

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



Bakalářská práce

**Produkční potenciál a struktura listnatých porostů
na výsypce Antonín – Sokolov**

Autor: Alexander Reichmann

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Alexander Reichmann

Lesnictví

Lesnictví

Název práce

Produkční potenciál a struktura listnatých porostů na výsypce Antonín – Sokolov

Název anglicky

Production potential and structure of deciduous forest stands on the Antonín – Sokolov dump

Cíle práce

Získat poznatky o produkci, struktuře a biodiverzitě porostů vybraných listnatých dřevin v rekultivačním lesnickém arboretu na uhelné výsypce Antonín na Sokolovsku.

Metodika

- Rozbor problematiky lesnických rekultivací, a to zejména v oblastech ovlivněných povrchovou těžbou uhlí v Evropě se zaměřením na Sokolovské výsypky.
- Charakteristika zájmové oblasti Sokolovska a zejména pak stanovištních a porostních poměrů lesnického arboreta na výsypce Antonín.
- Charakteristika vybraných výzkumných ploch v porostech listnatých dřevin na výsypce Antonín.
- Standardní biometrická měření stromového patra a hodnocení kvantitativních parametrů s akcentem na produkci porostu.
- Aplikace standardních biometrických a matematicko-statistických metod.
- Vyhodnocení produkce a struktury TVP v porostech listnatých dřevin na výsypce Antonín.
- Využití získaných poznatků o produkčním a mimoprodukčním potenciálu porostů jednotlivých listnatých dřevin pro tvorbu vhodného managementu na obdobných stanovištních poměrech na antropogenních půdách a s ohledem na okolní urbanizaci.

Doporučený rozsah práce

Minimálně 30 stran textu.

Klíčová slova

rekultivace výsypek, lesnické arboretum, produkce, struktura, biodiverzita, Sokolovská pánev

Doporučené zdroje informací

- DIMITROVSKÝ, K., KUPKA, I., POPPERL, I. (2007): Les jako důležitý fenomén obnovy průmyslové krajiny. In: Obnova lesního prostředí při zalesňování zemědělských a degradovaných půd. Kostelec nad Černými lesy, 22. 11. 2007, ČZU v Praze, p. 20–27.
- DIMITROVSKÝ, K., MODRÁ, B., PROKOPOVÁ, D. (2010): Produkční a mimoprodukční význam antropogenních substrátů na výsypkách sokolovské uhelné páneve. Zpravodaj Hnědé uhlí, 4:8–16.
- DRAGOUN, L., STOLARIKOVÁ, R., MERGANIČ, J., ŠÁLEK, L., KRYKORKOVÁ, J. (2015): Porovnání vlivu příměsí na růstové veličiny, strukturu a stabilitu porostu borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na antropogenních půdách sokolovského regionu. *Forestry Journal*, 61: 1: 44-51.
- KUPKA, I., DIMITROVSKÝ, K. (2006): Silvicultural assessment of reforestation under specific spoil bank conditions. *Journal of Forest Science*, 52: 9: 410-416.
- KUPKA, I., DIMITROVSKÝ, K. (2011): Test results of selected tree species for forestry reclamations in the Sokolov region. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 52-56.
- POLENO, Z., VACEK, S. et al. (2009): Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 952 s.
- VACEK, S., SIMON, J. et al. (2009): Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 784 s.
- VACEK, Z., CUKOR, J., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., LINDA, R., KOVAŘÍK, J. (2018): Forest biodiversity and production potential of post-mining landscape: opting for afforestation or leaving it to spontaneous development?. *Central European Forestry Journal*, 64: 2: 116-126.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

Ing. Otakar Švec, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 7. 6. 2019

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Produkční potenciál a struktura listnatých porostů na výsypce Antonín – Sokolov" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

Ve Svatavě dne

Podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Zdeňkovi Vackovi, Ph.D. za vedení, poskytnuté zdroje a komunikaci při tvorbě této práce, panu prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc. za uvedení do problematiky a zprostředkování veškerého příslušenství a zdrojů a kolegovi Ing. Jakubovi Brychtovi za spolupráci v terénu.

