

**Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský**  
**Oddělení půdy a lesnictví**

Central Institute for Supervising  
and Testing in Agriculture  
ISO 9001 certified



**Výsledky průzkumu stavu výživy lesa v přírodní lesní  
oblasti č. 27: Hrubý Jeseník**

dle specifikace činností spojených s řešením úkolů, které pro MZe – úsek lesního hospodářství provádí ÚKZÚZ  
Brno Č.j.: 34098/2017-MZE-16212

**Závěrečná zpráva**

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

## Obsah

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ÚVOD A METODIKA.....</b>                                                  | <b>4</b>  |
| 1.1. Účel průzkumu .....                                                        | 4         |
| 1.2. Použité zkratky .....                                                      | 4         |
| 1.3. Vzorkování.....                                                            | 5         |
| 1.3.1. Metody chemických analýz lesních půd .....                               | 5         |
| 1.3.2. Metody chemických analýz rostlinných pletiv .....                        | 5         |
| 1.4. Statistické zpracování.....                                                | 5         |
| <b>2. POPIS OBLASTI .....</b>                                                   | <b>6</b>  |
| 2.1. Poměry geologické .....                                                    | 6         |
| 2.2. Údaje lesnické typologie .....                                             | 6         |
| 2.3. Imisní zatížení a atmosférické spady.....                                  | 7         |
| <b>3. VYHODNOCENÍ CHEMICKÝCH ANALÝZ – VÝSLEDKY A DISKUZE</b>                    | <b>9</b>  |
| 3.1. Půdní prostředí .....                                                      | 9         |
| 3.2. Chemismus asimilačních orgánů.....                                         | 12        |
| 3.2.1. Chemismus asimilačních orgánů smrku ztepilého .....                      | 12        |
| 3.2.2. Hodnocení poměrů živin ve výživě smrku.....                              | 13        |
| 3.2.3. Model bilance půdní zásoby a odběru ročním přírůstkem jehlic smrku ..... | 14        |
| 3.2.4. Chemismus asimilačních orgánů buku lesního.....                          | 15        |
| 3.3. Změny zjišťovaných charakteristik v letech 2007 a 2017.....                | 16        |
| 3.4. Mikrobiologická šetření .....                                              | 17        |
| <b>4. ZÁVĚR.....</b>                                                            | <b>19</b> |
| <b>5. POUŽITÁ LITERATURA .....</b>                                              | <b>20</b> |
| <b>6. PŘÍLOHY .....</b>                                                         | <b>21</b> |
| Příloha 1: Seznam odběrných míst .....                                          | 21        |
| Příloha 2: Statistické zhodnocení údajů z chemických analýz .....               | 23        |
| 2a) Nadložní organický horizont (O) .....                                       | 23        |
| 2b) Organominerální (A) a minerální (B) horizont .....                          | 24        |
| 2c) chemismus asimilačních orgánů smrk ztepilý .....                            | 26        |
| 2d) chemismus asimilačních orgánů buk lesní.....                                | 27        |
| Příloha 3: Výsledky mikrobiologických rozborů.....                              | 28        |
| Příloha 4: Model koloběhu makroživin ve smrkovém ekosystému .....               | 29        |
| Příloha 5: Vybrané kartogramy .....                                             | 30        |
| 5a) půdní reakce aktivní.....                                                   | 30        |
| 5b) půdní reakce výměnná.....                                                   | 31        |
| 5c) obsah dusíku.....                                                           | 32        |
| 5d) obsah fosforu .....                                                         | 34        |
| 5e) obsah draslíku .....                                                        | 37        |
| 5f) obsah vápníku.....                                                          | 40        |

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>5g) obsah hořčíku.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>5h) obsah hliníku .....</b> | <b>46</b> |
| <b>5i) obsah chromu .....</b>  | <b>49</b> |

## 1. ÚVOD A METODIKA

### 1.1. Účel průzkumu

V roce 2017 provedl ÚKZÚZ na základě specifikace MZe průzkum výživy lesa v PLO č. 27: Hrubý Jeseník. Odběr půdních vzorků a vzorků asimilačních orgánů nejvíce zastoupených dřevin byl proveden v srpnu až říjnu roku 2017. Vzorky byly analyzovány v laboratořích NRL ÚKZÚZ. Při vzorkování, skladování a předávání vzorků bylo dbáno zásad zakotvených v příslušném metodickém pokynu, který je součástí řízené dokumentace ústavu.

Posláním průzkumu je informování vlastníků lesních pozemků o chemizmu půdního prostředí a pletiv asimilačních orgánů (jehlic běžného a předchozího roku u jehličnanů a listů u opadavých dřevin) s případným upozorněním a návrhy, vedoucími ke zlepšení zdravotního stavu lesa.

Průzkum byl proveden vzorkováním na 75 stanovištích (odběrných místech), které reprezentují plošně nejvíce zastoupené soubory lesních typů. Seznam odběrných míst je součástí příloh této zprávy.

### 1.2. Použité zkratky

A<sub>h</sub> – organominerální horizont

B – minerální horizont

C<sub>ox</sub> – celkový uhlík

EK – ekologická řada

FAAS – plamenová atomová emisní absorpční spektrofotometrie

GPS - globální polohový systém

ICP – OES – optická emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu

LVS – lesní vegetační stupeň

MZe – Ministerstvo zemědělství

O – nadložní organický horizont

OM – odběrné místo

PLO – přírodní lesní oblast

ÚKZÚZ - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

NRL – národní referenční laboratoř

NIRS – metoda blízké infračervené spektroskopie

N<sub>tot</sub> – celkový dusík

Další zkratky ve vysvětlivkách pod tabulkami.

### 1.3. Vzorkování

Vzorek nadložního organického horizontu se odebírá z plochy 25 x 25 cm až na rozhraní s minerální půdou. Z této plochy se jako vzorek odebírá veškerá hmota, která tvoří organický horizont. Z minerální půdy se odebírají směsné vzorky z organominerálního horizontu (epipedonu) a z horizontu minerálního do hloubky 35 – 40 cm. Směsné vzorky se odebírají ze tří až pěti míst na vzorkovaném stanovišti. Půdní vzorky jsou uloženy do polyetylenových sáčků a přepraveny do laboratoře, kde jsou skladovány v teplotě do 10 °C.

Pro potřebu analýz pletiv asimilačních orgánů byly odebírány u jehličnanů jehlice běžného a předchozího roku, a to z porostů ve stadiu tyčkovin až tyčovin z 2. – 7. přeslenu z osluněné strany. K odběru se používají teleskopické nůžky s dosahem 6 m. Vzorky jehlic jsou uloženy v papírových sáčcích a předány do laboratoře k sušení.

Odběrná místa jsou umístěna v porostních skupinách současného rozdělení lesa a jsou vyplněny průvodní listy s krátkým popisem odběrných míst. Při popisu půdního prostředí se používá odborných klasifikačních termínů (NĚMEČEK A KOL, 2001). Souřadnice jsou zaměřeny na místě systémem GPS.

#### 1.3.1. Metody chemických analýz lesních půd

##### Horizont nadložní organický:

půdní reakce aktivní a výměnná ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  a  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ ) měřeno iontově – selektivní elektrodou, stanovení obsahu dusíku a oxidovatelného uhlíku ( $\text{N}_{\text{tot}}$  a  $\text{C}_{\text{ox}}$ ) metodou NIRS, stanovení extrahovatelných obsahů P, K, Ca, Mg, Mn, Al, Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, B měřených na ICP - OES po mineralizaci na suché cestě a výluhu kyselinou dusičnou.

##### Organominerální a minerální horizont:

půdní reakce aktivní a výměnná ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  a  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ ), stanovení výměnné acidity z dvojího měření pH, stanovení obsahu dusíku a oxidovatelného uhlíku ( $\text{N}_{\text{tot}}$  a  $\text{C}_{\text{ox}}$ ) metodou NIRS, stanovení obsahu přístupných živin P, K, Ca, Mg Al, Fe a S ve výluhu Mehlich III měřených na ICP - OES, stanovení extrahovatelných obsahů Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Pb, Zn ve výluhu  $\text{HNO}_3$  ( $c = 2 \text{ mol/L}$ ) měřených na ICP OES, stanovení celkových obsahů P, K, Ca, Mg, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn v lučavce královské měřených na ICP – OES,

#### 1.3.2. Metody chemických analýz rostlinných pletiv

Rozklad: N – mineralizace na mokré cestě ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ )

Stanovení: N – destilačně (automatická destilačně titrační jednotka - UDK 159)

Rozklad: B, Zn, Pb, Cd, Mn, Fe, Al, Cu, Cr, Ni, P, K, Ca, Mg – mineralizace na suché cestě ( $2 \text{ mol/l HNO}_3$ )

Stanovení: B, Zn, Pb, Cd, Mn, Fe, Al, Cu, Cr, Ni, P, K, Ca, Mg - ICP OES – Spectro Arcos

Rozklad: S – mineralizace na mokré cestě ( $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ )

Stanovení: S – ICP OES – Spectro Arcos

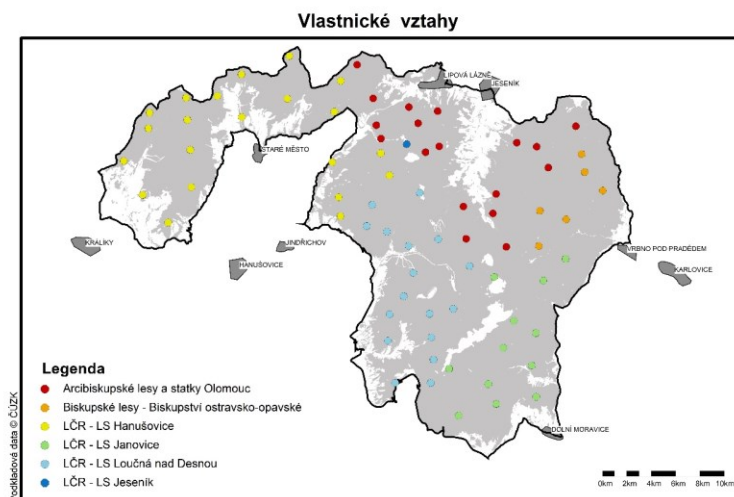
Pro pojmenování vzorků asimilačních orgánů jehličnanů se v této práci používá označení jehlice běžného roku, tedy jehlice vyrašené v roce vzorkování a jehlice předchozího roku.

### 1.4. Statistické zpracování

Ke statistickému zpracování byl použit software Microsoft® Excel® pro Office 365 MSO a software Topol Software s.r.o. © 1999 – 2019.

## 2. POPIS OBLASTI

Celková porostní půda v PLO č. 27 Hrubý Jeseník je 54 618,82 ha (ÚHÚL, 2001). Popis oblasti uvedený v oblastním elaborátu ÚHÚL Brandýs nad L. (ÚHÚL, 2001) sloužil k rozmístění odběrných míst s ohledem na reprezentativnost ve smyslu lesnické typologie, zdravotního stavu lesních porostů a vlastnických poměrů.



Obr. 1: Mapa PLO s rozmístěním odběrných míst podle vlastnických vztahů

### 2.1. Poměry geologické

Při výběru odběrných míst bylo přihlíženo ke geologickým poměrům popsaným v oblastním elaborátu ÚHÚL Brandýs nad L. (ÚHÚL, 2001) a na vybraných místech byly odebrány z minerálního horizontu půdní vzorky pro účely mineralogického rozboru.

Tab. 1: Odběrná místa na nichž byla provedena mineralogická šetření

|    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| OM | 27058 | 27171 | 27157 | 27167 | 27183 | 27199 | 27200 | 27268 | 27275 | 27376 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Horninové složení na odběrných místech bylo odečteno z geologické mapy České geologické služby 1:50 000. Převládajícími horninami jsou biotit, muskovit, chlorit, fylit až svor místy s fraftem, dvojslídna ortorula, blastomylinit, rula, biotická plagioglasová rula, kamenité až hlinito-kamenité sedimenty.

Mineralogickými rozbory vybraných vzorků byly zjištěna přítomnost následujících minerálů: amfibolit, ettringit, chlorit illit, smíšená struktura illit-smektit, kaolinit, draselný živec, plagioklas, křemen a vermikulit. Chlority jsou hlavními zdroji hořčíku a jejich vyšší zvětrávání je zřejmě zdrojem vyšších hodnot extrahovatelné formy hořčíku. Snižující se extrahovatelné obsahy vápníku naopak svědčí o vyčerpanosti plagioklasů jako jeho hlavního zdroje.

### 2.2. Údaje lesnické typologie

Tab. 2: Zastoupení lesních vegetačních stupňů v PLO (%) a počet odběrných míst

|                 |     |     |      |      |      |     |     |     |
|-----------------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|
| LVS             | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8   | 9   | Sa  |
| zastoupení v %* | 0,3 | 1,7 | 24,4 | 38,8 | 22,8 | 9,7 | 0,6 | 100 |
| Počet odb. míst |     | 1   | 14   | 31   | 18   | 10  | 1   |     |

[http://www.uhul.cz/images/ke\\_stazeni/oprl\\_oblasti/OPRL-LO27-Hruby\\_Jesenik.pdf](http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/oprl_oblasti/OPRL-LO27-Hruby_Jesenik.pdf)

Tab. 3: Plošné zastoupení edafických kategorií v PLO (%) a počet odběrných míst

| EK | Z   | Y   | M   | K    | N    | S    | F   | B   | H   |
|----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|
| %* | 4,2 | 1,4 | 0,1 | 26,0 | 12,0 | 36,9 | 0,1 | 2,9 | 0,1 |
| OM | 4   |     |     | 24   | 11   | 30   | 1   | 2   |     |

| EK | D   | A   | L   | U   | V   | O   | P   | Q   | G   | R   | Sa  |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| %* | 0,2 | 6,3 | 0,9 | 0,5 | 4,9 | 0,3 | 0,6 | 0,1 | 0,3 | 0,7 | 100 |
| OM |     | 2   |     |     | 1   |     |     |     |     |     | 75  |

\*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Olomouc, PLO – Hrubý Jeseník, MZe č.j.:20674/2001 - 5040

OM – počet odběrných míst podle edafických kategorií

Tab. 4: Zastoupení ekologických řad v PLO (%) a počet odběrných míst

| Ekolog. řada | extrémní | kyselá | živná | obohacená |       | oglejená | podmáčená | Sa |
|--------------|----------|--------|-------|-----------|-------|----------|-----------|----|
|              |          |        |       | ronem     | vodou |          |           |    |
| %*           | 5,6      | 38,1   | 40,0  | 6,5       | 6,3   | 1,0      | 1,0       |    |
| OM           | 4        | 35     | 33    | 2         | 1     |          |           | 75 |

\*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Olomouc, PLO – Hrubý Jeseník, MZe č.j.:20674/2001 - 5040

OM – počet odběrných míst podle ekologických řad

## 2.3. Imisní zatížení a atmosférické spady

Tab. 5: Plocha pásem ohrožení v PLO 27 dle LS

| LHC         | Pásma ohrožení v ha |           |           |           |           |
|-------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|             | A                   | B         | C         | D         | Celkem:   |
| Albrechtice | -                   | 263,58    | 570,36    | 558,90    | 1 392,84  |
| Hanušovice  | -                   | 2 309,69  | 7 997,61  | 3 239,20  | 13 546,50 |
| Janovice    | -                   | 951,95    | 2 740,78  | 4 916,87  | 8 609,60  |
| Javorník    | -                   | 565,9     | 1 781,63  | 589,96    | 2 937,49  |
| Jeseník     | -                   | 1 339,94  | 7 672,80  | 1 861,68  | 0 874,42  |
| Karlovice   | -                   | 1 246,19  | 2 271,41  | 3 849,78  | 7 367,38  |
| Loučná      | -                   | 3 390,73  | 7 208,83  | 1 331,41  | 11 930,97 |
| CELKEM      | -                   | 10 067,98 | 30 243,42 | 16 347,80 | 56 659,20 |

\*ÚHÚL Brandýs nad Labem, pob. Olomouc, PLO – Hrubý Jeseník, MZe č.j.:20674/2001 - 5040

Tab. 6: Roční vstup vybraných prvků atmosférickými srážkami na otevřené ploše – podle měření ČHMÚ na stanici „U dvou louček“

|                                                     | 2015         | 2016         | 2017         |
|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Srážky mm                                           | 1127         | 1105,2       | 1401,5       |
| H <sup>+</sup> kg.ha <sup>-1</sup>                  | 0,075        | 0,0805       | 0,11         |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg.ha <sup>-1</sup>  | <b>18,59</b> | <b>19,97</b> | <b>25,15</b> |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg.ha <sup>-1</sup>  | 7,68         | 9,19         | 11,74        |
| K <sup>+</sup> kg.ha <sup>-1</sup>                  | 0,93         | 0,89         | 1,57         |
| Ca <sup>2+</sup> kg.ha <sup>-1</sup>                | 1,69         | 1,86         | 1,89         |
| Mg <sup>2+</sup> kg.ha <sup>-1</sup>                | 0,34         | 0,35         | 0,51         |
| S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> kg.ha <sup>-1</sup> | <b>13,17</b> | <b>12,30</b> | <b>13,95</b> |
| Na <sup>+</sup> kg.ha <sup>-1</sup>                 | 2,04         | 1,70         | 1,44         |
| Kyselé částice                                      | 31,76        | 32,27        | 39,10        |
| Alkalické částice                                   | 12,75        | 14,05        | 18,26        |

[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isiko/tab\\_roc/tab\\_roc\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isiko/tab_roc/tab_roc_CZ.html)

Odběrná místa byla rozmístěna poměrně k plošnému zastoupení lesních vegetačních stupňů a edafických půdních kategorií, případně ekologických řad. Z tohoto pohledu považujeme předkládané výsledky provedeného průzkumu výživy lesa za reprezentativní pro danou oblast.

Mapovaná pásma ohrožení lesa jsou brána v úvahu při terénním průzkumu a stupeň defoliace je vedle ostatních příznaků poškození stromů zaznamenán v průvodních listech.

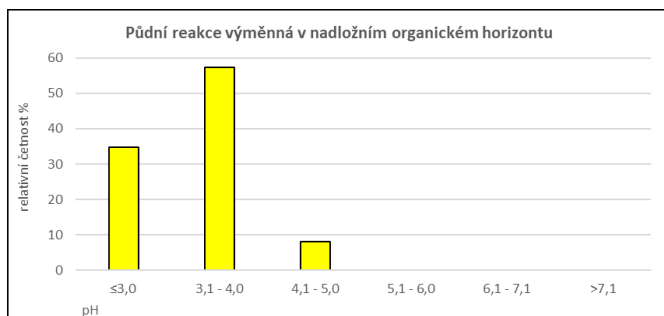
Pro odhad zatížení lesních ekosystémů okyselujícími srážkami jsme použili údaje stanice ČHMÚ „U dvou louček“ v Orlických horách. Uvedené hodnoty nás informují o vysoké převaze kyselých sloučenin v porovnání s alkalickými v atmosferických srážkách nad korunami stromů. Dále je zde informace o vysokém vstupu atmosférického dusíku v jeho amonné i nitrátové podobě.



### 3. VYHODNOCENÍ CHEMICKÝCH ANALÝZ – VÝSLEDKY A DISKUZE

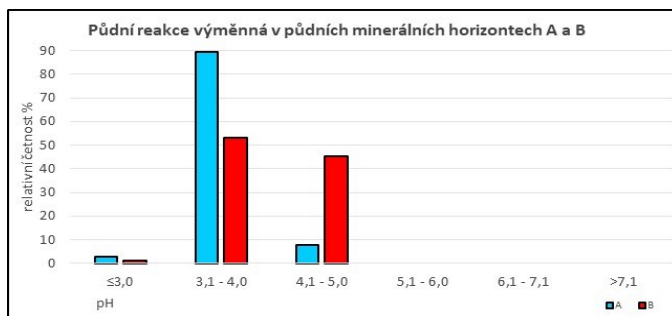
#### 3.1. Půdní prostředí

Hodnoty chemické půdní reakce výměnné i aktivní informují o velmi kyselém půdním prostředí. Rozpětí hodnot reakce výměnné je 2,6 až 5,0. Polovina z analyzovaných vzorků nadložního organického



Obr. 2: Půdní reakce výměnná v nadložním organickém horizontu

horizontu spadá do intervalu vymezeného hodnotami spodního a horního kvartilu 3,0 – 3,5. Kyselost nadložního organického horizontu je určována především kvalitou opadu a klimatem. Odpovídá horským stanovištím 5. až 7. LVS s moderovou až morovou formou nadložního humusu. S tím souvisí rovněž akumulace nadložního organického materiálu, vyjádřená jeho množstvím ve výši 114 t.ha<sup>-1</sup>. Množství menší než 80 t.ha<sup>-1</sup> je zjištěno na 12 stanovištích převážně 5. – 6. LVS.

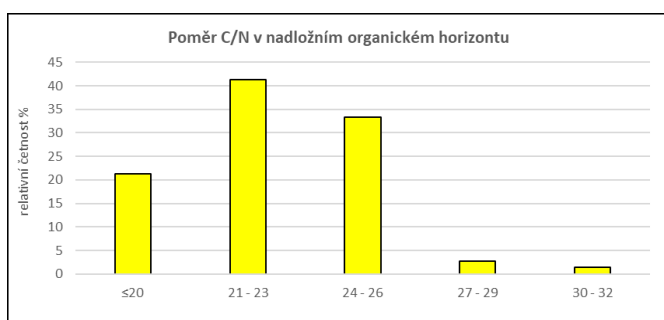


Obr. 3: Půdní reakce výměnná v organominerálním (A) a minerálním (B) horizontu

V organominerálním horizontu je hodnota výměnné půdní reakce 3,5 a oblast vymezená kvartily je 3,3 až 3,8 u organominerálního a 3,7 až 4,2 u minerálního horizontu. Rozpětí zjištěných hodnot je 3,0 až 4,8 v organominerálním a 3,0 až 4,4 v minerálním horizontu.

