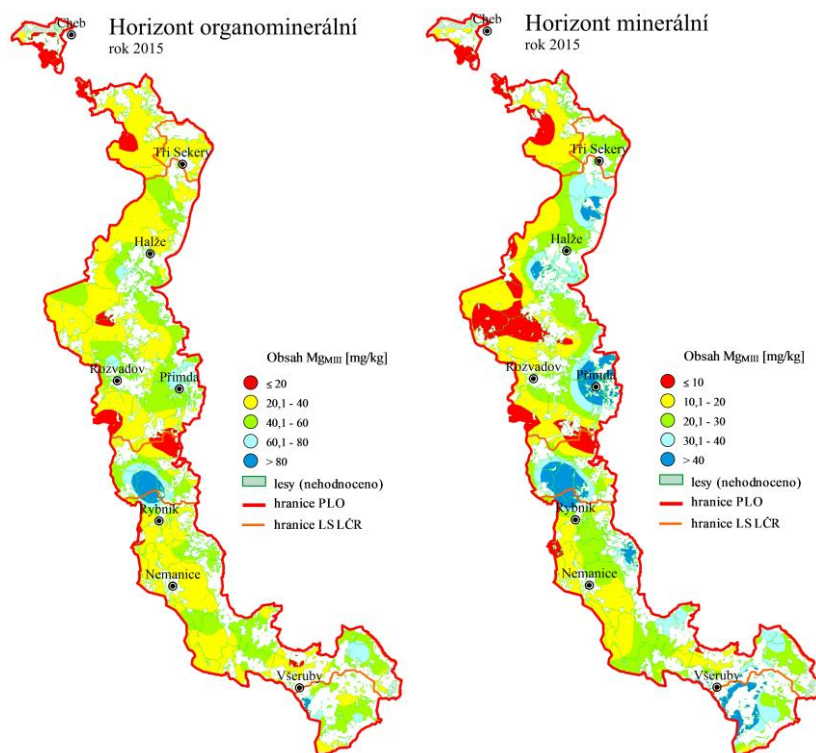


* hodnoty < 10 byly zobrazeny jako 5



* hodnoty < 10 byly zobrazeny jako 5

Obr. 8: Obsah extrahovatelného (Mg_{dus}) a přístupného (Mg_{MIII}) hořčíku v půdních horizontech podle lesních správ



Obr. 9: Krigingové mapy prostorového rozdělení obsahu přístupného hořčíku (Mg_{MIII}) v organominerálním a minerálním horizontu

Jako nevíce postižené porosty s nedostatkem přístupného hořčíku v minerálním horizontu se jeví porosty na LČR LS Přimda (obr. 9)

Rovněž podle rozdělení četností obsahů **hliníku** v nadložním organickém horizontu se jeví oblast jako méně ($< 8001 \text{ mg.Al.kg}^{-1}$) ve vnitrozemí a více ($> 8001 \text{ mg.Al.kg}^{-1}$) zatížená acidifikací v horském pásmu. V minerální části profilů jsou vysoké extrahovatelné obsahy hliníku.

Tab. 12: Hodnoty mediánů obsahů celkového dusíku, spalitelného uhlíku a extrahovatelných prvků v šetřených půdních horizontech (N a C_{ox} v % ostatní v mg.kg^{-1}) a jejich hodnocení podle klasifikace ÚKZÚZ

hor.	N		C_{ox}		P_{dus}		K_{dus}		Ca_{dus}		Mg_{dus}		Fe_{dus}		Mn_{dus}	
O	1,22	4	26,0	3	697	2	1250	2	1120	1	1090	2	9790	4	287	1
A _h	0,22	2	5,85	3	59	1	186	2	68	1	877	3	8140	4	129	2
B	0,10	2	2,86	2	45	1	159	2	82	1	975	3	7170	3	327	3

Hodnocení obsahů: a) pro Fe a Mn: 1 - velmi nízký; 2 - nízký; 3 - střední; 4 - vysoký; 5 - velmi vysoký;

b) pro makroživiny: 1 - nedostatečný; 2 - nízký; 3 - vyhovující; 4 - vysoký; 5 - luxusní

Půdní horizonty: O – nadložní organický, A_h – organominerální, B – minerální.

Tab. 13: Hodnota mediánů obsahů přístupných prvků v šetřených půdních horizontech (v mg.kg^{-1}) a jejich hodnocení podle klasifikace ÚKZÚZ

hor.	P_{MIII}		K_{MIII}		Ca_{MIII}		Mg_{MIII}	
A _h	< 3	1	58	2	39	1	35	1
B	< 3	1	36	2	< 30	1	20	1

Hodnocení obsahů: 1 - nedostatečný; 2 - nízký; 3 - vyhovující; 4 - vysoký; 5 - luxus

Půdní horizonty: A_h – organominerální, B – minerální.

Tab. 14: Hodnocení obsahů přístupných (P, K, Ca, Mg v minerální půdě) živin a extrahovatelných obsahů (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn v organickém horizontu a minerální půdě) prvků v půdních horizontech a ve smrkových jehlicích běžného roku podle klasifikace ÚKZÚZ

	N	P	K	Ca	Mg	Fe
SM - jehlice běžného roku	3	3	3	2	2	1
O	4	2	2	1	2	4
A _h	2	1	2	1	1	4
B	2	1	2	1	1	3

Hodnocení obsahů: a) pro Fe a Mn: 1 - velmi nízký; 2 - nízký; 3 - střední; 4 - vysoký; 5 - velmi vysoký;
b) pro makroživiny: 1 - nedostatečný; 2 - nízký; 3 - vyhovující; 4 - vysoký; 5 - luxusní
Půdní horizonty: O – nadložní organický, A_h – organominerální, B – minerální.

Tabulka ukazuje nedostatečné obsahy všech makroživin v celém půdním profilu s výjimkou celkového dusíku, který se hromadí v nadložním organickém horizontu. V případě dusíku, fosforu a draslíku je úroveň výživy smrku díky jeho schopnosti přizpůsobit se nedostatku na dobré úrovni. U vápníku a hořčíku se nedostatek v půdě projevuje i v úrovni výživy. Rozpor je v obsazích železa, které jsou v půdě vysoké, ale jeho obsah v jehlicích je na nízké úrovni výživy.

3.1.2. Těžké kovy

Obsahy **kadmia** jsou v nadložním organickém horizontu nízké. **Chrom** nabývá obsahů od 2,96 mg.kg⁻¹ do 29,40 mg.kg⁻¹. Tyto obsahy nepovažujeme vzhledem k průměrným obsahům v půdách celého světa (60 mg.kg⁻¹) (KABATA-PENDIAS, 2011) za důsledek nadměrného antropogenního zatížení.

Obsahy **mědi** jsou zjištěny v rozsahu od 4,09 mg.kg⁻¹ do 33,5 mg.kg⁻¹. Vysoké obsahy (> 20 mg.Cu.kg⁻¹) jsou zjištěny pouze na jednom stanovišti (11 501, LS Domažlice por.sk. 318A₁₄).

Obsahy **olova**, charakterizované mediánem 61 mg.Pb.kg⁻¹ nejsou vysoké. Obsahy vyšší než 150 mg.kg⁻¹ jsou zjištěny na dvou stanovištích: 11082 por.sk. 57C₁₆ - Město Domažlice a 11114 por.sk. 170B₈ - LS Domažlice.

Obsahy **zinku** nabývají hodnot od 19,5 mg.kg⁻¹ do 89 mg.kg⁻¹, tedy obsahů běžně zjišťovaných v nadložních organických horizontech lesních půd.

Tab. 15: Poměry obsahů extrahovatelných a pseudototálních v organominerálním horizontu

	Cd (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Cr (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)
extr.	< 0,20	4,6	10,4	36,5	19,8
pseudot.	< 0,30	14,7	35,5	39,1	63,8
E/P*100		31 %	29 %	93 %	31 %
limity		> 25 %	> 0,5 %	> 50 %	> 25 %

Tab. 16: Poměry obsahů extrahovatelných a pseudototálních v minerálním horizontu

	Cd (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Cr (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)
extr.	< 20	3,7	10,6	16,3	21,1
pseudot.	< 30	15,5	40,6	20,0	74,9
E/P*100		23 %	26 %	81 %	28 %
limity		25 %	0,5 %	50 %	25 %

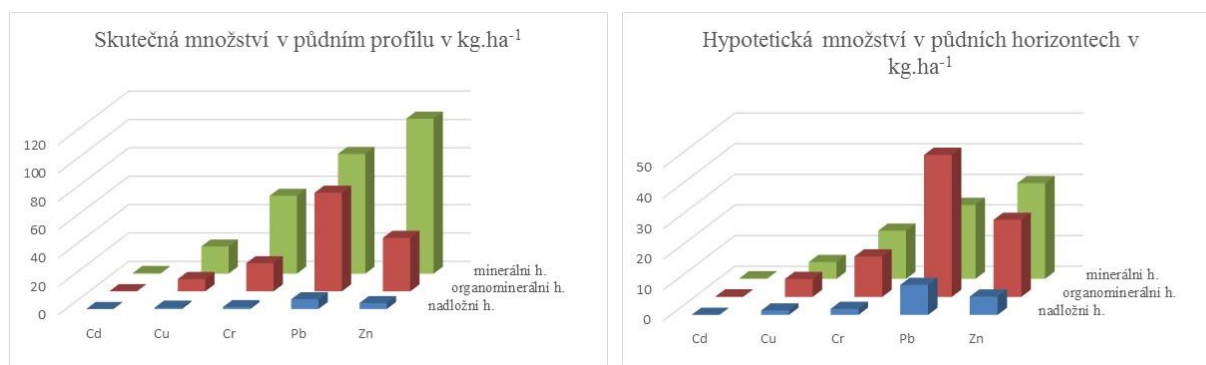
Podle hodnocení poměrů extrahovatelných a pseudototálních obsahů usuzujeme v případě mědi, chromu, olova a zinku na antropogenní kontaminaci (ROTTER ET AL., 2013). Tento závěr byl zjištěn pro organominerální i minerální horizont, s výjimkou mědi v minerálním horizontu.

U kadmia není atmosférický vstup potvrzen, předpokládáme tedy jeho litogenní povahu.

Pro znázornění vertikálního rozložení rizikových prvků v půdě použijeme následující model (tab. 17, obr. 10).

Tab. 17: Rozložení množství prvků v půdním profilu

Horizont	mocnost (m)	Objemová hmotnost (g.cm^{-3})	Cd (kg.ha^{-1})	Cu (kg.ha^{-1})	Cr (kg.ha^{-1})	Pb (kg.ha^{-1})	Zn (kg.ha^{-1})
Skutečná množství v půdním profilu							
nadložní organický	0,15	0,15	0,02	0,95	1,3	6,4	4,2
organominerální	0,15	1,27	0,17	7,6	17,2	61,1	33,0
minerální	0,35	1,48	0,55	20,3	58,0	87,6	115,0
Hypotetická množství v horizontech							
nadložní organický	0,10	0,15	0,03	1,4	1,8	9,2	6,0
organominerální	0,10	1,27	0,13	5,8	13,2	47,2	25,4
minerální	0,30	1,48	0,15	5,5	15,7	23,7	31,1



Obr. 10: Rozdělení rizikových prvků v půdním profilu

Podle skutečného množství rizikových prvků, počítaného pro jednotlivé horizonty podle objemové hmotnosti redukované (GRUNDA, 1995) a mocnosti horizontů je zřejmé narůstání množství směrem do spodin půdních profilů. Vezmeme-li hypoteticky jednotnou mocnost půdních horizontů, ukazují se v případě mědi, chromu a zinku podobná množství kovů vázaná na organický i minerální materiál. V případě olova je zřejmá specifická vazba na organický materiál obsažený v horizontu organominerálním. Jeho posun do hlubších částí půdních profilů je v tomto horizontu zpomalen. Vzhledem k nízkým obsahům olova v asimilačních pletivech jehlic, tedy i nízkému vstupu opadem, lze předpokládat atmosférické spady olova. O nízkých přirozeném pozadí odpovídajících hodnotách tohoto kovu v oblasti západních Čech referují UHLÍŘOVÁ ET HELDOVÁ (1999). Postupná akumulace olova v povrchových horizontech je ovlivněná schopností olova sorbovat se na organické látky, koncentrovat se v karbonátech a fosfátech. Malý odběr Pb rostlinami může, zejména v dlouhodobém měřítku, vážně brzdit mikrobiální procesy v půdě. Kumulace olova z antropogenních zdrojů v mikroorganismech (obsahy uvedené v tabulce svědčí o technogenním znečištění) se odráží ve snížení enzymatické aktivity, zvýšení akumulace méně rozložených zbytků a zvýšení obsahů nitrátů v půdě (ČURLÍK, 2011).