Abstrakt

Rekultivační práce, respektive lesnické rekultivace se uplatňují již desítky let na územích postižených dobýváním povrchovou těžbou hnědého uhlí. Na těchto lokalitách se cíleně vytvářejí zcela nové porosty, které by přirozenou sukcesí nemohly vzniknout.

Cílem této práce bylo získat poznatky a data o produkci, struktuře a biodiverzitě porostů vybraných listnatých dřevin v rekultivačním lesnickém arboretu Antonín na Sokolovsku. Dřeviny, tj. lípa srdčitá (*Tilia Cordata*), dub zimní (*Quercus petraea*), bříza bělokorá (*Betula pendula*) a olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), měřené v této práci měly věk v rozmezí od 45 do 47 let a byly u nich získávány údaje o jejich výšce, tloušťce, stupni zápoje, a také byl zhodnocen jejich zdravotní stav, a to vždy po čtyřech trvalých výzkumných plochách. Dále pak byly zhodnoceny údaje o diverzitě porostů a to, výšková a tloušťková diferenciaci, korunová diferenciaci, vertikální diverzita a celková porostní diverzita.

Z výsledků vyplývá, že byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi produkčními parametry. Nejvyšší průměrná tloušťka porostu byla zjištěna u břízy (11,7 cm), naopak nejmenší průměrná tloušťka byla naměřena u olše (8,8 cm). Z hlediska průměrné výšky, signifikantně ($p < 0,05$) vyšší hodnoty byly zjištěny u břízy (13,43 m) oproti ostatním dřevinám. Objem středního kmene byl nejvyšší také u břízy ($0,051 \text{ m}^3$), zatímco u olše dosahoval pouze $0,016 \text{ m}^3$. Celkově nejvyšší signifikantní rozdíl mezi dřevinami byl zjištěn právě u počtu stromů a následně u indexu hustoty porostu ($p < 0,001$). Obdobně, signifikantně nejvyšší kruhová základna byla zjištěna u lípy ($22,3 \text{ m}^2/\text{ha}$), oproti tomu kruhová základna u olše byla o 63,2 % nižší ($8,2 \text{ m}^2/\text{ha}$). Nejvyšší porostní zásoba byla zjištěna v průměru u lípy – $82 \text{ m}^3/\text{ha}$, zatímco u olše dosahovala 4× menších hodnot ($20 \text{ m}^3/\text{ha}$).

Celkově nejvyšší signifikantní rozdíl mezi dřevinami byl zjištěn právě u počtu stromů a následně u indexu hustoty porostu ($p < 0,001$). Obdobně, signifikantně nejvyšší kruhová základna byla zjištěna u lípy ($22,3 \text{ m}^2/\text{ha}$), oproti tomu kruhová základna u olše byla o 63,2 % nižší ($8,2 \text{ m}^2/\text{ha}$).

Z hlediska produkčního potenciálu (kvality) je nejvhodnější k lesnickým rekultivacím bříza bělokorá a lípa srdčitá, které mají nejvyšší kvality z hlediska biodiverzity.

Klíčová slova: rekultivace výsypek, lesnické arboretum, produkce, biodiverzita, Sokolovská pánev

Abstract

Reclamation works, respectively forest reclamation, have been applied for decades in areas affected by surface mining of brown coal, where new forest stands are being created on dumps, which could not grow successively at all.

The aim of this work was to obtain knowledge and data on the production structure and biodiversity of selected deciduous trees in reclamation forestry arboretum Antonín in the Sokolov region.

Tree species, ie. small-leaved linden (*Tilia cordata*), sessile oak (*Quercus petraea*), silver birch (*Betula pendula*) and black alder (*Alnus glutinosa*), measured in this work were around 45-47 years old and data about them were obtained on their height, thickness, degree of canopy, evaluation of health status, always after four permanent research areas each. Furthermore, data on stand diversity, namely height and thickness differentiation, vertical diversity and overall stand diversity.

