



**Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra hospodářské úpravy lesa**

# **DISERTAČNÍ PRÁCE**

**PRODUKČNÍ A EKOLOGICKÝ POTENCIÁL  
BOROVÝCH POROSTŮ NA ANTROPOGENNÍCH PŮDÁCH  
POST-TĚŽEBNÍCH LOKALIT**

**THE PRODUCTION AND ECOLOGICAL POTENTIAL OF PINE STANDS  
ON ANTHROPOGENIC SOILS OF POST-MINING SITES**

**Autor: Ing. Lukáš Dragoun  
Školitel: doc. Ing. Ján Merganič, Ph.D.**

**2016**

"Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Produkční a ekologický potenciál borových porostů na antropogenních půdách post-těžebních lokalit“ vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací a doporučení školitele.

Souhlasím se zveřejněním disertační práce dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v plném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne 21. 7. 2016

Podpis autora

## **Produkční a ekologický potenciál borových porostů na antropogenních půdách post-těžebních lokalit**

### **(Abstrakt)**

Těžba nerostných surovin představovala základ rozvoje industriálních společností po celém světě. Má však zásadní dopad na krajinu a životní prostředí. Obnova území narušených těžbou nerostných surovin je aktuálním problémem zejména na velkých plochách po povrchové těžbě. V zájmovém území sokolovského regionu byla v letech 1969-1972 lesnický rekultivována výsypka Antonín, kde byly za stejných podmínek založeny porosty různého druhového složení. Cílem práce je porovnání stavu smíšených borových porostů na antropogenní půdě výsypky více jak 40 let po jejich založení, zhodnocení jejich vhodnosti pro rekultivaci a popsání vlivu přimíšených listnatých dřevin na produkční a ekologický potenciál lokality. Na zkusných plochách byly změřeny základní dendrometrické a produkční veličiny, dále byla provedena dendrochronologická analýza hlavní dřeviny borovice lesní a zjištěn její tloušťkový přírůst. Na základě přírůstu tloušťky byla zhotovena toleranční analýza pro nejrizikovější faktor těchto lokalit - sucho. Jako nejvhodnější se v místních podmínkách jeví struktura borových porostů s příměsí lípy, které se vyznačují nejvyšším produkčním, půdotvorným a ekologickým potenciálem. Práce také poukazuje na dva důležité faktory, které pěstování porostů na výsypce zásadně ovlivnili. Jedná se o zanedbání výchovy, a tím výrazné narušení stability všech porostních skupin, a limitující přísun vody, způsobující výrazné poklesy v přírůstu bez ohledu na smíšení a charakter porostů.

**Klíčová slova:** borové porosty, antropogenní substráty, Sokolov, listnatá příměs

## **The Production and Ecological Potential of Pine Stands on Anthropogenic Soils of Post-Mining Sites (Abstract)**

Extraction of mineral resources constituted the development of industrial companies worldwide. But it has a major impact on the landscape and environment. Restoration of areas disturbed by mining is current issue especially on large surfaces after surface mining. In the Sokolov region, the forest reclamation was carried out on the Antonin spoil bank in the years 1969-1972, where forest stands of different species composition were established under the same conditions. The aim of this work is to compare the mixed pine stands on anthropogenic soils more than 40 years after their foundation, to assess their suitability for reclamation and to describe the influence of admixed deciduous trees on the production and ecological potential of the site. On the plots the basic mensurational and production quantities of the stand were measured. The dendrochronological analysis was performed and the diameter increment was detected for the main species Scots pine. Based on the diameter increment, the tolerance analysis was carried out for the highest risk factor on these sites - drought. The most appropriate in local conditions seems to be a structure of pine stands with an admixture of lime trees, which is characterized by the highest production, soil formation and ecological potential. The work also points to two important factors that significantly influenced the silviculture on the Antonin spoil bank. It is the neglect of stand tending, and thus significant disruption in stand stability, and limiting intake of water, causing significant declines in increment regardless of an admixture or character of the stands.

**Keywords:** pine stands, anthropogenic soils, Sokolov region, deciduous admixture

## ***OBSAH***

<b>1 Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Cíle práce</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Rozbor problematiky</b> .....	<b>11</b>
3.1 Těžba nerostných surovin.....	11
3.1.1 Charakteristika těžby v Sokolovském regionu.....	12
3.1.2 Vliv těžby nerostných surovin na lesy a prostředí .....	13
3.2 Obnova krajiny.....	14
3.2.1 Legislativa obnovy krajiny.....	14
3.2.2 Metody obnovy krajiny .....	14
3.2.3 Lesnické rekultivace.....	15
3.2.4 Rekultivace na Sokolovsku .....	16
3.3 Borové porosty .....	20
3.4 Hlavní faktory ovlivňující produkci a růst lesa.....	21
3.4.1 Abiotické faktory .....	21
3.4.2 Biotické faktory .....	22
3.5 Dendrochronologie .....	22
3.5.1 Vliv sucha na přírůst .....	23
<b>4 Metodika</b> .....	<b>25</b>
4.1 Popis lokality výzkumu a zkusných ploch .....	25
4.1.1 Design zkusné plochy .....	25
4.1.2 Klimatické podmínky.....	26
4.1.3 Geologické a fytogeografické podmínky.....	27
4.2 Analýza půdního substrátu.....	27
4.3 Dendrometrické měření.....	28
4.4 Vyhodnocení struktury porostních skupin .....	29
4.5 Dendrochronologické měření a vyhodnocení.....	30
4.5.1 Závislost změn velikosti přírůstu na srážkách a teplotě.....	32
4.5.2 Určení věku dosažení výčetní výšky.....	32
4.6 Toleranční analýza .....	33

4.7	Diversita vegetace .....	34
4.8	Fytocenologická analýza vegetace.....	34
4.9	Statistické výpočty .....	35
<b>5 Výsledky .....</b>		<b>37</b>
5.1	Vliv příměsi listnaté dřeviny na půdní substrát a humus borových porostů .....	37
5.1.1	Mocnost organického a humózního horizontu .....	37
5.1.2	Množství biogenních a toxických prvků.....	38
5.2	Vliv příměsi listnaté dřeviny na strukturu borových porostů .....	38
5.3	Vliv příměsi listnaté dřeviny na vybrané porostní veličiny borových porostů...	41
5.4	Vliv příměsi listnaté dřeviny na vybrané stromové veličiny borových porostů	42
5.5	Vliv příměsi listnaté dřeviny na tloušťku kůry borových porostů .....	43
5.6	Vliv příměsi listnaté dřeviny na tloušťkovou strukturu borových porostů .....	44
5.7	Vliv příměsi listnaté dřeviny na stabilitu borových porostů .....	45
5.8	Dendrochronologické analýzy.....	46
5.8.1	Věk dosažení výčetní výšky jako parametr počátečního růstu .....	53
5.8.2	Závislost změn velikosti tloušťkového přírůstu na srážkách a teplotě ...	54
5.8.3	Vliv období sucha na přírůst.....	55
5.9	Vliv příměsi listnaté dřeviny na vegetaci a diversitu borových porostů .....	56
5.9.1	Diversita .....	57
5.9.2	Vyhodnocení indikátorů ekologických podmínek.....	58
<b>6 Diskuze .....</b>		<b>59</b>
6.1	Rozbor půdních substrátů porostních skupin .....	59
6.1.1	Srovnání acidity substrátů.....	59
6.1.2	Srovnání biogenních prvků .....	60
6.1.3	Srovnání toxických prvků .....	61
6.2	Vliv příměsi listnaté dřeviny na množství a kvalitu humusu .....	62
6.3	Vliv příměsi listnaté dřeviny na produkci borových porostů.....	63
6.4	Vliv příměsi listnaté dřeviny na strukturu porostu.....	64
6.5	Vliv příměsi listnaté dřeviny na stabilitu porostu.....	65
6.6	Vliv příměsi listnaté dřeviny na přírůst borovice lesní .....	66

6.7	Vliv příměsi listnaté dřeviny na toleranci k období sucha v roce 2003 .....	68
6.8	Vliv příměsi listnaté dřeviny na tloušťku kůry.....	69
6.9	Vliv příměsi listnaté dřeviny na diversitu vegetace .....	69
6.10	Shrnutí.....	70
<b>7</b>	<b>Závěr a doporučení pro praxi.....</b>	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury a použitých zdrojů .....</b>	<b>74</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>94</b>



# 1 ÚVOD

Těžba nerostných surovin představovala základ rozvoje industriálních společností po celém světě (Conlin a Jolliffe 2011). Její dopad na životní prostředí je však velký (Walker a Willing 1999). Mnoho evropských hornických regionů se dnes vyznačuje útlumem těžby nebo jejím úplným ukončením (Lintz a Wirth 2009) a čelí nepříznivým následkům. Současná společnost proto požaduje, aby bylo ovlivnění životního prostředí těžbou pouze dočasné a krajina byla následně navrácena do své původní podoby (Maczkowiack 2012). Nově vznikající lokality těžby nerostných surovin by měly již před samotným vznikem splňovat podmínky pro minimalizaci následků těžby (Tibbett 2015) a mít vypracovaný plán obnovy krajiny. Problematika volby metody obnovy krajiny a postupů řešení je velmi složitým procesem nejen z hlediska ekologické a finanční vhodnosti řešení, ale i z politické a mediální stránky věci. Obnovu krajiny zajišťuje takzvaná rekultivace, kde za jednu z hlavních metod lze i přes nově prosazovanou usměrňovanou sukcesi stále považovat lesnickou rekultivaci (Tripathi et al. 2016). Obnova území narušených těžbou nerostných surovin je aktuálním problémem zejména na velkých plochách po povrchové těžbě (Wirth et al. 2012). V zájmovém území sokolovského regionu tvoří výsypky po povrchové těžbě hnědého uhlí plochu 90 km<sup>2</sup> (Řehoun et al. 2010) a další rozšíření antropogenních lokalit se dá očekávat. Celková charakteristika výsypkových antropogenních substrátů na Sokolovsku se ukázala jako vhodná pro tvorbu produkčních půd potřebných pro zemědělství a lesnictví v post-těžebním období (Dimitrovský et al. 2010), a tak na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let minulého století byla na výsypce Antonín provedena lesnická rekultivace. Pestrá rekultivace nyní umožňuje porovnání vhodnosti borových porostů s různou příměsí listnatých dřevin a zhodnocení dopadu volby dřevin na obnovu krajiny, a rozšiřuje tak lesnické poznatky na nelesních půdách. Současné poznatky naznačují srovnatelnou objemovou produkci smíšených porostů s produkcí monokultur hlavních hospodářských dřevin, nicméně na post-těžebních lokalitách je třeba výrazněji podpořit i další ekologické funkce krajiny, které byly těžebním zásahem výrazně narušeny. Práce si klade za cíl porovnání stavu smíšených borových porostů na antropogenní půdě výsypky více jak 40 let po jejich založení, zhodnocení jejich vhodnosti pro rekultivaci a popsání vlivu přimíšených listnatých dřevin na produkční a ekologický potenciál lokality.

## 2 CÍLE PRÁCE

### **TEZE:**

Mají borové porosty rostoucí na post-těžebních lokalitách s různou příměsí listnaté dřeviny stejný produkční a ekologický potenciál?

### **HLAVNÍ CÍL PRÁCE:**

Hlavním cílem práce je zjištění produkčního a ekologického potenciálu borových porostů s různou příměsí listnaté dřeviny na antropogenních substrátech rekultivovaných lokalit po těžbě nerostných surovin v regionu sokolovské uhelné pánve. Dále má práce zhodnotit variabilitu produkce a tloušťkového přírůstu v závislosti na struktuře porostu, porostní směsi a vztahu k suchu. Práce by měla nastínit vhodný způsob lesnické rekultivace na antropogenních půdách z produkčního hlediska, ale neopomenout ani plnění ostatních ekologických funkcí, které by měly rekultivační porosty zajišťovat.

Vlastní šetření bylo provedeno na zkusných plochách výsypky Antonín v blízkosti města Sokolov. Na zkusných plochách byly změřeny základní dendrometrické a produkční veličiny dle lesnických a dendrochronologických standardů uvedených např. v Cook a Kairiukstis (1990), Šmelko (2002), Burkhart a Tomé (2012), Speer (2009), jenž byly vyhodnoceny a porovnány. Dále byla provedena dendrochronologická analýza hlavní dřeviny borovice lesní a zjištěn její tloušťkový přírůst. Na základě přírůstu tloušťky byla zhotovena toleranční analýza pro nejrizikovější faktor těchto lokalit - sucho. Výsledky byly porovnány podobně jako u dendrometrického měření pro borové porostní skupiny s různým zastoupením listnaté dřeviny. Z důvodu zpřesnění interpretace výsledků byl nutný rozbor půdního substrátu, struktury porostních skupin a průzkum bylinného patra.

### **DÍLČÍ CÍLE PRÁCE:**

- 1) Zjištění vlivu listnaté příměsi na produkci borových porostů.
- 2) Zjištění vlivu listnaté příměsi na strukturu a stabilitu borových porostů.
- 3) Zjištění vlivu listnaté příměsi na přírůst borovice.
- 4) Zjištění vlivu listnaté příměsi na toleranci borovice k období sucha.
- 5) Zhodnocení ekologického potenciálu na rekultivovaných plochách.

### 3 ROZBOR PROBLEMATIKY

#### 3.1 TĚŽBA NEROSTNÝCH SUROVIN

Těžba nerostných surovin představovala základ rozvoje industriálních společností po celém světě (Conlin a Jolliffe 2011). Za první těžbu nerostných surovin lze považovat období paleolitu, kdy člověk pozvedl kámen o určitých vlastnostech (např. k výrobě pazourků) a začal jej aktivně využívat a vyhledávat. S rozvojem civilizace se nároky na suroviny zvyšovaly, a od základních nerostných surovin jako je hlína, jíly a kámen přešla těžba například na rudy a uhlí, kdy lze takovému počínání již říkat hornictví. Jednou z prvních publikací, dodnes přinášející poznání v problematice hornictví, byla *De Re Metallica* (Georgius Agricola 1556), pojednávající o vyhledávání, výskytu, dobývání a zpracování nerostů (Agricola 2013).

Těžba nerostných surovin v historii měla a má velký vliv na lesní hospodářství, lesy a životní prostředí. Převážnou část odlesnění území způsobila potřeba důlního a palivového dříví pro těžbu rud, sklářství a ostatní průmysl. Již v roce 1550 byl v Čechách nedostatek dříví Bohuslavu Hasištsštejnskému podnětem k pátrání po náhradním palivu, a to po hnědém (kamenném) uhlí a možnostech jeho využití. Když markantní komise podávala císařskou zprávu, proč se nepovedlo zvýšit těžbu kobaltu v Čechách, předložila zároveň návrh o užitečnosti hnědého uhlí a jeho použitelnosti, který měl zbránit nedostatku dříví a jeho zdražování (Nožička 1957). Na základě tohoto dokumentu roku 1716 císař v reskriptu uložil pražskému místodržícímu vyšetřit, kde se v Čechách uhlí vyskytuje, v jakých pracích ho bude možné využívat, a povzbudit podnikatele k jeho těžbě (Schmidt 1833). V roce 1719 saský lesmistr Fleming v knize *Der vollkommene teutsche Jäger* uvádí, že hnědé uhlí a rašelinu lze použít jako náhradní palivo. I přes nabádání mnohých mistrů, např. lipnického lesmistra Wolframa a účastníka lesnické ankety šluknovského Jana Placerovského však toto počínání nepřineslo do konce 18. století z hlediska zlepšování stavu lesů valný úspěch (Nožička 1957). Článek Mareše (1925) popisuje obavy majitele slezskoostravského panství Wilczeka z roku 1786, který se obával, že uhlí bude konkurovat dříví z jeho lesů, a proto záměrně oddaloval jeho těžbu.

Těžba uhlí v našich zemích byla poměrně malého rozsahu. Ještě v roce 1817 se v Čechách vytěžilo jen 330 000 metrických centů černého a 295 000 metrických centů hnědého uhlí. S přibývajícím nedostatkem dříví a se vzrůstem potřeby paliva se po uhlí stále horlivěji pátralo. K prudkému vzestupu těžby uhlí došlo teprve od čtyřicátých let 19. století, kdy k tomu zejména rozšíření železniční sítě vytvořilo příznivé předpoklady. Dvorský dekret z 11. září 1786 sliboval všem výrobcům skla používající hnědé uhlí

zvláštních výsad. Rovněž v cihelnách a vápenkách se v druhé polovině 19. století zkoušelo hnědé uhlí. Koncem století začaly uhlí větší měrou používat také některé průmyslové podniky (Nožička 1957). Rozvoj průmyslu a energetiky vyžadoval stálý nárůst těžby, a to až do konce 80. let 20. století. V souvislosti s restrukturalizací československého a českého průmyslu, ale i v souvislosti s diverzifikací výroby elektrické energie a tepla, dochází od druhé poloviny 80. let trvale k plynulému útlumu těžby hnědého uhlí (Valášek 1998).

Dnešní situace mnohých evropských i českých hornických regionů se vyznačuje útlumem těžby nebo jejím úplným ukončením (Lintz a Wirth 2009). Na těžební regiony má tento útlum vliv ekonomický, ekologický i sociální. Například velmi ovlivněná je zaměstnanost (Harfst et al. 2009, Baeten et al. 1999), která je dotčena přímou konfrontací schopností pracovníků z industriální doby se soudobými požadavky (Nathan a Westwood 2002). Práce Koutského (2011) ukazuje na určité pozitivní řešení vycházející ze situace v Manchesteru, které však není aplikovatelné všude. Ekologické řešení problému je neméně složité. Ukončení těžby představuje vznik antropogenního prostředí, se kterým je třeba nadále pracovat. V rámci možností a kladených požadavků na obnovu krajiny je takové prostředí třeba navrátit původním funkcím či zvolit nová poslání, tedy takzvaně rekultivovat. Na tuto problematiku však netřeba nahlížet pouze jako na řešení problému, ale i jako na těžební dědictví, které může poskytnout zatím nerozpoznaný potenciál v budoucnu (Harfst et al. 2012, Marot a Harfst 2012). Již dnes je patrný potenciál rekreační, ekologický a nemalou měrou i lesnický.

### 3.1.1 CHARAKTERISTIKA TĚŽBY V SOKOLOVSKÉM REGIONU

Na Sokolovsku je zakořeněná tradice těžby rud (především cín-wolframových), hnědého uhlí a uranu. V dobách středověku patřil region mezi největší producenty cínových rud v Čechách (Beran 1999), až do ukončení těžby v roce 1991 (Beran et al. 1996). Těžba uranu zde nebyla tak významná jako třeba na Jáchymovsku, přesto se jedná o jedno z největších nalezišť v Čechách (Tomíček 2000). O výskytu uhlí na Sokolovsku se zmiňuje Georgius Agricola v roce 1645, avšak ne o jeho těžbě, která započala hlubinou těžbou až v 18. století (Agricola 2013, NGA 1996). O rozvoj těžby a hnědouhelného průmyslu se zasloužil především v 19. století Johann Adler Starck (Jiskra 2005), za něhož započalo sdružování menších dolů do větších uskupení (Jiskra 1997). Uvedení do provozu Buštěhradské dráhy roku 1870 umožnilo spojení s velkými odběrateli a zapříčinilo rychlý rozvoj těžby až do 1. světové války, kdy došlo k jejímu zmírnění (Jiskra a Müller 2005). V meziválečném období došlo hlavně k rozvoji výroby dehtů, lehkých olejů, koksu a briket. Po druhé světové válce, kdy se především těžilo, byly

hlubinné doly a malé lomy uzavírány a nahrazeny velkolomy (Jiskra 1993). V důsledku poválečného znárodnování vznikl podnik Falknovské hnědouhelné doly (Jiskra 2005) a následnou integrací deseti národních podniků v Hnědouhelné doly a briketárny došlo ke zmíněné změně technologie těžby. Začátkem 90. let se činnost soustředila do tří státních podniků – Palivový kombinát ve Vřesové, Hnědouhelné doly v Březové a Rekultivace v Sokolově, z nichž 1. ledna 1994 vznikla Sokolovská uhelná a.s. (Frouz et al. 2007a). Do počátku 90. let těžba uhlí na Sokolovsku rostla. Po roce 1985 dochází k trvalému poklesu těžby uhlí (Dimitrovský 2007) z důvodu vyčerpání některých lokalit, snížení odběru uhlí a změně politiky nové vlastnické firmy Sokolovské uhelné a.s. Těžba uhlí na Sokolovsku by měla skončit přibližně v roce 2035 (SU 2015).

### 3.1.2 VLIV TĚŽBY NEROSTNÝCH SUROVIN NA LESY A PROSTŘEDÍ

Negativní dopady povrchové těžby nerostných surovin na životní prostředí jsou převažující. Především povrchová těžba má devastující účinky na krajinu, které je nutné minimalizovat již ve fázi prvních studií a tvorby projektu těžby. Jedním z hlavních negativních dopadů těžby je zábor produkčních půd, jak zemědělských, tak lesnických. Jsou výrazně narušeny přirozené hydrogeologické poměry území a v důsledku odvádění nebo dlouhodobého odčerpávání vody se snižuje hladina podzemních vod (Kukal a Reichmann 2000). Přetvoření reliéfu způsobuje změnu mikroklimatu (Bičík 2003). Dochází ke znečištění ovzduší způsobené přímo těžbou nebo zprostředkovaně zvýšením koncentrace těžkého průmyslu. Lesy v České republice byly v minulosti významně ovlivňovány zejména imisní zátěží (Lomský et al. 2015).

Těžba nerostných surovin má i pozitivní stránku. Umožnila vznik nových biotopů a měla kladný vliv i na lesnictví. Všechna navrhovaná opatření na záchranu lesů sužovaných důsledkem přetěžování, kdy lesní výroba v roce 1847 představovala 90 % veškeré výroby v Čechách, by zřejmě nestačila, kdyby v pravý čas nepřišlo konkurenční uhlí. Lze tvrdit, že právě uhlí jako náhradní palivo zachránilo lesy před vytěžením především v málo zalesněných oblastech, kde v zimních obdobích krádeže dříví znamenaly značné škody. Těžba hnědého uhlí nemalou měrou přispěla k zachování například radnických a křivoklátských lesů. Křivoklátským lesům, jež dříve trpěly nadměrnými těžbami a ještě v sedmdesátých letech 18. století byly ve špatném stavu (Svoboda 1943), velmi prospěla v první polovině 19. století rozvíjející se těžba uhlí v blízkém okolí. Rozvojem uhelného průmyslu, železniční dopravy a využíváním uhlí došlo k poklesu poptávky po pálivém dříví, a tedy i k poklesu jeho cen. S poklesem cen palivového dříví a zvýšením odbytové dostupnosti uhlí bylo nutné přeorientování lesní výroby z palivového dříví na produkci stavebního a užitkového dříví. Změny v lesním

hospodářství podpořil od poloviny 19. století vznik nových domácích spotřebitelů, stavba železnice (pražce), závody na celulózu a nábytek, a další. I když uhlí znamenalo pro palivové dříví silnou konkurenci, nebylo tím lesní hospodářství vážně zasaženo, ba naopak. Stoupající těžba uhlí souvisí se zkvalitněním produkce dříví, změnou pěstebních cílů lesního hospodářství a zlepšením stavu lesů (Nožička 1957).

## 3.2 OBNOVA KRAJINY

Jednou z hlavních zásad obnovy post-těžební krajiny je dle publikace Vráblíková et al. (2008) posunout současný stav krajiny při zachování produkční schopnosti směrem po vývojové ose ke klimaxu. Tohoto cíle lze dosáhnout technickými metodami, jako jsou zemědělská, lesnická a hydrická rekultivace. Mezi moderní pojetí rekultivace můžeme řadit ponechání ploch samovolné sukcesi, případně usměrňování sukcese, jenž se vyznačuje ekonomickou nenáročností a možností studia vývoje ekosystému od raných stádií (Krykorková 2015).

### 3.2.1 LEGISLATIVA OBNOVY KRAJINY

Obnova krajiny je legislativně zajištěna. První zprávy o povinnosti obnovit území po těžbě nerostných surovin nacházíme v Horním zákoně (Rakousko Uherská monarchie 1854) Rakousko-Uherské monarchie. Dnešní legislativou ČR je určena zákonná povinnost území narušená těžbou nerostných surovin, ale i některými dalšími antropogenními činnostmi, po ukončení těchto činností zrehabilitovat (ČSSR 1988). Zákonem o ochraně zemědělského půdního fondu (Česko 1992) je také určena povinnost obnovit území po těžbě s cílem navrátit jej do původního stavu. Po ukončení těžby se musí neprodleně provést taková terénní úprava, aby dotčené území bylo svým tvarem, uložením zeminy a vodními poměry připraveno k rekultivacím a způsobilé k plnění dalších funkcí v krajině podle schváleného plánu rekultivací. Rekultivaci nemůžeme považovat pouze jako povinnost ze zákona, ale je i naší morální povinností pro příští generace a příspěvkem k trvale udržitelnému rozvoji (Vráblíková et al. 2008, Krykorková 2015).

### 3.2.2 METODY OBNOVY KRAJINY

Mezi tradiční zástupce metod řízení obnovy krajiny patří zemědělská, hydrická a lesnická rekultivace. Zemědělská rekultivace je založena na tom, že rekultivovaná území budou využita pro zemědělské obhospodařování. Pro zemědělské rekultivace je vhodné využít ty devastované plochy, které navazují na stávající zemědělsky využívané území nebo se jedná o rovný či mírně skloněný terén (Vráblíková et al. 2008). Důležitou

formou a součástí realizace sanačních a rekultivačních prací jsou i hydrotechnická opatření spojená s tvorbou nového vodního režimu v krajině narušené těžební činností. Hydrických rekultivací se využívá především k obnově zbytkových jam lomů (Pecharová 2011). Při hydrické rekultivaci je třeba věnovat dostatečnou pozornost sanačním pracím (př. těsnění sloje, dna, stabilizaci břehů apod.). Velkým problémem je i zajištění dostatečného množství kvalitních vodních zdrojů pro naplnění zbytkových jam a zajištění podmínek udržení vysoké kvality vody ve vzniklých jezerech. Vzniklé lokality vodních ploch jsou vhodným prostředím pro rekreaci (zvláště v příměstských oblastech) i pro chov ryb, a stávají se tak cenným prvkem ekologické stability krajiny (Vráblíková et al. 2008).

Další možností obnovy je rekultivace spontánní sukcesí, která se v posledních letech stále více využívá pro svůj jednodušší a levnější charakter. V případě silně narušených až zcela zničených stanovišť, kde sukcesní změny začínají od půdotvorného substrátu, vede spontánní sukcese většinou k obnově cenných ekosystémů postupným uchycováním druhů, svojí ekologií dobře odpovídajících ekologickým podmínkám daného místa. Spontánní sukcese jako nástroj obnovy cenných biotopů má obecně větší šanci tam, kde dojde k vytvoření živinami chudých stanovišť nebo ke snížení stávající hladiny živin (Řehounek et al. 2010). Spontánní sukcese vytváří heterogenní mozaiku mikrohabitatů (Prach a Pyšek 2001). Tato heterogenita je nezbytná pro koexistenci různých druhů, které se v současné homogenní krajině vyskytují zřídka (Schulz a Wiegand 2000). Vedle pozitivního vývoje stanoviště a druhů může spontánní sukcese také zajišťovat lepší prevenci eroze a socioekonomické výhody (Prach a Pyšek 2001). Spontánní vývoj tak může reprezentovat citlivější alternativu klasické rekultivace hlavně tam, kde rychlost obnovy není hlavním zájmem. Lesnická rekultivace dokáže především v iniciálním stádiu oproti spontánní sukcesi rychleji zvýšit biologickou aktivitu jako hlavní faktor tvorby nové půdy. Nicméně tento pozitivní efekt se v pozdějších stádiích vývoje porostu u obou přístupů vyrovná (Frouz et al. 2007b, Krykorková 2015).

Jako nejefektivnější s cílem multifunkčního prostředí se zdá vhodná kombinace zmíněných postupů.

### 3.2.3 LESNICKÉ REKULTIVACE

Lesnická rekultivace si klade za cíl dosažení funkčního lesního ekosystému na lokalitách postižených lidskou činností s naplněním všech funkcí lesa, jak mimoprodukčních, tak i produkčních. Produkce dřevin je závislá na mnoha faktorech. Mezi hlavní faktory patří klima, půdní podmínky, druh dřeviny, dostupnost vody, vnější vlivy stanoviště, ať biotické či abiotické. Některé z těchto podmínek však byly vlivem

člověka pozměněny a většinou se staly limitujícími nebo omezujícími faktory (Dimitrovský a Vesecký 1989, Dimitrovský 2001, Čermák a Ondráček 2009, Vacek et al. 2009, Cejpek et al. 2011, Frouz 2011, Lipovská 2011). Především v porostech první generace jsou podmínky pro klimaxové dřeviny extrémní a připomínají svým charakterem rozsáhlou disturbanci. Cílem lesnických rekultivací je najít vhodná řešení se zřetelem na výši produkce (Dimitrovský et al. 2010), stabilitu porostu, způsob obnovy (Dimitrovský a Vesecký 1989), správné hospodaření a zajištění ekologických a dalších funkcí v nově vzniklých ekosystémech (Kohel 1997). Jedním z vhodných řešení je snaha o vytváření stanovištěně odpovídajících potenciálně původních, druhově bohatých směsí dřevin. Úspěch zakládání lesních porostů na výsypkách je závislý především na pedologických vlastnostech skrývkových zemín použitých k rekultivačním účelům, technologiích uplatňovaných při úpravě deficitních půdních vlastností, výběru vhodných druhů dřevin pro odlišné výsypkové zeminy, způsobu zalesňování, plošném uspořádání porostních směsí, sponu, jakosti zalesňovacího materiálu a následném ošetřování a ochraně lesních kultur proti biotickým činitelům (Čermák et al. 2002).

#### 3.2.4 REKULTIVACE NA SOKOLOVSKU

Na Sokolovsku má rekultivace dlouholetou tradici s množstvím úspěšně rekultivovaných ploch. První zmínka o rekultivacích v sokolovském hnědouhelném revíru pochází z roku 1910 z oblasti Pochlovic a Lítova. Větší rozmach rekultivačních prací nastal v 20. letech 20. století. Rekultivace těžbou dotčených ploch pokračovala plynule dále v 30. a 40. letech a probíhala i v době pomnichovské a během druhé světové války. Systematicky a ve větší míře se rekultivace ploch dotčených hornickou činností započala realizovat v druhé polovině 50. let. Koncem 50. a začátkem 60. let se rekultivační činnost zaměřila na oblasti bývalých hlubinných dolů, kde těžba hnědého uhlí skončila ve 30. a 40. letech, a kde se již neuvažovalo s výstavbou velkolomů. Začátkem 70. let byly zahájeny rekultivace dosypaných spodních etáží vnějších výsypek. Na vnějších výsypkách probíhala většina rekultivačních prací také v 80. a 90. letech. Převažoval lesnický (59 %) a zemědělský (38 %) způsob rekultivací. Hydrické a ostatní rekultivace tvořily jen nepatrnou část (cca 2 %)(Dimitrovský et al. 2010). S postupným útlumem povrchové těžby po roce 1990 nastala i potřeba zahlazovat zbytkové jámy lomů. U některých zbytkových jam (lomy Michal, Boden, Medard-Libík) byl zvolen hydrický způsob rekultivace. S hydrickou rekultivací se uvažuje i při zahlazení poslední zbytkové jámy (Družba-Jirí) po ukončení těžby na Sokolovsku (Pöpperl 2002).

Jednou z hlavních lesnických rekultivovaných lokalit je **výsypka Antonín**, která vznikla v místě stejnojmenného lomu. Její převýšení je 50 m a rozloha 168 ha (Rothbauer et al.,

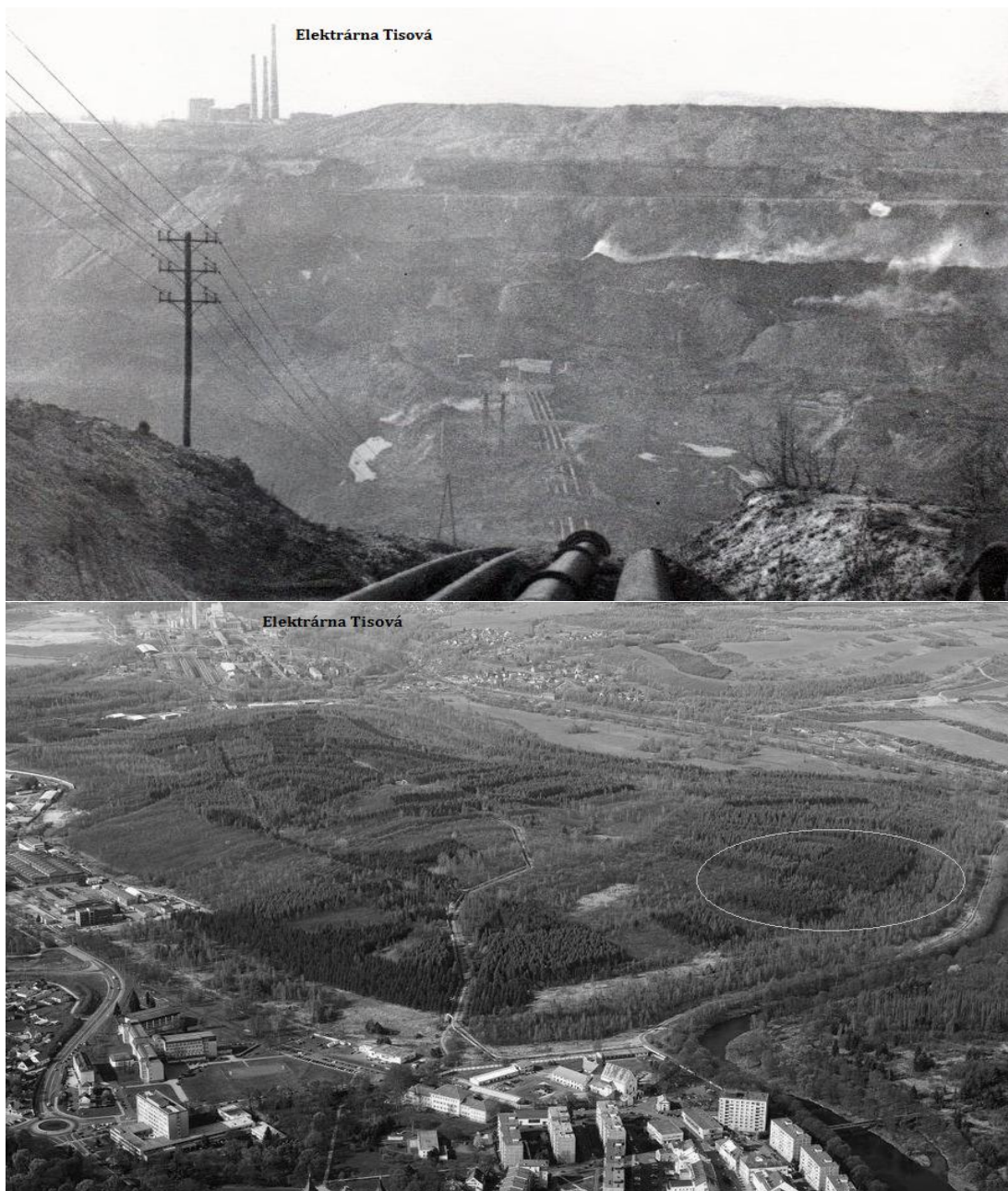


2003), z nichž 144 ha je lesními pozemky. Stavba výsypky byla dokončena v roce 1968. Geomorfologický tvar výsypky je velmi atraktivní, vytvořený dvojetážovou technologií ve směru SZ a částečně JZ. Odvodnění tělesa výsypky bylo provedeno jen pomístně otevřenými příkopy. Zvolený systém zalesňování byl rozdělen do osmi etap. V roce 1969 započala 1. etapa a v roce 1972 etapa poslední. K zalesnění bylo použito na 200 druhů stromů a keřů v různých směsích za účelem vytvoření arboreta a rekreačně atraktivní příměstské části (Dimitrovský et al. 2010). Převahu zde mají listnaté dřeviny se zastoupením 63 %. Jedná se převážně o stejnověké porosty s převažujícím věkovým stupněm 4 (přes 90%), odpovídajícím době založení výsypky. Půdotvorným antropogenním substrátem jsou zde jíly cyprisové série s neutrálním pH a živinově středně bohaté půdy (Dimitrovský 2001). Celková zásoba porostů je na lokalitě přibližně 5 000 m<sup>3</sup>. Základní údaje lokality jsou uvedeny v tabulce č. 1. Na obrázcích 1 a 2 na straně 18 je k dispozici pohled po ukončení těžby a aktuální stav na lokalitě Antonín.

Jednotlivé druhy dřevin se na výsypce Antonín vyskytují v průměrném zastoupení 4 %, což svědčí o výskytu velkého množství druhů. Nejvýraznější zastoupení zde má olše (23 %). Větší jak 10 % podíl na zásobě porostu má pouze modřín (25 %), lípa (16 %) a dub (10 %). U většiny dřevin je zastoupení věkového stupně převážně odpovídající prvotním porostům při založení výsypky. Průměrné zakmenění se pohybuje okolo hodnoty 9. Nejvyšší zásobu na lokalitě má modřín se zásobou 1107 m<sup>3</sup>. Bonity jsou celkově horší, mezi nejlépe hodnocené patří modřín (MD 2)(LHProjekt 2011). Hodnoty základních dendrometrických veličin dřevin jsou uvedeny v následujících tabulkách (Tab. 2 a 3 na str. 18 a 19).

**Tab. 1: Základní údaje o výsypce Antonín (zdroj: LHProjekt, 2011)**

Lokalita (výsypka)	Antonín
Katastrální území	Sokolov
Expozice	SVJZ
Nadmořská výška	400-443 m n. m.
Počet druhů dřevin	33
Průměrné zakmenění (min. - max.)	9,6 (5-10)
Průměrný věk porostních skupin (min. - max.)	39 (9-43) let
Zastoupení věkových stupňů	1-0,1 %; 2-2,1 %; 3-4,4 %; 4 93,3 %
Celková výměra porostní plochy (PUPFL)	143,57 ha
Celková zásoba porostní plochy	2272 m <sup>3</sup>



**Obr. 1: Lokalita Antonín po ukončení těžby (KVK 2013)**

**Obr. 2: Aktuální stav výsypky Antonín (Hoffmann)**

Vysvětlivky: vyznačená oblast značí hlavní lokalitu zájmu

**Tab. 2: Vyhodnocení dřevin na výsypce Antonín (zdroj: LHProjekt 2011)**

Dřevina <sup>1)</sup>	PPS <sup>2)</sup>	Plocha (ha)	Plocha (%)	Zakmenění	Věkové stupně (zastoupení)
OL	15	32,68	23,4	10	2 (0 %); 3 (3 %); 4 (97 %)
MD	16	25,11	18,2	10	2 (1 %); 3 (1 %); 4 (98 %)
LP	9	15,54	11,6	9	1 (0,1 %); 3 (4 %); 4 (96 %)
DB	7	10,43	7,4	10	2 (3 %); 4 (97 %)
JS	9	8,91	6,5	10	2 (2 %); 3 (3 %); 4 (95 %)
VJ	5	6,28	4,8	9	3 (5 %); 4 (95 %)
BR	11	5,87	4,5	9	2 (4 %); 3 (9 %); 4 (87 %)
BO	6	5,54	4,0	10	4 (100 %)
SM	6	5,65	4,0	10	4 (100 %)

Dřevina <sup>1)</sup>	PPS <sup>2)</sup>	Plocha (ha)	Plocha (%)	Zakmenění	Věkové stupně (zastoupení)
KL	7	3,57	2,6	10	3 (5 %); 4 (95 %)
DG	6	3,45	2,5	10	3 (11 %); 4 (89 %)
BOC	6	2,82	2,1	9	3 (3 %); 4 (97 %)
BKS	2	2,23	1,7	9	4(100 %)
TPC	5	2,17	1,6	10	4 (100 %)
HB	4	1,45	1,0	10	4(100 %)
JL	2	1,14	0,9	9	4 (100 %)
OS	3	0,95	0,7	10	3 (9 %); 4 (91 %)
JV	2	0,79	0,6	10	4 (100 %)
KR	1	0,74	0,6	9	4 (100 %)
SMP	1	0,71	0,6	8	4 (100 %)
DBC	1	0,75	0,5	10	10 (100 %)
BK	1	0,25	0,2	9	4 (100 %)
VR	1	0,15	0,1	7	4 (100 %)
SMO	1	0,04	0,03	8	4 (100 %)
TP	1	0,04	0,03	8	4 (100 %)
<b>Ostatní vtroušené dřeviny: BK, HR, JR, JB, JS, TP, TR a VR</b>					

Vysvětlivky: 1) zkratky dřevina dle Česko MZe 1996, 2) počet porostních skupin (PPS)

**Tab. 3: Charakteristika produkčních veličin dřevin na výsypce Antonín (zdroj: LHProjekt, 2011)**

Dřevina <sup>1)</sup>	AVB (RB) <sup>2)</sup>	Věk	Průměrná střední tloušťka (cm)	Průměrná střední výška (m)	Zásoba / hektarová zásoba (m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> na ha)
BK	20 (6)	39	7,0	7,0	0,3 / 1
BKS	23 (4)	37	15,7	12,3	24 / 11
BO	22 (4)	42	15,8	12,8	109 / 20
BOC	21 (4)	40	15,8 (3; 5,5)	11,7 (3; 9,7)	34 / 12
BR	20 (3)	39	14,5 (3; 12,5)	13,4 (3; 12,2)	33 / 6
DB	19 (6)	41	11,1 (2; 11,7)	9,8 (2; 10,0)	157 / 15
DBC	24 (3)	42	15,0	15,0	6 / 8
DG	34 (5)	40	17,5 (3; 16,7)	15 (3; 14,3)	71 / 21
HB	12 (9)	42	8,8	7,4	2 / 1
JL	17 (6)	37	10,7	7,7	3 / 3
JS	22 (3)	40	11,1 (3; 10,3)	10,4 (3; 10,1)	56 / 6
JV	22 (5)	42	10,7	10,7	3 / 4
KL	22 (5)	39	10,9 (5; 11,4)	9,6 (5; 9,9)	23 / 6
KR	/	35	/	3,0	/
LP	20 (6)	40	10,0 (3; 9,5)	8,0 (3; 7,7)	235 / 15
MD	27 (2)	41	16,4 (3; 16;0)	15,2 (3; 14,9)	1104 / 44
OL	17 (5)	41	9,1	8,3	258 / 8
OS	21 (3)	41	16 (3; 15,9)	13,1 (3; 13,2)	3 / 3
SM	25 (3)	41	13,3	11,9	88 / 16
SMO	28 (2)	39	15,0	13,0	0,1 / 2
SMP	22 (5)	39	13,0	10,0	14 / 20
TP	24 (9)	39	20,0	17,0	0,1 / 1
TPC	25 (8)	40	22,2	18,0	11 / 5
VJ	20 (5)	39	13,9 (3; 14;0)	11,1 (3; 11,1)	37 / 6
VR	18 (9)	31	7,0	7,0	0 / 0

Vysvětlivky: 1) zkratky dřevina dle Česko MZe 1996, 2) AVB (RB) – absolutní výšková bonita (relativní bonita)

### 3.3 BOROVÉ POROSTY

Jednou z hlavních hospodářských dřevin v lesích Evropy se zastoupením 31 % lesní plochy je borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) (Spiecker et al. 2004). V České republice zaujímá plochu přes 450 tis. ha, což představuje 17,4 % plošného zastoupení (Káňák a Nárovcová 2004). Borovice je jádrová dřevina s bělí žluté a jádrem červené barvy. Dřevo má silnou vůni pryskyřice. Hustota dřeva je v rozmezí 310 až 860 kg/m<sup>3</sup>. Letokruhy jsou dobře zřetelné s ostrými přechody z jarního na letní dřevo (Schweingruber 1993, Schweingruber et al. 2011). Borovice má velmi širokou ekologickou amplitudu růstu. Úspěšně roste v klimaticky a edaficky rozdílných podmínkách. Je neobyčejně přizpůsobivá a tolerantní k vysokým i nízkým teplotám a suchu. To umožňuje široké uplatnění borovice v kulturních porostech (Vacek et al. 2006). Její přirozený výskyt ve vyšším zastoupení je však díky její nízké konkurenční schopnosti ve vztahu k stín snášejším dřevinám omezen především na extrémní stanoviště (Mikeska a Vacek 2008).