3.1.3. Mikrobiologická šetření

Vezmeme – li hodnoty mikrobiálních charakteristik, získaných z dosavadního souboru 16 smrkových porostů z území ČR (FIALA ET AL., 2015), zjistíme poměrně nízké obsahy extrahovatelného uhlíku a uhlíku mikrobiální biomasy a průměrné hodnoty respirace. Pouze ve fermentačním horizontu je vysoký obsah uhlíku mikrobiální biomasy, vysoká bazální respirace a substrátem indukovaná respirace. Z pozorování enzymatické činnosti vyniká vysoká

aktivita ureázy, glukosidázy ve fermentačním horizontu a vysoké hodnoty fosfomonoesterázy ve všech studovaných horizontech. S tím souvisí vysoká úroveň výživy fosforem zjištěná podle obsahu v jehlicích běžného roku.

Tab. 18: Vybrané mikrobiologické charakteristiky

por. sk.: 340E15, BK kmenovina, 144 let, 5K7								
	C _{ox}	C _{ext}	MBC	MBN	RSS	SRS	μ nls	pH
F	38,5	336	3022	511	61,28	218,98	0,151	3,9
H	25,5	156	1189	111	10,90	46,86	0,108	3,4
M	8,3	133	352	89	2,91	10,91	0,094	3,2
	AMO	URE	AGM	B4F	BGL	SUL	XPN	X4FF
F	33,1	50,8	1032	521	1210	157	319	13880
H	7,4	9,6	353	388	503	156	297	7339
M	0,0	3,5	118	264	134	131	128	2988
por. sk.: 226B9, SM kmenovina, 87 let, 6M3								
	C _{ox}	C _{ext}	MBC	MBN	RSS	SRS	μ nls	pH
F	43,5	776	2294	711	51,90	280,79	0,149	3,2
H	31,4	298	1182	269	19,85	64,81	0,178	2,9
M	8,1	185	224	53	3,85	14,16	0,127	2,9
	AMO	URE	AGM	B4F	BGL	SUL	XPN	X4FF
F	17,7	65,8	1555	994	869	99	428	11704
H	5,1	8,8	571	709	643	296	548	13938
M	0,0	3,4	124	302	137	227	124	4725

Vysvětlivky: C_{ox} – oxidovatelný uhlík, C_{ext} – extrahovatelný uhlík, MBC – uhlík mikrobiální biomasy, MBN – dusík mikrobiální biomasy, RSS – bazální respirace OxiTop, SRS – substrátem indukovaná respirace OxiTop, μ nls – specifická růstová rychlost, pH – půdní reakce, AMO – anaerobní amonifikace, URE – ureáza; AGM – chitináza; B4F – fosfodiesteráza; BGL – glukosidáza; SUL – arylsulfatáza; XPN – β- xylosidáza; X4FF – fosfomonoesteráza.

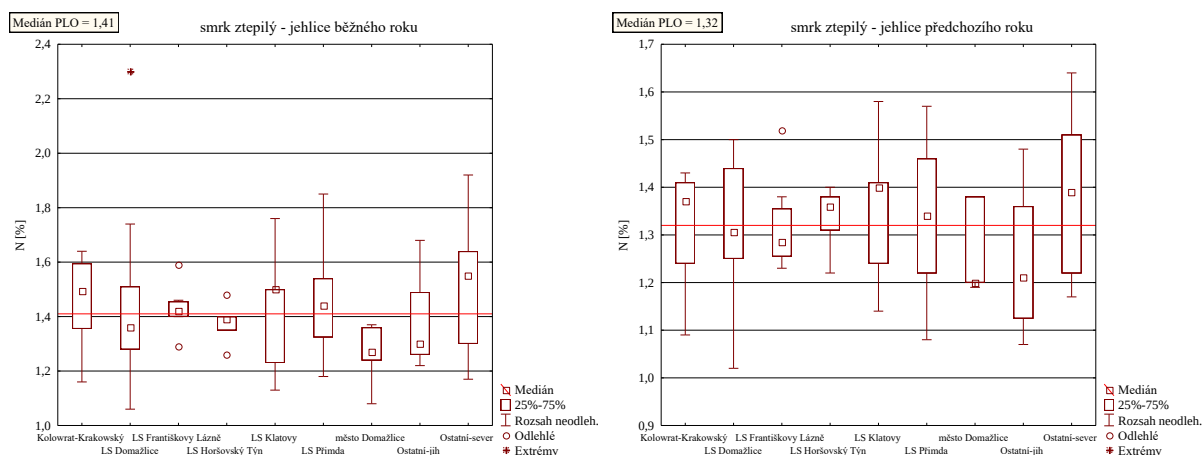


3.2. Chemizmus asimilačních orgánů

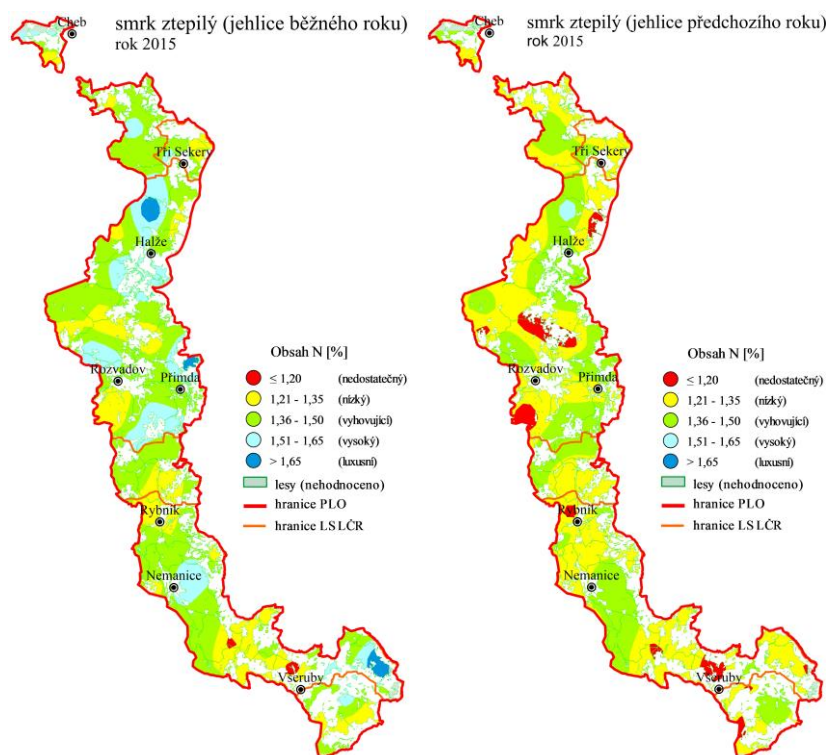
3.2.1. Smrk ztepilý

Obsahy **dusíku** v jehlicích běžného roku (medián 1,41 %) odpovídají vyhovující úrovni. Obsahy nižší než 1,35 %, které považujeme za nízké a nedostatečné z hlediska úrovně výživy jsou zjištěny na 29 stanovištích tedy na 34 % ze všech studovaných porostních smrkových skupin, pod hranicí nedostatečné výživy ($< 1,19$ %) se nachází 22 stanovišť tedy 25 % ze všech stanovišť. Průměrná hodnota N_{tot} v nadložním organickém horizontu je 1,22 %. Rozdělení četností je rovnostranné, bez extrémních hodnot. Podle hodnocení MELLERTA ET GÖTTLEINA (2012) je hodnota mediánu (1,41 %) na hranici s oblastí latentního nedostatku ($11,8 - 14 \text{ mg.g}^{-1}$). Toto hodnocení je důležité z pohledu hodnocení ekosystému jako celku. Vzhledem k výše uvedeným poznatkům můžeme považovat dusík za limitující prvek pro fungování ekosystému lesa. V době odběru vzorků bylo limitujícím faktorem i dlouhodobé sucho.

Nedostatečný až nízký obsah dusíku v jehlicích běžného roku byl zjištěn zejména v porostech města Domažlice (obr. 11). V jehlicích předchozího roku pozorujeme výrazný pokles obsahu dusíku z vyhovující úrovně zjištěné v jehlicích běžného roku na úroveň nízkého obsahu. Začínají se také ve větší míře objevovat porosty s nedostatečnou úrovní výživy a to zejména v jižní části PLO. V severní části PLO je nedostatečná úroveň výživy dusíkem zjištěna zejména v porostech LČR LS Přímá a v lesích majetku Kolowrat-Krakovský (obr. 12).

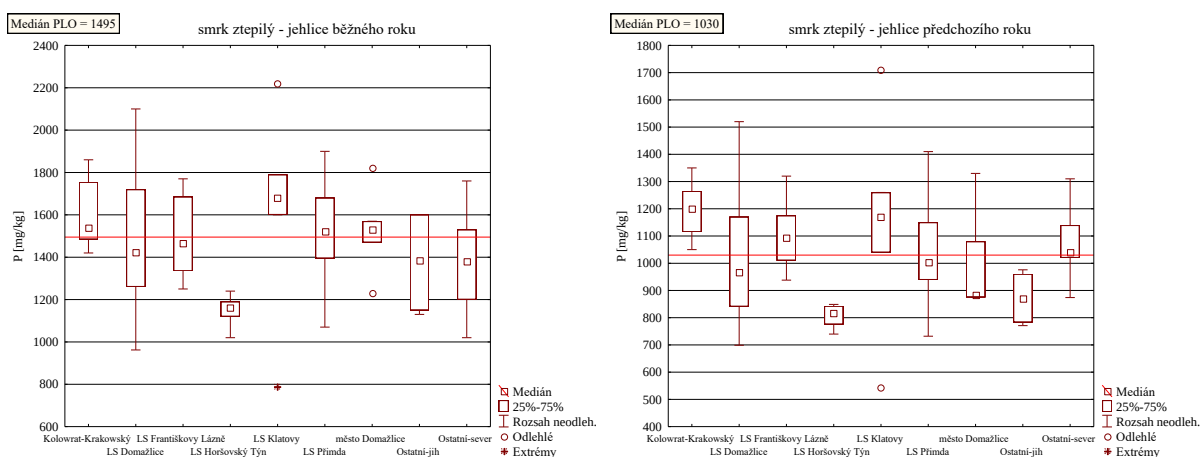


Obr. 11: Obsah dusíku v jehlicích smrku ztepilého podle lesních správ

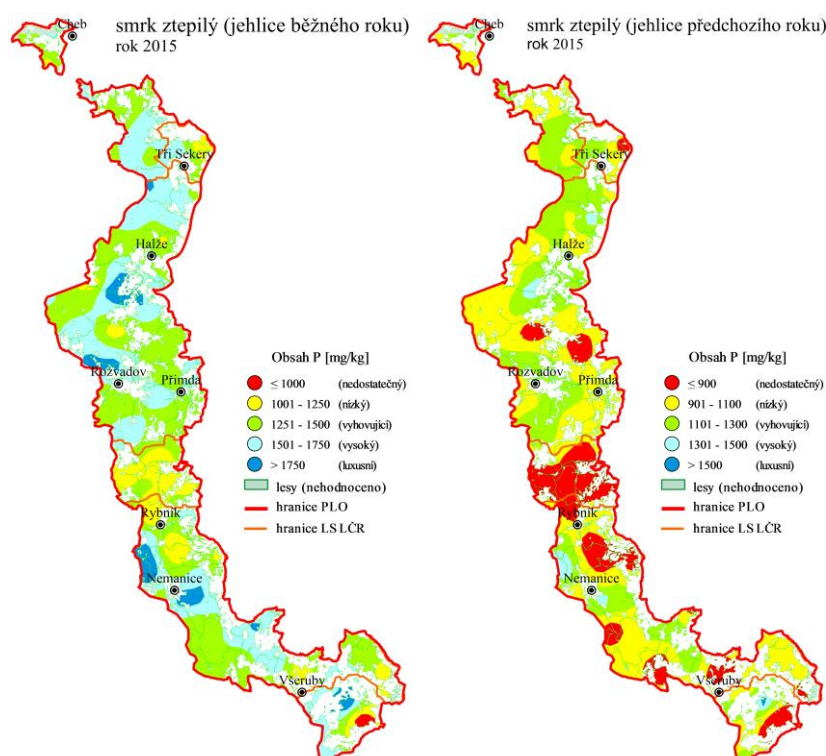


Obr. 12: Krigingové mapy prostorového rozdělení obsahu dusíku v jehlicích smrku ztepilého

Obsahy **fosforu** v jehlicích běžného roku dosahují vyhovující až vysoké úrovně, což svědčí o dostatečném příjmu této živiny z půdního prostředí. Pod hranicí nízkých obsahů ($< 1250 \text{ mg.kg}^{-1}$) byly nalezeny vzorky na 18 stanovištích tj. na 20 % z celkového počtu stanovišť. Ty jsou zjištěny převážně na území LS Domažlice na stanovištích kyselé řady a na území LS Horšovský Týn (obr. 13). V jehlicích předchozího roku jsou obsahy poněkud nižší a jeho obsah v jehlicích je klasifikován jako nízký. Vezmeme-li poměr $N/P > 12$ za kritický vzhledem k vyrovnanosti výživy, nelze hodnotit fosfor jako nedostatečný. Pouze na 8 % stanovišť je tento poměr překročen.