The results show that significant differences were found between production parameters. The highest stand thickness was found on birch (11.7 cm), respectively the smallest in alder (8.8 cm). In terms of average height, significantly ($p < 0,05$) higher values were found in birches (13,43 m) compared to other tree species. The volume of mean stem was also highest for birch (0,051 m³) while for alder reached only 0,016 m³. Overall, the highest significant difference between tree species was found in the number of trees and subsequently in the stand density ($p < 0,001$). Similarly, the significantly highest circular base was found for linden (22.3 m²/ha), while the circular base for alder was 63.2 % lower (8.2 m²/ha). The highest standing volume was found on linden – 82 m³/ha, while for alder it reached 4× smaller values (20m³/ha). Similarly, the significantly highest circular base was found for linden (22,3 m²/ha), while the circular base for alder was 63.2 % lower (8,2 m²/ha).

In terms of production potential (quality) the most suitable is silver birch and small-leaved linden which has the highest qualities in terms of biodiversity.

Keywords: reclamation of coal dump, forestry arboretum, production, biodiversity, Sokolov basin

Obsah

1 Úvod.....	13
2 Cíl práce	14
3 Rozbor problematiky	15
3.1 Těžba uhlí	15
3.2 Lesnické rekultivace	17
3.3 Struktura lesa	22
3.4 Vývoj lesních ekosystémů	25
3.5 Zájmové dřeviny	29
3.5.1 Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>).....	29
3.5.2 Bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i>).....	30
3.5.3 Dub zimní (<i>Quercus petraea</i>).....	31
3.5.4 Olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>).....	32
4 Materiál a metodika.....	34
4.1 Charakteristika zájmového území.....	34
4.1.1 Charakteristika PLO – Podkrušnohorské pánve	34
4.1.2 Lesnické arboretum Antonín.....	39
4.1.3 Trvale výzkumné plochy.....	40
4.2. Sběr dat	42
4.3 Analýza dat	43
5 Výsledky.....	44
5.1 Produkce a struktura stromového patra	44
5.2. Diverzita stromového patra	48
5.3 Interakce mezi produkcí, diverzitou, strukturou a dřevinami.....	51
6. Diskuze.....	54
7. Závěr.....	56
8. Seznam použitých zdrojů	57
Přílohy	65

Seznam obrázků

- Obr. 1 Formy dynamiky přírodních smrčín (A) (velký vývojový cyklus), (B) horské ekosystémy smrkového vegetačního stupně (malý vývojový cyklus) (upraveno dle Schmidt-Vogt 1986)
- Obr. 2 Mapové zobrazení PLO 2 - Krušnohorské pánve – Chebská a Sokolovská pánev 2a (červené ohraničení), Mostecká a Žatecká 2b (zelené ohraničení) (OPRL ÚHÚL)
- Obr. 3 Zobrazení detailu zájmové PLO (OPRL ÚHÚL)
- Obr. 4 Ortofoto mapa s měřítkem – Lesnické arboretum Antonín (mapy.cz)
- Obr. 5 Příklad lipového porostu (vlastní dokumentace)
- Obr. 6 Příklad březového porostu (vlastní dokumentace)
- Obr. 7 Příklad olšového porostu (vlastní dokumentace)
- Obr. 8 Příklad dubového porostu (vlastní dokumentace)
- Obr. 9 a 10 Vybavení FieldMap a laserový výškoměr Vertex (vlastní dokumentace)
- Obr. 11 Výšková struktura jednotlivých dřevin v roce 2019 (průměr ze 4 TVP – Testovacích výzkumných ploch)
- Obr. 12 Závislost výšky na výčetní tloušťce diferencovaně dle dřevin v roce 2019; R^2 vyjadřuje koeficient determinace
- Obr. 13 Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury dubového porostu na TVP 2 v roce 2019
- Obr. 14 Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury lipového porostu na TVP 7 v roce 2019
- Obr. 15 Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury březového porostu na TVP 9 v roce 2019
- Obr. 16 Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury olšového porostu na TVP 16 v roce 2019

Seznam tabulek

Tab. 1 Roční podíly těžby v časovém rozptylu od roku 1946 do roku 2000 (Dimitrovský 2001)

Tab. 2 Přehled rekultivačních prací v sokolovském revíru (Kupka, Dimitrovský 2011)

Tab. 3 Typy rekultivací v Sokolovském revíru (Kupka, Dimitrovský 2011)

Tab. 4 Klimatické atributy Podkrušnohorské pánve (OPRL Podkrušnohorské pánve, UHÚL, 2018)

Tab. 5 Přehled indexů popisujících strukturu porostu a jejich interpretace.