Pěstování borových porostů bude mít nadále, i přes snižování zastoupení z důvodů přiblížení přirozené druhové skladbě, vysoký podíl v lesním hospodářství. Výchova lesních porostů je zásadním aspektem optimální a zdárné produkce dřeva a u borových porostů má význam především v nejmladších vývojových stádiích lesa (Poleno a Vacek 2009). Předpokladem kvalitního provedení výchovných zásahů je včasné a řádné rozčlenění porostů na pracovní pole (Slodičák 2013). Výchovné zásahy mají zásadní vliv také na stabilitu porostu. Zásahy v pozdějším věku nevedou k naplnění požadavků na stabilitu a produkci borových porostů (Huss 1984, Valinger et al. 2000, Dušek et al. 2011). Zdárný vývoj borových porostů vyžaduje na většině stanovišť spodní patro ze stinných nebo polostinných dřevin (Poleno a Vacek 2009).

Monokultury mají ve srovnání se smíšenými porosty vyšší potenciál výnosu, avšak riziko vyšších ztrát (Souček a Tesař 2008). U nesmíšených borových porostů může mít opad degradační účinky na tvorbu půd (Konias a Mottl 1951, Peřina a Vintrová 1958), proto je vhodné pěstování borových porostů ve směsích s především listnatou dřevinou. Na chudých, kyselých a vysychavých stanovištích je vhodná příměs dubu. Od třetího lesního vegetačního stupně je vhodná příměs buku, je ale obtížné směs založit současnou výsadbou. Především v mládí buk totiž nedokáže udržet růstové tempo borovice (Vacek et al. 2006). Na příznivějších stanovištích je vhodná příměs lípy, která má významný pozitivní vliv na vývoj lesa (Maes a Van Vuure 1989, Hommel a De Waal 2003). V nižších polohách je vhodná příměs habru a na zonálních stanovištích příměs břízy. Na stanovištích ovlivněné vodou je vhodná příměs jedle (Vacek et al. 2006). Dále může

být vhodná z introdukovaných dřevin příměs douglasky, zakládané především podsadbou douglasky v rozvolněných porostech (Šindelář a Beran 2004). Tento typ smíšení se přirozeně vyskytl i na výsypce Antonín v borových porostech vyskytujících se v blízkosti porostů tvořených douglaskou tisolistou.

### 3.4 HLAVNÍ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PRODUKCI A RŮST LESA

Les je jeden z nejsložitějších ekosystémů na Zemi, poskytující řadu významných funkcí. Na území České republiky je hlavním klimaxovým biotopem. Ovlivňuje a stabilizuje řadu přírodních procesů. Jeho vývoj a růst je ovlivňován řadou faktorů, ať abiotických, biotických nebo vnitřními - genetickými dispozicemi (Schweingruber 1996). Na těchto faktorech je závislá samotná existence, struktura a produkce lesa. Philipson (1971) považuje za nejdůležitější limitující faktory ty klimatické. Biotop je ovlivňován nedostatky i přebytky v prostředí a vyžaduje určitou kombinaci podmínek pro zdárný vývoj, tedy optimální prostředí. Schwerdtfeger (1963) formuloval principy relativní efektivity faktorů prostředí jako: 1) Účinnost faktoru je o to větší, čím více je jeho intenzita vzdálena od optima. 2) Uvnitř komplexu faktorů prostředí je vždy nejúčinnější ten faktor, který je nejvíce vzdálený od optima. Do jisté míry může lesní ekosystém (nebo někteří jedinci) fyziologickou adaptací v závislosti na věku jedinců zvýšit rozsah tolerance. Například je známo, že se se zvyšujícím věkem zvyšuje tolerance k nízkým teplotám (Poleno a Vacek 2007).

#### 3.4.1 ABIOTICKÉ FAKTORY

Mezi hlavní abiotické faktory ovlivňující růst, a tedy i produkci lesa, patří klimatické a půdní podmínky. Základním procesem lesního ekosystému je fotosyntéza, která závisí především na **slunečním záření**. Množství slunečního záření dopadající na porost (ozářenost) závisí na postavení Slunce v průběhu roku, oblačnosti, expozici a druhové a prostorové struktuře porostu. **Teplota** odvislá od slunečního záření je ovlivněna především nadmořskou výškou, která způsobuje zonalitu lesních ekosystémů. Růst dřevin ovlivňují jak vysoké, tak nízké teploty vzduchu a půdy. Správná teplota je nezbytným faktorem pro fyziologické procesy rostlin. Vysoká i nízká teplota může způsobit poškození kmene či jiných orgánů (Poleno a Vacek 2007, Fabrika 2011). Například ztrátu odolnosti dřevin v zimním období proti mrazu může podle Frittsse (1976) způsobit zvýšení teploty na 10 °C i po několik málo dní. Teplotu silně stabilizuje vzdušná vlhkost. **Voda** je základem života na Zemi. Na vodě jsou závislé téměř všechny metabolické pochody a mnohdy se voda biochemických procesů přímo účastní. Půdní vláha je dána množstvím srážek, humusu, schopností půdy zadržet vláhu, intercepce

a reliéfem terénu (Kutílek 1962). Vzdušná vláha je dána především výparem vody. Složení **ovzduší** má zásadní vliv na fotosyntézu a dýchání, avšak může mít i negativní vliv v podobě emisních zátěží oxidu siřičitého a oxidu dusného. Koncentrace oxidu siřičitého obecně klesají, ale oxidy dusíku důsledkem rostoucí automobilové dopravy rostou. Oxidy dusíku sice nezpůsobují přímo poškození, dávají však možnost vzniku ozonu, který má při vyšších koncentracích negativní dopady. Významným ekologickým faktorem je pohyb vzduchu. Až do rychlosti 15 km/h přispívá vítr ke zvyšování fotosyntézy, a tím i k intenzitě růstu. Z hlediska lesa je důležitý i vzduch v půdě (Poleno a Vacek 2007, Fabrika 2011). **Úrodnost půdy** je lesníky obvykle definována jako "schopnost půdy k produkci biomasy na jednotku plochy za jednotku času" (Ford 1983), a je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících produkci a růst dřevin (Assmann 1970; Schoenholtz 2000). Úrodnost půd je především dána podložím, opadem dřevin a biotickými faktory.

#### 3.4.2 BIOTICKÉ FAKTORY

Mezi nejvýznamnější biotické faktory ovlivňující růst a produkci lesa patří **půdní organismy**, zvěř a lidská činnost. Půdní organismy zaujmají velmi malou část půdy, respektive půdní organické hmoty, ale jejich význam pro kvalitu a zdraví půd je obrovský. Bez jejich přítomnosti by nemohla probíhat přeměna organických látek. Vzhledem k nedostatku využitelného dusíku v raných stádiích tvorby půdy na antropogenních substrátech připadá klíčová role mikrobům schopným vázat tento element. Dalšími významnými organismy jsou houby, hmyz a další, které přispívají především k degradaci vytvořené organické hmoty a návratu všech prvků do přirozeného koloběhu látek (Šarapatka 1996). Významný vztah hub a stromů (mykorhizní symbióza) má příznivý vliv na příjem živin, odolnost proti suchu a půdním patogenům (Gryndler 2004).

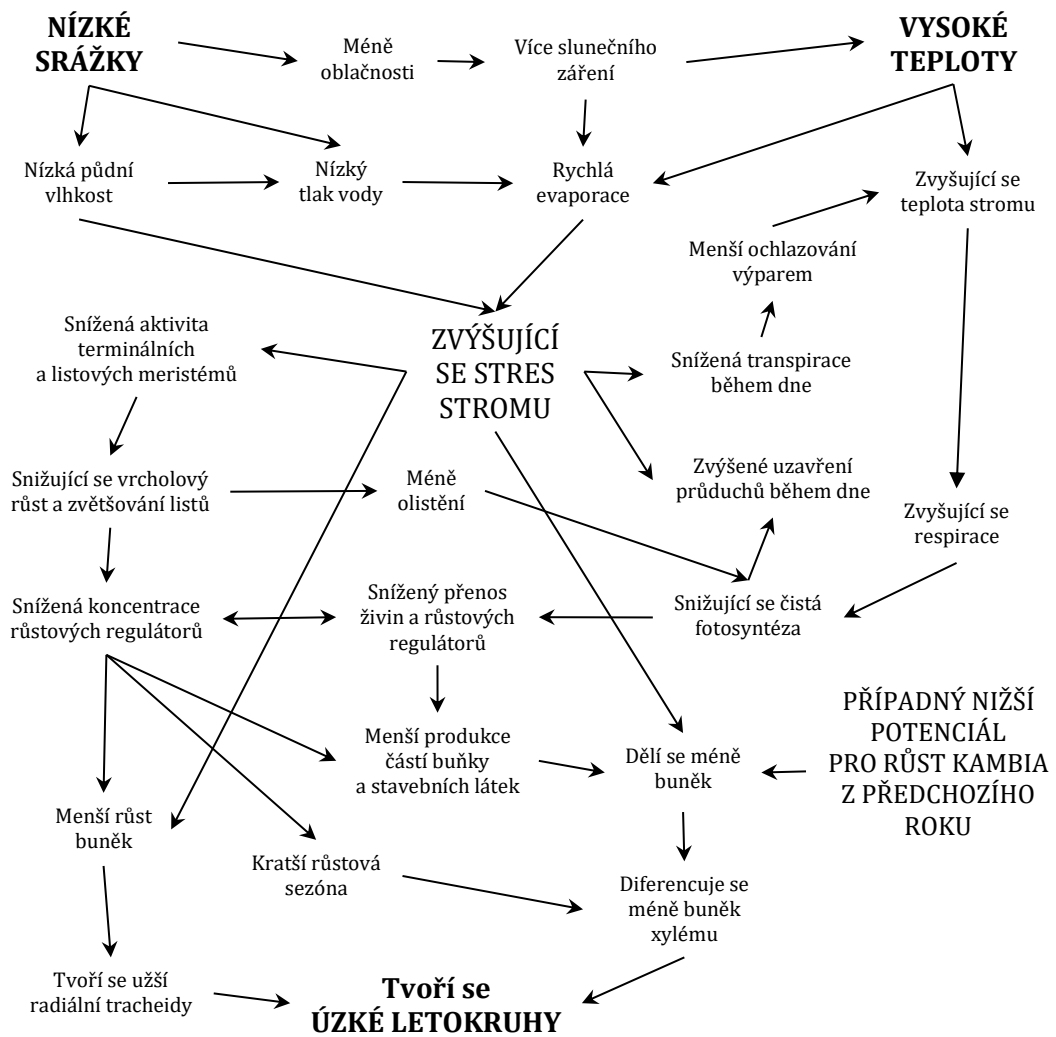
#### 3.5 DENDROCHRONOLOGIE

Dendrochronologie je vědní obor zabývající se studiem a datováním letokruhů (Fritts 1976), umožňující sledování tloušťkového přírůstu stromu. Již Theophrastus se v třetím století před Kristem nepřímě zmiňuje o letokruzích (Wimmer 2001), kde připodobňuje vrstvy kůry jedle a růstu po vnějším obvodu kmene k cibuli (Studhalter 1956). Nerozlišoval rozdíl mezi kůrou a dřevem, ale uvědomoval si přítomnost letokruhů u jehličnanů (Studhalter 1955). Jeho soubor knih *Peri phyton historia* (Theophrastus, 287 př. n. l.) patří mezi základy botaniky a byl přeložen mimo jiné do anglické verze (Theophrastus 1916). Za zakladatele moderní dendrochronologie se dá považovat A. E.

Douglass, jež jako první potvrdil v roce 1911 teorii datování letokruhových sérií a založil první specializované pracoviště na výzkum letokruhů. Rozvoj dendrochronologie dodnes neustal, napomáhá výzkumům v mnoha vědních oborech jako je historie (datování památek), klimatologie, ekologie, hydrologie a lesnictví (Fritts 1976, Cook a Kairiukstis 1990, Fritts 1991, Drápela 1995).

### 3.5.1 VLIV SUCHA NA PŘÍRŮST

První písemnou zmínkou o vlivu sucha na šířku letokruhu je tvrzení Leonarda da Vinci: „*Li circuli delli rami degli alberi segati mostrano il numero delli suoi anni, e quali furono più umidi o più secchi la maggiore o minore loro grossezza (Letokruhy na odřezaných větvích stromů ukazují jejich věk, a podle jejich šíře lze určit, které roky byly vlhčí či sušší)*“ (Leonardo da Vinci 1817). Sezónní změny přírůstu způsobuje kombinace mnoha faktorů prostředí, především jde však o průběh teploty a distribuci srážek, které do značné míry určují celkový výsledek - velikost a vnitřní strukturu letokruhu vytvořeného v daném roce (Vaganov et al. 1985; Schweingruber 1996; Brauning 1999). Tyto faktory určují začátek a konec dělení buněk v meristému, tempo růstu v jednotlivých intervalech sezóny a celkový průběh růstové křivky (Smirnov 1964, Kramer a Kozłowski 1983, Fritts 1976, Fritts et al. 1991). Nejdůležitější a největší změny probíhají v důsledku slunečního záření, teploty, půdní vlhkosti a relativní vzdušné vlhkosti (Horáček 1994). Dostupnost půdní vody může mít vliv na rychlost růstu a tvorbu dřeva (viz Obr. 3 na straně 24), a to jak v dlouhých časových rámcích, tak během jedné sezóny (Zahner a Oliver 1962, Kozłowski 1968, Brauning 1999). Například borovice v bažinatém prostředí formuje nejen užší letokruhy, ale ty mají i menší absolutní velikosti a menší podíl letního dřeva. V obdobích sucha může mít letokruh pouze jednu nebo dvě buňky jarního dřeva a jednu malou tenkostěnnou buňku letního dřeva (Vaganov et al. 2006). Stejně tak může nízká půdní vlhkost způsobit dřívější ukončení růstu v sezóně (Smirnov 1964, Fritts 1976), nebo dřívější přechod k formování letního dřeva (Zahner 1968). Tloušťkový přírůst během roku začíná u borovice běžně od poloviny května a končí v srpnu až září (Schober 1949). Vliv klimatu na přírůst dřevin rostoucích na výsypkových substrátech severočeských lokality sledovali také Bažant (2010), Bažant a Janeček (2011).



Obr. 3: Schematický diagram působení nízkých srážek a vysokých teplot na přírůst tloušťky (Fritts 1976).



## 4 **METODIKA**

Předmětem výzkumu byla lokalita na antropogenních substrátech nacházející se v severozápadních Čechách v sokolovské pánvi. Hlavní předmětem zájmu byly borové porostní skupiny s různou příměsí listnatých dřevin.

### 4.1 **POPIS LOKALITY VÝZKUMU A ZKUSNÝCH PLOCH**

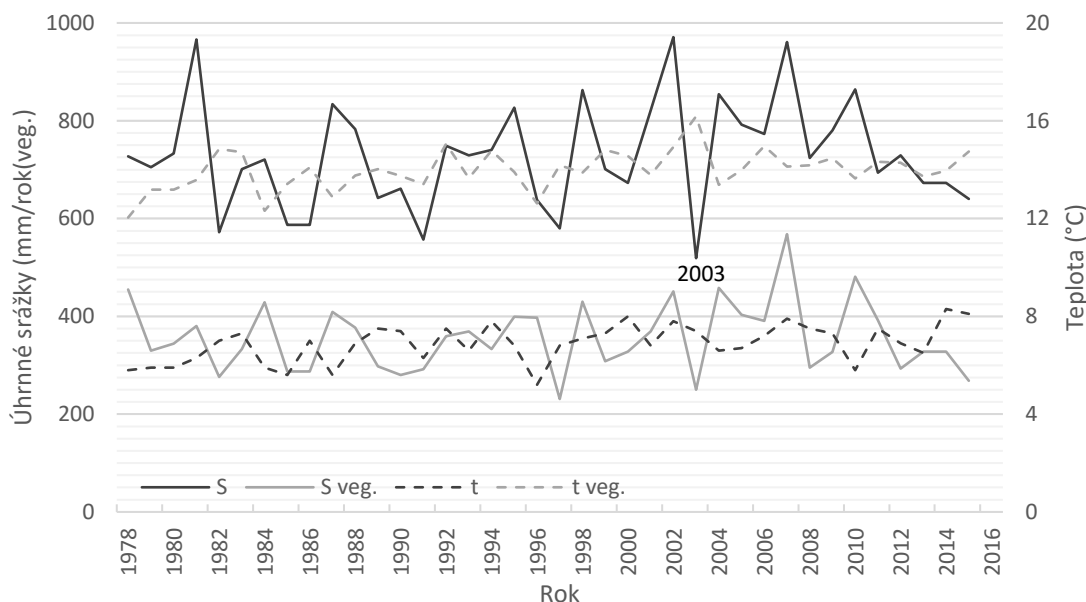
Zkoumané plochy (porostní skupiny) se vyskytují na severním svahu výsypky Antonín (Obr. 29 na straně 98) západně od města Sokolov s lokacemi uvedenými v přílohách v tabulce č. 14Tab. 14 na straně 99. Porostní skupiny byly z hlediska lesních typů dle LHProjektu (2011) zařazeny do kategorie kyselých dubových bučin 3K7, dle mapového portálu ÚHUL (2015) pak částečně zasahuje do porostů také soubor lesních typů chudá dubová bučina 3M, kde se jako ekonomická dřevina uplatňuje borovice lesní za předpokladu, že je dostatečně zajištěna příměs melioračních dřevin (Průša, 2001). Plochy se nachází ve stejnověkových porostních skupinách založených v roce 1972 na technicky upravených lokalitách. Technická úprava spočívala pouze v provedení terénních úprav a vybudování cestní sítě. Na lokalitách byla provedena biologická příprava pomocí olše (Dimitrovský ústně). Na plochách jsou stále patrné navážkové linie směřující po svahu. Porost je členěn na několik nesourodých porostních skupin různých směsí. Dřeviny byly na lokalitě vysazeny ve sponu 1 x 1 m, při smíšení v poměru 1:1, tj. 50% listnaté a 50% jehličnaté dřeviny. Porostní skupiny s lípou vykazují celoplošné smíšení a porostní skupiny s bukem a jasanem plošné až skupinové smíšení (viz výsledky na straně 38). Na jednotlivých zkusných plochách se nachází 39 až 45 jedinců borovice lesní a maximálně 29 jedinců listnatých dřevin.

#### 4.1.1 **DESIGN ZKUSNÉ PLOCHY**

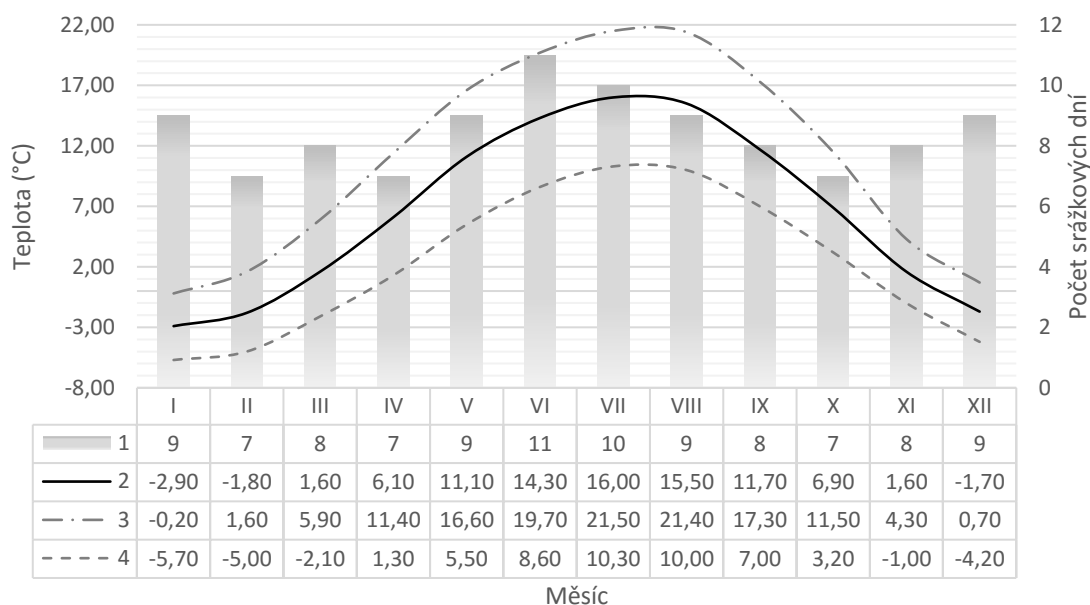
Zkusné plochy jsou kruhového tvaru a mají velikost 2 ary, kterou Šmelko (2002) doporučuje při počtu 800 až 1500 stromů na hektar. Zkusné plochy o poloměru 7,98 m byly vytyčovány pomocí výškoměru (dálkoměru) Vertex III. Celkově bylo založeno 9 zkusných ploch ve čtyřech porostních variantách smíšení, tj. s příměsí listnatých dřevin 1) lípy srdčité BO (LP) 3 zkusné plochy, 2) jasanu ztepilého BO (JS) 2 zkusné plochy, 3) buku lesního BO (BK) 2 zkusné plochy a 4) bez příměsi BO (bez) 2 zkusné plochy, kdy poslední zmíněné sloužily jako kontrolní. Dále byly plochy z hlediska vlhkostních podmínek mikroreliefu rozlišeny do dvou lokálních variant na vlhká a suchá stanoviště, která byla stanovena na základě specifických podmínek na antropogenních substrátech (Cejpek et al. 2011).

#### 4.1.2 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Klimatické podmínky oblasti zájmu jsou charakteristické pro nížinou pánev s průměrnou teplotou mezi 6 až 7 °C, teplotní maxima dosahují 35 °C a minima 26 °C pod nulou, průměrný srážkový úhrn se pohybuje okolo 620 mm/rok (Zahradnický et al. 2004). Graf č. 5 znázorňuje průměrné měsíční teploty pohybující se během roku v rozmezí -2,9 až 16 °C s teplotními minimy a maximy. Průměrný počet dnů v roce s úhrnnými denními srážkami vyššími než 1 mm je 102 s rozmezím počtu dnů v měsíci mezi 7 až 11, viz zmíněný graf č. 5 (WMO yr.no, 2016). S denními srážkami vyššími než 10 mm je to 15 dnů v roce (Rothbauer et al. 2003). Průměrné hodnoty srážek a teplot Karlovarského kraje zachycuje graf č. 4, průměrné roční a měsíční hodnoty úhrnných srážek a průměrných teplot jsou uvedeny v tabulkách č. 15 a 16 na straně 103 v přílohách. Průběh během roku znázorňuje graf měsíčních průměrných teplot a počtu srážkově významných dnů (Obr. 5). Průměrná vegetační doba pro Karlovy vary a Cheb je podle Čvančery (1962) období od 5. května do 28. září, což činí 174 dní. Analýza dat Chmielewského a Rötzera (2002) potvrdila nástup vegetačního období v Evropě o 8 dní dřív. Pro následující výpočty a analýzy bude vegetační doba považovaná za období mezi 1. květnem a 30. zářím. Podle Dimitrovského (2001) jsou regionální klimatické podmínky v sokolovské pánvi významně ovlivněny těžbou uhlí v minulosti i současnosti.



**Obr. 4: Úhrnné srážky (S) a průměrné roční teploty (t) a za vegetační období (veg.) pro období 1978-2015; zdroj:(ČHMI 2015)**



**Obr. 5: Standardní průměrné denní teploty a průměrné počty srážkově významných dnů v průběhu roku.**

Vysvětlivky: 1) počet dnů přesahujících průměrné srážky 1 mm v nejbližší meteorologické stanici Horní Dvory (603 m n. m., 18 km) pro období 1960-1990; Teplota pro období 1960-1990: 2) průměrná, 3) maximální a 4) minimální, zdroj: (WMO, yr.no)

#### 4.1.3 GEOLOGICKÉ A FYTOGEOGRAFICKÉ PODMÍNKY

Z geologického hlediska lokalita spadá do cyprisového souostroví (Dimitrovský 2001), celkové geologické uspořádání znázorňuje obrázek č. 30 v přílohách na straně 99. Z hlediska fytogeografických oblastí náleží lokalita do obvodu Českomoravského mezofytika (*Mesophyticum Massivi bohemicí*), okresu Horní Poohří, podokresu sokolovské pánve (Neuhäuslová 1998). Podle geobiocenologické regionalizace dle Ambrose (1991) převládá v řešeném území buko-jehličnatá sudeto-hercinská ekologická varianta (3a). Neuhäuslová (1998) a Sixta et al. (2011) dále uvádí potencionální zařazení přirozené vegetace oblasti především do acidofilních doubrav (*Genisto geramnicae-Quercion*) a bikových doubrav (*Luzulo albidae-Quercetum petraeae*), v okolí řek s lužními lesy pak do typu střemchové jasaniny (*Pruno-Fraxinetum*).

#### 4.2 ANALÝZA PŮDNÍHO SUBSTRÁTU

Pro možnost porovnání vlivu příměsí na produkci borovice bylo třeba nejprve vyloučit vliv lokálních rozdílností půdního substrátu na jednotlivých zkušných plochách, proto bylo přistoupeno k jeho rozboru a porovnání. Půdním substrátem se rozumí svrchní část výsypky tvořená především jíly cyprisové série, jež prošla pouze částečnou pedogenezí. Při odběru a rozbořech vzorků bylo postupováno dle metodik Spósito (2008), Margesin et al. (2014) a Vavříček a Kučera (2015).

Na každé zkusné ploše byl proveden odběr vzorků na 5 místech - ve středu plochy a ve vzdálenosti 5 metrů od středu v jižním, severním, západním a východním směru. Mocnost horizontů byla měřena pomocí pásma s přesností na 1 mm u nadložního organického (O), humusového (A) a minerálního (B) horizontu, který je částečně pozměněným půdotvorným (C) horizontem, jenž tvoří sypané jíly cyprisové série. Nezřetelná hranice mezi minerálním a půdotvorným horizontem byla stanovena podle mírné změny barvy způsobené částečnou mineralizací a obohacením organickými složkami. Odběr vzorku půdního profilu byl proveden pomocí zarážecí trubky s drážkou. Odběr vzorku k rozboru půdotvorného horizontu byl proveden v hloubce 30 cm.

Analyzovány byly pro potřeby této práce pouze vzorky půdotvorného substrátu. Byly provedeny dva hlavní rozborů pro zjištění pH a těžkých kovů. Určení pH bylo provedeno pomocí elektronického pH metru s kombinovanou elektrodou v rozpuštěném substrátu v destilované vodě. Postup měření byl proveden v souladu s normou ČSN ISO 10390 (2011). Množství těžkých kovů bylo určeno ze suchého vzorku pomocí spektrometru (ruční rentgenový analyzátor Delta), dle metodiky Mäkinen at al. (2005) a Innov-X Systems (2005). Tento postup, který nachází uplatnění v širokém spektru oborů, doporučují Kilbridge (2006), Geršl (2014), Hall et al. (2014), Rouillon a Taylor (2016) a další.

#### 4.3 DENDROMETRICKÉ MĚŘENÍ

Zjišťovány byly základní dendrometrické veličiny porostních skupin: počet stromů, Reinekeho index hustoty porostu (SDI), index diverzity (D), absolutní výšková bonita (AVB), relativní bonita (RB), zastoupení dřeviny (ZD), střední tloušťka ( $d_g$ ), střední výška ( $h_s$ ), zásoba (V) a kruhová základna (G). U jednotlivých stromů byla zjišťována: výška (h), výčetní tloušťka ( $d_{1,3}$ ), štíhlostní koeficient (ŠK), objem (v) a výšková klasifikace stromů. Postupy měření a výpočtů byly provedeny v souladu se standardními metodikami, například Šmelko (2002), Burkhart a Tomé (2012). Měření probíhalo u stromů, jejichž minimální výška byla 1,3 m. Výška stromu byla měřena s přesností na desetinu metru, tloušťka ve dvou směrech na sebe kolmých ve výšce 1,3 m s orientací na světové strany (JS a ZV) s přesností na jeden mm. Výčetní tloušťka stromu byla vypočítána jako průměr dvou měřených tlouštěk. Ze změřených údajů byl získán objem jednotlivých stromů pomocí hmotových tabulek - ÚLT (ÚHÚL 1951). Štíhlostní koeficient byl vypočítán jako podíl výšky v metrech a výčetní tloušťky v centimetrech podle vzorce č. 3. Tento koeficient byl hodnocen pouze pro hlavní dřevinu z důvodu výskytu listnaté dřeviny především v podúrovni, kde ztrácí význam tuto veličinu hodnotit. Štíhlostní koeficient byl použit z důvodu možnosti porovnání s taxačním průvodcem a pro upřesnění je

uveden i vzorec č. 4 častěji užívaného štíhlostního kvocientu. Hodnota štíhlostního koeficientu (kvocientu) byla porovnána s kritickými hodnotami pro borovici dle literatury Polley (1995), Peltola et al. (2000), Zhu et al. (2006) a Slodičák et al. (2013). Základní porostní hodnoty byly porovnány s hodnotami v růstových tabulkách (Černý et al. 1996) pro odpovídající bonitu zkusné plochy a věk porostních skupin. Pro každou zkusnou plochu a dřevinu byl vytvořen výškový grafikon, který byl vyrovnán regresní funkcí logaritmickou (Husch et al. 2003). Absolutní a relativní výškové bonity byly určeny na základě růstových a taxačních tabulek hlavních dřevin České republiky (Černý et al. 1996). Střední kruhová základna ( $g$ ) byla vypočtena pro plochu a dřevinu podle vzorce č. 1. Střední tloušťka ( $d_g$ ) byla vypočítána na základě střední kruhové základny dle vzorce č. 2 a střední výška byla pomocí patřičné regresní funkce dopočítána dle střední tloušťky. Zastoupení listnaté dřeviny bylo vypočítáno jako procentuální podíl počtu stromů listnaté dřeviny a celkového počtu stromů, z důvodu možnosti porovnání s počátečním stavem při výsadbě (Dragoun et al. 2015).

$$g = \frac{\sum(d_{1,3}^2 \times \pi)}{N} \quad (\text{Rov. 1})$$

$$d_g = \sqrt{g/\pi} \quad (\text{Rov. 2})$$

$$\text{ŠK} = \frac{h(m)}{d_{1,3}(\text{cm})} \quad (\text{Rov. 3})$$

$$\text{ŠK}_v = \frac{h(m)}{d_{1,3}(m)} = \text{ŠK} \times 100 \quad (\text{Rov. 4})$$

**Rov. 1: Výpočet střední kruhové základny ( $g$ )**

Vysvětlivky:  $d_{1,3}$  - výčetní tloušťka,  $N$  - počet stromů

**Rov. 2: Výpočet střední tloušťky ( $d_g$ ) z kruhové základny**

**Rov. 3: Výpočet štíhlostního koeficientu (ŠK)**

Vysvětlivky:  $h$  - výška stromu

**Rov. 4: Výpočet štíhlostního kvocientu (ŠK<sub>v</sub>)**

#### 4.4 VYHODNOCENÍ STRUKTURY POROSTNÍCH SKUPIN

Struktura porostních skupin byla hodnocena na základě čtyř kritérií, a to podle počtu stromů na ploše, počtu stromů rozdělených dle tloušťkových stupňů, výškové klasifikace a Reinekeho indexu hustoty porostních skupin (SDI). Byla vypracována schémata porostních struktur na základě výškové klasifikace a lokálních poznatků chování dřevin v porostních skupinách. Stromy byly zatříděny do výškové klasifikace pro každou zkusnou plochu dle horní výšky borovice. Horní výška borovice byla vypočítána jako průměrná výška deseti procent nejvyšších stromů, minimálně ale jako průměr pěti nejvyšších stromů (Dragoun et al. 2015). Výškové třídy byly navrženy a upraveny

dle Polena et al. (2007) jako: nadúrovňová vrstva (0) – výška stromu větší než 9,5/10 horní výšky; horní vrstva (1) – výška stromu se pohybuje mezi 9,5/10 a 2/3 horní výšky; střední vrstva (2) – neúčastní se na vytváření horní korunové clony, výška stromu se pohybuje mezi 2/3 až 1/3 horní výšky; spodní vrstva (3) – výška stromu je menší než 1/3 horní výšky. Index hustoty porostních skupin SDI (Stand Diversity Index) byl vypočítán podle Reinekeho (1933) pro jednotlivé dřeviny na ploše podle vzorce č. 5. Celková hodnota SDI byla vypočítána jako součet hodnot SDI zastoupených dřevin dle vzorce č. 6, kterou u smíšených porostů řeší Shaw (2000), Woodall et al. (2005), Vacchiano et al. (2008), Shaw a Long (2010). Při výpočtu SDI byla použita střední tloušťka z kruhové základny (Fabrika a Pretzsch 2011), která je shodná s tloušťkou kvadratickou použitou například v publikacích Ducey a Knapp (2010), Pietrzykowski a Socha (2011), a dalších.

$$SDI_{DŘEV} = N_{ha} \times \left( \frac{d_g}{25} \right)^{1,605} \quad (\text{Rov. 5})$$

$$SDI_{SUM} = \sum SDI_{DŘEV} \quad (\text{Rov. 6})$$

**Rov. 5: Výpočet indexu hustoty porostních skupin (SDI) jednotlivých dřevin (SDI<sub>DŘEV</sub>)**

Vysvětlivky:  $N_{ha}$  počet stromů na hektar,  $d_g$  střední tloušťka z kruhové základny

**Rov. 6: Výpočet celkového SDI (SDI<sub>SUM</sub>)**

#### 4.5 DENDROCHRONOLOGICKÉ MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ

Při odebrání a zpracování vzorků bylo postupováno dle metod standardů popsanych v publikacích Cook (1985), Cook and Kairiukstis (1990), Drápela (1995), Šmelko (2002), Speer (2009) a dalších. Letokruhová analýza byla provedena na odebraných vzorcích borovice lesní na všech zkusných plochách určených dle metodiky na straně 25. Z každého stromu byl odebrán jeden vzorek (vývrt) ve standardní výšce 1,3 m pomocí Presslerova přírůstového nebozezu. Autoři Fritts (1976), Cook (1985), Schweingruber (1983) doporučují zpravidla dva a více vzorků na jednom stromu, a to kolmo na sebe. (Drápela a Zach 1995), Šmelko (2002) však uvádí, že jeden vzorek ze stromu je dostačující. Nižší počet vzorků na stromu umožní odběr vzorků u většího počtu stromů v porostních skupinách, tedy před variabilitou tloušťkového přírůstu stromu je upřednostněn širší popis variability přírůstu porostních skupin. Přesto, aby byla minimalizována chyba, byl odběr vzorků prováděn systematicky z různých světových stran. V případě nestandardního růstu v místě odběru byl vzorek odebrán ze směru jiného. Minimální počty vzorků pro různé porosty s požadovanou přesností uvádí Šmelko (1965) a Šmelko (1982).

Zpracování vzorků bylo provedeno zbrúšením vývrtů na liště, kde byly umístěny tak, aby byly v podélném směru nakloněny přibližně v úhlu 35° (Douglass 1941) pro lepší zvýraznění letokruhů. Vzorky nebyly žádným způsobem upravovány (např. máčeny). Měření letokruhů bylo provedeno metodou analýzy obrazu, proto byly vzorky naskenovány černobíle v rozlišení 6500 dpi. Analýza obrazu byla provedena pomocí kanadského softwaru WinDENDRO™ a metodiky popsané v manuálu Regent (2009). Měřena byla šířka letokruhů, kůry, jarního a letního dřeva. Částečná synchronizace dat byla provedena vizuálně a na základě grafu „skeleton plots“ (Schweingruber 2001) již při měření letokruhů. Následně byl vypočítán trend intervalu dle Schweingruber (1983) a dohledány případné chyby v měření letokruhu. K synchronizaci dat založené na korelaci je často využíván program COFECHA (Holmes 1983) upravený jako dpIR pro výpočet ve statistickém programu R (Bunn 2008 a 2010). Metoda se spíše využívá při synchronizaci delších letokruhových řad, jako např. Taynik (2016), zabývající se přes 700 let dlouhými letokruhovými chronologiemi modřínu sibiřského, a při vlastním datování u chybějících letokruhů. V této práci program nebyl využit z důvodu nevhodnosti pro kratší letokruhové řady (Billamboz 2008).

Standardizace se zabývá odstraněním trendů zkreslujících data při porovnávání například s klimatickými daty v průběhu času (Cook a Kairiukstis 1990). Biologický trend je postupný pokles šířky letokruhu podél příčného poloměru, který je způsoben korespondujícím nárůstem velikosti kmene během let. Odstraněním tohoto trendu se zabývá Biondi a Qeadan (2008). Odstranění biologického trendu bylo provedeno transformací z tloušťkového ročního přírůstu na přírůst kruhové základny (BAI) u každého stromu. Odstranění dlouhodobého věkového trendu pro data při porovnávání vlivů nebylo provedeno. Cherubini et al. (1998) standardizaci věkového trendu nedoporučuje z důvodu silného zkreslení dat, a také protože porovnávané vzorky byly odebírány ze stejně starých stromů. Poněvadž se jedná o stejně staré porostní skupiny a u toleranční analýzy se jedná o krátké období sedmi let je riziko možného zkreslení nestandardizovaných dat velmi malé (Pretzsch et al. 2012).

Pro potřebu výpočtů byla šířka letokruhů (I), respektive tloušťkové přírůsty, transformována na přírůsty kruhové základny (BAI). Vlastní transformace byla provedena u vzorků plně změřených letokruhových řad dle vzorců č. 7 až 9. V případě vzorků, u kterých chybějící měřené letokruhy ve střední části znemožňovaly výpočet, byly tyto nahrazeny průměrným letokruhem zkusné plochy se stejným počtem letokruhů. Předpokládaný počet letokruhů byl stanoven na základě šablony a poměrů tlouštěk předchozích letokruhů. Předpokládané a měřené letokruhy jsou znázorněny v grafech č. 14 až 22 na straně 47. Do výpočtů však byly zahrnuty pouze vzorky, u nichž

předpokládaný počet chybějících letokruhů nepřesahoval maximální hodnotu tří letokruhů.

$$d_t = (l_t + l_{t-1} + l_{t-2} + \dots + l_{t-t_0}) \times 2 \quad (\text{Rov. 7})$$

$$g_t = \pi \times d_t^2 / 4 \quad (\text{Rov. 8})$$

$$\text{BAI} = (g_t - g_{t-1} - g_{t-3} - \dots - g_{t-t_0}) \times 2 \quad (\text{Rov. 9})$$

**Rov. 7: Vypočet tloušťky ( $d_t$ ) z letokruhové řady pro daný rok**

**Rov. 8: Vypočet kruhové základny ( $g_t$ ) pro daný rok**

**Rov. 9: Vypočet přírůstu kruhové základny (BAI) pro daný rok**

Vysvětlivky:  $l$  – šířka letokruhu;  $t$  – rok;  $t-t_0$  – počáteční rok letokruhové řady

#### 4.5.1 ZÁVISLOST ZMĚN VELIKOSTI PŘÍRŮSTU NA SRÁŽKÁCH A TEPLOTĚ

Studiem vlivu klimatických změn na přírůst stromu se zabývá velké množství autorů po celém světě, jako například Cook (1985, 2004), Stambaugh (2011), Chen et al. (2013), Li et al. (2016) a další. Pro zjištění předpokladu zda existuje vztah závislé proměnné přírůstu kruhové základny a nezávislých úhrnných srážek a průměrné teploty byl použit Pearsonův korelační koeficient, který je nejdůležitější mírou vztahu dvou proměnných. Interpretace hodnot korelačního koeficientu je v různých situacích posuzována různě (Hendl 2004). U zjištěných korelačních koeficientů byla stanovena interpretace u hodnot 0,5 a vyšších jako významná, v rozpětí 0,5 až 0,3 jako středně významná, v rozpětí 0,3 až 0,1 slabě významná (Cohen 1988) a u hodnot nižších než 0,1 jako velmi slabá významnost (Dishman a Buckworth 1996). Pro úplnější porozumění efektu byl použit koeficient determinace (McCartney a Rosenthal 2000), který vyjadřuje procentuální podíl z celkové variance vysvětlující vliv faktoru na sledovaný efekt (Blahuš 2000, Thomas a Nelson 2001). Pro částečnou eliminaci časových trendů byly porovnávány relativní změny proměnných (relativní difference), které byly vypočítány dle rovnice č. 10 pro hodnoty tloušťkového přírůstu stromu (šířka letokruhu), úhrnných srážek a průměrné teploty roční a během vegetačního období.

$$X_{\%} = \frac{X_t}{X_{t-1}} \times 100 - 100 \quad (\text{Rov. 10})$$

**Rov. 10: Relativní změna hodnoty ( $X_{\%}$ )**

Vysvětlivky:  $x$  - hodnota proměnné,  $t$  - rok měření

#### 4.5.2 URČENÍ VĚKU DOSAŽENÍ VÝČETNÍ VÝŠKY

Věk, při kterém strom dosáhl výčetní výšky, byl stanoven na základě známého data výsadby a letokruhové analýzy. Věk byl vypočítán dle rovnice č. 11, kdy byl od věku porostních skupin odečten počet naměřených a předpokládaných letokruhů. Předpokládaný počet letokruhů, které nebyly měřeny z důvodu odchýlení vývrtnu



od středu, byl stanoven na základě šablony a poměrů tloušťek předchozích letokruhů. Maximálně se jednalo o 3 letokruhy, většinou o jasně patrný počet 1 až 2 letokruhů.

$$t_{1,3} = t - (N_l + N_{lp}) \quad (\text{Rov. 11})$$

**Rov. 11: Věk dosažení výčetní výšky ( $t_{1,3}$ )**

Vysvětlivky:  $t$  - věk porostních skupin,  $N_l$  - počet naměřených letokruhů a  $N_{lp}$  - počet předpokládaných letokruhů

#### 4.6 TOLERANČNÍ ANALÝZA

Byla analyzována individuální tolerance stromů k suchu pomocí indexů resistance, schopnost zotavení, resilience, a relativní resilience podle Loret et al. (2011) a Taeger et al. (2013). Na rozdíl od studií uvedených autorů byl identifikován podobně jako v publikaci (Pretzsch et al. 2012) konkrétní suchý rok 2003 na základě příslušného deficitu vlhkosti v průběhu vegetačního období. Z grafu znázorňujícího úhrnné srážky a průměrné teploty Karlovarského kraje (Obr. 4 na straně 26) je patrné několik deficitů, a to v letech 1982, 1985 1986, 1991, 1996, 1997, 2003 a 2015. Průměrné roční a měsíční hodnoty úhrnných srážek a průměrných teplot jsou uvedeny v tabulkách č. 15 a 16 na straně 103 v přílohách. Rok 2003 byl vybrán z důvodu největšího deficitu srážek a výrazné reakce tloušťkového přírůstu patrné na základních grafických vyhodnoceních letokruhových řad.