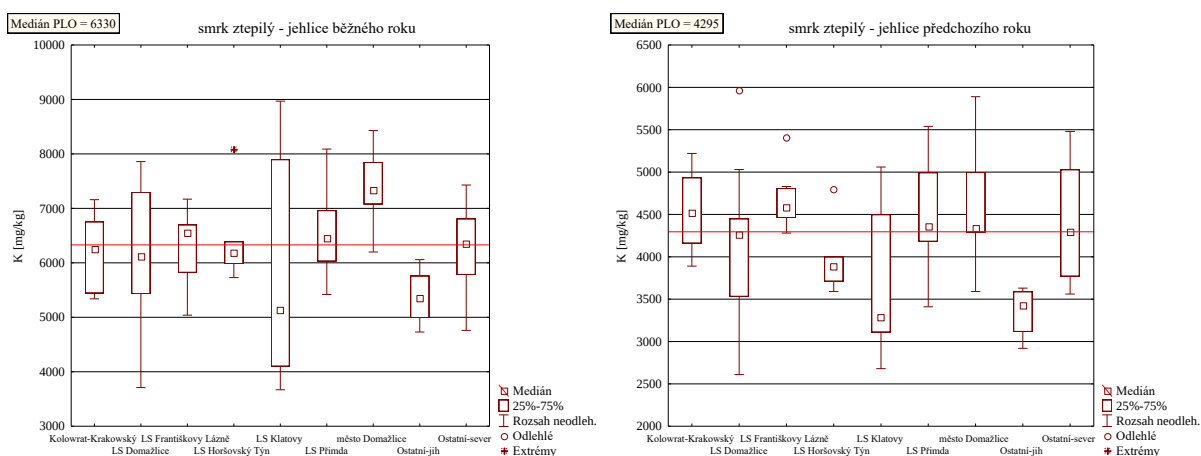


Obr. 13: Obsah fosforu - v jehlicích smrku ztepilého podle lesních správ

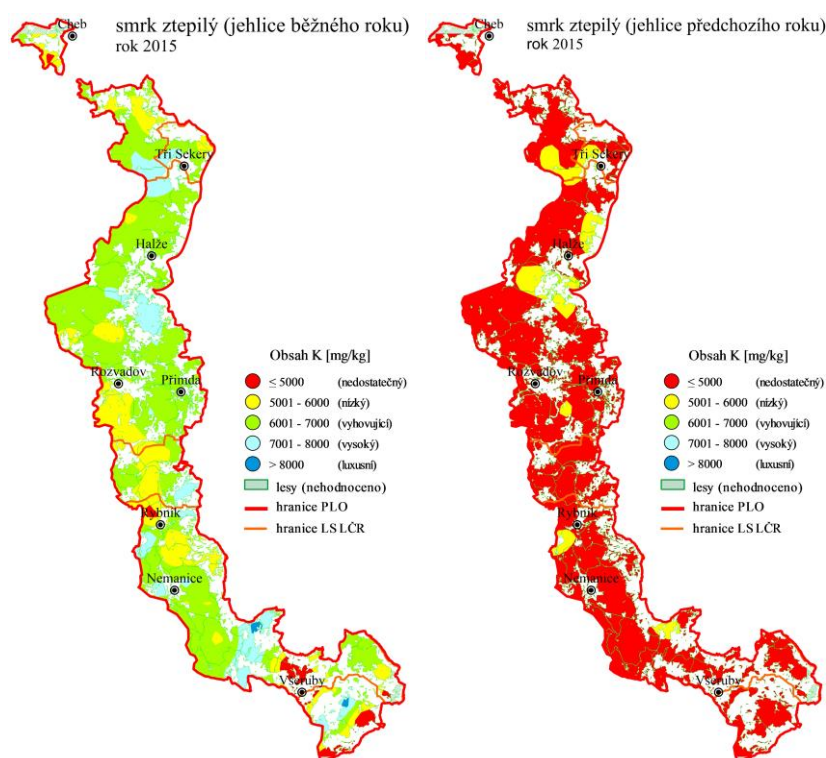


Obr. 14: Krigingové mapy prostorového rozdělení obsahu fosforu v jehlicích smrku ztepilého

Draslík se vyznačuje velkou rozdílností obsahů v různověkých jehlicích. Hodnota mediánu v jehlicích běžného roku ($6330 \text{ mg.K.kg}^{-1}$) odpovídá vyhovující úrovni výživy. Na 36 % stanovišť je ovšem zjištěna nízká úroveň výživy. Vzhledem k vysoké pohyblivosti v rostlinách i v ekosystému a těsné korelaci mezi obsahy v běžném a předchozím roce ($r = 0,72$) lze předpokládat redistribuci draslíku ze starších jehlic. Poměr K/Ca v jehlicích běžného roku je na 45 % stanovišť nižší než 2. To znamená nedostatečnou úroveň výživy draslíkem. Vzhledem k obsahům draslíku – poměru K/Mg, lze hodnotit výživu jako vyrovnanou. Nedostatečná úroveň výživy draslíkem je zjištěna v jižní části oblasti zejména ve smrkových porostech LČR LS Klatovy (obr. 16). V jehlicích předchozího roku je nedostatečná úroveň výživy zjištěna téměř v celé PLO (obr. 16).

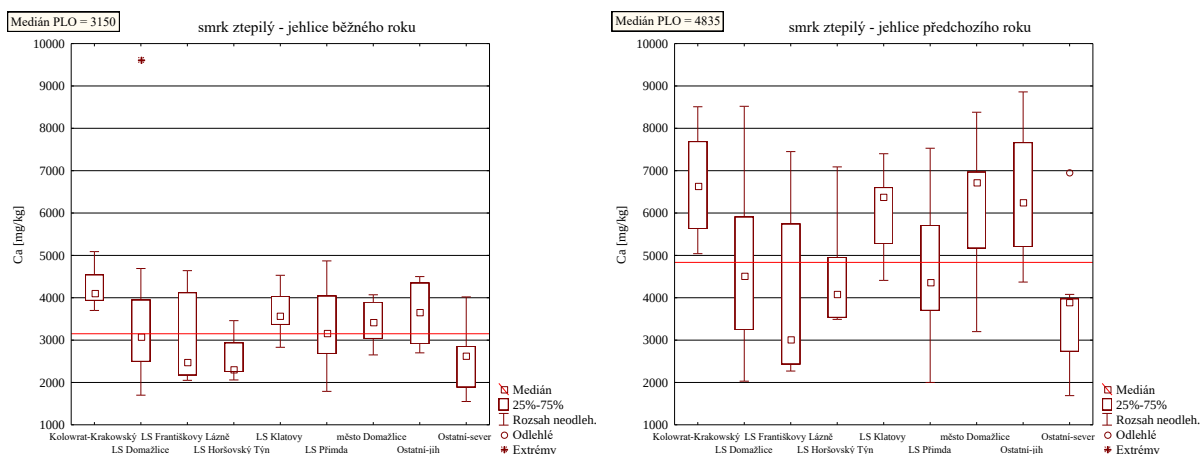


Obr. 15: Obsah draslíku v jehlicích smrku ztepilého podle lesních správ

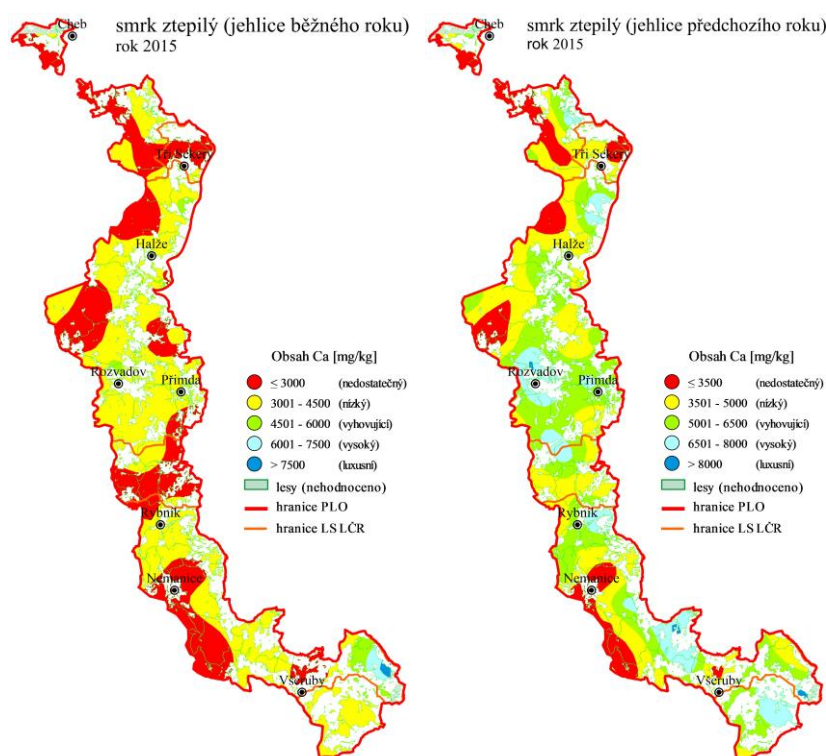


Obr. 16: Krigingové mapy prostorového rozdělení obsahu draslíku v jehlicích smrku ztepilého

Obsahy **vápníku** v jehlicích běžného roku jsou na velmi nízké úrovni. Na 88 % stanovišť byla zjištěna nízká úroveň výživy ($\text{Ca} < 4500 \text{ mg.kg}^{-1}$) v jehlicích běžného roku a na 52 % stanovišť nízká úroveň ($\text{Ca} < 5000 \text{ mg.kg}^{-1}$) v jehlicích předchozího roku. Vzhledem obsahům dusíku, s poměrem N/Ca od 2 do 10, lze rovněž mluvit o nízkých obsazích vápníku. Jako kritické jsou považovány poměry N/Ca od 2,1 do 5,0. (MELLERT AND GÖTTLEIN, 2012). Nedostatečný obsah vápníku ($< 3000 \text{ mg.kg}^{-1}$) v jehlicích běžného roku byl zjištěn zejména v severní části PLO a v porostech LČR LS Horšovský Týn a LČR LS Domažlice (obr. 17).