Tab. 6 Základní porostní charakteristiky sdruženého porostu diferencované dle TVP v roce 2019

Tab. 7 Strukturální a produkční charakteristiky porostu diferencované dle dřevin v roce 2019,

Tab. 8 Základní ukazatelé diverzity sdruženého porostu diferencované dle TVP v roce 2019; signifikantní rozdíly jsou znázorněny rozdílným písmenem a u p-hodnot podtržením

Tab. 9 Základní ukazatelé diverzity diferencované dle dřevin v roce 2019

Seznam použitých zkratk

BR – bříza bělokorá

CPP – celkový průměrný přírůst

d – průměrná výčetní tloušťka

DB – dub zimní

G – výčetní kruhová základna

LP – lípa srdčitá

PLO – přírodní lesní oblast

PUPFL – Pozemky určené k plnění funkcí lesa

TVP – trvale výzkumná plocha

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesa

h – střední porostní výška

OL – olše lepkavá

Ap – vertikální Arten profil index

TMd – tloušťková diference

TMh – výšková diference

S – vertikální diverzita

K – Korunová diference

B – celková porostní diverzita

TVP – trvalá výzkumná plocha/plochy

CC – stupeň zápoje

f – výtvarnice

v – objem středního kmene

N – počet stromů na hektar

V – porostní zásoba

CPP – celkový porostní přírůst

SDI – index hustoty porostu

h/d – štíhlostní koeficient

1 Úvod

Krajina jako součást našeho okolí je složitým systémem, který tvoří obraz naší společnosti, společnosti, jež ji také proměňuje a ovlivňuje, jak těžbou nerostných surovin, tak i těžbou dříví a tvorbou okolního prostředí pro její užitek (Štýs et al. 1981).

Jednou z důležitých a nedílných součástí proměny krajiny jsou lesnické rekultivace, jež jsou prováděny již od počátku 20. století a jsou jedním ze základních stavebních kamenů české rekultivační školy (Dimitrovský, Vesecký 1979, 1989; Dimitrovský 1999). Správná rekultivace pomůže k návratu přírodních poměrů mnohem rychleji ve srovnání s přirozenou sukcesí (Wali 1999).

Dříve byly lesnické rekultivace orientovány na zalesnění, poté na způsoby zemědělského a vodohospodářského využití. Koncepce utváření krajiny předpokládá větší rozsah výběru rekultivace i na různé formy rekreačních funkcí a využití zdevastovaných ploch pro staveniště, stavební materiál, suroviny, jako skládky průmyslových zařízení či komunálního odpadu. Optimalizace využití devastovaných území počítá s vhodným výběrem způsobu rekultivace na základě ekologických parametrů, sociálně-ekonomických a územně technických podmínek (Štýs et al. 1981).

V důsledku zakládání nadložních hornin, jež byly závěrečnou fází dokluzu z hnědouhelných lomů, vznikaly výsypky jako nové útvary v krajině a vytvářely tak novou nezalesněnou plochu. V zájmovém území sokolovského regionu zabírají výsypky plochu 90 km² (Řehounek et al. 2010) a očekává se jejich další expanze.

Těžba hnědé uhlí je sice část historie, kdy bylo toto odvětví na vzestupu, ale avšak nyní upadá a můžeme retrospektivně názorně pozorovat vývoj lidské populace a její potřebu pro rozvíjení průmyslu a potřeb.

Na výsypkách se nejčastěji setkáváme právě s lesnickými způsoby rekultivací, a právě díky nim můžeme provádět výzkumy o vhodnosti dřevin na těchto plochách, zhodnocovat produkci dřeva, složení půdního humusu a vybírat neoptimálnější druhové složení porostu.