Toleranční indexy založené na přírůstu kruhové základny byly vypočteny porovnáním přírůstu během suchého roku ( $S$ ) s průměrným přírůstem před rokem sucha (před $S$ ) a po této události (po $S$ ). Průměrný přírůst před a po suchém roce byl spočítán jako průměrný přírůst tří let před či po daném roce (Rov. 16), podobně jako studium Pretzsch et al. (2012). Resistance byla spočítána jako poměr přírůstu během a před suchým rokem (Rov. 12). Schopnost zotavení byla vypočtena jako poměr růstu po a během období sucha (Rov. 13) a resilience jako poměr růstu po a před suchem (Rov. 14). Vážením resilience s poškozením během sucha, byla vypočtena resilience relativní (Rov. 15)(Lloret et al. 2011).

$$\text{resistance} = S/\text{před}S \quad (\text{Rov. 12})$$

$$\text{schopnost zotavení} = \text{po}S/S \quad (\text{Rov. 13})$$

$$\text{resilience} = \text{po}S/\text{před}S \quad (\text{Rov. 14})$$

$$\text{relativní resilience} = ((\text{po}S - S)/(\text{před}S - S))(1 - (S/\text{před}S)) \quad (\text{Rov. 15})$$

**Rov. 12: Výpočet resistance**

Vysvětlivky: přírůst před $S$  - před obdobím sucha, po $S$  - po období sucha a  $S$  - během období sucha

**Rov. 13: Výpočet obnovy**

**Rov. 14: Výpočet resilience**

**Rov. 15: Výpočet relativní resilience**

$$\text{předS} = (i_{2000} + i_{2001} + i_{2002})/3 \quad \text{poS} = (i_{2004} + i_{2005} + i_{2006})/3 \quad (\text{Rov. 16})$$

**Rov. 16: Průměrný přírůst před a po období sucha**

Vysvětlivky:  $i_i$  - roční přírůst kruhové základny; průměrný přírůst předS - před obdobím sucha, poS - po období sucha a S - během období sucha

#### 4.7 DIVERSITA VEGETACE

Byl vypočítán Simpsonův (Simpson 1949) a Shannon - Weaverův (Shannon a Weaver 1949) index diversity. Simpsonův index kromě počtu a zastoupení dřevin uvažuje i s výškovým členěním porostu (Pretzsch 1995). Indexy diversity byly vypočítány pro stromové patro od výšky 1,3 m a pro bylinné a dřevinné patro se stromy a keři pod výšku 1,3 m. Pro stromové patro byl vypočítán pouze Simpsonův index diverzity, s kterým pracoval např. Nagendra (2002), Subburayalu a Sydnor (2012) a další. Index byl vypočítán na základě poměru počtů stromů (Silva-Flores et al. 2016) a kruhové základny dle rovnice č. 17 (Neumann a Starlinger 2001). Pro bylinné a dřevinné patro byl také vypočítán Simpsonův index na základě pokryvnosti druhů rostlin dle rovnice č. 17, a dále také Shannon - Weaverův index dle rovnice č. 18, který uvádějí Kent et Coker (1992), Magurran (2004), Spellerberg (2008) a další.

$$D = 1 - \sum X_i/X \quad (\text{Rov. 17})$$

$$H' = -\sum (X_i/X) \times \ln(X_i/X) \quad (\text{Rov. 18})$$

**Rov. 17: Simpsonův index diverzity (D) dle Subburayalu a Sydnor (2012)**

Vysvětlivky: počet stromů, kruhová základna nebo pokryvnost:  $x_i$  - druhu, X celková

**Rov. 18: Shannon - Weaverův index (H') dle Kent a Coker (1992)**

#### 4.8 FYTOCENOLOGICKÁ ANALÝZA VEGETACE

Vyhodnocení vegetace bylo provedeno na základě fytoocenologických snímků všech směsí na zkusných plochách podle metodik a článku například Moravec (1994), Rodwell (2002), Štykar (2008), Buriánek et al. (2013), Canullo et al. (2011) a dalších následně uvedených autorů. K určení druhů rostlin byl použit Klíč ke květeně České republiky (Kubát et al. 2002) a Květena ČR 1-8 (Hejný et al. 1988,1990,1992, Slavík et al. 1995, 1997, 2000, 2004 a Štěpánková et al. 2010). Pro potřeby vyhodnocení vegetace bylo hodnoceno bylinné a dřevinné patro do výšky 1,3 m dle Zlatníka (1963). Vyšší patra byla hodnocena na základě metodiky výše uváděné (od strany 28). Dřevinné patro se dělí do třech podskupin, a to na patra: 1a - patro vyšších nárostů (nad 20 cm); 1b - patro nižších nárostů (do 20 cm); 2 - patro semenáčů. Pro hodnocení pokryvnosti jednotlivých druhů byla použita semikvantitativní, původně sedmičlenná kombinovaná stupnice abundance a dominance podle Braun-Blanqueta (1965), upravená autory Westhoff

a Maarel (1973), uvedená v tabulce č. 4. Při jejím užití bylo třeba zhotovit soupis všech přítomných druhů rostlin podle jednotlivých pater včetně semenáčků dřevin. U stupňů r, +, 1 a 2a se přihlíželo spíše k početnosti populace, u vyšších stupňů pouze k pokryvnosti jednotlivých druhů. Početnost a pokryvnost jednotlivých druhů pak byla kvalifikovaným odhadem klasifikována do jednotlivých stupňů. Takto získaná data byla transformována na procentuální pokryvnost, a to jako průměr rozpětí hodnot (viz Tab. 4) (Buriánek et al. 2013).

**Tab. 4: Stupnice abundance a dominance (Braun-Blanquet 1965, Westhoff a Maarel 1973)**

Symbol stupně	Rozpětí pokryvnosti	Hodnota pokryvnosti	Popis
r	-	0,1 %	druh velmi vzácný, většinou jen jeden nebo dva jedinci se zanedbatelnou pokryvností,
+	0 - 1 %	0,5 %	druh vzácný (ale alespoň 2 jedinci na ploše), občasně se vyskytující
1	1 - 5 %	3 %	druh početný, ale s malou pokryvností nebo méně početný s vyšší pokryvností
2m	5 %	5 %	druh s pokryvností na rozhraní mezi stupněm 1 a 2a
2a	5 - 12,5 %	8,75 %	druh velmi početný (hojný), při velkém počtu malých jedinců s pokryvností nižší pokryvnosti, nebo při menším počtu jedinců větších rostlin pokryvností
2b	12,5 - 25 %	18,75 %	totéž jako 2a
3	25 - 50 %	37,5 %	totéž jako 2a
4	50 - 75 %	62,5 %	totéž jako 2a
5	75 - 100 %	87,5 %	druh dominantní

Pomocí indikačních vlastností jednotlivých rostlinných druhů ve vztahu k hlavním faktorům prostředí dle semikvantitativních stupnic na základě indikačních čísel podle Křiža et al. (1996) a Ellenberga et al. 2001 byly vyhodnoceny vlastnosti prostředí lokalit, a to vztah ke světlu, teplotě, kontinentalitě, vlhkosti, půdní reakci a půdnímu dusíku. Dále byla zjišťována strategie růstu podle Křiža et al. (1996) a Ellenberga et al. 2001. Význam hodnot a zkratk fytoindikace a strategie růstu je vysvětlen v publikaci Křižo et al. (1996) nebo Ellenberg et al. (2001).

#### 4.9 STATISTICKÉ VÝPOČTY

Statistické výpočty byly provedeny pomocí standardních pravidel a postupů popsanych v publikacích Novovičová (1999), Whitlock a Schluter (2008), Marek et al. (2013), Welham et al. (2014), Wolfgang et al. (2014) a Hendl (2015). Byly použity výpočty popisné (základní) statistiky, testování normality dat a homogenity rozptylu, Studentův t-test, korelace, regrese a analýza rozptylu (ANOVA). Statistické analýzy byly provedeny pomocí statistického softwaru Statistica verze 12 společnosti StatSoft (StatSoft 2012) a programu Excel 2016 (Microsoft 2015).

Testování normality dat bylo dle potřeby provedeno pomocí Shapiro-Wilk testu (Jurečková a Píček 2007) a grafickými metodami. Studentův t-test byl použit k vyhodnocení toleranční analýzy při porovnání vlhkostních podmínek mikroreliefu. Korelací byla studována závislost změn velikosti přírůstu na srážkách a teplotě, která byla podpořena koeficientem determinace (viz kapitola č. 4.5.1 na straně 32). Při testování byla hladina pravděpodobnosti alfa zvolena na hodnotu 0,05. Pro vyhodnocení dat byla použita jednofaktorová a vícefaktorová analýza rozptylu (ANOVA), a její výstupy byly hodnoceny pomocí Tukeyova HSD post-hoc testu (Kucuk 2016). Analýzy rozptylu byly provedeny pro testování toleranční analýzy a vlivu příměsí, lokálních stanovištních podmínek a jejich interakce na porostní veličiny. Většinou (pokud není uvedeno jinak) byly testovány pouze stromy odpovídající výškové klasifikaci 0 a 1 z důvodu odstranění vlivu podúrovňových stromů.

## 5 VÝSLEDKY

Hlavní šetření bylo zaměřeno na borové porostní skupiny na antropogenních půdách výsypky Antonín s různou listnatou příměsí. Výsledky byly částečně publikovány v publikaci Dragoun et al. (2015).

### 5.1 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA PŮDNÍ SUBSTRÁT A HUMUS BOROVÝCH POROSTŮ

Příměs listnaté dřeviny má vliv především na podíl organické hmoty (tedy množství humusu) a rozvoj půdního profilu. Rozdíly v množství pro rostliny využitelných prvků byly zjištěny analýzou půdního substrátu. Půdní substrát se u všech ploch převážnou částí skládal z jílu cyprisové série s přimíšením hnědého uhlí a organického materiálu. Množství organického materiálu narušovalo strukturu jílu a směrem do hlubších horizontů klesalo. Formu nadložního humusu všech ploch tvořil mull. Půdotvorný substrát se barvou a strukturou na všech lokalitách podobal.

#### 5.1.1 MOCNOST ORGANICKÉHO A HUMÓZNÍHO HORIZONTU

Mocnost organického horizontu se pohybovala v rozpětí 0,1 až 3 cm, humózního horizontu v rozpětí 0,5 až 5 cm. Nejnižší průměrná mocnost organického horizontu byla naměřena u borovice bez příměsí (0,6 cm) a největší u borovice s příměsí lípy (1,7 cm). Byl zjištěn statisticky významný rozdíl mocnosti organického horizontu opadanky (L) a společné mocnosti drti (H) a měli (F) u lokality borovice s příměsí lípy a borovice bez příměsí. Mocnost humózního horizontu na zkusných plochách průměrně dosahovala podobných hodnot (BO (JS) 1,3 cm; BO (bez) 1,3 cm; BO (BK) 1,5 cm). Pouze u borovice s příměsí lípy (2,9 cm) byl statisticky významný rozdíl od ostatních lokalit. Horizont (B) o mocnosti cca 10 cm, jenž vykazoval znaky minerálního horizontu, byl detekován u dvou vzorků na ploše BO 2 (LP). Acidita půdotvorného substrátu se pohybovala v rozmezí od 6,5 do 7,3 a nebyl prokázán její statisticky významný rozdíl mezi lokalitami. Průměrné hodnoty a základní vyhodnocení analýzy rozptylu je uvedeno v tabulce č. 5.

Tab. 5: Mocnosti organického a humózního horizontu a pH půdotvorného substrátu

Směs	Organický horizont opadanky (L)	Organický horizont drti (H) a měli (F)	Humózní horizont (A)	pH půdotvorného substrátu (C)
BO (LP)	0,8 ± 0,4 SD a	0,9 ± 0,5 SD a	2,9 ± 1,0 SD b	6,7 ± 0,4 SD a
BO (JS)	0,5 ± 0,5 SD ab	0,4 ± 0,4 SD b	1,3 ± 0,9 SD a	6,5 ± 0,6 SD a
BO (bez)	0,3 ± 0,2 SD b	0,3 ± 0,2 SD b	1,3 ± 0,7 SD a	6,6 ± 0,4 SD a
BO (BK)	0,4 ± 0,3 SD ab	0,5 ± 0,5 SD ab	1,5 ± 0,7 SD a	6,9 ± 0,5 SD a
<b>P-hodnota</b>	<b>p&lt;0,01</b>	<b>p&lt;0,01</b>	<b>p&lt;0,01</b>	<b>p=0,79</b>

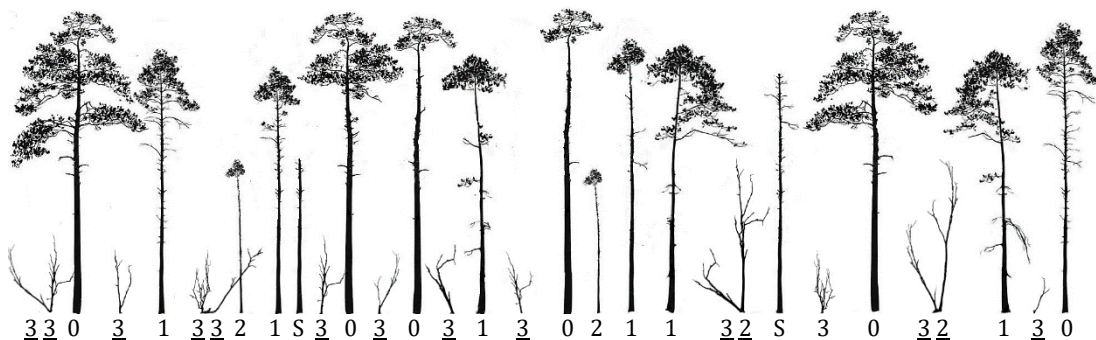
Vysvětlivky: průměrné hodnoty mocností horizontů jsou uvedeny cm; SD – směrodatná odchylka

### 5.1.2 MNOŽSTVÍ BIOGENNÍCH A TOXICKÝCH PRVKŮ

Na základě měření pomocí spektrometru byl hodnocen a srovnáván půdní substrát z hlediska množství toxických prvků (arsen (As), hliník (Al), chrom (Cr), kadmium (Cd), kobalt (Co), olovo (Pb), rtuť (Hg), stříbro (Ag) vanad (V) zinek (Zn)) a biogenních prvků (draslík (K), fosfor (P), mangan (Mn), molybden (Mo), měď (Cu), nikl (Ni), síra (S), vápník (Ca), zinek (Zn) a železo (Fe)), z nichž mohou některé být především ve vyšších koncentracích také toxické. Molybden, kobalt a stříbro ve vzorcích nebyly detekovány. Rozdíly mezi lokalitami s různou příměsí byly testovány pomocí analýzy rozptylu (ANOVA). Statisticky významný rozdíl byl prokázán u síry, arsenu a zinku. U síry ( $p = 0,049$ ) se lišila borovice s příměsí jasanu (2,5 g/kg) od borovice s příměsí buku (1,5 g/kg) a lípy (1,7 g/kg), u arsenu ( $p = 0,049$ ) borovice s příměsí jasanu (0,044 g/kg) od borovice s příměsí buku (0,054 g/kg). U zinku ( $p = 0,025$ ) se lišila borovice s příměsí jasanu (0,089 g/kg) od borovice s příměsí lípy (0,010 g/kg). U ostatních měřených prvků nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl (K -  $p = 0,05$ ; Al -  $p = 0,06$ ; Fe -  $p = 0,07$ ; Cr -  $p = 0,11$ ; Cu -  $p = 0,14$ ; V -  $p = 0,14$ ; Pb -  $p = 0,29$ ; Ni -  $p = 0,43$  Cd -  $p = 0,45$ ; Mn -  $p = 0,46$ ; P -  $p = 0,53$ ; Ca -  $p = 0,65$ ; Hg -  $p = 0,70$ ). Průměrné množství prvků v půdotvorném substrátu je uvedeno v tabulkách č. 23 až 27 v přílohách na straně 107.

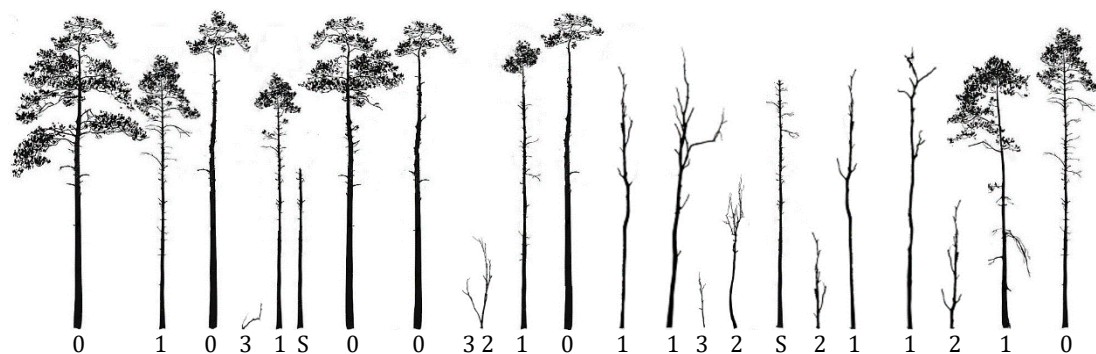
### 5.2 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA STRUKTURU BOROVÝCH POROSTŮ

Na základě výsledků měření uvedených v tabulkách č. 6 a 7 na straně 40 a 41, výškových grafikonů (v přílohách na straně 100) a zjištění skutečnosti lze popsat strukturu následovně. Hlavní úroveň borovice se v zapojených částech porostních skupin ve výškové struktuře výrazně nelišila. Borová skupina bez příměsí vykazovala strukturu jednodílné hlavní úrovně s minimálním počtem dřevin v podúrovni, místy s rozvolněním způsobeným uschnutím stromů (Obr. 8). V porostní skupině s příměsí lípy byla hlavní úroveň mírně řidší než u porostní skupiny bez příměsí, lípa s převážně netvárnými kmeny se vyskytovala pouze v podúrovni, a to především do 1/3 výšky hlavní dřeviny (borovice). Přímíšení lípy bylo však na rozdíl od jasanu a buku rovnoměrné (Obr. 6). V porostní skupině s příměsí jasanu vytvářela listnatá dřevina skupiny stromů, které tvořily hlavní úroveň. Pod hlavní úrovní borovice se jasan vyskytoval pouze výjimečně, a to především ve světlinách (Obr. 7). Listnatá dřevina ve skupině s příměsí buku také vytvářela skupiny stromů, ale nezasahující do hlavní úrovně. Buk tvořil převážně podúroveň a světliny po odumřelých stromech borovice nevyplňoval (Obr. 9).



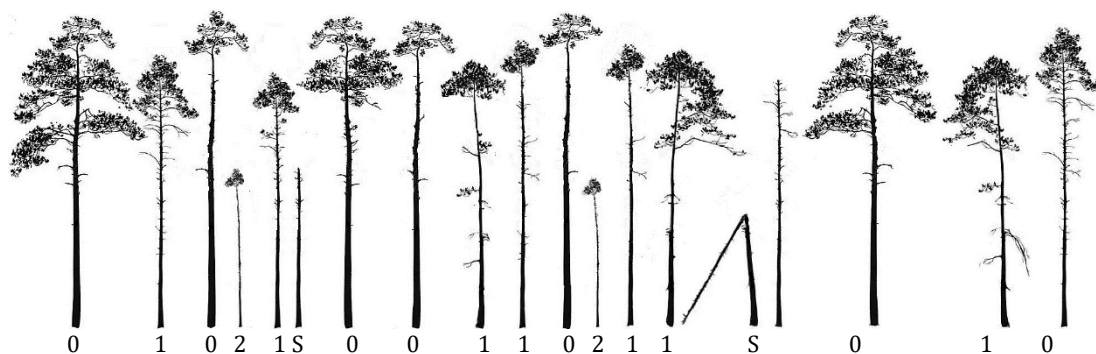
**Obr. 6: Struktura borové porostní skupiny s příměsí lípy (autor)**

Vysvětlivky: hodnoty značí výškovou klasifikaci (viz metodika na straně 29), podtržení přimíšenou dřevinu a S souše



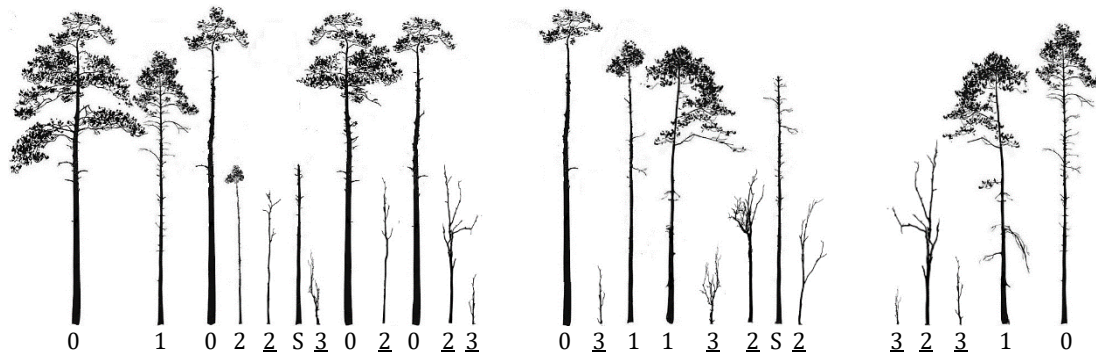
**Obr. 7: Struktura borové porostní skupiny s příměsí jasanu (autor)**

Vysvětlivky: hodnoty značí výškovou klasifikaci (viz metodika na straně 29), podtržení přimíšenou dřevinu a S souše



**Obr. 8: Struktura borové porostní skupiny bez příměsí (autor)**

Vysvětlivky: hodnoty značí výškovou klasifikaci (viz metodika na straně 29) a S souše



**Obr. 9: Struktura borové porostní skupiny s příměsí buku (autor)**

Vysvětlivky: hodnoty značí výškovou klasifikaci (viz metodika na straně 29), podtržení přimíšenou dřevinu a S souše

**Počet stromů** borovice lesní se pohyboval v rozmezí od 39 do 45 ks na zkusné ploše o velikosti dva ary, což odpovídá 1 950 až 2150 stromům na hektar (Tab. 6). Na zkusných plochách s příměsí listnaté dřeviny se počet jedinců borovice pohyboval v rozmezí 20 až 35 ks, které byly doplněny především podúrovň listnaté dřeviny od 5 do 29 stromů, což odpovídá celkově 1 700 až 2200 stromům na hektar. Na zkusných plochách se vyskytovalo 28 až 42 úrovnových stromů (výškové klasifikace 0 a 1).

Ve **výškové klasifikaci** se počty borovice v nadúrovňové vrstvě pohybovaly v rozpětí 8 až 20 stromů, v horní vrstvě 8 až 23 stromů, střední vrstvě 0 až 5 stromů a ve spodní vrstvě se nevyskytovala žádná borovice. Ze zkoumaných listnatých dřevin dosáhl jasan u jedné plochy úrovnové vrstvy porostu v počtu 11 stromů. Úrovnové vrstvy též dosáhly 2 lípy. Ve střední vrstvě se z listnatých dřevin na obou zkusných plochách uplatnily jasan s počtem 12 a 1 stromů, buky s počtem 4 a 13 stromů a lípy s 2 až 4 stromy. Ve spodní vrstvě se dokázala s 20 až 27 podúrovňovými stromy uplatnit nejvíce lípa (Tab. 6).

Celková průměrná hodnota **indexu hustoty porostu** (SDI) byly pro borovici bez listnaté příměsí 948, pro borovici s příměsí lípy 951, s příměsí jasanu 880 a s příměsí buku 764. Příměs tvoří z celkového indexu hustoty 1 až 28 procent. Podrobnější informace jsou uvedeny v tabulce č. 6.

**Tab. 6: Porostní charakteristiky jednotlivých zkusných ploch**

Zkusná plocha	Vlhkostní podmínky mikoreliéfu	Počet stromů	Zastoupení (%)	SDI celkový SDI dřevin	Index diversity	Počty stromů dle výškové klasifikace
BO 1 (LP)	vlhké	29 (27) 1450 (1350)	52 (48)	885 839 (46)	0,50 (0,05)	0-12; 1-14; 2-3; 3-0 (27)
BO 2 (LP)	suché	35 (29) 1750 (1450)	55 (45)	922 844 (78)	0,50 (0,10)	0-14; 1-16; 2-5 (2); 3-0 (27)
BO 3 (LP)	vlhké	32 (26) 1600 (1300)	55 (45)	1047 1000 (47)	0,49 (0,09)	0-18; 1-14 (2); 2-1 (4); 3-0 (20)
BO 4 (JS)	vlhké	20 (29) 1000 (1450)	41 (59)	956 693 (263)	0,48 (0,12)	0-12; 1-8 (11); 2-0 (12); 3-0 (6)
BO 5 (JS)	vlhké	29 (5) 1450 (250)	85 (15)	804 798(6)	0,25 (0,02)	0-18; 1-14 (0); 2-1 (1); 3-0 (3)
BO 6 (bez)	vlhké	39 1950	100 (0)	1003 1003 (0)	0 (0)	0-20; 1-16; 2-3; 3-0
BO 7 (bez)	suché	45 2150	100 (0)	893 893 (0)	0 (0)	0-19; 1-23; 2-3; 3-0
BO 8 (BK)	suché	33 (11) 1650 (550)	75 (25)	737 696 (42)	0,38 (0,08)	0-13; 1-19; 2-1 (4); 3-0 (7)
BO 9 (BK)	vlhké	30 (22) 1500 (1100)	58 (42)	790 725 (65)	0,49 (0,11)	0-8; 1-19; 2-3 (13); 3-0 (9)

Vysvětlivky: hodnoty uvedené v závorkách náleží přimíšené listnaté dřevině dle plochy (LP, JS a BK), výšková klasifikace je uvedena tučně, index diversity dle Subburayalu a Sydnor (2012)



### 5.3 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA VYBRANÉ POROSTNÍ VELIČINY BOROVÝCH POROSTŮ

Základní veličiny porostních skupin ukazují na rozdílný růst v jednotlivých lokalitách a směsích (Tab. 7). Nejvyšší průměrnou **střední výšku** hlavní dřeviny měla porostní skupina s příměsí lípy (22,1 m) a nejnižší skupina s příměsí buku (16,8 m). Přimíšená listnatá dřevina dosahovala výrazně nižších středních výšek, lípa dosahovala průměrně 4,3 m, jasan 8,3 m a buk 7,4 m. Největší průměrnou **střední tloušťku** hlavní dřeviny měla porostní skupina s příměsí lípy (17,7 cm) a nejnižší skupina s příměsí buku (14,6 cm). Z listnaté dřeviny nejvyšší střední tloušťky dosahoval jasan s tloušťkou 10,8 cm, dále buk s 4,7 cm a lípa s 3,6 cm. Největší celkovou průměrnou **kruhovou základnu** měla porostní skupina s příměsí lípy s 40 m<sup>2</sup>/ha (BO 38 m<sup>2</sup>/ha; LP 1,9 m<sup>2</sup>/ha), o více než půl metru nižší byla skupina bez příměsi (BO 39,4 m<sup>2</sup>/ha), a nejmenší kruhovou základnu 30,2 m<sup>2</sup>/ha měla skupina s příměsí buku (BO 28,7 m<sup>2</sup>/ha; BK 1,6 m<sup>2</sup>/ha). Skupina s příměsí jasanu s celkovou kruhovou základnou 35,7 m<sup>2</sup>/ha měla největší podíl listnaté dřeviny na kruhové základně (BO 32,5 m<sup>2</sup>/ha; JS 3,2 m<sup>2</sup>/ha). Celková **zásoba** porostních skupin činila v průměru 353 m<sup>3</sup>/ha pro skupinu s lípou, 336 m<sup>3</sup>/ha pro skupinu bez příměsi, 313 m<sup>3</sup>/ha pro skupinu s jasanem a 224 m<sup>3</sup>/ha pro skupinu s bukem, z čehož listnatá dřevina se podílela průměrnou zásobou 4 m<sup>3</sup>/ha lípy a 3 m<sup>3</sup>/ha buku, což je v průměru jedno procento ze zásoby zkusné plochy. Nejvyšší **bonity** dosahovala borovice ve směsi s lípou (AVB 32) a nejnižší ve směsi s bukem (AVB 26). Zjištěný souhrnný přehled veličin na jednotlivých plochách je uveden v tabulce 7.

**Tab. 7: Charakteristika produkčních veličin jednotlivých zkusných ploch**

Zkusná plocha	Střední výška (m)	Střední tloušťka (cm)	Zásoba (m <sup>3</sup> /ha)	Kruhová základna (m <sup>2</sup> /ha)	AVB (RB)
BO 1 (LP)	22,1 (3,9)	17,7 (3,0)	332,0 (0,0)	36,0 (1,0)	32 (+1)
BO 2 (LP)	20,5 (5,4)	15,9 (4,0)	316,5 (3,5)	34,6 (1,9)	30 (1)
BO 3 (LP)	21,1 (7,2)	18,7 (5,3)	399,5 (8,5)	43,7 (2,9)	32 (+1)
BO 4 (JS)	20,6 (14,7)	19,9 (8,6)	283,5 (33,0)	31,1 (5,9)	30 (1)
BO 5 (JS)	20,8 (1,9)	17,2 (2,2)	309,5 (0,0)	33,8 (0,4)	30 (1)
BO 6 (bez)	20,8 (0)	16,5 (0)	377,5	41,8 (0)	30 (1)
BO 7 (bez)	18,4 (0)	14,5 (0)	294,0	36,9 (0)	28 (2)
BO 8 (BK)	16,8 (8,2)	14,6 (5,4)	205,5 (3,0)	27,6 (1,2)	26 (3)
BO 9 (BK)	17,2 (8,0)	15,9 (4,7)	236,0 (3,0)	29,7 (1,9)	26 (3)

Vysvětlivky: hodnoty uvedené v závorkách náleží přimíšené listnaté dřevině dle plochy (LP, JS a BK)), mimo poslední sloupec, kde je v závorce relativní bonita (RB)

#### 5.4 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA VYBRANÉ STROMOVÉ VELIČINY BOROVÝCH POROSTŮ

Vyhodnocení hlavních růstových veličin stromů prokázalo rozdíly v růstu borovice mezi smíšenými a nesmíšenými plochami, a také mezi různými vlhkostními podmínkami mikroreliefu zkusných ploch (Tab. 8). Do výpočtu nevstupovaly plochy s příměsí jasanu, které nesplňují podmínku výskytu v obou variantách vlhkostních podmínek mikroreliefu. Celkový růst se nejvíce lišil mezi borovicí s příměsí buku a s příměsí lípy.

**Tab. 8: Vícefaktorová analýza rozptylu vybraných stromových veličin borovice lesní**

Příměs zkusné plochy	Vlhkostní podmínky mikroreliefu	Počet stromů	Výška (m)	Výčetní tloušťka (cm)	Objem (m <sup>3</sup> )	Štíhlostní koeficient
s příměsí lípy	vlhké	58	21,44 ± 0,27 a	17,99 ± 4,60 a	0,25 ± 0,020 a	1,25 ± 0,04 ab
	suché	30	20,61 ± 0,42 a	16,34 ± 4,04 ab	0,20 ± 0,022 ab	1,32 ± 0,05 ab
	průměr ± SD	88	21,16 ± 0,23	17,43 ± 4,76	0,23 ± 0,015	1,28 ± 0,03
bez příměsí	vlhké	36	20,85 ± 0,28 a	16,58 ± 3,92 ab	0,21 ± 0,020 ab	1,32 ± 0,05 ab
	suché	42	18,28 ± 0,28 b	14,03 ± 4,41 b	0,14 ± 0,016 b	1,4 ± 0,05 b
	průměr ± SD	78	19,47 ± 0,24	15,21 ± 4,93	0,17 ± 0,013	1,36 ± 0,04
s příměsí buku	vlhké	27	17,26 ± 0,35 bc	15,91 ± 4,62 ab	0,17 ± 0,021 ab	1,17 ± 0,06 a
	suché	32	16,60 ± 0,27 c	14,17 ± 4,19 b	0,13 ± 0,016 b	1,24 ± 0,05 ab
	průměr ± SD	59	16,9 ± 0,22	14,96 ± 5,78	0,15 ± 0,013	1,21 ± 0,04
<b>Signifikance (P-hodnota)</b>						
Příměs zkusné plochy (DF=1)			<b>0,001</b>	<b>0,006</b>	<b>0,001</b>	<b>0,009</b>
Vlhkostní podmínky mikroreliefu (DF=2)			<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	0,067
Příměs zkusné plochy * Vlhkostní podmínky mikroreliefu (DF=1)			<b>0,004</b>	0,781	0,747	0,977

Vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka, DF - stupně volnosti

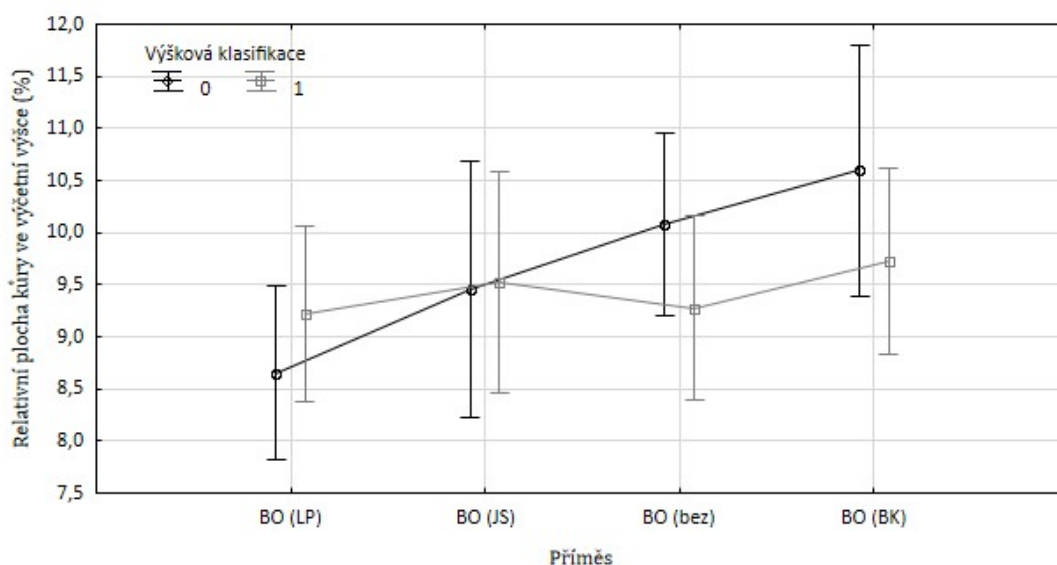
Hlavní dřevina s příměsí lípy byla v průměru o 4 m vyšší, výčetní tloušťka byla průměrně o 2,5 cm větší a kmeny dosahovaly většího průměrného objemu téměř o 0,13 m<sup>3</sup> než v příměsí s bukem. Byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi směsmi porostních skupin pro výčetní tloušťku, výšku, objem kmene a štíhlostní koeficient na hladině významnosti  $p < 0,01$ . Efekt vlhkostních podmínek stanoviště byl statisticky prokázán u rozdílu mezi výčetní tloušťkou, výškou a objemem kmene na hladině významnosti  $p < 0,01$ . U zbylých hodnocených položek nebyl prokázán statisticky významný rozdíl na stanovené hodnotě významnosti, nicméně u štíhlostního koeficientu ( $p=0,07$ ) se výsledek pohyboval blízko hodnotě testovacího kritéria. Celkově jsou stromy na vlhkých stanovištích v průměru o 2 m vyšší, o 2,2 cm silnější a kmeny objemnější o 0,06

m<sup>3</sup> v porovnání se suchými stanovišti. Interakce mezi příměsí a vlhkostními podmínkami mikroreliefu u žádné položky nebyla prokázána. Pouze u výšky ( $p < 0,01$ ) byla zaznamenána ordinální interakce.

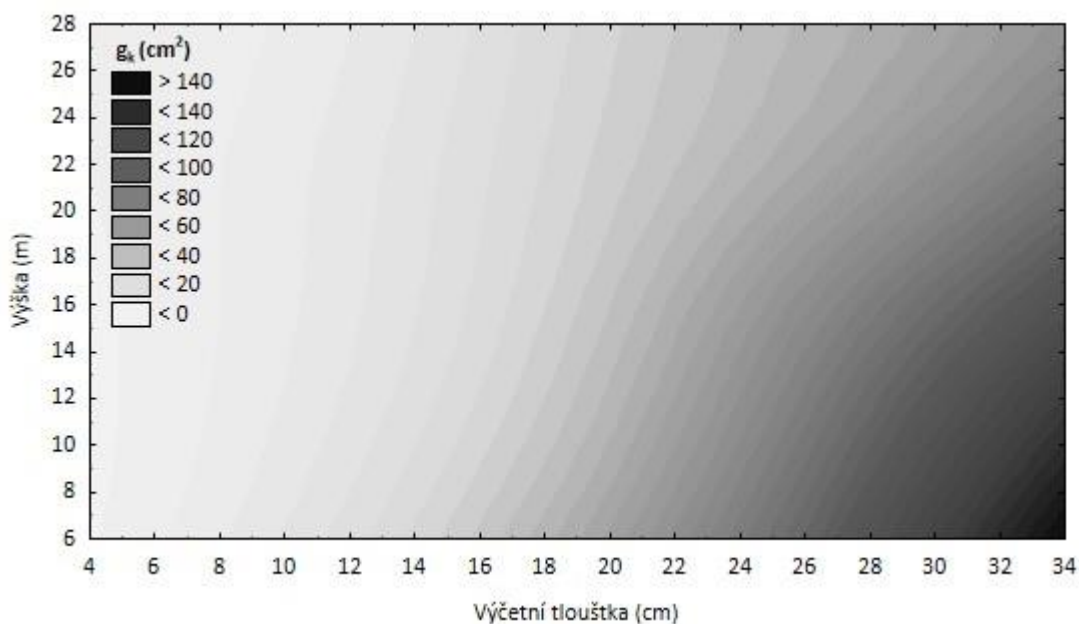
Rozdíly mezi průměrnými hodnotami veličin borovice v jednotlivých příměsích a podmínkách mikroreliefu byly nejvýznamnější u výšky a výčetní tloušťky (Tab. 8). Prokazatelně nejvyšší výšky dosáhla borovice v příměsí s lípou na obou typech vlhkosti mikroreliefu, podobně jako na nesmíšených borových vlhkých zkušných plochách, kdy ve všech těchto případech hlavní dřevina přesáhla průměrnou výšku 20 metrů. Nejnižší výšky dosáhla borovice s příměsí buku, a to především na suchém stanovišti. Výčetní tloušťka byla největší u borovice s příměsí lípy na vlhčích stanovištích (průměrná výčetní tloušťka 18,0 cm), naopak nejmenší tloušťky dosáhla nesmíšená borovice (14,0 cm) a borovice v příměsí s bukem (14,2 cm) na suchých stanovištích.

### 5.5 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA TLOUŠŤKU KŮRY BOROVÝCH POROSTŮ

Dále byl pomocí vícefaktorové analýzy rozptylu porovnán vliv příměsi dřevin a výškové klasifikace na relativní podíl plochy kůry hlavní dřeviny. Analýza nepotvrdila žádný signifikantní rozdíl (výšková klasifikace  $p=0,47$ ; příměsí  $p=0,08$ ; výšková klasifikace x příměsí  $p=0,34$ ). Rozdíl v příměsí nebyl prokázán jen o nepatrnou hodnotu, a tudíž na hladině spolehlivosti 90 % by byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi borovicí s příměsí buku, kde kůra dosahovala 10,1 % (2,87 SD) z povrchu průřezu borovice ve výčetní výšce, a borovicí s příměsí lípy s 9 % (2,52 SD). Z grafu č. 10 je patrné, že rozdíly plochy kůry borovice mohou být nepřímo závislé i na příměsí, a tedy související se strukturou porostních skupin, kterou příměs tvoří.



Obr. 10: Relativní plocha kůry borovice ve výčetní tloušťce v různých příměsích

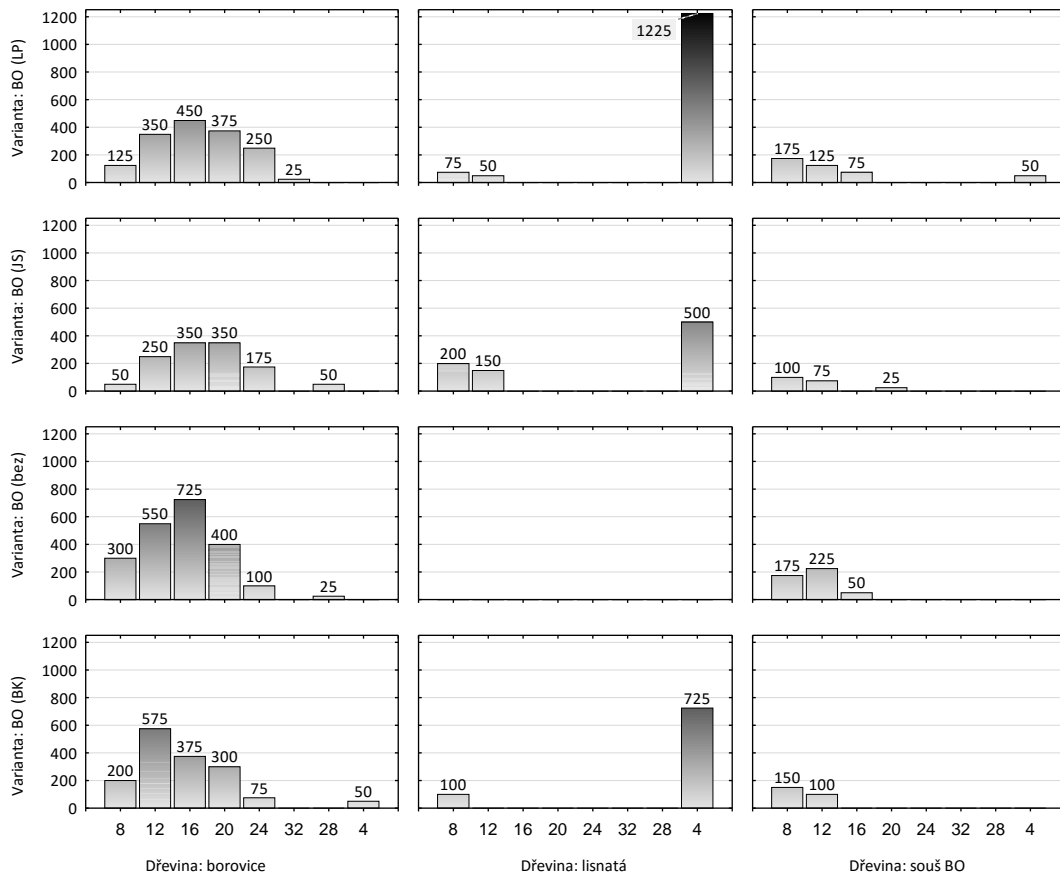


**Obr. 11: Plocha kůry ( $g_k$ ) na základě výšky a výčetní tloušťky stromu (spline funkce)**

Korelační analýza (viz Pearsonův korelační koeficient na straně 32) prokázala závislost mezi plochou kůry a kruhovou základnou a výškou stromu, tedy na hladině spolehlivosti 95 % je závislost signifikantní (plocha kůry x kruhová základna  $r=0,87$ ,  $p<0,01$ ,  $r^2=0,75$ ; plocha kůry x výška stromu  $r=0,56$ ,  $p<0,01$ ,  $r^2=0,31$ ). Je však nutné brát na zřetel, že kruhová základna je závislá na výšce stromu, velikosti koruny, a tedy postavení stromu v porostu, což naznačuje nižší koeficient determinace ( $r^2$ ). Vztah výčetní tloušťky, výšky stromu a plochy kůry znázorňuje graf č. 11.