S pomalejší mineralizací opadu a následným hromaděním nadložního organického materiálu souvisí obsah celkového dusíku v nadložním organickém horizontu, který nabývá hodnot od 0,88 % do 1,75 % s mediánem 1,32 % a poměr C/N s hodnotou mediánu 22. Pod touto hodnotou se nachází 16 stanovišť patřících převážně k 5. a 6. LVS edafických kategorií živné ekologické řady.

Na 42 stanovištích (56 %) je zjištěna hodnota  $C_{ox} > 30$ . Na těchto stanovištích je průměrná hodnota poměru  $C/N = 23$ . Na stanovištích s hodnotou  $C_{ox} < 30$  je průměrný poměr  $C/N = 21$ .



Obr. 4: Poměr C/N v nadložním organickém horizontu

Tab. 7: Vybrané charakteristiky nadložního organického horizontu

| Půdní charakteristika    | Typ lesního porostu dle dřevinné skladby |          |         |
|--------------------------|------------------------------------------|----------|---------|
|                          | jehličnatý                               | listnatý | Smíšený |
| $C_{ox}$ [%]             | 30,9                                     | 23,6     | 32,0    |
| nadložní materiál [t/ha] | 127                                      | 124      | 94,2    |
| C/N                      | 23                                       | 20       | 25      |
| C/P                      | 357                                      | 279      | 519     |
| Ca/(Ca + Al + Fe)        | 0,10                                     | 0,06     | 0,18    |

Obsah celkového dusíku s hodnotou mediánu 1,32 % a mírně pravostranným rozdělením četností odpovídá jeho hromadění v tomto horizontu. V horizontech minerálních jsou jeho obsahy 0,30 % a 0,25 % v organominerálním a minerálním na nízké a vysoké úrovni. Rozdělení četností rovnoměrné až mírně pravostranné u organominerálního a levostranné u minerálního horizontu ukazuje na souvislost s obsahem oxidovatelného uhlíku ( $r^2 = 0,79$ ). Nízké poměry C/N ve všech studovaných horizontech svědčí rovněž o relativně vyšších obsazích celkového dusíku ve spodní části šetřených půdních profilů. Rozdíly v chemizmu šetřených horizontů souvisí s výskytem bukových stanovišť na bohatším geologickém podloží s výskytem amfibolitů. Akumulace dusíku v nadložním organickém horizontu je zaznamenána především v nejvyšších polohách v okolí Pradědu (příloha 5c) a souvisí s pomalejším koloběhem živin (viz. kapitola 3.4. Mikrobiologická šetření).

Tab. 8: Chemické složení nadložního organického materiálu

|       | C <sub>ox</sub> | N <sub>tot</sub> | P <sub>dus</sub> | K <sub>dus</sub> | Ca <sub>dus</sub> | Mg <sub>dus</sub> | Mn <sub>dus</sub> | Al <sub>dus</sub> | Fe <sub>dus</sub> |
|-------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| jehl. | 29,8            | 1,33             | 914              | 1251             | 1760              | 1509              | 192               | 7392              | 10330             |
| list. | 23,6            | 1,19             | 875              | 1544             | 1760              | 2817              | 411               | 10585             | 17200             |

C<sub>ox</sub> a N<sub>tot</sub> v %, ostatní v mg.kg<sup>-1</sup>.

Tab. 9: Chemické složení organominerálního horizontu

|       | C <sub>ox</sub> | N <sub>tot</sub> | P <sub>dus</sub> | K <sub>dus</sub> | Ca <sub>dus</sub> | Mg <sub>dus</sub> | Mn <sub>dus</sub> | Al <sub>dus</sub> | Fe <sub>dus</sub> |
|-------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| jehl. | 5,32            | 0,30             | 172              | 147              | 256               | 680               | 181               | 5530              | 10706             |
| list. | 4,92            | 0,28             | 147              | 187              | 376               | 1912              | 428               | 8871              | 13900             |

C<sub>ox</sub> a N<sub>tot</sub> v %, ostatní v mg.kg<sup>-1</sup>.

Tab. 10: Chemické složení minerálního horizontu

|       | C <sub>ox</sub> | N <sub>tot</sub> | P <sub>dus</sub> | K <sub>dus</sub> | Ca <sub>dus</sub> | Mg <sub>dus</sub> | Mn <sub>dus</sub> | Al <sub>dus</sub> | Fe <sub>dus</sub> |
|-------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| jehl. | 4,34            | 0,25             | 201              | 156              | 216               | 931               | 223               | 9405              | 14550             |
| list. | 3,95            | 0,23             | 137              | 148              | 338               | 1904              | 451               | 12091             | 14163             |

C<sub>ox</sub> a N<sub>tot</sub> v %, ostatní v mg.kg<sup>-1</sup>.

Obsah extrahovatelného **fosforu** (P<sub>dus</sub>) v nadložním organickém horizontu je charakterizován hodnotou mediánu 865 mg.kg<sup>-1</sup>. Tento obsah považujeme, z hlediska zásoby a hlavního zdroje fosforu v ekosystému, za dostačující. Extrahovatelné obsahy – 122 mg.kg<sup>-1</sup> a 129 mg.kg<sup>-1</sup> v organominerálním a minerálním horizontu odpovídají nízkým zásobám a přístupné střední obsahy v těchto horizontech jsou menší než hodnota detekčního minima 3,5 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah **draslíku** je v nadložním organickém horizontu nízký a v minerálních částech půdních profilů nedostatečný. Rovněž přístupná forma draslíku je na nízké úrovni. Studované formy **vápníku** se vyznačují nedostatečnými obsahy v celém profilu včetně nadložního organického horizontu. Obsahy extrahovatelné formy **hořčíku** jsou na střední úrovni v nadložním organickém horizontu a nízké v minerální části profilů. Přístupné obsahy jsou nedostatečné. Vyšší obsahy extrahovatelného hořčíku jsou zjištěny ve střední části pohoří, především v oblasti výskytu chloritických rul a v pásmu amfibolitů.

Tab. 11: Obsah prvků v šetřených půdních horizontech (C<sub>ox</sub> a N<sub>tot</sub> v %, ostatní v mg.kg<sup>-1</sup>) a jejich hodnocení podle klasifikace ÚKZÚZ

| hor.           | N <sub>tot</sub> |   | C <sub>ox</sub> |   | P <sub>dus</sub> |   | K <sub>dus</sub> |   | Ca <sub>dus</sub> |   | Mg <sub>dus</sub> |   | Fe <sub>dus</sub> |   | Mn <sub>dus</sub> |   |
|----------------|------------------|---|-----------------|---|------------------|---|------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|
| O              | 1,32             | 5 | 30,3            | 3 | 865              | 3 | 1100             | 2 | 1140              | 1 | 1160              | 3 | 9640              | 4 | 123               | 1 |
| A <sub>h</sub> | 0,30             | 2 | 5,38            | 2 | 122              | 2 | 109              | 1 | 144               | 1 | 434               | 2 | 11000             | 5 | 96                | 1 |
| B              | 0,25             | 5 | 4,29            | 2 | 129              | 2 | 109              | 1 | 240               | 1 | 742               | 2 | 13000             | 4 | 179               | 2 |

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<sub>h</sub> – organominerální, B – minerální.

Tab. 12: Hodnota mediánů obsahů přístupných prvků v šetřených půdních horizontech (v mg.kg<sup>-1</sup>) a jejich hodnocení podle klasifikace ÚKZÚZ

| hor.           | P <sub>MIII</sub> |   | K <sub>MIII</sub> |   | Ca <sub>MIII</sub> |   | Mg <sub>MIII</sub> |   |
|----------------|-------------------|---|-------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|
| A <sub>h</sub> | <3,5              | 1 | 50                | 1 | 70                 | 1 | 29                 | 1 |
| B              | <3,5              | 1 | 30                | 1 | 47                 | 1 | 14                 | 1 |

Hodnocení obsahů: 1 - nedostatečný; 2 - nízký; 3 - vyhovující; 4 - vysoký; 5 - luxusní  
Půdní horizonty: A<sub>h</sub> – organominerální, B – minerální.

 Tab. 13: Hodnota mediánů obsahů těžkých kovů prvků v šetřených půdních horizontech (v mg.kg<sup>-1</sup>) a jejich hodnocení podle klasifikace ÚKZÚZ

| Horizont       | Cd <sub>dus</sub> | Cu <sub>dus</sub> | Cr <sub>dus</sub> | Pb <sub>dus</sub> | Zn <sub>dus</sub> |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| O              | 0,32              | 10,10             | 9,14              | 92                | 37                |
| A <sub>h</sub> | 0,22              | 7,18              | 7,53              | 43                | 13                |
| B              | <20               | 6,04              | 12,8              | 22                | 13                |

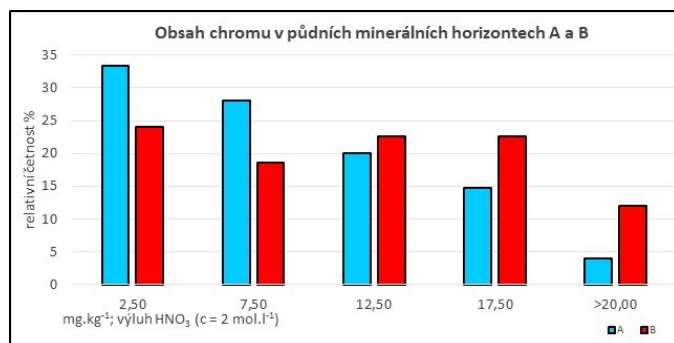
Tab. 14: Poměry obsahů extrahovatelných (E) a pseudototálních (P) v organominerálním horizontu

|                                   | Cd   | Cu   | Cr    | Pb   | Zn   |
|-----------------------------------|------|------|-------|------|------|
| Extr. (mg.kg <sup>-1</sup> )      | 0,22 | 7,18 | 7,53  | 43   | 13   |
| Pseudotot. (mg.kg <sup>-1</sup> ) | 0,24 | 16,9 | 28,2  | 49   | 38   |
| E/P*100 (%)                       | 91   | 42   | 27    | 88   | 34   |
| Limity (%)                        | -    | > 25 | > 0,5 | > 50 | > 25 |

Tab. 15: Poměry obsahů extrahovatelných (E) a pseudototálních (P) v minerálním horizontu

|                                   | Cd     | Cu    | Cr    | Pb   | Zn   |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|------|------|
| Extr. (mg.kg <sup>-1</sup> )      | < 0,20 | 6,04  | 12,8  | 22   | 13   |
| Pseudotot. (mg.kg <sup>-1</sup> ) | 0,20   | 18,10 | 38,1  | 25   | 49   |
| E/P*100 (%)                       | 100    | 33    | 34    | 88   | 27   |
| 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). V případě kadmia přepokládáme, pro malý rozdíl mezi porovnávanými obsahy, jeho litogenní původ. Vyšší hodnota obsahu chromu v minerálním horizontu může souviset s petrografickou skladbou listnatých stanovišť. V oblasti Hrubého Jeseníku se jedná o amfibolitové pásmo ve střední části. S amfibolitem, pyroxeny a slídami jsou podle všeho Cr – minerály asociovány (KABATA-PENDIAS, 2011). Rozdílnost ve skladbě hornin může souviset s dvouvrcholovým rozložením četností obsahů v minerálním horizontu (obr. 5)



Obr. 5: Obsah chromu v organominerálním (A) a minerálním (B) horizontu

i příslušným kartogramem znázorňujícím výskyt chromu v tomto horizontu (příloha 5i).

Zatížení oblasti těžkými kovy nedosahuje vysoké úrovně. Není tedy nebezpečné vůči rostlinám nebo půdním mikroorganismům.

## 3.2. Chemizmus asimilačních orgánů

### 3.2.1. Chemizmus asimilačních orgánů smrku ztepilého

Tab. 16: Hodnocení obsahů extrahovatelných obsahů živin v půdních horizontech a ve smrkových jehlicích běžného roku podle klasifikace ÚKZÚZ

|                           | N <sub>tot</sub> | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn |
|---------------------------|------------------|---|---|----|----|----|----|
| SM - jehlice běžného roku | 3                | 4 | 2 | 2  | 3  | 1  | 2  |
| O                         | 5                | 3 | 2 | 1  | 3  | 4  | 1  |
| A <sub>h</sub>            | 2                | 2 | 1 | 1  | 2  | 5  | 1  |
| B                         | 5                | 2 | 1 | 1  | 2  | 4  | 2  |

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;

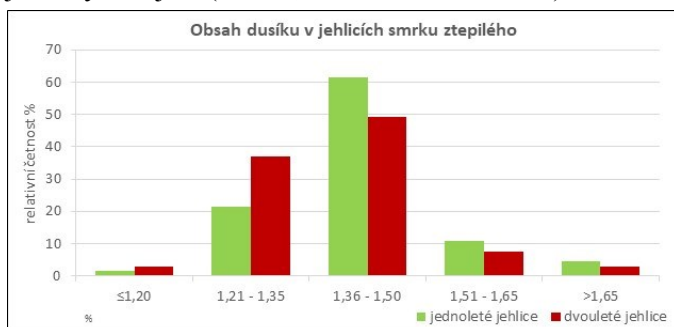
Půdní horizonty: O – nadložní organický, A<sub>h</sub> – organominerální, B – minerální.

Tab. č. 17: Obsahy prvků v mg.kg<sup>-1</sup> (N v %) v jehlicích běžného a předchozího roku

| Jehlice          | Al   | B    | Ca   | Cd   | Cr   | Cu    | Fe   | K    |
|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Běžného roku     | 59   | 15,5 | 3160 | 0,06 | 0,14 | 3,27  | 34,3 | 5890 |
| Předchozího roku | 79   | 15,2 | 4470 | 0,06 | 0,15 | 2,62  | 40,6 | 4970 |
|                  | Mg   | Mn   | N    | Ni   | P    | Pb    | S    | Zn   |
| Běžného roku     | 1060 | 355  | 1,4  | 1,53 | 1690 | <0,20 | 966  | 31   |
| Předchozího roku | 999  | 464  | 1,4  | 0,89 | 1310 | 0,26  | 983  | 24   |

Pozn. Jehlice běžného roku jsou odebrány v témže roce, kdy vyrašily, předchozího jsou o rok starší.

Obsah **dusíku**, hodnocený podle obsahu v jehlicích běžného roku (medián = 14 g.kg<sup>-1</sup>), se jeví jako vyhovující (FÜRST, 2009, HÜTTL, 1986). Pod hodnotou 13,5 g.kg<sup>-1</sup>, která může být limitující



Obr. 6: Obsah dusíku v jehlicích smrku ztepilého

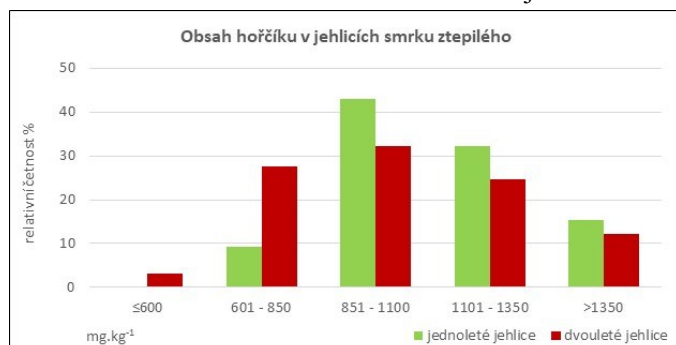
pro normální růst, jsou zjištěny vzorky na 14 stanovištích, tedy 19 % všech stanovišť. Evropská klasifikace, přijatá na expertních panelech (FÜRST, 2009) má kritéria poněkud volnější. Obsahy, odpovídající optimální výživě, nabývají podle této klasifikace hodnot od 12,0 g.kg<sup>-1</sup> do 17,0 g.kg<sup>-1</sup>. Podle této klasifikace je většina hodnocených stanovišť v oblasti dostatečné úrovně výživy dusíkem. Hodnoty obsahů, odpovídající luxusní úrovni (> 17,0 g.kg<sup>-1</sup>), jsou zjištěny na třech

stanovištích. Obsahy zjištěné v jehlicích předchozího roku jsou podobné, s mírným posunem hranice spodního kvartilu, který může souviset s částečnou redistribucí do mladších jehlic.

Výživa **fosforem** je podle hodnoty mediánu 1690 mg.kg<sup>-1</sup> v jehlicích běžného roku na vysoké úrovni. Pod hranici vyhovujícího obsahu jsou zjištěna dvě místa. Extrahovatelné a přístupné obsahy v minerálních částech půdních profilů jsou sice nízké, ale dostačující zásoba v nadložním organickém horizontu a biologická aktivita půdního prostředí, doložená nízkým podílem C/N a dostatečná činnost fosfatáz jsou dostatečným zdrojem fosforu pro výživu smrku (viz. kapitola: Mikrobiologická šetření). Velký rozdíl mezi obsahy v jehlicích běžného a předchozího roku svědčí o redistribuci fosforu směrem k mladším pletivům s vyšší aktivitou fotosyntézy.

Obsahy **draslíku** v jehlicích běžného i předchozího roku jsou nízké. Nízkou úroveň výživy smrkových porostů naznačuje i klesající rozdělení četností a nižší obsahy ve starších jehlicích naznačují remobilizaci ze starších pletiv. Pod hranici vyhovující výživy (6001 mg.kg<sup>-1</sup>) spadá nadpoloviční počet odběrných míst. Množství draslíku je nedostatečné ve všech studovaných kompartmentech ekosystému a zřejmě souvisí s nízkým zastoupením draselných živců v horninovém podloží.

Výživa smrku **vápníkem** je na nízké úrovni. Je zde zřejmá souvislost s nízkou zásobou vápníku na chudých kyselých půdách. Akumulace ve starších jehlicích představuje 44 % z obsahu v jehlicích běžného roku. Mírná akumulace ve starších jehlicích nesouvisí s vyšší půdní zásobou. Není zjištěna ani



Obr. 7: Obsah hořčíku v jehlicích smrku ztepilého

podobnost mezi oběma věkovými skupinami na jednom odběrném místě.

Obsahy **hořčíku** jsou vyhovující v jehlicích běžného roku. Poněkud nižší obsahy v jehlicích předchozího roku napovídají o remobilizaci ze starších jehlic. Relativně vyšší obsahy souvisí s minerálním zdrojem hořčíku – chloritickými rulami, břidlicemi a amfibolity.

Výživa **sírou** je podle hodnoty mediánu – 966 mg.kg<sup>-1</sup> na vyhovující úrovni dle klasifikace ÚKZÚZ (Fiala 2013). Podle evropské klasifikace je úroveň nízká. Vzorky s obsahem síry nad hranicí 1100 mg.kg<sup>-1</sup>, která je pokládána za oblast blízkou optimálnímu růstu (FÜRST, 2009), jsou zjištěny pouze na 7 stanovištích, tedy 11 %. Obsahy v jehlicích běžného a předchozího roku jsou podobné.

Obsahy **boru** jsou velmi nízké. Hodnoty mediánů v jehlicích běžného (15,5 mg.kg<sup>-1</sup>) a předchozího (15,2 mg.kg<sup>-1</sup>) roku se pohybují na spodní hranici růstového minima (15 – 30 mg.kg<sup>-1</sup>) (LEGRAND, 2003). Obsahy **manganu** jsou nízké, **hliníku** a **železa** velmi nízké.

### 3.2.2. Hodnocení poměrů živin ve výživě smrku

Tab. 18: Poměry mediánů obsahů živin - smrk ztepilý – jehlice běžného roku podle ŠRÁMKA

| Poměr      | N/P      | N/K   | N/Ca  | N/Mg         | K/Ca        | K/Mg        | Ca/Mg   |
|------------|----------|-------|-------|--------------|-------------|-------------|---------|
| Modelový * | 7,1-10,0 | 1 - 3 | 2 - 7 | 8 - 14       | 0,8 - 2,4   | 2,2 - 6,4   | 2,5 - 5 |
| zjištěný   | 7,8      | 2,1   | 4,34  | <b>14,95</b> | <b>2,09</b> | <b>7,17</b> | 3,6     |

\*(ŠRÁMEK et al, 2009)

Obsahy dusíku v jehlicích běžného roku jsou v oblasti vyvážené výživy. Nevyvážený poměr živin je zjištěn mezi dusíkem a hořčíkem, draslíkem a vápníkem a mezi draslíkem a hořčíkem. Zde se projevuje především nízká úroveň výživy smrku hořčíkem a vápníkem.

Tab. 19: Poměry mediánů obsahů živin - smrk ztepilý – jehlice běžného roku podle

|                                                     | N     | P    | K    | Ca          | Mg          |
|-----------------------------------------------------|-------|------|------|-------------|-------------|
| Modelové poměry *                                   | 100   | 15,0 | 47,5 | 8,0         | 7,5         |
| Obsah vypočtený podle dusíku (mg.kg <sup>-1</sup> ) | 14000 | 2100 | 6650 | <b>1120</b> | <b>1050</b> |
| Skutečný obsah (mg.kg <sup>-1</sup> )               | 14000 | 1690 | 5890 | 3160        | 1060        |

\*Podle Knechta a Göranssona, viz text.