Díky poznatkům v této práci můžeme srovnávat neoptimálnější výběr listnatých dřevin a zhodnotit tak jejich produkci biomasy a jejich růst na výsypkách.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo získat data o růstu vysázených listnatých dřevin na rekultivačních plochách na hnědouhelné výsypce Antonín, která byla využita jako jedinečné lesnické arboretum v České republice. Dílčím cílem byla také charakteristika zájmové oblasti výsypky Antonín a její historie a vývoj tohoto území. Výsypka Antonín se vyskytuje ve 4. lesním vegetačním stupni a nachází se poblíž města Sokolov u obce Dolní Rychnov.

Hlavním cílem této práce bylo analyzovat produkční potenciál (kvalitu a kvantitu), strukturu (vertikální a tloušťkovou) a diverzitu selektovaných druhů dřevin ve věku 45–47 let na rekultivovaných plochách na výsypce. Předmětem zájmu v této práci byly vybrané dřeviny lípa srdčitá, bříza bělokorá, dub zimní a olše lepkavá, u každé dřeviny ve 4 plochách (celkem 16 ploch, 15 × 15 m). S tím souvisí i další cíl, resp. vyhodnocení získaných dat o struktuře a produkci jednotlivých dřevin na rekultivované výsypce.

Dílčím cílem bylo porovnání získaných výsledků s porosty s podobnými stanovištními podmínkami z různých částí České republiky, ale i ze zahraničí.

Závěrečným cílem bylo doporučení vhodných listnatých dřevin pro lesnické rekultivace s ohledem na tvorbu hospodářského managementu na obdobných stanovištních poměrech na antropogenních půdách.

3 Rozbor problematiky

3.1 Těžba uhlí

Již od počátku 19. století se rozmohla těžba hnědého a černého uhlí a vytvořila tak základ pro industrializaci mnoha evropských států. Pro posílení těžké techniky po 2. světové válce ve východoevropských zemích byly neustále vytvářeny nové hnědouhelné lomy, černouhelné doly a obzvláště i uranové doly, které se rozmohly počátkem 50. let minulého století společně s rozvojem nukleární energie a jaderných zbraní (Wirth, Mali 2012).

Těžba nerostných surovin, která je dynamickou částí průmyslového odvětví, často po staletích trvající těžbě, kde po vytěžení veškerých zásob či při změně technických nebo tržních podmínek je v evropském průmyslu od 60. let a v komunistických zemích východního bloku po roce 1990. V těchto známých případech konec těžby nerostných surovin způsoboval „sociálně-ekonomické drama kolem uzavírání lomů“ (Baeten et al. 1999).

Všechny typy těžby nerostných surovin způsobují zásadní proměnu životního prostředí. Hlubinným zásahem do ložisek je pomocí odvalů a poklesů terénu ovlivňován reliéf krajiny, snižováním hladin podzemních vod a čerpáním důlních vod režim hydrosféry, pedosféra a v širokém spektru je také ovlivňována fotosféra, zoosféra i mikrosféra. Ještě větší mírou zásahů do krajiny se vyznačuje povrchová těžba. Hnědouhelné lomy a výsypky zásadně ovlivňují základní složky litosféry, atmosféry, hydrosféry, pedosféry i biosféry (Štýs et al. 1981).

Záporné dopady energetiky na životní prostředí spalováním fosilních paliv jsou celosvětovým problémem. V přítomnosti i blízké budoucnosti fosilní paliva zůstanou hlavním energetickým potenciálem mnoha vyspělých států. Problematika ekologického využívání energetických nerostných surovin hnědého uhlí, černého uhlí, lignitu není jen specifikem České republiky, ale i celoevropskou záležitostí. V důsledku tohoto faktu v Helsinkách v roce 1999 byla na konferenci (jaké?) přijata Deklarace pro třetí tisíciletí. Byly zde odsouhlaseny principy ekologických hledisek hlavně v odvětví energetiky, infrastruktury dopravy a zemědělské činnosti (Dimitrovský 2001).