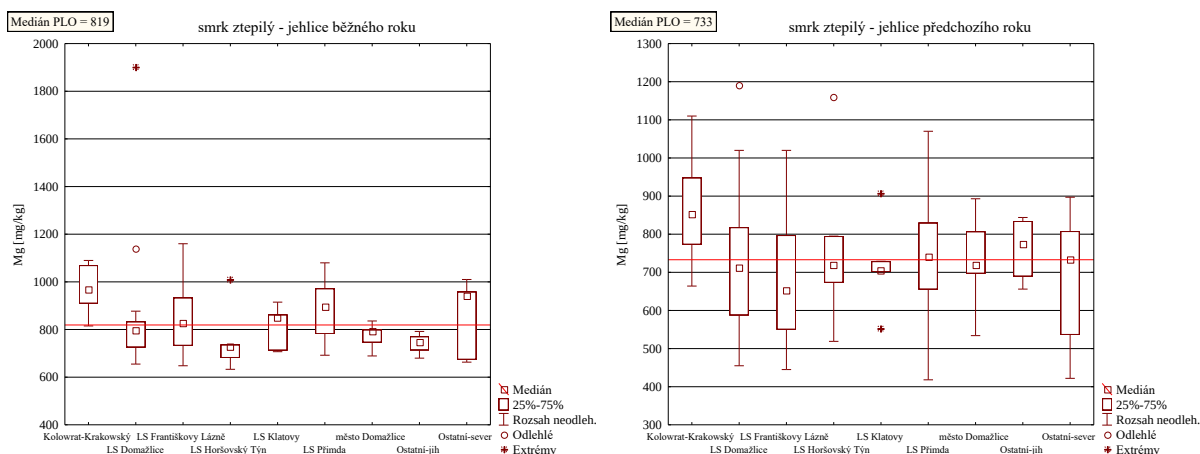


Obr. 17: Obsah vápníku v jehlicích smrku ztepilého podle lesních správ

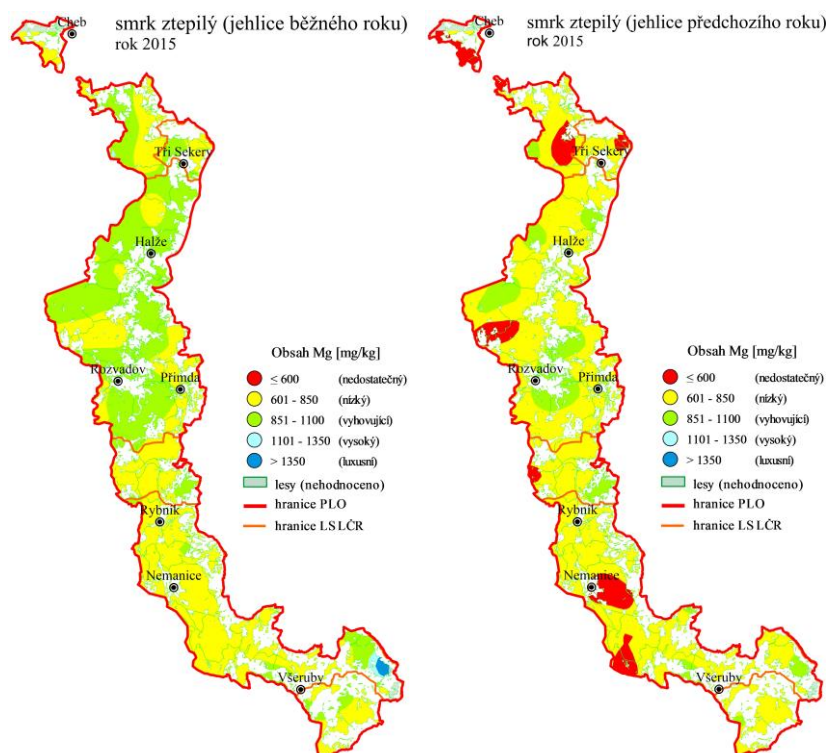


Obr. 18: Krigingové mapy prostorového rozdělení obsahu vápníku v jehlicích smrku ztepilého

Hodnota mediánu obsahů **hořčíku** v jehlicích běžného roku ($Mg = 819 \text{ mg.kg}^{-1}$) odpovídá nízké úrovni výživy. Obsahy vyšší než je hodnota vyhovující úrovně výživy ($Mg = 851 \text{ mg.kg}^{-1}$) jsou zjištěny na 34 z 86 stanovišť. V jehlicích předchozího roku jsou obsahy poněkud menší. Tyto nízké obsahy jsou zřejmě příčinou viditelného žloutnutí lesa. Nejnížší obsahy hořčíku v jehlicích běžného roku byly zjištěny zejména v porostech na LČR LS Horšovský Týn. V jehlicích předchozího roku pak na LČR LS Františkovy Lázně, Přímda a Domažlice (obr. 19).



Obr. 19: Obsah hořčíku v jehlicích smrku ztepilého podle lesních správ



Obr. 20: Krigingové mapy prostorového rozdělení obsahu hořčíku v jehlicích smrku ztepilého

Obsahy **hliníku, kadmia, chromu, mědi, niklu, zinku a olova** nabývají nízké až střední úrovně běžně zjišťované v lesních porostech.

Obsahy **boru** jsou velmi nízké, pouze na šestnácti stanovištích jsou obsahy vyšší než 15 mg.kg^{-1} , což je hodnota, která je považována za spodní hranici růstového optima ($15 - 30 \text{ mg.B.kg}^{-1}$) (LEGRAND P., 2003).

Železo je přítomno v nedostatečném množství. Zjištěné obsahy odpovídají nízké a velmi nízké úrovni výživy v obou věkových skupinách smrkových jehlic.

Obsahy **manganu** v jehlicích běžného roku nabývají hodnot okolo 820 mg.kg^{-1} a v jehlicích o rok starších okolo 1160 mg.kg^{-1} . Tyto hodnoty považujeme za vysoké. Práh toxicity je podle stupnice citované ŠRÁMKEM ET AL. (2009) 2000 mg.kg^{-1} . Je zjištěno hromadění ve starších jehlicích. Na 27 místech jsou v jehlicích předchozího roku zjištěny hodnoty vyšší než 1450 mg.kg^{-1} . Tato stanoviště jsou především na území LS Přimda. Poměr Ca/Mn je v obou věkových skupinách přibližně 5:1. Tento poměr může znamenat nebezpečí toxicity manganem.

Obsahy **síry** jsou v jehlicích běžného i předchozího roku přibližně stejné a odpovídají nedostatečné úrovni výživy. Graf rozdělení četností neobsahuje extrémní hodnoty. Nízké obsahy síry se promítají rovněž do nevyrovnanosti výživy vzhledem k obsahům vápníku (80 % stanovišť má poměr nižší než požadovaný 0,4) i k obsahům dusíku, kde jsou poměry na všech stanovištích vyšší než 0,03, což je hodnota považovaná za optimální.

3.2.2. Hodnocení poměrů živin ve výživě smrku

Tab. 19: Poměry mediánů obsahů živin smrku ztepilý (jehlice běžného roku)

Poměr	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
Modelový 1 *	7,01-10,0	1 - 3	2 - 7	8 - 14	0,8 - 2,4	2,2 - 6,4	2,5 - 5
Modelový 2 ‡	7,0 - 12,0	1,9 - 3,6		10,3 - 20,0			
zjištěný	9,4	2,2	4,5	17,2	2,0	7,7	3,8

* (ŠRÁMEK ET AL., 2009), ‡ (FLÜCKINGER ET BRAUN, 2003)

Z hodnocení poměrů mediánů živin vyplývá nedostatek hořčíku ve výživě smrkových porostů a to i porovnáním s modelovým rozpětím hodnot udávaným FLÜCKINGEREM ET BRAUNOVOU (2003), které je poněkud širší. Tento poznatek je v rozporu s dlouhodobým pozorováním na ICP plochách v Evropě (JONARD ET AL., 2015), podle kterého se úroveň výživy hořčíkem zvyšuje.

3.2.3. Borovice lesní

Šetření stavu výživy u borovice lesní bylo provedeno na osmi lokalitách. Obsah dusíku v jehlicích s hodnotou mediánu $15,5 \text{ g.N.kg}^{-1}$ v jehlicích běžného roku svědčí o vyhovující úrovni výživy. Nízká úroveň výživy byla zjištěna na dvou stanovištích a to na odběrném místě 11021 (LS Františkovy Lázně, lesní typ 7G3) a na 11138 (LS Tachov lesní typ 5P1). Obsahy fosforu jsou na vysoké úrovni. Nízké úrovně dosahuje výživa draslíkem na všech šetřených stanovištích. Nižší obsahy v jehlicích předchozího roku svědčí o redistribuci do mladších pletiv s vyšší intenzitou metabolismu. Úroveň výživy vápníkem je zcela nedostatečná a obsahy hořčíku jsou na nízké úrovni výživy. V případě floémem dobře pohyblivého hořčíku je pravděpodobná redistribuce do mladších pletiv. Mangan dosahuje na místech 11040 (LS Františkovy Lázně, lesní typ 4K1), 11130 (LS Přimda, lesní typ 5K3) a 11144 (město Tachov, lesní typ 4K3) vysoké až potenciálně toxické úrovně. Obsahy železa a boru jsou velmi nízké až nízké. Úroveň výživy sírou je na vysoké úrovni v celém šetřeném souboru. Obsahy těžkých kovů (Cd, Cr, Pb) jsou nízké, zinek je na střední úrovni.

3.2.4. Buk lesní

Šetření stavu výživy buku lesního bylo provedeno na 21 lokalitách. Úroveň výživy dusíkem je na vysoké úrovni. Nízké až nedostatečné jsou obsahy fosforu. Na nízké úrovni jsou rovněž obsahy draslíku. Na 14 lokalitách je úroveň výživy draslíkem vyhovující až vysoká. Nízká úroveň je především v přestárlých porostech a na stanovištích ovlivněných vodou. Nízká je rovněž úroveň výživy vápníkem. Výživa hořčíkem je na vyhovující úrovni. Na území LS Domažlice a Městských lesů Domažlice jsou obsahy hořčíku nízké.

Trend zvyšování úrovně výživy dusíkem za současného snižování fosforu u listnatých dřevin ve střední Evropě popisuje (JONARD ET AL., 2015). Příčinou je hnojivý efekt koncentrací CO_2 ve vzduchu i vyšší dusíková depozice. Zvyšující se růst stromů vyžaduje vyšší spotřebu ostatních živin.

3.2.5. Model bilance půdní zásoby a odběru ročním přírůstkem jehlic smrku

Tab. 20: Model bilance půdní zásoby a odběru ročním přírůstkem jehlic smrku

Kompartiment (rostlinný orgán, půdní horizont)	Obsah extrahovatelný (mg.kg ⁻¹)	Přístupné živiny (mg.kg ⁻¹)	Plocha (m ²)	Mocnost (m)	Měrná hmotnost (kg.m ⁻³)	Redukce podle skeletovitosti	Množství listové hmoty (kg.ha ⁻¹)	Zakmenění	Množství zeminy (kg.ha ⁻¹)	Hmotnost (mg.ha ⁻¹)	Celkové množství živiny (kg.ha ⁻¹)	Přístupné množství živiny (kg.ha ⁻¹)
Dusík												
jehl	14300						2900	0,86		35664200	35,7	
humus	12200								106500	1299300000	1299,3	
Ah	2200		10000	0,15	2200	0,55			1815000		3993,0	
B	1100		10000	0,25	2200	0,45			2475000		2722,5	
A+B											8014,8	
Fosfor												
jehl	1495						2900	0,86		3728530	3,7	
humus	697								10160	7081520	7,1	
Ah	59	2	10000	0,15	2200	0,55			1815000		107,1	3,6
B	45	2	10000	0,25	2200	0,45			2475000		111,4	5,0
A+B											218,5	8,6
Vápník												
jehl	3150						2900	0,86		7856100	7,9	
humus	1120								10160	11379200	11,4	
Ah	68	39	10000	0,15	2200	0,55			1815000		123,4	70,8
B	82	25	10000	0,2	2200	0,45			1980000		162,4	49,5
A+B											285,8	120,3
Draslík												
jehl	6330						2900	0,86		15787020	15,8	
humus	1250								10160	12700000	12,7	
Ah	186	58	10000	0,15	2200	0,55			1815000		337,6	105,3
B	159	36	10000	0,2	2200	0,45			1980000		314,8	71,3
A+B											652,4	176,6
Hořčík												
jehl	819						2900	0,86		2042586	2,0	
humus	1090								10160	11074400	11,1	
Ah	877	35	10000	0,15	2200	0,55			1815000		1591,8	63,5
B	975	20	10000	0,2	2200	0,45			1980000		1930,5	39,6
A+B											3522,3	103,1

Roční spotřeba dusíku jehlicemi činí asi 36 kg.ha⁻¹. To odpovídá nízkému podílu celkové zásoby v půdním profilu. Zásoba dusíku v nadložním organickém horizontu je 36x vyšší než roční spotřeba.

Zásoba přístupného fosforu v půdním profilu je dvojnásobkem roční spotřeby jehlic běžného roku. Zásoby přístupného vápníku a draslíku jsou v půdním profilu 8x vyšší než činí spotřeba těchto živin na tvorbu jehlic běžného roku, přestože jsou jejich půdní obsahy klasifikovány jako nízké. Úroveň výživy vápníkem je na velmi nízké úrovni a u draslíku je

nízká úroveň na 36 % stanovišť. Rovněž přístupná zásoba hořčíku, převyšuje jeho roční spotřebu, i když jsou jeho obsahy v jehlicích na nedostatečné úrovni.

