

Lesy České republiky, s.p., Hradec Králové

VÝZKUMNÉ PROJEKTY  
GRANTOVÉ SLUŽBY LČR



*Projekt*

STAV PŮD A ÚROVEŇ VÝŽIVY POROSTŮ  
HORSKÝCH ÚZEMÍ LESNÍCH SPRÁV JABLONEC  
NAD NISOU A FRÝDLANT V ČECHÁCH – VÝVOJ,  
AKTUÁLNÍ STAV A MOŽNÁ OPATŘENÍ PRO  
ZLEPŠENÍ STAVU

*Řešitel*



Výzkumný ústav  
lesního hospodářství  
a myslivosti, v. v. i.

Odpovědný řešitel:

**Ing. Radek Novotný, Ph.D.**

Spoluřešitelé:

Martin Baláš, Luboš Borůvka, Ondřej Drábek, Věra Fadrhonsová,  
Dušan Kacálek, Ivan Kuneš, Bohumír Lomský, Karel Němeček,  
Lenka Pavlů, Ondřej Špulák, Vít Šrámek, Václav Tejnecký

*Strnady, Opočno, Suchdol, leden 2019*



## OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>3</b>
<b>2 SYNTÉZA DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>5</b>
2.1 AKTUÁLNÍ STAV PŮD A ÚROVEŇ VÝŽIVY .....	5
2.2 VÝVOJ STAVU PŮD A ÚROVNĚ VÝŽIVY .....	9
2.2.1. Hodnocení časových změn půdních vlastností.....	22
2.3 VÝVOJ VÝŽIVY MLADÝCH SMRKOVÝCH POROSTŮ.....	24
<b>3. REALIZAČNÍ VÝSTUP PROJEKTU .....</b>	<b>26</b>
3.1 DOPORUČENÍ PRO PODPORU VÝSADEB .....	26
3.1.1 Obecná doporučení .....	26
3.1.2 Možnosti chemické meliorace .....	27
3.1.3 Možnosti a principy biologické meliorace .....	30
3.2 DOPORUČENÍ PRO PŘEMĚNY POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN .....	37
3.3 DOPORUČENÍ PRO PROVÁDĚNÍ PODSADEB.....	37
3.4 DOPORUČENÍ PRO KOMBINACI BIOLOGICKÉ A CHEMICKÉ MELIORACE.....	38
3.5 DOPORUČENÍ PRO PLOŠNOU CHEMICKOU MELIORACI.....	38
3.6 DOPORUČENÍ PRO SYSTÉM MONITORINGU STAVU PŮD A ÚROVNĚ VÝŽIVY .....	40
<b>4. ZÁVĚR .....</b>	<b>42</b>
<b>5. LITERATURA .....</b>	<b>43</b>

## 1 ÚVOD

Zájmové území, které bylo předmětem řešení projektu, leží v centrální části Jizerských hor a má výměru přibližně 11 tis. ha. Nachází se v geomorfologickém celku krkonoško-jizerského krystalinika, nejrozšířenější horninou oblasti je granit až granodiorit různého složení a různé zrnitosti. Převažujícími půdními typy jsou kryptopodzoly a podzoly, dále organozemě a gleje, zastoupeny jsou i kambizemě, popř. rankery. Vzhledem k matečné hornině se jedná o půdy přirozeně chudé na bazické prvky i na fosfor.

Jedná se o region, který byl výrazně zasažen imisní kalamitou v průběhu druhé poloviny 20. století, s vrcholem poškození v 80. letech 20. století. První větší škody působené imisemi zde byly dokumentovány v 50. a v 60. letech 20. století, nicméně, stejně jako jinde na území dnešní České republiky, zde vliv lidské činnosti na les a na lesní půdu existuje již několik století.

Zlepšení stavu ovzduší na přelomu 20. a 21. století po masivním odsíření hlavních zdrojů znečištění dávalo naději na stejně rychlou stabilizaci a zlepšení stavu lesa. Brzy se ukázalo, že jádro problému není ve stavu ovzduší (přestože pokles koncentrací škodlivých látek se projevil kladně), ale ve stavu lesní půdy, ve které došlo ke kumulaci zátěže a k vyčerpání zásoby bazických prvků využívaných po desetiletí k redukci kyselého vstupu, především sloučenin síry. Regenerace půdního prostředí probíhá velmi pomalu, navíc v tomto regionu v posledních letech došlo podle informací ČHMÚ po období stagnace k mírnému nárůstu depozice sloučenin dusíku, což pro ekosystém představuje další negativní zátěž.

Při spolupůsobení faktorů prostředí (nerovnoměrné rozložení srážek v průběhu roku, přísušky, výkyvy teplot, výskyt horkých období, popř. dalších meteorologických extremit), v některých případech v kombinaci s biotickými faktory (podkorní hmyz, dřevokazné nebo parazitické houby), dochází opět ke zhoršování stavu lesa. To se zatím neděje velkoplošně, nicméně obava z možného rozšíření plochy ohrožených nebo chřadnoucích porostů na větší rozloze je na místě.

Pro přípravu návrhu možných opatření ke stabilizaci a zlepšení stavu lesa bylo, v souladu se zadáním projektu a v souladu se smlouvou o řešení projektu, provedeno zjištění aktuálního stavu půd a úrovně výživy dřevin. Tyto informace byly vyhodnoceny v časové řadě s využitím výsledků předchozích studií, projektů, plošných šetření a dalších aktivit, které v zájmovém území prováděl nebo dosud provádí Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. (VÚLHM), Česká zemědělská univerzita (ČZU), Ústav pro hospodářskou úpravu lesa (ÚHÚL) a Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ).

Řešení projektu probíhalo v období od února 2017 do ledna 2019.

Celkové plánované výsledky projektu:

- Informace o vývoji a aktuálním stavu lesních půd v zájmové oblasti.
- Informace o vývoji a aktuálním stavu výživy lesních dřevin v zájmové oblasti.
- Vyhodnocení časových trendů ve vývoji stavu půd a úrovně výživy porostů.
- Informace o účinku cílené meliorace na výživu, růst a půdní chemismus břízy karpatské na extrémní mrazové lokalitě v údolí Jizerky.
- Vyhodnocení zátěže lesních půd potenciálně rizikovými prvky.
- Vyhodnocení vztahů mezi chemismem půd a chemismem smrkového jehličí v zájmové oblasti a posouzení současných a budoucích rizik.
- Návrh systémových opatření pro zlepšení stavu lesních půd a výživy porostů.

- Návrh metodických postupů pro budoucí půdní průzkumy.

Tato závěrečná zpráva (souhrnný realizační výstup), obsahuje (v souladu s uzavřenou smlouvou o řešení projektu) následující body:

- Celkovou syntézu dat.
- Návrh opatření pro stabilizaci a zlepšení stavu lesa v zájmové oblasti.
- Návrh systému sledování a hodnocení stavu lesních porostů a stavu půd v zájmové oblasti.

#### **Poděkování**

*Řešitelský kolektiv velmi děkuje za spolupráci pracovníkům lesních správ Frýdlant v Čechách a Jablonec nad Nisou. Dále bychom chtěli poděkovat kolegyním Marcelě Chocholové a Petře Mikulčíkové za technickou pomoc při odběrech vzorků, jejich zpracování a přípravu pro chemickou analýzu. Za provedení chemické analýzy odebraných vzorků půdy a asimilačního aparátu bychom chtěli poděkovat pracovnícům a pracovníkům laboratoří VÚLHM a ČZU. Děkujeme také oponentům a garantovi projektu za jejich práci, připomínky i přínosnou diskuzi v celém průběhu projektu.*

## 2 SYNTÉZA DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

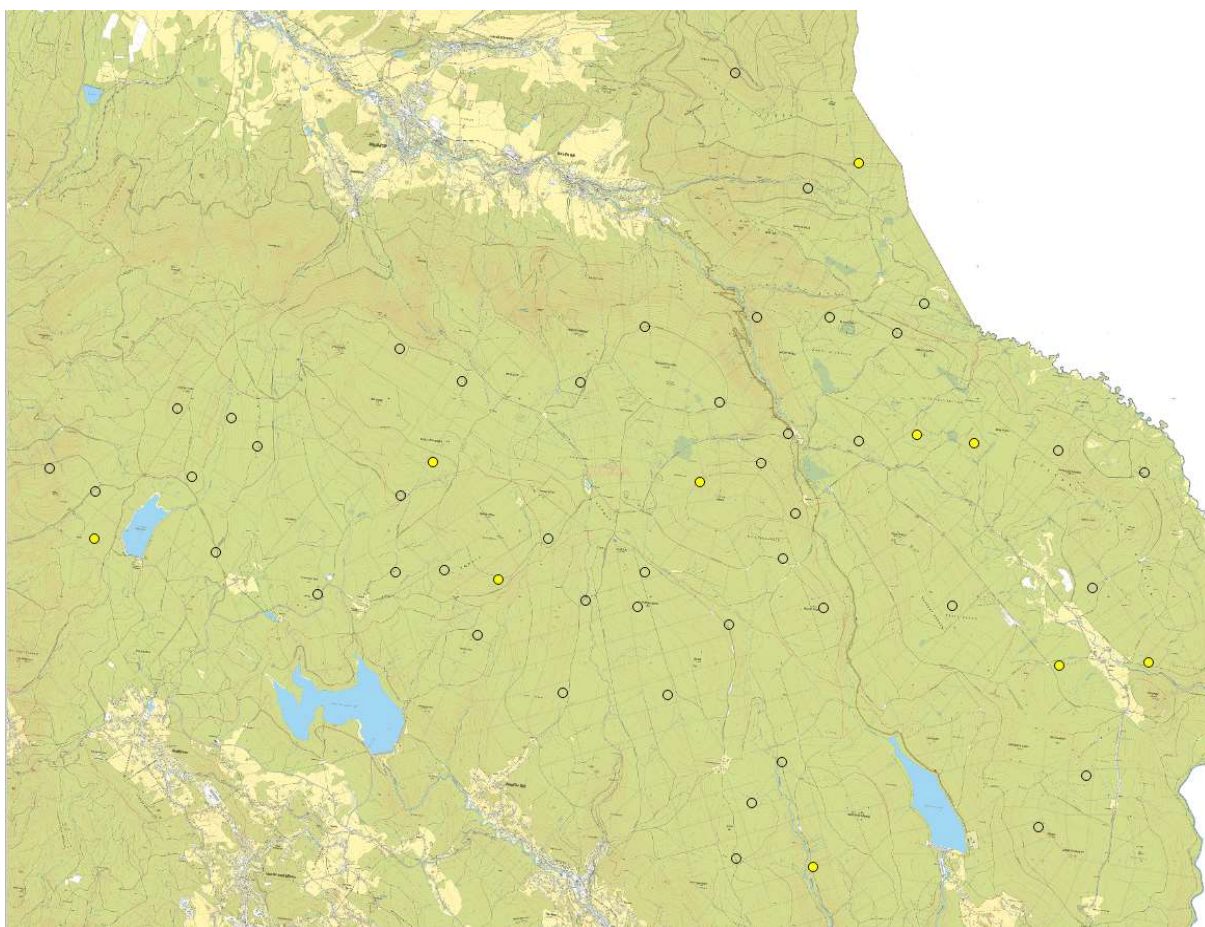
### 2.1 Aktuální stav půd a úroveň výživy

Aktuální stav půd ve smrkových porostech v zájmové oblasti byl zjišťován v roce 2017 – deset půdních sond + třicet odběrových míst směsných vzorků do hloubky 30 cm – a do hodnocení byly zahrnuty také odběry směsných vzorků realizovaných v zájmové oblasti v letech 2015-2016 (15 odběrových míst), viz obrázek 2.1.

Aktuální stav výživy smrkových porostů byl zjišťován v roce 2017 odběrem jehličí na místech s půdními sondami a dále byly do hodnocení zahrnuty aktuální výsledky z transektu ploch založených v polovině 90. let 20. století pro sledování stavu a vývoje smrkových porostů po imisní kalamitě (19 ploch).

Šetření stavu půd bylo v roce 2018 doplněno pěti půdními sondami v původních bukových porostech vytipovaných v zájmové oblasti oponenty projektu. Cílem bylo porovnat stav půd v bukových a ve smrkových porostech.

Podrobný popis půdních sond, tabulky s výsledky chemické analýzy půdních a rostlinných vzorků a podrobný komentář k výsledkům jsou uvedeny v periodické zprávě 1 a v periodické zprávě 2.



**Obrázek 2.1:** Přehled odběrů v zájmové oblasti v letech 2015-2017 s vyznačením odběrových míst půdních sond pro rok 2017 (žlutě)

#### Hodnocení výsledků pro půdní sondy ve smrkových porostech:

- Hodnoty pH(H<sub>2</sub>O) se v humusovém horizontu FH pohybují v rozmezí 4,02 až 4,57, v minerální půdě v rozmezí 4,21 až 5,60.
- Hodnoty pH(KCl) jsou v rozmezí 3,07 až 3,58 v humusu a 3,44 až 4,31 v minerální půdě.
- Půdy jsou silně kyselé až velmi silně kyselé (pH<sub>KCl</sub> pod 3,5).
- Koncentrace dusíku v humusu se pohybuje mezi 1,54 a 2,39 %, v minerální půdě mezi 0,02 a 0,41 %, ve svrchních minerálních horizontech (do 10 cm hloubky) je obsah dusíku vyšší než v hlubších částech půdy, hodnoty obsahu N jsou ve všech sondách v hloubce od 10 cm níže obdobné.
- Poměr C/N v humusu je od 16,7 do 23, v minerální půdě od 14,5 do 30,5.
- Koncentrace přístupného fosforu (s jednou výjimkou) v celém půdním profilu nepřekračuje 20 mg.kg<sup>-1</sup>, tedy hranici nedostatečného obsahu, ve většině případů se pohybuje hluboko pod 10 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Obsah přístupného vápníku se v humusu pohybuje v rozmezí 117,0 až 920,2 mg.kg<sup>-1</sup>, v minerální půdě v rozmezí 10,7 až 317,21 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Obsah přístupného hořčíku v humusu mezi 69,65 až 357,25 mg.kg<sup>-1</sup>, v minerální půdě mezi 1,49 a 95,91 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Vysoké hodnoty koncentrace vápníku a hořčíku byly zjištěny pouze na ploše Vodní nádrž Bedřichov v hloubce 40 – 80 cm minerální půdy, na ostatních plochách se hodnoty pohybují u vápníku do 71,1 mg.kg<sup>-1</sup>, u hořčíku do 24,62 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Je možné konstatovat, že koncentrace přístupného vápníku je na všech plochách výrazně nižší než je hranice deficitu (140 mg.kg<sup>-1</sup>), s výjimkou několika případů v nejsvrchnější vrstvě půdy nepřekračují 20 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Ještě výraznější deficit je zřejmý v případě hořčíku, kromě dvou vzorků z hloubky 0 – 10 cm (plochy Jizerka pod Bukovcem a Promenádní u bunkru) a extrémní hodnoty na ploše vodní nádrž Bedřichov je obsah hořčíku ve většině případů výrazně nižší než 20 mg.kg<sup>-1</sup>, tedy hranice nedostatečné koncentrace.
- U přístupného draslíku není situace lepší, hodnoty se pohybují v rozmezí od 3,24 do 67,72 mg.kg<sup>-1</sup>, kdy se opět jedná o extrémní hodnotu zjištěnou na ploše Vodní nádrž Bedřichov. S vyloučením této hodnoty je maximum 33,62 mg.kg<sup>-1</sup>, nicméně ostatní hodnoty jsou nižší než 30 mg.kg<sup>-1</sup>, což je hranice nedostatečného obsahu pro draslík. Ve většině případů, hlavně ve spodních částech půdy, je obsah přístupného K pod 10 mg.kg<sup>-1</sup>.
- S nízkými koncentracemi bazických prvků souvisí i nízké hodnoty nasycení sorpčního komplexu bázemi (BS), které jsou velmi nízké především v zóně hlavního prokořenění, tj. do hloubky cca 20 cm, kde se pohybují mezi 3,18 a 12,15 %, v hlubších vrstvách půdy jsou mezi jednotlivými plochami větší rozdíly, hodnoty BS se pohybují v rozmezí 3,99 a 37,73 %, resp. extrému 87,36 % v případě plochy Vodní nádrž Bedřichov.

#### Hodnocení výsledků pro půdní sondy v bukových porostech:

- Díky hlubšímu kořenovému systému se předpokládá využití živin z půdního profilu do větší hloubky, než je tomu např. u mělčeji kořenícího smrku. Provedené analýzy toto potvrzují, totiž že množství živin je v hloubce pod 50 cm v bukových porostech často nižší, než je tomu u smrkových porostů.
- Hodnoty pH(H<sub>2</sub>O) se v humusu pohybují mezi 4,29 a 4,44, v minerální půdě pak mezi 4,40 a 4,80.

- Hodnoty pH(KCl) v humusu mezi 3,21 a 3,62 a v minerální půdě mezi 3,65 a 4,22.
- Půdy jsou silně kyselé.
- Koncentrace dusíku se v humusovém horizontu pohybuje v rozmezí 1,37 a 2,10 %, v minerální půdě v rozmezí 0,07 a 0,80 %, vyšší hodnoty nad 0,4 % byly zjištěny na ploše Jezdecká cesta v hloubce do 20 cm. Poměr C/N se pohybuje od 15 do 20 v humusovém horizontu, v minerální půdě od 18 do 22.
- Koncentrace přístupného fosforu se v humusu pohybuje od 6,55 do 32,85 mg.kg<sup>-1</sup>, v minerální půdě od 0,40 do 29,82 mg.kg<sup>-1</sup>. Zatímco koncentrace v humusu jsou mezi jednotlivými plochami rozdílné, v minerální půdě do 20 cm příliš velké rozdíly nejsou, stejně tak i v hloubce 20 – 40 cm. V hlubší vrstvě půdy pod 40 cm jsou rozdíly mezi jednotlivými plochami větší, rozmezí je 3,9 a 10,8 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Koncentrace přístupného vápníku je nedostatečná, hodnoty jsou na většině ploch výrazně nižší než 140 mg.kg<sup>-1</sup>, kromě svrchní části v profilu na ploše Jezdecká cesta jsou hodnoty pod 40 mg.kg<sup>-1</sup>, ve většině případů však pod 20 mg.kg<sup>-1</sup>. Jedná se o velmi nízké koncentrace.
- Koncentrace přístupného hořčíku se v humusovém horizontu pohybuje v rozmezí 46,53 a 219,2 mg.kg<sup>-1</sup>. V minerální půdě je jeho koncentrace stejně jako u vápníku velmi nízká, pohybuje se mezi 2,90 a 40,22 mg.kg<sup>-1</sup>, přičemž kromě dvou svrchních vrstev minerální půdy (do 20 cm) na ploše Jezdecká cesta je jeho koncentrace výrazně nižší než hranice nedostatku, tj. 20 mg.kg<sup>-1</sup>, v hloubkách pod 20 cm na všech plochách dokonce pod 10 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Koncentrace přístupného draslíku se pohybuje mezi 173,16 a 453,96 mg.kg<sup>-1</sup> v humusu a mezi 5,74 a 111,86 mg.kg<sup>-1</sup> v minerální půdě. Na plochách Bílý potok a Viničná cesta je jeho obsah nedostatečný v celém půdním profilu (limit pro nedostatek je 30 mg.kg<sup>-1</sup>), na ostatních plochách jen v nejspodnějších částech půdy od 40 do 80 cm.
- Vzhledem k nízkým obsahům bazických živin jsou velmi nízké také hodnoty nasycení sorpčního komplexu bázemi. Pohybující se od 7,42 do 60,74 % v humusu a v minerální půdě od 4,40 do 10,02 %, tedy v oblasti velmi nízké saturace bazickými prvky.