## 5.6 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA TLOUŠŤKOVOU STRUKTURU BOROVÝCH POROSTŮ

Tloušťková struktura porostních skupin byla hodnocena na základě počtů stromů v tloušťkových stupních zobrazených v histogramech (Obr. 12). Tvar rozdělení tlouštěk u skupin s příměsí lípy a jasanu je symetrický, u skupin bez příměsí a s příměsí buku levostranný. Skupiny se liší především v množství přimíšené listnaté dřeviny. Nejvyšší počet stromů listnaté dřeviny má skupina s příměsí lípy s 1350 stromy na hektar, a to především v nejnižším tloušťkovém stupni, který tvoří stromy pod 7 cm tloušťky (1225 ks/ha). Skupina s příměsí jasanu má nejvyšší podíl listnaté dřeviny ve větších tloušťkových stupních (12 - 150 ks/ha; 8 - 200 ks/ha). Počet a rozložení tlouštěk souší je u všech skupin podobný. Počet souší se pohyboval v rozmezí 450 až 200 stromů na hektar.

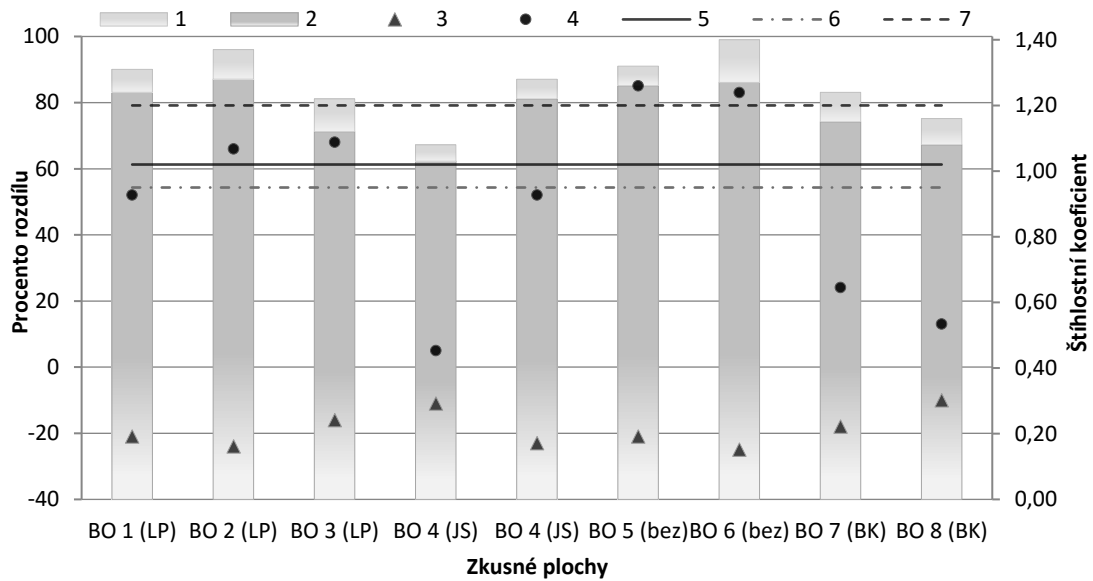


**Obr. 12: Graf četností tloušťkových stupňů na hektar v různých variantách smíšení**

Vysvětlivky: Varianty smíšení viz metodika na straně 25; přidaný tloušťkový stupeň 4 je od 7 do 0 cm, tedy nehroubí

## 5.7 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA STABILITU BOROVÝCH POROSTŮ

Stabilita porostních skupin byla hodnocena pomocí štíhlostního koeficientu a porovnáním skutečných hodnot počtu stromů a střední tloušťky s modelovými hodnotami růstových tabulek (Černý et al. 1996; Obr. 13). Průměrný štíhlostní koeficient byl nejvyšší pro borové zkušné plochy bez příměsi o hodnotě 1,4, a nejnižší pro borovici s příměsí buku o hodnotě 1,2. Při statistickém porovnání štíhlostních koeficientů prokázal test rozdíly mezi směsmi dřevin ( $p = 0,001$ ). Vlhkostní podmínky dle testu nemají na stanovené hladině významnosti vliv ( $p = 0,067$ ), hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. Tab. 8 na straně 42. Skutečná střední tloušťka stromů byla oproti modelu růstových tabulek nižší u nesmíšené porostní skupiny borovice v průměru o 23 %, u příměsi s lípou o 20 %, s jasanem o 17 % a u příměsi s bukem o 14 %. Počet stromů byl oproti modelu vyšší u nesmíšené porostní skupiny borovice v průměru o 84 %, u příměsi lípy o 58 %, u buku o 19 %. Počet stromů u jasanu byl oproti modelu vyšší o 29 %, kde však do úrovně zasahovala ve větší míře listnatá dřevina, která hodnotu u plochy BO 4 (JS) snížila. Plochy s příměsí jasanu se celkově od sebe výrazně lišily, v případě vyššího podílu listnaté dřeviny vykazovaly vyšší stabilitu (Obr. 13).

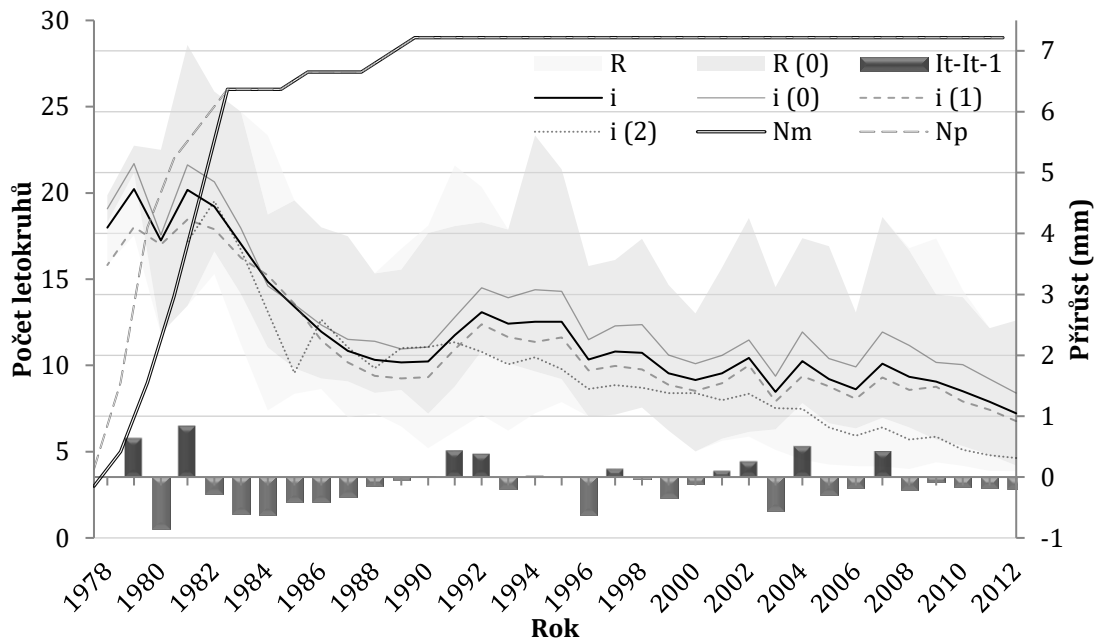


**Obr. 13: Porovnání vybraných veličin borovice s modely**

Vysvětlivky: 1) štíhlostní koeficient průměrný, 2) štíhlostní koeficient středního kmene, 3) procento rozdílu střední tloušťky oproti modelu (Černý et al. 1996), 4) procento rozdílu počtu stromů oproti modelu (Černý et al. 1996), 5) kritická hladina štíhlostního koeficientu (ŠK) dle ÚHÚL (1976), 6) hladina ŠK pro nestabilní kmeny (Slodičák et al 2013 a další), 7) hladina ŠK pro velmi nestabilní kmeny (Slodičák et al. 2013 a další)

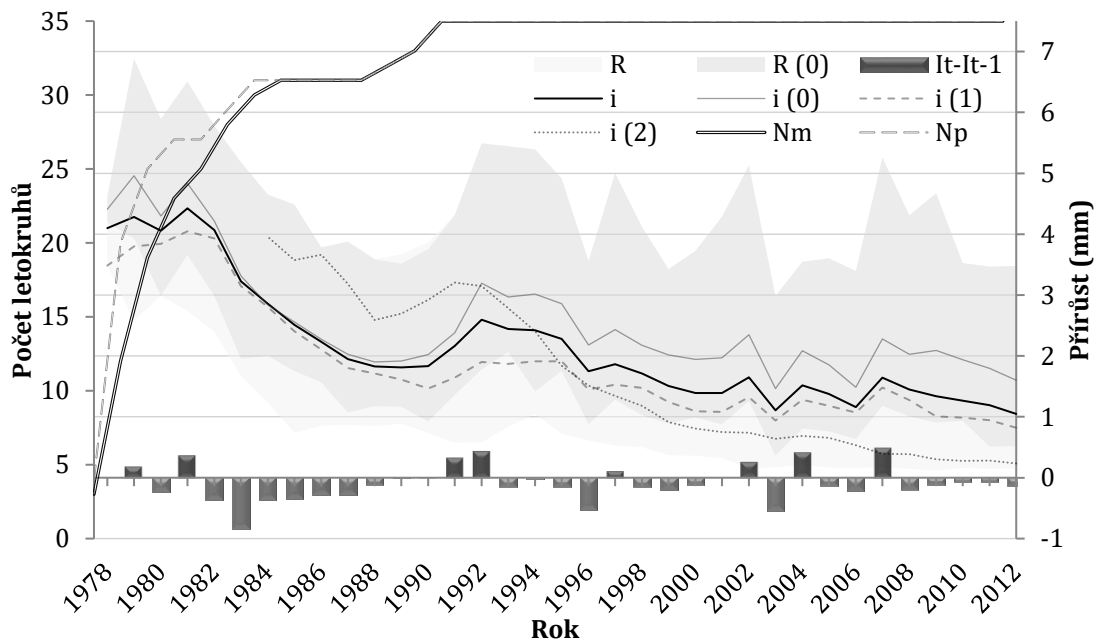
## 5.8 DENDROCHRONOLOGICKÉ ANALÝZY

Grafické znázornění dendrochronologických dat v následujících grafech (Obr. 14 až 25) je jedním z jejich základních vyhodnocení (Cook a Kairiukstis, 1990; Drápela a Zach, 1995) ukazujícím na variabilitu a chování dat. Jsou zde znázorněny chronologie jednotlivých zkusných ploch, a to průměrných celkových dat (černě) a jednotlivých výškových kategorií 0-2 (šedě; popsání výškových kategorií viz metodika strana 29). Jednotlivé křivky výškových kategorií ukazují rozdílnost tloušťkového přírůstu na základě výškového postavení stromu v porostu. Grafy znázorňují maxima a minima velikosti letokruhů, a to všech dat (světle šedá) a nejvyšší výškové kategorie (tmavě šedá). Počty měřených a předpokládaných počtů letokruhů jsou důležitým ukazatelem pro vyhodnocení věku dosažení výčetní výšky a transformace letokruhových řad. Ve spodní části grafů jsou znázorněny průměrné rozdíly v přírůstu - kladný přírůst mezi obdobími (tmavě šedá) a záporný přírůst (světle šedá).



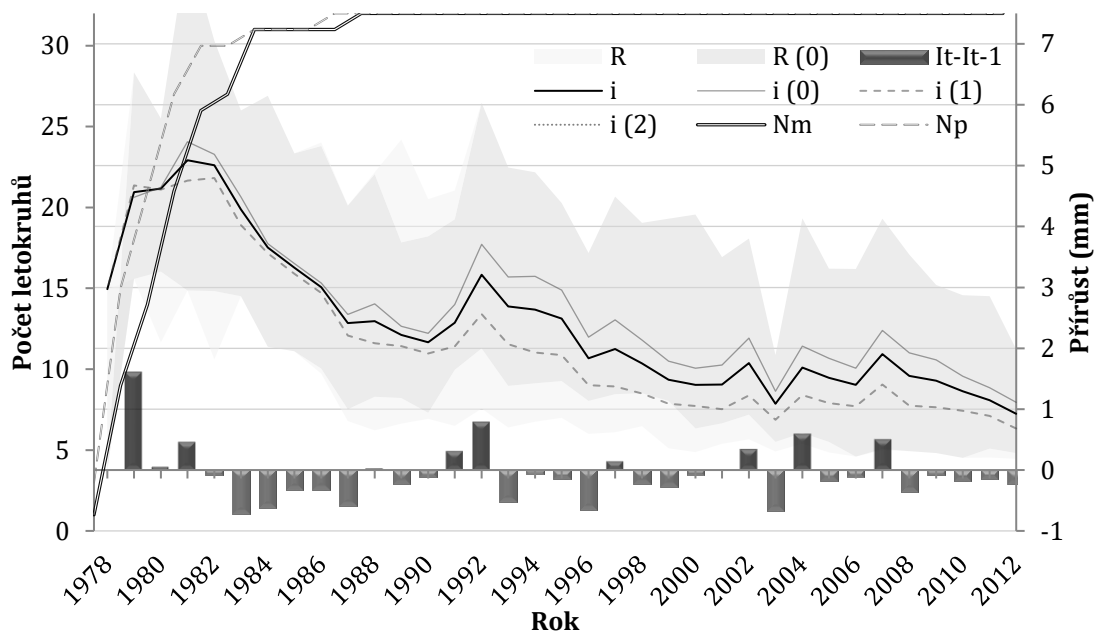
**Obr. 14 Letokruhová chronologie BO 1 (LP)**

Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )



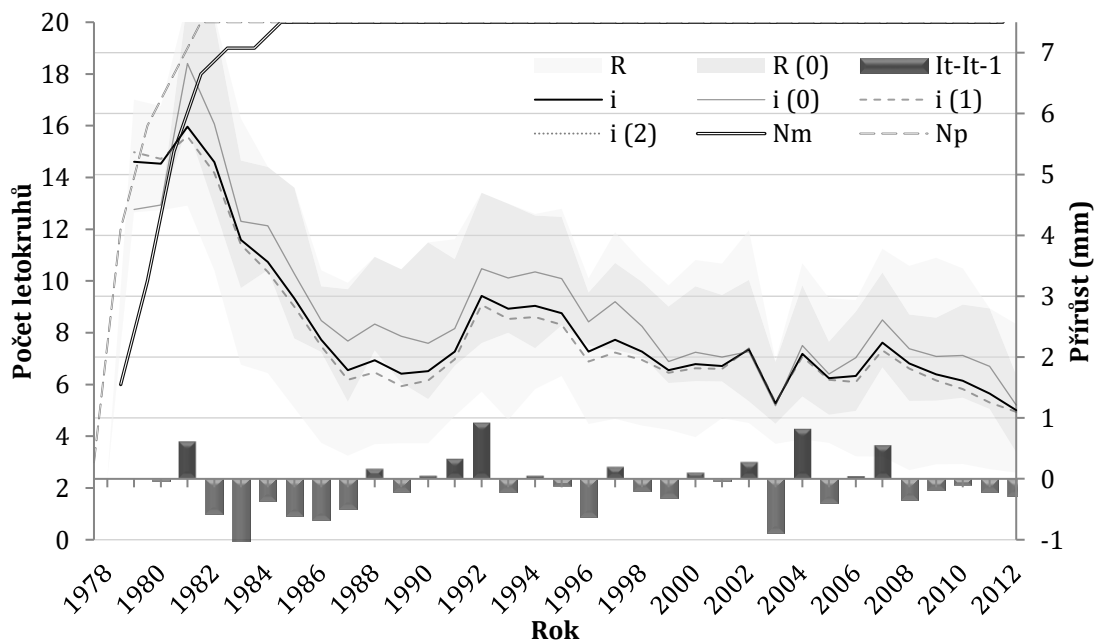
**Obr. 15 Letokruhová chronologie BO 2 (LP)**

Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )



**Obr. 16 Letokruhová chronologie BO 3 (LP)**

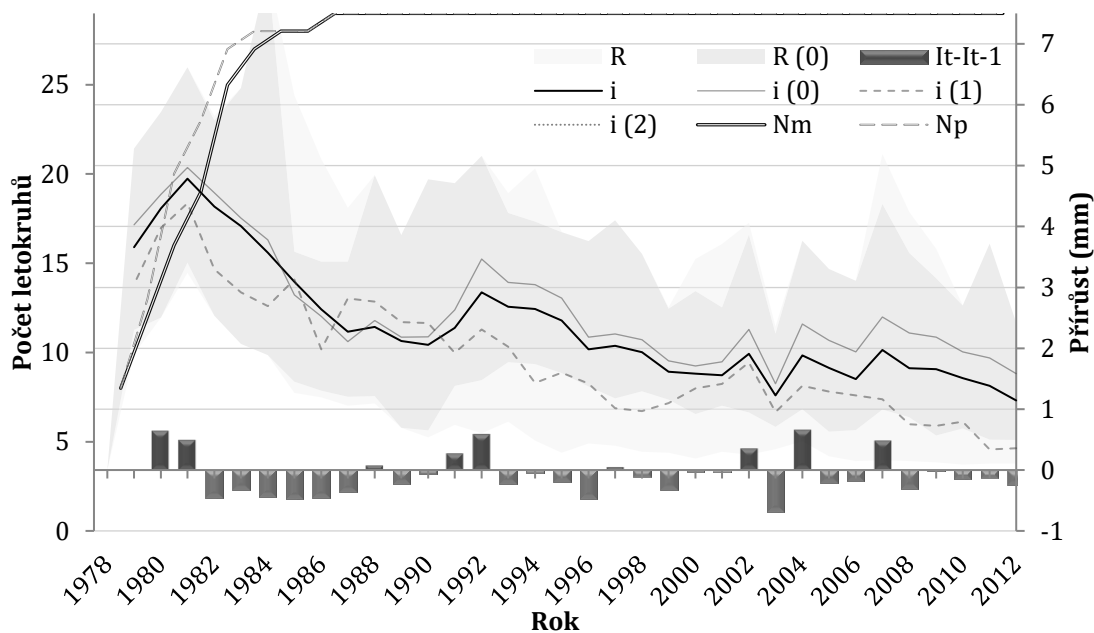
Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )



**Obr. 17 Letokruhová chronologie BO 4 (JS)**

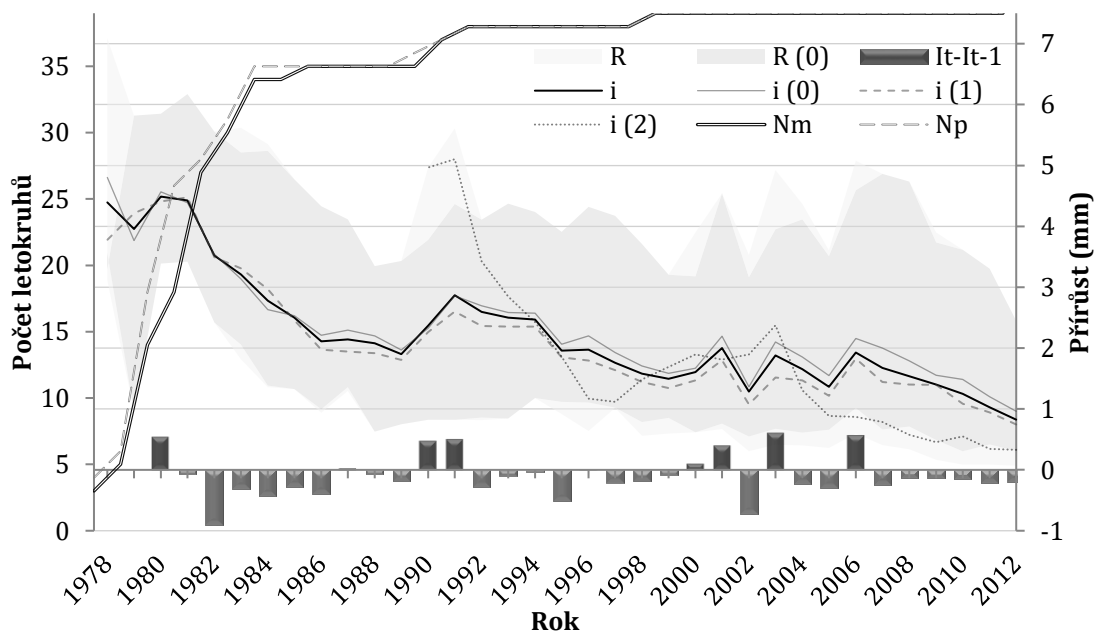
Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )





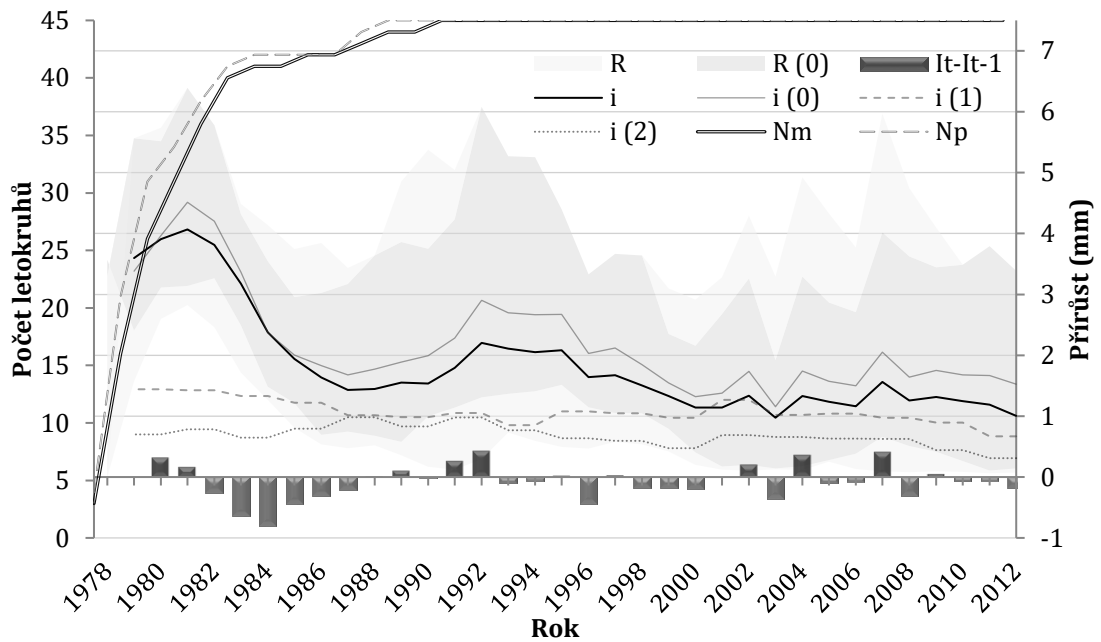
**Obr. 18 Letokruhová chronologie BO 5 (JS)**

Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )



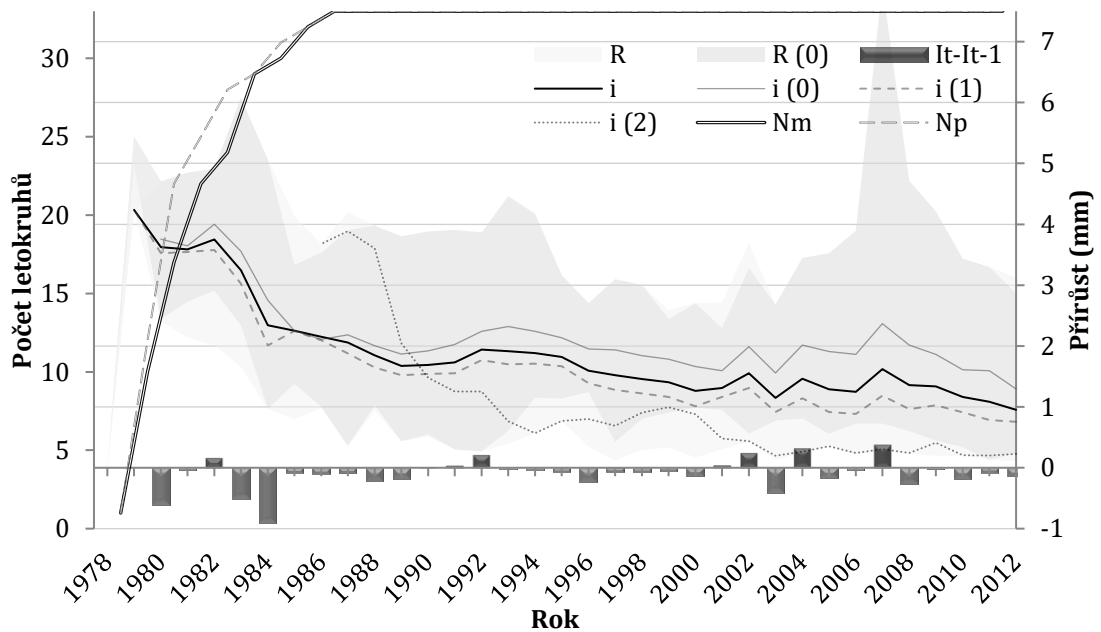
**Obr. 19 Letokruhová chronologie BO 6 (bez)**

Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )



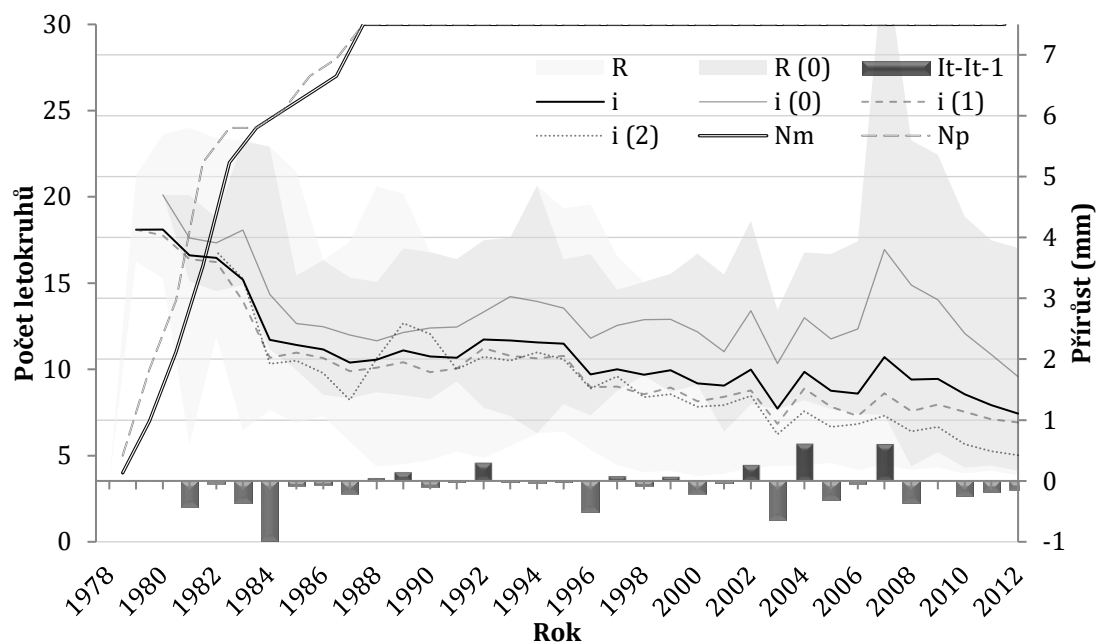
**Obr. 20 Letokruhová chronologie BO 7 (bez)**

Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )



**Obr. 21 Letokruhová chronologie BO 8 (BK)**

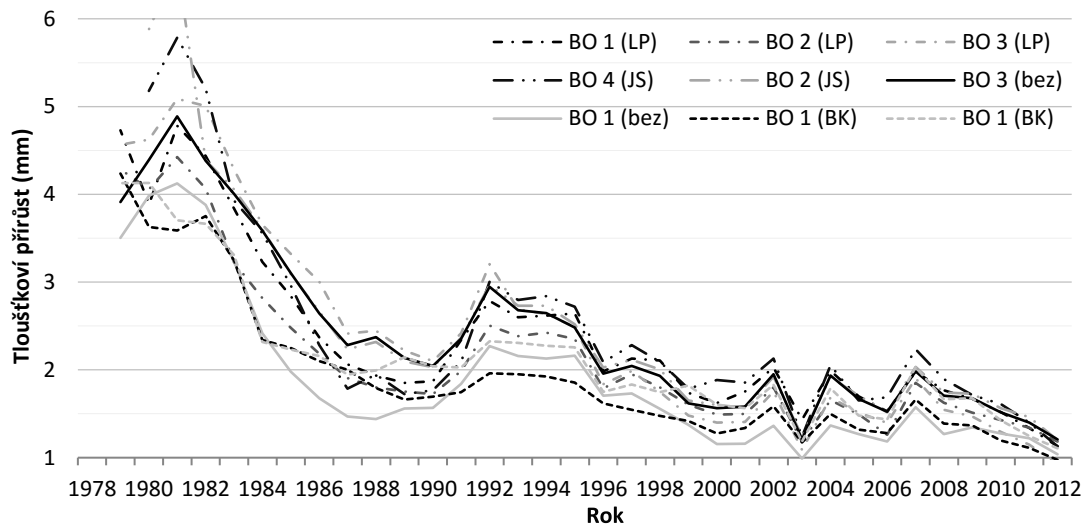
Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )



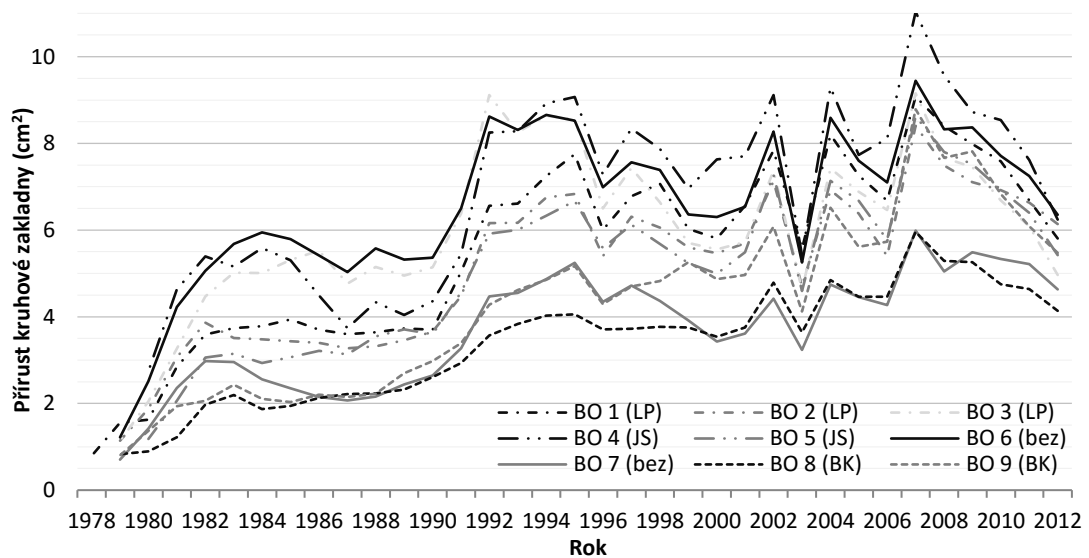
**Obr. 22 Letokruhová chronologie BO 9 (BK)**

Vysvětlivky: **(R)** rozpětí minimální a maximální velikosti letokruhu, **(i)** průměrný přírůst šířky letokruhu, **(Nm)** počet letokruhů měřených a předpokládaný **(Np)**; hodnoty uvedené v závorkách zohledňují stupeň výškové klasifikace dle metodiky na straně 29; **(I)** sloupcový graf znázorňuje absolutní rozdíly průměrné šířky letokruhů v jednotlivých letech ( $I_t - I_{t-1}$ ;  $t = \text{rok}$ )

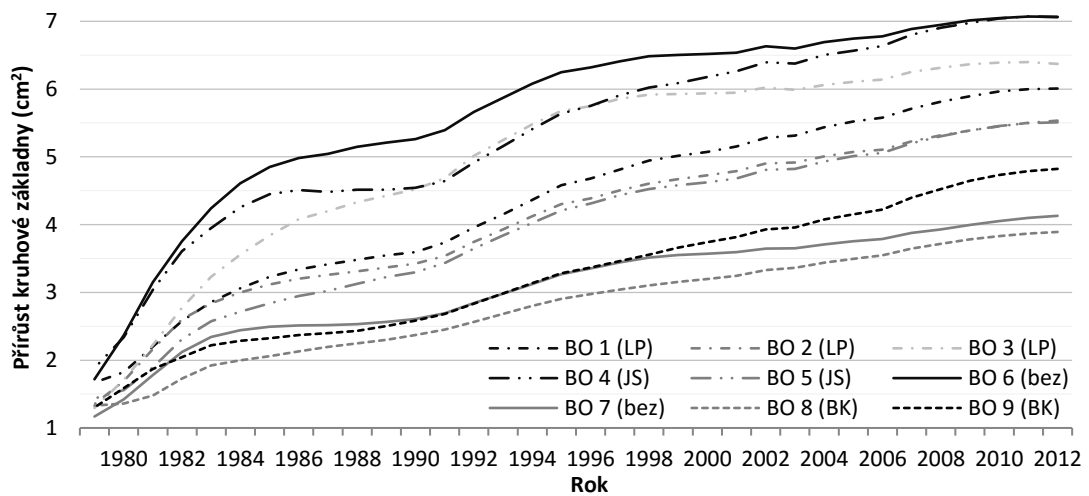
Grafické znázornění a porovnání průměrných chronologií tloušťkového přírůstu (Obr. 23) a chronologií přírůstu kruhové základny (Obr. 24) zachycuje vývoj porostních skupin v čase. Jeden z významných kardinálních bodů, kdy došlo k výrazné změně křivky, tedy k výraznému poklesu přírůstu u všech skupin, se nachází v roce 2003. Tento jev není ojedinělý, za období růstu se několikrát opakoval, ale méně výrazně, v období 1989-1991, v roce 1996 a 2006. Významný nárůst je naopak patrný v období 1992 až 1995 a v letech 2002, 2004 a 2007. Dále je patrný pokles přírůstu (alespoň 4 let po sobě jdoucích) v období 2008 až 2012, méně výrazný pak v období 1984 až 1991 (Obr. 26). Celkový průměrný přírůst kruhové základny je znázorněn na obrázku č. 25, kde je patrný rozdíl mezi přírůstem u jednotlivých smíšeních. Nejnižší je například u obou zkusných ploch s příměsí buku. Dále je patrný rozdíl mezi zkusnými plochami borovice bez příměsí, kde vlhčí varianta stanoviště (BO 6 (bez)) dosahuje vyššího přírůstu oproti suššímu stanovišti (BO 7 (bez)), které právě vykazuje přírůst podobný borovici s příměsí buku.



Obr. 23: Porovnání chronologií borovice (výškové klasifikace 0 a 1)



Obr. 24: Přírůst kruhové základny (výškové klasifikace 0 a 1)

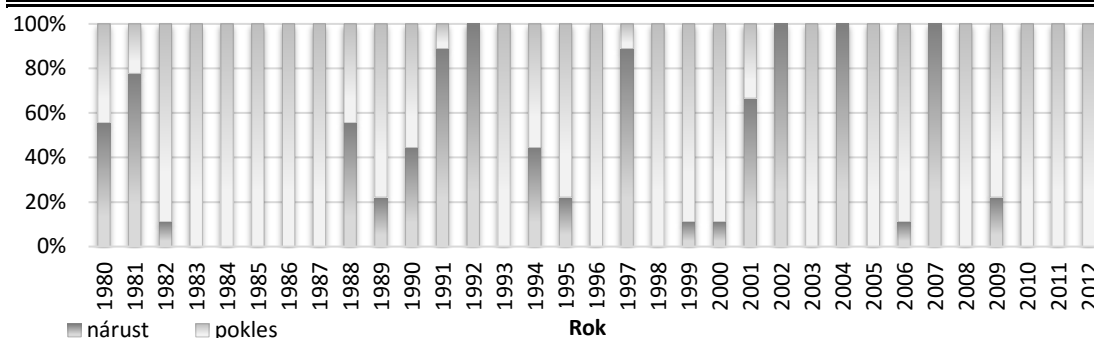


Obr. 25: Celkový průměrný přírůst kruhové základny (výškové klasifikace 0 a 1)

Popis chování trendu přírůstu popisují grafy jednotlivých zkusných ploch (Obr. 14 až 220obr. 22 na straně 47). Rozdílnost v trendech byla popsána podílem počtu rozdílného chování přírůstu v letech. Většina let (55 %) měla shodný trend (Tab. 9). U žádné plochy nebyl zaznamenán opakující se rozdílný trend dvou let po sobě jdoucích lišící se od většiny ploch. Rozdíly trendů jsou znázorněny na obrázku č. 26.

**Tab. 9: Rozdíly trendu přírůstu v období 1980 až 2003**

Rozdílnost trendu	žádná	slabá	střední	silná	velmi silná
Počet ploch s rozdílným trendem	0	1	2	3	4
Četnost rozdílných trendů	18	6	4	1	4
Relativní četnost rozdílných trendů	55 %	18 %	12 %	3 %	12 %



**Obr. 26: Procento rozdílu trendu průměrného přírůstu kruhové základny**

### 5.8.1 VĚK DOSAŽENÍ VÝČETNÍ VÝŠKY JAKO PARAMETR POČÁTEČNÍHO RŮSTU

Věk dosažení výčetní výšky (od vysazení sazenic) byl zjišťován pro různou výškovou klasifikaci a příměs dřevin. Při porovnání byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi všemi výškovými stupni. Nejrychleji dosáhly výčetní výšky dle předpokladu výškové stupně 0 v průměrně šesti letech. Stupeň 1 dosáhl výčetní výšky v sedmi letech a stupeň 2 ve dvanácti letech (Tab. 10). Byl prokázán rozdíl pro výškové třídy 0 a 1 mezi borovými plochami s různou příměsí uvedený v tabulce. Významně se lišily borové plochy s příměsí lípy BO (LP) a jasanu BO (JS) od borové plochy s příměsí buku BO (BK), kdy borovice na ploše BO (BK) dosáhly výšky 1,3 m až ve starším věku.

**Tab. 10: Porovnání věku dosažení výčetní výšky (ANOVA)**

Výškový stupeň	Počet stromů	Průměrný věk (rok)	Skupiny stejného věku
0	124	6,2 ± 1,53	a
1	148	6,9 ± 2,46	b
2	20	12,7 ± 5,15	c
<b>Příměs (výškové stupně 0-1)</b>		<b>P-hodnota &lt;0,01</b>	Stupeň volnosti 2
BO (LP)	88	6,0 ± 1,95	a
BO (JS)	47	6,2 ± 1,52	a
BO (bez)	78	6,8 ± 2,27	a b
BO (BK)	59	7,6 ± 2,23	b
		<b>P-hodnota &lt;0,01</b>	Stupeň volnosti 3

## 5.8.2 ZÁVISLOST ZMĚN VELIKOSTI TLOUŠŤKOVÉHO PŘÍRŮSTU NA SRÁŽKÁCH A TEPLOTĚ

Hlavní faktorem ovlivňujícím roční tloušťkový přírůst, potažmo přírůst na kruhové základně (dále jen přírůst), stromů v porostech je světlo. Mezi další důležité faktory patří úhrnné roční srážky (dále jen srážky) a teplota. Závislost přírůstu a srážek, popřípadě teploty, je prokázána pomocí korelačního koeficientu a objasněna koeficientem determinace (viz metodika strana 32). Z výsledných dat v tabulce č. 11 lze usuzovat, že závislost je u obou proměnných významná a srážky a teplota v průběhu růstu tloušťku ovlivňovaly. Podle výsledků měly srážky ve vegetačním období významný vliv především v průběhu let 2003 až 2012. V předchozích obdobích měly menší až žádný vliv. U teploty v období 2003 až 2012 korelační koeficient nabýval významných záporných hodnot, tedy zvýšení teplot vykazovalo negativní vliv na přírůst. Tyto výsledky je však nutné brát s určitou rezervou, poněvadž stále velká část vlivů nebyla vysvětlena. Podíl relativních změn vlivu srážek a teplot na celkové variabilitě vysvětluje koeficient determinace uvedený v tabulce č. 11.