Z hlediska hornictví v historii do roku 1945 významnějších objemů těžby dosáhlo toto odvětví až po dokončení stavby Buštěhradské dráhy. V roce 1870 byl otevřen úsek Karlovy Vary – Cheb, poté dále byly otevřeny lokální dráhy Sokolov, Kraslice, Nové Sedlo – Loket, Chodov – Nejdek a řada dalších navazujících vleček. Tyto železniční dráhy otevřely cesty k širšímu růstu odbytu. Už v roce 1872 vzrostl odbyt až pětinasobně a v roce 1886 byl překročen 1 milion tun. Do uhelného podnikání vstupují velké kapitálové společnosti, které nahrazují drobnější

podnikatele. Zájem o uhlí stoupá a v roce 1905 těžba překračuje hranici 3 miliony tun. Na této úrovni se udržuje až do 2. světové války s výjimkou krize v třicátých letech. V době války došlo znovu ke zvýšení těžby až na 5,605 milionů tun v roce 1943. Této roviny dosáhla těžba po osvobození až v roce 1949.

I při dosahování takovýchto hodnot, od začátku 20. století, byly způsoby dobývání uhlí dosti primitivní. Uhlí se kopalo důlními motykami a nakládalo do koleček, kár a později i do důlních vozíků. Doprava byla ruční, úklonná a svislá doprava vrátkem. Dobývací metody se vyvíjely od chodbicování přes pilířování ke komorování v lávkách na zával, které pomáhalo k zvýšení výrobnosti až o cca 40 %. Způsob dobývání uhlí se od roku 1910 začal měnit. Poprvé byla v revíru nasazena parní lopatová a korečková rypadla. Kolesová rypadla se začala uplatňovat až v průběhu 2. světové války (Dimitrovský 2001).

Celkově region Sokolovska vyprodukoval tuny vytěženého hnědého uhlí jak pomocí metody lomů, tak i metodou hlubinného dobývání, jež byla dřívějším postupem získávání materiálu před modernizací těžby (tab. 1).

V roce 1945 bylo aktivních 24 hlubinných dolů a 14 malých lomů, které spadaly pod Československé doly Praha a byly poté znárodněny (Lipovská et al. 2012).

Po roce 1945 byla zásadně zařazena v 50. letech moderní technologie, která v zásadě obměnila parní stroje v elektrické. Jako příklady můžeme uvést kolesová rypadla typů SchRs 315, K 1000 a K 300, zakladače Z 1650. Postupně byla provedena elektrifikace dopravy a byly uvedeny elektrické lokomotivy E 17 s vozy o obsahu 25 m³. Modernizace výrazně umožnila zvýšit těžbu, na kterých se nejvíc podílely lomy Antonín, Libík, Gustav, Medard a především Silvestr, který od roku 1957 více než 16 let udržoval své výkony nad 3,5 milionů tun (ročně), přičemž vůbec nejvyšší těžby dosáhl v roce 1983 – 7 883 225 tun (Dimitrovský et al. 2001).

Současně s těžným nerostem se dostává na povrch i další odpadová hmota tzv. hlušina, která se ukládá na skládky – odvaly. Tyto odvaly měly svůj charakteristický kuželovitý tvar, daný technologií dopravy – kolejovou dopravou po strmé trase. Dnešní způsob dopravy auty nebo železničními vagóny umožňuje sypání odvalů plošných, které proti kuželovým mají řadu výhod, např. ve snadnějším provádění rekultivačních prací, tlumení požárů odvalu, snížení prašnosti v ovzduší atd (Štýs et al. 1981).

Tab. 1. Roční podíly těžby v časovém rozptylu od roku 1946 do roku 2000 (Dimitrovský 2001)

Roční těžby uhlí (tun)

Rok	Celkem	Hlubiny	%	Lomy
1946	4 702 188	2 479 611	52,7	2 222 577
1954	9 062 088	2 682 521	29,6	6 379 567
1966	17 646 088	1 046 963	5,9	16 602 125
1971	20 088 006	599 151	3	19 488 855
1983	22 608 338 historické maximum	525 014	2,3	22 083 324
1990	16 466 205	288 000	1,75	16 178 205
1995	11 159 171	-		11 159 171
2000	10 302 760	-		10 302 760

Poslední hlubina (Marie) ukončila těžbu v roce 1991

Vlastnictví a právo těžit mělo 10 společností od roku 1965 do roku 1990, kdy byly sjednocené pod Hnědouhelné lomy na Sokolovsku a poté přeměněny pod 3 státní subjekty které se později spojily v jednu, tj. v společnost Sokolovská uhelná a.s. v roce 1994. Společnost byla plně zprivatizovaná roku 2004 (Frouz et al. 2007).