Spotřeba živin na tvorbu jehlic běžného roku zdaleka nevystihuje příjem a uložení v pletivech celých kmenů, nicméně z uvedeného lze usuzovat na zhoršený příjem živin kořeny stromů. Zhoršenému příjmu odpovídá i silně kyselé prostředí a vysoký obsah extrahovatelného hliníku.

Uvedená bilance porovnává přístupné obsahy v nadložním organickém horizontu a v horní části půdních horizontů do 40 cm. Nenahrazuje běžně používaná kritéria pro obsahy prvků v půdě, ale dává představu o koloběhu živin v lesním ekosystému s využitím vlastního měření. Informačně nejslabší je zřejmě odhad příjmu živin za rok na ploše 1 ha. Zde je vhodné uvážit hodnoty publikované REICHLEM (1981). Ten udává roční příjem zjištěný na IBP místech pro jehličnatý les mírného pásma následovně: N- 47,4 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, K – 32,6 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, Ca – 44,6 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, P – 5,6 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, Mg – 7,1 kg.ha⁻¹.rok⁻¹.

Tab. 21: Akumulace živin v jehličnatém lese a v jehlicích běžného roku kg.ha⁻¹.rok⁻¹.

	N	K	Ca	P	Mg
celková akumulace (IBP)	47,4	32,6	44,6	5,6	7,1
akumulace v jehlicích PLO č. 11	30,4	15,8	7,9	3,7	2,0
(%) obsahu v jehlicích z celkové akumulace	63	48	18	67	28
přístupné živiny v kg.ha ⁻¹	123,6	84,2	6,0	72,2	

Hodnotíme-li vypočítané obsahy podle hodnot akumulace zjištěné REICHLEM (1981) vidíme, že akumulace draslíku činí asi jednu čtvrtinu z celkové zásoby přístupných živin, u vápníku je to jedna polovina a u hořčíku jedna desetina. Pozoruhodná je nízká zásoba přístupného fosforu v půdním prostředí, jehož akumulace představuje takřka celou půdní zásobu přístupného fosforu. Fosfor, který je uvolňován především z organického materiálu mikrobiální činností může být při nedostatku limitujícím prvkem ve výživě na těchto stanovištích.



4. Vývoj vybraných parametrů v letech 2001 – 2015

Do souboru popisujícího vývoj vybraných půdních vlastností jsou zařazeny statistické údaje z 53 odběrných míst. Na 43 proběhlo vzorkování v roce 2001 a 2015, na 10-ti pak v roce 2004 a v roce 2015. K porovnání vývoje obsahu prvků v jehlicích smrku bylo opakovaně vzorkováno 41 porostů z toho 35 z roku 2001 a 6 z roku 2004. Vzhledem ke krátkému intervalu 2001 – 2004 a stejným vzorkovacím i laboratorním metodám a považujeme získané údaje za významově celistvé a vhodné pro srovnávání se stavem v roce 2015. Změny jsou hodnoceny statistickým programem „Statistica“ a pro zvýšení informace jsou hodnotové posuny vyjádřeny graficky metodou prostorového krigingu.

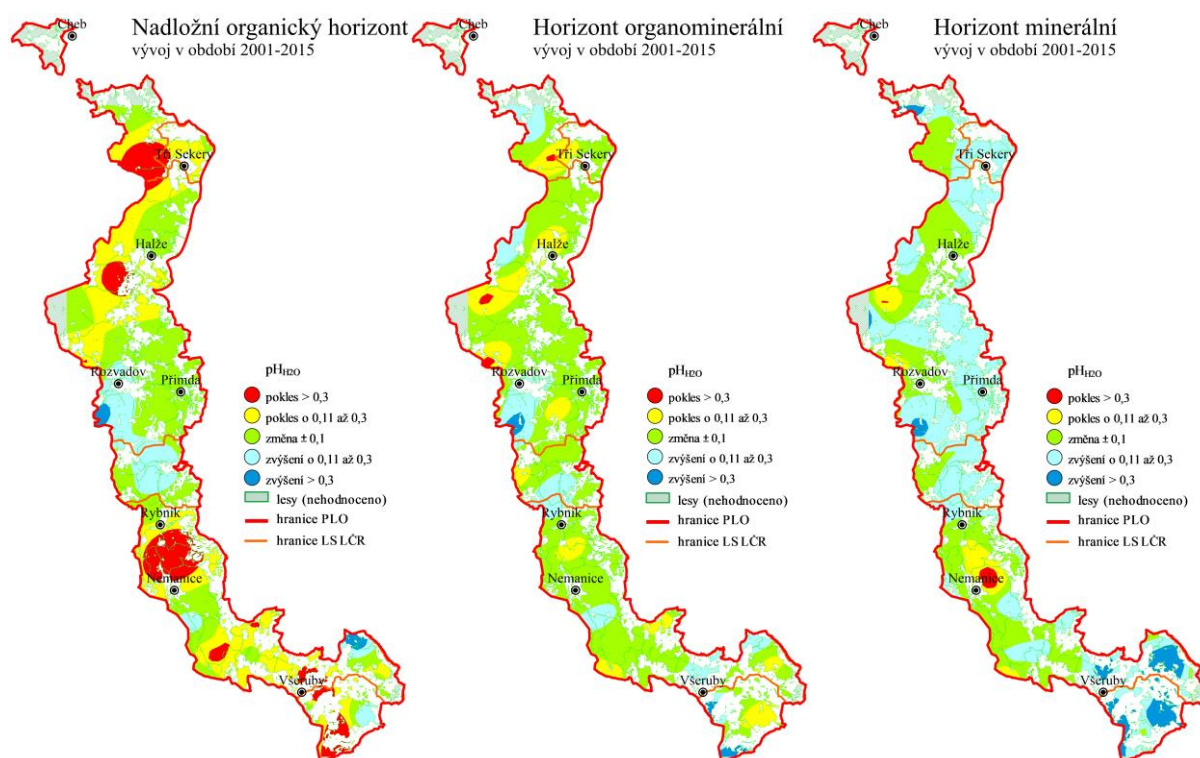
4.1. Půda

V nadložním organickém horizontu se snížila hodnota **chemické půdní reakce aktivní**. Pokles hodnoty pH_{H_2O} , jako výraz okyselování, je zaznamenán na celém území PLO. V organominerálním horizontu jsou celkové hodnoty půdní reakce výměnné a v minerálním výměnné i aktivní významně zvýšeny. Nicméně i v minerálních částech profilů je na částech území zaznamenán pokles půdní reakce aktivní, územně související s poklesem v nadložním humusovém horizontu, a to především v severní části na území LS Přímdu a v jižní na území LS Domažlice (obr. 21).

Tab. 22: Srovnání výsledků z let (2001+2004) a 2015 v půdních horizontech

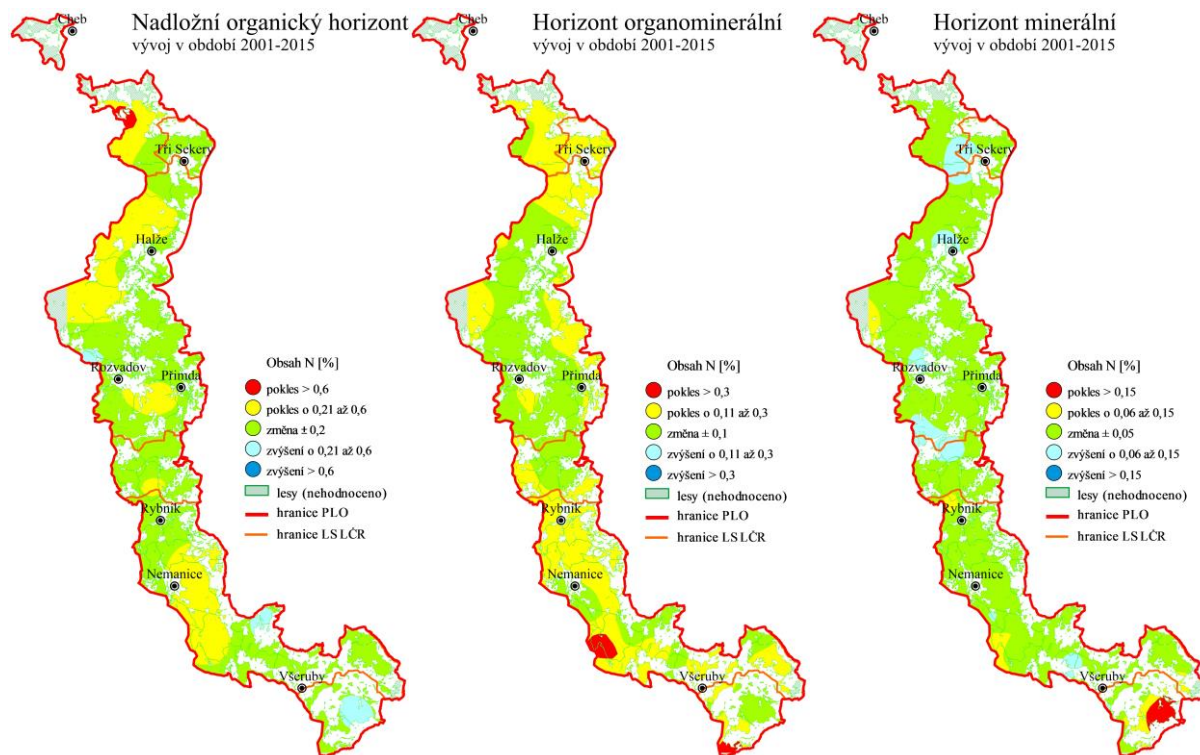
	Průměrný rozdíl 2015-(2001+2004)		
	Nadložní organický horizont	Organominerální horizont	Minerální horizont
pH_{CaCl_2}	-0,05	0,20*	0,13*
pH_{H_2O}	-0,11*	0,02	0,13*
Vým. acid. [mekv./kg]		69,6*	40,1*
N [%]	-0,16*	-0,12*	0,00
P_{MIII} [mg/kg]		-2,04	0,09
K_{MIII} [mg/kg]		-19,1*	-11,8*
Ca_{MIII} [mg/kg]		-38,6*	-17,3
Mg_{MIII} [mg/kg]		-4,40	-0,66
P_{dus} [mg/kg]	-57,1*	-33,6	-19,6
K_{dus} [mg/kg]	214*	-133*	-112*
Mg_{dus} [mg/kg]	389*	373*	312*
Ca_{dus} [mg/kg]	-1138*	-147*	-84,2
Al_{dus} [mg/kg]	3733*	1157*	651*
Cr_{dus} [mg/kg]	3,74*	0,10	-0,98
Cu_{dus} [mg/kg]	-4,43*	-0,53	0,03
Fe_{dus} [mg/kg]	2675*	902*	-507
Mn_{dus} [mg/kg]	-149*	42,8	76,5
Pb_{dus} [mg/kg]	-17,5*	-13,6*	-4,78*
Zn_{dus} [mg/kg]	-6,69*	1,12	-0,06

* statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)



Obr. 21: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje hodnoty pH_{H2O} v půdních horizontech