#### Hodnocení rozdílů mezi výsledky z půdních sond ve SM a BK porostech:

- V oblasti Jizerských hor bylo hodnoceno celkem 10 půdních profilů ve smrkových porostech a 5 profilů v bukových porostech. Odběrové kampaně proběhly rok po sobě (2017 smrkové porosty, 2018 bukové porosty), termín odběrů v rámci roku byl shodný (přelom května a června).
- Hodnoty půdní reakce jsou v obou skupinách srovnatelné, jak v případě humusové vrstvy, tak v případě minerální půdy. Rozdíly jsou pouze v setinách až desetínách pH.
- Koncentrace dusíku je nepatrně vyšší v humusovém horizontu ve smrkových porostech, naopak v minerální půdě jsou vyšší hodnoty zjišťovány v bukových porostech, jde však opět o rozdíly řádově desetina procenta.
- Obecně je možné říci, že koncentrace dusíku je dostatečná až dobrá, v některých případech překračuje hranici optimálního obsahu (0,15 %). Tato skutečnost je zřejmá i z poměru C/N, který by se v optimálním případě měl u horských půd pohybovat v rozmezí 18 – 22. V některých případech je horní hranice překročena, častěji ve smrkových porostech v hlubších částech půdního profilu.
- Problematickou živinou je fosfor, který v přístupné formě vykazuje výrazný nedostatek ve všech půdních profilech smrkových i bukových porostů, s výjimkou nejspodnějších vrstev půdy na plochách Nebeský žebřík (SM) a Bílé buky (BK), kde koncentrace

- přesahuje 30 mg.kg<sup>-1</sup>. V ostatních případech je však koncentrace fosforu velmi nízká, často pod 10 mg.kg<sup>-1</sup>.
- U koncentrace přístupných bazických prvků (Ca, Mg, K) v půdě není mezi oběma skupinami výrazný rozdíl, kromě jednotlivých výjimek na plochách Vodní nádrž Bedřichov (spodní část půdy) a Jezdecká cesta (svrchní část půdního profilu).
  - Koncentrace přístupného vápníku je výrazně deficitní ve všech případech, stejně deficitní je i přístupný hořčík. Přístupný draslík je mírně vyšší ve svrchních částech půdy v bukových porostech, jedná se o plochy Bílé buky, Ptačí kupy a především plochu Jezdecká cesta. Ve spodnějších částech půdy není rozdíl mezi smrkovými a bukovými porosty nijak patrný.
  - Zřetelnější rozdíl mezi oběma skupinami porostů lze nalézt v případě hodnot nasycení sorpčního komplexu bázemi (BS). V bukových porostech je saturace bázemi mezi cca 4 – 10 % v celém půdním profilu. Ve smrkových porostech jsou hodnoty BS v půdě do 20 cm srovnatelné s bukovými, ve spodních částech je nasycení bázemi na některých plochách vyšší a hodnoty přesahují 10 %. V každém případě se jedná o velmi nízké hodnoty a sorpční komplex půdy je bázemi nedostatečně nasycený.

#### Hodnocení výsledků pro směsné půdní vzorky:

- V zájmové oblasti byly v roce 2017 na 30 místech odebrány vzorky horizontu nadložního humusu (FH), organominerálního horizontu A a minerální půdy do hloubky cca 30 cm (označeno jako B).
- Hodnoty pH(H<sub>2</sub>O) se v humusovém horizontu pohybují mezi 3,84 a 4,78, v organominerálním horizontu mezi 3,98 a 4,62, v horizontu B mezi 4,03 a 4,72. Rozmezí hodnot výměnné půdní reakce pH(KCl) je v humusu mezi 2,90 a 3,66, v horizontu A mezi 3,19 a 3,74 a v horizontu B mezi 3,21 a 3,87. Ve všech případech se jedná o půdy silně kyselé, případně velmi silně kyselé.
- Koncentrace dusíku se v humusu pohybují od 0,25 do 2,34 %, v horizontu A od 0,43 do 1,19 % a v horizontu B od 0,12 do 0,80 %, jeho koncentrace v půdě je dostatečná až dobrá.
- Koncentrace přístupného fosforu se pohybuje mezi 1,02 a 38,33 mg.kg<sup>-1</sup> v humusovém horizontu, mezi 1,03 a 13,04 mg.kg<sup>-1</sup> v horizontu A a mezi 0,84 a 19,60 mg.kg<sup>-1</sup> v horizontu B. Ve všech vzorcích organominerálního horizontu (A) a minerální půdy (B) je fosfor deficitní, stejně je tomu i u zhruba 2/3 vzorků humusu; pouze v 10 případech vzorku FH je obsah P vyšší než 20 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Koncentrace přístupného vápníku jsou v humusu v rozmezí 17 a 2094 mg.kg<sup>-1</sup>, nedostatečný obsah Ca byl zjištěn u sedmi vzorků horizontu FH. V organominerálním horizontu A je obsah Ca mezi 18,1 a 260,3 mg.kg<sup>-1</sup>, pouze u tří vzorků byl obsah vyšší než hranice velmi nízkého obsahu (140 mg.kg<sup>-1</sup>). V minerální půdě je situace ještě horší, pouze u jediného vzorku byla zjištěna hodnota těsně nad 140 mg.kg<sup>-1</sup>, u ostatních vzorků byl zaznamenán výrazný deficit, obsah Ca se pohybuje od 6,7 do 129,3 mg.kg<sup>-1</sup>, nicméně ve většině vzorků obsah nedosahuje ani poloviny limitu pro výrazný deficit!
- Koncentrace přístupného hořčíku v humusovém horizontu se pohybuje v rozmezí 10,90 a 842,09 mg.kg<sup>-1</sup>, v horizontu A v rozmezí 5,85 a 136,41 mg.kg<sup>-1</sup>, zde byl nedostatečný obsah zjištěn ve dvou vzorcích. V minerální půdě do 30 cm je obsah Mg mezi 4,15 a 60,08 mg.kg<sup>-1</sup>, pouze u třetiny vzorků byl obsah vyšší než hranice výrazného nedostatku, i když většinou jen těsně nad touto hranicí (20 mg.kg<sup>-1</sup>).
- Mírně lepší je situace v případě přístupného draslíku, v humusovém horizontu FH a organominerálním horizontu (A) byla zjištěna hodnota pod mezí deficitu pouze

u jednoho vzorku horizontu A. V humusu se obsah K pohybuje mezi 31,95 a 571,81 mg.kg<sup>-1</sup>, v horizontu A pak mezi 27,61 a 206,96 mg.kg<sup>-1</sup>. V horizontu B vykazuje nedostatek draslíku polovina vzorků, hodnoty se pohybují v rozmezí 14,23 a 117,94 mg.kg<sup>-1</sup>.

- Hodnoty saturace bázemi (BS) se pohybují v rozmezí 4,38 a 90,19 % v horizontu FH, v horizontu A v rozmezí 5,05 a 29,67 % a v horizontu B v rozmezí 2,80 a 18,67 %; velmi nízké hodnoty byly zjištěny u více než poloviny vzorků horizontu A a u dvou třetin vzorků horizontu B.

#### Hodnocení úrovně výživy:

- Nejčastějším deficitním prvkem je ve výživě dřevin fosfor. Jeho nedostatek byl zjištěn v sedmi z deseti vzorkovaných porostů. Ve dvou případech je pod hranicí optima v obou analyzovaných ročních jehličích, v ostatních případech je fosfor deficitní ve starších jehlicích (dvouleté jehličích).
- Nízká koncentrace byla zjištěna také u hořčíku (3 lokality) a vápníku (2 lokality) a stopový prvek zinek je deficitní na polovině vzorkovaných lokalit (5 lokalit). Nepříznivá situace v půdě se tedy projevuje i na úrovni výživy porostů na vzorkovaných lokalitách.
- Na polovině vzorkovaných ploch (5 lokalit) konstatujeme zvýšenou koncentraci síry. Zátěž sloučeninami síry tedy v některých lokalitách zájmového území stále existuje.
- Zjištěné koncentrace dusíku naznačují, že ekosystém je vystaven také působení sloučenin dusíku.
- Dobré až velmi dobré koncentrace dusíku a dostatečné až nízké koncentrace fosforu se projevují nerovnováhou ve vzájemném poměru těchto dvou důležitých živin. Vzhledem k vysokým koncentracím dusíku v jehličích pak zaznamenáváme nevyvážený poměr také vůči dalším živinám, zejména v případech, kdy koncentrace těchto živin (především Ca, K) jsou blízko spodní hranici optima.
- Odběry jehličích v dlouhodobě sledovaném transektu trvalých ploch výše uvedené závěry potvrzují – koncentrace dusíku se v roce 2017 pohybovaly v rozmezí 1,4-1,8 %, koncentrace fosforu často klesaly pod hranici deficitu 1200 mg.kg<sup>-1</sup>, u draslíku byly zjištěny nejnižší koncentrace za sledované období (průměrná hodnota ca 4500 mg.kg<sup>-1</sup>). Poměr dusíku a fosforu je na horní hranici optima nebo ji překračuje (hodnota poměru N:P >12), především u dvouletých jehlic.

## 2. 2 Vývoj stavu půd a úrovně výživy

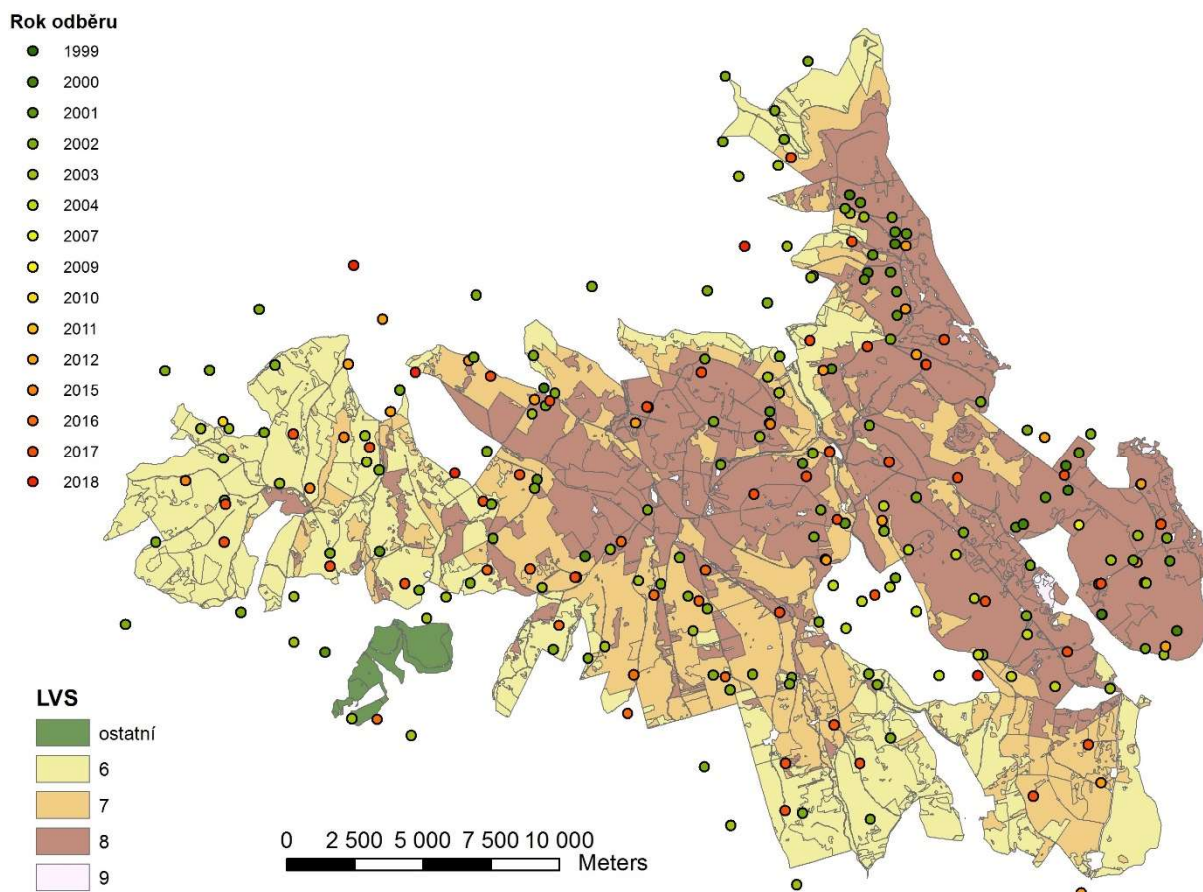
Pro hodnocení vývoje stavu byla zpracována shromážděná data o zájmové oblasti Jizerských hor. Ze starších údajů byly vybrány lokality ležící v zájmovém území a v jeho blízkosti (do vzdálenosti cca 1 km; viz obr. 2.2); údaje ze vzdálenějších lokalit byly z hodnocení vyjmuty. Odděleně byly zpracovávány horizonty F+H, humusové horizonty A (případně hloubka 0-10 cm) a podpovrchové horizonty, označované dále B (převážně horizonty B, případně jejich vrchní část – B1, a hloubky 10-20 cm). Byly sledovány tyto otázky:

- 1) Jaký je rozdíl v půdních vlastnostech mezi hlavními druhy porostu, tedy bukovým, smrkovým a smíšeným?

- 2) Jaké jsou rozdíly mezi jednotlivými lesními vegetačními stupni (LVS) a jednotlivými soubory lesních typů (SLT)?
- 3) Jaké časové změny v půdních vlastnostech nastaly během posledních téměř 20 let?

Uvedené rozdíly a závislosti byly sledovány jednak pro celý soubor, jednak odděleně pro starší údaje (do roku 2012) a pro aktuální údaje (2015-2018).

Statistické zpracování bylo provedeno převážně v programu Statgraphics Centurion XV, dále byla použita Statistica 10. Většina grafických výstupů byla připravena v programu MS Excel.



**Obrázek 2.2:** Mapa rozložení odběrových lokalit použitých pro další hodnocení

Byl sledován rozdíl v půdních vlastnostech mezi bukovými, smrkovými a smíšenými porosty, bez rozlišení stáří porostů. Byly použity pouze ty údaje, u kterých byl druh porostu konkrétně uveden. Celkem se jednalo o 240 lokalit v případě horizontů F+H (156 lokalit se smrkovými porosty, 34 lokalit s bukovými porosty, 50 lokalit se smíšenými porosty), 243 lokalit v případě horizontů A (162 lokalit se smrkovými porosty, 29 lokalit s bukovými porosty, 52 lokalit se smíšenými porosty), a 134 lokalit v případě horizontů B (56 lokalit se smrkovými porosty, 29 lokalit s bukovými porosty, 49 lokalit se smíšenými porosty).

Pro hodnocení byla použita jednoduchá analýza rozptylu. Podrobné hodnocení bylo provedeno metodou LSD (*least significant difference*). Stejná analýza rozptylu byla použita na údaje z 6. LVS, kde se nachází většina sledovaných bukových porostů, aby bylo možné hodnotit rozdíly mezi porosty ve srovnatelných podmínkách, navíc zde byl vyrovnanější počet lokalit

s jednotlivými druhy porostů. Výsledky se ale příliš nelišily od výsledků spočítaných ze všech hodnot, pouze byla většinou zjištěna nižší průkaznost rozdílů vzhledem k celkově nižšímu počtu hodnot, proto v této zprávě tyto výsledky neuvádíme.

Z výsledků je patrné, že pod smrkovými porosty je ve srovnání s bukovými porosty vyšší obsah uhlíku, nižší obsah celkového dusíku, hořčíku, ale naopak vyšší obsah přístupného fosforu, výměnného draslíku, zejména v minerálních horizontech.

Pod bukovými porosty je vyšší pH, vyšší obsah celkového draslíku v nadložních horizontech, půdy pod bukovými porosty také vykázaly překvapivě vyšší obsah celkového a také mírně vyšší obsah výměnného hliníku, železa a manganu ve srovnání s půdami pod smrkovými porosty.

V půdách pod bukovými porosty byly vyšší celkové obsahy zinku a kadmia než pod smrkovými a smíšenými porosty, zejména v minerálních horizontech; olovo naopak vykazovalo vyšší celkové obsahy pod smrkovými porosty.

Půdy pod smíšenými porosty mají většinou jako přechodná skupina střední vlastnosti, výjimkou je například celkový obsah hořčíku, který je pod smíšenými porosty v nadložních organických a ve svrchních minerálních horizontech nižší než pod oběma jedno-druhovými porosty.

V některých případech nebyl mezi porosty výrazný rozdíl (např. kationtová výměnná kapacita).