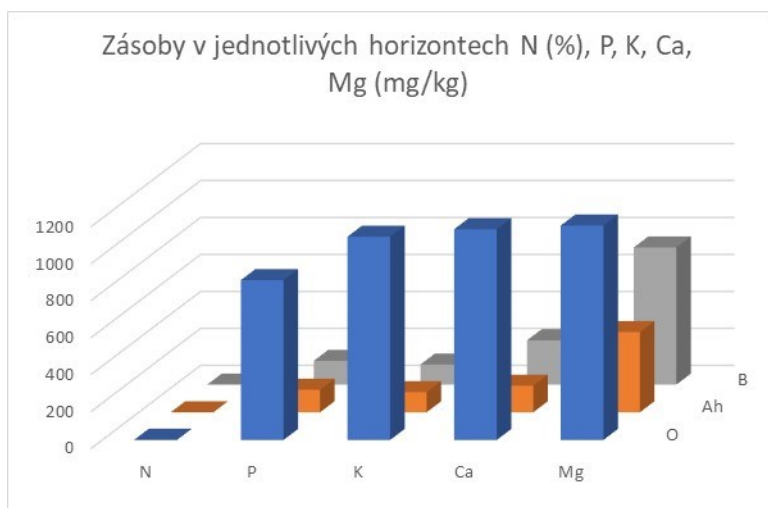
Podle autorů KNECHT et GÖRANSSON (2004), kteří vycházejí z poměrů atomů uhlíku, dusíku a fosforu v základní hmotě (tzn. 568:100:14) a podle hodnoty obsahu dusíku (N = 14000 mg.kg<sup>-1</sup>), kterou považujeme za dostatečnou, jsou obsahy fosforu a draslíku na nízké úrovni, obsah vápníku na dostatečné až vysoké úrovni a obsah hořčíku odpovídá vyvážené úrovni výživy.

U příjmu draslíku a hořčíku předpokládáme korelaci s dusíkem na rozdíl od vápníku, který souvisí s pohybem vody v rostlině a nesouvisí s požadavky rostlin, ale s jeho přístupností. Poměrně vysoký obsah vápníku v jehlicích běžného roku svědčí o jeho plynulém odčerpávání z půdního prostředí, kde je pouze v nízké zásobě.

### 3.2.3. Model bilance půdní zásoby a odběru ročním přírůstkem jehlic smrku

Pro řešení vztahu výživy dřevin a zásoby živin v půdním prostředí jsme zvolili jednoduchý model bilance živin (Příloha 4).

Z modelu vyplývá, že zásoby všech bilancovaných živin převyšují obsahy, spotřebované ročním odběrem jehlicemi smrku. Pokud bychom použili obsahy živin, považované za optimální úroveň výživy smrku (FÜRST, 2009) a porovnali je s jejich přístupnou formou v půdě (Tab. 22), zjistili bychom, že nejnižší je zásoba přístupné formy fosforu, a to na období 1,7 let. Následuje vápník a draslík na dobu 7 let. Výživa dusíkem je tedy na dobré úrovni i přes jeho akumulaci v nadložním organickém horizontu (1,32 %) vzhledem k horizontu organominerálnímu (0,30 %) a minerálnímu (0,25 %).



Obr. 8: Zásoby prvků v půdních horizontech

Tab. 20: Mediány obsahů makroživin ( $N_{\text{tot}}$  v %, ostatní v  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

|    | N    | P   | K    | Ca   | Mg   |
|----|------|-----|------|------|------|
| O  | 1,32 | 865 | 1100 | 1140 | 1160 |
| Ah | 0,30 | 122 | 109  | 144  | 434  |
| B  | 0,25 | 129 | 109  | 240  | 742  |

Zásoba dusíku v jednotlivých horizontech se snižuje směrem do spodní části půdních profilů. Zásoby extrahovatelných obsahů fosforu, draslíku a hořčíku mají rovněž vyšší obsahy ve spodních horizontech. Extrahovatelné obsahy draslíku a hořčíku souvisejí s jejich uvolňováním z živců a chloritů. U vápníku není nárůst ve spodinách pozorován zřejmě z důvodu jeho vyčerpání z hlavního zdroje plagioklasů. Vyšší obsahy fosforu jsou zjištěny v oblasti bohatších stanovišť na podloží s výskytem amfibolitů a chloritických rul a pararul v pruhu procházejícím celou skupinu Hrubého Jeseníku od severu k jihu. Minerální původ fosforu nelze odvozovat od amfibolitů ani od illitů, s jejichž výskytem souvisí podle statistického šetření. Uvedený graf se týká extrahovatelných živin, které není schopna dřevina přijímat. Obsahy přístupné jsou nižší.

Tab. 21.: Zásoba makroživin (v hor. O obsahy extrahovatelné; v hor. A<sub>h</sub>, B obsahy přístupné)

| horizont       | N (kg.ha <sup>-1</sup> ) | P (kg.ha <sup>-1</sup> ) | K (kg.ha <sup>-1</sup> ) | Ca (kg.ha <sup>-1</sup> ) | Mg (kg.ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| O              | 181                      | 67                       | 86                       | 89                        | 90                        |
| A <sub>h</sub> | 347                      | 3,9                      | 58                       | 81                        | 34                        |
| B              | 360                      | 4,8                      | 43                       | 68                        | 20                        |

Horizonty: O – nadložní organický, A<sub>h</sub> – organominerální, B – minerální.

Model bilance živin v lesním ekosystému (Příloha 4) ukazuje, že nejmenší přístupná zásoba je zjištěna u fosforu, který má ovšem luxusní úroveň výživy. Je tedy zásobován přímo z rozkladu organického materiálu. Dále následuje vápník. Jeho momentální zásoba činí asi čtyřnásobek roční spotřeby přírůstkem jehlic. Zásoby draslíku a hořčíku odpovídají asi desetileté spotřebě. Spotřeba ročním přírůstkem jehlic je ovšem počítána ze skutečných (zjištěných) obsahů a v případě draslíku a hořčíku nedosahují obsahy dostatečné úrovně výživy.

Úroveň výživy není přímo úměrná zásobě přístupných živin v půdě, ale závisí na fungování celého ekosystému, včetně chemické půdní reakce i úrovně rozkladných procesů.

Tab. 22: Podíl přístupné zásoby a ročního odběru (kg.ha<sup>-1</sup>)

|                               | N*   | P   | K    | Ca   | Mg   |
|-------------------------------|------|-----|------|------|------|
| Zásoba přístupné formy v půdě | 707  | 8,7 | 101  | 149  | 54   |
| Roční odběr                   | 42,4 | 5,0 | 15,0 | 22,4 | 3,7  |
| Podíl zásoby a odběru         | 16,7 | 1,7 | 6,7  | 6,7  | 14,6 |

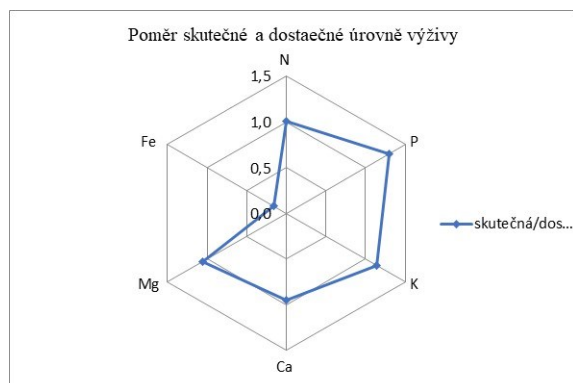
\*Celková zásoba N<sub>tot</sub>.

Tato bilance nebere v úvahu přísun živin atmosférickými srážkami, vstupy z biochemického koloběhu a zvětrávání minerálů, proto je pouze orientační.

### 3.2.4. Chemizmus asimilačních orgánů buku lesního

Obsahy dusíku charakterizuje hodnota mediánu 2,0 % (FÜRST, 2009). Vezmeme-li za hranici dostatečné výživy hodnotu 1,8 %, je na jednom místě ze čtrnácti šetřených zjištěna nízká úroveň obsahu dusíku. Obsahy fosforu jsou na střední až vysoké úrovni. Pod hranici nedostatku (< 1000 mg.kg<sup>-1</sup>) není zjištěna žádná měřená hodnota. Výživa draslíkem je na vysoké úrovni (> 5000 mg.kg<sup>-1</sup>) na 13 ze 14 šetřených odběrných míst a hořčík je nad hranici nedostatku (> 1000 mg.kg<sup>-1</sup>) na všech šetřených místech. Vezmeme-li za hranici nedostatku výživy sírou hodnotu 1300 mg.kg<sup>-1</sup>, pak je na všech odběrných místech zjištěna úroveň dostatečná.

Z dalších prvků jsou hodnoceny obsahy železa na dostatečné a manganu na dostatečné až vysoké úrovni (FÜRST, 2009).



Obr. 9: Poměr skutečné a dostatečné úrovně výživy

Tab. 23: Poměr skutečné a dostatečné úrovně výživy

| prvek                     | skutečná (a) | dostatečná (b) | a/b |
|---------------------------|--------------|----------------|-----|
| N (%)                     | 2,1          | 1,8            | 1,2 |
| P (mg.kg <sup>-1</sup> )  | 1430         | 1000           | 1,4 |
| K (mg.kg <sup>-1</sup> )  | 8534         | 5000           | 1,7 |
| Ca (mg.kg <sup>-1</sup> ) | 10619        | 4000           | 2,7 |
| Mg (mg.kg <sup>-1</sup> ) | 1705         | 600            | 2,7 |
| S (mg.kg <sup>-1</sup> )  | 1474         | 1000           | 1,5 |

Úroveň výživy podle chemického složení živin v listech buku (tab. 23, obr. 9) je na dobré úrovni. Zjištěné obsahy (průměry obsahů) nejsou u žádného prvku nižší než předpokládané dostatečné obsahy. Laboratornímu rozboru listových pletí i terénním šetřením nebyly zjištěny poruchy ve výživě buku.

### 3.3. Změny zjišťovaných charakteristik v letech 2007 a 2017

Na 67 odběrných místech byly opakovaně provedeny odběry půdních vzorků a vzorků asimilačních orgánů. Srovnání těchto hodnot je nástinem vývoje chemických vlastností ekosystémů v tomto období.

Tab. 24: Hodnoty kyselosti a obsahy prvků v letech 2007 a 2017. Obsahy v mg.kg<sup>-1</sup>

| Horizont           | rok  | pH <sub>CaCl2</sub> | pH <sub>H2O</sub> | P                     | K    | Ca   | Mg   | Al    | Mn  |
|--------------------|------|---------------------|-------------------|-----------------------|------|------|------|-------|-----|
| nadložní organický |      |                     |                   | Obsahy extrahovatelné |      |      |      |       |     |
|                    | 2007 | 3,6                 | 4,5               | 886                   | 768  | 3124 | 1029 | 3818  | 214 |
|                    | 2017 | 3,3                 | 4,1               | 913                   | 1190 | 1833 | 1494 | 7321  | 179 |
| organominerální    |      |                     |                   | Obsahy extrahovatelné |      |      |      |       |     |
|                    | 2007 | 3,4                 | 4,2               | 170                   | 389  | 763  | 590  | 3620  | 91  |
|                    | 2017 | 3,6                 | 4,3               | 166                   | 147  | 287  | 845  | 6051  | 194 |
|                    |      |                     |                   | Obsahy přístupné      |      |      |      |       |     |
|                    | 2007 |                     |                   | 11,7                  | 131  | 374  | 133  |       |     |
|                    | 2017 |                     |                   | 5,3                   | 52   | 154  | 67   |       |     |
| minerální          |      |                     |                   | Obsahy extrahovatelné |      |      |      |       |     |
|                    | 2007 | 3,7                 | 4,4               | 161                   | 289  | 297  | 774  | 6515  | 175 |
|                    | 2017 | 4,0                 | 4,6               | 188                   | 144  | 240  | 1114 | 10259 | 248 |
|                    |      |                     |                   | Obsahy přístupné      |      |      |      |       |     |
|                    | 2007 |                     |                   | 4,3                   | 51   | 90   | 46   |       |     |
|                    | 2017 |                     |                   | 4,5                   | 31   | 76   | 29   |       |     |

Uvedené šetření obsahů v desetiletém období nezohledňuje zásahy vápněním v minulosti. Použité analytické údaje se vztahují k odběrným místům, na kterých byl proveden opakovaně odběr půdních vzorků v letech 2007 – 2017. Z údajů v tabulce 24 vidíme nižší hodnoty pH v nadložním organickém horizontu v roce 2017 a naopak poněkud vyšší tyto hodnoty v minerální části půdních profilů. V nadložním organickém horizontu jsou po deseti letech v roce 2017 vyšší extrahovatelné obsahy fosforu, draslíku a hořčíku, které jsou zřejmě výsledkem intenzivního odběru živin v hlubších horizontech s následným uvolněním v organickém nadložním materiálu. Vyšší obsah extrahovatelného hliníku ( $Al_{\text{dus}} = 7321 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) souvisí s pokračujícím okyselováním tohoto horizontu hromadícími se atmosférickými spady.

V minerální části půdních profilů (organominerální a minerální horizont) se snižují extrahovatelné obsahy makroživin s výjimkou fosforu a hořčíku, který je intenzivněji vyluhován z živců a slíd. Jsou zde také mírně vyšší hodnoty pH.

Přístupné formy makroživin jsou po deseti letech nižší.

Tab. 25: Obsahy vybraných prvků ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) v jehlicích běžného roku smrku ztepilého v letech 2007 a 2017

| rok  | P    | K    | Ca   | Mg   | Al | Mn  |
|------|------|------|------|------|----|-----|
| 2007 | 1604 | 6786 | 3916 | 1069 | 89 | 234 |
| 2017 | 1644 | 5808 | 3250 | 1090 | 57 | 402 |

Šetření obsahů prvků v jehlicích smrku v letech 2007 a 2017 ukazuje na dostatečnou a stabilní úroveň výživy v těchto letech. Pouze v případě vápníku a draslíku je zaznamenána poněkud nižší hodnota po deseti letech. Vzhledem k antagonismu těchto prvků přisuzujeme nižší hodnoty nižším zásobám jejich přístupných forem v půdním prostředí. Nižší příjem hliníku navzdory k jeho vyšším extrahovatelným obsahům souvisí s jeho nižší přístupností v podmínkách nižší kyselosti v minerálních horizontech, případně s komplexací Al s  $\text{SO}_4^{2-}$  za vzniku Al- $\text{SO}_4$  komplexů. Atmosférické spady  $\text{SO}_4$  si zachovávají stejnou úroveň a může nastávat jejich akumulace v nadložním organickém horizontu s následným přemístěním do půdní vody. Mangan, jehož obsahy jsou po deseti letech vyšší podobně jako jeho extrahovatelné obsahy v půdě, je zřejmě na rozdíl od hliníku specificky přijímán kořeny smrku.

Sledování obsahů na identických odběrných místech a jejich porovnání potvrzuje trend, pozorovaný v lesích střední Evropy, trend pokračujícího oslabování minerální síly půd hospodářského lesa kyselými spady a intenzivním odčerpáváním živin.

### 3.4. Mikrobiologická šetření

Mikrobiologická šetření proběhla na čtyřech odběrných místech, a to ve třech porostech smrkových, v 7. lvs. a 8. lvs. a na jednom stanovišti porostu bukovém. Výsledkem šetření je detailní popis fermentačního a humusového horizontu a organominerálního horizontu ve smrkovém porostu na stanovišti 7K – Fageto-Piceum acidophilum, 8K – Piceetum acidophilum, ve smrkovém porostu s přimíšeným jeřábem rovněž na stanovišti 8K – Piceetum acidophilum a v bukovém porostu na stanovišti 5A – Acereto-Fagetum lapidosum (Tab. 26).

Ve všech studovaných smrkových stanovištích se hodnota  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  v minerálním horizontu pohybuje v intervalu 2,9 – 3,1, tedy v nízkých hodnotách  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ .

Metabolický kvocient ( $q\text{CO}_2$ ) pro  $A_h$  horizont smrkového stanoviště s hodnotou  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  (od 2,7 do 3,2) se podle ANDERSON, DOMSCH (1993) pohybuje kolem hodnoty 2,30. V šetřených smrkových porostech jsme zjistili hodnoty 2,597; 5,118 a 3,578.

Tab. 26: Charakteristiky pro organominerální horizont ( $A_h$ )

| Odběrné místo | Druhovú skladba | Skupina lesních typů | $\text{pH}_{\text{KCl}}$ | $q\text{CO}_2$ | $\text{MBC}/\text{C}_{\text{ox}}$ |
|---------------|-----------------|----------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 27601         | sm              | 7K                   | 3,1                      | 2,597          | 0,57                              |
| 27602         | bk              | 5A                   | 3,5                      | 1,231          | 1,05                              |
| 27054         | sm              | 8K                   | 2,9                      | 5,118          | 0,24                              |
| 27052         | sm              | 8K                   | 2,9                      | 3,578          | 0,29                              |

MBC – C mikrobiální biomasy,  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ;  $q\text{CO}_2$ -respirační kvocient,  $\mu\text{gCO}_2\text{-C.mgMBC}^{-1}$ ; MiQC – poměr  $\text{C}_{\text{mic}}/\text{C}_{\text{org}}$

Mikrobiální společenstvo uvolní více  $\text{CO}_2\text{-C}$  na jednotku mikrobiální biomasy a času v kyselých podmínkách než komunita blíže neutrálnímu pásmu pH. WOLTERS (1991) uvádí zvýšení  $q\text{CO}_2$  v bukovém lese (Of vrstva) jako důsledek kyselých dešťů. Naopak poměr  $\text{MBC}/\text{C}_{\text{ox}}$  se zvyšuje při zvyšujícím se pH. V bukovém lese na stanovišti 5A je tedy vyšší podíl uhlíku mikrobiální biomasy než ve smrkových porostech kyselé edafické kategorie.

Z uvedených poznatků můžeme konstatovat nižší efektivitu mikrobiální biomasy ve ztížených podmínkách kyselých smrkových stanovišť (8K). Rovněž nízké hodnoty poměru  $\text{MBC}/\text{C}_{\text{ox}}$  odpovídají závěrům ANDERSON ET DOMSCH (1993). Autoři vyjadřují hypotézu, že vysoká  $q\text{CO}_2$  při nízkém půdním pH může být indikátorem stresu na půdní společenstva, což je v souladu s tvrzením Odumovým (ODUM

1985) o tom, že „náprava škod vyvolaná disturbancemi vyžaduje odvrátit energii od růstu a produkce k udržitelnosti“.

V jehličnatých porostech 7 a 8 LVS je ve fermentačním horizontu vysoká hodnota  $C_{ox}$  a nízká hodnota MBC v porovnání s bukovým porostem na acerózním stanovišti (5A). Poměr MiQC vypovídá o velmi nízkém podílu MBC na celkový uhlík  $C_{ox}$  a to zejména na stanovištích 8 LVS, kde se pohybuje mezi hodnotami 0,20 – 0,30.

Vysoká hodnota respiračního koeficientu  $qC$  v 8 LVS (hodnoty nad 5) vypovídá o vysokém výdeji oxidu uhličitého na jednotku uhlíku mikrobiální biomasy, tedy o rezistentním uhlíku v nadložním organickém materiálu.



## 4. ZÁVĚR

Současný stav půdního prostředí odpovídá kyselým stanovištím horských poloh s pomalejším rozkladem organického materiálu a tím i s pomalejším koloběhem látek i energie. V nadložním organickém horizontu je stabilizován organický uhlík i celkový dusík. Půdy jsou charakteristické ostrým přechodem do minerální části půdních horizontů s minerálně chudým, často vyběleným (eluviálním) horizontem.

Stabilizace uhlíku a dusíku se projevuje v jejich nízkých obsazích v minerálních částech půd. Minerální horizonty jsou rovněž chudé na makroživiny – fosfor, draslík, vápník a hořčík.

Silná kyselost rhizosféry může vést k uvolňování toxických kationtů hliníku. Obsahy těžkých kovů dosahují vysokých koncentrací pouze na některých místech. Plošné zatížení většího významu nebylo zjištěno.

Výživa, zjišťovaná podle chemizmu jehlic smrku ztepilého, vytvořených v roce odběru, vypovídá o vysoké úrovni u fosforu a dobré úrovni u dusíku a draslíku. Chudost půdního prostředí se projevuje nejvíce na úrovni výživy vápníkem a hořčíkem i sírou, posuzované podle zjištěných obsahů, těchto živin, a u vápníku a hořčíku i podle poměru k dusíku a draslíku ve smyslu vyvážené výživy. Jednoduchá bilance oběhu makroživin ekosystémem ukázala na nízkou zásobu fosforu a vápníku v půdním prostředí.

Vývoj chemických vlastností půd lesních stanovišť a chemizmu asimilačních pletiv smrku je nastíněný hodnotami obsahů v desetiletém intervalu 2007 – 2017.

Speciální šetření půdního prostředí metodami mikrobiologických analýz poukázala na pomalejší metabolismus půdní mikrobioty především v exponovaných polohách vyšších poloh 7. lesního vegetačního stupně. Mikrobiologická šetření jsou v souladu s okyselujícím se nadložním organickým materiálem a jeho hromaděním především ve smrkových porostech kategorie hospodářského lesa.

Uvedená šetření poukázala na stálé ochuzování půdního prostředí lesních ekosystémů jako projevu acidifikace, způsobeného vnějšími vlivy i odběrem živin dřevinami v porostech kategorie hospodářského lesa.

Na základě tohoto průzkumu navrhuje jako ozdravná opatření následující:

- Leteckou aplikaci dolomitického vápence v dávce 3 t.ha<sup>-1</sup> jako kompenzaci acidifikačního tlaku v místech s nejvyšší kyselostí a nejnižšími obsahy vápníku a hořčíku.
- Akutní projevy nedostatků ve výživě řešit postřikem vhodným hnojivem (Mg – Fol, Borax), s přihlédnutím k tomu, že hnojiva je jehličím využito asi 20 – 25 % a zbylá část stéká po kmenech a je využita kořeny.
- Tabletovaná a granulovaná hnojiva používat při výsadbě podle zásad uvedených na etiketě.
- Podporovat mikrobiální činnosti vápenatým, případně dusíkatým hnojivem, smíšeným s organickým materiálem.