Od změny režimu v roce 1989 nastala změna v energetických a ekonomických zásadách těžby. Nadále rekultivace postižených území bylo prováděno ve větším měřítku. Podle českého zákona, těžební společnosti jsou odpovědné za rekultivace postižených území po těžbě nerostných surovin. Ve své podstatě se vrátily ke stejnému zákonu oživení krajiny území postižených těžbou z doby Marie Terezie (Voštová, Růžička 2000).

3.2 Lesnické rekultivace

Změny mikroklimatu Sokolovské pánve byly odstartovány již v době maloplošných devastací celou řadou hlubinných dolů. V tomto ohledu vznikly experimentální a praktické rekultivace výsypkových ploch a ty jsou do dnes k dispozici jako jejich rekultivační systémy, které nacházejí uplatnění zejména v územním plánování hornické krajiny. V rámci tzv. sanačních a rekultivačních ploch znehodnocených povrchovou těžbou a ostatní průmyslovou činností se její ekologická rovnováha, včetně nové geomorfologie území, půdních, vegetačních a vodních poměrů, jako základní kámen obnovy přírodních rysů krajiny (Dimitrovský 2001).

Na území Sokolovska tvoří lesnické rekultivace menší procento revitalizace krajiny z důvodu finanční náročnosti – v tomto důsledku jsou hydrikové rekultivace upřednostňovány před rekultivacemi lesnickými. Díky těmto rekultivacím vznikla soustava vodních děl – přírodní koupaliště Michal, nádrž Bílá voda a jezero Medard (kolem 1300 ha). Jezero Medard obsahuje přes 500 milionů metrů čtverečních vody. Kromě těchto dvou rekultivací se dále například

vystavělo golfové hřiště v městské části Stará Ovčárna. Jako nejvýznamější část lesnické rekultivace je experimentální arboretum Antonín (Lipovská et al. 2012).

Lesnické rekultivace, jejímž smyslem je efektivní založení žádoucího typu porostu lesních dřevin na devastovaných plochách určených k zalesnění, je účinnou protiváhou negativních tendencí těžby. Podílí se zejména na obnově ekologických, ale i ekonomických funkcí krajiny (Štýs et al. 1981).

V mnohých případech můžeme rozlišovat několik druhů lesnických rekultivací: Lesy s primárně hospodářskou funkcí: hlavním cílem těchto zalesněných výsypek je vytvoření takových porostů, které budou začleněny do hospodářského cyklu produkčního lesa. K tomu je vhodné přizpůsobit volbu dřevin, druhovou skladbu, plošné i prostorové uspořádání porostů, komunikační rozdělení apod. Výsledky nám dávají znát, že na některých určitých lokalitách je možno s tímto způsobem počítat. Vedení zaměřit zalesňování porostů a jejich výchovu k produkci dřevní hmoty je nutno vést v souladu s biologickými hledisky, to je s uplatněním hospodářsky důležitých dřevin a v potřebném zastoupení pomocných dřevin s dočasnou funkcí. Na zvláště nepříznivých stanovištích není dovoleno přímé vysazování cílových dřevin a je zde proto nutné přistoupit ke dvoufázovému postupu zalesnění, tj. založení přípravných porostů, pod jejichž ochranu se za 10 a více let vysazují dřeviny cílové.

Lesy účelové: nemají sice produkční charakter, ale zabezpečují ve velké míře ostatní důležité funkce lesa. Při zakládání se respektuje charakter lokality, ten je nejčastěji jako výsypková zemina, svahy výsypek aj. Podle hlavní funkce, kterou mají lesy účelové plnit, mohou být tyto lesy zařazeny jako lesy ochranné nebo rekreační.