**Tabulka 2.1:** Srovnání půdních vlastností horizontů F+H mezi smrkovými, bukovými a smíšenými porosty analýzou rozptylu jednoduchého třídění: průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v rádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Charakteristika	Jednotky	Buk	Smrk	Smíšený	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		4,37	4,34	4,30	0,73	0,483
pH <sub>KCl</sub>		3,55b	3,39a	3,42a	4,93	0,008**
C <sub>tot</sub>	%	20,0a	29,9b	23,6a	22,06	<0,001***
N <sub>tot</sub>	%	7,62b	1,57a	1,21a	2,82	0,062
KVK	mmol.c.kg <sup>-1</sup>	108,9a	201,0b	-	6,07	0,016*
V (BS)	%	42,5	36,4	-	0,15	0,703
P <sub>příst</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	25,0	25,0	-	0	0,999
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	880,3	842,0	-	0,02	0,903
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	112,9	319,9	-	3,07	0,083
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	312,2	331,2	-	0,16	0,693
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1189,1	1027,1	-	0,76	0,386
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	225,5	208,1	-	0,07	0,795
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	67,8b	14,1a	-	23,79	<0,001***
Zn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	20,57b	9,72a	-	12,06	<0,001***
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	775,7a	1147,6c	980,5b	21,07	<0,001***
Ca <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1030	1416	1312	0,71	0,495
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1160,4b	946,9ab	859,0a	2,47	0,087
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1090,6b	922,9a	971,8a	5,39	0,005**
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	9234b	9205b	7354a	7,35	<0,001***
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	11121c	9079b	7312a	8,32	<0,001***
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	187,7b	52,7a	73,3a	7,41	<0,001***
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	35,7ab	35,7b	30,4a	3,34	0,037*
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	0,43a	0,97b	0,57a	10,93	<0,001***
Cr <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	8,79ab	9,86b	8,48a	3,23	0,042*
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	11,5a	19,7b	15,4a	9,02	<0,001***
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	103,2a	162,2b	123,9a	20,07	<0,001***

**Tabulka 2.2:** Srovnání půdních vlastností horizontů A (0-10 cm) mezi smrkovými, bukovými a smíšenými porosty analýzou rozptylu jednoduchého třídění: průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v rádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Charakteristika	Jednotky	Buk	Smrk	Smíšený	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		4,44b	4,24a	4,20a	7,55	<0,001 <sup>***</sup>
pH <sub>KCl</sub>		3,78b	3,50a	3,57a	16,18	<0,001 <sup>***</sup>
C <sub>tot</sub>	%	5,16a	6,54ab	7,66b	2,75	0,066
N <sub>tot</sub>	%	1,48b	0,32a	0,35a	3,34	0,037 <sup>*</sup>
KVK	mmolc.kg <sup>-1</sup>	44,3a	64,3b	45,7ab	3,42	0,036 <sup>*</sup>
V (BS)	%	10,5a	11,3a	21,9b	4,54	0,013 <sup>*</sup>
P <sub>příst</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	5,20a	10,16b	6,63a	3,62	0,028 <sup>*</sup>
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	85,3	92,9	84,5	0,07	0,936
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	36,1	32,8	36,3	0,25	0,776
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	57,0a	53,4a	83,0b	14,36	<0,001 <sup>***</sup>
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1408,9b	502,0a	1704,1b	52,50	<0,001 <sup>***</sup>
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	58,0a	36,1a	127,0b	18,65	<0,001 <sup>***</sup>
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	25,3b	2,1a	23,3b	46,23	<0,001 <sup>***</sup>
Zn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	3,14b	1,32a	-	8,48	0,005 <sup>**</sup>
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	146,5ab	198,7b	153,4a	3,07	0,048 <sup>*</sup>
Ca <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	260,3	265,4	242,1	0,24	0,787
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	910,0b	799,9b	481,8a	4,87	0,009 <sup>**</sup>
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	430,0a	713,8b	341,6a	13,70	<0,001 <sup>***</sup>
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	7373b	7000b	5306a	3,14	0,035 <sup>*</sup>
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	11369b	8015a	8253a	3,09	0,048 <sup>*</sup>
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	143,3b	49,3a	73,9a	7,17	0,001 <sup>**</sup>
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	20,6b	12,4a	10,6a	15,83	<0,001 <sup>***</sup>
As <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	22,4	16,5	-	1,09	0,312
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	0,57b	0,37ab	0,22a	2,07	0,129
Cr <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	5,28b	3,94a	3,44a	3,48	0,033 <sup>*</sup>
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	6,01	6,11	4,96	0,83	0,437
Ni <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	5,00	4,11	-	0,57	0,462
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	65,7a	70,5a	85,1b	2,88	0,058

**Tabulka 2.3:** Srovnání půdních vlastností horizontů B (10-20 cm) mezi smrkovými, bukovými a smíšenými porosty analýzou rozptylu jednoduchého třídění: průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v řádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Charakteristika	Jednotky	Buk	Smrk	Smíšený	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		4,66c	4,29a	4,41b	13,87	<0,001***
pH <sub>KCl</sub>		4,09c	3,66a	3,81b	21,60	<0,001***
C <sub>tot</sub>	%	3,90	5,23	5,06	0,65	0,522
N <sub>tot</sub>	%	0,18	0,21	0,18	0,54	0,567
KVK	mmol.c.kg <sup>-1</sup>	34,3	42,2	53,1	1,37	0,265
V (BS)	%	9,2	14,0	18,3	1,04	0,363
P <sub>příst</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2,92a	8,82b	4,22a	4,80	0,010*
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	48,6	57,3	72,2	0,66	0,520
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	24,2	19,8	28,4	1,03	0,361
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	37,8a	38,3a	50,3b	7,44	<0,001***
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1528,7b	292,6a	2365,0b	13,60	<0,001***
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	49,2a	23,3a	103,8b	8,50	0,002**
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	29,6b	1,3a	16,5ab	2,73	0,088
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	161,3	149,0	143,9	0,13	0,875
Ca <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	208,1	212,0	206,0	0,01	0,993
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1017,5b	741,9ab	608,8a	3,05	0,051
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	401,2ab	506,6b	300,2a	2,91	0,058
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	10352b	6366a	6393a	7,94	<0,001***
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	13290b	8872a	11699b	4,43	0,014*
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	284,8b	64,3a	120,8a	4,04	0,020*
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	23,6b	12,4a	10,7a	16,98	<0,001***
As <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	10,15	5,93	-	1,95	0,183
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	0,76b	0,47ab	0,14a	3,91	0,023*
Cr <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	6,53b	5,11ab	3,99a	3,63	0,029*
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	3,60b	3,71b	1,87a	4,55	0,012*
Ni <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	5,15	7,25	-	1,25	0,282
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	41,7	41,3	49,2	1,89	0,155

Dále byl hodnocen rozdíl v půdních vlastnostech mezi lesními vegetačními stupni, bez rozlišení druhu porostu. Pro hodnocení byla použita jednoduchá analýza rozptylu. Podrobné hodnocení bylo provedeno metodou LSD (*least significant difference*). Nejprve byla použita analýza rozptylu na celý soubor bez rozlišení doby odběru. Dále byla použita pouze na nové odběry, tedy vzorky z let 2015-2018. Srovnání 4. LVS je méně spolehlivé vzhledem k velmi malému počtu lokalit v tomto LVS. Podobně je tomu v případě údajů z 5. LVS v souboru nových výsledků.

V řadě lesních vegetačních stupňů 6 – 7 – 8 mírně stoupají hodnoty  $pH_{H_2O}$ , hodnoty výměnné půdní reakce  $pH_{KCl}$  zejména v minerálních horizontech v této řadě spíše klesají. Narůstá obsah celkového uhlíku v nadložních organických horizontech, v minerálních horizontech toto ale neplatí. Mírně v této řadě stoupají hodnoty kationtové výměnné kapacity v minerálních horizontech, nasycenost sorpčního komplexu se ale výrazně neliší.

S vyššími LVS, tedy s rostoucí nadmořskou výškou, stoupá obsah celkového fosforu a draslíku, ale klesá obsah výměnného draslíku; klesá rovněž obsah výměnného hliníku. V půdách vyšších LVS byly zjištěny vyšší obsahy kadmia a mědi, v nadložních horizontech i olova, což potvrzuje jeho poutání na půdní organickou hmotu.

**Tabulka 2.4:** Srovnání půdních vlastností horizontů F+H mezi jednotlivými lesními vegetačními stupni analýzou rozptylu jednoduchého třídění (celý soubor, 1999-2018): průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v řádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Charakteristika	Jedn.	LVS 4	LVS 5	LVS 6	LVS 7	LVS 8	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		4,31ab	4,23ab	4,22a	4,33b	4,29ab	2,30	0,058
pH <sub>KCl</sub>		3,43ab	3,39ab	3,30a	3,44b	3,35a	4,42	0,002**
C <sub>tot</sub>	%	32,7abc	22,9a	28,2b	30,7c	29,8bc	3,32	0,011*
N <sub>tot</sub>	%	1,70	1,25	2,95	1,61	1,60	0,40	0,809
KVK	mmol <sub>c.</sub> kg <sup>-1</sup>	158,8	253,4	185,3	203,2	193,5	1,08	0,371
V (BS)	%	51,3	60,2	32,0	36,7	35,4	0,74	0,566
P <sub>příst</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	40,6	24,7	20,7	23,9	25,3	0,95	0,439
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1459,9bc	1725,3c	481,4a	712,8b	732,7b	4,26	0,002**
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	161,7	345,1	323,8	408,4	353,1	0,82	0,515
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	426,2	445,9	340,7	324,0	311,5	1,57	0,183
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	746,5ab	913,8ab	1220,9b	1022,8a	1045,2a	2,40	0,050
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	92,2	135,4	208,5	171,6	214,1	1,30	0,270
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	175,4c	69,9b	11,6a	12,8a	10,9a	69,43	<0,001***
Zn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	16,7	-	8,4	7,6	13,6	1,11	0,348
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	901,8abc	746,0a	969,2b	1174,1c	1117,5c	9,37	<0,001***
Ca <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2595,4	892,3	1389,5	1382,9	1153,7	1,12	0,349
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1547,7	961,9	928,3	1085,9	976,4	0,83	0,505
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1191,0	971,6	903,9	931,2	968,2	0,94	0,440
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	10591ab	8582ab	7813a	9825b	10145b	7,73	<0,001***
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	12037ab	9768ab	8262a	9554ab	10169b	2,70	0,031*
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	272,6	99,1	98,2	62,8	67,3	1,16	0,327
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	52,1ab	31,6ab	35,1a	39,3ab	42,9b	1,79	0,130
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	0,22a	0,77b	1,24c	1,13c	11,85	<0,001***
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	10,1a	22,6b	25,3b	22,0ab	1,87	0,136
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	79,9a	134,2b	155,6c	166,4c	13,69	<0,001***

**Tabulka 2.5:** Srovnání půdních vlastností horizontů A (0-10 cm) mezi jednotlivými lesními vegetačními stupni analýzou rozptylu jednoduchého třídění (celý soubor, 1999-2018): průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v rádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Charakteristika	Jedn.	LVS 4	LVS 5	LVS 6	LVS 7	LVS 8	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		4,42abc	4,43c	4,13a	4,22b	4,29bc	7,97	<0,001***
pH <sub>KCl</sub>		3,61abc	3,78c	3,47a	3,56b	3,49a	7,65	<0,001***
C <sub>tot</sub>	%	4,92ab	7,87ab	9,84b	8,72b	6,64a	3,86	0,004**
N <sub>tot</sub>	%	0,28	0,35	0,71	0,46	0,34	0,80	0,523
KVK	mmolc. kg <sup>-1</sup>	49,8ab	29,4a	63,5b	68,6b	63,3b	2,05	0,091
V (BS)	%	11,6ab	25,6b	9,9a	11,1a	12,2a	3,33	0,012*
P <sub>příst</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	24,0	4,7	8,7	11,3	10,8	1,48	0,209
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	106,1	86,0	124,7	114,9	127,5	0,18	0,948
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	15,7ab	40,3ab	292,9ab	450,9b	230,2a	1,73	0,143
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	60,9abc	84,6abc	100,5c	79,8b	52,1a	10,02	<0,001***
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	539,3ab	1565,6c	993,5b	657,1a	575,6a	22,92	<0,001***
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	3,4a	59,5ab	101,5b	71,5a	53,0a	4,91	<0,001***
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	52,7c	7,0ab	7,7b	4,7ab	1,7a	17,33	<0,001***
Zn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2,71ab	-	3,02b	1,48a	2,17ab	2,60	0,055
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	557,1abc	183,4ab	209,5a	366,9c	346,6bc	3,96	0,004**
Ca <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	660,7	347,9	270,7	302,7	362,8	1,39	0,239
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2880,7c	856,9ab	592,8a	857,7b	881,6b	5,81	<0,001***
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1725,8c	421,6a	419,0a	787,7b	845,9b	15,20	<0,001***
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	20884c	7047ab	6256a	7417ab	7976b	4,80	<0,001***
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	22406b	9658ab	8507a	9984ab	8346a	1,70	0,150
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	884,0b	84,4a	83,4a	73,5a	53,6a	12,13	<0,001***
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	58,7b	18,0a	13,4a	16,7a	15,7a	9,98	<0,001***
As <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	13,3ab	19,4ab	26,8b	15,8a	3,28	0,027*
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	0,26	0,42	0,70	0,47	1,58	0,196
Cr <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	4,78	4,16	4,49	4,68	0,40	0,753
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	5,35	7,54	10,54	9,91	0,87	0,458
Ni <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	4,76	3,56	3,72	2,81	1,11	0,357
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	57,0ab	89,4c	75,4b	51,8a	19,60	<0,001***

**Tabulka 2.6:** Srovnání půdních vlastností horizontů B (10-20 cm) mezi jednotlivými lesními vegetačními stupni analýzou rozptylu jednoduchého třídění (celý soubor, 1999-2018): průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v rádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Charakteristika	Jedn.	LVS 4	LVS 5	LVS 6	LVS 7	LVS 8	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		4,59ab	4,52b	4,35a	4,36ab	4,44ab	2,06	0,088
pH <sub>KCl</sub>		3,76abc	3,97c	3,74b	3,65a	3,64ab	4,61	0,001**
C <sub>tot</sub>	%	3,41ab	4,01ab	5,12ab	6,22b	3,85a	1,69	0,154
N <sub>tot</sub>	%	0,24ab	0,17a	0,20a	0,30b	0,19a	3,16	0,015*
KVK	mmolc. kg <sup>-1</sup>	56,5ab	29,3a	50,9ab	52,5ab	54,3b	1,11	0,359
V (BS)	%	16,3	13,6	11,9	13,3	8,9	0,27	0,895
P <sub>příst</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	8,01	2,74	11,96	9,78	6,08	1,28	0,278
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	124,6	37,3	51,9	71,2	56,3	1,00	0,407
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	19,8	19,0	22,9	24,6	21,9	0,15	0,965
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	36,9ab	44,9ab	49,3b	43,6b	31,1a	4,29	0,002*
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	408,6abc	1554,5c	964,4b	457,5a	453,6a	7,95	<0,001***
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	0,7ab	41,6ab	61,0b	48,2ab	31,6a	2,10	0,086
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	44,6b	6,8ab	11,4b	8,2ab	1,7a	1,95	0,109
Zn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2,14	-	1,03	0,84	1,19	1,10	0,359
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	590,8ab	124,5a	166,4a	297,1b	265,8ab	2,60	0,038*
Ca <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	854,4c	202,3ab	211,4a	235,3ab	348,1b	3,56	0,008**
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	3430,9c	861,8ab	733,8a	778,5a	1189,0b	5,84	<0,001***
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1966,1c	381,3a	422,4a	578,2a	964,4b	11,19	<0,001***
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	21289c	8370ab	7799ab	6040a	9198b	2,63	0,036*
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	21206	10991	11249	11762	10488	0,27	0,898
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	955,4b	114,2a	149,0a	70,1a	89,2a	2,52	0,043*
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	71,1c	18,8ab	13,9a	16,0a	23,2b	8,00	<0,001***
As <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	4,5	10,7	16,0	8,9	1,38	0,262
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	0,26a	0,43a	0,70a	1,26b	4,71	0,004**
Cr <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	4,76a	4,81a	4,87a	9,03b	7,88	<0,001***
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	2,47a	3,59a	10,67b	16,89b	10,01	<0,001***
Ni <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	5,37	4,75	3,98	4,75	0,17	0,917
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	34,0a	48,2b	42,1ab	36,2a	3,85	0,011*

**Tabulka 2.7:** Srovnání půdních vlastností horizontů F+H mezi jednotlivými lesními vegetačními stupni analýzou rozptylu jednoduchého třídění (nové odběry, 2015-2018): průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v řádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Charakteristika	Jednotky	LVS 5	LVS 6	LVS 7	LVS 8	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		-	4,33	4,35	4,31	0,20	0,820
pH <sub>KCl</sub>		-	3,27a	3,44b	36,37ab	3,48	0,038*
C <sub>tot</sub>	%	37,8	36,7	37,1	33,4	1,10	0,358
N <sub>tot</sub>	%	1,89	1,81	1,83	1,72	0,50	0,685
KVK	mmolc.kg <sup>-1</sup>	-	194,3	193,2	192,4	0,01	0,992
V (BS)	%	-	37,8	26,6	29,3	0,83	0,444
P <sub>příst</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	26,4	18,9	18,8	12,2	1,01	0,393
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2448,2b	544,8a	635,6a	344,0a	3,27	0,028*
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	219,2	206,4	236,1	299,6	0,42	0,740
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	454,0	343,4	314,5	306,3	0,64	0,589
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	788,5	1156,4	1154,9	1092,2	0,35	0,788
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	112,7	198,0	165,0	206,7	1,04	0,383
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1167,0b	8,9a	10,8a	6,0a	18,85	<0,001***
Zn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	9,01b	5,06a	6,70ab	4,97	0,012*
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	622,4	900,8	1020,1	947,6	1,38	0,260
Ca <sub>ot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1786,1	658,5	941,3	676,4	1,73	0,174
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	822,9	639,8	528,9	637,9	0,68	0,566
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	678,4	721,2	693,7	678,9	0,14	0,938
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	4858,7	8041,8	8254,7	8080,0	0,32	0,813
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	7987,1	8238,8	7895,0	8310,9	0,03	0,995
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	152,2b	68,7a	63,1a	58,5a	4,30	0,010**
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	36,5	41,4	45,0	37,3	0,80	0,499
As <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	17,6	22,4	19,3	1,18	0,318
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	1,76	1,99	1,81	1,08	0,351
Cr <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	11,0	11,3	11,6	0,12	0,884
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	51,9	44,5	36,7	0,82	0,446
Ni <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	6,56	6,32	6,30	0,10	0,903
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	64,2	141,1	146,4	156,4	1,32	0,280

**Tabulka 2.8:** Srovnání půdních vlastností horizontů A (0-10 cm) mezi jednotlivými lesními vegetačními stupni analýzou rozptylu jednoduchého třídění (nové odběry, 2015-2018): průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v rádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Charakteristika	Jednotky	LVS 5	LVS 6	LVS 7	LVS 8	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		-	4,25	4,35	4,37	1,29	0,285
pH <sub>KCl</sub>		-	3,54	3,56	3,54	0,07	0,934
C <sub>tot</sub>	%	4,55	6,81	10,52	9,15	0,90	0,449
N <sub>tot</sub>	%	0,22	0,33	0,55	0,47	1,23	0,310
KVK	mmol.c.kg <sup>-1</sup>	57,5	78,9	91,8	71,7	1,40	0,262
V (BS)	%	5,3ab	6,6a	10,0ab	12,7b	1,79	0,169
P <sub>přist</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1,41	3,94	4,39	3,35	0,18	0,911
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	23,5	39,0	98,4	103,3	1,07	0,371
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	10,5ab	17,6a	39,0ab	59,8b	1,77	0,166
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	28,7	46,4	75,8	60,3	1,04	0,384
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	475,3	609,4	633,5	541,2	1,45	0,241
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	22,8	44,6	61,4	53,1	0,65	0,589
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1,25	7,64	7,39	1,07	0,86	0,468
Zn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	1,01a	1,24ab	1,81b	3,76	0,033*
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	210,6	380,4	541,5	428,7	1,57	0,213
Ca <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	178,2	214,1	321,5	411,4	0,71	0,554
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1685,5	835,9	761,8	662,7	1,24	0,311
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	751,3	722,2	742,5	736,0	0,01	0,999
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	10353	9587	7746	7335	0,61	0,616
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	24448b	9770ab	10891ab	5985a	2,80	0,054
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	168,9ab	227,2b	95,4ab	44,0a	1,59	0,210
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	33,2	21,5	28,4	21,5	0,76	0,525
As <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	13,3ab	20,7ab	27,7b	14,6a	1,93	0,143
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2,25	1,98	1,89	1,04	1,76	0,175
Cr <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	9,5	9,4	8,4	6,7	1,39	0,265
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	13,5	18,2	24,2	28,2	0,51	0,679
Ni <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	4,76	3,68	3,72	2,54	1,57	0,215
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	65,6ab	72,1ab	98,2b	62,9a	1,85	0,156