## 5. POUŽITÁ LITERATURA

ANDERSEN M. K., REFSGAARD A., RAULUND-RASMUNSEN K., STROBEL B. W., AND HANSEN H. C. B., 2002: Content, distribution, and solubility of cadmium in arable and forest soils, Soil, Sci. Soc. Am. J. 66: p. 1829 – 1824.

FÜRST A. 2009: <http://www.ffcc.at/> Forest Foliar Coordinating Centre (FFCC).

HÜTTL R.F., SCHNEIDER B.U., 1998. Forest ecosystem degradation and rehabilitation, Ecological Engineering 10, p. 19 – 31.

<http://portal.chmi.cz/>

<http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>

KABATA- PENDIAS A. 2011: Trace elements in soils and plants, CRC Press, London, 409 p.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1992. Trace elements in soils and Plants. 2<sup>nd</sup> edition. London, CRC Press: 365.

KNECHT M. F., and GÖRANSSON A. 2004: Terrestrial plants require nutrients in similar proportions. Tree Physiology, 24: 447-460.

LEGRAND P., 2003: Carence en bore de jeunes plantations de cèdre de l'Atlas dans le Massif Cenral, Revue Forestière Française, LV.2. p. 123 – 128.

ODUM E., 1985: Trends expected in stressed ecosystems. BioScience 35, 419 – 422.

ROTTER P. a kol. 2013: Rizikové prvky v lesních půdách: rewiev, Zprávy lesnického výzkumu, 58, 1, s. 17 – 26.

WOLTERS V., 1991: Biological processes in two beech forest soils treated with simulated acid rain – a laboratory experiment with *Isotoma tigrina* (Insecta, Collembola.) Soil Biology & Biochemistry 23, 381 – 390.

## 6. PŘÍLOHY

### Příloha 1: Seznam odběrných míst

| OM    | Vlastník                                      | Por. sk.               | LT  | Zastoupení dřevin |
|-------|-----------------------------------------------|------------------------|-----|-------------------|
| 27006 | LS Hanušovice                                 | 729A <sub>17/1</sub>   | 8K9 | sm 100            |
| 27009 | LS Hanušovice                                 | 804B <sub>6</sub>      | 8N2 | sm 100            |
| 27016 | LS Loučná nad Desnou                          | 215E <sub>8</sub>      | 7N2 | sm 100            |
| 27025 | LS Loučná nad Desnou                          | 207E <sub>14a</sub>    | 8Z2 | sm 100            |
| 27033 | LS Loučná nad Desnou                          | 316B <sub>13</sub>     | 8K2 | sm 100            |
| 27039 | LS Janovice                                   | 527A <sub>14</sub>     | 6K3 | bk 78,sm 22       |
| 27040 | LS Loučná nad Desnou                          | 627A <sub>17</sub>     | 8K2 | sm 100            |
| 27044 | LS Loučná nad Desnou                          | 719D <sub>11</sub>     | 7N4 | sm 100            |
| 27048 | LS Janovice                                   | 503B <sub>13</sub>     | 8Z2 | sm 100            |
| 27058 | LS Janovice                                   | 211A <sub>5</sub>      | 7S3 | sm 100            |
| 27090 | LS Jeseník                                    | 801A <sub>11</sub>     | 9K0 | sm 100            |
| 27136 | LS Janovice                                   | 727A <sub>13/5</sub>   | 8Z2 | sm 60,kos 40      |
| 27148 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 659B <sub>5</sub>      | 7S1 | sm 100            |
| 27155 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 511A <sub>10/1p</sub>  | 6K1 | sm 100            |
| 27157 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 334B <sub>10</sub>     | 6N2 | bk 60,sm 40       |
| 27158 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 327C <sub>6</sub>      | 7S2 | sm 100            |
| 27164 | LS Hanušovice                                 | 223A <sub>8</sub>      | 6K3 | sm 100            |
| 27166 | LS Hanušovice                                 | 355D <sub>10</sub>     | 6N3 | sm 100            |
| 27167 | LS Hanušovice                                 | 367A <sub>9</sub>      | 5S1 | sm 100            |
| 27169 | LS Hanušovice                                 | 823B <sub>14</sub>     | 5S1 | sm 100            |
| 27171 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 616B <sub>13/1b</sub>  | 6S1 | bk 100            |
| 27174 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 653E <sub>10/1c</sub>  | 6K1 | sm 100            |
| 27176 | LS Hanušovice                                 | 625A <sub>8</sub>      | 7K1 | sm 100            |
| 27177 | LS Hanušovice                                 | 518E <sub>9</sub>      | 8K2 | sm 100            |
| 27179 | LS Hanušovice                                 | 436A <sub>8</sub>      | 6K3 | sm 100            |
| 27180 | LS Hanušovice                                 | 404D <sub>8/1a</sub>   | 5S1 | sm 91,bk 9        |
| 27181 | LS Hanušovice                                 | 416A <sub>9</sub>      | 5S1 | sm 61,md 37,br 2  |
| 27183 | LS Hanušovice                                 | 469A <sub>8</sub>      | 6K3 | sm 100            |
| 27184 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 222B <sub>9/1p</sub>   | 6K3 | sm 100            |
| 27189 | LS Hanušovice                                 | 438C <sub>10</sub>     | 7K2 | sm 100            |
| 27192 | LS Hanušovice                                 | 313A <sub>7</sub>      | 6K3 | sm 100            |
| 27196 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 340C <sub>9</sub>      | 6S1 | sm 100            |
| 27199 | LS Janovice                                   | 104B <sub>9</sub>      | 8S2 | sm 100            |
| 27202 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 311A <sub>9</sub>      | 7N4 | sm 100            |
| 27206 | LS Loučná nad Desnou                          | 606C <sub>12a</sub>    | 4S1 | sm 100            |
| 27209 | LS Loučná nad Desnou                          | 505C <sub>12</sub>     | 6S1 | sm 100            |
| 27210 | LS Janovice                                   | 407B <sub>9/1p</sub>   | 6S1 | sm 100            |
| 27212 | LS Loučná nad Desnou                          | 304B <sub>14/1c</sub>  | 6A2 | bk 100            |
| 27220 | LS Loučná nad Desnou                          | 710A <sub>11/1a</sub>  | 5A3 | bk 100            |
| 27223 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 433A <sub>13b/1c</sub> | 5S1 | bk 100            |
| 27262 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 664C <sub>11</sub>     | 6K3 | bk 77,sm 23       |
| 27268 | LS Hanušovice                                 | 716B <sub>17/1</sub>   | 7N4 | sm 100            |
| 27275 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 672A <sub>16/1b</sub>  | 6S9 | bk 100            |
| 27277 | LS Hanušovice                                 | 303A <sub>8</sub>      | 7K2 | sm 100            |
| 27278 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 226A <sub>7</sub>      | 7S2 | sm 100            |
| 27279 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 203C <sub>7</sub>      | 6S1 | bk 61,sm 39       |
| 27283 | LS Janovice                                   | 404A <sub>5</sub>      | 6K1 | sm 100            |
| 27284 | LS Loučná nad Desnou                          | 718B <sub>4</sub>      | 7K2 | sm 100            |
| 27285 | LS Loučná nad Desnou                          | 507B <sub>4b</sub>     | 6S5 | sm 100            |
| 27286 | LS Janovice                                   | 116B <sub>8</sub>      | 7S3 | sm 100            |
| 27287 | LS Loučná nad Desnou                          | 624B <sub>4b</sub>     | 6F1 | sm 100            |
| 27288 | Biskupské lesy - Biskupství ostravsko-opavské | 514C <sub>5</sub>      | 6B1 | sm 100            |

| OM    | Vlastník                                      | Por. sk.              | LT  | Zastoupení dřevin |
|-------|-----------------------------------------------|-----------------------|-----|-------------------|
| 27290 | Biskupské lesy - Biskupství ostravsko-opavské | 518B <sub>6</sub>     | 6S1 | sm 100            |
| 27293 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 438B <sub>9</sub>     | 7S2 | sm 100            |
| 27294 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 435A <sub>5</sub>     | 6S1 | sm 100            |
| 27295 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 314D <sub>17b</sub>   | 7S3 | sm 100            |
| 27302 | Biskupské lesy - Biskupství ostravsko-opavské | 209B <sub>9</sub>     | 7V2 | sm 100            |
| 27304 | LS Janovice                                   | 607B <sub>6</sub>     | 7N3 | sm 100            |
| 27305 | LS Janovice                                   | 622C <sub>3</sub>     | 7K1 | sm 100            |
| 27309 | LS Loučná nad Desnou                          | 218D <sub>4a</sub>    | 5N2 | sm 100            |
| 27311 | LS Loučná nad Desnou                          | 211A <sub>10a</sub>   | 6K4 | sm 100            |
| 27313 | LS Hanušovice                                 | 360A <sub>17a</sub>   | 8Z2 | sm 100            |
| 27319 | LS Hanušovice                                 | 723C <sub>11</sub>    | 6K1 | sm 91,bk 9        |
| 27324 | LS Hanušovice                                 | 707B <sub>14</sub>    | 6K3 | sm 100            |
| 27350 | Biskupské lesy - Biskupství ostravsko-opavské | 206D <sub>10</sub>    | 6S1 | bk 78,sm 22       |
| 27358 | LS Hanušovice                                 | 217A <sub>6</sub>     | 5K1 | bk 100            |
| 27363 | LS Loučná nad Desnou                          | 322E <sub>7</sub>     | 6S5 | bk 100            |
| 27372 | LS Hanušovice                                 | 613B <sub>8</sub>     | 5S1 | sm 75,md 25       |
| 27373 | Arcibiskupské lesy a statky Olomouc           | 210A <sub>6</sub>     | 5S1 | sm 100            |
| 27374 | LS Loučná nad Desnou                          | 529B <sub>8a</sub>    | 5S1 | sm 83,kl 14,bk 3  |
| 27375 | LS Loučná nad Desnou                          | 720A <sub>10c</sub>   | 5S1 | sm 86,md 12,bk 2  |
| 27376 | LS Janovice                                   | 318C <sub>7</sub>     | 5B1 | bk 100            |
| 27377 | LS Janovice                                   | 218A <sub>10</sub>    | 6N4 | sm 88,bk 12       |
| 27378 | Biskupské lesy - Biskupství ostravsko-opavské | 417C <sub>12/1p</sub> | 5N3 | sm 100            |
| 27379 | Biskupské lesy - Biskupství ostravsko-opavské | 115E <sub>9/2b</sub>  | 6S1 | sm 100            |

## Příloha 2: Statistické zhodnocení údajů z chemických analýz

### 2a) Nadložní organický horizont (O)

| parametr                | jednotka            | horizont | N  | ar. průměr    | medián        | min.         | max.          | spodní kvartil | horní kvartil |
|-------------------------|---------------------|----------|----|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------|---------------|
| <b>pH</b> výměnné       |                     | <b>O</b> | 75 | <b>3,3</b>    | <b>3,2</b>    | <b>2,6</b>   | <b>5,0</b>    | <b>3,0</b>     | <b>3,5</b>    |
| <b>pH</b> aktivní       |                     | <b>O</b> | 75 | <b>4,1</b>    | <b>4,0</b>    | <b>3,5</b>   | <b>5,7</b>    | <b>3,8</b>     | <b>4,3</b>    |
| <b>N</b>                | %                   | <b>O</b> | 75 | <b>1,33</b>   | <b>1,32</b>   | <b>0,88</b>  | <b>1,75</b>   | <b>1,21</b>    | <b>1,47</b>   |
| <b>C<sub>ox</sub></b>   | %                   | <b>O</b> | 75 | <b>29,8</b>   | <b>30,3</b>   | <b>10,2</b>  | <b>42,7</b>   | <b>25,8</b>    | <b>33,6</b>   |
| <b>P<sub>dus</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>915</b>    | <b>865</b>    | <b>330</b>   | <b>1540</b>   | <b>729</b>     | <b>1065</b>   |
| <b>K<sub>dus</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>1251</b>   | <b>1100</b>   | <b>599</b>   | <b>4790</b>   | <b>925</b>     | <b>1360</b>   |
| <b>Ca<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>1760</b>   | <b>1140</b>   | <b>295</b>   | <b>10500</b>  | <b>732</b>     | <b>2105</b>   |
| <b>Mg<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>1509</b>   | <b>1160</b>   | <b>260</b>   | <b>5980</b>   | <b>591</b>     | <b>2180</b>   |
| <b>Al<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>7392</b>   | <b>6960</b>   | <b>2780</b>  | <b>17100</b>  | <b>5510</b>    | <b>8545</b>   |
| <b>Cd<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>0,41</b>   | <b>0,32</b>   | <b>0,07</b>  | <b>1,42</b>   | <b>0,22</b>    | <b>0,52</b>   |
| <b>Cr<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>10,84</b>  | <b>9,14</b>   | <b>3,57</b>  | <b>34,00</b>  | <b>6,69</b>    | <b>13,75</b>  |
| <b>Cu<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>9,93</b>   | <b>10,10</b>  | <b>4,17</b>  | <b>18,90</b>  | <b>7,79</b>    | <b>11,90</b>  |
| <b>Fe<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>10330</b>  | <b>9640</b>   | <b>2290</b>  | <b>26900</b>  | <b>5915</b>    | <b>13700</b>  |
| <b>Mn<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>192,3</b>  | <b>123,0</b>  | <b>25,9</b>  | <b>1100,0</b> | <b>61,0</b>    | <b>245,5</b>  |
| <b>Pb<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>95,0</b>   | <b>92,2</b>   | <b>30,0</b>  | <b>217,0</b>  | <b>74,5</b>    | <b>116,5</b>  |
| <b>Zn<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>O</b> | 75 | <b>39,4</b>   | <b>37,3</b>   | <b>15,9</b>  | <b>121,0</b>  | <b>30,6</b>    | <b>43,5</b>   |
| <b>humus</b>            | t.ha <sup>-1</sup>  | <b>O</b> | 75 | <b>125,99</b> | <b>114,08</b> | <b>23,32</b> | <b>296,00</b> | <b>85,68</b>   | <b>147,44</b> |
| <b>C/P</b>              |                     | <b>O</b> | 75 | <b>352</b>    | <b>350</b>    | <b>86</b>    | <b>785</b>    | <b>273</b>     | <b>438</b>    |
| <b>C/N</b>              |                     | <b>O</b> | 75 | <b>22</b>     | <b>22</b>     | <b>9</b>     | <b>30</b>     | <b>21</b>      | <b>24</b>     |
| <b>Ca/(Ca+Al+Fe)</b>    |                     | <b>O</b> | 75 | <b>0,10</b>   | <b>0,07</b>   | <b>0,01</b>  | <b>0,65</b>   | <b>0,04</b>    | <b>0,12</b>   |

**2b) Organominerální (A) a minerální (B) horizont**

| parametr                | jednotka              | horizont | N  | ar. průměr | medián | min.  | max.   | spodní kvartil | horní kvartil |
|-------------------------|-----------------------|----------|----|------------|--------|-------|--------|----------------|---------------|
| <b>pH</b> výměnné       |                       | A        | 75 | 3,6        | 3,5    | 3,0   | 4,8    | 3,3            | 3,8           |
|                         |                       | B        | 75 | 4,0        | 4,0    | 3,0   | 4,4    | 3,7            | 4,2           |
| <b>pH</b> aktivní       |                       | A        | 75 | 4,3        | 4,3    | 3,7   | 5,6    | 4,1            | 4,6           |
|                         |                       | B        | 75 | 4,6        | 4,6    | 3,6   | 5,3    | 4,4            | 4,8           |
| <b>vým. acidita</b>     | mekv.kg <sup>-1</sup> | A        | 75 | 154,8      | 154,0  | 68,0  | 257,0  | 126,5          | 180,5         |
|                         |                       | B        | 75 | 133,7      | 134,0  | 77,6  | 224,0  | 111,5          | 149,5         |
| <b>C<sub>ox</sub></b>   | %                     | A        | 75 | 5,28       | 5,38   | 2,93  | 7,61   | 4,52           | 6,05          |
|                         |                       | B        | 75 | 4,31       | 4,29   | 1,29  | 7,03   | 3,66           | 5,13          |
| <b>N</b>                | %                     | A        | 75 | 0,30       | 0,30   | 0,18  | 0,45   | 0,27           | 0,33          |
|                         |                       | B        | 75 | 0,26       | 0,25   | 0,13  | 0,39   | 0,21           | 0,30          |
| <b>C/N</b>              |                       | A        | 75 | 17,7       | 17,6   | 12,7  | 24,5   | 15,4           | 19,5          |
|                         |                       | B        | 75 | 16,7       | 17,2   | 7,6   | 26,5   | 14,2           | 19,1          |
| <b>Al<sub>M3</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 1877       | 1960   | 429   | 3390   | 1575           | 2240          |
|                         |                       | B        | 75 | 2361       | 2440   | 870   | 3430   | 2020           | 2755          |
| <b>P<sub>M3</sub></b>   | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 5,67*      | <3,50  | <3,50 | 87,70  | <3,50          | 4,00          |
|                         |                       | B        | 75 | 4,93*      | <3,50  | <3,50 | 85,30  | <3,50          | <3,50         |
| <b>K<sub>M3</sub></b>   | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 52,1       | 49,8   | 20,1  | 131,0  | 39,8           | 60,3          |
|                         |                       | B        | 75 | 31,4*      | 30,1   | <20,0 | 86,0   | 24,2           | 37,2          |
| <b>Ca<sub>M3</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 144,7*     | 70,4   | <30,0 | 1700,0 | 40,8           | 126,5         |
|                         |                       | B        | 75 | 73,2*      | 46,6   | <30,0 | 321,0  | <30,0          | 91,7          |
| <b>Mg<sub>M3</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 63,2*      | 29,3   | <10,0 | 567,0  | 19,8           | 48,6          |
|                         |                       | B        | 75 | 30,3*      | 14,4   | <10,0 | 195,0  | 11,0           | 26,6          |
| <b>Fe<sub>M3</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 625        | 636    | 285   | 1170   | 473            | 733           |
|                         |                       | B        | 75 | 429        | 411    | 75    | 839    | 242            | 588           |
| <b>S<sub>M3</sub></b>   | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 28,7       | 26,5   | 7,2   | 69,6   | 19,8           | 35,1          |
|                         |                       | B        | 75 | 37,8       | 33,6   | 11,6  | 109,0  | 27,3           | 43,1          |
| <b>P<sub>dus</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 167,2      | 122,0  | 23,8  | 642,0  | 83,7           | 192,0         |
|                         |                       | B        | 75 | 190,6      | 129,0  | 16,9  | 759,0  | 84,2           | 237,5         |
| <b>K<sub>dus</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 152,6      | 109,0  | 34,2  | 707,0  | 75,5           | 190,5         |
|                         |                       | B        | 75 | 156,1      | 109,0  | 43,9  | 776,0  | 69,0           | 219,5         |
| <b>Mg<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 892,0      | 434,0  | 23,4  | 5040,0 | 167,0          | 970,0         |
|                         |                       | B        | 75 | 1112,4     | 742,0  | 13,3  | 4550,0 | 245,5          | 1610,0        |
| <b>Ca<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 274,4      | 144,0  | 26,4  | 2380,0 | 77,8           | 343,5         |
|                         |                       | B        | 75 | 240,7      | 167,0  | 25,7  | 955,0  | 85,1           | 301,0         |
| <b>Al<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 6092       | 5020   | 540   | 28000  | 3100           | 8330          |
|                         |                       | B        | 75 | 9866       | 9330   | 1250  | 27500  | 6435           | 12600         |
| <b>Cd<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 0,26*      | 0,22   | <0,20 | 1,10   | <0,20          | 0,37          |
|                         |                       | B        | 75 | 0,21*      | <0,20  | <0,20 | 0,90   | <0,20          | 0,31          |
| <b>Cr<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 8,83       | 7,53   | 0,41  | 32,90  | 4,19           | 12,65         |
|                         |                       | B        | 75 | 11,89      | 12,80  | 0,34  | 32,10  | 5,88           | 16,90         |
| <b>Cu<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 8,73       | 7,18   | 1,14  | 46,20  | 4,16           | 12,30         |
|                         |                       | B        | 75 | 7,73       | 6,04   | 1,00  | 29,30  | 3,52           | 9,61          |
| <b>Fe<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 11181      | 11000  | 685   | 34100  | 6130           | 14400         |
|                         |                       | B        | 75 | 14381      | 13000  | 578   | 32700  | 10550          | 18450         |
| <b>Mn<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup>   | A        | 75 | 215,6      | 95,6   | 4,1   | 3330,0 | 30,5           | 240,0         |
|                         |                       | B        | 75 | 254,2      | 179,0  | 3,1   | 1810,0 | 70,9           | 311,5         |

| parametr                | jednotka            | horizont | N  | ar. průměr | medián | min.  | max.   | spodní kvartil | horní kvartil |
|-------------------------|---------------------|----------|----|------------|--------|-------|--------|----------------|---------------|
| <b>Pb<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 44,7       | 42,9   | 13,1  | 84,3   | 32,6           | 56,7          |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 23,5       | 21,5   | 5,8   | 70,3   | 15,7           | 27,9          |
| <b>Zn<sub>dus</sub></b> | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 16,65      | 12,50  | 3,14  | 98,70  | 8,42           | 18,25         |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 17,96      | 13,20  | 3,19  | 79,10  | 8,73           | 22,30         |
| <b>Al<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 16058      | 15800  | 2290  | 43200  | 10550          | 20500         |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 22259      | 23300  | 4350  | 44500  | 18200          | 26250         |
| <b>Ca<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 734,0      | 516,0  | 80,0  | 4510,0 | 204,5          | 862,5         |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 752,4      | 439,0  | 56,70 | 4240,0 | 263,0          | 915,5         |
| <b>Cd<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 0,30*      | 0,24   | <0,15 | 1,20   | 0,17           | 0,40          |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 0,22*      | 0,20   | <0,15 | 1,02   | <0,15          | 0,32          |
| <b>Cr<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 31,51      | 28,20  | 5,71  | 86,50  | 18,70          | 39,90         |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 39,70      | 38,10  | 5,86  | 91,90  | 26,40          | 50,20         |
| <b>Cu<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 17,37      | 16,90  | 1,98  | 49,40  | 9,64           | 23,75         |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 19,41      | 18,10  | 2,64  | 50,50  | 11,25          | 26,70         |
| <b>Fe<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 26945      | 27600  | 2200  | 63300  | 18350          | 37200         |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 34898      | 35700  | 4180  | 67400  | 23900          | 42050         |
| <b>K<sub>AR</sub></b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 1521       | 1260   | 443   | 5500   | 813            | 2090          |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 2034       | 1770   | 593   | 5200   | 1030           | 2735          |
| <b>Mg<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 3739       | 2800   | 205   | 12600  | 1270           | 5710          |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 5234       | 4990   | 186   | 15600  | 2665           | 7290          |
| <b>Mn<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 372,7      | 254,0  | 20,60 | 4160,0 | 117,5          | 487,5         |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 465,4      | 387,0  | 22,00 | 3840,0 | 229,0          | 573,5         |
| <b>P<sub>AR</sub></b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 518        | 438    | 111   | 1800   | 365            | 626           |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 499        | 420    | 154   | 1200   | 343            | 593           |
| <b>Pb<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 49,8       | 49,2   | 13,4  | 93,3   | 36,6           | 62,6          |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 28,3       | 25,4   | 7,5   | 77,0   | 20,1           | 33,0          |
| <b>Zn<sub>AR</sub></b>  | mg.kg <sup>-1</sup> | <b>A</b> | 75 | 46,5       | 38,0   | 7,1   | 208,0  | 23,8           | 58,2          |
|                         |                     | <b>B</b> | 75 | 56,2       | 49,4   | 8,7   | 196,0  | 33,0           | 69,0          |

\* detekční minimum 3,50 mg/kg. Hodnoty <3,50 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 1,75 a výsledek je tedy orientační.