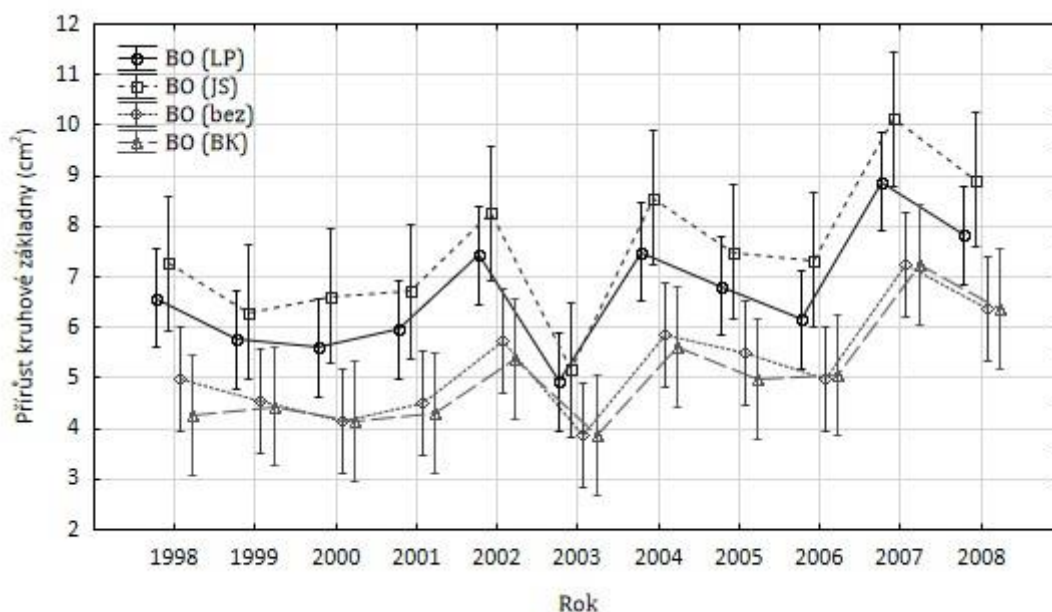
**Tab. 11: Korelační koeficienty tloušťkového přírůstu se srážkami a teplotou**

Porovnávané období	Výšková klasifikace	Roční srážky			Srážky ve vegetačním období		
		r	p-hodnota	r <sup>2</sup>	r	p-hodnota	r <sup>2</sup>
1983-2012	0, 1, 2	<b>0,58</b>	<b>0,01</b>	<b>0,34</b>	<b>0,55</b>	<b>0,01</b>	<b>0,31</b>
1983-2012	0	<b>0,34</b>	<b>0,01</b>	<b>0,11</b>	0,28	<b>0,01</b>	0,08
1983-2012	1	0,23	<b>0,01</b>	0,05	0,21	<b>0,01</b>	0,04
1983-2012	2	0,16	<b>0,01</b>	0,02	0,11	0,02	0,01
1983-1992	0, 1	0,02	0,23	0,05	0,03	0,09	0,01
1993-2002	0, 1	0,22	<b>0,01</b>	0,05	0,06	<b>0,01</b>	0,01
2003-2012	0, 1	<b>0,51</b>	<b>0,01</b>	<b>0,26</b>	<b>0,49</b>	<b>0,01</b>	<b>0,24</b>
2003-2012	0	<b>0,58</b>	<b>0,01</b>	<b>0,34</b>	<b>0,55</b>	<b>0,01</b>	<b>0,31</b>
2003-2012	1	<b>0,45</b>	<b>0,01</b>	<b>0,20</b>	<b>0,44</b>	<b>0,01</b>	<b>0,19</b>
Porovnávané období	Výšková klasifikace	Roční teplota			Teplota ve vegetačním období		
		r	p-hodnota	r <sup>2</sup>	r	p-hodnota	r <sup>2</sup>
1983-2012	0, 1, 2	0,01	0,74	0,01	<b>-0,54</b>	<b>0,01</b>	<b>0,30</b>
1983-2012	0	0,10	<b>0,01</b>	0,01	-0,10	<b>0,01</b>	0,00
1983-2012	1	0,05	<b>0,01</b>	0,01	-0,06	<b>0,01</b>	0,01
1983-2012	2	0,08	0,09	0,01	0,01	0,87	0,01
1983-1992	0,1	0,05	<b>0,01</b>	0,03	0,11	<b>0,01</b>	0,01
1993-2002	0,1	0,19	<b>0,01</b>	0,03	0,16	<b>0,01</b>	0,02
2003-2012	0, 1	-0,01	0,78	0,01	<b>-0,47</b>	<b>0,01</b>	<b>0,22</b>
2003-2012	0	0,01	0,74	0,01	<b>-0,54</b>	<b>0,01</b>	<b>0,30</b>
2003-2012	1	-0,02	0,52	0,01	<b>-0,41</b>	<b>0,01</b>	<b>0,17</b>

Vysvětlivky: korelační koeficient (r), koeficient determinace (r<sup>2</sup>)

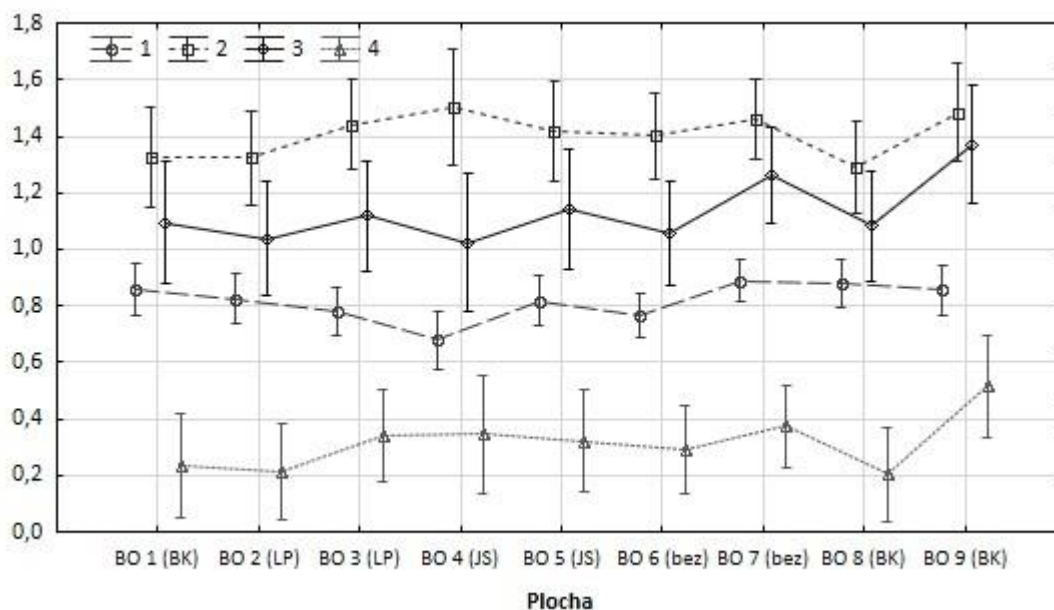
### 5.8.3 VLIV OBDOBÍ SUCHA NA PŘÍRŮST

Přírůst kruhové základny (Obr. 27) reprezentuje vitalitu a schopnosti růstu stromů. Na základě předchozích výsledků je zřejmé, že úhrnné srážky mají na tloušťkový přírůst vliv. Na základě analýzy rozptylu byl prokázán na 95 % hladině významnosti staticky významný rozdíl mezi jednotlivými lety u všech směsí (BO (LP)  $p < 0,01$ ; BO (JS)  $p < 0,01$ ; BO (bez)  $p < 0,01$ ; BO (BK)  $p < 0,01$ ). Pro pochopení reakce stromu na extrémní podmínky stromů bylo přistoupeno k hlubšímu rozboru vlivu sucha v roce 2003 pomocí toleranční analýzy. Sledovanými hodnotami byly resistance, schopnost zotavení, resilience a relativní resilience.



Obr. 27: Přírůst kruhové základny v období 1998- 2008

Hodnoty byly porovnávány pomocí analýzy rozptylu, viz metodika na straně 35. Na 95 % hladině významnosti nebyl prokázán statisticky významný rozdíl u žádné ze sledovaných hodnot při porovnání různých směsí (resistance  $p=0,14$ , schopnost zotavení  $p=0,65$ , resilience  $p=0,47$  a relativní resilience  $p=0,69$ ). Při porovnání jednotlivých zkusných ploch se plochy lišily pouze v případě resistance (resistance  $p=0,04$ , schopnost zotavení  $p=0,62$ , resilience  $p=0,27$  a relativní resilience  $p=0,29$ ) znázorněné v grafu č. 28, a to plocha BO 7 (bez) na suchém stanovišti s průměrnou hodnotou resistance 0,88 (0,27 SD) a plocha BO 4 (JS) na vlhkém stanovišti s průměrnou hodnotou 0,68 (0,11 SD).



**Obr. 28: Průměrné hodnoty tolerančních indikátorů zkušných ploch**

Vysvětlivky: 1) rezistence, 2) schopnost zotavení, 3) resilience, 4) relativní resilience

Celkový rozdíl mezi vlhkostními podmínkami mikrorelieфу byl testován pomocí nepárového T-testu (Tab. 12). Statisticky významný rozdíl byl prokázán u rezistence, kde stromy na suchých stanovištích měly vyšší průměrnou hodnotu rezistence 0,87 (0,26 SD) než na vlhkých stanovištích 0,80 (0,22 SD).

**Tab. 12: Tolerance dle vlhkostních podmínek mikrorelieфу (T-test)**

Vlhkostní podmínky mikrorelieфу	Počet	Rezistence	Schopnost zotavení	Resilience	Relativní resilience
vlhké	168	0,80 ± 0,22	1,43 ± 0,39	1,13 ± 0,60	0,34 ± 0,48
suché	104	0,87 ± 0,26	1,37 ± 0,55	1,14 ± 0,50	0,28 ± 0,47
<b>Signifikance (P-hodnota)</b>		<b>0,02</b>	0,32	0,91	0,28

## 5.9 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA VEGETACI A DIVERSITU BOROVÝCH POROSTŮ

Vegetace nejnižšího bylinného patra je podmíněna typem smíšení a strukturou hlavního porostu (viz kapitola 5.2 na straně 38). Početnost druhů bylin byla nejnižší u lokality s příměsí lípy (4) a nejvyšší u lokality bez příměsi (13). Podobně tomu bylo u druhů dřevin dosahujících nižší výšky než 1,3 m, akorát početnost druhů dřevin byla oproti bylinám dvoj až trojnásobná. Celková pokrývnost se pohybovala rozmezí 30 až 80 %, nejnižší byla na lokalitě s příměsí lípy a nejvyšší na lokalitě s příměsí jasanu. Na lokalitě s příměsí lípy převládaly bylinné druhy s konkurenční strategií (c), na ostatních lokalitách druhy s nevyhraněnou strategií růstu závisující na stanovišti (csr). Bližší údaje jsou uvedeny v tabulce č. 13 a fytoocenologických snímcích v přílohách na straně 105.



### 5.9.1 DIVERSITA

Nejnižší Simpsonův **index diversity** stromového patra (dřevin nad 1,3 m) byl naměřen u borovice bez příměsí (0), nejvyšší index pak byl na plochách s příměsí lípy (0,57). V porostní skupině s jasanem byl průměrný index 0,5, kde byl výrazný rozdíl mezi zkusnými plochami BO 4 (JS) s indexem 0,6 a BO 5 (JS) s indexem 0,27. V porostní skupině s bukem byl průměrný index 0,44 (viz Tab. 6 na straně 40). Indexy diversity bylinného patra s dřevinami do výčetní výšky byly nejnižší u lokality s příměsí lípy (Simpsonův o hodnotě 0,65 a Shannon-Wienerův 1,62). U ostatních lokalit byly znatelně vyšší, pohybovaly se v rozmezí hodnot 0,87 až 0,92 u Simpsonova a 2,52 až 2,85 u Shannon-Wienerova indexu (Tab. 13).

Na lokalitách byly zaznamenány také **vzácné druhy** bylin (fytocenologické snímky v tabulce 19 až 21 na straně 106). Jedná se o druhy *Moneses uniflora* (L.) A. Gray (jednokvítka velevětý) a *Neottia nidus-avis* (L.) L. C. M. Richard (hlísník hnízdák). První jmenovaný patří mezi naše kriticky ohrožené druhy (C1b) a je chráněn dle zákona v kategorii silně ohrožených (Česko MŽP, 1992). Hlísník je uveden v Červeném seznamu (Grulich 2012) jako vzácnější taxon, který vyžaduje další pozornost (C4a), a je také pod ochranou mezinárodní úmluvy CITES (Botany) (EU Evropská komise, 2010).

**Tab. 13: Základní vyhodnocení vegetace**

Lokalita	BO (LP)	BO (JS)	BO (bez)	BO (BK)
Druhovú četnost bylin	4	10	13	8
Druhovú četnost dřevin	13	22	25	23
Pokryvnost dřevin	16 %	27 %	13 %	11 %
Pokryvnost bylinného patra	5 %	33 %	23 %	8 %
Pokryvnost mech. patra	10%	20 %	15 %	15 %
<b>Index biodiverzity:</b>				
Simpsonův	0,65	0,90	0,92	0,87
Shannon-Wienerův	1,62	2,57	2,85	2,52
<b>Strategie růstu:</b>				
c	87 %	30 %	11 %	7 %
cs	-	0,3 %	1 %	-
csr	13 %	70 %	88 %	93 %
<b>Ellenbergovo ekočíslo:</b>				
Vztah ke světlu	7	6	6	5
Vztah k teplotě	5	5	5	-
Vztah ke kontinentalitě	5	4	5	5
Vztah k vlhkosti	5	5	5	5
Vztah k reakci	3	6	6	5
Vztah k půdnímu dusíku	7	5	4	3

### 5.9.2 VYHODNOCENÍ INDIKÁTORŮ EKOLOGICKÝCH PODMÍNEK

Ekologické faktory stanovené pomocí Ellenbergova ekočísla se na měřených lokalitách lišily (Tab. 13), a to ve vztahu ke světlu, kontinentalitě, půdní reakci a půdnímu dusíku. Ve vztahu ke světlu na lokalitě s příměsí lípy převažují druhy polo slunné (Hemiheliofyty), a na lokalitě s příměsí buku polo stinné (Hemisciofyty). Z hlediska půdní reakce indikují byliny u lokality s příměsí lípy kyselou půdu, u ostatních slabě kyselou až neutrální půdu. Druhy na lokalitě s příměsí lípy ukazují na nejbohatší stanoviště ve vztahu k půdnímu dusíku. Vztah k teplotě a kontinentalitě u všech lokalit značí intermediální stanoviště čerstvě vlhkých půd s druhy rozšířenými od nížinných až po nižší horské polohy. Při hodnocení je však třeba brát zřetel na nízkou pokryvnost a četnost druhů, a to především u významně se odlišující lokality s příměsí lípy, kde se hodnocené bylinné druhy vyskytovaly pouze na světlinách mimo podrost lípy. Hodnoty ekočísel a zastoupení jednotlivých druhů na lokalitách jsou uvedeny v tabulkách č. 19 až 21 v přílohách na straně 106.

## 6 DISKUZE

Základními tématy této práce byly produkční schopnosti, struktura a stabilita borových porostních skupin s různou příměsí listnaté dřeviny, včetně hodnocení vegetace, půdního substrátu a dendrochronologické analýzy.

### 6.1 ROZBOR PŮDNÍCH SUBSTRÁTŮ POROSTNÍCH SKUPIN

Již staletí je sledována úrodnost půd a její vliv na rostlinnou produkci (Warkentin, 1995). Úrodnost půdy je lesníky obvykle definována jako "schopnost půdy k produkci biomasy na jednotku plochy za jednotku času" (Ford 1983), a je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících produkci a růst dřevin (Assmann 1970, Schoenholtz 2000). Před vlastním porovnáním vlivu listnaté dřeviny na produkci byl proto nejprve nutný základní rozbor půdního substrátu. Cílem zde bylo potvrzení minimálních rozdílů v substrátech cyprisové série mezi jednotlivými lokalitami, a tím vyloučení vlivu odlišných vlastností substrátu na rozdíly v produkci borovice mezi zkusnými lokalitami. Ke zjištění základních vlastností půdního substrátu jako je pH a množství biogenních a toxických prvků bylo použito spektrometrie. Další rozbor substrátů cyprisové série a rekultivační pedologii podrobněji rozebírají autoři Dimitrovský, Frouz, Kubát, Řehoř, Pešek a další, kteří se zabývají například přístupností biogenních prvků, strukturou, hydrickými a dalšími vlastnostmi substrátu.

Výsledné odlišnosti v substrátu jednotlivých zkusných ploch byly skutečně minimální (podrobněji viz další podkapitoly) a lze tedy tvrdit, že rozdíly v produkci a růstu borovice nemohly být s velkou pravděpodobností způsobené odlišnými vlastnostmi půdotvorného substrátu.

#### 6.1.1 SROVNÁNÍ ACIDITY SUBSTRÁTŮ

Jedním z hlavních ukazatelů kvality substrátu jsou jeho hodnoty pH, které se na zkoumaných lokalitách borových porostů s různou příměsí výrazně nelišily. Acidita se pohybovala na všech lokalitách okolo pH 7 a nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Obdobně jako v pracích Dimitrovského (1990 a 2007) vychází hodnoty pH půdotvorného substrátu s neutrální reakcí, která je dle autora na lokalitě pro jíly cyprisové série charakteristická (neutrální až mírně zásadité reakce). Dimitrovský (2007) dále uvádí, že neutrální reakce tohoto substrátu je způsobena především ustáleným rovnovážným stavem nasycených sorpčních komplexů a přítomností dvojmocných kationtů Ca a Mg. Na Sokolovsku se vyskytují i lokality velmi kyselých antropogenních substrátů (Lítov, Silvestr, Lomnice...), kde pH dosahuje hodnotu 2-4 (Kopáčková et al. 2009).

### 6.1.2 SROVNÁNÍ BIOGENNÍCH PRVKŮ

Prostředí výsyvky Antonín se substráty cyprisové série je dle autorů Dimitrovský et al. (2008), Kubát (2010) bohaté na živiny v rostlinám přístupné formě. Měřené a testované biogenní prvky byly draslík (K), fosfor (P), mangan (Mn), molybden (Mo), měď (Cu), nikl (Ni), síra (S), vápník (Ca), zinek (Zn) a železo (Fe). V množství biogenních prvků v půdním substrátu nebyl s výjimkou síry nalezen mezi lokalitami průkazný rozdíl.

**Síra** má nezastupitelnou úlohu ve všech buňkách živých organismů (Likens et al. 2002). Jako u jediného testovaného biogenního prvku byl u síry prokázán statisticky významný rozdíl mezi porostní skupinou s příměsí jasanu (2,5 g/kg) a skupinami s příměsí buku (1,5 g/kg) a lípy (1,7 g/kg). Obsah síry ve vzorcích se pohyboval mezi 0,5 až 6 g/kg. Celkový obsah síry v půdách obecně kolísá ve značném rozmezí, většinou od 0,01 do 0,5 g/kg (Fecenko 2000, Ložek 2000). Velká variabilita a vysoké hodnoty koncentrace síry odpovídají výskytu uhlí na lokalitě, často bohatému na síru obsahující pyrity (Rufaut et al. 2009), a to i přes celkově nízký obsah síry v uhelné sloji z Antonínské vrstvy (Jiskra 1997), kterým je pravděpodobně substrát kontaminován. Obsah síry na cyprisových substrátech dle Kubáta (2010) směrem do spodních horizontů zřetelně stoupá. I když je síra jednou z hlavních živin, ve vysokých koncentracích může přispívat k acidifikaci (Galloway et al. 1983) nebo působit fytotoxicky (Skeffington a Sutherland 1995, Burkhardt a Drechsel 1997). Vzhledem ke zjištění neutrální acidity lokality a stabilitě síry ve sloučeninách pro rostliny inertních (Eriksen et al. 1998) lze říci, že toto zvýšené množství důležitého biogenního prvku nemá výrazný vliv.

Celkový obsah **fosforu** se dle Duchoně a Hampla (1962) obvykle v půdách pohybuje v rozmezí od 0,3 do 1,3 g/kg, dle Vaňka (2007) od 0,1 do 1,5 g/kg. Fecenko a Ložek (2000) uvádějí, že zemská kůra obsahuje průměrně 1,2 % fosforu, což odpovídá mírně nadprůměrným hodnotám naměřeným na lokalitě (1,25 g/kg). I přes tento vysoký celkový obsah fosforu se množství přístupného fosforu u substrátů cyprisové série (Rojík a Řehoř 2013) a na lokalitě Antonín (Dimitrovský 2007, Dimitrovský et al. 2010) pohybuje do 5 mg/kg. Tento obsah je dle metodiky Pokorný et al. (2007) velmi nízký. S nízkým obsahem fosforu se potýkají i na rekultivačních lokalitách severočeské hnědouhelné pánve (Řehoř et al. 2005). U půd s nízkým obsahem fosforu je důležitým faktorem kvalita mykorrhizy, závislá na množství humusu a druhové pestrosti porostu (Wallander 2000, Hagerberg et al. 2003). Mykorrhizní houby zabezpečují příjem limitujících prvků jako je fosfor a zabraňují úniku živin z biotopu (Wallander 2000, Lepšová 2003, Gryndler 2005).

Zásadní dopad na oživení půdy v prvních rekultivačních letech měla dle Dimitrovského (1978) přípravná výsadba dřeviny olše, kterou autor považuje za nejužitečnější přípravnou dřevinu. V následujících letech tak došlo na lokalitě Antonín ke zvýšení množství **dusíku** v substrátu z celkového množství 0 až 0,02 g/kg jílového substrátu cyprisového souostroví (Rojík a Řehoř 2013) na rozmezí 1,9 až 3,1 g/kg půdního substrátu (Dimitrovský et al. 2008). Tento pozitivní vliv olše uvádí například i Berry a Sunell (1990), a na antropogenních půdách Šourková et al. (2004) a Banaev a Bažant (2007). Bohatému stanovišti odpovídají také naměřené vysoké hodnoty množství biogenních prvků v půdním substrátu (viz Tab. 22 a 23 na straně 107).

### 6.1.3 SROVNÁNÍ TOXICKÝCH PRVKŮ

Jako možné toxické prvky byly hodnoceny arsen (As), hliník (Al), chrom (Cr), kadmium (Cd), kobalt (Co), olovo (Pb), rtuť (Hg), stříbro (Ag), vanad (V) a zinek (Zn). Substráty na výsypkových lokalitách Sokolovska mají vyhovující až rizikovou fytoxicitu. Jako vyhovující jsou zařazeny kvartérní hlíny a substráty cyprisového souvrství, rizikové jsou uhelné jíly (Pešek 2010). Růst dřevin na fytoxickejších půdách výsypky Lítov sledoval například Sixta et al. (2011), který dokládá vhodnost pěstování právě zkoumané dřeviny borovice lesní na rekultivovaných lokalitách. Lokalita Antonín a cyprisové substráty jsou zařazovány do vyhovujících substrátů (Dimitrovský et al. 1996), což lze v této práci potvrdit i přes poměrně vysoké naměřené hodnoty některých prvků. Například celkový obsah hliníku (průměrně 8,8 g/kg) je pro rostliny velmi toxický (Skwira et al. 2011), především v podobě hydratovaných iontů a hydrokomplexů hliníku, které však vznikají při pH nižším než 5,0 (Epstein 2005), které se na lokalitě nevyskytuje.

Zákonné limity toxicity půd (Česko MŽP 1994) nebyly překročeny u žádných prvků. U chromu, kadmia, kobaltu, olova, stříbra a zinku byl jejich obsah celkově nižší než požadovaný limit rozpuštěného prvku ve výluhu. U ostatních prvků kromě arsenu se množství v půdním substrátu nelišilo, a tedy případný vliv na růst dřevin ve všech porostních skupinách je patrně stejný.

Pouze u **arsenu** byl prokázán rozdílný obsah mezi porostními skupinami. Porostní skupina s příměsí buku měla průměrně o 0,01 g/kg vyšší množství arsenu. Hodnoty množství prvku se pohybovaly v rozmezí 0,02 až 0,15 g/kg. V půdě se běžně vyskytuje v koncentracích 0,009 až 1,5 g/kg, hodnoty nad 1,5 g/kg jsou považovány za kontaminaci (Soudek et al. 2006). Arsen může regulovat některé antioxidanty, ovlivnit příjem a translokaci P, K, S, Ca, Cu, Zn a Fe, a tím regulovat rostlinám výživu (Gupta 2012). Mobilní arsen se však ve většině případů zachytí v hydroxidech hliníku a železa (Moreno-

Jimenez et al. 2010), proto rozdílné množství nemá pravděpodobně větší vliv na růst dřevin.

## 6.2 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA MNOŽSTVÍ A KVALITU HUMUSU

Proměna primární struktury a textury „půdotvorného profilu“ je podmíněna stupněm degradace, posléze agregací v procesu zvětrávání, hydratací a dehydratací (Dimitrovský et al. 2010) a obohacením organickým materiálem. Prokazatelně kladný vliv na množství organického materiálu (humusu) a tvorbu půdy v půdním profilu má opad listnatých dřevin (Khan 2013, Hynynen et al. 2011, Porté a Bartelink 2002). Porosty s listnatými dřevinami kromě humusové formy pozitivně ovlivňují také aciditu půdy (Rothe 1997), a látkové a vodní režimy stanoviště (Kantor 1981). Půdy pod listnatými dřevinami vykazují příznivější formy humusu oproti jehličnanům v širokém spektru ekologických podmínek (Wesemael 1992). Množství a kvalita humusu mají také zásadní vliv na diversitu a distribuci půdní fauny (Wallwork 1977) a vyšší množství listového opadu má pozitivní vliv především na biodiverzitu bezobratlých (Frouz et al. 2008). Výraznou meliorační schopnost a vliv na vývoj půdy mají olše a jasan, střední pak lípa a buk, a nízkou borovice (Lhotský 1994). Autoři Dimitrovský a Vesecký (1989) uvádějí, že nejpříznivější formu humusu na lokalitě Antonín mají porosty s hlavními dřevinami javorem klenem a mléčem, lípou srdčitou, jilmem drsným a habrem obecným, což potvrzují výsledky, kdy borovice s příměsí lípy dosahovala nejlepších výsledků jak v množství humusu, tak i co se týče produkčního potenciálu. Humus tvořený lipovým opadem má dle Nortena (1994) nejvyšší kvalitu z hlediska množství a proudění prvků. Rozpad opadu lípy je méně pomalejší než jasanu. Nejpomalejší rozpad opadu, a tedy uvolňování živin v půdě, má buk (Hagen-Thorn et al. 2004). Jacob et al. (2010) a studie Hättenschwiler a Gasser (2005), Chapman a Koch (2007), Harguindeguy et al. (2008) naznačující rychlejší rozklad humusu ve smíšených porostech. Větší mocnost organických horizontů u smíšených porostů lze tedy přičítat větší distribuci opadu listnatých dřevin oproti borovici. Přítomnost listnaté dřeviny má také díky množství a kvalitě opadu pozitivní vliv na míšení organické půdy se substrátem, což potvrzuje ve studii buku Matzner (1985). Největší mocnost organického (O) a humózního (A) horizontu měla porostní skupina s příměsí lípy (O 1,7 cm; A 2,9 cm), nejnižší skupina bez příměsí (O 0,6 cm; A 1,3 cm). Dle Peřiny a Vintrové (1958) dochází s věkem lesních porostů k lineárnímu nárůstu mocnosti vrstvy nadložního humusu. Při věku čtyřiceti let (odpovídajícímu sledovaným porostním skupinám) by měla mocnost nadložního humusu dosahovat 2,11 cm. Této mocnosti nedosahuje ani jedna z porostních skupin, což je pravděpodobně způsobeno počáteční úplnou absencí humusu, rychlejším

rozkladem organické hmoty v případě rychle se rozkládajícího lipového a jasanového opadu, nebo odnosem humusu vodou v důsledku svažitosti terénu. Vliv na humus má i množství mrtvého dřeva, které spolu s opadem představuje základní vstupní surovinu detritových řetězců (Jankovský 2001) a má ekologický význam v mnoha aspektech (Christensen et al. 2005). Nejvyšší množství souší, a tedy i potenciál pro rozklad mrtvého dřeva, mají porostní skupiny bez příměsí s 450 soušemi na hektar, ale pravděpodobně se v průběhu let celkové počty souší hlavní dřeviny podobají.

### 6.3 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA PRODUKCI BOROVÝCH POROSTŮ

Současné poznatky naznačují srovnatelnou objemovou produkci smíšených porostů s produkcí monokultur hlavních hospodářských dřevin (Souček a Tesař 2008, Seidel et al. 2013). Výsledky práce toto částečně potvrzují, kdy u porostních skupin s lípou s nejvyšší průměrnou zásobou 353 m<sup>3</sup>/ha, u skupin bez příměsí 336 m<sup>3</sup>/ha a s příměsí jasanu 313 m<sup>3</sup>/ha není v objemové produkci výrazný rozdíl (zásoby jednotlivých zkusných ploch jsou uvedeny v tabulce č. 7 na straně 41. Zásoba porostní skupiny s bukem je však výrazně nižší, a to o 100 až 200 m<sup>3</sup>/ha, což je zřejmě dáno strukturou porostu a pro buk nevhodným stanovištěm (Köcher et al. 2009), o čemž vypovídá rozbor růstových veličin.

Na základě analýzy rozptylu růstových veličin byly prokázány rozdíly mezi růstem borovice s příměsí lípy a buku a borovými plochami bez příměsí. Jasan v této analýze nebyl srovnáván z důvodu stejných vlhkostních podmínek mikroreliefu. Z jednotlivých veličin byly nejvýznamnější rozdíly zaznamenány u výšky. Co se týče vlivu vlhkostních podmínek na výšku, v příměsí buku na vlhkém, tedy potenciálně výhodnějším stanovišti, výška borovic odpovídala hodnotám zkusné plochy borovice bez příměsí na suchém stanovišti (Tab. 8; str. 42). Ukázalo se tedy, že podmínky výškového růstu jsou v případě příměsí s bukem nejméně výhodné bez ohledu na vlhkost stanoviště. Tloušťka kmene borovice byla prokazatelně nižší na suchých stanovištích s výskytem borovice bez příměsí a s příměsí buku než na zkusných plochách na vlhkém stanovišti s příměsí lípy. Nejvyššího průměrného objemu kmene dosáhly zkusné plochy borovice s příměsí lípy (0,23 m<sup>3</sup>), a nejnižší průměrný objem kmene měla borovice s příměsí buku (0,17 m<sup>3</sup>), odpovídající nižší zásobě porostu. Průměrný objem kmene borovice byl také statisticky významně rozdílný při porovnání ploch s různou příměsí a s různými stanovištními podmínkami. Borovice nacházející se na zkusných plochách na vlhkém stanovišti s příměsí lípy měla průměrný objem kmene 0,25 m<sup>3</sup>, oproti tomu borovice bez příměsí měla na tomtéž stanovišti průměrný objem 0,14 m<sup>3</sup> a borovice s příměsí buku 0,13 m<sup>3</sup>. Celkově je z hlediska produkce, výškového růstu a tloušťky kmene

nejnevhodnější směsí na dané lokalitě borovice s bukem. Ke zjištěným rozdílům může pravděpodobně přispívat i rozdílný rozklad opadu (viz předešlá kapitola).

#### 6.4 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA STRUKTURU POROSTU

Vliv listnaté dřeviny na strukturu borových porostů se ukázal být nejzásadnějším faktorem ovlivňujícím růst borovic, který má výrazný dopad na jejich produkční a ekologický potenciál. Pro pochopení struktury porostů byla popsána výšková a tloušťková struktura a hustota porostních skupin.

Jeden z hlavních rozdílů ve struktuře různě smíšených zkusných ploch byl ve **výškovém postavení přimíšené dřeviny** (znázorňují obrázky č. 6 až 9 na straně 39). Ve všech porostních skupinách byla dominantní dřevinou borovice lesní, která tvořila hlavní úroveň. Listnatá dřevina se uplatňovala různým způsobem. Buk sice jako kompetitivní druh, avšak není-li omezen suchem (Rodwell 1991), byl konkurenčně potlačen tempem růstu borovice, a na hlavní úrovni porostu se proto podílí minimálně. Jasan, v počátečním věku jako stín snášející a ve vyšším věku striktně světlo milná dřevina (Dobrowolska et al. 2011), částečně dokázal konkurovat borovici v hlavní úrovni porostu, ale v podúrovni se téměř nevyskytuje. Lípa borovici nedokázala konkurovat téměř vůbec, ale dokázala se díky své houževnatosti a výmladnosti (Pigott a Huntley 1981, Pigott 1991) udržet v podúrovni a při vhodných podmínkách uplatnit ve vyšším zastoupení než buk, a to v průměru o 10 %. Zkusné plochy s lípou měly dvě etáže po celé ploše, což umožňuje tolerance lípy k zástínu (Radoglou 2009). Buk, jako velmi tolerantní dřevina k zástínu (Packham et al. 2012), netvořil na rozdíl od lípy celoplošnou etáž, ale skupinovitě smíšené. Skupinovitě smíšené bylo pravděpodobně způsobené nevyhovující propustností substrátů, jelikož buk upřednostňuje dobře propustné půdy (Stace 2010). Skupinovitě smíšené je zřejmě také jedna z příčin nižší produkce borovice ve smíšené s bukem (Dieler a Pretzsch 2013). U porostní skupiny bez příměsí listnatou dřevinu ve spodní etáži v menším množství nahrazoval z hlediska struktury borový podrost, k zástínu málo tolerantní (Carlisle a Brown 1968).

**Tloušťková struktura** je znázorněna v histogramu tloušťkových stupňů v tabulce č. 12 na straně 45. Všechny porostní skupiny vykazovaly u hlavní dřeviny levostranný až symetrický tvar rozložení tlouštěk, což je pravděpodobně způsobeno zanedbanou výchovou, čili samovolným vývojem porostů. Listnaté dřeviny dosahovaly ve většině případů tloušťku do 7 cm, nejvíce do tohoto tloušťkového stupně zasahovala lipová příměs. Větších tloušťkových stupňů dosahoval především jasan, který se v porostu výškově uplatnil v hlavní úrovni porostu.



**Hustota** porostu byla zjišťována pomocí indexu hustoty (SDI). Nesmíšené borové zkusné plochy a plochy s příměsí lípy se strukturálně podobaly, obě varianty vykazovaly podobný index hustoty. Obdobné výsledky na antropogenních půdách zjistili Pietrzykowski a Socha (2011). Vlhčí stanoviště vykazovala vyšší hustotu porostu, která byla způsobena vhodnějšími podmínkami pro uplatnění většího počtu stromů. Doporučený index hustoty borových porostů je podle Fabriky a Pretzsche (2011) 990 bodů, jehož mírně překročily pouze zkusné plochy vlhkých variant bez příměsí a s příměsí lípy dle tabulky č. 7 na straně 41. Borové zkusné plochy s příměsí buku měly nejmenší hustotu porostu a důsledkem toho menší hodnotu štíhlostního koeficientu, tedy vyšší stabilitu. Tento fakt je zřejmě způsoben pomalejším růstem buku především v počátečních stádiích a vyšší mortalitou, což způsobilo uplatnění menšího počtu jedinců a tedy i menší konkurenci mezi stromy.

## 6.5 VLIV PŘÍMĚSÍ LISTNATÉ DŘEVINY NA STABILITU POROSTU

U zkoumaného porostu se stabilita ukázala být zásadním problémem. U všech zkusných ploch byla ohrožena, a to z důvodu překročení doporučeného štíhlostního koeficientu. Kritická hodnota štíhlostního koeficientu je pro čtyřicetileté borové porosty stanovena v taxačním průvodci (ÚHÚL 1976) na 1,02. Autoři Polley (1995), Peltola et al. (2000), Zhu et al. (2006) a Slodičák et al. (2013) považují hodnotu štíhlostního koeficientu u borových porostů větší než 0,95 jako ukazatel nestabilního kmene, a větší než 1,20 za velmi nestabilní kmen. Vypočítané hodnoty štíhlostního koeficientu borovice lesní však dosahovaly průměrných hodnot u porostních skupin s příměsí buku 1,21, s příměsí jasanu 1,13, s příměsí lípy 1,28 a bez příměsí dokonce 1,36 (Obr. 13; str. 46). Při analýze rozptylu byl zjištěn statisticky významný rozdíl u štíhlostních koeficientů pouze mezi vlhkou variantou porostní skupiny bez příměsí s průměrnou hodnotou 1,40 a vlhkou variantou s příměsí buku o průměrné hodnotě 1,17, ukazující na lepší stabilitu s příměsí buku. Stabiltější byly také zkusné plochy s nejvyšším podílem listnaté dřeviny v hlavní úrovni (BO 4 (JS) 1,03; BO 9 (BK) 1,09) způsobené pro stabilitu příznivější porostní strukturou. Skupiny s bukem a jasanem mají důsledkem struktury porostu, kterou vytvořily, více korunového prostoru a nižší výšku, proto jsou tedy stabiltější.

Dále byla stabilita hodnocena na základě skutečných a tabulkových počtů stromů. Zkusné plochy bez příměsí přesahovaly doporučené počty v průměru o 84 %, zkusné plochy s příměsí lípy o 62 %, s příměsí jasanu o 29 % a s příměsí buku o 19 %. Uvedené procento je především u příměsí s jasanem a bukem, kde se na úrovni podílí i listnatá dřevina, ve skutečnosti ještě vyšší. Na základě naměřených dat lze konstatovat, že porosty jsou přeštíhlené, což podporuje i fakt menší tloušťky středního kmene oproti

růstovým tabulkám (Obr. 13). Z důvodů vysokého štíhlostního koeficientu a nevyhovujícího počtu stromů se můžeme domnívat, že byla zanedbána výchova porostu především v raných stádiích. Na lokalitě nebyl proveden žádný výchovný zásah (Dimitrovský ústně) a zásah ve věku 40 let v přeštíhleném porostu již není opodstatněný. Slodičák et al. (2013) uvádí nutnost výchovného zásahu do dosažení horní výšky 5 m a autor Dušek et al. (2011) uvádí, že výchovné zásahy započaté v borových porostech ve věku 33 a 38 let nemají prokazatelný vliv na produkci, výčetní tloušťku ani štíhlostní kvocient. Zásahy v pozdějším věku nevedou k naplnění požadavků na stabilitu a produkci borových porostů ani podle Huss (1984) a Valinger et al. (2000). Podrázský a Remeš (2005) doporučuje pěstování smíšených porostů s příměsí lípy, jasanu a dalších dřevin jako jilm, habr, olše, které optimálně využívají půdní prostředí, u nichž lze optimální výchovou docílit produkčně stabilních porostů s pozitivním vlivem na stanoviště. Z důvodu poměrně živinově bohatého půdního substrátu na výsypce a celkem vysokých bonit stanoviště je důležité provedení včasných výchovných zásahů ve věku 10 až 30 let, které pozitivně ovlivní produkci a stabilitu porostů (Juodvalkis et al. 2005, Dušek et al. 2010, Dušek et al. 2011).

Na nesmíšených borových zkusných plochách již dochází důsledkem zmíněných faktů k rozpadu porostů působením především větru. S ohledem na dlouhodobý vývoj a stabilitu nově vzniklého ekosystému je při případné disturbanci možný pozitivní vliv následkem přežití podúrovňové listnaté dřeviny, která však nemá žádný produkční potenciál (kromě jasanu viz předchozí kapitola), ale pouze půdoochrannou a ekologickou funkci (Vandermeer 1992, Oliver a Larson 1996).

## 6.6 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA PŘÍRŮST BOROVICE LESNÍ

Ve zkoumaných porostech na kyselých dubových bučinách se borovice lesní uplatňuje jako ekonomická dřevina za předpokladu, že je dostatečně zajištěna příměsí melioračních dřevin (Průša 2001). Vliv listnaté příměsi na růst borovice lesní byl sledován pomocí letokruhové analýzy, kdy byl zjišťován přírůst tloušťky (potažmo kruhové základny) a věk dosažení borovice výčetní výšky.

Popis vztahů klimatu a přírůstu stromů má dlouholetou tradici. Problematikou se zabývá mnoho autorů, jako Douglass (1919), Cook a Kairiukstis (1990), Fritts (1991), Hughes et al. (2009) a další. Například Raventós et al. (2001) prokázal silnou korelaci mezi přírůstem borovice a množstvím srážek. Autoři většinou využívají k studiím stromy rostoucí soliterně, a na lokalitách klimatologických limitů dřevin za účelem minimalizace vedlejších vlivů (Fritts 1976). Zde byl porovnán přírůst v porostu s úhrnnými srážkami a průměrnou teplotou za celý rok a za vegetační období. Srážky a teplota měly významný

vliv na přírůst stromu (Tab. 11; str. 54) i přes celkově nižší hodnoty korelačních koeficientů a mírně nižší korelaci během vegetačního období oproti ročním úhrnným srážkám. Bažant a Janeček (2011) zjistili na výsypkových stanovištích mosteckého regionu, že nejprůkaznější vliv na přírůst dubu, modřínu a dalších dřevin měly úhrnné srážky. Toto je v rozporu s tvrzením Taeger et al. 2013, který na provenienčním výzkumu borovice lesní v Německu došel k závěru, že přírůst kruhové základny stromu závisí především na dostupnosti vody v období květen až červenec. Tyto odchylky mohly být způsobeny použitými celkovými klimatickými daty pro Karlovarský kraj (ČHMI 2015), které se od lokality výsypky mohly lišit, ale hlavní výsledky porovnání vlivu příměsí nemohly ovlivnit. Dále byl zaznamenán rozdíl vztahu přírůstu a klimatických podmínek v průběhu let, kdy nejsilnější vztah byl zaznamenán v období 2003 až 2012, v kterém byla provedena toleranční analýza k období sucha. Rozdíly vztahu jednotlivých období v průběhu let mohou být způsobeny velkým konkurenčním bojem a zvýšenou vitalitou v nižším věku, kdy především srážky nehrály tak velkou roli v přírůstu jako ve starším věku, kdy je porost konkurenčně vyrovnaný a růstově stabilizovaný. Reakce přírůstu je ovlivněna také fyziologickým stářím kambia, kdy mladé kambium vykazuje slabší reakci na klimatické podmínky (Schweingruber et al. 1990). Vztah přírůstu s úhrnnými srážkami a s průměrnou teplotou během vegetačního období, a rozdílné chování vztahu v průběhu věku dřevin zaznamenal také Bažant (2011) na antropogenních půdách severních Čech u několika druhů dřevin s koeficienty determinace v rozmezí od 0 do 0,91.

Trend přírůstu byl u všech ploch velmi podobný a byl sledován pomocí rozdílného chování v přírůstu v jednotlivých letech. V 55 % let na časové ose se trend přírůstu shodoval u všech zkusných ploch, v 18 % případů se lišila jen jedna skupina. Zbývajících 27 % časové osy vykazovalo středně až velmi rozdílný trend (Tab. 9; str. 53), který pravděpodobně způsobil rozdílný vývoj struktury porostních skupin a rozdílných příměsí a variant vlhkostních podmínek stanovišť. Z grafů přírůstů zkusných ploch (Obr. 14 až 22; str. 47) je patrný větší rozptyl přírůstů u skupiny s příměsí buku, způsobený rozdílnou reakcí stromů na podmínky důsledkem struktury porostu, jež umožnila části stromů vytvořit větší koruny oproti ostatním, výškově vyrovnanějším skupinám.

Pro určení výškového přírůstu v počátečním vývoji stromů, zásadního pro vývoj porostu na antropogenních půdách, byl využit věk dosažení výčetní výšky, který zjišťovali například autoři Svoboda (2005) a Motta et al. (1999) při studiu vysokohorských smrků. Nejprve byl prokázán významný rozdíl ve věku dosažení výčetní výšky mezi stromy různých výškových tříd. Nejvyšší výšková třída borovice (0) dosáhla výšky 1,3 m v 6 letech o stupeň nižší třída (1) v 7 letech a nejnižší vyskytující se třída (2)

ve 13 letech. Věk dosažení výčetní výšky u výškových tříd odpovídá konkurenčnímu boji, a tedy postavení stromu v následujících letech. V rámci odlišností mezi porostními skupinami se skupina s příměsí buku (dosažení v 7,6 let) lišila od skupiny s příměsí lípy (6,0 let) a jasanu (6,2 let). Odlišnost ploch s bukem mohla být způsobena volnějším zápojem porostní skupiny, kde důsledkem pomalejšího růstu buku náchylného na vláhový deficit (Köcher et al. 2009) neměla borovice díky absenci konkurence potřebu rychlého růstu za světlem. Počáteční růst a vývoj tak měl zásadní vliv na utváření struktury porostních skupin (viz str. 64).

## **6.7 VLIV PŘÍMĚSÍ LISTNATÉ DŘEVINY NA TOLERANCI K OBDOBÍ SUCHA V ROCE 2003**

Globální klimatické změny přinášející na mnohých lokalitách výrazné zvýšení klimatických extrémů jako je sucho (NRC 2010) mohou být příčinou snížení růstu dřevin důsledkem snížení přístupnosti živin a vody (Geßler 2007). Z hlediska výrazných změn v přírůstu tloušťky nebo kruhové plochy byl u všech zkusných ploch patrný především pokles v roce 2003, který nastal pravděpodobně v reakci na nastalé období sucha (Tab. 15; str. 103). Tento propad přírůstu zaznamenal na severočeských antropogenních půdách i Bažant (2010). Pokles související přímo se suchými roky je patrný dále v roce 1996 a 2006 a v období 1989 až 1991. Po těchto letech dochází k opětovnému zvýšení přírůstu důsledkem zlepšení podmínek a snížení konkurence odumřením méně tolerantních stromů, které je patrné především po roce 1991. Stagnace přírůstu v obdobích 1984 až 1989 a 2008 až 2012 s obdobím sucha pravděpodobně nesouvisí a jde spíše o naplnění maximální meze hustoty porostu. Zjištěný suchý rok 2003 byl na 77 % hodnoty dlouhodobého srážkového normálu pro období 1961-1990 (ČHMI 2015). Pomocí toleranční analýzy, použité dle Taeger et al. (2013), rozdíl přírůstu borovice lesní v různých porostních směsích nebyl prokázán. Listnatá příměs tedy nemá ve zkoumaném případě dostatečný vliv umožňující ovlivnit přírůst borovice při výraznějších klimatických výkyvech. Pokud jde o listnaté dřeviny samotné, existují studie dokládající jejich různou toleranci k suchu. Ze zkoumaných listnatých dřevin je podle Madsen a Larsen (2007), Geßler (2007) a Köcher et al. (2009) z hlediska vlhkostních nároku nejméně tolerantní buk, proto není na nížinných lokalitách rekultivovaných ploch jeho pěstování příliš vhodné. Potenciálně také může stahovat limitující vlhkost pro sebe a omezovat tak její přístupnost pro borovici. Prokázán však byl rozdílný vliv vlhkostních podmínek mikroreliefu. Resistance k období sucha byla vyšší na suchých stanovištích, pravděpodobně díky obecně nižším přírůstům v těchto podmínkách mikroreliefu, které klimatický extrém dále nesnížil tak výrazně, jako na živnějších vlhkých stanovištích.