**Tabulka 2.9:** Srovnání půdních vlastností horizontů B (10-20 cm) mezi jednotlivými lesními vegetačními stupni analýzou rozptylu jednoduchého třídění (nové odběry, 2015-2018): průměrné hodnoty ve třídách, hodnota F-testu a hladina významnosti P. Odlišná písmena v rádcích označují statisticky průkazně odlišné hodnoty na hladině významnosti alespoň 0,05. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

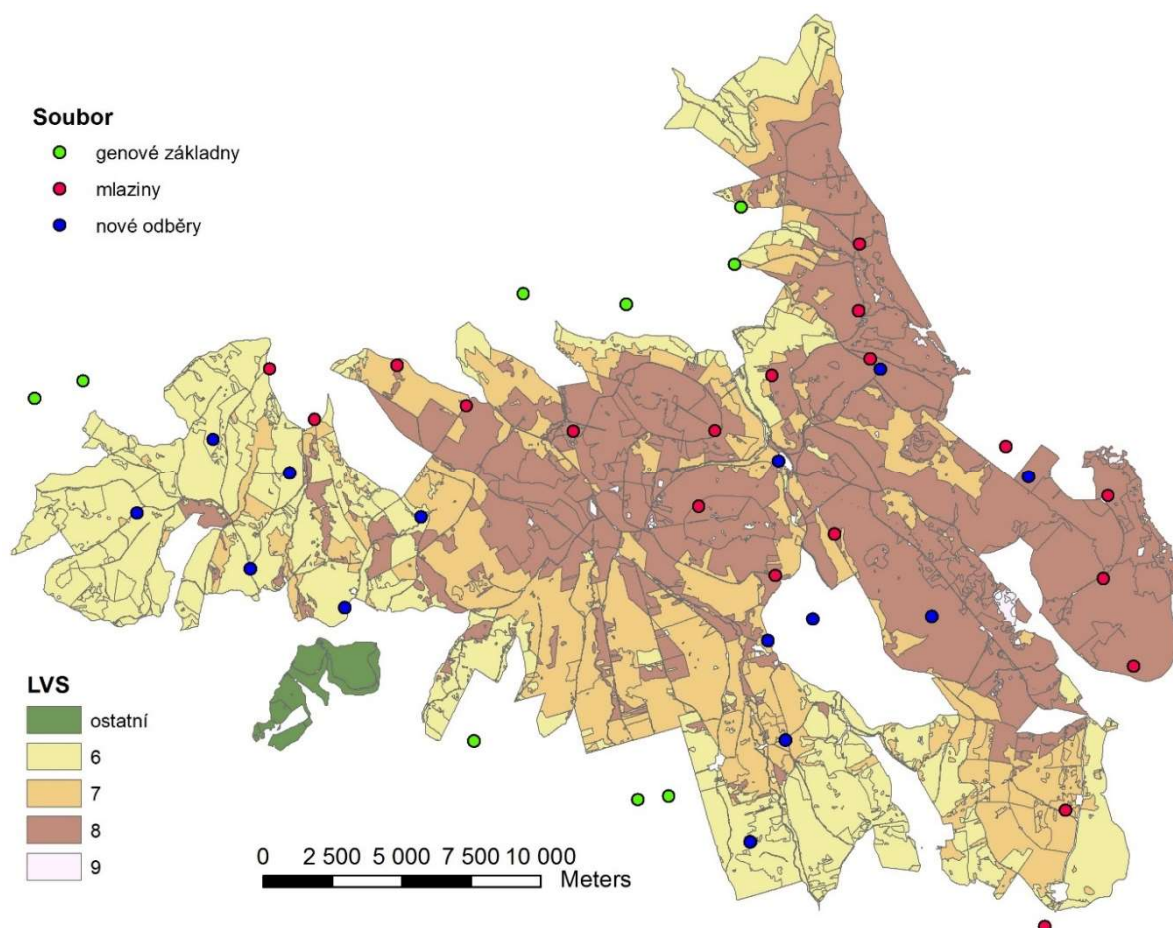
Charakteristika	Jednotky	LVS 5	LVS 6	LVS 7	LVS 8	F-test	P
pH <sub>H2O</sub>		-	4,36a	4,32a	4,51b	6,00	0,006**
pH <sub>KCl</sub>		-	3,73b	3,54a	3,72b	3,01	0,062
C <sub>tot</sub>	%	2,71	5,37	9,44	3,63	1,29	0,290
N <sub>tot</sub>	%	0,14ab	0,25ab	0,42b	0,18a	1,52	0,223
KVK	mmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	31,5	62,4	52,5	54,0	0,92	0,441
V (BS)	%	4,7	7,1	13,3	9,1	0,72	0,549
P <sub>přist</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2,47	4,28	2,55	4,05	0,38	0,770
Ca <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	9,1	33,0	89,0	52,4	0,56	0,643
Mg <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	5,0	13,3	23,6	21,4	0,54	0,657
K <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	13,4	34,8	35,9	24,8	1,18	0,330
Al <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	264,9	511,8	388,7	439,2	1,58	0,208
Fe <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	6,4	30,4	30,2	24,9	0,77	0,520
Mn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2,23	15,48	4,87	0,65	1,15	0,342
Zn <sub>vým</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	-	0,87	0,77	0,88	0,12	0,885
P <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	196,1	350,2	307,5	274,3	0,89	0,454
Ca <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	181,3	311,3	255,4	389,5	0,89	0,455
Mg <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	1968,7	1639,9	1151,2	1354,8	0,55	0,649
K <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	719,2	1142,0	967,3	1030,6	0,22	0,879
Al <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	14016ab	13313b	7479a	10150ab	1,77	0,167
Fe <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	27778	16501	11316	10900	1,64	0,196
Mn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	197,6	503,5	115,5	102,1	1,35	0,273
Zn <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	38,8	33,8	31,0	28,3	0,36	0,783
AS <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	4,5	11,1	16,1	8,7	1,36	0,270
Cd <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	2,37ab	2,67b	1,78ab	1,51a	1,72	0,181
Cr <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	10,1	11,4	8,0	9,8	0,66	0,580
Cu <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	11,1	16,9	28,3	20,1	0,80	0,503
Ni <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	5,37	4,75	3,98	4,75	0,16	0,920
Pb <sub>tot</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>	35,3	52,3	46,0	36,8	1,45	0,242

### 2.2.1. Hodnocení časových změn půdních vlastností

Časové změny půdních vlastností byly hodnoceny třemi různými způsoby:

- 1) Posouzení vývoje vlastností na lokalitách s opakovaným odběrem v rámci průzkumu ÚKZÚZ (projekt zaměřený na genové základny, 9 lokalit, odběry v letech 2002, 2004, 2006, 2008 a 2010) a v rámci průzkumu VÚLHM (projekt zaměřený na mlaziny, 18 lokalit, odběry v letech 1999, 2003, 2009, 2012, na 3 lokalitách ještě v roce 2015).
- 2) Porovnání půdních vlastností ve vzorcích z nových odběrů uskutečněných v roce 2017 s údaji z odběrů na stejných místech v letech 2000 až 2006 (14 lokalit).
- 3) Statistické hodnocení celkových časových trendů půdních vlastností s využitím celého souboru dat.

Rozmístění sond použitých v bodě 2) a 3) je znázorněno na Obr. 2.3.



**Obrázek 2.3:** Mapa rozložení odběrových lokalit s opakovanými odběry

Z jednotlivých hodnocení časového vývoje lze i přes značnou variabilitu výsledků vyčíst, že na počátku sledovaného období, tedy okolo roku 2000, došlo k výraznějším změnám (převážně nárůstu) pH, v posledních letech je ale patrné určité ustálení hodnot, zejména výměnné reakce.

Došlo k nárůstu obsahu celkového uhlíku a v případě nadložních organických horizontů i celkového dusíku.

Velmi výrazný je pokles přístupného fosforu, přestože celkový fosfor se příliš nemění.

Výměnný vápník a zejména draslík naopak spíše mírně narůstají, alespoň v nadložních organických horizontech; hořčík v datech z různých podsouborů vykazuje nejednoznačné trendy, určitě nelze hovořit o jeho obecně výrazném poklesu.

Mírně narůstá kationtová výměnná kapacita, ale nasycenost bazickými kationty spíše klesá, s výjimkou hlubších vrstev, kam se zřejmě bazické kationty částečně přesouvají.

Výměnný ani celkový hliník nevykazuje jasný trend, stejně jako mangan a železo.

**Tabulka 2.10:** Srovnání půdních vlastností vybraných lokalit mezi staršími odběry (2000 – 2006) a novými odběry (2015 – 2017) podle horizontů metodou párového t-testu: hodnota t-testu a hladina významnosti P. \*, \*\* a \*\*\* označují statisticky významné rozdíly na hladině významnosti alespoň 0,05, 0,01 a 0,001.

Horizonty:	F + H		A (0-10 cm)		B (10-20 cm)	
	t-test	P	t-test	P	t-test	P
pH <sub>H2O</sub>	-3,450	0,003**	-4,148	0,002**	-0,273	0,017*
pH <sub>KCl</sub>	-0,956	0,352	-1,706	0,116	-1,056	0,312
C <sub>tot</sub>	-0,189	0,852	0,707	0,494	-1,581	0,138
N <sub>tot</sub>	-0,286	0,778	0,517	0,616	0,998	0,336
P <sub>přist</sub>	2,472	0,069	2,812	0,031*	1,265	0,262
Ca <sub>vým</sub>	-0,061	0,952	1,789	0,101	2,733	0,017*
Mg <sub>vým</sub>	3,287	0,005**	2,061	0,064	3,202	0,008**
K <sub>vým</sub>	0,836	0,441	1,416	0,200	-0,201	0,847
Al <sub>vým</sub>	2,110	0,051	2,090	0,066	1,747	0,109
Fe <sub>vým</sub>	-0,014	0,989	1,388	0,224	0,961	0,391
Mn <sub>vým</sub>	1,339	0,238	1,691	0,152	1,219	0,290
P <sub>tot</sub>	2,908	0,033*	0,939	0,391	-0,461	0,664
Ca <sub>tot</sub>	2,026	0,089	-0,244	0,815	1,143	0,305
Mg <sub>tot</sub>	4,288	0,005**	1,934	0,101	1,121	0,313
K <sub>tot</sub>	2,127	0,078	1,634	0,153	-0,201	0,847
Al <sub>tot</sub>	2,040	0,097	1,859	0,122	0,567	0,595
Fe <sub>tot</sub>	2,560	0,051	1,636	0,163	0,687	0,523
Mn <sub>tot</sub>	1,339	0,238	0,029	0,978	1,538	0,185
Zn <sub>tot</sub>	0,866	0,420	-0,886	0,410	-0,871	0,433

## 2. 3 Vývoj výživy mladých smrkových porostů

Pro hodnocení vývoje výživy byly využity údaje z 19 ploch založených v Jizerských horách v první polovině 90. let 20. století za účelem sledování stavu mladých smrkových porostů obnovovaných po imisní kalamitě, která vrcholila v 70. a v 80. letech 20. století. Na těchto plochách jsou VÚLHM každoročně odebírány směsné vzorky jehličí pro zjištění úrovně výživy. Směsný vzorek je vytvořen odběrem větví z deseti různých stromů, k analýze jsou odděleny dva nejmladší ročníky jehličí.

V téměř třicetileté řadě analýz smrkového jehličí je patrné zvyšování koncentrace dusíku a to v obou ročnících jehličí, přičemž v letorostech je koncentrace mírně vyšší v porovnání s dvouletými jehlicemi.

Koncentrace fosforu v letorostech kolísá a ve dvouletém jehličí dochází k mírnému poklesu. Ve starším jehličí je fosforu méně a často jeho koncentrace klesá pod spodní mez optima, což je 1200 mg.kg<sup>-1</sup>. Kombinace mírného nárůstu koncentrace dusíku a mírného poklesu koncentrace fosforu vede k nerovnováze mezi těmito důležitými prvky, zřetelné je to především u dvouletého jehličí.

Koncentrace draslíku za sledované období mírně klesá, nižší koncentrace jsou ve dvouletém jehličí. Draslík je významné osmotikum a je velmi důležitý pro zajištění mrazuvzdornosti jehlic, proto jeho pokles pod 3000 mg.kg<sup>-1</sup> lze brát jako varování před možnými problémy při regulaci průduchů ve vegetačním období a pro schopnost odolávat silným mrazům v době vegetačního klidu.

Pro vápník je typické zvyšování koncentrace se stářím jehlic, protože je to prvek málo pohyblivý, je součástí buněčných stěn a dalších struktur jehlic i dřeva. Potvrzuje se to i při tomto dlouhodobém sledování. Z výsledků je zřejmé, že i v případě vápníku pozorujeme velmi pozvolný pokles jeho koncentrace a zejména hodnoty nižší než 2000 mg.kg<sup>-1</sup> zjišťované u části ploch v jednoletém jehličí lze hodnotit již jako nízké.

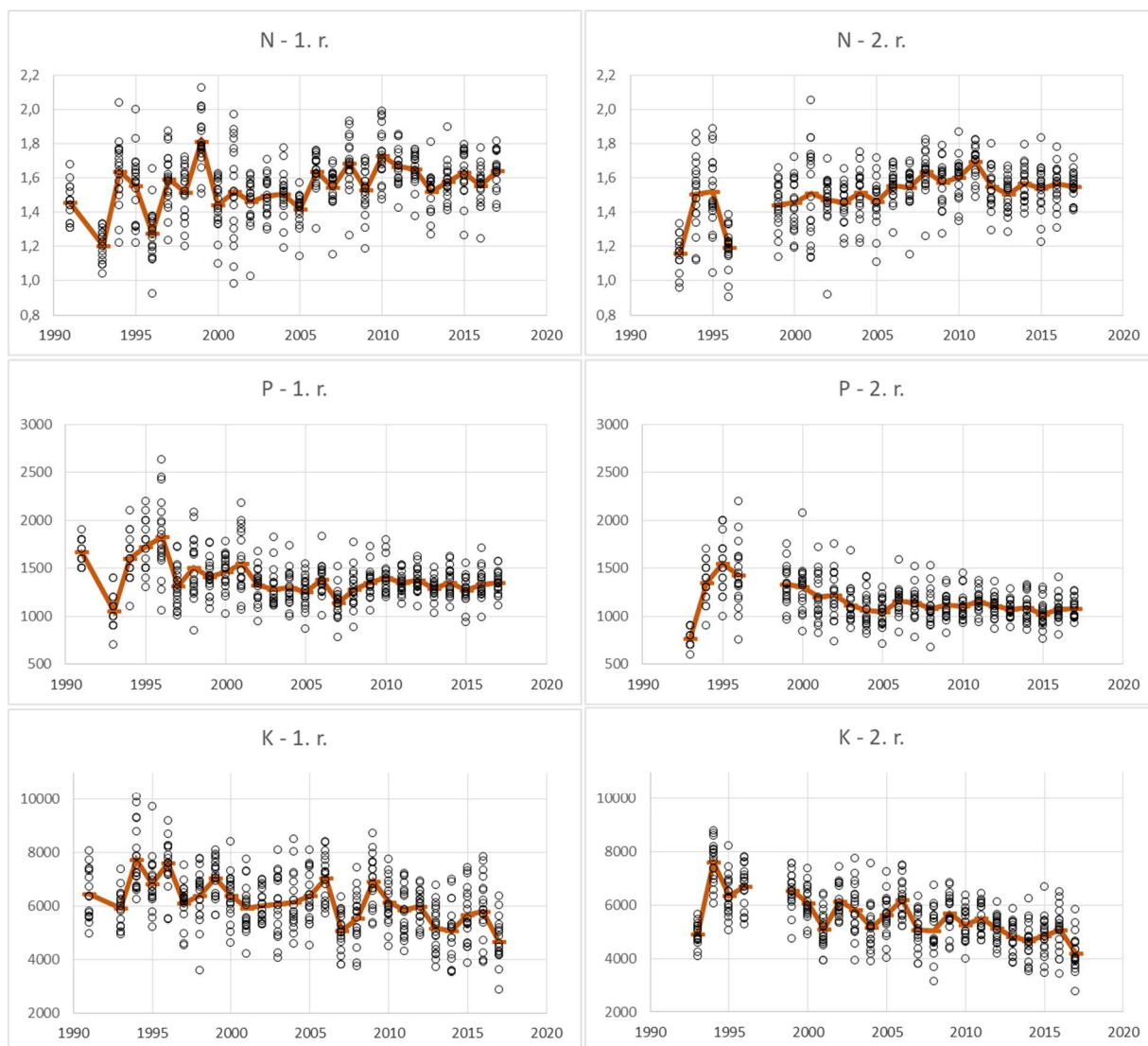
Kromě dusíku se pozvolna zvyšuje také koncentrace hořčíku, a to v jednoletém i ve dvouletém jehličí sledovaných mladých smrkových porostů. Hořčík je centrálním atomem molekuly chlorofylu a má proto zásadní význam pro fotosyntézu. Mezi devatenácti hodnocenými plochami jsou i takové, kde je koncentrace hořčíku nízká, ale průměrné hodnoty a trend mírného zvyšování koncentrace v čase lze hodnotit jako příznivý.

Stopový prvek zinek ovlivňuje aktivitu mnoha enzymů glycidového metabolismu a je důležitý také při syntéze bílkovin a fotosyntetických pigmentů. Patří proto pro sledované prvky, jeho koncentrace v jehličí smrku by měla být optimálně vyšší než 20 mg/kg. Ovšem také u tohoto prvku musíme konstatovat jeho postupný úbytek, především ve dvouletém jehličí, kde jeho koncentrace až na polovině sledovaných ploch klesají pod spodní hranici optima.