\* detekční minimum 20,0 mg/kg. Hodnoty <20,0 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 10,0 a výsledek je tedy orientační.

\* detekční minimum 30 mg/kg. Hodnoty <30 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 15 a výsledek je tedy orientační.

\* detekční minimum 10 mg/kg. Hodnoty <10 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 5 a výsledek je tedy orientační.

\* detekční minimum 0,20 mg/kg. Hodnoty <0,20 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 0,10 a výsledek je tedy orientační.

\* detekční minimum 0,15 mg/kg. Hodnoty <0,15 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 0,075 a výsledek je tedy orientační.

**2c) chemizmus asimilačních orgánů smrk ztepilý**

| parametr | jednotka            | jehlice          | N  | ar. průměr | medián | min.  | max.  | spodní kvartil | horní kvartil |
|----------|---------------------|------------------|----|------------|--------|-------|-------|----------------|---------------|
| N        | %                   | běžného roku     | 65 | 1,4        | 1,4    | 1,2   | 1,8   | 1,4            | 1,5           |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 1,4        | 1,4    | 1,1   | 1,7   | 1,3            | 1,5           |
| P        | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 1651       | 1690   | 1080  | 2290  | 1460           | 1830          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 1309       | 1310   | 890   | 1900  | 1120           | 1440          |
| K        | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 6076       | 5890   | 3400  | 10500 | 4870           | 7410          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 4880       | 4970   | 2560  | 7430  | 3900           | 5870          |
| Ca       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 3251       | 3160   | 1410  | 5610  | 2470           | 3700          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 4832       | 4470   | 1620  | 9550  | 3340           | 5800          |
| Mg       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 1110       | 1060   | 667   | 1610  | 951            | 1200          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 1040       | 999    | 495   | 1900  | 820            | 1230          |
| Al       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 58,9       | 58,6   | 15,6  | 107,0 | 46,3           | 71,6          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 78,8       | 78,6   | 23,5  | 161,0 | 58,4           | 96,9          |
| B        | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 15,4       | 15,5   | 6,4   | 22,5  | 13,5           | 17,2          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 14,7       | 15,2   | 5,5   | 23,1  | 12,6           | 17,2          |
| Cd       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 0,07*      | 0,06   | <0,02 | 0,25  | 0,04           | 0,10          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 0,07*      | 0,06   | <0,02 | 0,27  | 0,04           | 0,08          |
| Cr       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 0,15*      | 0,14   | <0,1  | 0,26  | 0,13           | 0,17          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 0,16       | 0,15   | 0,10  | 0,29  | 0,13           | 0,19          |
| Cu       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 3,28       | 3,27   | 2,51  | 4,05  | 3,10           | 3,47          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 2,61       | 2,62   | 1,78  | 3,43  | 2,42           | 2,80          |
| Fe       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 34,8       | 34,3   | 26,4  | 47,8  | 30,3           | 38,2          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 42,1       | 40,6   | 29,4  | 63,5  | 35,4           | 48,6          |
| Mn       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 454        | 355    | 88    | 1480  | 214            | 615           |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 586        | 464    | 110   | 1920  | 269            | 798           |
| Ni       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 1,69       | 1,53   | 0,18  | 3,80  | 1,17           | 2,20          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 1,01       | 0,89   | 0,10  | 2,45  | 0,62           | 1,15          |
| Pb       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 0,17*      | <0,20  | <0,20 | 0,43  | <0,20          | 0,23          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 0,26*      | 0,26   | <0,20 | 0,53  | 0,23           | 0,31          |
| S        | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 974        | 966    | 769   | 1280  | 910            | 1020          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 990        | 983    | 742   | 1200  | 942            | 1030          |
| Zn       | mg.kg <sup>-1</sup> | běžného roku     | 65 | 30,8       | 30,6   | 17,5  | 48,7  | 27,7           | 34,0          |
|          |                     | předchozího roku | 65 | 25,2       | 24,1   | 12,4  | 53,1  | 20,2           | 29,4          |
| N/Ca     |                     | běžného roku     | 65 | 4,82       | 4,56   | 2,28  | 9,50  | 3,59           | 5,41          |
| N/Mg     |                     | běžného roku     | 65 | 13,25      | 13,08  | 8,44  | 18,93 | 11,56          | 14,71         |
| P/Zn     |                     | běžného roku     | 65 | 55,66      | 56,63  | 31,63 | 83,10 | 46,07          | 64,34         |
| K/Ca     |                     | běžného roku     | 65 | 2,11       | 1,78   | 0,65  | 5,57  | 1,45           | 2,65          |
| K/Mg     |                     | běžného roku     | 65 | 5,75       | 5,65   | 2,18  | 12,10 | 4,28           | 6,95          |
| S/Ca     |                     | běžného roku     | 65 | 0,33       | 0,30   | 0,17  | 0,64  | 0,26           | 0,39          |
| S/Mg     |                     | běžného roku     | 65 | 0,90       | 0,89   | 0,58  | 1,35  | 0,80           | 1,00          |
| S/N      |                     | běžného roku     | 65 | 0,068      | 0,068  | 0,062 | 0,080 | 0,065          | 0,070         |

Cd\*: detekční minimum 0,02 mg/kg. Hodnoty <0,02 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 0,01 a označený výsledek je tedy orientační.

Cr\*: detekční minimum 0,1 mg/kg. Hodnoty <0,1 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 0,05 a označený výsledek je tedy orientační.

Pb\*: detekční minimum 0,20 mg/kg. Hodnoty <0,20 byly pro účely výpočtu nahrazeny hodnotou 0,10 a označený výsledek je tedy orientační.

**2d) chemizmus asimilačních orgánů buk lesní**

| parametr    | jednotka            | pletivo | N  | ar. průměr | medián | min.  | max.  | spodní kvartil | horní kvartil |
|-------------|---------------------|---------|----|------------|--------|-------|-------|----------------|---------------|
| <b>N</b>    | %                   | list    | 14 | 2,1        | 2,0    | 1,8   | 2,5   | 1,9            | 2,3           |
| <b>P</b>    | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 1430       | 1320   | 1030  | 2020  | 1288           | 1608          |
| <b>K</b>    | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 8534       | 9185   | 4770  | 11100 | 7633           | 9630          |
| <b>Ca</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 10619      | 10850  | 4880  | 17200 | 8475           | 11900         |
| <b>Mg</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 1705       | 1535   | 1150  | 2960  | 1355           | 1743          |
| <b>Al</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 78,9       | 78,0   | 51,9  | 103,0 | 70,2           | 86,3          |
| <b>B</b>    | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 21,0       | 19,1   | 13,2  | 42,8  | 16,5           | 22,4          |
| <b>Cd</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 0,11       | 0,10   | 0,06  | 0,18  | 0,08           | 0,15          |
| <b>Cr</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 0,27       | 0,27   | 0,19  | 0,36  | 0,23           | 0,31          |
| <b>Cu</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 6,48       | 6,44   | 4,97  | 7,52  | 5,94           | 6,98          |
| <b>Fe</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 97,6       | 94,3   | 74,8  | 129,0 | 89,1           | 104,5         |
| <b>Mn</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 1011       | 824    | 221   | 2310  | 527            | 1508          |
| <b>Ni</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 1,95       | 1,53   | 0,97  | 4,63  | 1,12           | 2,58          |
| <b>Pb</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 0,62       | 0,60   | 0,31  | 1,20  | 0,53           | 0,66          |
| <b>S</b>    | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 1474       | 1435   | 1330  | 1690  | 1395           | 1568          |
| <b>Zn</b>   | mg.kg <sup>-1</sup> | list    | 14 | 28,9       | 29,8   | 19,4  | 35,1  | 25,4           | 31,5          |
| <b>N/Ca</b> |                     | list    | 14 | 2,20       | 1,99   | 1,10  | 5,12  | 1,57           | 2,42          |
| <b>N/Mg</b> |                     | list    | 14 | 13,17      | 12,29  | 7,93  | 21,74 | 10,86          | 15,02         |
| <b>P/Zn</b> |                     | list    | 14 | 50,13      | 52,36  | 29,34 | 64,54 | 43,78          | 56,51         |
| <b>K/Ca</b> |                     | list    | 14 | 0,88       | 0,81   | 0,44  | 1,89  | 0,61           | 1,00          |
| <b>K/Mg</b> |                     | list    | 14 | 5,54       | 5,81   | 1,61  | 8,47  | 4,15           | 7,11          |
| <b>S/Ca</b> |                     | list    | 14 | 0,15       | 0,14   | 0,08  | 0,35  | 0,12           | 0,17          |
| <b>S/Mg</b> |                     | list    | 14 | 0,93       | 0,92   | 0,53  | 1,47  | 0,77           | 1,09          |
| <b>S/N</b>  |                     | list    | 14 | 0,071      | 0,071  | 0,063 | 0,079 | 0,068          | 0,073         |

### Příloha 3: Výsledky mikrobiologických rozborů

| L.    | Hor. | Cox  | N <sub>tot</sub> | CN   | Cext | N <sub>ext</sub> | MBC  | MBN | RES  | RSS  | SRS   | MiQC | qC   | SRS_MiOC | AMO   |
|-------|------|------|------------------|------|------|------------------|------|-----|------|------|-------|------|------|----------|-------|
| 27601 | F    | 46,5 | 1,75             | 26,5 | 352  | 350              | 2820 | 460 | 6,57 | 37,2 | 178,8 | 0,61 | 2,33 | 63,402   | 28,16 |
| 27601 | H    | 34,8 | 1,47             | 23,6 | 143  | 202              | 1944 | 297 | 2,47 | 13,4 | 60,6  | 0,56 | 1,27 | 31,163   | 30,06 |
| 27601 | M    | 12,6 | 0,63             | 20,0 | 165  | 58               | 720  | 90  | 1,87 | 5,4  | 19,2  | 0,57 | 2,60 | 26,656   | 3,49  |
| 27602 | F    | 42,4 | 1,74             | 24,4 | 562  | 641              | 3345 | 574 | 9,09 | 51,2 | 229,9 | 0,79 | 2,72 | 68,731   | 38,02 |
| 27602 | H    | 14,0 | 0,86             | 16,3 | 195  | 168              | 1410 | 205 | 2,92 | 11,0 | 61,0  | 1,01 | 2,07 | 43,278   | 24,91 |
| 27602 | M    | 5,5  | 0,36             | 15,3 | 210  | 67               | 578  | 101 | 0,70 | 3,0  | 15,8  | 1,05 | 1,21 | 27,327   | 4,69  |

|       |   |      |      |      |     |     |      |     |       |       |       |      |       |         |       |
|-------|---|------|------|------|-----|-----|------|-----|-------|-------|-------|------|-------|---------|-------|
| 27054 | F | 41,6 | 1,98 | 21,1 | 457 | 469 | 1172 | 405 | 11,60 | 33,85 | 135,0 | 0,28 | 9,90  | 115,264 | 19,92 |
| 27054 | H | 32,5 | 1,64 | 19,8 | 275 | 160 | 1003 | 121 | 6,19  | 17,52 | 59,7  | 0,31 | 6,17  | 59,522  | 12,63 |
| 27054 | M | 11,1 | 0,56 | 19,9 | 181 | 49  | 266  | 69  | 1,36  | 3,27  | 16,3  | 0,24 | 5,12  | 61,124  | 4,52  |
| 27052 | F | 46,8 | 1,85 | 25,3 | 413 | 405 | 970  | 181 | 10,55 | 28,65 | 114,7 | 0,21 | 10,88 | 118,308 | 18,64 |
| 27052 | H | 33,5 | 1,71 | 19,6 | 346 | 158 | 687  | 165 | 6,10  | 16,86 | 51,2  | 0,20 | 8,88  | 74,607  | 13,86 |
| 27052 | M | 10,9 | 0,49 | 22,3 | 171 | 60  | 315  | 56  | 1,13  | 2,90  | 10,2  | 0,29 | 3,58  | 32,446  | 3,34  |

Vysvětlivky: C<sub>ox</sub> – oxidovatelný uhlík, N<sub>tot</sub> – celkový dusík, C/N poměr C<sub>ox</sub>/C<sub>tot</sub>, C<sub>ext</sub> – extrahovatelný uhlík, N<sub>ext</sub> – extrahovatelný dusík, MBC – uhlík mikrobiální biomasy, MBN – dusík mikrobiální biomasy, RES – bazální respirace titračně, RSS – bazální respirace OxiTop, SRS – substrátem indukovaná respirace, MiQC = MBC / C<sub>ox</sub>, qC = MBC / C<sub>ox</sub>, SRS\_MiOC = SRS/MBC, AMO – anaerobní amonifikace

Jednotky:

| označení         | jednotka                                                           | proces                                 |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| RES              | μgCO <sub>2</sub> -C.g <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup>              | bazální respirace titračně             |
| RSS              | μgO <sub>2</sub> .g <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup>                 | bazální respirace OxiTop               |
| SRS              | μgO <sub>2</sub> .g <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup>                 | substrátem indukovaná respirace OxiTop |
| MiQC             | %                                                                  | MBC / C <sub>ox</sub>                  |
| QC               | μgCO <sub>2</sub> -C.h <sup>-1</sup> mgMBC <sup>-1</sup>           | RS / MBC                               |
| SRS_MiQC         | μgO <sub>2</sub> .h <sup>-1</sup> mgMBC <sup>-1</sup>              | SRS / MBC                              |
| AMO              | μgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N.g <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> | anaerobní amonifikace                  |
| RKR <sub>u</sub> | h <sup>-1</sup>                                                    | specifická růstová rychlost            |

RES – respirace (CO<sub>2</sub>), RSS – respirace (O<sub>2</sub>), SRS substrátem indukovaná respirace, MiQC – poměr MBC/C<sub>ox</sub>, qC – poměr RSS/MBC, AMO – amonifikace, RKR<sub>u</sub> – specifická růstová rychlost

| Lokalita | horizont | URE  | AGL | AGM  | B4F  | BGL  | DCB | SUL | XPN | 4FF   | RKR <sub>u</sub> |
|----------|----------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-------|------------------|
| 27601    | F        | 55,4 | 38  | 1115 | 1131 | 1117 | 293 | 152 | 387 | 10697 | 0,183            |
| 27601    | H        | 18,1 | 47  | 332  | 870  | 599  | 71  | 420 | 426 | 8526  | 0,153            |
| 27601    | M        | 6,0  | 32  | 184  | 575  | 167  | 34  | 453 | 199 | 5702  | 0,110            |
| 27602    | F        | 74,7 | 136 | 1420 | 1172 | 1148 | 166 | 354 | 372 | 5618  | 0,170            |
| 27602    | H        | 23,4 | 64  | 383  | 781  | 359  | 50  | 826 | 176 | 5700  | 0,130            |
| 27602    | M        | 7,4  | 17  | 192  | 523  | 112  | 16  | 715 | 52  | 2395  | 0,115            |

|       |   |      |  |     |      |      |  |     |     |       |       |
|-------|---|------|--|-----|------|------|--|-----|-----|-------|-------|
| 27054 | F | 28,4 |  | 925 | 984  | 1108 |  | 224 | 761 | 10077 | 0,182 |
| 27054 | H | 3,2  |  | 464 | 1082 | 703  |  | 371 | 678 | 8770  | 0,176 |
| 27054 | M | 0,3  |  | 95  | 471  | 129  |  | 253 | 107 | 8772  | 0,104 |
| 27052 | F | 39,7 |  | 824 | 1219 | 958  |  | 222 | 598 | 8415  | 0,192 |
| 27052 | H | 5,3  |  | 450 | 1263 | 630  |  | 413 | 666 | 9102  | 0,215 |
| 27052 | M | 2,4  |  | 66  | 325  | 84   |  | 181 | 80  | 3111  | 0,127 |

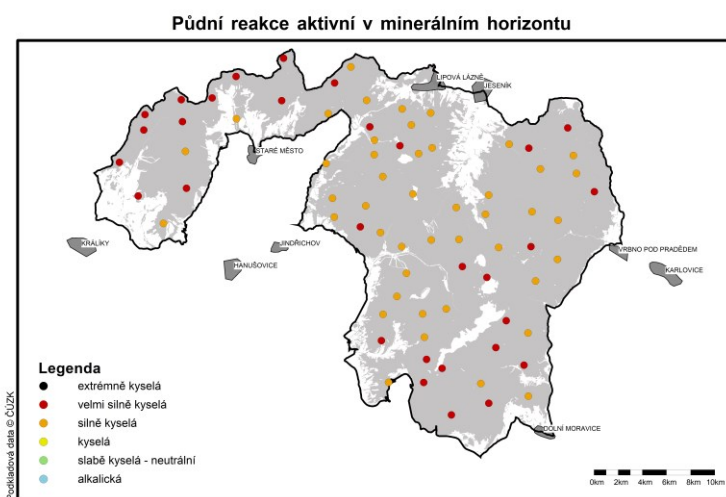
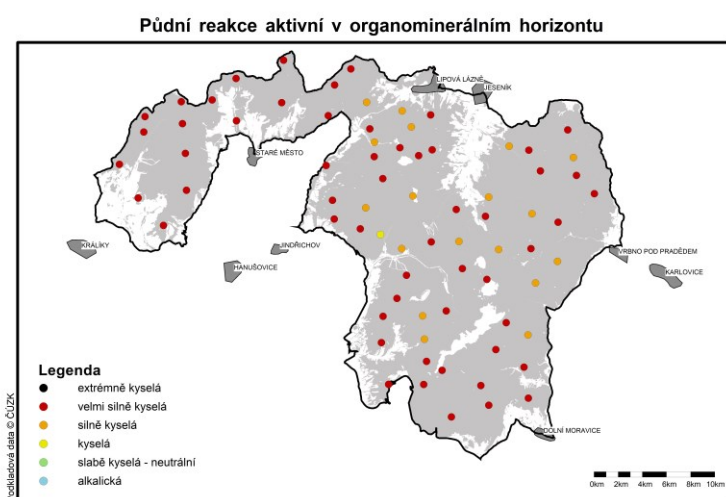
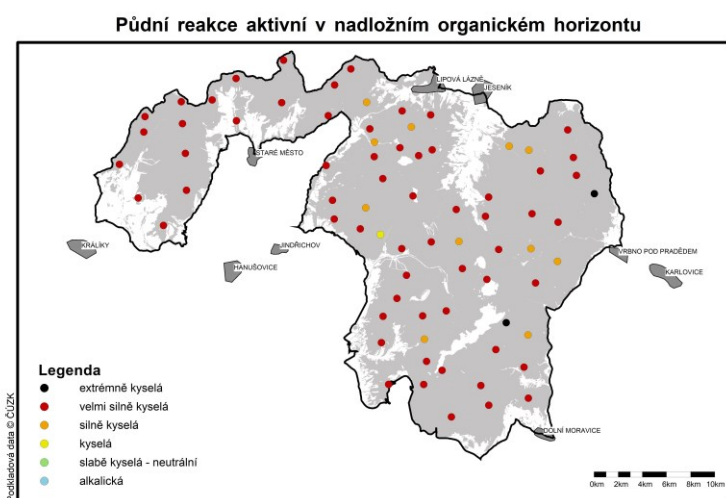
Vysvětlivky: URE – ureáza; AGL- α-glukosidáza; AGM - chitináza; B4F - fosfodiesteráza; BGL - glukosidáza; DCB – cellobiosidáza; SUL – arylsulfatáza; XPN - β- xylosidáza; 4FF – fosfomonoesteráza, RKR – specifická růstová rychlost