## 6.8 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA TLOUŠŤKU KŮRY

Tloušťka kůry může mít vzhledem ke své ochranné funkci (Schweingruber et al. 2011) zásadní vliv na odolnost stromu. Vliv příměsi nebyl jednoznačně potvrzen, ale pravděpodobně bude tloušťka kůry souviset se strukturou porostu a poměrem kruhové základny k věku. Ve více rozvolněné porostní skupině s příměsí buku tvoří kůra větší podíl na ploše kruhové základny ve výčetní výšce, než je tomu u ploch ostatních.

## 6.9 VLIV PŘÍMĚSI LISTNATÉ DŘEVINY NA DIVERSITU VEGETACE

Hodnocena byla diversita (různorodost) dřevin a bylin. Diversita dřevin dosahujících minimálně výčetní výšky byla samozřejmě nejnižší u nesmíšených porostních skupin (Simpsonův index 0). Indexy borových zkusných ploch s příměsí lípy dosahovaly stejných hodnot 0,5, které potvrzují homogenitu napříč porostní skupinou a nejvyšší diversitu ze zkoumaných skupin. Skupina s příměsí jasanu byla dle rozdílných výsledků ze zkusných ploch (indexy 0,48 a 0,25) heterogenní, což bylo způsobeno konkurenčním bojem světlomilných dřevin, kdy jasan místy rostl v podúrovni a místy zasahoval i do úrovně. Skupina s příměsí buku na tom byla obdobně (indexy 0,49 a 0,38), rozdíl indexů pravděpodobně způsobily odlišné vlhkostní podmínky. Nižší index diversity, a tedy nižší podíl buku na stanovišti s nižší vlhkostí byl pravděpodobně způsoben jeho vyššími nároky na půdní vláhu (Köcher et al. 2009).

Diversita bylin a dřevin nedosahujících výčetní výšku byla porovnáována dvěma indexy diversity - Simpsonovým a Shannon-Wearovým. Nejnižší indexy měly porostní skupiny s příměsí lípy, což je zapříčiněno zapojenou spodní etáží listnaté dřeviny zastiňující nejnižší vegetační patro. U ostatních ploch jsou indexy diversity vyšší, díky lepší prostupnosti světla do spodních pater (Tab. 13; str. 57). V porostní skupině bez příměsi se přirozeně obnovují listnaté dřeviny jak z nedaleko rostoucích lip a buků, tak i pionýrské jeřáby, břízy a hlavně klimaxové dřeviny - duby (Tab. 17; str. 105). Z tohoto hlediska přináší monokultura borových porostů díky dobré propustnosti světla korunami pozitivní vliv na obnovu přirozených dřevin, kterou je však pro zdárné odrůstání třeba podpořit pěstebními zásahy. Podobné i silnější zmlazení na rekultivovaných plochách Sokolovského regionu lze pozorovat i na modřínových monokulturách.

Na lokalitě byly nalezeny i neobvyklé a vzácné druhy rostlin. Jedná se o druhy *Moneses uniflora* (jednokvítka velekvětý) a *Neottia nidus-avis* (hlísník hnízdák). Jednokvítka se vyskytoval na vlhké lokalitě porostní skupiny bez příměsi, což odpovídá jeho ekologickým nárokům hlavně vlhkých jehličnatých lesů (Hejný a Slavík 1990). Výskyt

hlísníka v porostní skupině s příměsí buku osvětluje Stace (2010), který uvádí, že je hlísník jako saprofyt vázán na stanoviště smíšených lesů se zastoupením buku.

Ellenbergovy indikační hodnoty jsou vhodné zejména pro sledování dlouhodobých změn rostlinného společenstva. Jejich funkce je především signální, umožňující upozornit na místa, kde by bylo vhodné provést přesnější a podrobnější rozbor (Diekmann 2003). Většina hodnot byla u všech porostních skupin velmi podobná (Tab. 13; str. 57). Pouze u porostní skupiny s příměsí lípy byla zjištěna velmi nízká hodnota půdní reakce oproti ostatním skupinám, ale měření pH půdního substrátu předpokládané sklony k aciditě nepotvrdilo, a pravděpodobně se jedná o zkreslení hodnot nízkou pokryvností a četností druhů (Käfer a Witte 2004) (Tab. 19; str. 106). U skupin s příměsí lípy (7) a jasanu (5) byla zjištěna indikace vyššího půdního dusíku než u skupiny s příměsí buku (3). Výskyt rostlin s rozdílným vztahem k půdnímu dusíku je pravděpodobně dán především rozdílným rozkladem humusu, kdy lipový a jasanový opad uvolňují živiny rychleji než opad bukový, zpřístupňují tak větší množství dusíku, a proto umožňují růst nitrofilním druhům rostlin (viz kapitola 6.2 na straně 62).

## 6.10 SHRNUÍ

Díky neprůkazným rozdílům v půdním substrátu mohly být porovnány různé porostní veličiny v borových porostních skupinách s různou příměsí listnatých dřevin (lípy, jasanu a buku), a tak zhodnocen jejich produkční a ekologický potenciál. Nelze jednoznačně tvrdit, že určitá varianta je nejlepší k post-těžební obnově krajiny, práce však předkládá praktické informace umožňující v budoucnu zvolit správnou variantu a postupy v různých podmínkách a situacích, a poukazuje na možné chyby a jejich důsledky. Hlavní zjištění vyplývají ze zodpovězených cílů práce:

### 1) VLIV LISTNATÉ PŘÍMĚSI NA PRODUKCI BOROVÝCH POROSTŮ

Prokazatelně rozdílné porostní zásoby měla porostní skupina s příměsí lípy s nejvyšší zásobou 353 m<sup>3</sup>/ha a skupina s příměsí buku s nejnižší zásobou 221 m<sup>3</sup>/ha. Ovšem porostní skupina bez příměsí měla zásobu srovnatelnou se skupinou s příměsí lípy. Dá se tedy říci, že příměs produkci ovlivňuje, avšak ne vždy oproti monokultuře pozitivně.

### 2) VLIVU LISTNATÉ PŘÍMĚSI NA STRUKTURU A STABILITU BOROVÝCH POROSTŮ

Přestože všechny zkoumané porostní skupiny byly založeny ve stejném sponu 1 x 1 m, při smíšení v poměru 1:1, tj. 50% listnaté a 50% jehličnaté dřeviny a v žádné z nich nebyl prováděn žádný výchovný zásah, jejich struktura se po 40 letech růstu výrazně lišila a měla zásadní vliv na růst, produkci a stabilitu porostu. Lípa vytvořila souvislou spodní etáž, skupina s příměsí buku byla rozvolněná světlinami, buk tvořil pod borovicí

skupiny. Především zanedbanou výchovou byla snížena celková stabilita ve všech porostních skupinách, a tím i zásadním způsobem ovlivněna celková produkce. Přesto výsledky ukazují, že porosty s příměsí buku a jasanu mají tendenci samovolně tvořit nižší, tedy stabilnější porosty oproti ostatním porovnávaným skupinám.

### 3) VLIV LISTNATÉ PŘÍMĚSI NA PŘÍRŮST BOROVICE

Byl prokázán pomalejší výškový vývoj v raných stádiích porostní skupiny s příměsí buku oproti ostatním skupinám, dále vykazující vyšší variabilitu tloušťkového přírůstu způsobenou především vytvořenou diferencovanou a rozvolněnou strukturou porostu. Všechny skupiny vykazovaly podobný trend přírůstu.

### 4) VLIV LISTNATÉ PŘÍMĚSI NA TOLERANCI BOROVICE K OBDOBÍ SUCHA

Rozdíl v toleranci smíšených porostních skupin vůči suchému období nebyl statisticky prokázán. Listnatá příměs tedy ve zkoumaném případě přírůst borovice při výraznějších klimatických výkyvech neovlivňuje. Ze zkoumaných listnatých dřevin je z hlediska vlhkostních nároků nejméně tolerantní buk, proto není na nížinných lokalitách rekultivovaných ploch příliš vhodný.

### 5) ZHODNOCENÍ EKOLOGICKÉHO POTENCIÁLU NA REKULTIVOVANÝCH PLOCHÁCH

Zásadním ekologickým požadavkem kladeným na rekultivované plochy je schopnost obnovy půd. Na tvorbu půdy má zásadní vliv opad listnatých dřevin. Nejméně vhodné se proto zdají borové porosty bez příměsí, kde opad může mít až degradační účinky na půdu. Na základě vhodnosti opadu a mocnosti organických horizontů požadavku na tvorbu půdy nejlépe vyhovují porostní skupiny s příměsí lípy, případně skupinovitě míšení s příměsí jasanu.

Diversita porostů související se strukturou a stabilitou porostů byla nejvyšší u porostní skupiny s lípou, kde byl vysoký podíl listnaté dřeviny. U skupin s jasanem a bukem byla nižší z důvodu struktury porostu, kdy jasan tvořil skupinovitě smíšení, a stanovištních podmínek, kdy buk na vlhčím stanovišti měl vyšší podíl. Skupina bez příměsí jako monokultura má diversitu nulovou. Nejnižší pokryvnosti a diversity spodního patra dosahovala porostní skupina s příměsí lípy, kvůli zástinu způsobenému zapojenou druhou etáží listnaté dřeviny. Ostatní skupiny dosahovaly shodně vyšších výsledků, a ve skupině bez příměsí docházelo v jako jediné k přirozenému zmlazování klimaxových dřevin dané vhodnými světlostními podmínkami.

Na lokalitě se vyskytovaly i vzácné druhy bylin. *Moneses uniflora* a *Neottia nidus-avis* naznačují, že i na lesnicko obnovených lokalitách je možné docílit návratu vzácných druhů, což při ponechání obnovy samovolné sukcese je i přes druhovou pestrost možné

až v pozdních vývojových stádiích, kdy se ekosystém přibližuje klimaxovému stadiu lesa. Proto by mělo docházet ke kombinaci metod obnovy krajiny, a tím zvýšení druhové i prostorové pestrosti celé obnovované lokality.



## 7 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Cílem lesnických rekultivací je dosažení funkčního lesního ekosystému na lokalitách postižených těžební činností, za současného naplnění produkčních i mimoprodukčních funkcí lesa. Výsypka Antonín představuje více jak 40 let po ukončení těžby pestrou a jedinečnou mozaiku lesnických rekultivací, a poskytuje tak příležitost k porovnání úspěšnosti využití různých druhů dřevin a jejich směsí v obnově krajiny postižené rozsáhlou těžební činností. Ve zkoumaných porostech se jako ekonomická dřevina uplatňuje borovice lesní v monokulturách či doplněná různou příměsí melioračních dřevin. Pěstování především smíšených borových porostů na podobných lokalitách lze dle výsledků jedině doporučit. S ohledem na současnou diferencovanou strukturu zkoumaných porostních skupin, které byly založeny stejnými postupy a za obdobných stanovištních podmínek, se jako nejvhodnější jeví struktura borových porostů s příměsí lípy, které se vyznačují nejvyšším produkčním, půdotvorným a ekologickým potenciálem dvou etází. Z hlediska stability nebo diverzity bylinného patra se však jako vhodnější jeví jiné varianty příměsí. Je důležité především pochopit zákonitosti růstu a formování struktury jednotlivých směsí a zvolit kombinaci podle stanovených požadavků.

Práce odhalila a potvrdila dva důležité faktory, které pěstování porostů na výsypce zásadně ovlivňují. Jedná se o zanedbání výchovy porostních skupin a limitující přísun vody. Stabilita porostních skupin byla na všech stanovištích výrazně narušena, při disturbanci hrozí jejich zhroucení. Z důvodu poměrně živinově bohatého půdního substrátu a celkem vysokých bonity stanoviště bylo vhodné provést včasné výchovné zásahy ve věku 10 až 30 let, které mohly výrazně ovlivnit další formování porostů především ve prospěch stability, diverzity a produkce porostních skupin. U porostních skupin bez příměsí by bylo při obnově porostu nebo případných nahodilých těžbách možné pracovat s vyskytující se přirozenou druhově pestrou obnovou listnatých dřevin, k dosažení přirozené druhové skladby porostu s podílem produkčních dřevin.

Nedostatečná dostupnost vody je limitujícím faktorem na mnoha přírodních i antropogenních stanovištích. Suché roky zásadně ovlivnily tloušťkové přírůsty borovice na všech zkoumaných porostních skupinách, bez ohledu na jejich druhové složení, strukturu či další zkoumané veličiny. Práce prokázala, že volba vhodných směsí dřevin pro lesnické rekultivace může výrazně ovlivnit průběh obnovy post-těžebních lokalit, zároveň však zdůrazňuje zásadní význam vody a potřebu zachování vodního režimu v krajině.

## 8 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

- AGRICOLA, G. *De Re Metallica Libri XII*. Basile: [s. n.] : 1556. 672 s.
- AGRICOLA, G. *De Re Metallica Libri XII*. Přeložil H. C. HOOVER a L. H. HOOVER. New york : Courier Corporation, 2013. 672 s.
- AMBROS, Z. *Charakteristiky skupin typů geobiocénů ČSFR: Charakteristiken der Gruppen von Geobiozönotypen in der ČSFR = The characteristic of groups of geobiocene types in the ČSFR*. Brno : Vysoká škola zemědělská, 1991. 94 s.
- ASSMANN, E. *The principles of forest yield study: studies in the organicproduction, structure, increment and yield of forest stands*. Oxford : Pergamon PressLtd. 1970. 520 s.
- BAETEN, G.; SWYNGEDOUW, E.; ALBRECHTS, L. Politics, institutions and regional restructuring processes: from managed growth to planned fragmentation in the reconversion of Belgium's last coal mining region. *Regional Studies*. 1999, vol. 33, no. 3, s. 247-258.
- BANAEV, E. V.; BAŽANT, V. Study of natural hybridization between *Alnus incana* (L.) Moench. and *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *Journal of Forest Science*. 2007, vol. 53, no. 2, s. 66 - 73.
- BAŽANT, V. *Růstové vlastnosti dřevin na výsypkových stanovištích Mostecké pánve (Severočeské hnědouhelné pánve)*. Praha : ČZU, 2010. 118 s.
- BAŽANT, V.; JANEČEK, V. Vliv klimatických faktorů na přírůsty dřevin výsypkových stanovišť mostecké pánve. *Úroda*. 2011, vol. 59, no. 10, s. 716-725.
- BERAN, P. (ed.). *Sokolovsko ... nejen vzpomínky = Sokolover Land ... nicht nur Erinnerungen = Sokolov Region ... more than just a Memory*. Sokolov: Okresní muzeum a knihovna, Vyd. 1. Sokolov: Okresní muzeum a knihovna, 1999. 234 s.
- BERAN, P.; SUČEK, P.; TOMÍČEK, R. *Ukončení těžby a úpravy Sn, W rud na závodě Stannum, Rudné doly Příbram s. p. k lednu 1991*. Sokolov : Okresní muzeum, 1996. 47 s.
- BERRY, M. A.; SUNELL A. L. The infection process and nodule development. In SCHWINTZER, C. R.; TJEPKEMA, J. D. (eds.). *The Biological of Frankia and actinorhizal plants*. San Diego : Academic Press, Inc.,1990, s. 61 – 81.
- BIČÍK, I. *Hospodářský zeměpis: globální geografické aspekty světového*. Praha : Nakladatelství České geografické společnosti, 2003. 96 s.
- BILLAMBOZ, A. Dealing with heteroconnections and short tree-ring series at different levels of dating in the dendrochronology of the Southwest German pile-dwellings. *Dendrochronologia*. 2008, vol. 26, no. 3, s. 145-155.

- BIONDI, F.; QEADAN, F. A theory-driven approach to tree-ring standardization: defining the biological trend from expected basal area increment. *Tree-Ring Research*. 2008, vol. 64, no. 2, s. 81-96.
- BLAHUŠ, P. Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česká kinantropologie*. 2000, vol. 4, no. 2, s. 53-71.
- BRAUN-BLANQUET, J. *Plant sociology, the study of plants communities*. London : Hafner Pub., 1965. 439 s.
- BÄRUNING, A. Dendroclimatological potential of drought-sensitive tree stands in southern Tibet for the reconstruction of monsoonal activity. *Iawa Journal*. 1999, vol. 20, no. 3, s. 325-338.
- BUNN, A. G. Statistical and visual crossdating in R using the dplR library. *Dendrochronologia*. 2010, vol. 28, no. 4, s. 251-258.
- BURIÁNEK, V. *Metodické postupy hodnocení přízemní vegetace v lesních ekosystémech: certifikovaná metodika*. Strnady : Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2013. 23 s.
- BURKHARDT, J.; DRECHSEL, P. The synergism between SO<sub>2</sub> oxidation and manganese leaching on spruce needles - A chamber experiment. *Environmental Pollution*. 1997, vol. 95, no. 1, s. 1-11.
- BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. *Modeling forest trees and stands*. [S. l.] : Springer Science & Business Media, 2012. 457 s.
- CANULLO, R.; STARLINGER, F.; GRANKE, O.; FISCHER, R.; AAMLID, D.; NEVILLE, P. Assessment of ground vegetation. Manual part VII:1. In: ICP Forests. *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Hamburk : UNECE, ICP Forests Programme Coordinating Centre, 2011, s. 1-15.
- CARLISLE, A.; BROWN, A. H. F. *Pinus Sylvestris* L. *Journal of Ecology*. 1968, vol. 56, no. 1, s. 269-307.
- CEJPEK, J.; KURÁŽ, V.; FROUZ, J. Vodní režim rekultivovaných a nerektivovaných výsypek. *Acta Environmentalica universitatis comeniana (Bratislava)*. 2011, vol. 19, no. 1, s. 52 - 55.
- Cohen, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 4. vyd. New York : Academic Press, 1988. [474] s.
- CONLIN, M.; JOLLIFFE, L. What Happens When Mining Leaves? In: CONLIN, M.; JOLLIFFE, L. (eds.). *Mining Heritage and Tourism : A Global Synthesis*. London and New York, Routledge, 2011, 254 s.

- COOK, E. R.; KAIRIUKSTIS, L. A. (eds.). *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Boston: Kluwer academic publishers, 1990. 394 s.
- ČERMÁK, P.; DEDERA, F.; KOHEL, J. *Rekultivace ploch devastovaných těžbou nerostných surovin v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru: metodika*. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2002. 88 s.
- ČERMÁK, P.; ONDRÁČEK, V. *Stanovištní a rhizologické vlastnosti dřevin využívaných při zalesňování výsypek severočeské hnědouhelné pánve: metodika*. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2009. 57 s.
- ČERNÝ, M.; PAŘEZ, J.; MALÍK, Z. *Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub)*. Praha : IFER, 1996. 245 s.
- ČESKO. Česká národní rada. Zákon č. 334/1992 ze dne 12. . 1992 o ochraně zemědělského půdního fondu. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1994, částka 68. Dostupné také z WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-334>.
- ČESKO. MZE. Vyhláška č. 84/1996 ze dne 19. 4. 1996 o lesním hospodářském plánování In *Sbírka zákonů České republiky*. 1996, částka 28. Dostupné také z WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-84>.
- ČESKO. MŽP. Vyhláška č. 13/1994 ze dne 24. 1. 1994, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1994, částka 4. Dostupné také z WWW: [http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni\\_uplna-zneni\\_vyhlaska-1994-13.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-1994-13.html).
- ČESKO. MŽP. Vyhláška č. 395/1992 ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1992, částka 80. Dostupné také z WWW: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=40122&nr=395~2F1992&rpp=15#local-content>.
- ČHMI. Územní teploty [online]. Praha : Český hydrometeorologický ústav, [2015] [cit. 2016-02-06]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>
- ČSN ISO 10390. *Kvalita půdy – Stanovení pH*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 12 s.
- ČSSR. Federální shromáždění Československé socialistické republiky. Zákon ze dne 19. dubna 1988 o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). In *Sbírka zákonů České republiky*. 1990, částka 8. Dostupné také z WWW: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1988-44>.

- ČVANČERA, F. *Zemědělská výroba v číslech*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1962. 771.
- DA VINCI, L.; GUGLIELMO, M.; DE ROSSI; GHERERDO, G. *Trattato della Pittura*. Rome : [s. n.], 396 s.
- DIEKMANN, M. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. *Basic and applied ecology*. 2003, vol. 4, no. 6, s. 493-506.
- DIELER, J.; PRETZSCH, H. Morphological plasticity of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in pure and mixed-species stands. *Forest Ecology and Management*. 2013, no. 295, s. 97-108.
- DIMITROVSKÝ, K. *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolov : Sokolovská uhelná, 2001. 191 s.
- DIMITROVSKÝ, K.; KOZÁK, J.; VACEK, O. *Posouzení obsahu rizikových prvků (těžkých kovů) ve vzorcích půd z lokality Smolnická výsypka: Studie*. Praha : Výzkumný ústav mlékárenský, 1996. s. [100].
- DIMITROVSKÝ, K.; MODRÁ, B.; PROKOPOVÁ, D. Produkční a mimoprodukční význam antropogenních substrátů na výsypkách sokolovské uhelné pánve. *Zpravodaj hnědé uhlí*. 2010, vol. 4, no. 1, s. [32-41].
- DIMITROVSKÝ, K.; VESECKÝ, J. *Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1989. 132 s.
- DIMITROVSKÝ, K.; VESECKÝ, J. Vliv lesních porostů na tvorbu půdy na výsypkách. *Lesnictví*. 1969, no. 6, s. 539-558.
- DISHMAN, R. K.; BUCKWORTH, J. Increasing physical activity: a quantitative synthesis. *Medicine and science in sports and exercise*. 1996, vol. 28, no. 6, s. 706-719.
- DOBROWOLSKA, D.; HEIN, S., OOSTERBAAN, A.; WAGNER, S.; CLARK, J.; SKOVGAARD, J. P. *A review of European ash (*Fraxinus excelsior* L.): implications for silviculture*. Forestry, 2011. [s. n.].
- DOUGLASS, A. E. Notes on the technique of tree-ring analysis, III: Charcoal treatment. *Tree-Ring Bulletin*. 1941, vol. 8, no. 2, s. 10-16
- DRAGOUN, L.; STOLARIKOVÁ, R.; MERGANIČ, J.; ŠÁLEK, L.; KRYKORKOVÁ, J. Porovnání vlivu příměsí na růstové veličiny, strukturu a stabilitu porostu borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na antropogenních půdách sokolovského regionu / Influence of admixed tree species on growth, structure and stability of Scots pine stands on anthropogenic soils of the Sokolov region. *Forestry Journal*. 2015, vol. 61, no. 1, s. 44-51.
- DUCEY, M. J.; KNAPP, R. A. A stand density index for complex mixed species forests in the northeastern United States. *Forest ecology and management*. 2010, vol. 260, no. 9, s. 1613-1622.

- DUCHOŇ, F.; HAMPL, J. *Agrochemie*. Praha : Československá akademie zemědělských věd, 1962. 431 s.
- DUŠEK, D.; SLODIČÁK M.; NOVÁK J. Experiment s porostní výchovou borovice lesní – Strážnice II (1962). *Zprávy lesnického výzkumu*. 2010, vol. 55, no. 2, s. 78-84.
- DUŠEK, D.; SLODIČÁK M.; NOVÁK J. Experimenty s výchovou borovice lesní na Jižní Moravě – Strážnice I a Strážnice III. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2011, vol. 56, no. 4, s. 283-290.
- ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULIßEN, D. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. (Scripta Geobotanica. Band. 18)*. 4 vyd. Göttingen : [s. n.], 2001. 262 s.
- EPSTEIN, E. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. Sunderland : Sinauer Associates, 2005, str. 400 s.
- ERIKSEN, J.; MURPHY, M. D.; SCHNUG, E. The soil sulphur cycle. In: SCHNUG, E. (ed.). *Sulphur in agroecosystems*. Dordrecht : Kluwer Academic, 1998, s. 39–73.
- EU. Evropská komise. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 709/2010 ze dne 22. července 2010, kterým se mění nařízení Rady (ES) č. 338/97 o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi. In *Ústřední věstník Evropské unie*. 2010. Dostupné také z WWW: <http://www.ochranaprirody.cz/res/archive/108/014880.pdf?seek=1373450952>.
- FABRIKA, M.; PRETZSCH, H. *Analýza a modelovanie lesných ekosystémov*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011. 599 s.
- FECENKO, J.; LOŽEK, O. *Výživa a hnojenie poľných plodín*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2000. 452 s.
- FLEMING, H. F. *Der vollkommene deutsche Jäger. Svazek I*. Leipzig : [s. n.], 1719. 350 s.
- FORD, D. E. What do we need to know about forest productivity and how can we measure it? In: BALLARD, R., GESSEL, S.P. (eds.), *IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity*. Portland : Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-163, 1982, s. 2–12.
- FRITTS, H. C. *Reconstructing large-scale climatic patterns from tree-ring data*. Tucson : University of Arizona Press, 1991. 283 s.
- FRITTS, H. C. *Tree-rings and climate*. London : Academic, 1976. 576 s.
- FRITTS, H. C.; VAGANOV E. A.; SVIDERSKAYA I. V.; SHASHKIN A. V. Climatic variation and tree-ring structure in conifers: empirical and mechanistic models of tree-ring width, number of cell, cell size, cell-wall thickness and wood density. *Climate Research*. 1991, vol. 1, no. 14, s. 97–116

- FROUZ, J. Rozvoj půd jako základní předpoklad obnovy ekosystémových služeb na těžce disturbovaných plochách. *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae (Bratislava)*. 2011 vol. 19, no. 1, s. 66–70.
- FROUZ, J.; PIŽL, V.; TAJOVSKÝ, K. The effect of earthworms and other saprophagous macrofauna on soil microstructure in reclaimed and un-reclaimed post mining sites in Central Europe. *European Journal of Soil Biology*. 2007b, vol. 56, no. 1, s. 184–189.
- FROUZ, J.; PÖPPERL, J.; PŘIKRYL, I.; ŠTRUDL, J. *New Landscape Design in the Region of Sokolov*. Sokolov: Sokolovská uhelná a.s., 2007a. 26 s.
- FROUZ, J.; PRACH, K.; PIŽL, V.; HÁNĚL, L.; STARÝ, J.; TAJOVSKÝ, K.; MATERN, J.; BALÍK, V.; KALČÍK J.; ŘEHOUNKOVÁ, K. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology*. 2008, vol. 44, no. 1, s. 109-121.
- GALLOWAY, J. N.; NORTON, S. N.; CHURCH, M. R. Freshwater acidification from atmospheric deposition: a conceptual model. *Environmental Science & Technology*. 1983, vol. 17, no. 11, s. 541-545.
- GERŠL, M.; GERŠLOVÁ, E.; FINDURA, P.; MAREČEK, J. Využití terénního rentgenofluorescenčního spektrometru pro analýzu organominerálních maticí. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*. 2014, vol. 21, no. 1-2, s. 90-93.
- GEßLER, A.; KEITEL, C.; KREUZWIESER, J.; MATYSSEK, R.; SEILER, W.; RENNENBERG, H. Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate. *Trees*. 2007, vol. 21, no. 1, s. 1-11.
- GRULICH, V. Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. *Preslia*. 2012, vol. 84, no. 3, s. 631-645.
- GRYNDLER M. Ekomykorhizní symbióza. Praha : Academia, 2005. 366 s.
- GRYNDLER M. Mykorhizní symbióza. Praha : Academia, 2004. 368 s.
- GUPTA, D. K.; INOUHE, M.; RODRÍGUEZ-SERRANO, M.; ROMERO-PUERTAS, M. C.; SANDALIO, L. M. Oxidative stress and arsenic toxicity: Role of NADPH oxidases. *Chemosphere*. 2012, Vol. 90, no. 6, s. 1987-1996.
- HAGEN-THORN, A.; CALLESEN, I.; ARMOLAITIS, K.; NIHLGARD, B. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*. 2004, vol. 195, no. 3, s. 373–384.
- HAGERBERG, D.; THELIN, G.; WALLANDER, H. The production of ectomycorrhizal mycelium in forests: Relation between forest nutrient status and local mineral sources. *Plant and Soil*. 2003, vol. 252, no. 2, s. 279-290.

- HALL, G. E. M.; BONHAM-CARTER, G. F.; BUCAR, A. Evaluation of portable X-ray fluorescence (pXRF) in exploration and mining: Phase 1, control reference materials. *Geochem. Explor., Environ. Anal.* 2014, vol. 14, no. 2, s. 99-123.
- HARFST, J.; BIEBERSTEIN, C.; WIRTH, P. *Regional Profile Report*. Dresden : Output 3.1.3 2009. [200] s.
- HARFST, J.; LINTZ, G.; WIRTH, P. *Structural change in former mining regions – Identifying potentials and building capacities. Vulnerability, Risk and Complexity: Impacts of Global change on Human Habitats*. Göttingen : Advances in People-Environment Studies, 2012. [300] s.
- HARGUINDEGUY, N. P.; BLUNDO, C. M.; GURVICH, D. E.; DÍAZ, S.; CUEVAS, E. More than the sum of its parts? Assessing litter heterogeneity effects on the decomposition of litter mixtures through leaf chemistry. *Plant and Soil*. 2008, vol. 303, no. 1-2, s. 151-159.
- HÄTTENSCHWILER, S.; GASSER, P. Soil animals alter plant litter diversity effects on decomposition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005, vol. 102, no. 5, s. 1519–1524.
- HEJNÝ, S.; SLAVÍK, B.; HROUDA, L.; SKALICKÝ, V. (eds.). *Květena České republiky. 2*. Praha : Academia, 1990. 540 s.
- HEJNÝ, S.; SLAVÍK, B.; CHRTEK, J.; TOMŠOVIC, P.; KOVANDA, M. (eds.). *Květena České socialistické republiky. 1*. Praha : Academia, 1988. 557 s.
- HEJNÝ, S.; SLAVÍK, B.; KIRSCHNER, J.; KRŘISA, B. (eds.). *Květena České republiky. 3*. Praha : Academia, 1992. 542 s.
- HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. Praha : Portál, s.r.o., 2004. 584 s.
- HENDL, J. *Přehled statistických metod*. Praha : Portál, s.r.o., 2015. 736 s.
- HOLMES, R. L. Computer assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*. 1983, vol. 43, no. 1, s. 69–78
- Hommel, P. W. F. M.; Waal, R. W. Rijke bossen op arme bodems. Alternatieve boomsoortenkeuze verhoogt soortenrijkdom ondergroei op verzuringgevoelige gronden. *Landschap*. 2003, vol. 20, no. 4, s. 193–204.
- HORÁČEK, P. *Dynamika radiálního růstu smrku ztepilého (Picea abies L. /Karst/) v závislosti na ekologických podmínkách. Disertační práce*. Brno : Mendelova lesnická a zemědělská univerzita, 1994. 131 s.
- HUGHES, M.; KELLY, P. M.; PILCHER, J. R.; LAMARCHE, V. C. *Climate from tree rings*. Cambridge : Cambridge University Press. 1982
- HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW, J. A. Jr. *Forest Mensuration*. 4 vyd. Hoboken (New Jersey) : John Wiley & Sons, 2003. 456 s.



- HUSS, J. Durchforstungen in Kiefernjungbeständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*. 1984, vol. 102, no. 1, s. 1-17.
- HYNYNEN, J.; REPOLA, J.; MIELIKÄINEN, K. The effect of species mixture on the growth and yield of mid-rotation mixed stands of Scots pine and silver birch. *Forest Ecology and Management*. 2011, vol. 262, no. 7, s. 1174–1183.
- CHAPMAN, S. K.; KOCH, G. W. What type of diversity yields synergy during mixed litter decomposition in a natural forest ecosystem? *Plant Soil*. 2007, vol. 299, no. 7, s. 153–162
- CHEN, Z.; ZHANG, X.; HE, X.; DAVI, N. K.; CUI, M.; PENG, J. Extension of summer (June–August) temperature records for northern Inner Mongolia (1715–2008), China using tree rings. *Quaternary International*. 2013, vol. 283, no. 1, s. 21-29.
- CHERUBINI, P.; DOBBERTIN, M.; INNES, J. L., Potential sampling bias in long-term forest growth trends reconstructed from tree rings: A case study from the Italian Alps. *Forest Ecology and Management*. 1998, vol. 109, no. 1, s. 103-118
- CHMIELEWSKI, F. M.; RÖTZER, T. Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Climate research*. 2002, vol. 19, no. 3, s. 257-264,
- CHRISTENSEN, M.; HAHN, K.; MOUNTFORD, E. P.; ÓDOR, P.; STANDOVÁR, T.; ROZENBERGAR, D.; DIACI, J.; WIJDEVEN, S.; MEYER, P.; WINTER, S.; VRŠKA, T. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*. 2005, vol. 210, no. 1, s. 267-282
- INNOV-X SYSTEMS. *Instruction manual, Innov-X alpha series X-ray fluorescence spectrometers : version 2.1*. Woburn : Innov-X Systems, 2005. 83 s.
- JACOB, M.; VIEDENZ, K.; POLLE, A.; THOMAS, F. M. (2010). Leaf litter decomposition in temperate deciduous forest stands with a decreasing fraction of beech (*Fagus sylvatica*). *Oecologia*. 2010, vol. 164, no. 4, s. 1083-1094.
- JISKRA, J. *Johann David Edler von Starck a jeho podíl na rozvoji hornictví a průmyslu v západních a severozápadních Čechách koncem 18, a 19, století*. Sokolov : Krajské muzeum Sokolov, 2005. 238 s.
- JISKRA, J. *Z historie uhelného hornictví na Sokolovsku, Chebsku a Karlovarsku*. Sokolov : Repropag, 1993. 325 s,
- JISKRA, J. *Z historie uhelných lomů na Sokolovsku: od Johanna Davida Edler von Starcka po Sokolovskou uhelnou, a. s.* Sokolov: Sokolovská uhelná, 1997. 206 s.
- JISKRA, J.; MÜLLER, M. *Svatava, z historie význačné hornické a průmyslové obce*. Svataava : Obec Svataava, 2005. 227 s.

- JUODVALKIS, A.; KAIRIUKSTIT, L.; VASILIAUSKAS, R.. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania. *European Journal of Forest Research*. 2005, vol. 124, no. 3, s. 187-192.
- JUREČKOVÁ, J.; PICEK, J. Shapiro–Wilk-type test of normality under nuisance regression and scale. *Computational Statistics & Data Analysis*. 2007, vol. 51, no. 10, s. 5184-5191.
- KÄFER, J.; WITTE, J. P. M. Cover-weighted averaging of indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science*. 15: 2004, vol. 15, no. 5, s. 647-652.
- KÁŇÁK, J.; NÁROVCOVÁ, J. Proměnlivost borovice lesní. [Genetic variability of the Scotch pine]. *Lesnická práce*. 2004, vol. 84, no. 8, s. 422 - 423.
- KANTOR, P. Hydrické účinky smrku a buku v zimních obdobích. *Práce Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti*. 1981, vol. 58, no. 1, s. 153–176.
- Khan, T. O. *Forest soils: properties and management*. [S.l.] : Springer, 2013. 217 s.
- KILBRIDGE, C.; POOLE, J.; HUTCHINGS, T. R. A comparison of Cu, Pb, As, Cd, Zn, Fe, Ni and Mn determined by acid extraction/ ICP–OES and ex situ field portable X-ray fluorescence analyses. *Environmental Pollution*. 2006, vol. 143, no. 1, s. 16–23.
- KOHEL J., 1997: Zemědělská rekultivace výsypek a problematika hodnocení vytvořených antropogenních půd. In *Sborník referátů z konference 45 let české rekultivační školy*. Most. Most, 1997. s. 122 – 124.
- KÖCHER, P.; GEBAUER, T.; HORNA, V.; LEUSCHNER, C. Leaf water status and stem xylem flux in relation to soil drought in five temperate broad-leaved tree species with contrasting water use strategies. *Annals of Forest Science*. 2009, vol. 66, no. 1, s. 101-112.
- KONIAS, H.; MOTT, J. Dosavadní výsledky meliorace degradovaných lesních půd pod borovými porosty na diluviálních písčích v Opočně. *Československý les*. 1951, vol. 31, no. 19, s. 419 - 420.
- KOPÁČKOVÁ, V.; CHEVREL, S.; BOURGUIGNON, A.; ROJÍK, P. Využití spektroradiometrických měření pro identifikaci kyselých zvětralinových substrátů – studie ze Sokolovské pánve. In *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2008*. Praha : Česká geologická služba, 2009, str. 276 – 282.
- KOUTSKÝ, J.; SLAH O.; BORUTA, T. *Restructuring Economies of Old Industrial Regions– Local Tradition, Global Trends*. Ostrava : University of Ostrava, 2011, s. 166-173.
- KOZLOWSKI, T. T. (ed). *Water deficits and plant growth*. 1 vyd. New York : Academic, 1968. 398 s.
- KRAMER, P. D.; KOZLOWSKI, T. T. *The physiology of trees (in Russian, translation from English)*. Moscow : Lesnaya Promishlennost, 1983. 464 s.

- KRIŽO, M.; KRIŽOVÁ, E.; BIES, R.; VIEWEGH, J. Atlas rostlin [online]. Praha : ČZU, 1996 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z WWW: <http://botanika.unas.cz/dok/atlas.htm>
- KRYKORKOVÁ, J. *Porovnání tloušťkových přírůstů lesních dřevin na antropogenních půdách*. Praha : ČZU, 2015, 50 s.
- KUBÁT K.; HROUDA L. Jr.; CHRTEK J.; KAPLAN Z.; KIRCHNER J.; ŠTĚPÁNEK J. (eds.). *Klíč ke květeně České republiky*. Praha : Academia, 2002. 927 s.
- KUCUK, U.; EYUBOGLU, M.; KUCUK, H. O.; DEGIRMENCIOGLU, G. Importance of using proper post hoc test with ANOVA. *International Journal of Cardiology*. 2016, vol. 209, no. 15, s. 346.
- KUKAL, Z.; REICHMANN, F. *Horninové prostředí České republiky - jeho stav a ochrana*. Praha : Český geologický ústav, 2000. 192 s.
- KUTÍLEK; M. Vliv humusu na hygrokopickou půdní vláhu. *Vodohospodářský časopis*. 1962, vol. 10, no. 3, s. 321-329
- LEPŠOVÁ; A. Les jako ektomykorhizní system. *Lesnická práce*. 2003, vol. 82, no. 1, s. 194-195.
- LHOTSKÝ J. Rekultivace a meliorace degradovaných lesních půd. In LHOTSKÝ J.(ed.). *Kultivace a rekultivace půd*. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 198 s.
- LHPROJEKT. Lesní hospodářský plán. Sokolov, Brno : LHProjekt a. s., 2011.
- LI, Y.; WANG, S.; NIU, J.; FANG, K.; CHAO, Y.; LI, X.; LI, Y. ree-ring-based reconstruction of drought variability (1792–2011) in the middle reaches of the Fen River, North China. *Dendrochronologia*. 2016, vol. 40, no. 1, s. 1-11.
- LIKENS, G. E.; DRISCOLL, C. T.; BUSO, D. C.; MITCHELL, M. J.; LOVETT, G. M.; BAILEY, S. W.; SICCAM, T. G.; REINERS, W. A.; ALEWELL. C. The biogeochemistry of sulfur at Hubbard Brook. *Biogeochemistry*. 2002, vol. 60, no. 3, s. 235-316.
- LINTZ, G.; WIRTH, P. Erfolgs faktoren der Sanierungund Entwicklung von Bergbauregionen. *GeoScape*. 2009, vol. 4, no. 1, s. 222–238.
- LIPOVSKÁ, Z. Strategic planning in the mining microregion Sokolov – East. In ŠKARPA, P. (ed.). *MendelNet 2011 – Proceedings of International Ph. D. Students Conference*. Brno : Mendel University in Brno, s. 495–510.
- LOMSKÝ, B.; NOVOTNÝ, R.; ŠRÁMEK, V. Nedostatečná výživa a imisní poškození – historie, ale i aktuální problém ovlivňující zdravotní stav lesa v ČR. *Zpravodaj ochrany lesa VÚLHM*. 2015, vol. 18, no. 1, s. 43-46.
- MACZKOWIACK, R. I.; SMITH, C. S.; SLAUGHTER, G. J.; MULLIGAN, D. R.; CAMERON, D. C. Grazing as a postmining land-use: A conceptual model of the risk factors. *Agricultural Systems*. 2012, vol. 18, no. 1, s. 76-89.

- MADSEN, P.; LARSEN, J. B., Natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica* L.) with respect to canopy density, soil moisture and soil carbon content. *Forest Ecology and Management*. 1997, vol. 97, no. 2, s. 95-105.
- MAES, N.; VAN VUURE, T. *De linde in Nederland: verspreiding, ecologie en toekomstmogelijkheden van de lindesoorten in Nederland en aangrenzende gebieden*. Stichting Kritisch Bosbeheer. Boxtel : Stichting kritisch bosbeheer, 1989. 166 s.
- MAGURRAN, A. E. *Measuring Biological Diversity*. Oxford : Blackwell Science, 2004. 688 s.
- MÄKINEN, E.; KORHONEN, M.; VISKARI, E. L.; HAAPAMÄKI, S.; JÄRVINEN, M.; LU, L. Comparison of XRF and FAAS methods in analysing CCA contaminated soils. *Water, Air & Soil Pollution*. 2005, vol. 171, no. 1-4, s. 95-110
- MAREK, L. (eds.). *Statistika v příkladech*. [S. l.] : Professional Publishing, 2013. 403 s.
- MAREŠ, F. Počátky uhlí v Čechách. *Časopis Společnosti přátel starožitností českých*. 1925, vol. 33, no. 55.
- MARGESIN, R.; SCHINNER, F. (eds.). *Manual for Soil Analysis - Monitoring and Assessing Soil Bioremediation*. Heidelberg : Springer Science & Business Media, 2014. 365 s.
- MAROT, Naja; HARFST, Jörn, Post-mining potentials and redevelopment of former mining regions in Central Europe – Case studies from Germany and Slovenia. *Acta geographica Slovenica*. 2012, vol. 52, no. 1, s. 99-119.
- MATZNER, E. Auswirkungen von Düngung und Kalkung auf den Elementumsatz und die Elementverteilung in zwei Waldökosystemen im Solling. *Allg. Forstz.* 1985, vol. 41, no. 1, s. 1143-1147.
- MCCARTNEY, K.; ROSENTHAL, R. Effect size, practical importance, and social policy for children. *Child Development*. 2000, vol. 71, no. 1, s. 173-180.
- MIKESKA, M.; VACEK, S. (eds.). *Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR*. Kostelec nad Č. L. : Lesnická práce, 2008. 448 s.
- MORAVEC, J. (eds.). *Fytocenologie*. Praha : Academia, 1994. 404 s.
- MORENO-JIMÉNEZ, E.; MANZANO, R.; ESTEBAN, E.; PEÑALOSA, J. The fate of arsenic in soils adjacent to an old mine site (Bustarviejo, Spain): mobility and transfer to native flora. *Journal of Soils and Sediments*. 2010, vol. 10, no. 2, s. 301-312.
- MOTTA, R.; NOLA, P.; PIUSSI, P. Structure and stand development in three subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in Paneveggio (Trento, Italy). *Global Ecology and Biogeography*. 1999, vol. 8, no. 6, s. 455-471.
- NAGENDRA, H. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography*. 2002, vol. 22, no. 2, s. 175-186.