Síra byla dlouho prvkem, který patřil k hlavním zátěžovým faktorům lesních ekosystémů. Důvodem byly obrovské hodnoty jeho depozice, které při vrcholící imisní kalamitě dosahovaly až 200 kg čisté síry na hektar lesa. Zátěž půdy byla extrémně vysoká a ještě na výsledcích z devadesátých let jsou patrné vysoké koncentrace síry v jehličí smrku ve sledovaných smrkových mlazinách. V posledních ca 20 letech jsou již koncentrace síry více méně stabilní, popř. dále klesají. Na řadě míst Česka se již na síru díváme jako na důležitou živinu, zejména pak při poklesu koncentrace pod 1000 mg.kg<sup>-1</sup>. K tomu ve sledovaných porostech Jizerských hor zatím nedochází, naopak, lze i v posledních letech nalézt koncentrace, které lze označit za zvýšené (> 1500 mg.kg<sup>-1</sup>).

Fluor je prvek, který síru často provázal – jeho zdrojem v ovzduší bylo spalování méně kvalitního hnědého uhlí, popř. jiných surovin s vyšším obsahem fluoru. Koncentrace fluoru byly na sledovaných plochách zvýšené až vysoké pouze v 90. letech, v současné době je lze označit za přirozené.

Hliník je prvek, který se v půdě ve zvýšené míře uvolňuje v důsledku acidifikace a poklesu pH. Jeho vyšší podíl v půdním roztoku se může následně projevit i v analýze jehličí a z výsledků je zřejmé, že ke zvýšenému příjmu hliníku dochází. Nicméně hliník je problematickým prvkem zejména v půdě, kde jeho trojmocná forma ( $Al^{3+}$ ) může působit toxicky na jemné sorpční kořeny dřevin.



Obrázek 2.4: Vývoj koncentrace dusíku, fosforu a draslíku na dlouhodobě sledovaných smrkových plochách

### 3. REALIZAČNÍ VÝSTUP PROJEKTU

V zájmové oblasti jsou lesní půdy narušené historickou imisně-depoziční zátěží, a to především sloučeninami síry a dusíku, za spolupůsobení sloučenin dalších prvků, včetně potenciálně rizikových kovů. Původcem sloučenin síry byly, a stále v určité míře jsou, především průmyslové aglomerace Česka, Německa i Polska, původcem sloučenin dusíku jsou veškeré spalovací procesy, včetně významného podílu emisí z dopravy, případně intenzivní zemědělská činnost (zejména živočišná produkce).

Ekosystém lesa je do určité míry schopen nadměrnou kyselou zátěž neutralizovat. Dlouhodobá acidifikace trvající desítky let ovšem způsobila nadměrné vyplavování bazických prvků z půdy a zapříčinila pokles, případně úplné vyčerpání neutralizačních schopností půd. To se projevuje poklesem pH mimo optimum pro růst dřevin a je to spojeno nejen s nedostatkem bazických živin v půdě, ale také s rizikem mobilizace potenciálně rizikových prvků, především hliníku, případně dalších kovů.

Podle dat ÚHÚL bylo aktivní pH humusu v zájmové oblasti v 50. letech 20. století v rozmezí 4,2 až 6, v osmdesátých letech 20. století to bylo již jen 3,5 až 3,9 (Slodičák a kol. 2005). Současné hodnoty aktivního pH se v horizontu FH pohybují v rozmezí 3,8 až 4,8 a jsou srovnatelné s obdobím vrcholící imisní kalamity. Za období 1950-1980 došlo k výraznému poklesu aktivního pH půdy a lze říci, že nepříznivý stav stále trvá. Podobné závěry uvádí také práce z Německa, kde např. konstatují od 30. let 20. století pokles aktivního pH v rozmezí od 0,5 do 3 jednotek pH. Čím vyšší bylo pH, tím větší pokles byl zjištěn – u půd s pH 6-6,5 byl pokles 1927/1997 1-3 jednotky pH, u půd s pH kolem 4,5 byl pokles 1927/1997 0-0,5 jednotek pH (Hildebrand 2001).

Zátěž lesních půd je zvýšená také zachytáváním aerosolů a pevných částic v korunové vrstvě stromů a jejich následným smýváním na povrch půdy. Tento efekt je výrazný zejména u smrkových porostů, které mají vysokou specifickou drsnost povrchu a ponechávají si asimilační orgány i v zimním období, kdy je imisní zatížení obvykle vyšší. V období vrcholící imisní zátěže tak byly spady depozic pod smrkovými porosty až pětinasobné oproti volné ploše, v současné době jde obvykle o 1,5 – 2 násobné hodnoty.

Vzhledem k výše uvedenému hodnotíme současný stav lesa v zájmové oblasti z hlediska půdních vlastností, výživy lesních porostů a možnosti lesnického hospodaření při udržitelné bilanci živin jako narušený až rizikový. Lze konstatovat, že stav lesních půd byl vlivem antropogenní zátěže změněn v míře, která přesahuje schopnost ekosystému vrátit se vlastními silami do stavu před 100-150 lety. Pro stabilizaci lesních porostů a nastartování procesů ke zlepšení situace existuje řada opatření. Výběr těch, které považujeme za vhodné pro řešenou cílovou oblast Jizerských hor, je uveden v následujících kapitolách.

#### 3.1 Doporučení pro podporu výsadeb

##### 3.1.1 Obecná doporučení

Klíčovým obecným faktorem pro zdárnou umělou obnovu lesa je kvalita sadebního materiálu, vhodná manipulace s ním a adekvátní realizace výsadeb s ohledem na stanovištní podmínky a ekologické nároky dřevin, včetně vhodného načasování.

Pro to, aby byl maximalizován předpoklad zdárného vývoje, musí sadební materiál splňovat parametry dané normou ČSN 482115 „Sadební materiál lesních dřevin“.

Vhodné postupy manipulace se sadebním materiálem jsou rozpracovány v metodice „Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu“ (Jurásek et al. 2010).

Postupy umělé obnovy se zabývá ČSN 48 2116 „Umělá obnova a zalesňování“ a ČSN 48 2117 „Příprava stanoviště pro umělou obnovu a zalesňování“. Metodika „Péče a ochrana kultur po obnově a zalesňování“ (Mauer, Leugner 2014) řeší obecné zásady ochrany kultur proti konkurenci buřeni a poškozování zvěří.

Na stanovištích s vysokým rizikem zamokření a zabahnění může být nezbytným krokem pro podporu ujímavosti a odrůstání následného porostu (dočasná) úprava vodního režimu lesních půd pomocí postupů lesotechnických meliorací. Tato problematika je řešena v metodice „Metodické postupy úpravy vodního režimu lesních půd“ (Černohous et al. 2012).

Použitím obalované sadby se výrazně prodlužuje období využitelné pro výsadbu. Z hlediska maximalizace úspěšnosti je však nejvhodnější podzimní termín výsadby, kdy mají sazenice i ve srážkově nevyrovnaných letech šanci se během zimního období zásobit vodou a na jaře úspěšně prokořenit.

### 3.1.2 Možnosti chemické meliorace

V zájmovém území je minerální půda extrémně chudá na živiny, především bazické prvky a fosfor. Převážná zásoba jejich přístupných forem se nachází v humusové vrstvě, ze které je postupně uvolňována. To může vést k tendenci ke zplošťování kořenového systému lesních dřevin.

Klíčovým prvkem zájmové oblasti je fosfor, jehož koncentrace v prostředí jsou relativně nejnižší. Dalšími významně deficitními prvky v půdě jsou hořčík a vápník.

Pro cílenou podporu ujímavosti a odrůstání výsadby je na základě získaných údajů a zkušeností vhodnější bodová než plošná aplikace melioračních hmot. Živiny jsou k dispozici konkrétním jedincům a hnojivé dávky jsou výrazně nižší. Při chemické melioraci je vhodné se soustředit na klíčové cílové dřeviny, u nichž je podpora nejvíce žádoucí a podle získaných zkušeností také přináší pozitivní efekty.

Podle rychlosti rozpouštění (resp. uvolňování živin) se hnojiva dělí na rychle rozpustná (klasická hnojiva používaná v zemědělství), s dobou rozpouštění řádově v týdnech, a pomalu rozpustná, resp. pomalu působící (slow-release fertilizers), která uvolňují živiny po dobu několika měsíců až let. Specifickým typem pomalu rozpustných hnojiv jsou hnojiva s kontrolovaným výdejem živin (controlled-release fertilizers), kde je uvolňování živin obsažených v preparátech kontrolováno kromě vlhkosti i teplotou prostředí (půdy).

Pro chemickou melioraci v lesních porostech je možné doporučit výhradně hnojiva s pozvolným účinkem, tj. s pomalým nebo kontrolovaným výdejem živin. Formulace hnojiva (míně obsah a poměr živin) by měla být vždy přizpůsobena konkrétním podmínkám lesního stanoviště. Kromě klasických chemických rozborů půdního prostředí lze jako vhodnou metodu pro stanovení deficitních živin použít analýzu asimilačního aparátu vegetace (přednostně dřevinné), která na daném stanovišti roste. Výsledné složení hnojiva by mělo na tyto zjištěné nedostatky ve výživě reagovat. Žádoucí je, aby se potřeba chemické meliorace i volba preparátu opírala o analýzy z víceletého období a vycházela z konzultací s odborníky.

Klíčové je správné načasování aplikace. Aby dodané živiny mohly být sazenicemi efektivně přijímány a omezilo se jejich vyplavování, je nezbytné hnojivo aplikovat na jaře při počátku rašení nových výhonů. Je třeba zajistit důslednou kontrolu aplikace i jejího termínu.

Pro cílenou chemickou melioraci je možné doporučit následující formy aplikace

- Ploškové hnojení „na miskú“ je aplikace meliorantu (drť, granule) na povrch půdy v okolí stromku (do vzdálenosti cca 25–50 cm od kmínku). Jedná se o jednoduchý a rychlý způsob, problematická může být vyšší prašnost (horší v případě použití práškové formy, lepší v případě použití granulí).
- Bodové hnojení prostřednictvím hnojivých tablet. Žádoucí je zapravení hnojiva pod povrch půdy (do hloubky do 10 cm) pomocí rýče (někdy postačí jen zašlápnutí botou).
- Hnojení do jamky. Aplikace hnojiva přímo do prostoru výsadbové jamky během výsadby (hnojivo je promíseno s půdou vykopanou z prostoru jamky a touto směsí hnojiva a půdy je kořenový systém stromku zasypán).

Dávkování hnojiva v zásadě závisí na druhu použitého hnojiva (koncentrovanosti) a na stanoveném množství živin, které má být zásahem do lesního ekosystému dodáno. Je vždy vhodné konzultovat s výrobcem. Např. při bodovém iniciačním přihnojení lesních kultur tabletami hnojiva s kontrolovaným výdejem živin značky Silvamix se obvyklá dávka pohybuje mezi 40–80 g na jeden stromek, přičemž konkrétní formulace tablet se přizpůsobuje vlastnostem stanoviště a stavu výživy porostů. Jak vyplývá ze zkušeností při aplikaci a vyhodnocování pokusů v Jizerských horách, spíše než na bazické moučky bude žádoucí se do budoucna zaměřit na moderní pomalu působící hnojivé materiály. Živiny jsou v nich výrazně koncentrovanější a je tedy možné aplikovat nesrovnatelně menší množství meliorantu s výrazně vyšší chemickou účinností. Moderní hnojiva je navíc možné z hlediska zastoupení živin přesně přizpůsobit konkrétním podmínkám na lesním stanovišti.

Účinnost hnojivých opatření je třeba hodnotit s ohledem na předem vytyčené cíle hnojení. Běžným a přímo hodnoceným odrazem účinnosti hnojení je zlepšený přírůst, nižší ztráty při zalesňování a rychlejší odeznění šoku z přesazení (na nejvíce poškozených stanovištích nebo u nejnáročnějších druhů: buk, klen, jedle). Ne vždy je však zvýšený přírůst primárním cílem a v podmínkách horských oblastí jím skutečně často není. Důležité může být zlepšení výživy a zdravotního stavu dřevin (lepší olistění a vitalita stromů), stabilizace či zlepšení chemismu půdy.

Kombinace biologické meliorace a cílené chemické meliorace (bodově nebo ploškově aplikované materiály) může představovat rozumný kompromis v případě pochybností o vhodnosti nebo o účinnosti plošné chemické meliorace na konkrétním stanovišti.

Následující dřeviny vyšších poloh lze v zájmové oblasti podpořit aplikacemi melioračních hmot (s výjimkou první zmiňované):

#### Bříza karpatská

Bříza karpatská je druhem vyžadujícím kyselou půdu. Nelze proto u ní doporučit přihnojení bazickými moučkami, které vede ke zpomalení růstu (Kuneš et al. 2007).

### Buk lesní

Pro podporu následného odrůstání buku lesního lze doporučit aplikaci jemně mletého dolomitického vápence v dávce 1 kg do jamky při výsadbě. Opatření však může mít zpočátku negativní vliv na ujímavost výsadeb (srovnej Černošous, Kacálek 2008, Balcar et al. 2011). Vápnění zvyšuje obsah Ca v listech (Balcar et al. 2011).

### Javor klen

Pro podporu počátečního odrůstání javoru kleny lze doporučit aplikaci jemně mletého dolomitického vápence v dávce 1 kg do jamky při výsadbě. Opatření však může mít zpočátku negativní vliv na ujímavost výsadeb (srovnej Černošous, Kacálek 2008). Avšak pozitivní efekt přihnojení na růst postupně mizí a v horizontu stáří výsadeb 15 let již nebyl zjištěn rozdíl mezi výškou přihnojených a nepřihnojených javorů. Vápnění však zvýšilo obsah Ca v listech (Balcar et al. 2011).

### Jedle bělokorá

Aplikaci jemně mletého amfibolitu v množství 1 až 2 kg přimíšeného do jamky při výsadbě lze podpořit přežívání a odrůstání výsadeb jedle na horní hranici jejího rozšíření (Balcar, Kacálek 2008, Balcar et al. 2016). Přihnojení průmyslovým hnojivem Silvamix se na ujímavosti a odrůstání neprojevovalo.

### Jilm horský

Aplikaci jemně mletého dolomitického vápence zapracovaného v množství 1 kg při výsadbě do jamky lze významně podpořit ujímavost a také růst jilmu horského (Balcar et al. 2009).

### Olše šedá

Přihnojením jemně mletými bazickými moučkami v množství 1,5 kg na sazenici (dolomitický vápenec s amfibolitem v poměru 1:2) lze podpořit přežívání i růst olše šedé. Výsledky jsou více pozitivní při jamkové aplikaci mouček při výsadbě než při aplikaci zalitím na povrch půdy v okolí sazenic (Kuneš et al. 2014).

### Smrk ztepilý

Dolomitickým vápencem aplikovaným v dávce 1 kg promísením při výsadbě do jamky lze podpořit jak přežívání, tak přírůst nadzemní i kořenové biomasy smrku, aniž by byla ohrožena jeho stabilita (Kuneš et al. 2007). Vyšší efekt z hlediska růstu (bez pozitivního efektu na přežívání) lze zajistit přihnojením pomalu rozpustným hnojivem (Silvamix) – (Kuneš et al. 2013a, b).

### Borovice kleč

Nebyla zjištěna nutnost ani možnost meliorační podpory této dřeviny.

### 3.1.3 Možnosti a principy biologické meliorace

Hlavní zásady pro využití biologické meliorace stanovišť v zájmové oblasti lze shrnout následovně:

- Některé druhy dřevin pozitivně ovlivňují stav půdního prostředí na stanovišti, kde rostou, a plní tak meliorační funkci. Meliorační dřeviny mají oproti jehličnatým dřevinám (zejm. smrku) příznivější chemismus opadu, který pak pozitivně ovlivňuje půdu. Na druhou stranu v zájmové oblasti nelze využít jeden z principů biologické meliorace – čerpání živin z hlubších vrstev půdy a jejich navrácení do koloběhu ve formě opadu. Půdní profily v Jizerských horách jsou acidifikovány v celé hloubce, přičemž horší situace je paradoxně v původních bukových porostech, kde je půdní profil dlouhodobě využíván celý, na rozdíl od smrkových porostů, které nejvíce využívají půdní profil do hloubky ca 40 cm.
- Pro úlohu melioračních dřevin v podmínkách vyšších poloh Jizerských hor připadají v úvahu především následující druhy: buk lesní, jedle bělokorá, javor klen, jeřáb ptačí, bříza bělokorá, bříza pýřitá („karpatská“), olše šedá, topol osika, vrba jíva, částečně borovice kleč a další keřové druhy (zejména vrba jíva a vrba slezská).
- Pro plnění meliorační funkce hraje významnou roli také množství opadu (listí, odumřelé větvičky, odumřelá kořenová biomasa), které porosty stanovišti dodávají. Ke zlepšení koloběhu může napomáhat hlubší kořenový systém, i když u horských podzolových půd je růst kořenů do hlubších horizontů zpravidla velice limitován bez ohledu na druh.
- Na klimaticky exponovaném a imisemi nejvíce zasaženém náhorním platu Jizerských hor lze v mladých porostech očekávat výraznější meliorační účinek na půdu především u pionýrských listnáčů (bříza pýřitá „karpatská“, jeřáb, případně vrby a osika). Po přihnojení bazickými melioranty se osvědčila rovněž olše šedá. Je vždy třeba dodržovat stanovištní nároky daných dřevin, především jejich požadavky na světlo a na fyzikální vlastnosti půd.
- Meliorační funkce některých klimaxových dřevin je v raných růstových fázích na nepříznivých stanovištích zpravidla nízká. Přímé nasazení některých cílových klimaxových melioračních druhů (buk, jedle) na odlesněné horské stanoviště bez krytu přípravného porostu (jednofázová obnova) je vysoce rizikové. Jedli, buk, klen případně další klimaxové listnáče je žádoucí do porostů vnášet až ve druhé fázi obnovy, např. formou prosadeb či podsadeb.
- U většiny pionýrských melioračních druhů se předpokládá spíše kratší životnost a dočasné osídlení stanoviště (přípravná funkce). Klimaxové meliorační druhy (zejména buk, javor a jedle) by měly od pionýrských dřevin převzít meliorační funkci v pozdějších růstových fázích porostů.
- Na mimořádně nepříznivých stanovištích mohou pionýrské meliorační druhy plnit i roli klimaxových dřevin.
- Některé dřeviny, které byly pro svoje dobré přípravné a meliorační vlastnosti v minulosti na horských stanovištích využívány, jsou v Jizerských horách geograficky nepůvodní s větším či menším rizikem invazního šíření. Záměrné použití takových dřevin je v oblastech se zvýšenými zájmy ochrany přírody možné pouze na základě povolení správy CHKO (v Jizerských horách např. olše zelená).
- Jako nevhodný druh pro exponovaná horská stanoviště se ukázala bříza bělokorá, jejíž porosty v horizontu pěti až deseti let od založení (případně i dříve) začínají výrazně snižovat svou vitalitu a přestávají plnit své funkce. Na náhorním platu hor je žádoucí používat břízu pýřitou. Břízu bělokorou pak lze využít na méně exponovaných stanovištích mimo náhorní plato.