### Příloha 4: Model koloběhu makroživin ve smrkovém ekosystému

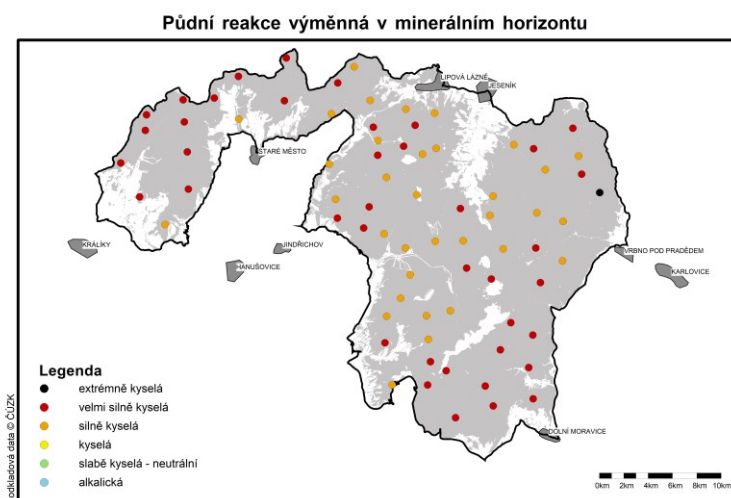
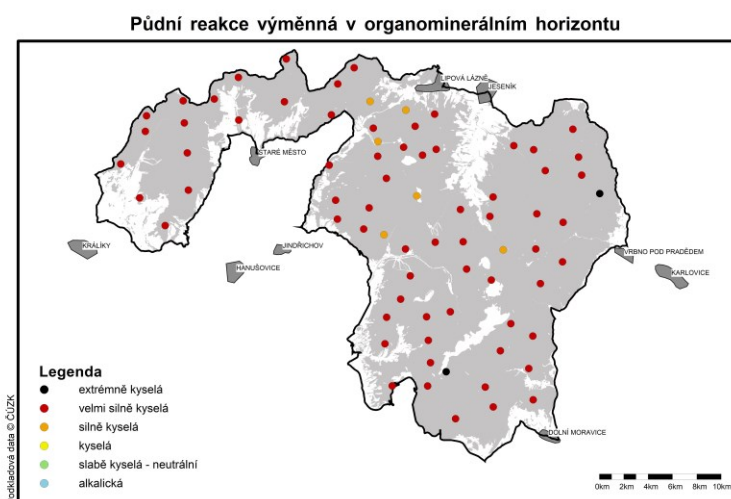
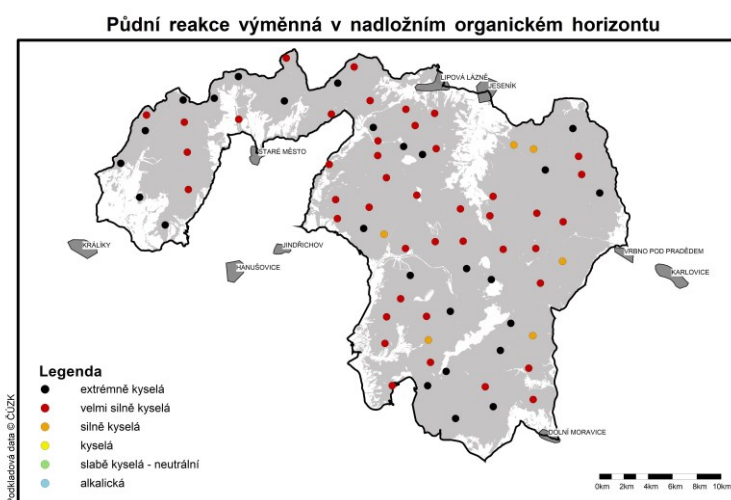
| PLO 27  | Extrahovatelný obsah (mg/kg) | Přístupný obsah (mg/kg) | Plocha 1 ha | mocnost (m) | měrná hmotnost (kg*m <sup>-3</sup> ) | 100% - skeletovitost v % | množství listového/nadložního materiálu (kg/ha) | zakmenění | Činitel (kompartiment) (kg/ha) | extrahovatelné množství živiny (kg /ha) | přístupné množství živiny (kg/ha) |
|---------|------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
|         | Ntot                         |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                |                                         |                                   |
| jehlice | 14000                        |                         |             |             |                                      |                          | 2900                                            | 0,86      |                                | 34,9                                    |                                   |
| humus   | 13200                        |                         |             |             |                                      |                          | 114000                                          |           |                                | 1504,8                                  |                                   |
| A       | 300                          |                         | 10000       | 0,15        | 1400                                 | 0,55                     |                                                 |           | 1155000,0                      | 346,5                                   |                                   |
| B       | 250                          |                         | 10000       | 0,2         | 1600                                 | 0,45                     |                                                 |           | 1440000,0                      | 360,0                                   |                                   |
|         |                              |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                | 706,5                                   |                                   |
|         | P                            |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                |                                         |                                   |
| jehlice | 1690                         |                         |             |             |                                      |                          | 2900                                            | 0,86      |                                | 4,2                                     |                                   |
| humus   | 865                          |                         |             |             |                                      |                          | 77800                                           |           |                                | 67,3                                    |                                   |
| A       | 122                          | 3,4                     | 10000       | 0,15        | 1400                                 | 0,55                     |                                                 |           | 1155000,0                      | 140,9                                   | 3,9                               |
| B       | 129                          | 3,3                     | 10000       | 0,2         | 1600                                 | 0,45                     |                                                 |           | 1440000,0                      | 185,8                                   | 4,8                               |
|         |                              |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                | 326,7                                   | 8,7                               |
|         | Ca                           |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                |                                         |                                   |
| jehlice | 3160                         |                         |             |             |                                      |                          | 2900                                            | 0,86      |                                | 7,9                                     |                                   |
| humus   | 1140                         |                         |             |             |                                      |                          | 77800                                           |           |                                | 88,7                                    |                                   |
| A       | 144                          | 70                      | 10000       | 0,15        | 1400                                 | 0,55                     |                                                 |           | 1155000,0                      | 166,3                                   | 80,9                              |
| B       | 240                          | 47                      | 10000       | 0,2         | 1600                                 | 0,45                     |                                                 |           | 1440000,0                      | 345,6                                   | 67,7                              |
|         |                              |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                | 511,9                                   | 148,5                             |
|         | K                            |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                |                                         |                                   |
| jehlice | 5890                         |                         |             |             |                                      |                          | 2900                                            | 0,86      |                                | 14,7                                    |                                   |
| humus   | 1100                         |                         |             |             |                                      |                          | 77800                                           |           |                                | 85,6                                    |                                   |
| A       | 109                          | 50                      | 10000       | 0,15        | 1400                                 | 0,55                     |                                                 |           | 1155000,0                      | 125,9                                   | 57,8                              |
| B       | 109                          | 30                      | 10000       | 0,2         | 1600                                 | 0,45                     |                                                 |           | 1440000,0                      | 157,0                                   | 43,2                              |
|         |                              |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                | 282,9                                   | 101,0                             |
|         | Mg                           |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                |                                         |                                   |
| jehlice | 1060                         |                         |             |             |                                      |                          | 2900                                            | 0,86      |                                | 2,6                                     |                                   |
| humus   | 1160                         |                         |             |             |                                      |                          | 77800                                           |           |                                | 90,2                                    |                                   |
| A       | 434                          | 29                      | 10000       | 0,15        | 1400                                 | 0,55                     |                                                 |           | 1155000,0                      | 501,3                                   | 33,5                              |
| B       | 742                          | 14                      | 10000       | 0,2         | 1600                                 | 0,45                     |                                                 |           | 1440000,0                      | 1068,5                                  | 20,2                              |
| A+B     |                              |                         |             |             |                                      |                          |                                                 |           |                                | 1569,8                                  | 53,7                              |

## Příloha 5: Vybrané kartogramy

### 5a) půdní reakce aktivní

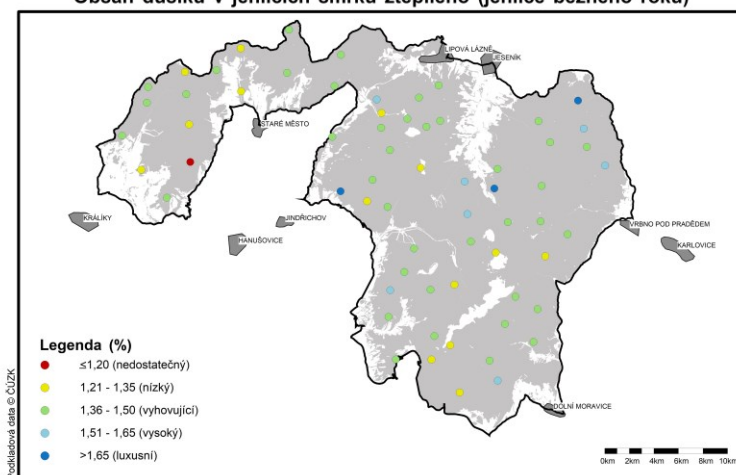


## 5b) půdní reakce výměnná

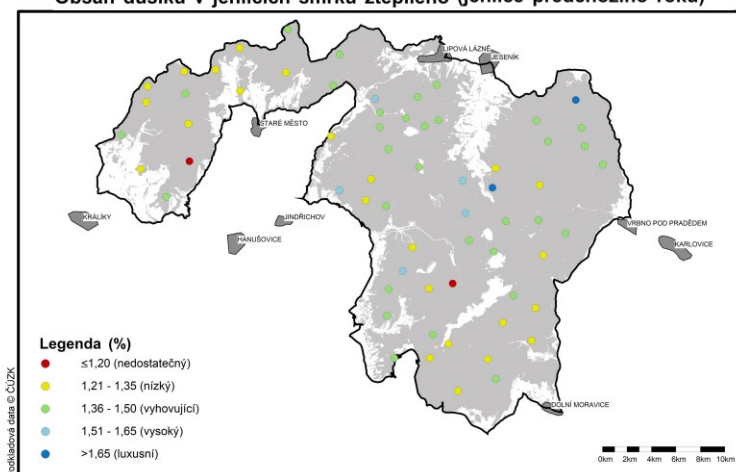




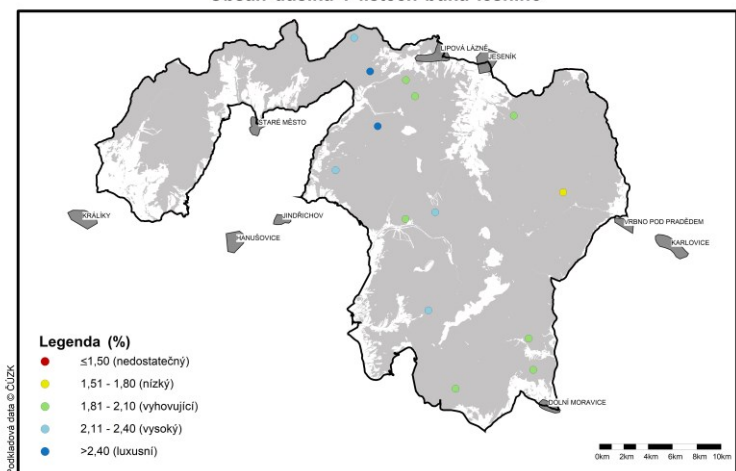
Obsah dusíku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice běžného roku)



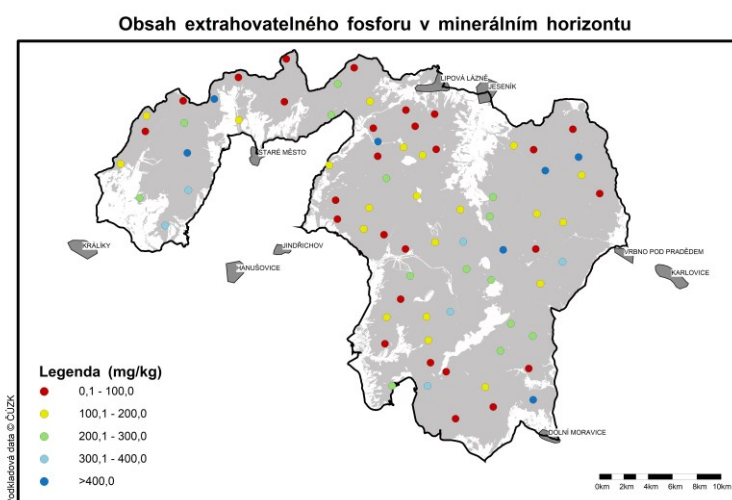
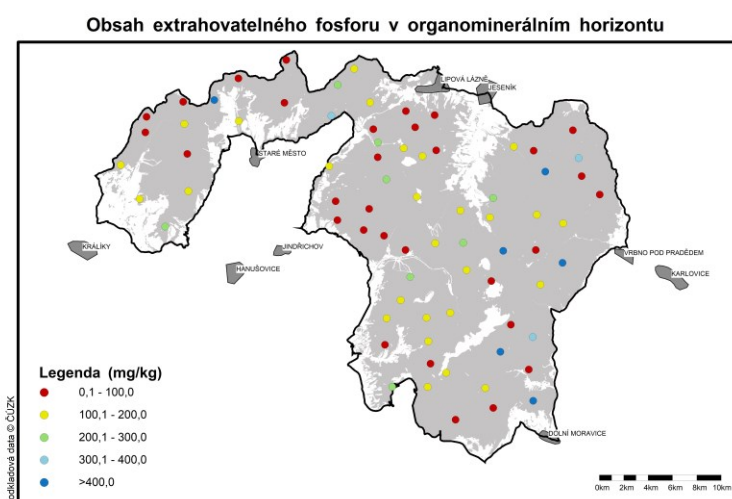
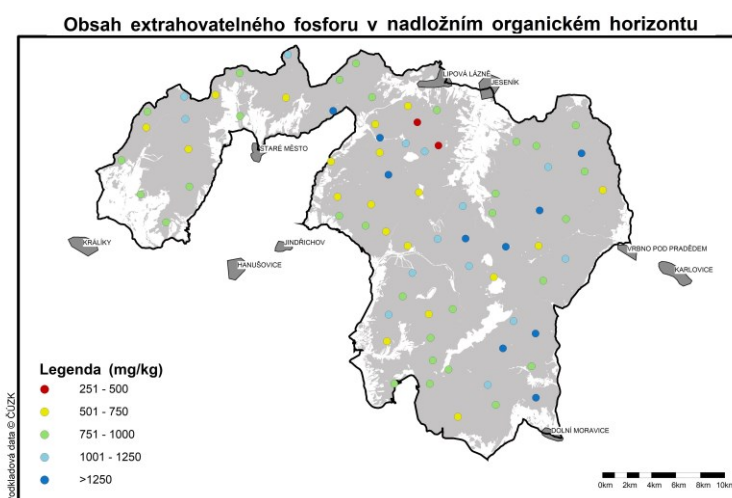
Obsah dusíku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice předchozího roku)



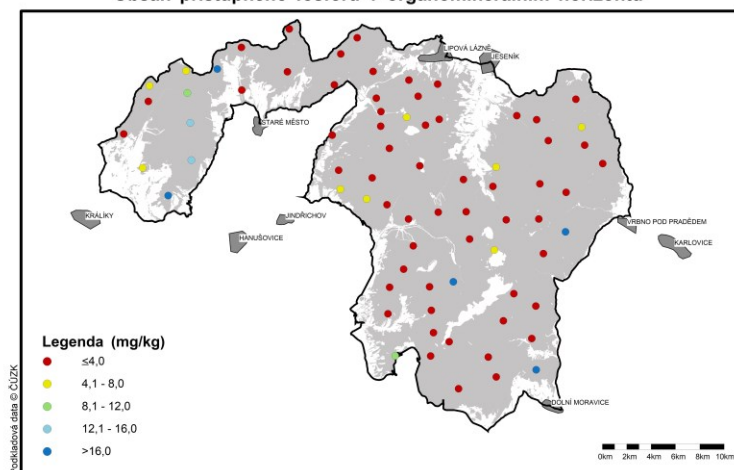
Obsah dusíku v listech buku lesního



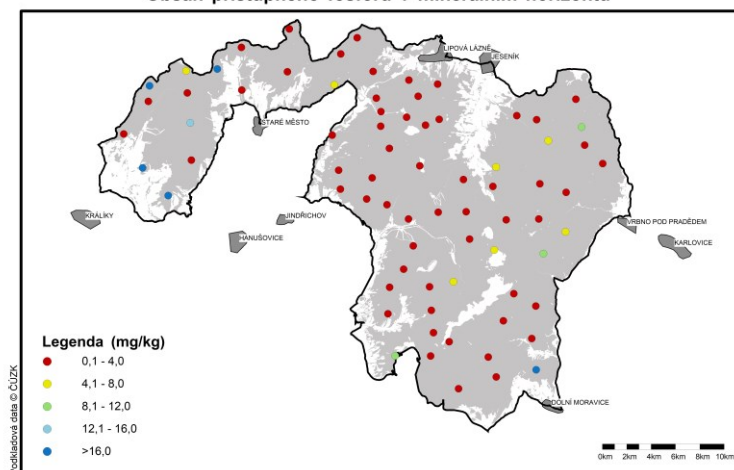
## 5d) obsah fosforu



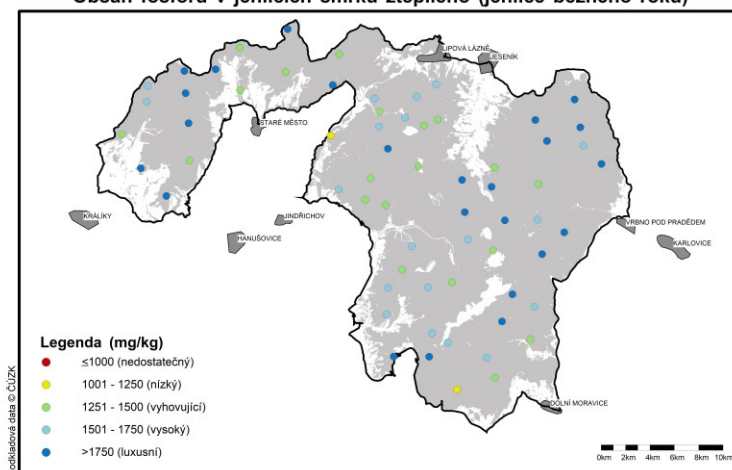
Obsah přístupného fosforu v organominerálním horizontu



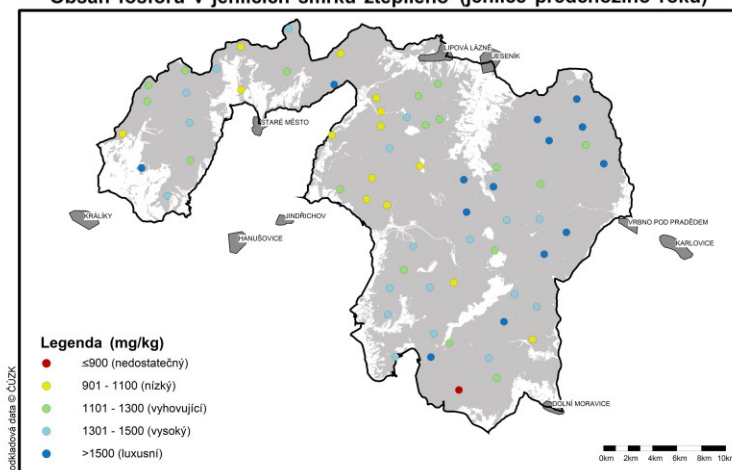
Obsah přístupného fosforu v minerálním horizontu



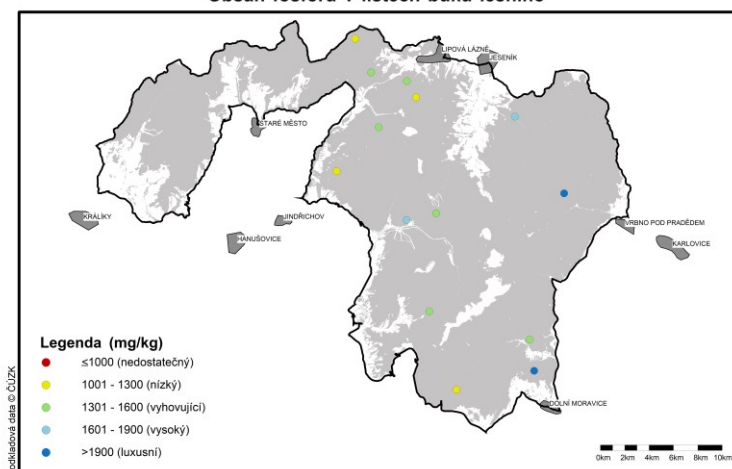
Obsah fosforu v jehlicích smrku ztepilého (jehlice běžného roku)