- NATHAN, M.; WESTWOOD, A. *Submission to the Work & Pensions Select Committee*. London: The Work Foundation, 2002.
- NEUHÄUSLOVÁ, Z. (eds.). *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky*. Praha : Academia, 2001. 341s.
- NEUMANN, M.; STARLINGER, F. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest ecology and Management*. 2001, vol. 145, no. 1, s. 91-106.
- NGA. *Sborník přednášek a materiálů k 1. konferenci o hornické minulosti a budoucnosti regionu Slavkovského lesa*. Horní Slavkov : Nadace Georgia Agricolu, 1996.
- NORDÉN, U. Leaf litterfall concentrations and fluxes of elements in deciduous tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 1994, vol. 9, no. 1-4, s. 9-16.
- NOVOVIČOVÁ, J. *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1999. 154 s.
- NOŽIČKA, J. *Přehled vývoje našich lesů*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1957. 564 s.
- NRC. *Advancing the Science of Climate Change*. Washington : The National Academies Press, 2010, 526 s.
- OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. *Forest stand dynamics*. New York : John Wiley, 1996. 520 s.
- PACKHAM, J. R.; THOMAS, P. A.; ATKINSON, M. D.; DEGEN, T. Biological flora of the British Isles: *Fagus sylvatica*. *Journal of Ecology*. 2012, vol. 100, no. 6, s. 1557-1608.
- PECHAROVÁ, E.; SVOBODA, I.; VRBOVÁ, M. *Obnova jezerní krajiny pod Krušnými horami*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2011. 108 s.
- PELTOLA, H.; KELLOMÄKI, S.; HASSINEN, A.; GRANANDER, M. Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. *Forest Ecology and Management*. 2000, vol. 135, no. 1, s. 143–153.
- PEŘINA, V.; VINTROVÁ, E. Vliv opadu na humusové poměry borových porostů na pleistocenních písčích. *Lesnictví*. 1958, vol. 4, no. 8, s. 673 - 688.
- PEŠEK, J. (ed.) *Terciérní pánve a ložiska hnědého uhlí České republiky*. Praha : Česká geologická služba, 2010. [418] s.
- PIETRZYKOWSKI, M.; SOCHA, J. An estimation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) ecosystem productivity on reclaimed postmining sites in Poland (Central Europe) with using of allometric equations. *Ecological Engineering*. 2011, vol. 37, no. 2, s. 381-386.
- PIGOTT, C. D. Factors controlling the distribution of *Tilia cordata* Mill at the northern limits of its geographical range. *New Phytologist*. 1989, vol. 112, no. 1, s. 117-121.

- PIGOTT, C. D.; HUNTLEY, J. P. Factors controlling the distribution of *Tilia cordata* Mill. at the northern limits of its geographical range. III. Nature and cause of seed sterility. *New Phytologist*. 1981, vol. 87, no. 4, s. 817–839.
- PODRÁZSKÝ, V.; REMEŠ, J. Effect of forest tree species on the humus form state at lower altitudes. *Journal of Forest Science*. 2005, vol. 51, no. 1, s. 60–66.
- POKORNÝ, E.; ŠARAPATKA, B.; HEJÁTKOVÁ, K. *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku*. Náměšť nad Oslavou : Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007. 29 s.
- POLENO, Z.; VACEK, S. (eds.). *Pěstování lesů II. – Teoretická východiska pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2007. 463 s.
- POLENO, Z.; VACEK, S. (eds.). *Pěstování lesů III - Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2009. 952 s.
- POLLEY, H. Assessing the mechanical stability of forest trees on the basis of the German forest inventory. *Forst und Holz*. 1995, vol. 50, no. 19, s. 594–597.
- PÖPPERL, J. Rekultivační činnost. *Hornická Příprava ve vědě a technice* [online]. 2002 [cit.2016-02-03]. Dostupné z WWW: <http://slon.diamo.cz/hpvt/>.
- PORTÉ, A.; BARTELINK, H. H. Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management. *Ecological modelling*. 2002, vol. 150, no. 1, s. 141-188.
- PRACH, K.; PYŠEK, P., Using spontaneous succession for restoration of human disturbed habitats: experience from Central Europe. *Ecological Engineering*. 2001, vol. 17, no. 1, s. 55 – 62.
- PRETZSCH, H. Zum Einfluß des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. 1995, vol. 166, no. 9-10, s. 190–201
- PRETZSCH, H.; SCHÜTZE, G.; UHL, E. Resistance of European tree species to drought stress in mixed versus pure forests: evidence of stress release by inter-specific facilitation. *Plant biology*. 2012, vol. 15, no. 3, s. 483-495
- PRŮŠA, E. *Pěstování lesů na typologických základech*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2001. 593 s.
- RADOGLU, K.; DOBROWOLSKA, D.; SPYROGLOU, G.; NICOLESCU, V. N. A review on the ecology and silviculture of limes (*Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. and *Tilia tomentosa* Moench.) in Europe. *Die Bodenkultur*. 2009, vol. 90, no. 3, s. 7-17.
- RAKOUSKO-UHERSKO. Císař. Císařský patent č. 146/1854 ř.z. ze dne 23. května 1854 Obecný horní zákon. In *Říšský zákoník 1854, částka 146*. Dostupné také z WWW: <http://www.epravo.cz/vyhledavani-aspi/?Id=27&Section=1&IdPara=1&ParaC=2>.
- RAVENTÓS, J.; DE LUIS, M.; GRAS, M. J.; CUFAR, K.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; BONET, A.; SÁNCHEZ, J. R. Growth of *Pinus pinea* and *Pinus halepensis* as affected by dryness,

- marine spray and land use changes in a Mediterranean semiarid ekosystém. *Dendrochronologia*. 2001, vol. 19, no. 2, s. 211–220.
- REGENT. *WinDENDRO 2009 b, c, for tree-ring analysis : manual*. Canada : Regent Instruments Canada Inc., 2009, 134 s.
- REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density index for evenaged forests, *Journal of Agricultural Research*. 1933, vol. 47, no. 6-7, s. 27–638.
- RODWELL, J. S.; SCHAMINÉE, J. H. J.; MUCINA, L.; PIGNATTI, S.; DRING, J.; MOSS, D. *The diversity of European vegetation : an overview of phytosociological alliances and their relationships to EUNIS habitats*. Wageningen : National Reference Centre for Agriculture, Nature and Fisheries, 2002, 54 s.
- ROTHBAUER, I. (eds.). *Územní prognóza území dotčeného těžbou hnědého uhlí na Sokolovsku: Průzkum a rozbor*. Praha : Atelier T-plan, 2003. 188 s.
- ROTHER, A. *Einfluss des baumanteils auf Durchwurzelung, Wasserhaushalt, Stoffhaushalt und Zuwaschleistung eines Fichten-Buchen-Mischbestandes am Höglwald*. München : Forstlicher Forschungsbericht Nr. 163, 1997. 213 s.
- ROUILLON, M.; TAYLOR, M. P. Can field portable X-ray fluorescence (pXRF) produce high quality data for application in environmental contamination research? *Environmental Pollution*. 2016, vol. 214, no. 1, s. 255-264.
- ŘEHOUNEK J.; ŘEHOUNKOVÁ K.; PRACH K. (eds.). *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*. České Budějovice : Calla, 2010. 178 s.
- SEIDEL, D.; LEUSCHNER, C.; SCHERBER, C.; BEYER, F.; WOMMELSDORF, T.; CASHMAN, M. J.; FEHRMANN, L. The relationship between tree species richness, canopy space exploration and productivity in a temperate broad-leaf mixed forest. *Forest Ecology and Management*. 2013, vol. 310, no. 1, s. 366-374.
- Shannon, C. E.; Weaver, W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- Shaw, J. D., 2000: Application of stand density index to irregularly structured stands. *Western Journal of Applied Forestry*, 2000, vol. 15, no. 1, s. 40-42.
- SHAW, J. D.; LONG, J. N. Consistent definition and application of Reineke's stand density index in silviculture and stand projection. In JAIN, T.B.; GRAHAM, R. T.; SANDQUIST, J. (eds.). *Integrated management of carbon sequestration and biomass utilization opportunities in a changing climate*. Fort Collins (Colorado) : Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2010, s. 199-209.

- SCHMIDT, F. A. *Chronologisch-systematische Sammlung der Berggesetze der österreichischen Monarchie: Vom Jahre 1716 bis 1756, Svazek V. Vídeň* : Sollinger, 1833, 529 s.
- SCHOBER, R. *Die Lärche, eine ertragskundlich – biologische Untersuchung*. Hannover : Verlag Schaper, 1949. 285 s.
- SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest ecology and management*. 2000, vol. 138, no. 1, s. 335-356.
- SCHULZ, F.; WIEGLEB, G. Development options of natural habitats in a post-mining landscape. *Land Degradation & Development*. 2000, vol. 11, no. 2, s. 99-110.
- SCHWEINGRUBER, F. H. *Dendroökologische Holzanatomie*. Stuttgart : Paul Haupt, 2001. 472 s.
- SCHWEINGRUBER, F. H. *Der Jahrring, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie*. Stuttgart : Paul Haupt, 1983. 234 s.
- SCHWEINGRUBER, F. H. *Tree-Rings and Environment*. Heidelberg : Paul Haupt, 1996. 609 s.
- SCHWEINGRUBER, F. H. *Trees and wood in dendrochronology: morphological, anatomical, and tree-ring analytical characteristics of trees frequently used in dendrochronology*. Berlin : Springer Verleb, 1993.
- SCHWEINGRUBER, F. H.; BÖRNER, A.; SCHULZE, E. D. *Atlas of Stem Anatomy in Herbs, Shrubs and Trees*. Heidelberg : Springer, 2011. 495 s.
- SILVA-FLORES, R.; HERNÁNDEZ-DÍAZ, J. C.; WEHENKEL, C. Does community-based forest ownership favour conservation of tree species diversity? A comparison of forest ownership regimes in the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Forest Ecology and Management*. 2016, vol. 363, no. 1, s. 218-228.
- SINGH, R. S.; TRIPATHI, N.; HILLS, C. D. *Reclamation of Mine-impacted Land for Ecosystem Recovery*. John Wiley & Sons, 2016. 232 s.
- SKEFFINGTON, R. A.; SUTHERLAND, P. M. The effects of SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> fumigation on acid deposition and foliar leaching in the Liphook forest fumigation experiment. *Plant, Cell & Environment*. 1995, vol. 18, no. 3, s. 247-261.
- SKWIRA, M.; JAKÓBIK-KOLON, A.; CIBA, J. Mung bean response during immobilization of exchangeable aluminum in acidic soil. *Central European Journal of Chemistry*. 2012, vol. 10, no. 2, s. 300-304.
- SLAVÍK B., CHRTEK J. JR.; ŠTĚPÁNKOVÁ J. (eds.). *Květena České republiky*. 6. Praha : Academia, 2000. 770 s.



- SLAVÍK B.; CHRTEK J. JR.; TOMŠOVIC P. (eds.). *Květena České republiky. 5.* Praha : Academia, 1997. 568 s.
- SLAVÍK B.; SMEJKAL M.; DVOŘÁKOVÁ M.; GRULICH V. (eds.). *Květena České republiky. 4.* Praha : Academia, 1995. 529 s.
- SLAVÍK B.; ŠTĚPÁNKOVÁ J.; ŠTĚPÁNEK J. (eds.). *Květena České republiky. 7.* Praha : Academia, 2004. 768 s.
- SLODIČÁK, J.; NOVÁK, D.; DUŠEK, M. Výchova porostů borovice lesní a poškození sněhem. *Zprávy lesnického výzkumu.* 2013, vol. 58, no. 2, s. 147-157.
- SLODIČÁK, M. *Výchova porostů borovice lesní.* Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2013. 24 s.
- SMIRNOV, V. V. *Seasonal growth of the main species of trees (in Russian).* Moscow : Nauka, 1964. 167 s.
- SMOLOVÁ, I. *Těžba nerostných surovin na území ČR a její geografické aspekty.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. 195 s.
- SOUČEK, J.; A TESAŘ, V. Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2008. 37 s.
- SOUDEK, P., VÍCHOVÁ, L., VALENOVÁ, Š., PODLIPNÁ, R., MALÁ, J., & VANĚK, T. Arsen a jeho příjem rostlinami. *Chemické listy.* 2006, vol. 100, no. 1. s. 323–329.
- SPELLERBERG, I. F. Shannon–Wiener Index. In Jørgensen, S. E.; Fath B. D. *Encyclopedia of Ecology.* Oxford : Academic Press, 2008, s. 3249-325.
- SPIECKER, H.; HANSEN, J.; KLIMO, E.; SKOVSGAARD, J. P.; STERBA, H.; TEUFFEL, K. (eds.). *Norway Spruce Conversion – Options and Consequences.* Leiden: European Forest Institute Research Report, 2004. 320 s.
- SPOSITO, G. *The chemistry of soils.* New York: Oxford University Press, 2008. 329 s.
- STACE, C. *New Flora of the British Isles.* 3 vyd. Cambridge: Cambridge University Press 2010. 1266 s.
- STAMBAUGH, M. C.; GUYETTE, R. P.; MCMURRY, E. R.; COOK, E. R.; MEKO, D. M.; LUPO, A. R. Drought duration and frequency in the US Corn Belt during the last millennium (AD 992–2004). *Agricultural and Forest Meteorology.* 2011, vol. 151, no. 2, s. 154-162.
- STUDHALTER, R. A. Early history of crossdating. *Tree-Ring Bulletin.* 1956, vol. 21, no. 1, s. 31-35.
- STUDHALTER, R. A. Tree Growth. I. Some historical chapters. *Botanical Review.* 1955, vol. 21, no. 1, s. 1-72.

- SUBBURAYALU, S.; SYDNOR, T. D. Assessing street tree diversity in four Ohio communities using the weighted Simpson index. *Landscape and Urban Planning*. 2012, vol. 106, no. 1, s. 44-50.
- SVOBODA, P. *Křivoklátské lesy, dějiny jejich dřevin a porostů*. Praha : Kruh mladých českých botaniků, 1943. 228 s.
- SVOBODA; M. Struktura horského smrkového lesa v oblasti Trojmezí ve vztahu k historickému vývoji a stanovištním podmínkám. *Silva Gabreta*. 2005, vol. 21, no. 1, s. 43-62.
- ŠARAPATKA, B. *Pedologie*. 1. vyd. Olomouc : Univerzita Palackého, 1996. 235 s.
- ŠINDELÁŘ, J.; BERAN, F. *K některým aktuálním problémům pěstování douglasky tisolisté*. Jíloviště-Strnady : Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2004. 34 s.
- ŠMELKO, Š. *Biometrické zákonitosti rastu a přírastku lesných stromov a porastov*. Bratislava : Veda, 1982. 182 s.
- ŠMELKO, Š. *Základy určovania hrúbkového prírastku stromov a porastov*. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1965. 173 s.
- ŠMELKO, Š., SCHEER, L., PETRÁŠ, R., ĎURSKÝ, J., FABRIKA, M. *Meranie lesa a dreva*. Zvolen: Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH, 2002. 239 s.
- ŠOURKOVÁ, M.; FROUZ, J.; ŠANTRŮČKOVÁ, H. Accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus during soil formation on alder spoil heaps after brown-coal mining, near Sokolov (Czech Republic). *Geoderma*. 2005, vol. 124, no. 1, s. 203-214.
- ŠTĚPÁNKOVÁ J., CHRTEK J. JR., KAPLAN Z. (eds.). *Květena České republiky*. 8. Praha : Academia, 2010. 712 s.
- ŠTYKAR, J. *Lesnická fytoecologie a typologie*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, [255] s.
- TAEGER, S.; ZANG, C.; LIESEBACH, M.; SCHNECK, V.; MENZEL, A. Impact of climate and drought events on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenances. *Forest Ecology and Management*. 2013, vol. 307, no. 1, s. 30-42.
- TAYNIK, A. V.; BARINOV, V. V.; OIDUPAA, O. C.; MYGLAN, V. S.; REINIG, F.; BÜNTGEN, U. Growth coherency and climate sensitivity of *Larix sibirica* at the upper treeline in the Russian Altai-Sayan Mountains. *Dendrochronologia*. 2016, vol. 39, no. 1, s. 10-16.
- THEOPHRASTUS. *Enquiry into Plants* :1, Book I-V. New York: Loeb Classical Library, 1916, 512 s.
- THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. *Research methods in physical activity*. 4 vyd. Leeds : Human Kinetics, 2001. 449 s.
- TIBBETT, M. (ed.). *Mining in Ecologically Sensitive Landscapes*. [S. l.] : Csiro Publishing, 2015. 255 s.

- TOLSON, H. An adjunct to statistical significance:  $\omega^2$ . *Research quarterly for exercise and sport*. 1980, vol. 51, no. 3, s., 580-584.
- TOMÍČEK, R. *Těžba uranu v Horním Slavkově Sokolov*. Sokolov : Okresní muzeum, 2000. 294 s.
- ÚHÚL. *Hmotové tabulky – ÚLT*. Brandýs nad Labem: ÚHÚL, 1951.
- ÚHÚL. *Mapový portál* [online]. Dostupný z WWW: <http://geoportal.uhul.cz/OPRLMapNew/>.
- ÚHÚL. *Taxační průvodce*. Brandýs nad Labem: ÚHÚL, 1976, 27 s,
- VACEK, S.; SIMON, J. *Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2009. 792 s.
- VACCHIANO, G.; MOTTA, R.; LONG, J. N.; SHAW, J. D. A density management diagram for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.): A tool for assessing the forest's protective effect. *Forest Ecology and Management*. 2008, vol. 255, no. 7, s. 2542-2554.
- VAGANOV, E. A.; HUGES, M. K.; SHASHKIN, A. V. *Growth Dynamic of Conifer Tree Rings: Images of Past and Future Environments*. Heidelberg : Springer, 2006. 346 s.
- VAGANOV, E. A.; SHASHKIN, A. V.; SVIDERSKAYA, I. V.; VYSOTSKAYA, L. G. *Histometric analysis of woody plant growth (in Russian)*. Novosibirsk : Nauka, 1985. 102 s.
- VALÁŠEK, V. Alternativní možnosti optimalizace těžby hnědého uhlí v České republice. *Acta Montanistica Slovaca*. 1998, vol. 3, no. 1, s. 233–243.
- VALINGER, E; ELFVING, B; MÖRLING, T. Twelve-year growth response of Scots pine to thinning and nitrogen fertilisation. *Forest Ecology and Management*. 2000, vol. 134, no. 1, s. 45-53.
- Vandermeer, J. H.,: *The ecology of intercropping*. Cambridge : Cambridge University Press, 1992. 237 s.
- VANĚK, V. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha : Profi Press, 2007. 176 s.
- VAVŘÍČEK, D.; KUČERA, A. *Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně* Brno: Ústav geologie a pedologie Mendelovi univerzity v Brně, 2015. 214 s.
- VRÁBLÍKOVÁ, J.; BLAŽKOVÁ, M.; FARSKÝ, M.; JEŘÁBEK, M.; SEJÁK, J.; ŠOCH, M.; BERÁNEK, K.; JIRÁSEK, P.; NERUDA, M.; VRÁBLÍK, P.; ZAHÁLKA, J. *Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří, II. část. Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří*. Ústí nad Labem : Fakulta životního prostředí UJEP, 2008. 155 s.
- VRÁBLÍKOVÁ, J.; BLAŽKOVÁ, M.; FARSKÝ, M.; JEŘÁBEK, M.; SEJÁK, J.; ŠOCH, M. *Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří, I. část Přírodní a sociálně ekonomické charakteristiky disparit průmyslové krajiny v Podkrušnohoří*. Ústí nad Labem : Fakulta životního prostředí UJEP, 2008. 182 s.

- WALKER, L. R.; WILLIG, M. R. An introduction to terrestrial disturbances. In WALKER, L. R. (ed.). *Ecosystems of disturbed ground*. Amsterdam : Elsevier, 1999, s. 1–16.
- WALLANDER, H. Uptake of P from apatite by *Pinus sylvestris* seedlings colonised by different ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil*. 2000, vol. 218, no. 1-2, s. 249-256.
- WALLWORK, J. A. (ed.). *The Distribution and Diversity of Soil Fauna*. London, New York a San Francisco : Academic Press, 1976. 355 s.
- WARKENTIN, B., P. The changing concept of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1995, vol. 50, no. 3, s. 226-228.
- WELHAM, S. J.; GEZAN, S. A.; CLARK, S. J.; MEAD, A. *Statistical methods in biology: Design and analysis of experiments and regression*. [S. l.] : CRC Press, 2014. 608 s.
- WESEMAEL, B. *Soil organic matter in mediterranean forests and its implications for nutrient cycling and weathering of acid, low-grade metamorphic rocks*. Amsterdam : University of Amsterdam, 1992. 140 s.
- WESTHOFF, V. R; VAN DER MAAREL, E. The braun-blanquet approach. *Classification of plant communities*. Netherlands : Springer, 1978, s. 287-399.
- WHITLOCK, M. C.; SCHLUTER, D. *The Analysis of Biological Data*. [S. l.] : Roberts and Company Publishers, 2008. 700 s.
- WIMMER, R. Arthur Freiherr von Seckendorff-Gudent and the early history of tree-ring crossdating. *Dendrochronologia*. 2001, vol. 19, no. 1, s. 153-158.
- WIRTH, P.; ČERNIČ-MALI, B.; FISCHER, W. (eds.). *Post-Mining Regions in Central Europe – Problems, Potentials, Possibilities*. Munich : oekom verlag, 2012. 274 s.
- WMO. *World meteorological Organization : yr.no* [online]. 2016 [cit. 2016-11-08] Dostupné z WWW: yr.no.
- WOLFGANG, L. M.; LIEBESKIND, U.; GEIßLER F. *Statistik*. [S. l.] : Beltz Juventa, 2014. 240s.
- WOODALL, C. W.; MILES, P. D.; VISSAGE, J. S. Determining maximum stand density index in mixed species stands for strategic-scale stocking assessments. *Forest Ecology and Management*. 2005, vol. 216, no. 1, s. 367-377.
- ZAHNER, R. Water deficits and growth of trees. In KOZŁOWSKI, T. T. (ed.). *Water deficits and plant growth II*. Wisconsin : Academic Press, 1968, s. 191–254.
- ZAHNER, R.; OLIVER, W. W. The influence of thinning and pruning on the date of summerwood initiation in red and jack pines. *Forest Science*. 1962, vol. 8, no. 1, s. 51–63.
- ZAHRADNICKÝ, J.; MACKOVČIN, P. (eds.). Plzeňsko a Karlovarsko. In MACKOVČIN, P. A SEDLÁČEK, M. (eds.). *Chráněná území ČR, svazek XI*. Praha : AOPK ČR a EkoCentrum Brno, 2004, s. 418–444.

ZHU, J.; LI, X.; LIU, Z.; CAO, W.; GONDA, Y.; MATSUZAKI T. Factors affecting the snow and wind induced damage of a montane secondary forest in northeastern China. *Silva Fennica*. 2006, vol. 40, no. 1, s. 37–51.

ZLATNÍK, A. *Fytocenologie lesa*. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1963. 372 s.

## 9 PŘÍLOHY

### 9.1 SEZNAM PŘÍLOH

9.2	Seznam obrázků .....	94
9.3	Seznam tabulek.....	95
9.4	Seznam rovnic.....	96
9.5	Seznam zkratek.....	97
9.6	Mapa oblasti zájmu a lokace zkusných ploch.....	98
9.7	Geologická mapa sokolovské pánve.....	99
9.8	Výškové grafikony zkusných ploch .....	100
9.9	Úhrnné srážky a průměrná teplota .....	103
9.10	Fytcenologické snímky.....	105
9.11	Rozbor půdního substrátu .....	107
9.12	Seznam použitých zkratek dřevin.....	109

### 9.2 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1:	Lokalita Antonín po ukončení těžby (KVK 2013) .....	18
Obr. 2:	Aktuální stav výsypky Antonín (Hoffmann).....	18
Obr. 3:	Schematický diagram působení nízkých srážek a vysokých teplot na přírůst tloušťky (Fritts 1976).....	24
Obr. 4:	Úhrnné srážky (S) a průměrné roční teploty (t) a za vegetační období (veg.) pro období 1978-2015; zdroj:(ČHMI 2015).....	26
Obr. 5:	Standardní průměrné denní teploty a průměrné počty srážkově významných dnů v průběhu roku.....	27
Obr. 6:	Struktura borové porostní skupiny s příměsí lípy (autor).....	39
Obr. 7:	Struktura borové porostní skupiny s příměsí jasanu (autor).....	39
Obr. 8:	Struktura borové porostní skupiny bez příměsí (autor) .....	39
Obr. 9:	Struktura borové porostní skupiny s příměsí buku (autor).....	39
Obr. 10:	Relativní plocha kůry borovice ve výčetní tloušťce v různých příměsích .....	43
Obr. 11:	Plocha kůry ( $g_k$ ) na základě výšky a výčetní tloušťky stromu (spline funkce) .	44
Obr. 12:	Graf četností tloušťkových stupňů na hektar v různých variantách smíšení ....	45
Obr. 13:	Porovnání vybraných veličin borovice s modely.....	46

Obr. 14 Letokruhová chronologie BO 1 (LP).....	47
Obr. 15 Letokruhová chronologie BO 2 (LP).....	47
Obr. 16 Letokruhová chronologie BO 3 (LP).....	48
Obr. 17 Letokruhová chronologie BO 4 (JS).....	48
Obr. 18 Letokruhová chronologie BO 5 (JS).....	49
Obr. 19 Letokruhová chronologie BO 6 (bez).....	49
Obr. 20 Letokruhová chronologie BO 7 (bez).....	50
Obr. 21 Letokruhová chronologie BO 8 (BK).....	50
Obr. 22 Letokruhová chronologie BO 9 (BK).....	51
Obr. 23: Porovnání chronologií borovice (výškové klasifikace 0 a 1).....	52
Obr. 24: Přírůst kruhové základny (výškové klasifikace 0 a 1).....	52
Obr. 25: Celkový průměrný přírůst kruhové základny (výškové klasifikace 0 a 1).....	52
Obr. 26: Procento rozdílu trendu průměrného přírůstu kruhové základny.....	53
Obr. 27: Přírůst kruhové základny v období 1998- 2008.....	55
Obr. 28: Průměrné hodnoty tolerančních indikátorů zkusných ploch.....	56
Obr. 29: Mapa oblasti zajmu (ZABAGED®).....	98
Obr. 30: Geologická mapa sokolovské pánve (Dimitrovský, 2001).....	99
Obr. 31: Výškový grafikon BO 1 (LP).....	100
Obr. 32: Výškový grafikon BO 2 (LP).....	100
Obr. 33: Výškový grafikon BO 3 (LP).....	100
Obr. 34: Výškový grafikon BO 4 (JS).....	101
Obr. 35: Výškový grafikon BO 5 (JS).....	101
Obr. 36: Výškový grafikon BO 6 (bez).....	101
Obr. 37: Výškový grafikon BO 7 (bez).....	102
Obr. 38: Výškový grafikon BO 8 (BK).....	102
Obr. 39: Výškový grafikon BO 9 (BK).....	102

### 9.3 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Základní údaje o výsypce Antonín (zdroj: LHProjekt, 2011).....	17
Tab. 2: Vyhodnocení dřevin na výsypce Antonín (zdroj: LHProjekt 2011).....	18

Tab. 3: Charakteristika produkčních veličin dřevin na výsypce Antonín (zdroj: LHProjekt, 2011) .....	19
Tab. 4: Stupnice abundance a dominance (Braun-Blanquet 1965, Westhoff a Maarel 1973) .....	35
Tab. 5: Mocnosti organického a humózního horizontu a pH půdotvorného substrátu ..	37
Tab. 6: Porostní charakteristiky jednotlivých zkusných ploch .....	40
Tab. 7: Charakteristika produkčních veličin jednotlivých zkusných ploch.....	41
Tab. 8: Vícefaktorová analýza rozptylu vybraných stromových veličin borovice lesní..	42
Tab. 9: Rozdíly trendu přírůstu v období 1980 až 2003 .....	53
Tab. 10: Porovnání věku dosažení výčetní výšky (ANOVA) .....	53
Tab. 11: Korelační koeficienty tloušťkového přírůstu se srážkami a teplotou.....	54
Tab. 12: Tolerance dle vlhkostních podmínek mikroreliefu (T-test) .....	56
Tab. 14: Základní vyhodnocení vegetace.....	57
Tab. 15: Lokace zkusných ploch.....	99
Tab. 16: Roční úhrnné srážky v období 1978 -2015; zdroj: (ČHMI 2015) .....	103
Tab. 17: Průměrná roční teplota v období 1978 -2015; zdroj: (ČHMI 2015).....	104
Tab. 18: Zastoupení dřevin nižších než 1,3 m V jednotlivých směsích .....	105
Tab. 19: Zastoupení bylin, strategie růstu a Ellenbergova ekočíslo BO (JS) .....	105
Tab. 20: Zastoupení bylin, strategie růstu a Ellenbergova ekočíslo BO (LP).....	106
Tab. 21: Zastoupení bylin, strategie růstu a Ellenbergova ekočíslo BO (bez) .....	106
Tab. 22: Zastoupení bylin, strategie růstu a Ellenbergova ekočíslo BO (BK) .....	106
Tab. 23: Množství biogenních prvků A (g/kg).....	107
Tab. 24: Množství biogenních prvků B (g/kg).....	107
Tab. 25: Množství prvků s toxickým potenciálem A (g/kg) .....	107
Tab. 26: Prvky s toxickým potenciálem B (g/kg) .....	108
Tab. 27: Prvky s toxickým potenciálem C (g/kg) .....	108
Tab. 28: Názvy a zkratky vybraných dřevin (Česko MZe, 1996) .....	109

#### 9.4 SEZNAM ROVNIC

Rov. 1: Výpočet střední kruhové základny (g) .....	29
Rov. 2: Výpočet střední tloušťky ( $d_g$ ) z kruhové základny.....	29

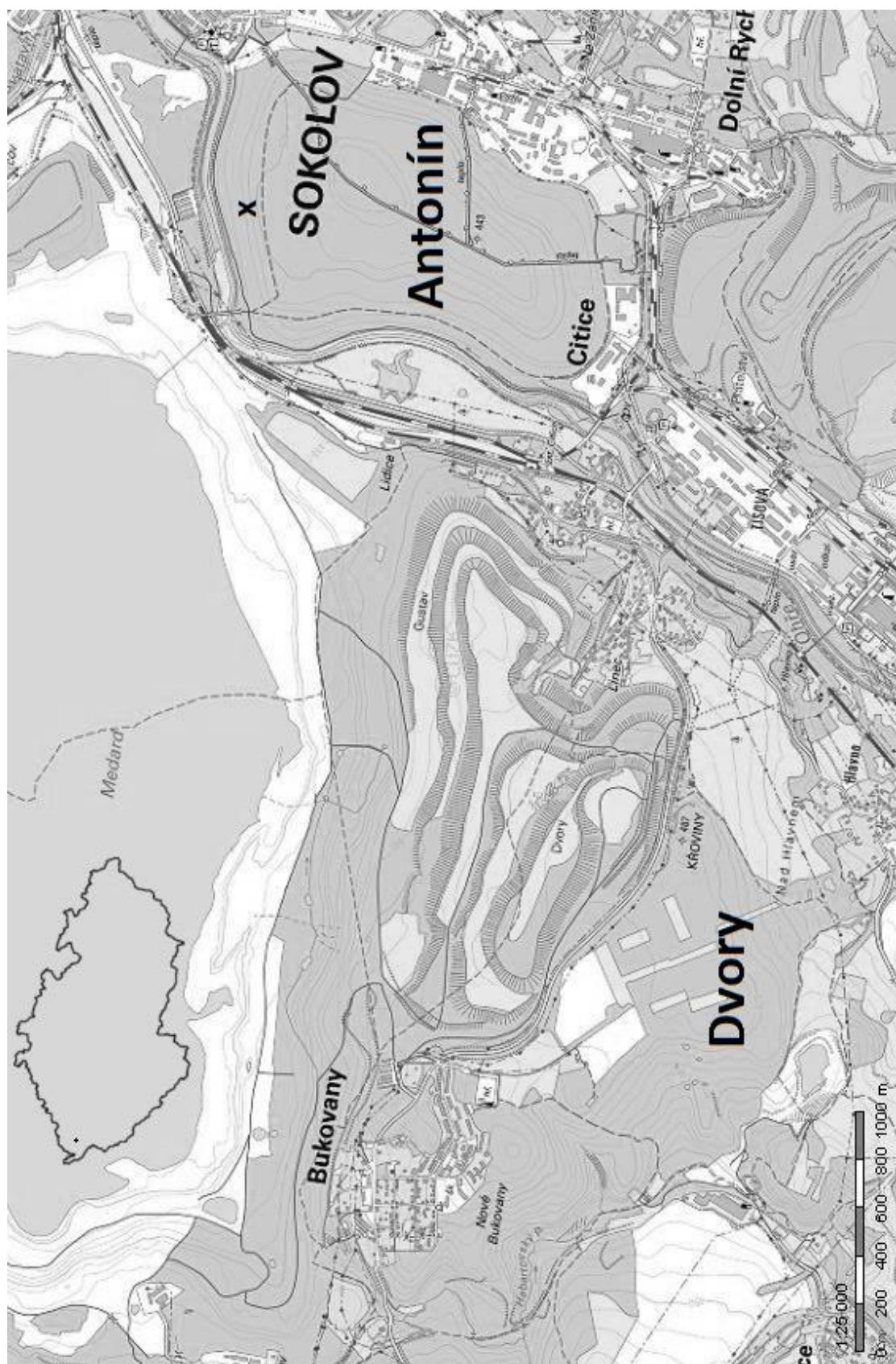


Rov. 3: Výpočet štíhlostního koeficientu ( $\check{S}K$ ) .....	29
Rov. 4: Výpočet štíhlostního kvocientu ( $\check{S}K_v$ ) .....	29
Rov. 5: Výpočet indexu hustoty porostních skupin (SDI) jednotlivých dřevin ( $SDI_{DŘEV}$ )	30
Rov. 6: Výpočet celkového SDI ( $SDI_{SUM}$ ) .....	30
Rov. 7: Výpočet tloušťky ( $d_t$ ) z letokruhové řady pro daný rok.....	32
Rov. 8: Výpočet kruhové základny ( $g_i$ ) pro daný rok .....	32
Rov. 9: Výpočet přírůstu kruhové základny (BAI) pro daný rok .....	32
Rov. 10: Relativní změna hodnoty ( $X_{\%}$ ) .....	32
Rov. 11: Věk dosažení výčetní výšky ( $t_{1,3}$ ).....	33
Rov. 12: Výpočet resistance .....	33
Rov. 13: Výpočet obnovy .....	33
Rov. 14: Výpočet resilience .....	33
Rov. 15: Výpočet relativní resilience Diversity vegetace .....	33
Rov. 16: Průměrný přírůst před a po období sucha.....	34
Rov. 17: Simpsonův index diverzity (D) dle Subburayalu a Sydnor (2012) .....	34
Rov. 18: Shannon - Weaverův index ( $H'$ ) dle Kent a Coker (1992) .....	34

## 9.5 SEZNAM ZKRATEK

ANOVA	analýza rozptylu	př.n.l.	před našim letopočtem
MZe	ministerstvo zemědělství	Rov.	rovnice
MŽP	ministerstvo životního prostředí	SDI	stand diversity index
		Tab.	tabulka
Obr.	obrázek, graf		

## 9.6 MAPA OBLASTI ZÁJMU A LOKACE ZKUSNÝCH PLOCH



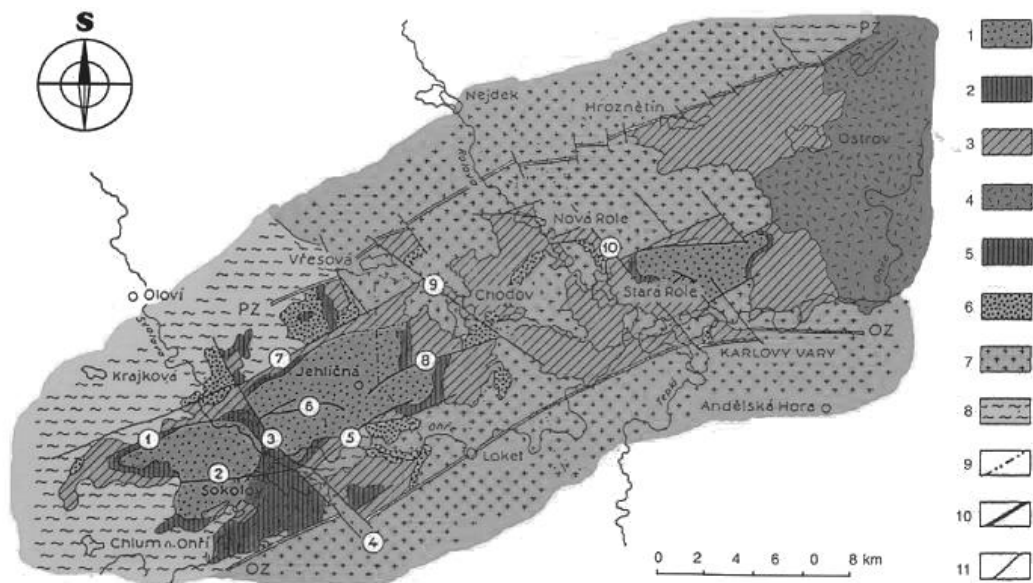
Obr. 29: Mapa oblasti zájmu (ZABAGED®)

Vysvětlivky: lokalita zkušných ploch je vyznačena písmenem X

**Tab. 14: Lokace zkušných ploch**

Plocha	GPS souřadnice	Plocha	GPS souřadnice
BO 1 (LP)	50°10'36.7"N 12°37'43.4"E	BO 6 (bez)	50°10'36.3"N 12°37'37.7"E
BO 2 (LP)	50°10'36.8"N 12°37'40.8"E	BO 7 (bez)	50°10'36.3"N 12°37'37.7"E
BO 3 (LP)	50°10'35.7"N 12°37'41.1"E	BO 8 (BK)	50°10'34.8"N 12°37'36.2"E
BO 4 (JS)	50°10'35.4"N 12°37'39.5"E	BO 9 (BK)	50°10'35.8"N 12°37'35.8"E
BO 5 (JS)	50°10'35.4"N 12°37'39.5"E		

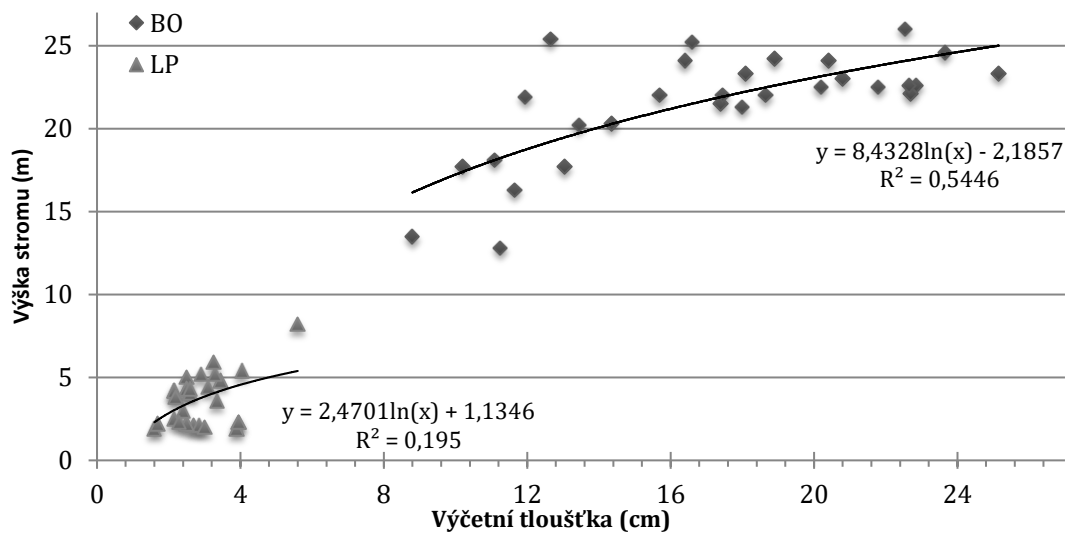
### 9.7 GEOLOGICKÁ MAPA SOKOLOVSKÉ PÁNVE



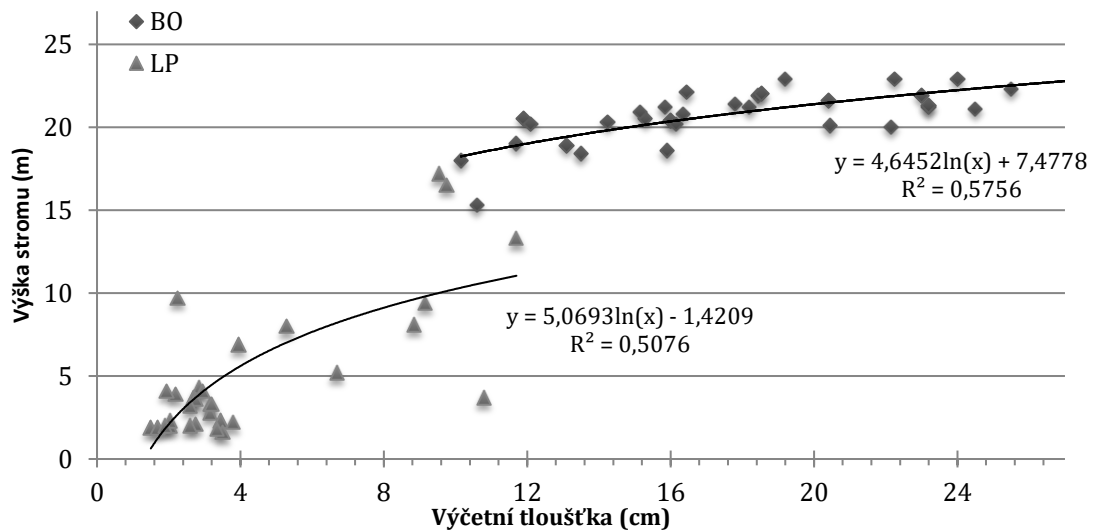
**Obr. 30: Geologická mapa sokolovské pánve (Dimitrovský, 2001)**

Vysvětlivky: 1- cyprisové souvrství, 2- slojové souvrství, 3- vulkanogenní souvrství, 4- vulkaniny a pyroklastika Doupovských hor, 5- souvrství sloje Josef, 6- starosedelské souvrství, 7- žula, 8- krystalinikum (ruky, fylity), 9- linie profilu, 10- zlomy (PZ - krušnohorský, OZ - jižní okrajový), 11- význačné zlomy (1 habartovský, 2 kytlický, 3 svatavský, 4 zlomy vítkovské hráště, 5 sokolovský, 6 grassetský, 7 lipnický, 8 novosedelský, 9 chodovský, 10 karlovarský); lokalita výzkumu se nachází v blízkosti písmena k ve slově Sokolov