- V současné době stále platí, že nejzásadnější překážkou v kultivaci přípravných dřevin (ale i cílových listnatých dřevin a jedle) je vysoký tlak býložravé zvěře; jakékoliv snahy o jejich cílené pěstování jsou tak neoddelitelně spojeny s nutností zajistit účinnou ochranu proti zvěři, což s sebou přináší značné ekonomické náklady. Především u klimaxových listnáčů (buk a klen) je třeba dále uvažovat riziko škod myšovitými hlodavci a myslet na jeho prevenci.
- Na živinově chudých stanovištích, optimálně však v celém zájmovém území, je pro zlepšení nutriční úrovně lesních půd vhodné ponechávat v porostech těžební zbytky, včetně nehroubí těžného při přeměnách porostů náhradních dřevin, a jejich drcení nebo štěpkování.
- Ponechávání veškeré hmoty vytěžené při výchovných zásazích a při rekonstrukcích porostů náhradních dřevin se pak doporučuje zejména na exponovaných stanovištích (CHS 51, 71), ale svůj význam má i na stanovištích kyselých (CHS 53, 73).
- Při předčasné obnově rozpadajících se porostů cílových dřevin je v závislosti na technologii těžby vhodné ponechávat na ploše buď veškerou kůru (odkornění harvestorem) nebo část (až 15-20 %) hmoty hroubí. Je-li to technologicky proveditelné, minimálně ponechaná hmota hroubí by pro rychlejší zpřístupnění živin měla být rozmělněna štěpkováním nebo drcením a rozptýlena po ploše.
- Živiny lze dříve a ve větším měřítku zpřístupnit zapracováním těžebních zbytků do svrchních horizontů půdy pomocí zemní frézy. Toto opatření je třeba načasovat minimálně půl roku před výsadbou a není vhodné ho aplikovat na sušších lokalitách, neboť nakypřením svrchních půdních horizontů dochází k dočasnému zhoršení soudržnosti půdy (např. Sewerniak et al. 2012). Na místech zabuřenělých výběžkatými druhy trav může tímto zásahem dojít k zvýšení vitality buřeneš jejím „nařízkováním“.

Biologickou melioraci dokáží konkrétní dřeviny zajišťovat různou měrou. V následujících tabulkách je uveden výčet dřevin z vyhlášky č. 83/1996 Sb. (příloha č. 4) pro jednotlivé cílové hospodářské soubory zájmového území seřazený podle meliorační účinnosti (viz metodika Slodičák et al. 2017). Index "e" u některých SLT nebo LT označuje tzv. "svahové" SLT a LT, sklon svahu, na nichž se tato jednotka nalézá, je větší než 40 %.

#### CHS 51 - Exponovaná stanoviště vyšších poloh

SLT	Podíl MZD (%)	Dřeviny základní	Skupiny dřevin podle meliorační účinnosti (pokles účinnosti mezi skupinami značen >)
5N (kromě 5N2) <sup>1</sup> , 5Ke, 6Ke, 6N (kromě 6N2, 6N9)	30	BK, SM	(KL, LP) > (BK) > (JD)
5N2, 6N2, 6N9, 5Me, 6Me	30	BK, SM	(LP) > (BK) > (JD)
5F, 5A (kromě 5A9) <sup>2</sup> , 5Se, 5Be, 5D7, 5D9, 5De, 5We, 6F, 6A, 6Se, 6Be, 6De	30	BK, SM	(KL, JV, LP, JS, JLH) > (BK) > (JD)

<sup>1</sup> – chudší LT ze SLT; <sup>2</sup> – LT na vápencích

CHS 53 - Kyselá stanoviště vyšších poloh

SLT	Podíl MZD (%)	Dřeviny základní	Skupiny dřevin podle meliorační účinnosti (pokles účinnosti mezi skupinami značen >)
5K (kromě 5Ke, 5K2) <sup>1</sup> , 5I (kromě 5I2), 5S2, 6K (kromě 6Ke, 6K2), 6I, 6S2	25	BK, SM	(LP, KL) > (BK, BR, JR) > (JD)
5M (kromě 5Me), 6M (kromě 6Me), 5K2, 6K2, 5I2	25	BK, SM, BO	(BR) > (BK, JR) > (JD)

<sup>1</sup> – chudší LT ze SLT

CHS 71 – Exponovaná stanoviště horských poloh

SLT	Podíl MZD (%)	Dřeviny základní	Skupiny dřevin podle meliorační účinnosti (pokles účinnosti mezi skupinami značen >)
7N, 7Me, 7Ke, 7Se, 7F, 7A	15	SM	(KL, JR, OS) > (BK, BR) > (BK, JD)

BK poskytuje jak dobrou, tak dostatečnou biomelioraci

CHS 73 – Kyselá stanoviště horských poloh

SLT	Podíl MZD (%)	Dřeviny základní	Skupiny dřevin podle meliorační účinnosti (pokles účinnosti mezi skupinami značen >)
7M (kromě 7Me), 7K (kromě 7Ke)	15	SM	(KL, JR, OS) > (BK, BR) > (BK, JD)

BK poskytuje jak dobrou, tak dostatečnou biomelioraci

CHS 75 – Živná stanoviště horských poloh

SLT	Podíl MZD (%)	Dřeviny základní	Skupiny dřevin podle meliorační účinnosti (pokles účinnosti mezi skupinami značen >)
7S (kromě 7Se)	15	SM	(KL, JR, OS) > (BK, BR) > (JD)

### 3.1.3.1 Využití přípravných porostů

Postup je vhodný nejen při zalesňování holin kalamitního charakteru. Dvoufázová obnova využívá funkci přípravného porostu, který postupně upraví málo příznivé růstové podmínky a následně umožní snazší vnášení cílových dřevin. Rychlý růst přípravných dřevin v mládí i schopnost odrůstat v podmínkách kalamitních holin zajišťuje vytvoření porostního zápoje a tím vytvoření příznivějších růstových podmínek, do kterých může být vnášena cílová dřevina v časovém odstupu. Rychlé odrůstání přípravného porostu nabízí také možnost využití jeho

produkčních schopností a rozložení potenciálu ekonomických zisků v relativně krátké době od vzniku holiny. Nejběžnějšími druhy přípravných porostů jsou břízy a olše.

Navrhovaný postup při zakládání přípravného porostu, znázorněný na technologickém diagramu (obr. 3.1) a blíže rozpracovaný metodice „Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin“ (Souček et al. 2016), je následující:

Při rozhodování o použití dvoufázové obnovy je nutné zohlednit stanovištní podmínky a potenciál obnovy přípravných dřevin, případně stávající výskyt přirozené obnovy dřevin. Přípravný porost je založen přirozenou nebo umělou obnovou, případně kombinací obou postupů. Realizací přípravy půdy lze částečně ovlivnit vlastnosti svrchních půdních vrstev, dočasně omezit buřň a zlepšit tak podmínky pro klíčení a odrůstání přípravných dřevin.

Kontrola úspěšnosti založení přípravného porostu je realizována ve shodném termínu jako současná kontrola obnoveného pozemku (kontrola k 31. 12. roku, kdy uplyne dvouletá lhůta od vzniku holiny, v případě schválení výjimky orgánem SSL i déle). V rámci kontroly je sledován plošný výskyt a početnost obnovy. Pokud v této době nejsou splněny podmínky úspěšného založení přípravného porostu, obnovu je nutné doplnit (zpravidla uměle, na plochách dosud vhodných pro přirozenou obnovu i odkladem pro očekávání obnovy).

Následná kontrola splnění kritérií „funkčnosti“ přípravného porostu 5 let od splnění podmínek založení porostu odpovídá běžnému termínu kontroly zajištěnosti.

Obnova lesa s využitím postupů dvoufázové obnovy je vhodná také na lokalitách postihovaných extrémními mrazy (mrazové polohy). V horských polohách zájmové oblasti jsou vhodnými přípravnými dřevinami těchto lokalit borovice kleč a borovice blatka. Cílové dřeviny uplatňované v druhé fázi pak, v závislosti na cílových HS, zahrnují zejména smrk ztepilý, břízu karpatskou a jeřáb ptačí. Postupy obnovy těchto lokalit byly rozpracovány v metodice „Obnova lesa ve vyšších horských polohách postihovaných extrémními mrazovými stresy“ (Balcar et al. 2011).



### 3.1.3.2 Meliorační působení pionýrských dřevin

(upraveno podle publikace Kacálek et al. 2017 a metodiky Slodičák et al. 2017)

#### Břízy

Břízy jsou silně světlo milné, typicky pionýrské dřeviny, které osídlují druhotně obtížně zalesnitelné holiny, haldy, výsypky, opuštěnou zemědělskou půdu a další místa poznamenaná hospodářskou činností člověka. Pionýrské dřeviny, jako je např. právě bříza, svým charakterem lépe snášejí mikroklimatické podmínky holin.

Porost břízy má vysokou intenzitu absorpce živin, ročně však břízy produkují menší množství opadu ve srovnání s některými listnatými a jehličnatými dřevinami. Když se na stanovišti vyvine porost břízy, dojde ke zvýšení pH (z hlediska vlivu na pH půdy má bříza podobný vliv jako buk, dub nebo jasan), zastoupení živin, i výskytu žízá, poklesne poměr C/N, často se zlepší kvalita půdního sorpční komplexu, zvýší se obsah humusu v humusových horizontech a humusová forma mor se mění na příznivější moder. V horách může obohacovat humus o bazické živiny, i když zde pH humusu bývá stejné jako u smrku. Ojedinele je popisováno i zlepšení fyzikálních vlastností půdy – zvýšení její pórovitosti. Nejvýraznější efekt břízy na stanoviště je spojen s produkcí opadu. Vliv na půdu se zvyšuje s vývojem porostu, při jeho rozpadu opět poklesá a vývoj vlastností půdy pak má zpětnou tendenci.

Při využívání břízy jako meliorační dřeviny je třeba rozlišovat mezi jednotlivými druhy bříz při respektování stanoviště a částečně odlišných ekologických nároků těchto dřevin.

Bříza bělokorá je v hospodářských lesích optimální meliorační dřevinou na stanovištích v CHS 13, 21, 27 a 57. Méně vhodná je v CHS 43 a 45. Bříza karpatská je jako meliorační dřevina optimálně využitelná na stanovištích HS 35, bříza pýřitá pak v HS 79, vyhovující je také na stanovištích CHS 19, 21, 25 a 31.

V lesích ochranných (CHS 01) je bříza bělokorá optimálně využitelná na stanovištích zakrslé edafické kategorie, bříza pýřitá pak na edafické kategorii R. V lesích v klečovém LVS a ve vysokohorských lesích pod hranicí stromové vegetace tuto funkci tvoří bříza karpatská.

#### Javory

Patří k dřevinám nejméně acidifikujícím půdu. Jejich opad se rychle rozkládá. Nedochozí k hromadění silných vrstev humusu a bazické živiny jsou rychle uvolňovány do ekosystému. Javory jsou vhodnými melioračními dřevinami na velmi široké škále stanovišť až do hor. Kromě toho, že javory jsou, s výjimkou horských poloh, v mládí schopné po dlouhou dobu snášet zástin nadúrovňové etáže, jsou také dřevinami s pionýrskou strategií šíření. V zájmové oblasti javor mléč doporučujeme do druhových skladeb na škále exponovaných, živných a vodou ovlivněných stanovišť středních a vyšších poloh. Mléč není vhodnou meliorační dřevinou na kyselých stanovištích. V rámci lesů ochranných je mléč použitelný na suťových svahových stanovištích.

Javor klen je vhodný na podobné škále stanovišť jako mléč. Klen může prosperovat na škále stanovišť vyšších až horských poloh. V rámci lesů ochranných je použitelný na zakrslé, skeletové a suťové edafické kategorii a také jako doprovod na nepodmáčených půdách luhu olše šedé. V rámci ochranných lesů vystupuje v přirozených smrčínách jako příměs pod hranicí stromové vegetace.

### Jeřáb ptačí

Jeřáb je pionýrská dřevina bez zvláštních nároků na půdní vlastnosti a vláhu. Snadno obsazuje různá stanoviště podobně jako bříza. Je světlomilný, ale v mládí snáší bez problému zástin v podrostu. Je odolný vůči imisím a klimatickým extrémům, a proto je vhodný jako přípravná dřevina v horských polohách. Bylo potvrzeno zlepšení některých půdních vlastností včetně charakteristik sorpčního komplexu pod porostem jeřábu. Vyšší obsahy bazických živin v listech mají vliv na obsah živin v nadložním humusu. Jeho vliv na půdu může být limitován nízkým množstvím biomasy listů a nízkým zastoupením v porostech, nicméně množství opadu výrazně navyšují plody (Carnol, Bazgir 2013).

Podle obsahu většiny biogenních prvků v opadu je na tom jeřáb z hlediska meliorační schopnosti lépe než bříza. Celková účinnost jeřábu jako dřeviny zlepšující stanoviště však v horských polohách může být přesto menší než u břízy, a to s ohledem na často nižší množství opadu.

Jako meliorační dřevina je používán v horských polohách (CHS 71, 73, 75, 77, 79). Jeřáb ptačí je také meliorační dřevinou na stanovištích ochranných lesů (CHS 02, 03), je optimální meliorační dřevinou na stanovištích ochranných lesů těsně pod hranicí stromové vegetace. Použitelný je také na stanovištích 5. – 7. vegetačního stupně na zakrslé a skeletové edafické kategorii.

### Olše

Z rodu olše se na území České republiky přirozeně vyskytují tři druhy, z nichž dva jsou lesnicky významné. V zájmové oblasti je uplatnitelná stromovitá olše šedá (*A. incana*) a na výjimku také keřovitá olše zelená (*A. alnobetula*), která je orgány ochrany považována za nevhodnou a geograficky nepůvodní, viz kap. 3.1.3. Všechny naše domácí druhy olší jsou typickými pionýrskými stanovištně tolerantními dřevinami, které vyžadují spíše vlhká stanoviště. Vyznačují se schopností osidlovat půdy s minimem obsahu humusu, holou minerální půdou i devastovaná stanoviště.

V kořenových hlízkách olší žijí v symbióze aktinomycety rodu *Frankia* sp., které jsou schopné získávat přímo z atmosféry dusík, v důsledku čehož mají olšové listy vysoký obsah této živiny. Opadem listů olše dodává nejen více dusíku, ale i bazické živiny a fosfor. V humusových horizontech a ve svrchním minerálním horizontu pod olší lepkavou se tak vyskytují velmi nízké poměry C/N. Pod olší bylo potvrzeno také zvyšování koncentrací dalších živin (Ca, P, K), zlepšení fyzikálních vlastností zhutněné půdy a rozvoj půdní makrofauny. Z hlediska meliorační účinnosti opadu je olše srovnatelná s břízou, jeho množství však bývá nižší.

Meliorační funkce olše je v zájmovém území očekávána na chudých podmáčených stanovištích nižších, středních a vyšších poloh (CHS 39), v zalesněných údolích vodních toků v podhůří (CHS 51, 59) a na podmáčených stanovištích v horách (CHS 79). Její použití by mělo být omezeno v oblastech vodárenských nádrží – zvýšené zastoupení olší zvyšuje vyluhování nitrátů z půdy. V 6. a 7. lesním vegetačním stupni má větší význam olše šedá, v současnosti je opomíjená olše zelená, která má ovšem omezení z hlediska zájmů ochrany přírody, viz výše.

### Topol osika

Přestože v Krkonoších osika vystupuje až na 1 300 m nad mořem, její nejhojnější zastoupení je soustředěno v rozmezí výšek 300 – 700 m n. m. Pro pionýrský charakter je uplatnitelná i ve

vyšších horských polohách, kde se dokáže jednotlivě zmlazovat, aniž by se v blízkém okolí nacházely mateřské stromy.

Osika vrací do půdy více bazických živin. Vzhledem k rychle se rozkládajícímu opadu jsou živiny z listů dříve dodávány do ekosystému. Pod porostem osiky dochází na chudších stanovištích ke zvyšování koncentrací bazických kationtů, zvláště vápníku a zvýšení pH svrchních horizontů půdy. Na bohatších stanovištích však může být efekt zcela opačný.

Topol osika je v zájmové oblasti vhodnou meliorační dřevinou na široké škále oglejených a podmačených stanovišť středních až vyšších poloh (CHS 27, 39, 47, 57, 59). V horách může být součástí biomelioračních dřevinných skladeb na stanovištích kyselých, živných a exponovaných (CHS 73, 75, 71). Kromě meliorační funkce lze od osiky očekávat také dobrou produkci dřeva (což může být v zájmovém území limitováno na některých exponovaných stanovištích). Z toho důvodu je navrhována jako základní přípravná dřevina na velké části stanovišť od nížin do vyšších poloh. Výjimečné postavení má jako přípravná dřevina také v lesích ochranných.

### 3.2 Doporučení pro přeměny porostů náhradních dřevin

I v případě realizace přeměn porostů náhradních dřevin je vhodné zohlednit doporučení pro podporu výsadeb uvedená výše (kapitola 3.1). Doporučované postupy přeměn porostů náhradních dřevin byly dále shrnuty do metodiky „Metodika postupů přeměn porostů náhradních dřevin v imisních oblastech“ (Balcar et al. 2007).

Stanovení naléhavosti rekonstrukcí a přeměn porostů (nejen náhradních, ale i cílových dřevin) je poměrně složité. Obecně lze říci, že naléhavost se zvyšuje s věkem porostu a s jeho meziročním zhoršováním zdravotního stavu. Obnovní dobu je vhodné prodloužit u rekonstrukcí porostů mladších, než je minimální povolené obmýtí, a to až o dvojnásobek rozdílu věku (tj. např. porost jdoucí do obnovy v 70 letech může mít obnovní dobu až o 20 let delší). Vždy však musí být obnovní doba podřízena cílovému druhovému složení i prostorové výstavbě následného porostu.

Při využití přeměn pomocí maloplošných obnovních prvků je třeba zohlednit variabilitu mikro stanovištních poměrů v rámci těchto prvků. V závislosti na jejich velikosti i porostních poměrech okolního porostu vznikají polohy s rozdílným světlostním i teplotním potenciálem. Umístění dřevin cílové druhové skladby v rámci těchto prvků musí odpovídat jejich ekologickým nárokům. K praktickému rozlišení vhodných částí obnovních prvků pro jednotlivé skupiny dřevin může sloužit metodika „Stanovení délky a průběhu stínu v maloplošných obnovních prvcích“ (Souček 2015).

Samozejmě je vhodné a žádoucí držet se v tomto případě také v praxi již používaných a osvědčených postupů a aplikovat je na obdobné podmínky v rámci jednotlivých CHS.