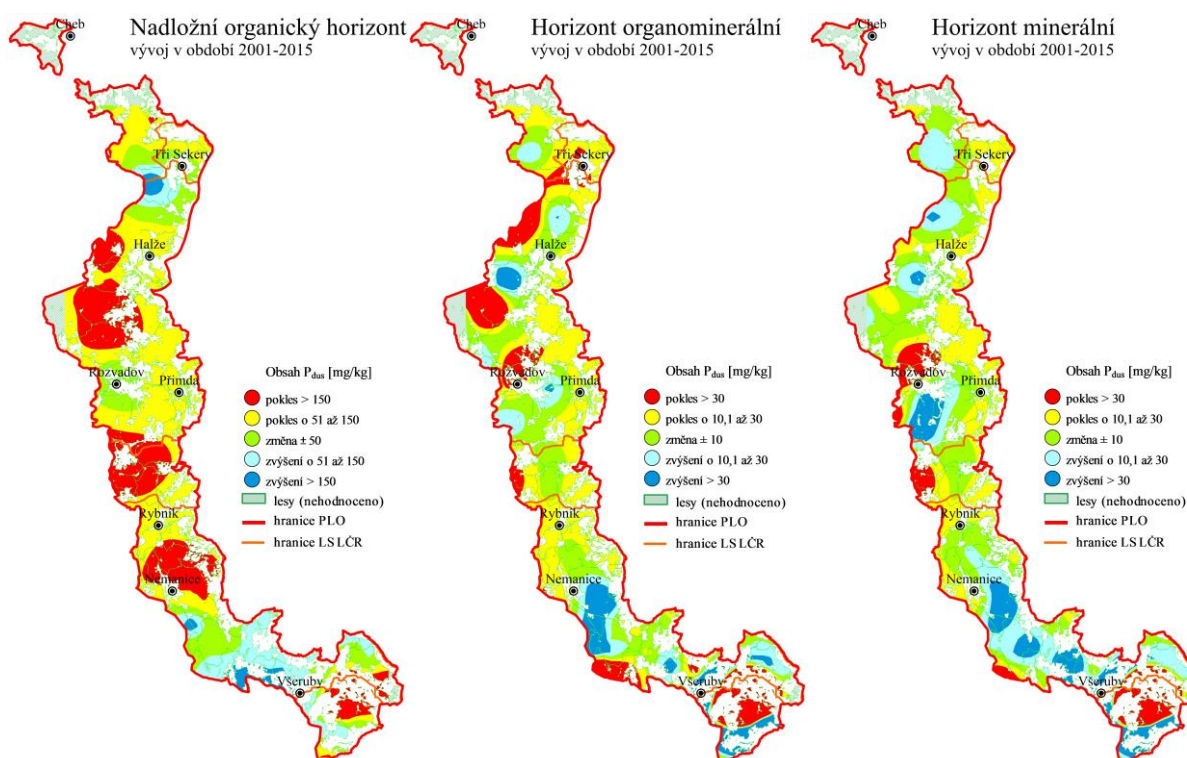
Celková hodnota obsahu **dusíku** se v nadložním organickém a organominerálním horizontu významně snížila. V horizontu minerálním je nezměněna. Snížení je na úrovni 0,21 – 0,6 % a více v nadložním organickém a o 0,11 až 0,3 % a více v organominerálním horizontu. Zvýšení je zjištěno pouze výjimečně (obr. 22).



Obr. 22: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu dusíku v půdních horizontech

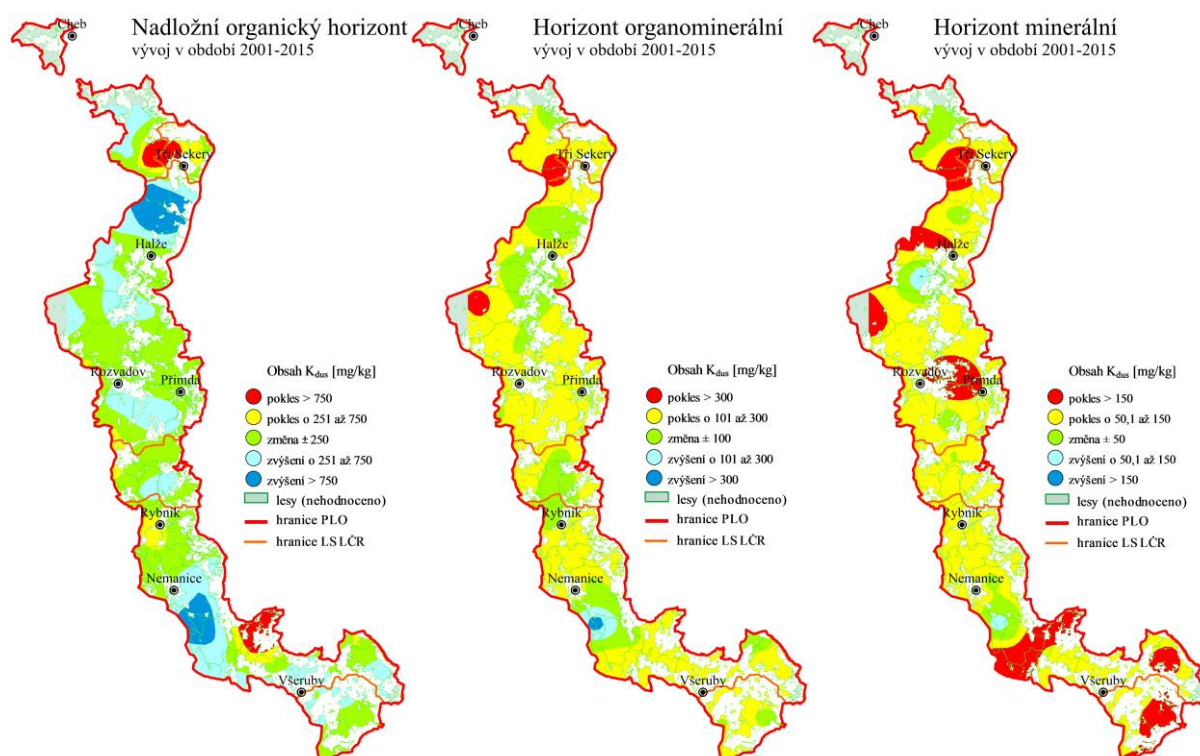
Vyloučíme-li možné rozdíly způsobené vzorkováním, transportem a skladováním vzorků a vezmeme-li v úvahu, že snížení proběhlo nejintenzivněji ve vyšších polohách na chudších stanovištích, můžeme přijat hypotézu JONARDOVU (JONARD ET AL., 2015) o zvýšení dodávky živin vyšší účinností jejich příjmu. Tedy např. vyšší mírou mineralizace a tedy vyšší spotřebou dusíku. Depozice dusíku podle údajů o celkové roční mokré depozici dusíku (Tab. 9) se významně nezměnila. Intenzivnější mineralizaci napovídá i vysoký obsah uhlíku mikrobiální biomasy, vysoká bazální respirace a substrátem indukovaná respirace ve fermentačním horizontu, zjištěná ve smrkovém porostu ve zmiňovaných lokalitách. (Tab. 18).

Obsahy extrahovatelného **fosforu** na celém území průměrně klesly o 57 mg.kg^{-1} v nadložním organickém horizontu. V minerálních horizontech není snížení významné. Rovněž obsahy přístupného fosforu se významně nesnížily. Nejvyšší snížení je ve střední hřebenové části území. Lokální zvýšení bylo zaznamenáno v jižní části PLO na území mezi Nemanicemi a Vseruby (obr. 23). Toto zvýšení může být způsobeno vyšším zastoupením odběrů na horninách s vyšším obsahem fosforu a intenzivnějším koloběhem živin na bohatších stanovištích. V příhraničních územích především v severní části PLO je zaznamenán trend snižování.



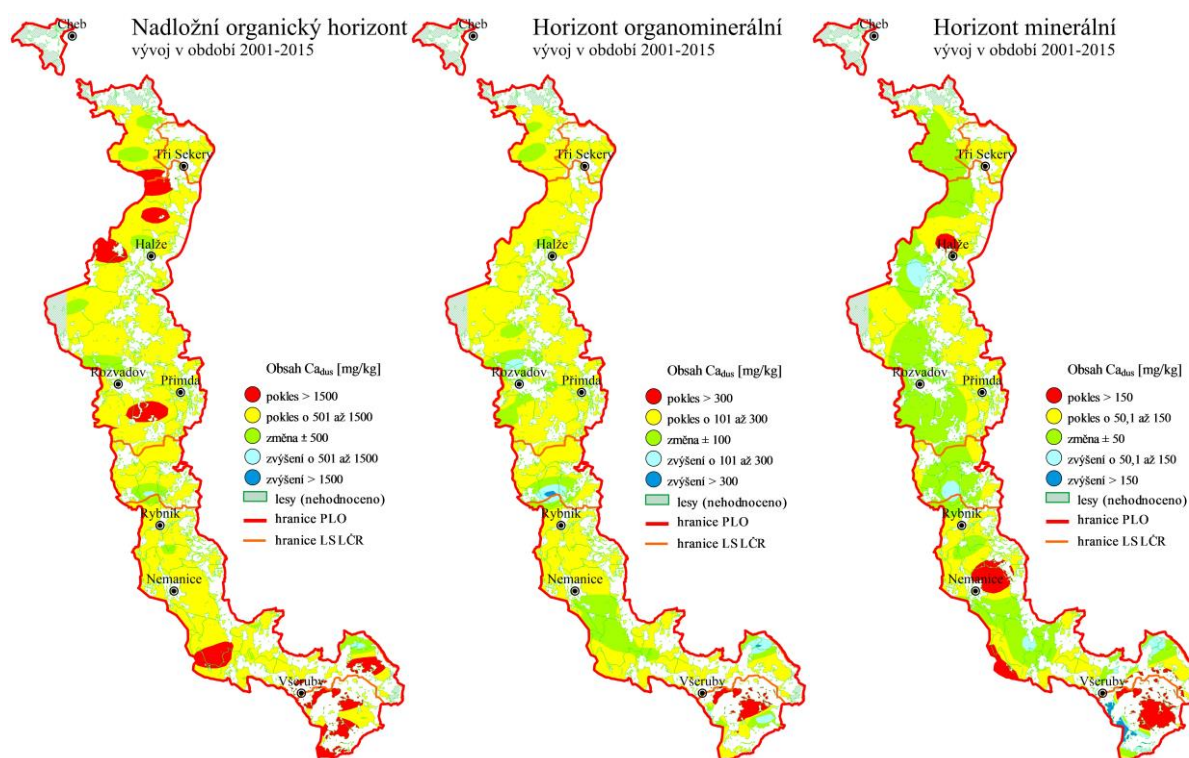
Obr. 23: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu extrahovatelného fosforu (P_{dus}) v půdních horizontech

Extrahovatelné obsahy **draslíku** se v nadložním organickém horizontu významně zvýšily a to průměrně o 214 mg.kg^{-1} . Toto zvýšení je patrné na celé ploše PLO s výjimkami v severní části u obce Tři Sekery a v jižní části na majetku LČR LS Domažlice. V organominerálním a minerálním horizontu je situace opačná. Obsahy extrahovatelného i přístupného draslíku se významně snížily.



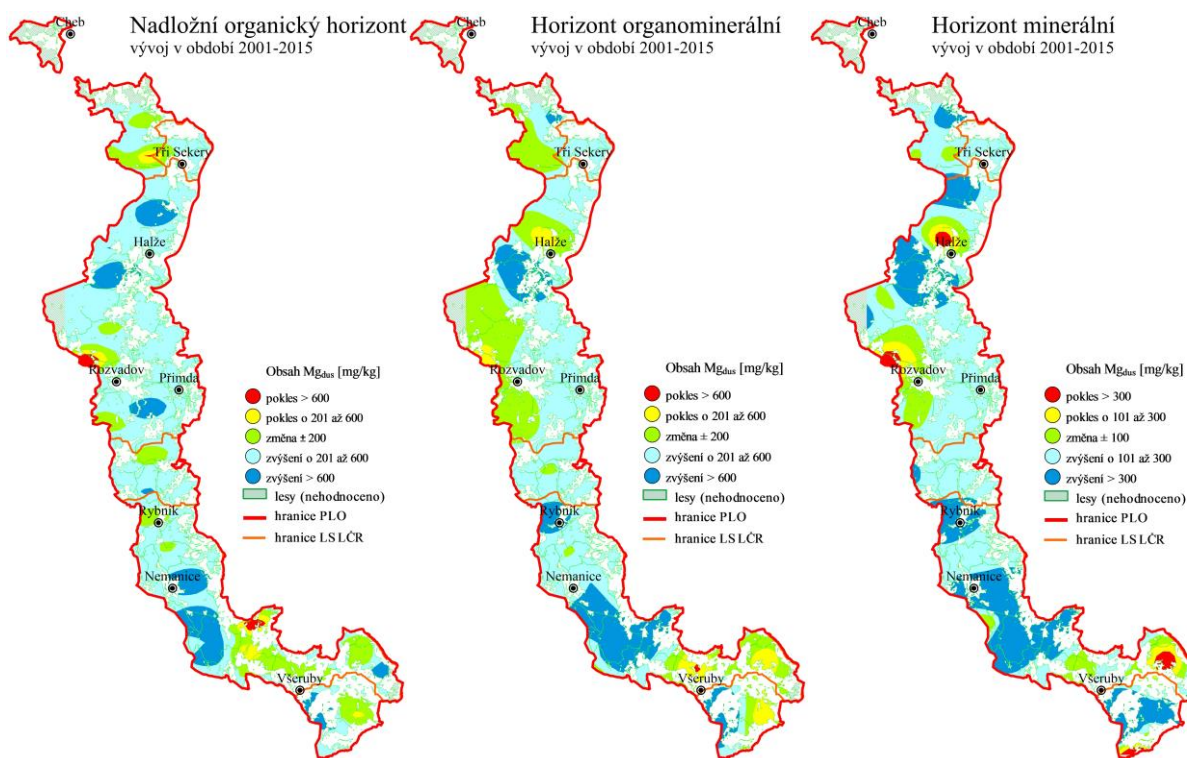
Obr. 24: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu extrahovatelného draslíku (K_{dus}) v půdních horizontech

Nejvyšší úbytek obsahu je zaznamenán u **vápničku**. Jeho extrahovatelná forma se snížila o 1138 mg.kg^{-1} v nadložním organickém horizontu a o 147 mg.kg^{-1} v organominerálním horizontu a přístupná forma o 39 mg.kg^{-1} také v organominerálním horizontu. Tato snížení jsou s výjimkami patrná na celé ploše území.