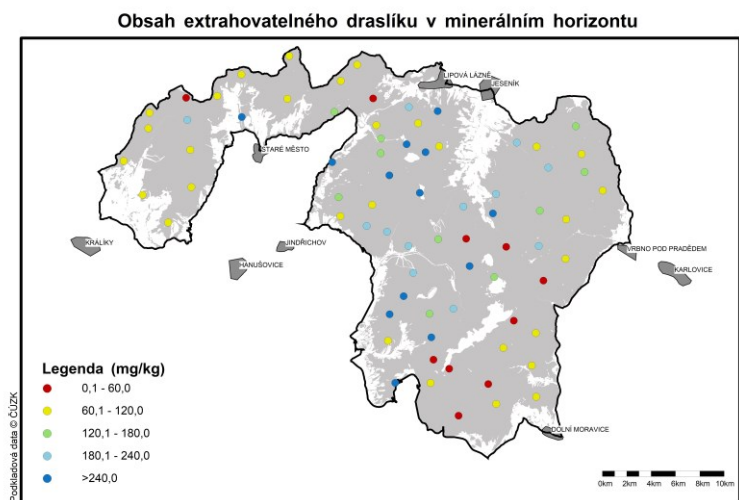
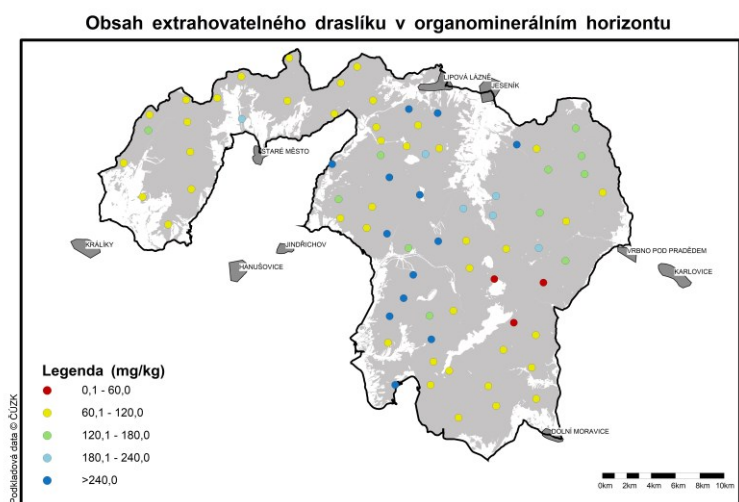
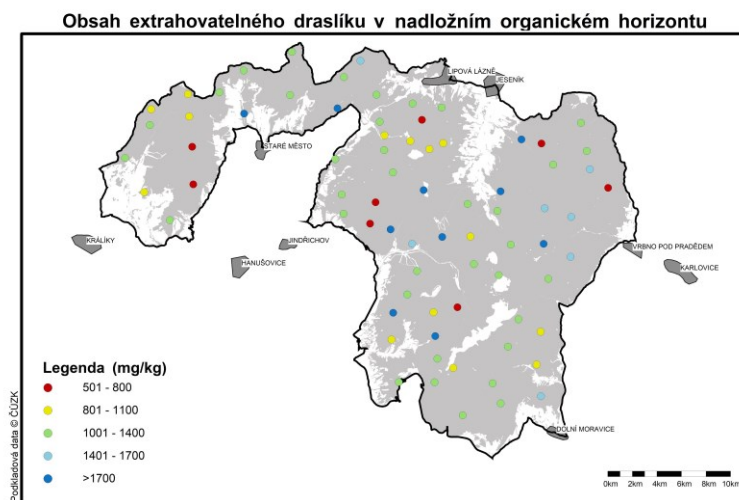
Obsah fosforu v jehlicích smrku ztepilého (jehlice předchozího roku)



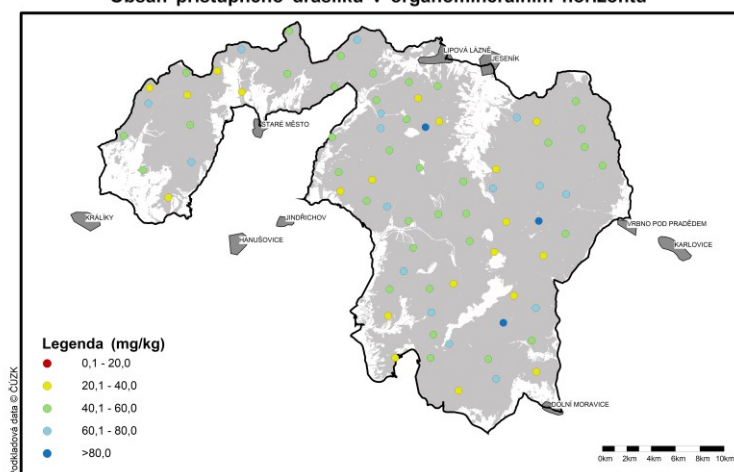
Obsah fosforu v listech buku lesního



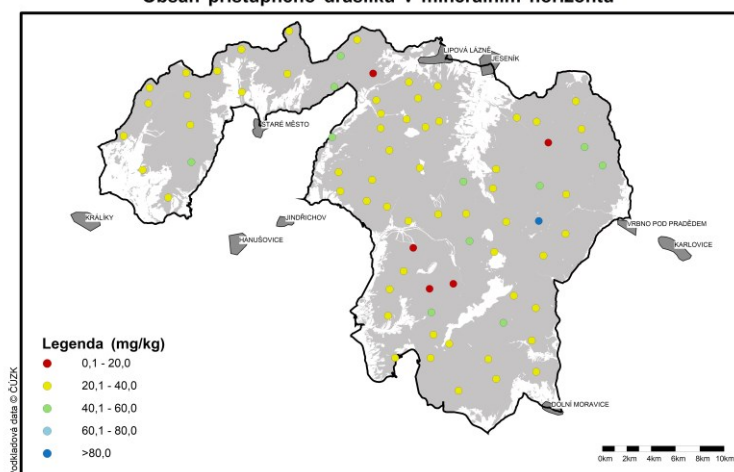
## 5e) obsah draslíku



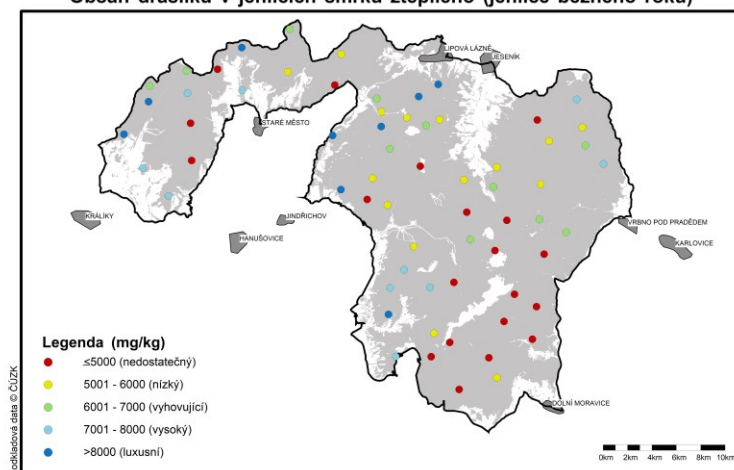
Obsah přístupného draslíku v organominerálním horizontu



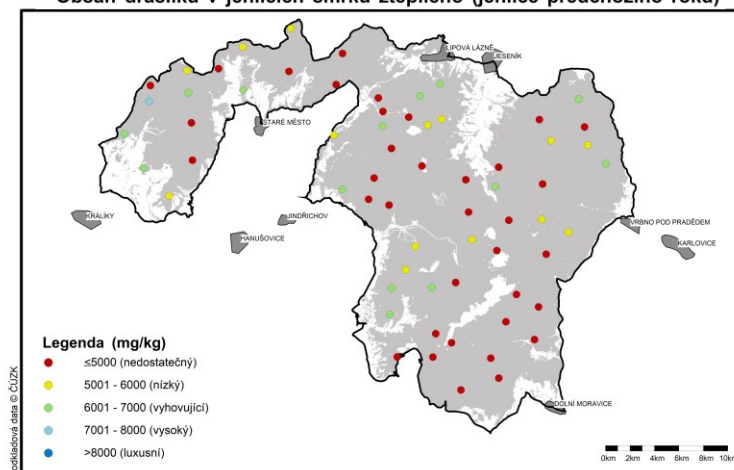
Obsah přístupného draslíku v minerálním horizontu



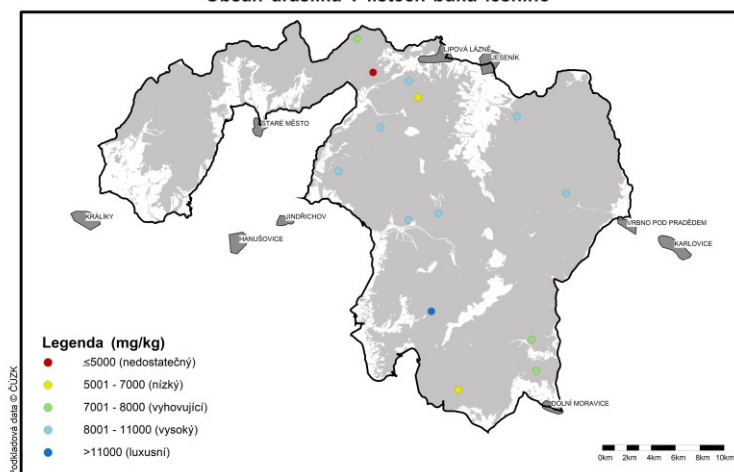
Obsah draslíku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice běžného roku)



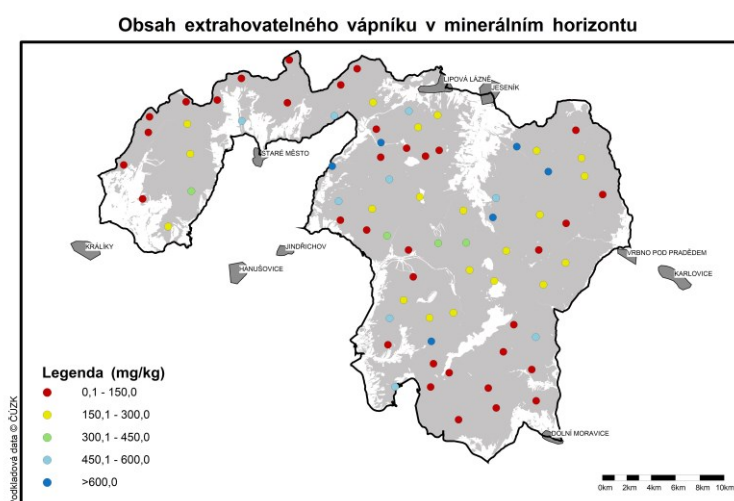
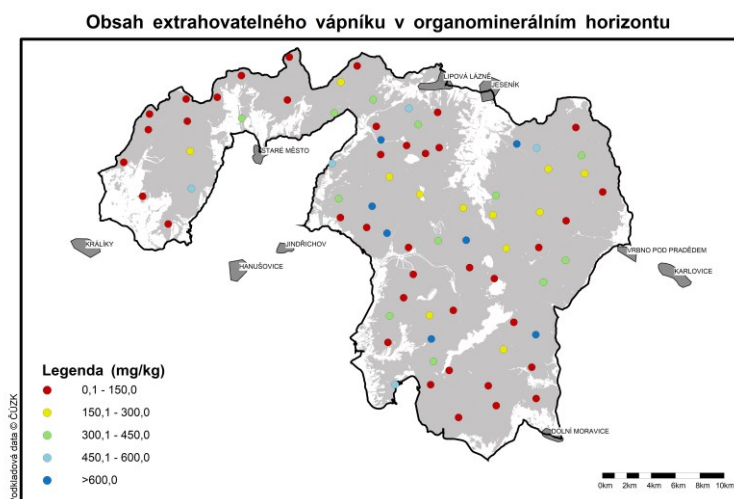
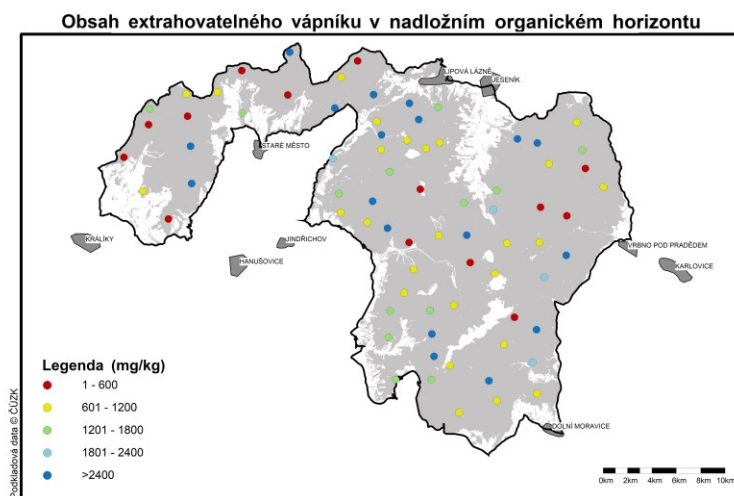
Obsah draslíku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice předchozího roku)



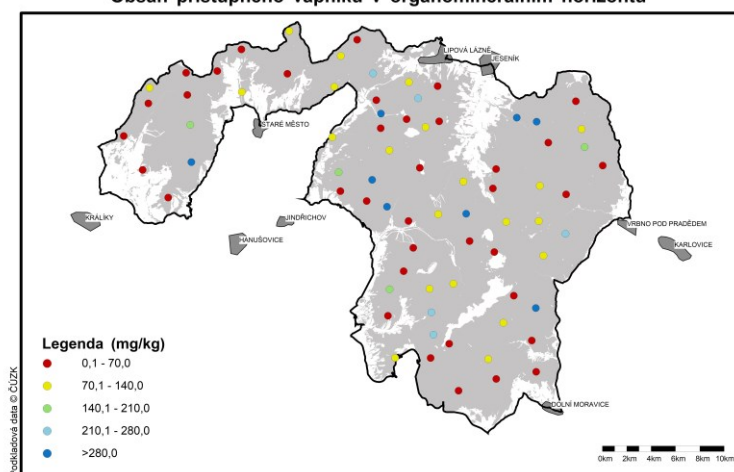
Obsah draslíku v listech buku lesního



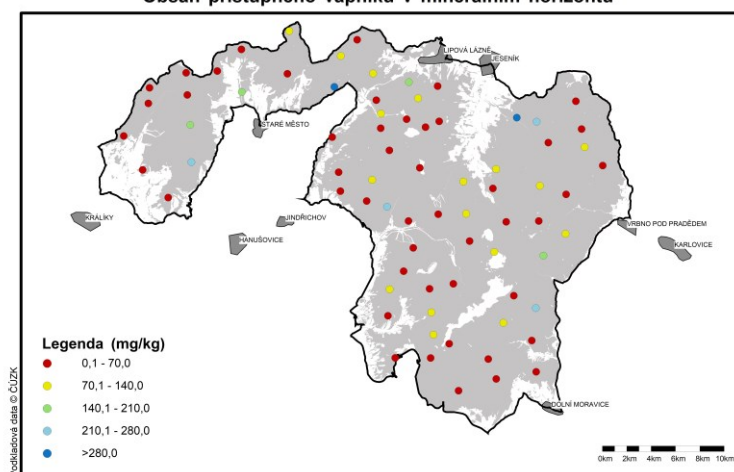
## 5f) obsah vápníku



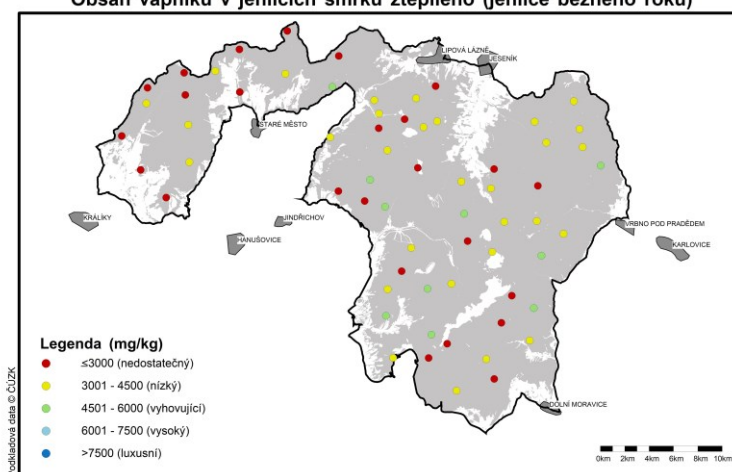
Obsah přístupného vápníku v organominerálním horizontu



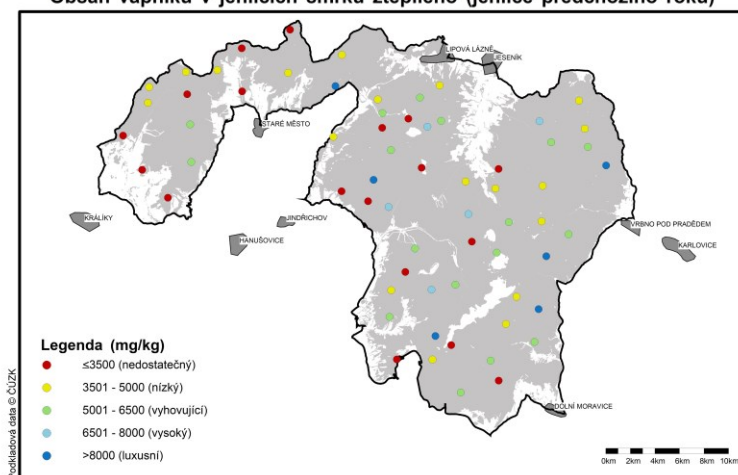
Obsah přístupného vápníku v minerálním horizontu



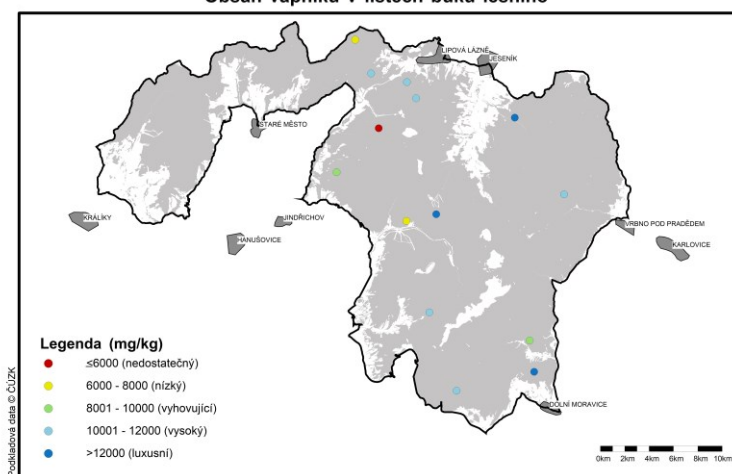
Obsah vápníku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice běžného roku)



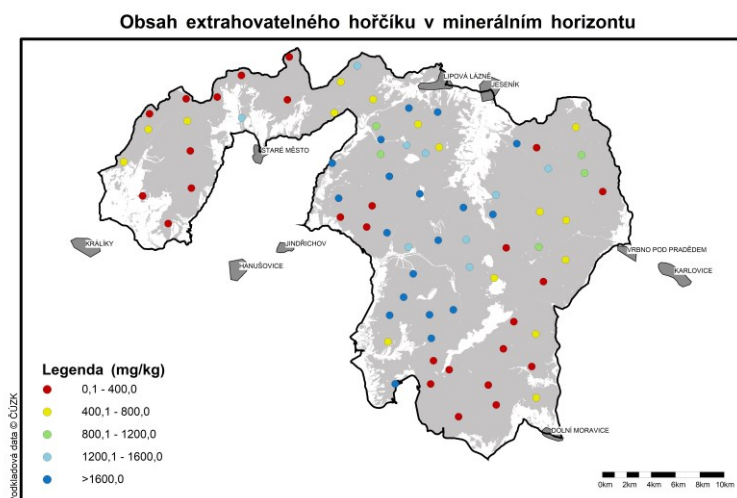
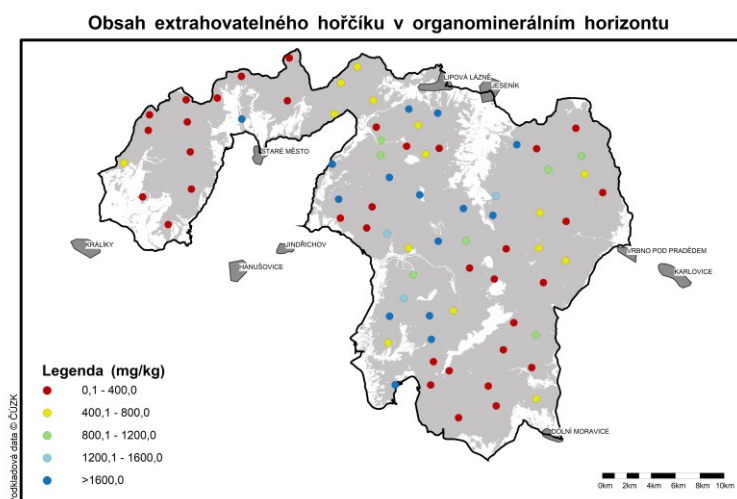
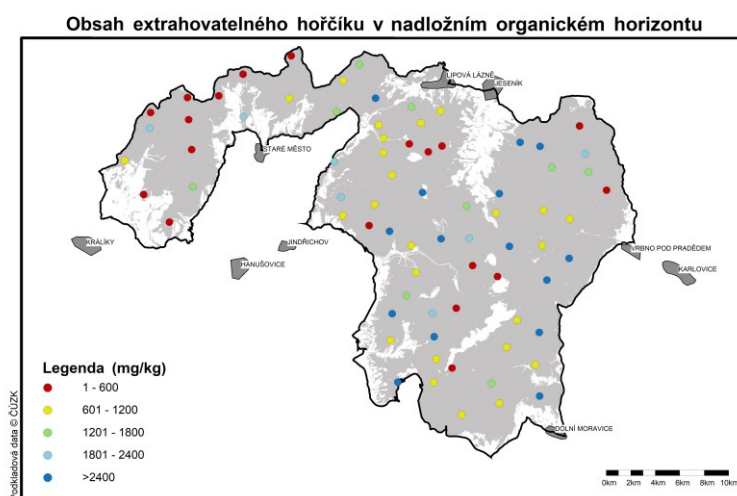
Obsah vápníku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice předchozího roku)