### 3.3 Doporučení pro provádění podsadeb

Řadu výše uvedených doporučení pro podporu výsadeb (kapitola 3.1) je možné aplikovat i při provádění podsadeb.

Vhodnými postupy pro provádění podsadeb přípravných dřevin (druhou fází dvoufázové obnovy) v nižších polohách se zabývá metodika „Podsady přípravných porostů břízy bělokoré, olše a jeřábu ptačího bukem lesním a jedlí bělokorou: certifikovaná metodika“ (Hurt,

Mauer 2016). Postupy jsou rámcově modifikovatelné i pro provádění podsadeb ve vyšších polohách.

Prosperitu podsadeb je vhodné adekvátně podporovat prací s podsazovaným porostem – jeho uvolňováním. Jedním ze základních projevů limitující dostupnosti záření pod krycím (podsazovaným) porostem je u listnatých výsadeb jejich sklon k plagiotropickému růstu. U jehličnanů pak dochází ke stagnaci přírůstu terminálního výhonu v porovnání s bočními výhony.

### 3.4 Doporučení pro kombinaci biologické a chemické meliorace

Principem biologicko-chemické meliorace v podmínkách horského stanoviště rozumějme aplikaci pomalu působících meliorantů ke stanovištěně vhodným listnatým pionýrským dřevinám. Pionýrské listnáče jsou méně citlivé na extremitu prostředí a lépe se s ní vyrovnávají. Lze tedy u nich předpokládat větší potenciál reagovat na přihnojení, přirůstat a již v raném věku tvořit dostatek biomasy. Pionýrské listnáče významnou část své biomasy vracejí stanovišti ve formě chemicky příznivého opadu. Opadu bývá u mladých porostů pionýrských listnáčů výrazně více než u porostů hlavních cílových dřevin. Hnojivý stimul meliorantu se tak při cílené aplikaci k pionýrským listnáčům může snáze transformovat do formy živinami obohaceného opadu a v této přirozenější a stabilnější podobě tak přispívat ke kvalitě stanoviště.

Jako dřevinu, která velmi dobře reagovala na cílené přihnojení, lze pro biologicko-chemickou melioraci horských stanovišť doporučit autochtonní olši šedou. V Jizerských horách ji lze na degradovaných stanovištích s poškozenou nebo redukovanou vrstvou nadložního humusu podpořit aplikací pomalu rozpustného fosforečno-draselného hnojiva. Její velký potenciál je ve schopnosti poutat vzdušný dusík a ve slušných produkčních schopnostech, které si zachovává i ve vyšších horských polohách. Naopak bříza pýřitá („karpatská“) se prozatím jeví jako druh schopný plnit meliorační funkci bez přihnojení.

Nejvyšší koncentrace živin obsahuje asimilační aparát, naopak nejnižší koncentrace byly zjištěny ve dřevu kmínků. Kůra a větve stromků vykazují velmi podobné celkové charakteristiky. V případě následných výchovných zásahů je velmi žádoucí ponechávat maximální množství biomasy stromů na stanovišti.

### 3.5 Doporučení pro plošnou chemickou melioraci

Jakkoli jsou postupy biologické, biologicko-chemické nebo bodové chemické meliorace popsány v předchozích kapitolách upřednostňované, existují situace, kdy je na místě brát do úvahy také plošnou aplikaci meliorantů. Jde především o situace, kdy jsou porosty ve stavu nebo ve fázi vývoje, kdy plošná rekonstrukce s využitím preferovaných biologických nebo biologicko-chemických principů meliorace lesního prostředí není vhodná, nebo není možná. Může jít o zapojené porosty již od 2. věkového stupně, o porosty ve středním nebo v předmýtním věku, u kterých existují dostatečné podklady o aktuálním stavu a vývoji půd a úrovni výživy a zároveň existuje riziko jejich předčasného rozpadu v důsledku nedostatečné výživy a špatného stavu půdního prostředí.

Po chemické stránce je cílem vápnění neutralizovat (kompenzovat) kyselou antropogenní zátěž, která se do půdy dostala v minulosti, respektive se do půdy dostává i v současnosti. Půdní reakce je na řadě míst již tak kyselá, že lesní půda není schopna plnit ani základní funkce nebo jsou tyto funkce ohroženy (zejména jde o zajištění výživy dřevin a o vhodné podmínky pro edafon). Úprava pH půdy má totiž kromě čistě chemického efektu také kladný vliv právě na

půdní biotu (množství přítomných organizmů) a na půdní biodiverzitu (množství přítomných druhů organizmů) – dostatečně živá půda je pak schopna zadržet větší množství vody a mobilizovat větší množství živin, které jsou následně k dispozici pro výživu dřevin. Je nutné brát v úvahu fakt, že nedostatečná výživa bazickými prvky a fosforem narušuje celkovou vitalitu dřevin a snižuje jejich odolnost k řadě ostatních stresových faktorů biotického i abiotického charakteru. Silně nebo velmi silně kyselé půdní prostředí naopak půdní biotu limituje, a tím přispívá ke snižování kvality půdy a následně vitality dřevin.

Účinky plošné chemické meliorace lesních porostů jsou i přes řadu pozitivních výsledků (např. dlouhodobé studie VÚLHM, ÚKZÚZ nebo Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft – Staatsbetrieb Sachsenforst) stále předmětem diskusí a pochybností. Podrobně studován byl nejen vliv na chemismus půdy nebo stav organické hmoty, popř. na výživu dřevin, ale také vliv na další složky lesního ekosystému (př. vliv na půdní biotu – Kula 2009), přičemž negativní vliv plošné aplikace nebyl prokázán. Také v zájmové oblasti Jizerských hor bylo v minulosti prováděno vápnění a hnojení lesních porostů a pozitivní efekt, resp. rozdíly mezi ošetřenými a neošetřenými lokalitami jsou patrné i desítky let po aplikaci meliorantů.

Rizika možných negativních dopadů plošně aplikované chemické meliorace určené ke kompenzaci antropogenně způsobeného acidifikačního tlaku jsou při přípravě projektů plošných zásahů pečlivě zvažována a hodnocena – viz metodika pro výběr ploch pro vápnění lesních půd (Šrámek a kol., Lesnický průvodce č. 7/2014). Mezi hlavní hodnocená rizika patří možný zrychlený rozklad organické hmoty a s tím spojené zvýšené uvolňování nitrátů do půdního roztoku a do vodních zdrojů a jako druhé významné riziko je nejčastěji diskutován negativní vliv na kořenové systémy dřevin (zplošťování kořenového systému do zóny, kde jsou po vápnění nebo hnojení příznivé chemické podmínky a dostatek živin). Při vyhodnocování dostupných dat o stavu půd před a po vápnění nebyly tyto negativní procesy obecně potvrzeny, přesto nejsou odsunovány na okraj zájmu a při přípravě projektů vápnění nebo hnojení lesa jsou pro konkrétní lokality vyhodnocovány.

Postupy pro výběr a hodnocení ploch v případě přípravy projektů plošné chemické meliorace jsou podrobně rozpracovány ve výše zmíněné certifikované metodice výběru ploch pro vápnění lesních půd (Šrámek a kol., Lesnický průvodce č. 7/2014). Příprava této metodiky vycházela mj. z plošných průzkumů stavu lesa, které byly na území ČR realizovány zejména v letech 2000-2012 a reaguje tak na současnou situaci a to včetně hodnocení a zahrnutí rizik takovýchto zásahů, jak je uvedeno výše.

Plošnou chemickou melioraci lze v zájmovém území lesních správ Frýdlant v Čechách a Jablonec nad Nisou v odůvodněných případech doporučit. A to v souladu s aktuálně platnou metodikou výběru ploch pro vápnění lesních půd, která uvádí konkrétní hraniční hodnoty pH, koncentrace živin, nasycení sorpčního komplexu bázemi, úrovně výživy a dalších parametrů.

Zejména zdůrazňujeme následující důležité podmínky:

- Samotný stav lesních porostů (barevné změny, příznaky deficitu živin, příslušnost k území s imisní zátěží apod.) není dostačujícím podkladem pro návrh vápnění. Ten musí vždy být podložen chemickými analýzami půdy a asimilačních orgánů a vyhodnocením rizik souvisejících s plošnou aplikací chemických meliorantů.
- Poměr C/N v nadložní organické vrstvě (FH) je jedním z faktorů, který určuje rychlost mineralizace humusu, a tím ovlivňuje rychlost koloběhu živin. Při hodnotách C/N < 20 je zvýšené riziko rychlého rozkladu humusové vrstvy a vyplavování dusíku.
- Plochy s C/P < 250 je vhodné z vápnění vyloučit.

- Aplikace dolomitického vápence je vhodná na půdách s  $\text{pH}_{(\text{KCl})} < 3,8$ , naléhavá je při  $\text{pH}_{(\text{KCl})} < 3,0$ . Z aplikace vápence/dolomitu je nutno vyloučit půdy s  $\text{pH}_{(\text{KCl})} > 5$ . Vždy je však nutno vztahovat hodnotu  $\text{pH}$  ke konkrétní dřevinné skladbě, k záměrům projektu a k aktuálnímu zdravotnímu stavu porostů. Např. vápnění smrkových porostů dolomitickým vápencem na půdách s  $\text{pH}_{(\text{KCl})} > 4$  je účelné v případech, kdy má za cíl doplnit nedostatečnou zásobu hořčíku, revitalizovat půdní biotu, podpořit přirozené zmlazení či umožnit vnášení listnatých dřevin do druhové skladby.
- Hodnota sorpčního nasycení půd bázemi (BS) charakterizuje kvalitativní stránku sorpčního komplexu. Představuje procentuální poměr aktuálního obsahu výměnných bází v půdě vůči celkové sorpční kapacitě půdy. Vápnit je možné pouze půdy nenasyčené bázemi, tj.  $\text{BS} < 30 \%$ , naléhavé je vápnění na lokalitách s  $\text{BS} < 15 \%$ .
- Z vápnění je nutno vyloučit rašelinnou typologickou kategorii (R) z důvodů rizika rozkladu organické vrstvy, dále xerothermní kategorii (X) na bazickém podloží a skeletovou kategorii (Y) extrémní řady, vzhledem k riziku introskeletové eroze a vyplavení humusových látek. V případě rašelinišť je vhodné vymezit také ochranné pásmo v šíři ca 50 m.
- V typologické řadě ovlivněné vodou je efektivnost vápnění obecně nižší. V porostech kategorie T a G (podmáčená, glejová) nelze výrazný vliv vápnění očekávat.
- U kamenité kategorie (N) kyselé řady je nutno vyloučit porosty, kde hrozí riziko introskeletové eroze.
- Hnojení pozemků v prvních zónách národních parků a chráněných krajinných oblastí je výslovně zakázáno zákonem č. 114/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Na těchto územích je nutno aplikaci vápence či hnojiv vyloučit a stanovit příslušná ochranná pásma. Nepříznivý stav půdy nebo úroveň výživy je nutné v takových případech řešit jinými postupy. Vápnění je orgány ochrany přírody považováno za intenzivní technologii a tak je omezeno, popř. vyloučeno i ve druhých zónách velkoplošných chráněných území.
- Při úvahách o vápnění či hnojení zvláště chráněných území ve smyslu zákona č. 114/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů (NP, CHKO, NPR, PR, NPP, PP) či v případě chráněných území NATURA 2000 vyhlášených dle směrnic 79/409/EHS (ptačí oblasti) a 92/43/EHS (evropsky významné lokality) a jejich bezprostřední blízkosti je nutno postupovat v součinnosti a se souhlasem orgánů ochrany přírody. V těchto územích mají příslušné orgány ochrany přírody právo rozhodnout o plochách, na kterých je nutno aplikaci vápence či hnojiv vyloučit, stanovit šířku ochranného pásma, případně stanovit doplňující technologické podmínky aplikace.

### 3.6 Doporučení pro systém monitoringu stavu půd a úrovně výživy

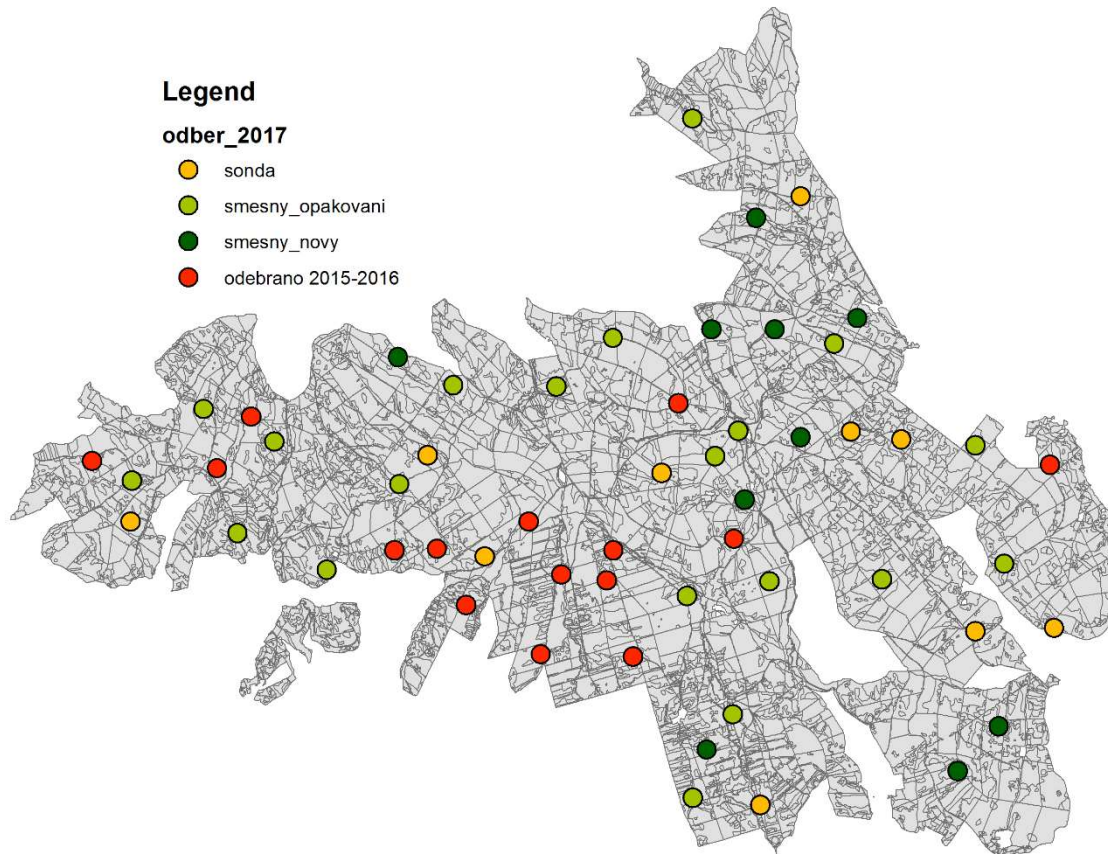
Pro kvalifikované rozhodování o vhodných postupech pro podporu výsadeb, podsadeb, obnovu porostů, rekonstrukce porostů náhradních dřevin, pro podporu opatření vedoucích k úpravě dřevinné skladby i pro podporu existujících porostů je jedním z předpokladů znalost stavu půdního prostředí, tedy jeho možnosti poskytnout dřevinám dostatečné množství živin pro zajištění dobré úrovně výživy.

Pro posouzení stavu půd a úrovně výživy lze využít jednak sít' ploch, které jsou v zájmovém území založeny a sledovány v rámci různých aktivit (monitoring, výzkum) VÚLHM, ČZU, ÚHÚL a ÚKZÚZ, přičemž preferovat lze dlouhodobě nebo opakovaně sledované lokality (plochy, transekty apod.). V případě potřeby lze takovéto údaje o stavu a vývoji chemismu půd

a úroveň výživy dřevin doplnit o jednorázové šetření pro zahuštění sítě nebo pro doplnění údajů z některých specifických lokalit.

Jako základ pro periodický monitoring stavu lesních půd a úroveň výživy navrhujeme využít síť odběrových míst, jak byla vzorkována v letech 2015-2017 (obr. 3.2). Tato síť byla vytvořena po analýze dostupných údajů o odběrech vzorků za uplynulých ca 30 let a obsahuje jak body s opakovanými odběry, tak body nové pro doplnění sítě vzorkovacích míst. Navíc byla zohledněna i typologická klasifikace (zastoupení SLT) v zájmovém území, případně další parametry prostředí – podrobně byl proces výběru bodů do vzorkovací sítě popsán v DZ 1 předložené v říjnu 2017. Tyto vzorkované porosty lze proto využít jako základní síť pro pravidelné sledování stavu a vývoje. Obsahuje celkem deset míst s půdními sondami a 45 míst odběru směsných půdních vzorků členěných na humus (FH) svrchní minerální půdu obohacenou humusem (A) a minerální půdu bez dalšího členění podle genetických horizontů do hloubky ca 30 cm (B). V místech s půdními sondami byly odebrány také vzorky smrkového jehličí pro zjištění úrovně výživy.

Vhodnou periodou pro opakování průzkumu stavu půd je 5 let, maximální odstup dvou po sobě jdoucích průzkumů stavu půd by měl být 10 let. Pro hodnocení úrovně výživy (odběr vzorků asimilačních orgánů) je pak optimálním odstupem doba 2-3 roky, maximálně pak 5 let. Při rozhodování o periodicitě průzkumů a o hustotě vzorkovací sítě budou vždy limitujícím faktorem finanční prostředky – proto je důležité zahrnout finanční náklady na provedení průzkumu stavu půd a úrovně výživy do středně- i dlouhodobých plánů činnosti. A to jak na straně vlastníka lesa, tak na straně zpracovatelů těchto průzkumů.



**Obrázek 3.2:** Rozložení odběrových míst navržených pro opakované zjišťování stavu půd

#### **4. ZÁVĚR**

V průběhu řešení projektu byl zjištěn nepříznivý vývoj chemismu lesních půd v řešené zájmové oblasti Jizerských hor. Jde převážně o půdy přirozeně chudé na bazické prvky, vzniklé z granitu, popř. z granodioritu, u kterých v kombinaci s dlouhodobou antropogenní zátěží (depozice kyselých látek) došlo k postupnému vyčerpání neutralizační schopnosti a tím k posunu půdní reakce (zvýšení kyselosti) i ke snížení koncentrace důležitých bazických živin. Lesní půdy v řešené zájmové oblasti Jizerských hor jsou v současné době po chemické stránce v neuspokojivém stavu a je třeba provádět opatření vedoucí ke stabilizaci a následně i ke zlepšení stavu půdního prostředí a tím i ke zlepšení vitality dřevin.

Realizační výstup projektu (kap. 3) předkládá přehled možných postupů a opatření, které mohou ke stabilizaci a zlepšení stavu půd a stavu lesa přispět. Navrhovaná opatření vycházejí z poznatků získaných při poradenské a vědecko-výzkumné činnosti pracovišť zapojených do řešení tohoto projektu. Využívány jsou výsledky získané jak na území Jizerských hor, tak výsledky z dalších regionů s podobnými podmínkami.