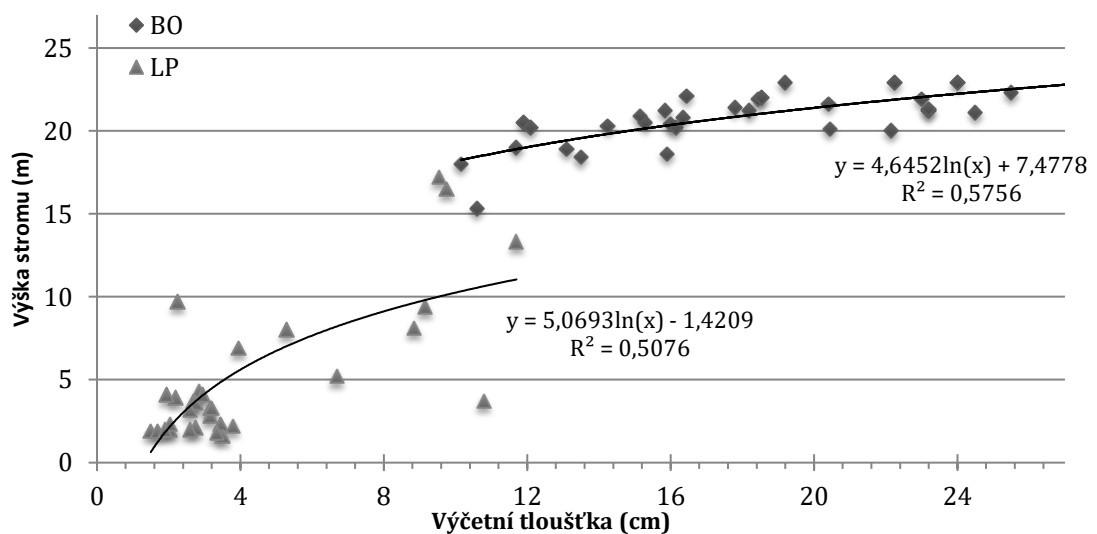
## 9.8 VÝŠKOVÉ GRAFIKONY ZKUSNÝCH PLOCH



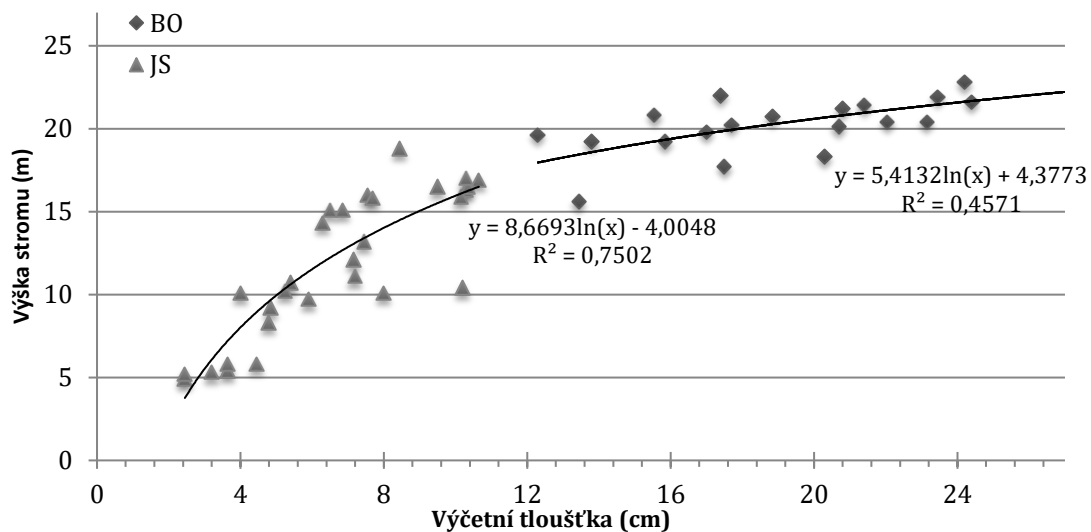
Obr. 31: Výškový grafikon BO 1 (LP)



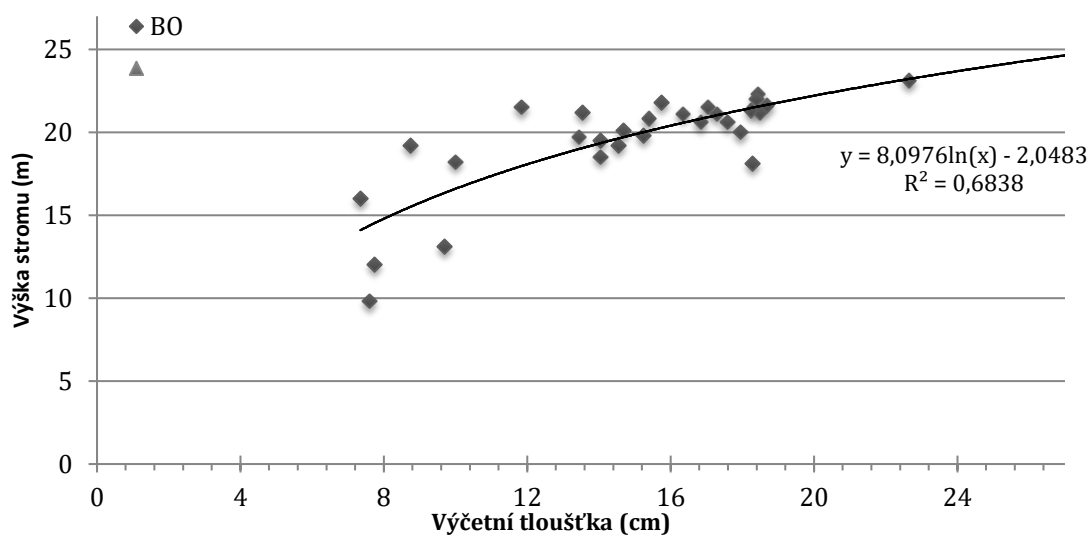
Obr. 32: Výškový grafikon BO 2 (LP)



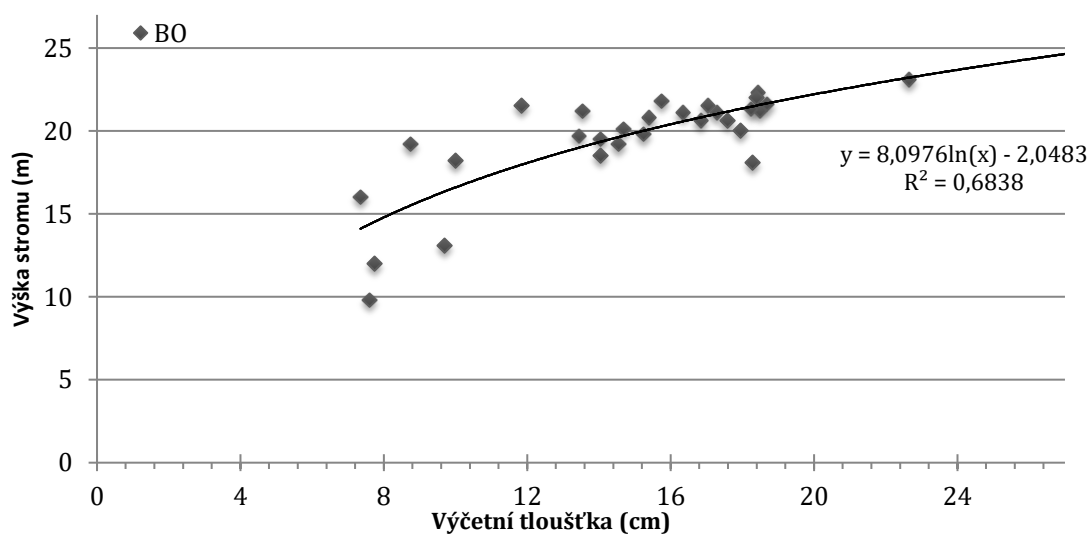
Obr. 33: Výškový grafikon BO 3 (LP)



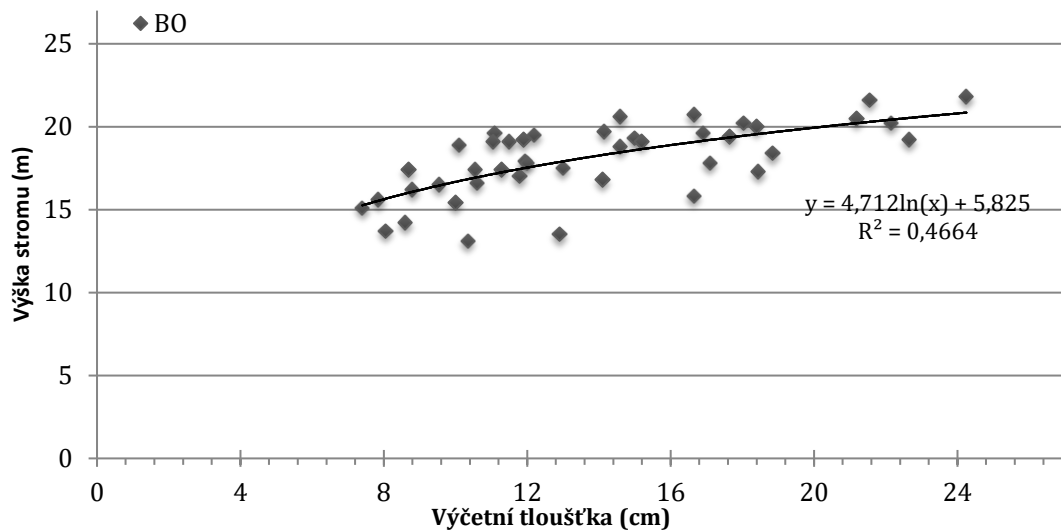
Obr. 34: Výškový grafikon BO 4 (JS)



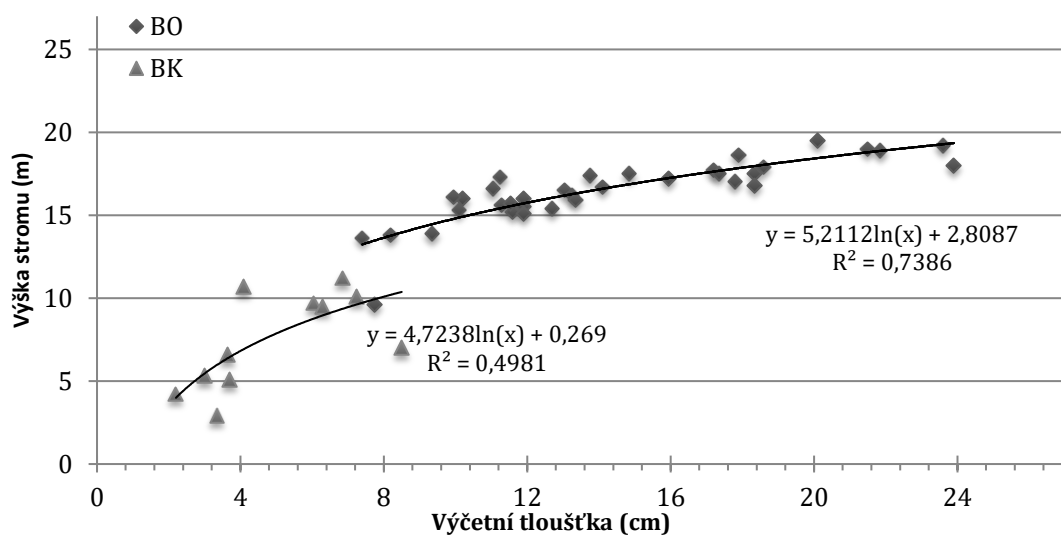
Obr. 35: Výškový grafikon BO 5 (JS)



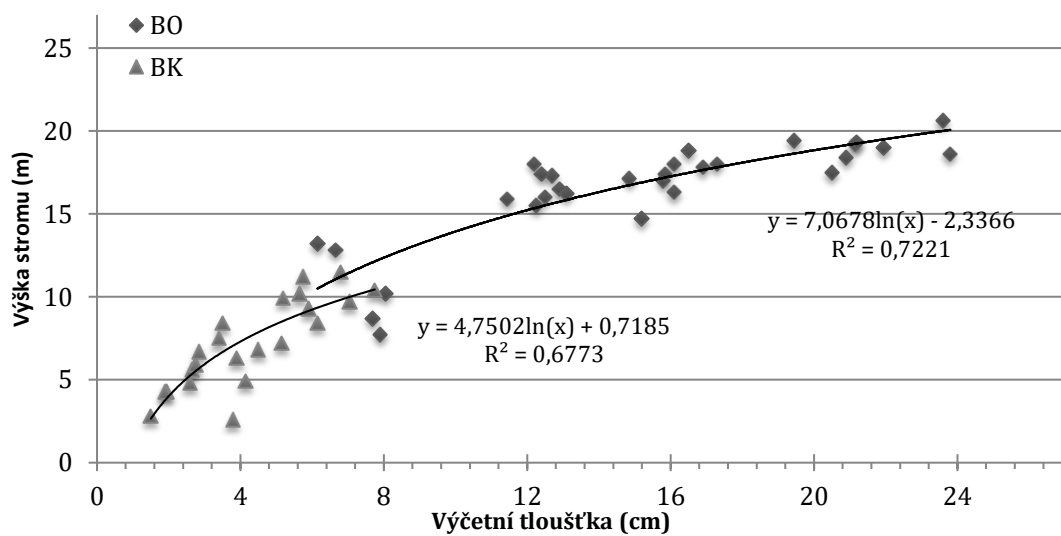
Obr. 36: Výškový grafikon BO 6 (bez)



Obr. 37: Výškový grafikon BO 7 (bez)



Obr. 38: Výškový grafikon BO 8 (BK)



Obr. 39: Výškový grafikon BO 9 (BK)

## 9.9 ÚHRNNÉ SRÁŽKY A PRŮMĚRNÁ TEPLOTA

Tab. 15: Roční úhrnné srážky v období 1978 -2015; zdroj: (ČHMI 2015)

Rok	C	V	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1978	727	455	41	20	43	18	138	54	52	101	110	44	12	93
1979	705	330	47	39	68	47	27	83	66	46	108	19	59	94
1980	733	344	58	63	41	85	31	70	142	49	52	58	38	47
1981	966	380	96	43	78	49	68	33	152	79	48	140	89	89
1982	572	276	69	9	29	34	51	65	80	69	11	57	24	74
1983	701	333	106	41	48	68	81	52	29	130	41	21	57	27
1984	721	429	64	62	14	56	95	85	78	73	98	30	40	24
1985	587	287	42	30	32	50	47	69	63	66	42	11	71	65
1986	587	287	42	30	32	50	47	69	63	66	42	11	71	65
1987	834	409	116	15	54	33	111	45	63	140	50	72	24	112
1988	783	377	84	57	57	51	67	97	77	69	67	27	55	73
1989	642	298	25	42	47	60	37	64	66	64	67	61	55	56
1990	661	280	29	80	38	56	24	93	25	74	64	45	93	41
1991	557	292	27	23	19	25	51	109	35	65	32	18	54	100
1992	749	359	37	45	73	47	20	88	150	57	44	67	82	39
1993	729	369	71	34	21	30	49	114	114	49	43	45	41	117
1994	740	333	64	29	87	52	63	33	72	102	63	46	52	77
1995	827	399	108	50	65	76	51	93	84	90	81	21	59	47
1996	638	397	6	33	31	24	64	91	98	76	68	73	43	31
1997	580	231	16	75	67	57	29	39	91	51	21	51	22	62
1998	863	430	44	16	67	24	41	92	108	64	125	161	69	40
1999	701	308	63	82	43	38	68	70	62	51	57	37	45	73
2000	673	328	56	44	47	47	61	75	67	69	56	46	52	61
2001	821	369	47	39	110	57	37	66	96	46	124	35	74	86
2002	971	451	36	104	56	23	66	82	52	177	74	94	123	72
2003	519	250	72	14	13	38	65	48	80	18	39	67	19	49
2004	854	458	87	47	30	29	99	84	110	77	88	46	114	47
2005	792	403	97	81	40	32	63	71	108	99	62	24	35	81
2006	773	391	28	59	76	69	125	59	65	108	34	56	58	32
2007	961	568	96	63	45	9	128	100	117	104	119	27	110	43
2008	724	295	42	39	88	97	40	54	73	62	66	71	44	49
2009	780	327	31	72	71	65	82	67	103	38	37	80	68	66
2010	864	481	52	29	47	27	88	63	112	153	65	20	109	101
2011	694	392	66	16	12	29	61	72	113	82	64	51	1	128
2012	729	293	121	33	23	40	47	67	93	42	44	52	77	90
2013	673	328	56	44	47	47	61	75	67	69	56	46	52	61
2014	673	328	56	44	47	47	61	75	67	69	56	46	52	61
2015	640	268	72	9	51	49	26	74	56	73	39	52	106	31
<b>n</b>	<b>673</b>	<b>328</b>	<b>56</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>61</b>	<b>75</b>	<b>67</b>	<b>69</b>	<b>56</b>	<b>46</b>	<b>52</b>	<b>61</b>

Vysvětlivky: C - celkové úhrnné srážky, V - úhrnné srážky ve vegetačním období I-XII - měsíc a, N - dlouhodobý srážkový normál 1961-1990

**Tab. 16: Průměrná roční teplota v období 1978 -2015; zdroj: (ČHMI 2015)**

Rok	P	V	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1978	5,8	12,0	-1,8	-4,1	2,6	5,1	9,8	12,8	14,1	13,1	10,4	7	1,9	-1,1
1979	5,9	13,2	-6,5	-2,9	1,9	4,4	11,1	16	13,6	14,1	11,1	5,7	1,3	1,8
1980	5,9	13,2	-6,5	-2,9	1,9	4,4	11,1	16	13,6	14,1	11,1	5,7	1,3	1,8
1981	6,3	13,6	-4,4	-2,8	4,9	5,9	11,3	14,4	14,7	15	12,5	6,6	2,2	-4,6
1982	7	14,8	-5,5	-2,8	2,4	4,3	11,4	15,1	17,4	15,8	14,5	7,9	3,5	0,2
1983	7,3	14,7	1,4	-4,2	2,6	7,3	10,5	15	19,7	16,3	12,1	7,1	0,8	-2,2
1984	5,9	12,3	-1,7	-2,8	0,1	4,9	9,3	12,3	14,2	15,2	10,6	8,3	2,3	-1,2
1985	5,6	13,4	-7,3	-5,7	1	5,8	12,2	11,9	15,9	15,2	11,9	6,9	-1	1,3
1986	7	14,1	-2,6	-1,3	2,4	6,9	11,5	14,8	16,2	15,7	12,2	7,4	2,2	-1,4
1987	5,6	12,9	-7,6	-2,6	-3,6	7,3	8,7	12,9	15,8	13,7	13,3	7	2,6	-0,3
1988	6,9	13,8	0,4	-0,6	0	6,8	12,7	13,4	15,8	15,5	11,4	7,8	-0,1	0,4
1989	7,5	14,0	-0,3	0,9	5	6,1	12,2	13,5	16,3	15,2	12,9	8,2	0	0
1990	7,4	13,7	-0,7	2,8	5	5,3	12,6	14,2	15,2	17	9,7	7,3	2,4	-2,1
1991	6,3	13,4	-0,6	-4,9	3,9	5,1	7,7	12,5	17,9	16,1	12,8	5,9	1,6	-1,9
1992	7,5	15,1	-0,8	0,7	2,2	5,9	12,8	15,7	17,1	18,2	11,5	4,8	2,7	-1,7
1993	6,6	13,7	-0,4	-3,5	1,1	8,6	13,7	14,3	14,8	14,9	10,6	5,8	-1,4	1
1994	7,8	14,8	0,7	-2,4	4,3	6,1	11,1	15	19,8	16,3	11,7	5,3	4,8	0,8
1995	6,8	13,9	-2,7	2,1	0,8	7	11	12,7	18,9	16,2	10,7	9,4	-0,2	-3,6
1996	5,2	12,6	-5,3	-4,9	-1,5	6,6	10,5	14,5	14,1	15,2	8,8	7,6	2,6	-5,3
1997	6,8	14,2	-4,4	1,1	3,7	3,9	11,9	14,3	15,4	17,4	11,9	5	1,5	-0,2
1998	7,1	13,9	-0,5	1,9	2,4	7,7	12,4	15,5	15,1	15,3	11,1	6,9	-0,5	-1,8
1999	7,3	14,8	-0,6	-2,5	3,4	7	12,4	13,7	17,5	15,4	15	6,7	0,9	-0,5
2000	8	14,6	-2,2	1,4	3	9,2	13,6	16,1	14,1	16,9	12,1	9,1	3,6	0,2
2001	6,8	13,8	-2,4	-0,4	2	5,1	13,1	12,7	16,6	16,9	9,6	10,6	1,3	-3,4
2002	7,8	14,9	-1,7	2,3	3,1	5,8	13	16,2	17	17,4	11	6,5	3,3	-2,5
2003	7,4	16,2	-2,6	-4,7	3,2	6	13,5	18,7	17,1	19,5	12,1	3,7	3,5	-1,3
2004	6,6	13,4	-3,9	-0,1	1,4	7,4	9,5	13,8	15,6	16,5	11,5	7,7	2,1	-1,8
2005	6,7	14,0	-0,9	-4,5	0,5	7,8	11,7	15,1	16,5	14	12,6	8,2	1,2	-1,9
2006	7,2	15,0	-5,7	-3,3	-0,6	6,2	11,3	15,4	20,1	13,4	14,6	9,1	4,2	1,7
2007	7,9	14,1	2,2	2	4	9,7	12,9	16,2	15,9	15,6	10	6,3	0,5	-1
2008	7,5	14,2	0,7	1,7	1,7	6	12,6	16	16,4	15,6	10,3	6,8	3	-0,8
2009	7,3	14,5	-4,9	-1,9	2	10,7	12,2	13,6	16,2	17,1	13,2	6,2	4,8	-1,9
2010	5,8	13,6	-5,6	-2,9	1,4	6,7	9,4	15,2	18,8	15	9,8	5,1	3,1	-5,9
2011	7,5	14,3	-1,8	-2,5	3	9,4	12,1	15,4	14,6	16,2	13,3	7	2,4	1,1
2012	6,9	14,3	0,7	-5,9	4,3	6,5	12,8	14,8	16	16,5	11,3	5,7	3	-1,6
2013	6,5	13,7	-2,1	-2,9	-2,3	6,3	10	14,1	18,2	15,7	10,6	7,5	2,4	0,2
2014	8,3	14,0	-0,2	0,8	4,9	9,1	10,6	14,7	17,7	13,9	12,9	9,5	4,6	0,7
2015	8,1	14,7	-0,1	-1,7	3	6,2	11,1	14,3	18,2	19,4	10,7	6,4	5,1	3,7
<b>N</b>	<b>7</b>	<b>14,1</b>	<b>-2,6</b>	<b>-1,3</b>	<b>2,4</b>	<b>6,9</b>	<b>11,5</b>	<b>14,8</b>	<b>16,2</b>	<b>15,7</b>	<b>12,2</b>	<b>7,4</b>	<b>2,2</b>	<b>-1,4</b>

Vysvětlivky: P – průměrná teplota, V – průměrná teplota ve vegetačním období, I-XII – měsíc a N- dlouhodobý teplotní normál 1961-1990



## 9.10 FYTOCENOLOGICKÉ SNÍMKY

**Tab. 17: Zastoupení dřevin nižších než 1,3 m v jednotlivých směsích**

Latinský název	BO (LP)	BO (JS)	BO (bez)	BO (BK)
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	-; -; -	1; 1; r	-; -; -	-; -; -
<i>Symphoricarpos albus</i> L.	+; -; -	1; +; -	-; -; -	-; -; -
<i>Crataegus laevigata</i> Poir.	+; -; -	1; 1; -	+; +; -	-; +; -
<i>Tilia cordata</i> Mill.	2a; 1; -	+; r; r	-; r; -	-; +; -
<i>Prunus</i> ssp.	-; -; -	-; -; -	r; -; -	-; -; -
<i>Rosa</i> ssp.	-; r; -	+; +; -	r; +; -	-; +; -
<i>Quercus robur</i> L.	+; +; -	+; -; r	+; 1; -	+; +; r
<i>Acer platanoides</i> L.	r; +; -	+; -; +	+; +; r	-; -; +
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	+; +; -	+; +; r	+; +; -	-; -; -
<i>Betula pendula</i> Roth	-; -; -	-; -; r	+; +; r	1; +; +
<i>Prunus spinosa</i> L.	r; +; -	r; +; -	+; +; -	-; +; -
<i>Fagus sylvatica</i> L.	-; -; -	r; +; -	r; r; -	+; -; -
<i>Quercus rubra</i> L.	r; r; -	-; r; -	r; -; -	-; +; +
<i>Rubus idaeus</i> L.	-; -; -	-; -; -	+; r; -	-; -; -
<i>Populus tremula</i> L.	-; -; -	-; -; -	+; -; -	+; +; -
<i>Populus alba</i> L.	-; -; -	-; -; -	-; -; -	r; -; -
<i>Larix decidua</i> Mill.	-; -; -	-; -; -	-; -; -	-; r; r
<i>Pinus strobus</i> L.	-; -; -	-; -; -	-; -; -	-; +; -
<i>Picea abies</i> L.	-; -; -	-; -; -	-; r; -	-; -; r
<i>Pinus sylvestris</i> L.	-; -; -	-; -; -	-; -; -	-; -; +

Vysvětlivky: pořadí zastoupení 1a;1b;2: 1a - patro vyšších nárůstů (nad 20 cm); 1b - patro nižších nárůstů (do 20 cm); 2 - patro semenáčů. Zastoupení dle stupnice abundance a dominance (Braun-Blanqueta, 1965; Westhoff a Maarel 1973)

**Tab. 18: Zastoupení bylin, strategie růstu a Ellenbergova ekočíslo BO (JS)**

Latinský název	Zastoupení	Strategie růstu	L	T	K	V	R	N
<i>Calamagrostis epigejos</i>	1	c	7	5	7	0	0	6
<i>Dactylis glomerata</i>	1	c	7	0	3	5	0	6
<i>Dryopteris dilatata</i>	r	cs	4	0	3	6	0	7
<i>Epilobium angustifolium</i>	1	c	8	0	5	5	3	8
<i>Hieracium murorum</i>	2a	crs	4	0	3	5	5	4
<i>Moneses uniflora</i>	1		4	0	5	5	4	2
<i>Mycelis muralis</i>	1	csr	4	5	2	5	0	6
<i>Picris hieracioides</i>	2a	csr	8	0	5	4	8	4
<i>Taraxacum officinale</i>	+	csr	7	0	0	5	0	7
<i>Veratrum album</i>	r		7	0	4	0	0	6

Vysvětlivky: Zastoupení dle stupnice abundance a dominance (Braun-Blanqueta, 1965; Westhoff a Maarel 1973). Strategie růstu - konkurenční stratég (c), stres snášející konkurenční stratég (cs), konkurenční stratég podle podmínek stanoviště (csr). Indikační hodnoty pro světlo (L), teplo (T), kontinentalitu (K), vlhkost (V), půdní reakci (R) a půdní dusík (N)

**Tab. 19: Zastoupení bylin, strategie růstu a Ellenbergova ekočísla BO (LP)**

Latinský název	Zastoupení	Strategie růstu	L	T	K	V	R	N
<i>Calamagrostis epigejos</i>	+	c	7	5	7	0	0	6
<i>Epilobium angustifolium</i>	1	c	8	0	5	5	3	8
<i>Moneses uniflora</i>	+		4	0	5	5	4	2
<i>Poa nemoralis</i>	+	csr	5	0	5	5	5	3

Vysvětlivky: Zastoupení dle stupnice abundance a dominance (Braun-Blanqueta, 1965; Westhoff a Maarel 1973). Strategie růstu - konkurenční stratég (c); konkurenční stratég podle podmínek stanoviště (csr). Indikační hodnoty pro světlo (L), teplo (T), kontinentalitu (K), vlhkost (V), půdní reakci (R) a půdní dusík (N)

**Tab. 20: Zastoupení bylin, strategie růstu a Ellenbergova ekočísla BO (bez)**

Latinský název	Zastoupení	Strategie růstu	L	T	K	V	R	N
<i>Dactylis glomerata</i>	+	c	7	-	3	5	-	6
<i>Dryopteris dilatata</i>	r	cs	4	-	3	6	-	7
<i>Epilobium angustifolium</i>	+	c	8	-	5	5	3	8
<i>Fragaria vesca</i>	+	csr	7	-	5	5	-	6
<i>Hieracium murorum</i>	+	csr	4	-	3	5	5	4
<i>Hieracium pilosella</i>	+	csr	7	-	3	4	-	-
<i>Moneses uniflora</i>	2a	-	4	-	5	5	4	2
<i>Mycelis muralis</i>	+	csr	4	5	2	5	-	6
<i>Picris hieracioides</i>	2a	csr	8	-	5	4	8	4
<i>Poa nemoralis</i>	+	csr	5	-	5	5	5	3
<i>Taraxacum officinale</i>	+	csr	7	-	-	5	-	7
<i>Tussilago farfara</i>	+	csr	8	-	3	6	8	6
<i>Vicia sylvatica</i>	+	c	7	-	4	-	8	-

Vysvětlivky: Zastoupení dle stupnice abundance a dominance (Braun-Blanqueta, 1965; Westhoff a Maarel 1973). Strategie růstu - konkurenční stratég (c), stres snášející konkurenční stratég (cs), konkurenční stratég podle podmínek stanoviště (csr). Indikační hodnoty pro světlo (L), teplo (T), kontinentalitu (K), vlhkost (V), půdní reakci (R) a půdní dusík (N)

**Tab. 21: Zastoupení bylin, strategie růstu a Ellenbergova ekočísla BO (BK)**

Latinský název	Zastoupení	Strategie růstu	L	T	K	V	R	N
<i>Epilobium angustifolium</i>	+	c	8	0	5	5	3	8
<i>Hieracium murorum</i>	+	crs	4	0	3	5	5	4
<i>Hieracium pilosella</i>	+	crs	7	0	3	4	0	
<i>Moneses uniflora</i>	2m		4	0	5	5	4	2
<i>Neottia nidus-avis</i>	r							
<i>Picris hieracioides</i>	+	csr	8	0	5	4	8	4
<i>Tussilago farfara</i>	+	csr	8	0	3	6	8	6
<i>Veratrum album</i>	r		7	0	4	0	0	6

Vysvětlivky: Zastoupení dle stupnice abundance a dominance (Braun-Blanqueta, 1965; Westhoff a Maarel 1973). Strategie růstu - konkurenční stratég (c); konkurenční stratég podle podmínek stanoviště (csr). Indikační hodnoty pro světlo (L), teplo (T), kontinentalitu (K), vlhkost (V), půdní reakci (R) a půdní dusík (N)

## 9.11 ROZBOR PŮDNÍHO SUBSTRÁTU

**Tab. 22: Množství biogenních prvků A (g/kg)**

Směs / Plocha	P	± SD	K	± SD	Ca	± SD
<b>BO (LP)</b>	<b>0,126</b>	<b>0,018</b>	<b>1,442</b>	<b>0,25</b>	<b>1,303</b>	<b>0,47</b>
BO 1 (LP)	0,124	0,013	1,365	0,17	1,132	0,42
BO 2 (LP)	0,128	0,022	1,307	0,26	1,034	0,34
BO 4 (LP)	0,125	0,019	1,634	0,17	1,702	0,36
<b>Bo (JS)</b>	<b>0,117</b>	<b>0,028</b>	<b>1,245</b>	<b>0,24</b>	<b>1,508</b>	<b>0,65</b>
Bo 4 (JS)	0,116	0,032	1,163	0,32	1,738	0,69
Bo 5 (JS)	0,117	0,024	1,327	0,10	1,277	0,55
<b>Bo (bez)</b>	<b>0,127</b>	<b>0,035</b>	<b>1,273</b>	<b>0,38</b>	<b>1,437</b>	<b>0,78</b>
Bo 6 (bez)	0,122	0,034	1,258	0,39	1,458	0,80
Bo 7 (bez)	0,132	0,037	1,289	0,40	1,417	0,81
<b>Bo (BK)</b>	<b>0,130</b>	<b>0,038</b>	<b>1,357</b>	<b>0,16</b>	<b>1,341</b>	<b>0,55</b>
Bo 8 (BK)	0,117	0,028	1,393	0,18	1,268	0,69
Bo 9 (BK)	0,143	0,044	1,318	0,13	1,421	0,35
<b>Celkový průměr</b>	<b>0,125</b>	<b>0,028</b>	<b>1,343</b>	<b>0,27</b>	<b>1,386</b>	<b>0,60</b>

Vysvětlivky: Fosfor (P), draslík (K), vápník (Ca) a směrodatná chyba (SD). Průměrná chyba měření prvků spektrometrem (± SD) P - 0,08; K - 0,1; Ca - 0,1

**Tab. 23: Množství biogenních prvků B (g/kg)**

Směs / Plocha	S	± SD	Fe	± SD	Mn	± SD
<b>BO (LP)</b>	<b>0,171</b>	<b>0,05</b>	<b>5,831</b>	<b>0,40</b>	<b>0,086</b>	<b>0,014</b>
BO 1 (LP)	0,182	0,03	5,809	0,28	0,085	0,013
BO 2 (LP)	0,210	0,06	5,996	0,58	0,087	0,019
BO 4 (LP)	0,126	0,03	5,701	0,24	0,087	0,011
<b>Bo (JS)</b>	<b>0,245</b>	<b>0,07</b>	<b>5,505</b>	<b>0,78</b>	<b>0,084</b>	<b>0,21</b>
Bo 4 (JS)	0,288	0,12	5,170	0,86	0,076	0,017
Bo 5 (JS)	0,201	0,07	5,839	0,54	0,091	0,022
<b>Bo (bez)</b>	<b>0,202</b>	<b>0,13</b>	<b>5,645</b>	<b>1,02</b>	<b>0,079</b>	<b>0,018</b>
Bo 6 (bez)	0,207	0,11	5,447	1,27	0,078	0,021
Bo 7 (bez)	0,198	0,15	5,843	0,71	0,080	0,093
<b>Bo (BK)</b>	<b>0,146</b>	<b>0,06</b>	<b>6,048</b>	<b>0,31</b>	<b>0,087</b>	<b>0,083</b>
Bo 8 (BK)	0,148	0,05	6,024	0,41	0,087	0,017
Bo 9 (BK)	0,145	0,07	6,074	0,17	0,086	0,012
<b>Celkový průměr</b>	<b>0,189</b>	<b>0,10</b>	<b>5,763</b>	<b>0,032</b>	<b>0,084</b>	<b>0,003</b>

Vysvětlivky: Síra (S), železo (Fe), mangan (Mn) a směrodatná chyba (SD). Průměrná chyba měření prvků spektrometrem (± SD) S - 0,05; Fe - 0,032; Mn - 0,003

**Tab. 24: Množství prvků s toxickým potenciálem A (g/kg)**

Směs / Plocha	Al	± SD	As	± SD	Cd	± SD	Cr	± SD
<b>BO (LP)</b>	<b>91,45</b>	<b>5,20</b>	<b>0,0503</b>	<b>0,008</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0201</b>	<b>0,043</b>
BO 1 (LP)	90,97	5,05	0,0467	0,006	0	0	0,0366	0,060
BO 2 (LP)	90,66	6,85	0,0536	0,010	0	0	0,0173	0,037
BO 4 (LP)	92,61	3,70	0,0506	0,007	0	0	0,0077	0,026
<b>Bo (JS)</b>	<b>85,94</b>	<b>1,25</b>	<b>0,0444</b>	<b>0,007</b>	<b>0,0017</b>	<b>0,08</b>	<b>0,0204</b>	<b>0,036</b>
Bo 4 (JS)	81,24	1,46	0,0431	0,008	0	0	0,0174	0,037
Bo 5 (JS)	90,63	8,36	0,0457	0,005	0,0034	0,011	0,0234	0,038
<b>Bo (bez)</b>	<b>84,06</b>	<b>1,90</b>	<b>0,0514</b>	<b>0,017</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,005</b>	<b>0,0483</b>	<b>0,047</b>
Bo 6 (bez)	81,92	22,26	0,0477	0,014	0,0021	0,007	0,0492	0,045

Směs / Plocha	Al	± SD	As	± SD	Cd	± SD	Cr	± SD
Bo 7 (bez)	86,19	16,12	0,0550	0,019	0	0	0,0474	0,051
<b>Bo (BK)</b>	<b>92,10</b>	<b>6,38</b>	<b>0,0544</b>	<b>0,012</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0363</b>	<b>0,051</b>
Bo 8 (BK)	92,15	5,89	0,0564	0,015	0	0	0,0352	0,047
Bo 9 (BK)	92,03	7,26	0,0522	0,009	0	0	0,0376	0,058
<b>Celkový průměr</b>	<b>88,72</b>	<b>1,18</b>	<b>0,00501</b>	<b>0,011</b>	<b>0,0006</b>	<b>0,0008</b>	<b>0,00299</b>	<b>0,044</b>

Vysvětlivky: Hliník (Al), arsen (As), cadmium (Cd), chrom (Cr) a směrodatná chyba (SD). Průměrná chyba měření prvků spektrometrem (± SD) Al - 1,12; As - 0,03; Cd - 0,008; Cr - 0,022

**Tab. 25: Prvky s toxickým potenciálem B (g/kg)**

Směs / Plocha	Cu	± SD	Hg	± SD	Ni	± SD
<b>BO (LP)</b>	<b>0,0985</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,00020</b>	<b>0,0368</b>	<b>0,0012</b>
BO 1 (LP)	0,0972	0,0011	0,0008	0,00025	0,0365	0,0016
BO 2 (LP)	0,0974	0,0013	0,0008	0,00025	0,0338	0,0013
BO 4 (LP)	0,1008	0,0010	0	0	0,0398	0,0006
<b>Bo (JS)</b>	<b>0,0896</b>	<b>0,0010</b>	<b>0,0010</b>	<b>0,00029</b>	<b>0,0403</b>	<b>0,0008</b>
Bo 4 (JS)	0,0866	0,0008	0,0010	0,00028	0,0388	0,0007
Bo 5 (JS)	0,0926	0,0008	0,0009	0,00028	0,0417	0,0007
<b>Bo (bez)</b>	<b>0,0950</b>	<b>0,0021</b>	<b>0,0014</b>	<b>0,00034</b>	<b>0,0335</b>	<b>0,0015</b>
Bo 6 (bez)	0,0902	0,0022	0,0009	0,012	0,0368	0,0028
Bo 7 (bez)	0,0998	0,0019	0,0019	0,00040	0,0301	0,0019
<b>Bo (BK)</b>	<b>0,0972</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0006</b>	<b>0,00028</b>	<b>0,0363</b>	<b>0,0016</b>
Bo 8 (BK)	0,0960	0,0012	0	0	0,0356	0,0016
Bo 9 (BK)	0,0986	0,0012	0,0013	0,00040	0,0371	0,0016
<b>Celkový průměr</b>	<b>0,00955</b>	<b>0,0013</b>	<b>0,00008</b>	<b>0,00027</b>	<b>0,0367</b>	<b>0,0014</b>

Vysvětlivky: Měď (Cu), rtuť (Hg), nikl (Ni) směrodatná chyba (SD). Průměrná chyba měření prvků spektrometrem (± SD) Cu - 0,007; Hg - 0,004; Ni - 0,007

**Tab. 26: Prvky s toxickým potenciálem C (g/kg)**

Směs / Plocha	Pb	± SD	V	± SD	Zn	± SD
<b>BO (LP)</b>	<b>0,0337</b>	<b>0,00171</b>	<b>0,5573</b>	<b>0,012</b>	<b>0,1033</b>	<b>0,0014</b>
BO 1 (LP)	0,0296	0,00039	0,5530	0,007	0,0985	0,0011
BO 2 (LP)	0,0399	0,00295	0,5128	0,008	0,1032	0,0015
BO 4 (LP)	0,0317	0,00047	0,6015	0,016	0,1077	0,0016
<b>Bo (JS)</b>	<b>0,0271</b>	<b>0,00070</b>	<b>0,5103</b>	<b>0,008</b>	<b>0,0891</b>	<b>0,0015</b>
Bo 4 (JS)	0,0257	0,00087	0,4603	0,006	0,0859	0,0017
Bo 5 (JS)	0,0285	0,00049	0,5603	0,006	0,0923	0,0013
<b>Bo (bez)</b>	<b>0,0311</b>	<b>0,00092</b>	<b>0,5077</b>	<b>0,017</b>	<b>0,0964</b>	<b>0,0025</b>
Bo 6 (bez)	0,0279	0,00088	0,4885	0,020	0,0919	0,0028
Bo 7 (bez)	0,0342	0,00089	0,5268	0,014	0,1009	0,0022
<b>Bo (BK)</b>	<b>0,0322</b>	<b>0,00069</b>	<b>0,5836</b>	<b>0,012</b>	<b>0,1029</b>	<b>0,0012</b>
Bo 8 (BK)	0,0332	0,00077	0,5948	0,012	0,1049	0,0016
Bo 9 (BK)	0,0311	0,00062	0,5712	0,012	0,1007	0,0008
<b>Celkový součet</b>	<b>0,0313</b>	<b>0,00120</b>	<b>0,5414</b>	<b>0,013</b>	<b>0,0985</b>	<b>0,0018</b>

Vysvětlivky: Olovo (Pb), vanad (V), zinek (Zn) a směrodatná chyba (SD). Průměrná chyba měření prvků spektrometrem (± SD) Pb - 0,003; V - 0,006; Zn - 0,005

## 9.12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK DŘEVIN

Tab. 27: Názvy a zkratky vybraných dřevin (Česko MZe, 1996)

Český název	Vědecký název	Zkratka
smrk ztepilý	<i>Picea abies</i> (L.) Karsten	SM
smrk pichlavý	<i>Picea pungens</i> Engelm.	SMP
smrk omorika	<i>Picea omorica</i> (Pančič) Purkyně	SMO
jedle bělokorá	<i>Abies alba</i> Mill.	JD
douglaska tisolistá	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirbel) Franco	DG
borovice lesní	<i>Pinus sylvestris</i> L.	BO
borovice černá	<i>Pinus nigra</i> Arnold	BOC
borovice Banksova (banksovka)	<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	BKS
borovice vejmutovka	<i>Pinus strobus</i> L.	VJ
modřín opadavý (m, evropský)	<i>Larix decidua</i> Mill.	MD
dub letní	<i>Quercus robur</i> L.	DB
buk lesní	<i>Fagus silvatica</i> L.	BK
habr obecný	<i>Carpinus betulus</i> L.	HB
javor mléč	<i>Acer platanoides</i> L.	JV
javor klen	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	KL
jilm habrolistý	<i>Ulmus minor</i> Mill.	JL
trnovník akát	<i>Robinia pseudacacia</i> L.	AK
bříza bělokorá (b. bradavičnatá)	<i>Betula pendula</i> Roth	BR
jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	JS
jeřáb ptačí	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	JR
třešeň ptačí	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	TR
hrušeň planá	<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) Burgsd.	HR
jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	JB
lípa malolistá (l, srdčitá)	<i>Tilia cordata</i> Mill.	LP
olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner	OL
olše šedá	<i>Alnus incana</i> (L.) Moench	OLS
topol osika, osika obecná	<i>Populus tremula</i> L.	OS
topol bílý (linda)	<i>Populus alba</i> L.	TP
topol černý	<i>Populus nigra</i> L.	TPC
vrba bílá,	<i>Salix alba</i> L.	VR
jírovec maďal	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	KS