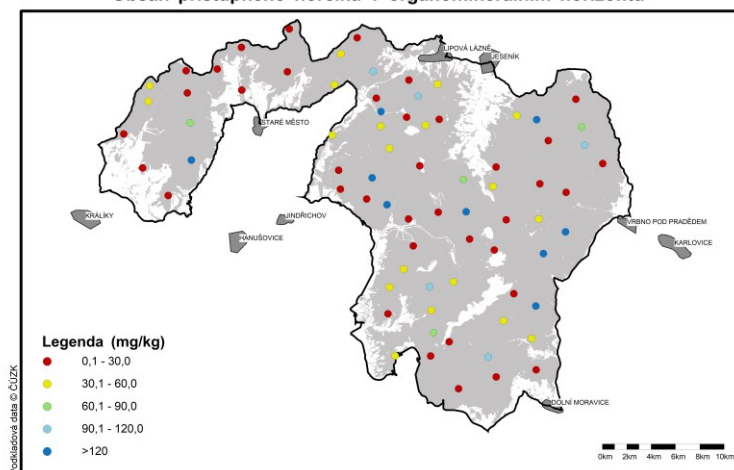
Obsah vápníku v listech buku lesního



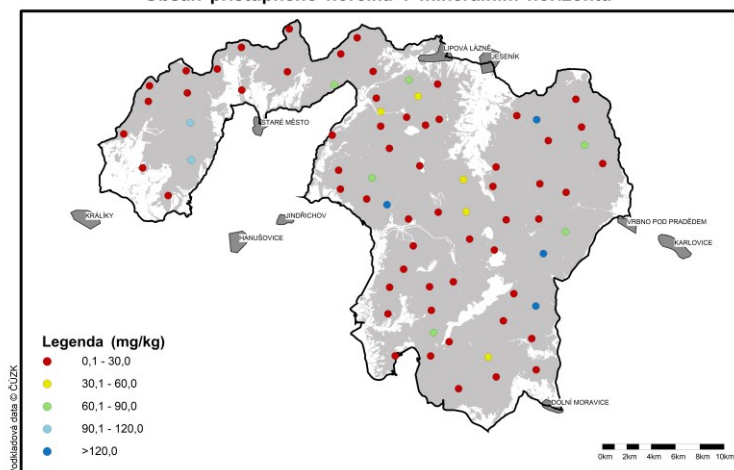
## 5g) obsah hořčíku



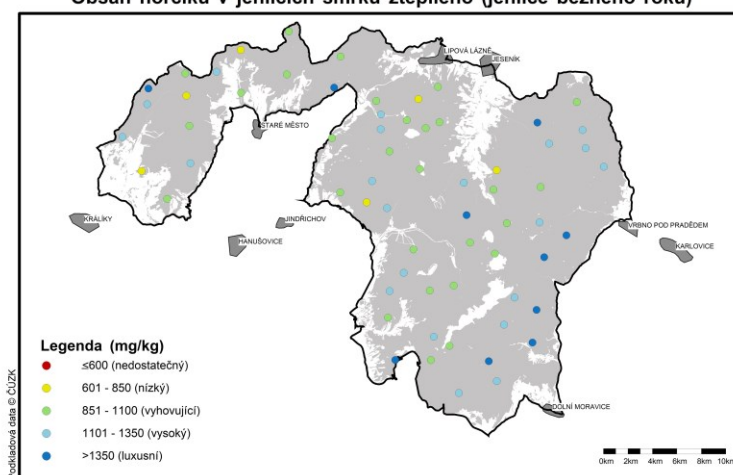
Obsah přístupného hořčíku v organominerálním horizontu



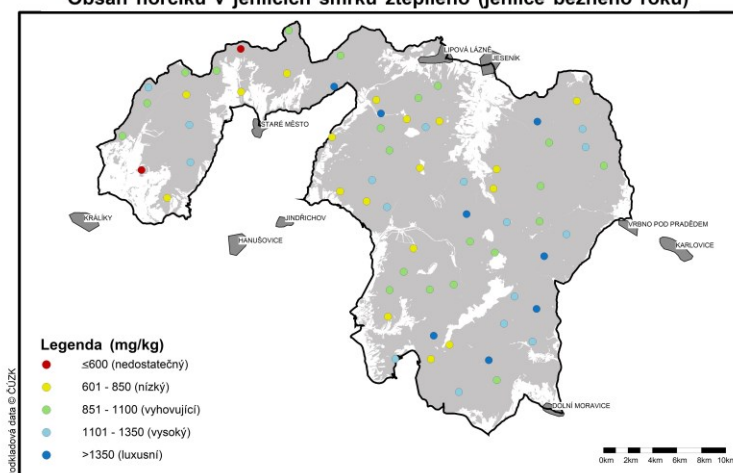
Obsah přístupného hořčíku v minerálním horizontu



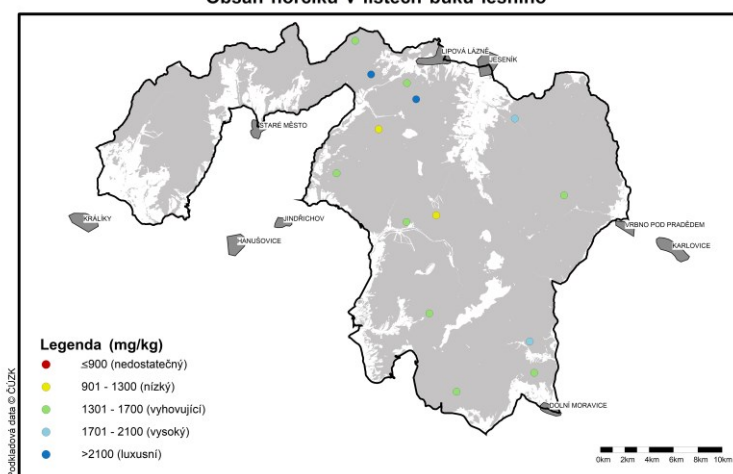
Obsah hořčíku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice běžného roku)



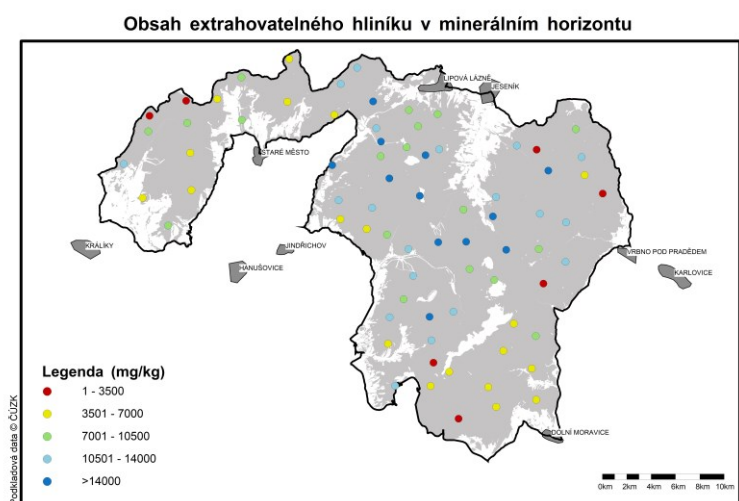
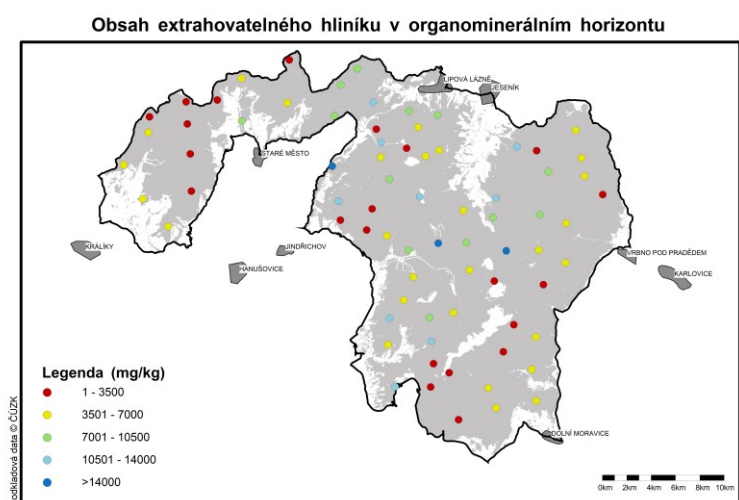
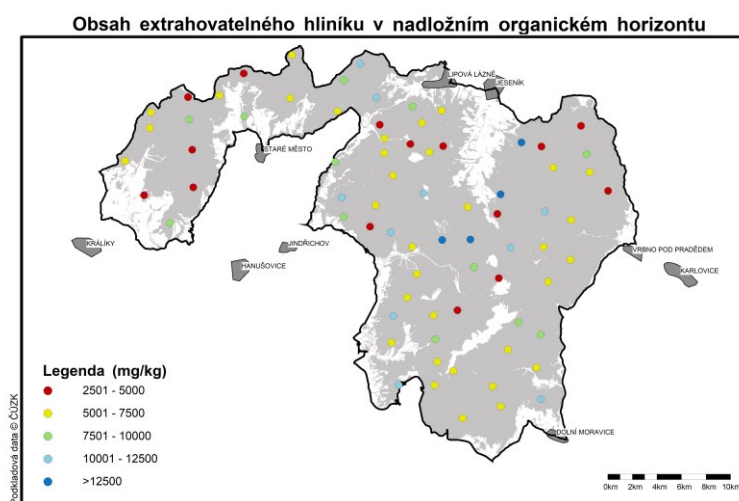
Obsah hořčíku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice běžného roku)



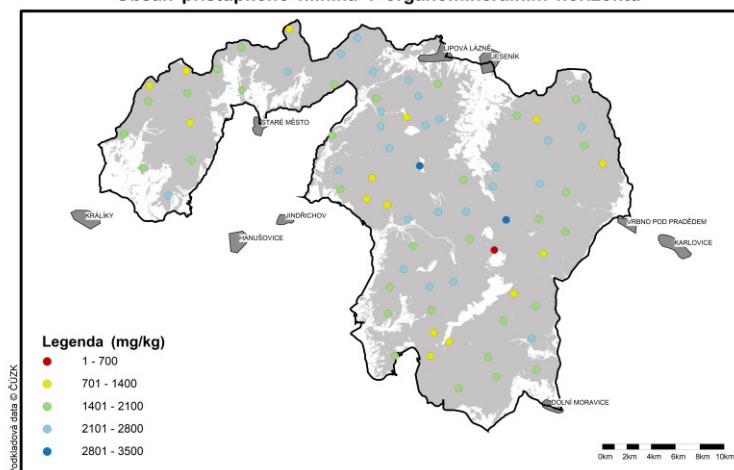
Obsah hořčíku v listech buku lesního



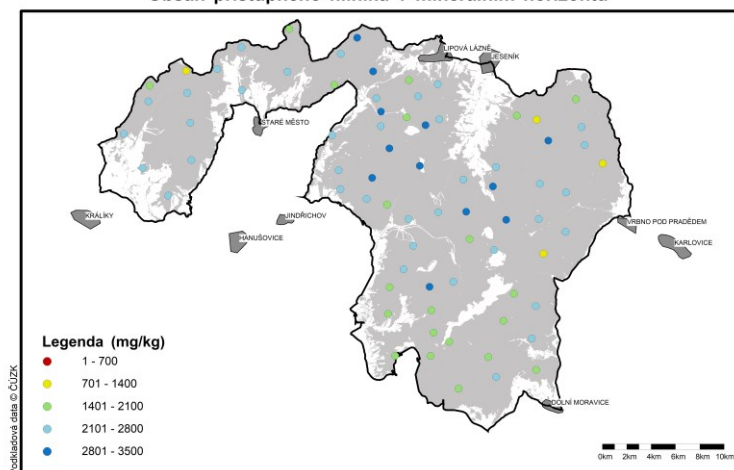
## 5h) obsah hliníku



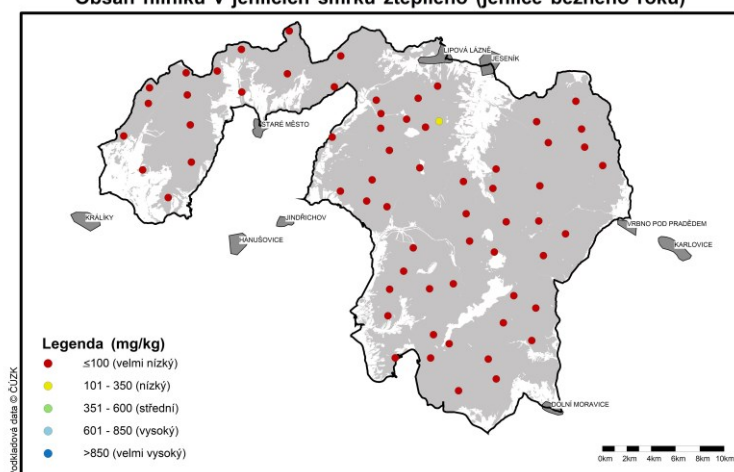
Obsah přístupného hliníku v organominerálním horizontu



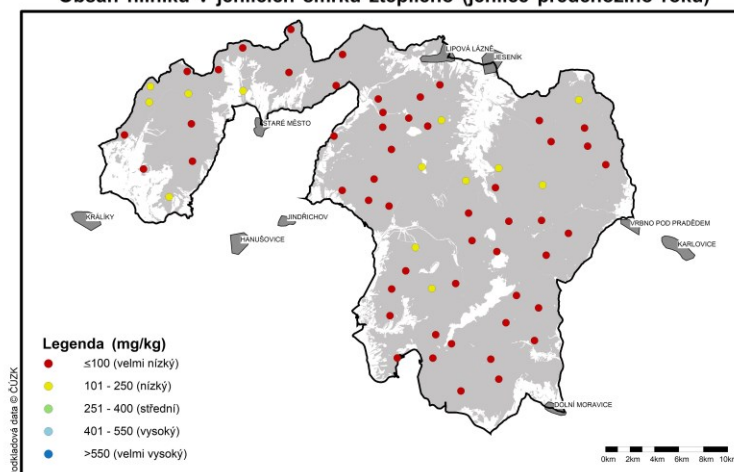
Obsah přístupného hliníku v minerálním horizontu



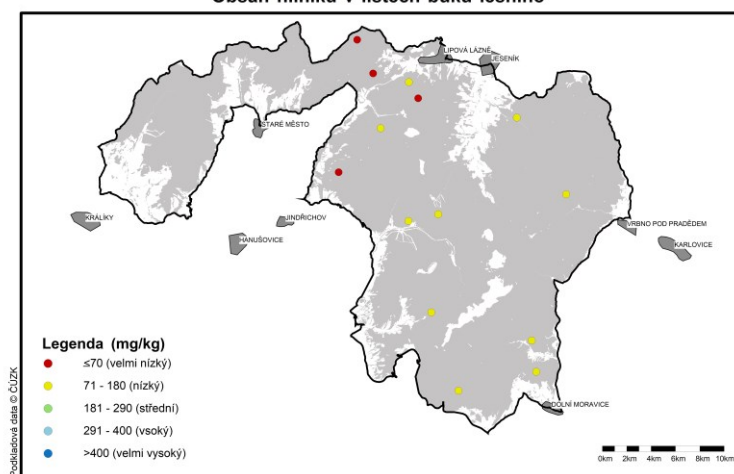
Obsah hliníku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice běžného roku)



Obsah hliníku v jehlicích smrku ztepilého (jehlice předchozího roku)

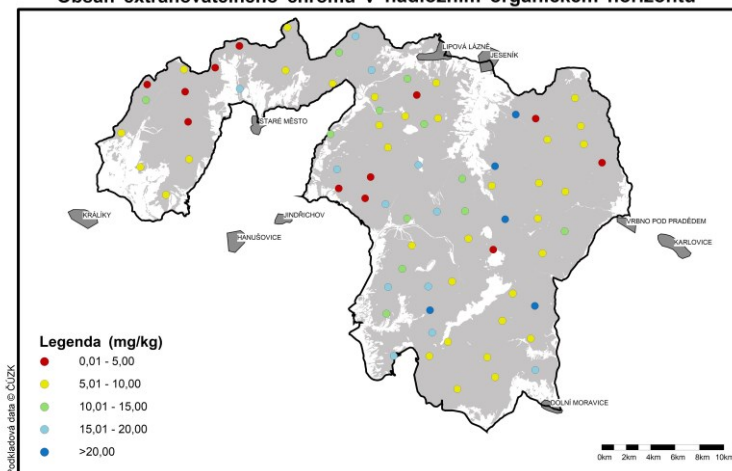


Obsah hliníku v listech buku lesního

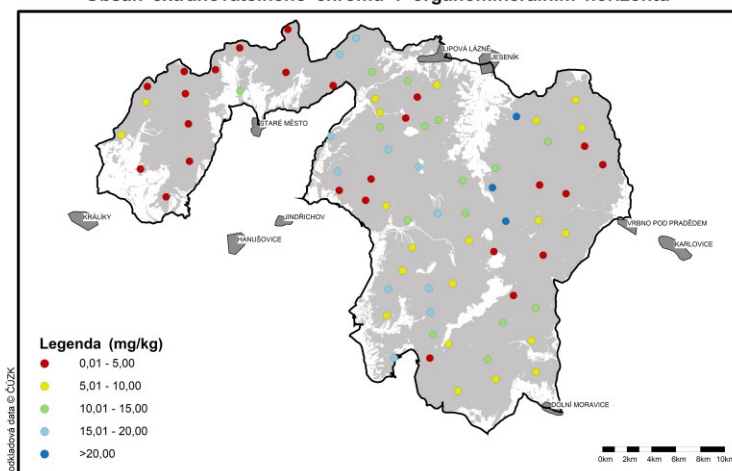


## 5i) obsah chromu

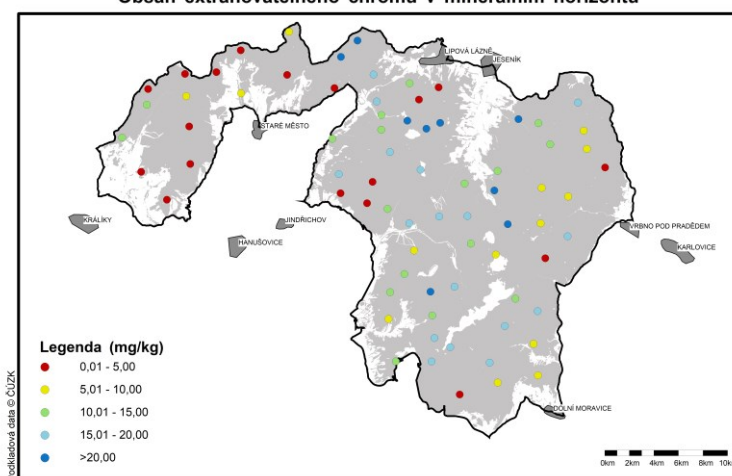
Obsah extrahovatelného chromu v nadložním organickém horizontu



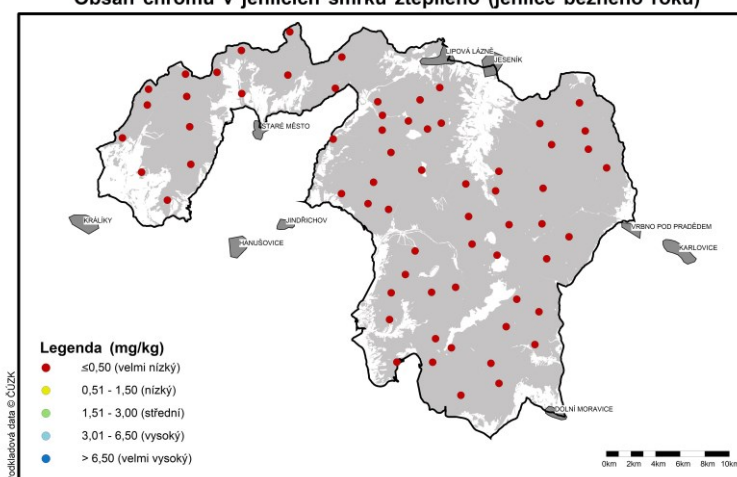
Obsah extrahovatelného chromu v organominerálním horizontu



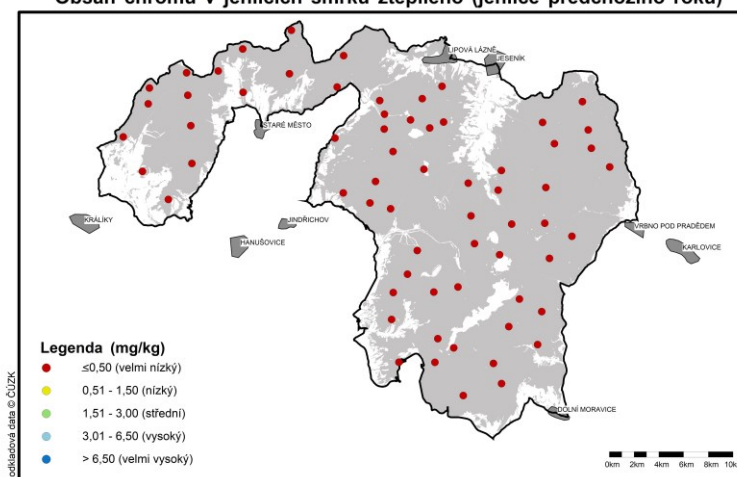
Obsah extrahovatelného chromu v minerálním horizontu



Obsah chromu v jehlicích smrku ztepilého (jehlice běžného roku)



Obsah chromu v jehlicích smrku ztepilého (jehlice předchozího roku)



Obsah chromu v listech buku lesního