Obr. 25: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu extrahovatelného vápníku (Ca_{dus}) v půdních horizontech

Překvapivě bylo zjištěno významné zvýšení obsahu extrahovatelného **hořčíku** v nadložním a v organominerálním horizontu. Toto zvýšení je 389 mg.kg^{-1} a 373 mg.kg^{-1} v těchto horizontech. Pokles je zaznamenán západně od Tří Seker, severně od Halže, SZ od Rozvadova a u Domažlic.



Obr. 26: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu extrahovatelného hořčíku (Mg_{dus}) v půdních horizontech

Obsahy **hliníku** se významně zvýšily v celém půdním profilu zejména na území LČR LS Prácheň a Domažlice, obsahy **železa** v nadložním organickém a organominerálním horizontu také na území těchto dvou lesních správ.

Obsah extrahovatelného **manganu** se významně snížil v nadložním organickém horizontu. Obsahy těžkých kovů **mědi**, **olova** a **zinku** se v nadložním organickém horizontu významně snížily. Toto snížení se týká celého území s výjimkou jižní části, kde je trend opačný. U olova je významné snížení zaznamenáno i v organominerálním horizontu. V organominerálním horizontu bylo zjištěno mírné znečištění mědi, chromem a zinkem na území LS Domažlice, ML Domažlice.

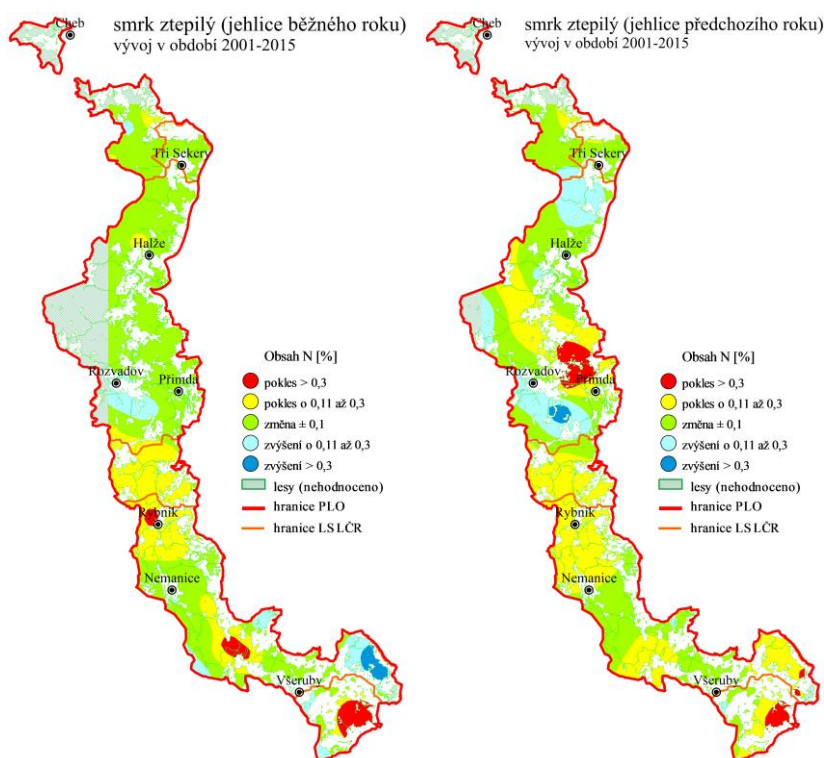
4.2. Smrk ztepilý (jehlice)

Průměrný obsah dusíku u smrku ztepilého v jehlicích běžného i předchozího roku se ve sledovaném období nezměnil. Střední hodnota obsahu dusíku se v roce 2015 pohybuje na hranici optimální výživy (KUNEŠ ET AL., 2011). Zjištění o stálosti koncentrace N odpovídá zjištění BAUERA (BAUER ET AL., 1997), který popisuje změny obsahů (koncentrace x množství sušiny) živin v pletivech asimilačních orgánů v průběhu vegetační sezóny. Obsahy se podle tohoto mění, ale díky změnám ve velikosti jehlic. Od roku 2001 došlo k poklesu obsahu dusíku v jehlicích zejména na území LČR LS Prácheň a Klatovy (obr. 27).

Tab. 23: Srovnání výsledků z let (2001+2004) a 2015 v jehlicích smrku ztepilého

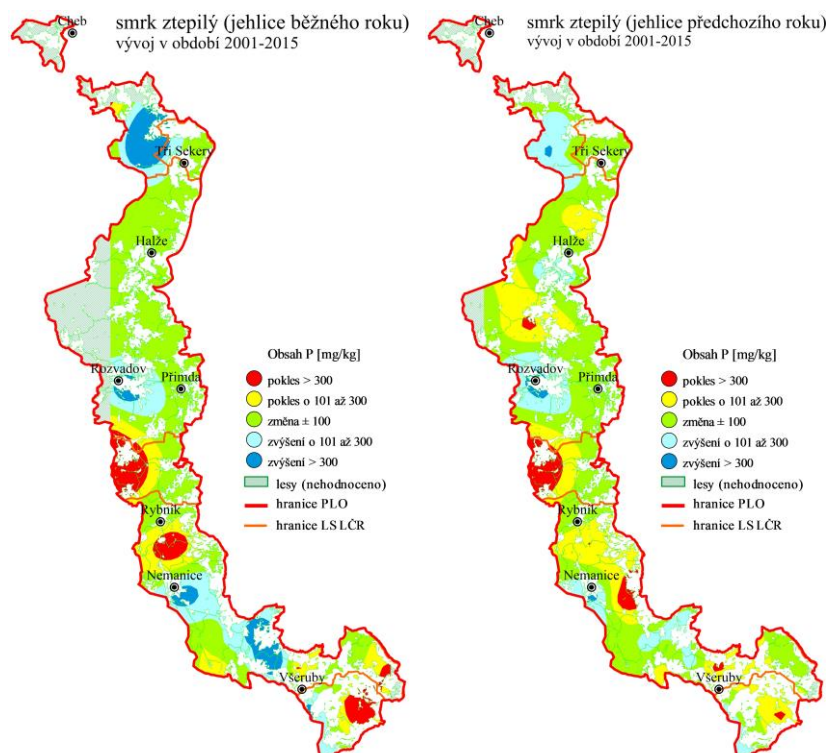
	Průměrný rozdíl 2015-(2001+2004)	
	jehlice běžného roku	jehlice předchozího roku
Al [mg/kg]	-41,2*	-41,4*
B [mg/kg]	-2,88*	-3,79*
Ca [mg/kg]	63,4	531
Cd [mg/kg]	-0,03*	-0,03*
Cr [mg/kg]	-0,26*	-0,48*
Cu [mg/kg]	-0,43*	0,21
Fe [mg/kg]	-17,2*	-16,3*
K [mg/kg]	-403	-553*
Mg [mg/kg]	56,6	24,8
N [%]	-0,04	-0,05
P [mg/kg]	53,0	-17,7
Pb [mg/kg]	-0,30*	-0,19*
S [mg/kg]	-126*	-202*
Zn [mg/kg]	-3,94*	-2,71

* statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)



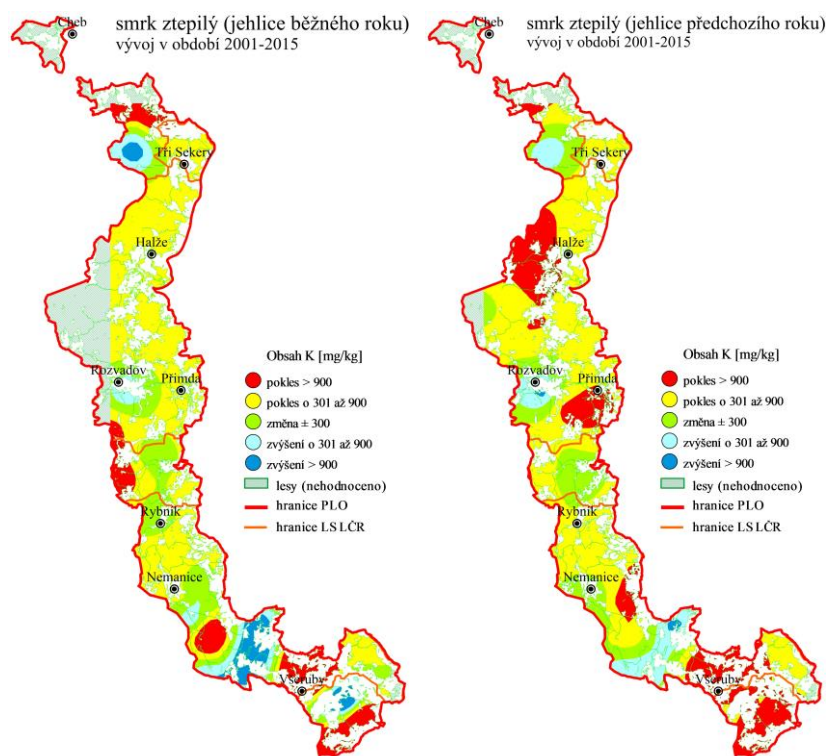
Obr. 27: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu dusíku v jehlicích smrku ztepilého

Hodnocením úrovně výživy smrku fosforem v celé oblasti nebyla zaznamenána významná změna. Lokálně je snížení zjištěno na území LS Horšovský Týn, Domažlice a Klatovy (obr. 28).



Obr. 28: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu fosforu v jehlicích smrku ztepilého

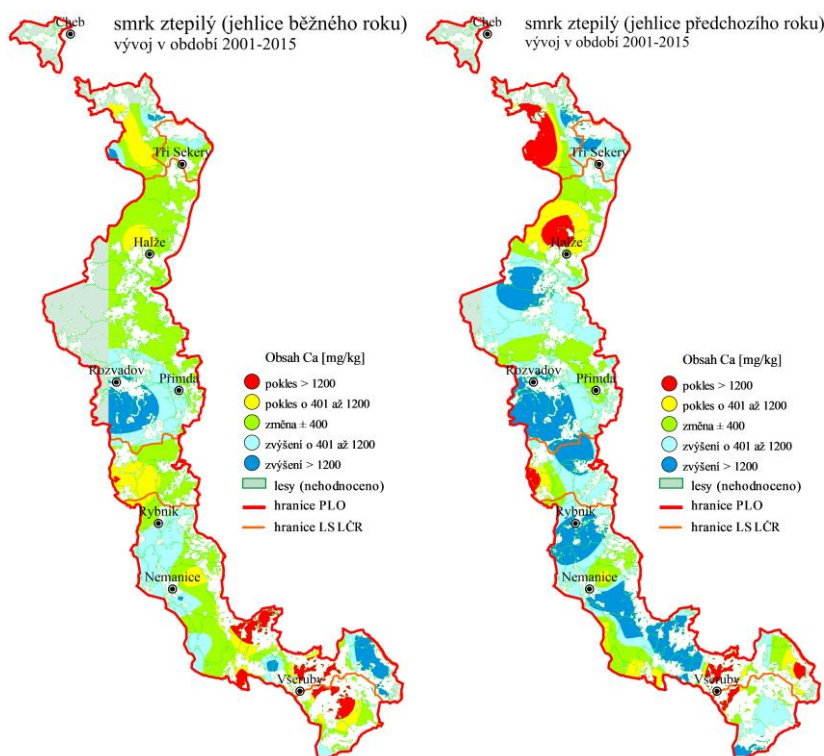
Při celkovém hodnocení úrovně výživy smrku draslíkem nebyla v jehlicích běžného roku zaznamenána významná změna. Ta nastala v jehlicích předchozího roku, kde se koncentrace K významně snižuje. Do tohoto snížení se patrně promítá retlanslokace ze starších do mladších jehlic.