Na tomto místě je třeba také podpořit lesnický provoz v realizaci opatření a zásahů, které již byly nebo jsou i v současné době průběžně prováděny a přinášejí dobré výsledky. Ať už jde o postupy přeměn porostů náhradních dřevin, postupy vnášení dalších druhů dřevin do jednodruhových porostů nebo jde o opatření vedoucí ke zlepšení schopnosti lesních porostů a lesních půd zadržovat srážkovou vodu.

Z opatření navržených a komentovaných v realizačním výstupu (kap. 3) považujeme za důležité vyzdvihnout ponechávání těžebních zbytků v lesních porostech, optimálně rozdrcených nebo štěpkovaných a rozptýlených po ploše porostů. Důvodem je udržení prvků obsažených v těžebních zbytcích v ekosystému. Na stanovištích, kde toto není možné, nebo je koncentrace živin příliš nízká pak přicházejí na řadu opatření spojené s dodáním živin ve formě pomalu rozpustných hnojiv v kombinaci s postupy biologické meliorace.

Opět se ukazuje mimořádný význam a potřeba provádění a udržení dlouhodobých výzkumných a monitoračních programů a důležitost odpovídajícího zpracování a interpretace výstupů. Pro lesnický výzkum, a následně samozřejmě i pro lesnický provoz, je udržení dlouhodobých objektů monitoringu extrémně důležité, protože dává možnost získat dlouhé časové řady popisující vývoj stavu lesa a jeho reakce na faktory prostředí, způsob hospodaření apod. Nedílnou součástí realizačního výstupu je proto návrh systému monitoringu stavu půd a úrovně výživy lesa v zájmové oblasti.

## 5. LITERATURA

- Balcar, V., Kacálek, D. (2008): Growth and health state of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the ridge area of the Jizerské hory Mts. [Růst a zdravotní stav jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) v hřebenové oblasti Jizerských hor]. *Journal of Forest Science*, 54, 2008, č. 11, s. 509 - 518.
- Balcar, V., Kacálek, D., Černošous, V. (2016): Prosperita výsadeb jedle bělokoré v podmínkách bývalých imisních holin. [performance of silver fir plantations under conditions of formerly air-polluted clearings]. In: jedle bělokorá páteř evropských lesů. Sborník referátů z mezinárodní konference. 12. a 13. října 2016 Olšina u Horní Plané. S. 1., Šumavský králováci v nakladatelství lesnická práce 2016, s. 134–137. – ISBN 978-80-7458-89-5
- Balcar, V., Kacálek, D., Kuneš, I. (2009): Vývoj kultury jilmu horského (*Ulmus glabra* Huds.) V hřebenové poloze jizerských hor. [Scotch elm (*Ulmus glabra* Huds.) plantations prosperity in ridge part of the Jizerské hory Mts.]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54, 2009, Special, s. 3 - 8.
- Balcar, V., Kacálek, D., Kuneš, I., Dušek, D. (2011): Effect of soil liming on european beech (*Fagus sylvatica* L.) And sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) plantations. *Folia Forestalia Polonica, series A*, 53, 2011, č. 2, s. 85 – 92.
- Balcar, V., Špulák, O., Kacálek, D., Kuneš, I. (2011): Obnova lesa ve vyšších horských polohách postihovaných extrémními mrazovými stresy. [Mountain forest renewal on sites affected by extreme frost stress]. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2011. 36 s. Lesnický průvodce 1/2011. - ISBN 978-80-7417-043-0.
- Borůvka, L., Sáňka, M., Šrámek, V., Vácha, R., Čechmánková, J., Čupr, P., Drábek, O., Fadrhonsová, V., Fraňková, A., Hofman, J., Hruška, J., Harváthová, V., Rotter, P., Sáňka, O., Skála, J., Šindelářová, L., Tejnecký, V., Vašíčková, J., Jurkovská, L. (2015): Metodika hodnocení kontaminace lesních půd. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2015. 63 s. – Lesnický průvodce 6/2015.
- Borůvka, L., Šrámek, V., Čupr, P., Fadrhonsová, V., Hofman, J., Hruška, J., Sáňka, O., Slavíková-Amemori, A., Šindelářová, L., Tejnecký, V., Vašíčková, J., Sáňka, M., Čechmánková, J., Drábek, O., Fraňková, A., Horváthová, V., Rotter, P., Skála, J., Novotný, R., Šudoma, M., Vácha, R., Jurkovská, L. (2015): Srovnávací hodnoty pro hodnocení kontaminace lesních půd. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2015. 58 s. – Lesnický průvodce 5/2015.
- Carnol, M., Bazgir, M. (2013): Nutrient return to the forest floor through litter and throughfall under 7 forest species after conversion from Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 309: 66-75.
- Cools, N., De Vos, B. (2010): Sampling and Analysis of Soil. Manual Part X. In, Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, ICP Forests, Hamburg, p. 208.
- Černošous, V., Kacálek, D. (2008): Vliv různých způsobů meliorace půdy v horském povodí na počáteční růst buku lesního, javoru klenu a jedle bělokoré. [Aameliorating measures improving soil conditions within a mountain watershed to promote initial growth response of

European beech, Sycamore maple and Silver fir]. Zprávy lesnického výzkumu, 53, 2008, č. 3, s. 200 - 206.

Černohous, V., Švihla, V., Šach, F., Kantor, P. (2012): Metodické postupy úpravy vodního režimu lesních půd. [Guidelines of forest soil water regime amendment]. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2012. 36 s. Lesnický průvodce 1/2012. - ISBN 978-80-7417-050-8

Dise, N.B., Matzner, E., Gundersen, P. (1998): Synthesis of Nitrogen Pools and Fluxes from European Forest Ecosystems. Water Air Soil Pollut. 105, 143–154.

Fiala, P., Reininger, D., Samek, T. (2009): Analýza a vyhodnocení účinnosti a kvality leteckého vápnění v Krušných horách po dvou a pěti letech od data aplikace. ÚKZÚZ Brno. 108 pp.

Fiala, P., Reininger, D., Samek, T. (2017): Chemismus půdního prostředí a jehlic smrku ztepilého (*Picea abies* L./Karst.) ve vápněných a kontrolních porostech Krušných hor. [Chemistry of soil environment and Norway spruce needles (*Picea abies* /L./ Karst.) on limed and control forest sites in the Ore mountains (Czech Republic)] Zprávy lesnického výzkumu, 62, 2017 (1): 23-32.

Hildebrand, E. E. Neuartige Waldschäden: Legende oder Realität? Der deutsche Wald. Heft 1/2001: 46-50. Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg.

Hůnová I, Kurfürst P, Maznová J, Coňková M (2011). The contribution of occult precipitation to sulphur deposition in the Czech Republic. Erdkunde Archive for Scientific Geography 65: 247-259. - doi: 10.3112/erdkunde.2011.03.03

Hůnová I, Maznová J, Kurfürst P (2014). Trends in atmospheric deposition fluxes of sulphur and nitrogen in Czech forest. Environmental Pollution 184: 668-675. - doi: 10.1016/j.envpol.2013.05.013

Hůnová I, Kurfürst P, Vlček O, Stráník V, Stoklasová P, Schovánková J, Srbová D (2016). Towards a better spatial quantification of nitrogen deposition: a case study for Czech forests. Environmental Pollution 213: 1028-1041. - doi: 10.1016/j.envpol.2016.01.061

Hurt, V., Mauer, O. (2016): Podsadby přípravných porostů břízy bělokoré, olše a jeřábu ptačího bukem lesním a jedlí bělokorou: certifikovaná metodika (osvědčení 69254/2016-mze-16222/m129). Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016. ISBN 978-80-7509-444-5.

Jurásek, A., Martincová, J., Leugner, J. (2010): Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu. [The guide of handling planting stock of forest tree species from nursery lifting to outplanting]. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2010. 34 s. Lesnický průvodce 5/2010. - ISBN 978-80-7417-035-5.

Souček, J., Kacálek, D., Šach, F., Leugner, J., Erbanová, E. 2018. Metodické postupy pro zmenšení nepříznivého působení vyšších koncentrací a depozic sloučenin dusíku na lesní ekosystém v Orlických horách. Certifikovaná metodika.

Kopinga, J., Van den Burg, J. (1995): Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. J. Arboric. 21, 17–24.

- Kula, E. (2009): Půdní a epigeická fauna stanovišť ovlivněných vápněním a její dynamika. Edice grantové služby LČR č. 6, 438 s.
- Kuneš I., Baláš M., Millerová K., Balcar V. 2011. Vnášení listnaté příměsi a jedle do jehličnatých porostů Jizerských hor. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, VÚLHM 2011. 36 s. – Lesnický průvodce 9/2011.
- Kuneš, I., Baláš, M., Balcar, V., Kacálek, D., Millerová, K., Jančová, A., Nováková, O., Špulák, O., Zahradník, D., Vítámvás, J., Koňasová, T. (2013): Effects of fertilization on growth and nutrition of norway spruce on a harsh mountain site. *Journal of Forest Science*, 59, 2013, č. 8, s. 306–318.
- Kuneš, I., Baláš, M., Koňasová, T., Špulák, O., Balcar, V., Bednářová Millerová, K., Kacálek, D., Jakl, M., Zahradník, D., Vítámvás, J., Šťastná, J., Jaklová Dytrtová, J. (2014): Biomass of speckled alder on an air-polluted mountain site and its response to fertilization. *Environmental Management*, 54, 2014, č. 6, s. 1421–1433. DOI: 10.1007/s00267-014-0359-y.
- Kuneš, I., Baláš, M., Špulák, O., Kacálek, D., Balcar, V., Šesták, J., Millerová, K. (2011): Stav výživy smrku ztepilého jako podklad pro zvážení potřeby přihnojení listnáčů a jedle vnášených do jehličnatých porostů. *Zprávy Lesnického Výzkumu* 56, 36–43.
- Kuneš, I., Baláš, M., Špulák, O., Kacálek, D., Balcar, V., Šesták, J., Millerová, K. (2011): Stav výživy smrku ztepilého jako podklad pro zvážení potřeby přihnojení listnáčů a jedle vnášených do jehličnatých porostů. [Nutritional status of Norway spruce as an information source for decision whether to fertilize the broadleaves and silver fir introduced to coniferous stands]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56, 2011, Issue Special, s. 36-43.
- Kuneš, I., Balcar, V., Vykypělová, E., Zadina, J., Šedlbauerová, J., Zahradník, D. (2007): Vliv jamkové a pomístní povrchové aplikace dolomitického vápence na množství a chemické složení biomasy smrku ztepilého v jizerských horách. [Effects of planting hole application or spot surface application of finely ground dolomitic limestone on amount and chemical composition of biomass of norway spruce in the jizerské hory mts.]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52, 2007, č. 4, s. 316 - 327.
- Kuneš, I., Balcar, V., Zahradník, D. (2007): Influence of a planting hole application of dolomitic limestone powder and basalt grit on the growth of carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) and soil chemistry in the air-polluted Jizerské hory Mts. [Vliv jamkové aplikace moučky dolomitického vápence a čedičové drti na odrůstání výsadby břízy karpatské (*Betula carpatica* W. et K.) a na půdní chemismus v imisemi postižených Jizerských horách]. *Journal of Forest Science*, 53, 2007, č. 11, s. 505 - 515.
- Kuneš, I., Zahradník, D., Balcar, V., Špulák, O., Baláš, M., Koňasová, T., Kacálek, D., Vítámvás, J., Jančová, A., Nováková, O., Millerová, K. (2013): Effects of fertilisation on biomass of Norway spruce on a harsh mountain site. *Journal of Forest Science*, 59, 2013, č. 1, s. 8–21.
- Kuneš, I., Zahradník, D., Balcar, V., Špulák, O., Baláš, M., Koňasová, T., Kacálek, D., Vítámvás, J., Jančová, A., Nováková, O., Millerová, K. (2013): Effects of fertilisation on biomass of Norway spruce on a harsh mountain site. *J. For. Sci.* 59, 8–21.
- Lomský, B., Šrámek, V., Maxa, M. (2006): Fertilizing measures to decrease Norway spruce yellowing. *Journal of Forest Science*, 52, 2006, Special Issue, s. S65-S72.

- Lomský, B., Šrámek, V., Novotný, R. (2012): Changes in the air pollution load in the Jizera Mts.: effects on the health status and mineral nutrition of the young Norway spruce stands. *European Journal of Forest Research*, 131, 2012, č. 3, s. 757-771.
- Lumini, E., Bosco, M., Puppi, G., Isopi, R., Frattegiani, M., Buresti, E., Favilli, F. (1994): Field performance of *Alnus cordata* Loisel (Italian alder) inoculated with *Frankia* and Va-Mycorrhizal strains in mine-spoil afforestation plots. *Soil Biol. Biochem.* 26, 659–661.
- Mauer, O., Leugner, J. (2014): Péče a ochrana kultur po obnově a zalesňování. [Keeping and protection about plantations after the restoration and reforestation]. Certifikovaná metodika (osvědčení 76179/2014-mze-16222/m87). Brno, mendelova univerzita v brně 2014. 26 s. – isbn 978-80-7509-154-3
- Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin. [Soil improving and stabilising functions of forest trees]. Zprac. D. Kacálek, O. Mauer, V. Podrázský, M. Slodičák a kol. Spolupracovali K. Houšková, O. Špulák, J. Souček, J. Novák, A. Jurásek, J. Leugner, D. Dušek. Strnady, výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v nakladatelství lesnická práce 2017. 300 s. – ISBN 978-80-7458-102-1 (lesnická práce); 978-80-7417-148-2 (VÚLHM).
- Novotný, R., Šrámek, V., Menšík, L. (2012): Drcení těžebních zbytků – vhodný způsob udržení živin v lesním ekosystému. *Lesnická práce*, 91, 2012, č. 9, s. 637-639.
- Sewerniak, P., Gonet, S.S., Quaium, M. (2012): Impact of soil preparation with rotary tiller on growth of Scots pine plants on poor sites of the bydgoszcz forest. *Sylwan* 156(11): 871-880.
- Slodičák, M., Novák, J. (eds.) (2005): Lesnické hospodaření v Jizerských horách. *Lesy ČR – Grantová služba a VÚLHM*. 232 s.
- Slodičák, M., Novák, J. (2008): Nutrients in the aboveground biomass of substitute tree species stand with respect to thinning – blue spruce (*Picea pungens* Engelm.). *J. For. Sci.* 54, 85–91.
- Souček, J. (2015): Stanovení délky a průběh stínu v maloplošných obnovních prvcích. [Determination of shadow length and its path in various canopy gaps]. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2015. 22 s. *Lesnický průvodce* 2/2015. – ISBN 978-80-7417-090-4.
- Souček, J., Špulák, O., Leugner, J., Pulkrab, K., Sloup, R., Jurásek, A., Martiník, A. (2016): Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin. [Two-phase regeneration of forest stand on large calamity originated clear-cuts with utilisation of nurse stand]. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM 2016. 35 s. *Lesnický průvodce* 10/2016.
- Špulák, O. (2009): Produkční potenciál mladého porostu smrku pichlavého a akumulace živin v nadzemní biomase. [Production potential of blue spruce young stand and nutrient accumulation in the aboveground biomass]. *Zprávy Lesnického Výzkumu* 54, 85–91.
- Šrámek, V., Fadrhonsová, V. (2018): Srovnání obsahů a zásob prvků v humusové vrstvě porostů buku lesního, smrku ztepilého a ve smíšených porostech těchto dřevin v České republice. [Comparison of nutrient stock in upper organic layer of pure European beech, Norway spruce and mixed forest stands of these species]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 63, 2018, č. 1, s. 61-72.
- Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Jurkovská, L. (2014a): Kontroly aplikací vápnění v lesních porostech. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2014. 30 s. – *Lesnický průvodce* 6/2014. – ISBN 978-80-7417-084-3.

Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Jurkovská, L. (2014b): Ca/Al ratio in Norway spruce fine roots on monitoring plots in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 60, 2014, č. 3, s. 121-131.

Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Jurkovská, L. (2014c): Metodika výběru ploch pro vápnění lesních půd. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2014. 32 s. – Lesnický průvodce 7/2014. – ISBN 978-80-7417-088-1.

Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Vortelová, L., Lomský, B. (2012): Development of chemical soil properties in the western Ore Mts. (Czech Republic) 10 years after liming. *Journal of Forest Science*, 58, 2012, č. 2, s. 57-66.

Šrámek, V., Jurkovská, L., Fadrhonsová, V., Hellebrandová-Neudertová, K. (2013): Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií - výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektů EU "BioSoil". [Forest soil chemistry in relation to the forest site classification categories used in the Czech Republic - results of the EU "BioSoil" forest soil monitoring project]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58, 2013, č. 4, s. 314-323.

Šrámek, V., Lomský, B., Novotný, R. (2009): Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech - literární přehled. [Content of nutrients in forest stands - review]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54, 2009, č. 4, s. 307-315.

Šrámek, V., Lomský, B., Novotný, R. (2013): Vývoj zdravotního stavu a minerální výživy smrkových mlazin v Jizerských horách v období snižování imisní zátěže. [Changes in the health state and nutrition level of young forest stands in the Jizera Mts. (Jizerské hory, Czech Republic) during decrease of air pollution load]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58, 2013, č. 1, s. 66-77.

Šrámek, V., Materna, J., Novotný, R., Fadrhonsová, V. (2006): Effect of forest liming in the Krušné hory Mts. *Journal of Forest Science*, 52, 2006, Special Issue, s. S45-S51.

Šrámek, V., Novotný, R., Fiala, P., Neudertová-Hellebrandová, K., Reininger, D., Samek, T., Čihák, T., Fadrhonsová, V. (2014): Vápnění lesů v České republice. 1. vydání. Praha, Ministerstvo zemědělství 2014. 91 s.

Vícha, Z., Lochman, V., Bíba, M. (2012): Depozice dusíku v lesních porostech a jejich vliv na obsah nitrátů v odtékající vodě a na okyselování půdy. [Nitrogen deposition in the forest stands and the effect on nitrate amount in runoff water and on soil acidification]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57, 2012, č. 4, s. 352-360.

Zbíral, J. (1994): Analýza rostlinného materiálu. Jednotlivé pracovní postupy. SKZÚZ Brno, Brno.

*Pozn.:*

*Metodiky pro lesnickou praxi jsou k dispozici na [www.vulhm.cz/lesnicky\\_pruvodce](http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce)*

*Články publikované ve Zprávách lesnického výzkumu jsou k dispozici na [www.vulhm.cz/casopis\\_zlv](http://www.vulhm.cz/casopis_zlv)*

*Články publikované v *Journal of Forests Science* jsou k dispozici na [www.agriculturejournals.cz/web/jfs/](http://www.agriculturejournals.cz/web/jfs/)*