Obr. 29: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu draslíku v jehlicích smrku ztepilého

Vezmeme-li v úvahu kritérium poměru mediánových koncentrací N/K (které ve dvouletých jehlicích činí 3,1), nejedná se zatím o kritický stav vzhledem k náchylnosti k houbovým parazitům (FLÜCKINGER AND BRAUN, 2003). Nicméně snižování obsahu draslíku v ekosystému a jeho blokace v nadložním organickém horizontu napovídají poruše v koloběhu draslíku. Lokálně je nejvyšší snížení zjištěno na území LS Přimda, LS Domažlice a Klatovy.

Při celkovém hodnocení úrovně výživy smrku vápníkem nebyla zaznamenána významná změna. Lokálně je snížení zjištěno na území Městských lesů Domažlice, LS Klatovy, Přimda, Františkovy lázně a obecních lesů (obr. 30).

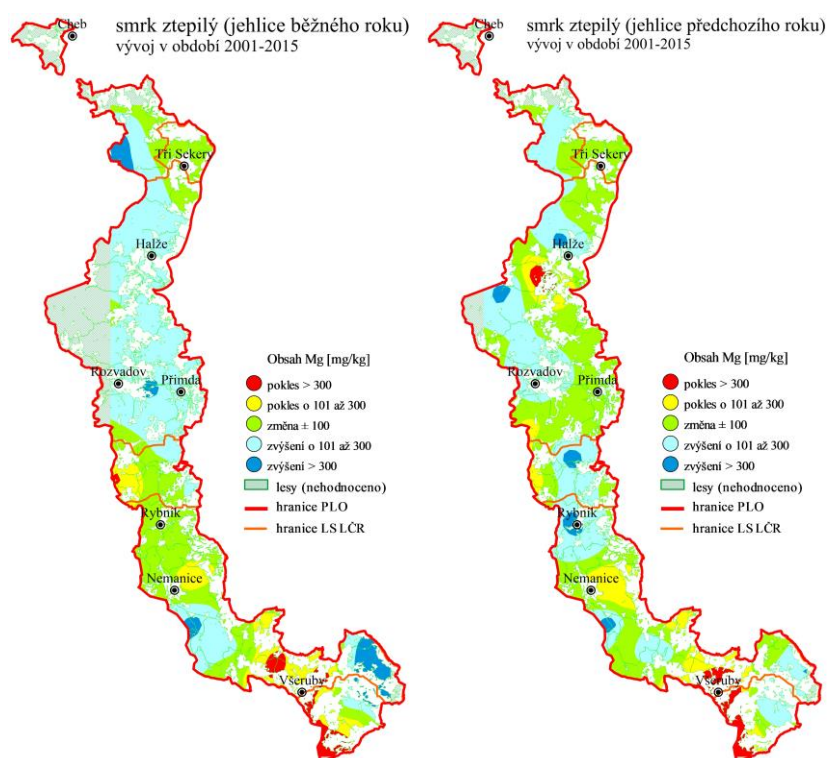


Obr. 30: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu vápníku v jehlicích smrku ztepilého

Významné změny ve výživě smrku hořčíkem nebyly zjištěny. Lokální úbytek obsahu hořčíku je zjištěn v jižní části oblasti (obr. 31).

V celkovém hodnocení vývoje chemizmu smrkových jehlic v PLO je zjištěn významný úbytek **boru** a to v různé míře na celém území PLO. V jehlicích smrku je také zaznamenán významný pokles obsahu **hliníku** a **železa** rovněž na celé ploše území.

Hodnocením vývoje analýz asimilačních pletiv smrku je zjištěno významné snížení obsahů **kadmia**, **chromu** a **olova** v jehlicích běžného i předchozího roku a **zinku** a **mědi** v jehlicích běžného roku. Tyto změny zřejmě souvisí se sníženými atmosférickými spady těchto prvků.



Obr. 31: Krigingové mapy prostorového rozdělení vývoje obsahu hořčíku v jehlicích smrku ztepilého

5. Návrh ozdravných opatření

Podle výsledků průzkumu se jeví jako zásadní kyselost půdního prostředí, stabilizace dusíku v nadložním organickém horizontu, nízké sycení sorpčního komplexu bazickými kationty a vedle hraničních hodnot makroživin - draslíku a vápníku také nedostatek a pokračující snižování úrovně výživy borem a železem.

Meliorační opatření lze rozdělit za prvé na zásah do ekosystému lesa – tedy celoplošné vápnění, případně hnojení leteckou aplikací a za druhé na hnojení při obnově lesa a přihnojování sazenic zajišťovaných kultur.

Pro zvýšení rozkladu surového humusu cestou aktivace mikrobiální činnosti je vhodná úprava chemické půdní reakce vápněním lesa. Toto se provádí letecky, osvědčeným materiálem je dolomitický vápenec, který obsahuje vedle vápníku i dostatečné množství hořčíku. Lokality s půdními vlastnostmi vyžadujícími vápnění lesa jsou podle výsledků průzkumu hřebenové partie především na území LČR LS Přimda a LS Domažlice.

Při leteckém hnojení lesních porostů jsou vhodnými prostředky roztoky požadovaných živin v dávce stanovené podle zjištěné aktuální úrovně nedostatkových živin.

Při zakládání kultur jsou vhodná hnojiva pomalu uvolňující požadované živiny, které vhodnou aplikací zajišťují požadovaný rozvoj kořenů pro zdárné dokončení obnovy cílovou dřevinou. Při výsadbě je třeba dbát na dobré promísení materiálu s minerální půdou i humusem v sadbové jamce (např. při aplikaci dolomitického vápence do jamek). Při hnojení fosforem doporučujeme typ s přidavkem boru, který se jeví jako nedostatkový prvek.

Případné přihnojování založených kultur se provádí při příznacích deficitu biogenních prvků. Je třeba zajistit co nejsnazší přístup uvolněných živin ke kořenům prvků, při manuální aplikaci hnojiv v pevném či tekutém stavu.

Podkladem pro hnojení jsou výsledky podrobného půdoznaleckého průzkumu zájmové lokality. Tato zpráva obsahuje celkové vyhodnocení pro PLO. K jednotlivým odběrným místům jsou vyhotoveny protokoly výsledků chemických analýz. Tyto informace jsou platné pro reprezentativní část území, případně typ stanoviště a lze je využít k posouzení stavu v tomto území. Informací a podkladem pro rozhodování o vápnění jsou mapy znázorňující prostorové rozložení obsahů prvků.

6. Závěr

Území PLO č. 11: Český les je ovlivněno vysokými koncentracemi oxidu uhličitého v atmosféře a stále vysokými spady dusíku v Evropě. Ty vyvolávají intenzivnější růst dřevin a s tím související vyčerpávání makroživin a snižování jejich obsahů v půdě. Spolu s kyselými atmosférickými vstupy a nízkou odolností horninového podloží vytváří podmínky pro acidifikaci půdního prostředí a následné chřadnutí lesa zejména v nejvyšších polohách. Živiny jsou zde hlavním činitelem ovlivňujícím lesní ekosystémy. Významné výskyty těžkých kovů ani trend jejich zvyšování nebyl v PLO zaznamenán.

Z hodnocení úrovně výživy smrku, borovice i buku vyplývá hlavní postavení dusíku jako živiny určující růst dřevin i chod celého ekosystému. Fosfor je u jehličnanů na dobré úrovni výživy, u buku je v nedostatku a jeví se zde jako možná růst limitující živina. Nízká půdní zásoba fosforu a jeho možný rozhodující vliv na další vývoj ekosystémů vyplývá i z výše uvedené bilance prvků, která ukazuje na nízkou zásobu přístupného fosforu v půdě vzhledem ke spotřebě jehlicemi běžného roku. Ostatní živiny jsou na nízké úrovni s předpokladem zhoršujícího se stavu dalším vyčerpáváním zásob z půdního prostředí. Železo a bor jsou na nízké úrovni výživy, mohou být příčinou růstových poruch a nekrotických příznaků na jehlicích a listech.

Studiem vývoje v letech 2001 – 2015 bylo zjištěno okyselování nadložního organického horizontu a zároveň snížení výměnné kyselosti v horizontech minerálních tedy v kořenovém prostoru. Zvýšení odběru dusíku odpovídá snižování jeho koncentrace v půdním prostředí. Studium vývoje přineslo informace o stabilním stavu makroživin v úrovni výživy a snižování jejich koncentrací v minerální části půdních profilů.

Průzkum výživy lesa potvrdil v Evropských podmínkách všeobecně probíhající trend intenzivnějšího vyčerpávání esenciálních živin v podmínkách s vyšší koncentrací oxidu uhličitého a oxidů dusíku v atmosféře. Současný stav půdního prostředí v PLO Český les je pravděpodobně hlavní příčinou příznaků „nového poškození lesa“ především v exponovaných lokalitách.

7. Použitá literatura

- ANDRŠT I., 1992. Žloutnoucí smrk na Lesním závodě Přimda, Lesnická práce 4, str. 113 – 116.
- BAUER G., SCHULZE E.-D. AND MUND M., 1997. Nutrient contents and concentrations in relation to growth of *Picea abies* and *Fagus sylvatica* along a European transect, Tree Physiology 17, p. 777 – 786.
- ČHMÚ, 2007. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2007, 242 s.
- ČURLÍK J., 2011. Potencionálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v pôdach Slovenska, Prírodovedecká fakulta University Komenského v Bratislave, 462 s.
- DE VRIES W., REINDS G. J., VAN DOBBEN H., DE ZWART D., AAMLID D., NEVILLE P., POSCH M., AUÉE J. C. H., VOOGD E. M., 2002. Intensif monitoring of forest ecosystems in Europa. Technical Report Brussels, Geneva, EC, UN/ECE. 175 s. (in HADAŠ ET BUCHTA, 2009).
- FIALA P. ET AL., 2013. Průzkum výživy lesa v České republice 1996 – 2011, ÚKZÚZ, Brno, 148 s.
- FIALA P. ET AL., 2015. Vybrané mikrobiologické vlastnosti lesních půd pod bukem a smrkem, Zprávy lesnického výzkumu, 60, 4, s. 287 – 297.
- FLUCKINGER W., BRAUN S., 2003. Additional documents-Working Group Presentations, <http://www.iap.ch/publicationen/proceedings-cln-2003,p273-280.pdf>
- GRUNDA B., 1995. Objemová hmotnost půdy v půdní mikrobiologii. Lesnictví – Forestry, 41, (1): s. 38-41.
- HADAŠ P., BUCHTA I., 2009. Vývoj potencionálních podkorunových depozičních toků síry, dusíku a iontů vodíku na území PLO Krušné hory v letech 2002 – 2005. Zprávy lesnického výzkumu, 54, s. 14 – 30.
- JONARD W. ET AL., 2015. Tree mineral nutrition is deteriorating in Europe, Global Change Biology, 21, 418 – 430 p.
- KABATA-PENDIAS A., 2011. Trace Elements in Soils and Plants. 4th edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 505 p.
- LEGRAND P., 2003. Carence en bore de jeunes plantations de Cèdre de LÁtlas dans les Massif Central, Revue Forestière Française. LV. 2. 2003, p.123 – 128.
- MELLERT K. H., GÖTTLEIN A., 2012. Comparison of new foliar nutrient thresholds derived from van den Burg's literature compilation with established central European references, European Journal Forest Resources, 131. p. 1461 – 1472.
- REICHLE D.E., 1981. Dynamic properties of forest ecosystems, Cambridge University Press, p. 409.

ROTTER P. ET AL., 2013. Rizikové prvky v lesních půdách: review, Zprávy lesnického výzkumu, 58, 1, s. 17 – 26.

SLODIČÁK ET AL., 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách, VÚLHM, Jíloviště-Strnady, 232 s.

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

UHLÍŘOVÁ H., HEJDOVÁ J., 1999. Těžké kovy v lesních ekosystémech České republiky, Zprávy lesnického výzkumu, 44, str. 1 – 10.