Lesy ochranné s funkcí: půdoochrannou, protierozní a stabilizační. Funkci půdoochrannou je nutno zdůraznit zejména na výsypkách složených z terciérních písků a lehčích materiálů. Zde dochází ke zlepšení fyzikálních vlastností, vodního režimu, snižování povrchového odtoku (i zemin náchylných k slutí), k omezování vodní eroze na svazích vázáním částic kořenovým systémem a tím i stabilizování povrchu, a poté částečně v tlumení povrchových sesuvů na svazích jílovitých výsypek. U převýšených členitých výsypek se půdoochranný vliv lesa ve zvýšené míře projevuje v omezování větrné eroze. K tomuto účelu je nutno zvolit správně rozmístění keřů a dřevin, jejich zastoupení a způsob založení porostu;

-půdotvorná fce.

Kladný vliv zalesňování výsypek se projeví v melioračních účincích, v obohacení zemin o organickou hmotu, ve tvoření a prohloubení fyziologického půdního profilu, a tím vytvoření

trvalých podmínek pro vegetaci a postupné zlepšování fyzikálních, chemických i fyzikálně chemických vlastností půd.

-hydričnou. Lesní porosty jsou tvořeny tak, aby pomáhali zlepšovat, resp. vyrovnávat vlhkostní poměry. Zmenšují výrazně povrchový odtok, zejména při přívalových srážkách. Jejich kladný vliv můžeme spatřit např. lepší absorpci vody do půdy.

-sanitární (asanační). V průmyslových oblastech se význam lesa zvyšuje z hlediska zlepšení životního prostředí. Význam lesa spočívá ve filtračních účincích omezující pohyb fyzikálních nečistot ve vzduchu a jejich zachycování, v ochraně proti chemickým škodlivinám a v ochraně proti hluku. Ochranné lesní pásy i porosty založené v blízkosti měst působí tedy i jako klimatizační prvek. Tomuto účelu je nutno podřídit zakládání nového lesa (volbu a rozmístění dřevin, způsob výsadby aj.).

Lesy rekreační: Značné husté osídlení v těžebních průmyslových oblastech naskýtá možnost vhodně využít nových výsypkových útvarů k založení lesů rekreačních pro krátkodobou rekreaci a odpočinek. Rozlišujeme tyto typy do třech kategorií:

Parkové lesy slučují prvky lesa a parku; uplatňují se především jako příměstská zeleň s funkcí krátkodobé rekreace a tvořící zázemí životního prostředí v příměstské zóně. Jednou z dalších funkcí je také zlepšení prostředí kolem měst a funkce estetická.

Parky jsou v rámci rekultivace zakládány především tam, kde zdevastované plochy dosahují bližších vzdáleností k městským oblastem.

Lovecké prostory, popřípadě obory, jsou vzhledem k velkým rozlohám a členitosti výsypek budovány v místech zaručujících klid pro zvěř. Úprava terénu a technologie zalesňování se řídí specifíčností účelu, zejména pro jaký druh zvěře budou prostory určeny (Štýs et al. 1981).

Lesnickou rekultivaci v podmínkách antropogenně vzniklého reliéfu těžbou dotčených území, je třeba považovat za řízenou sukcesii. Do nově vzniklých ekotypů jsou vysazovány klíčové druhy cílových lesních ekosystémů. Proces rekultivací by neměl směřovat k ozelenění krajiny za každou cenu a jakýmkoliv způsobem (Štýs 2001), ale měl by vytvářet trvale udržitelné a ekologicky stabilní lesní ekosystémy, a to zejména za použití cílových autochtonních dřevin (Kašíková 2009).

Sukcese je uspořádaný vývoj společenstva, zahrnující změny druhového složení a procesů ve společenstvu v průběhu času, vývoj se děje určitým směrem a můžeme ho částečně předvídat. Sukcese je výsledkem změn abiotického prostředí, vyvolaného činností společenstva. Ráz abiotických podmínek určuje povahu, rychlost změny a často i hranice, kam až vývoj společenstev může dojít. Sukcese se dělí na primární, která probíhá v prostředí dosud biotou

neosídlených prostorů a sukcesi sekundární, která probíhá na územích, kde byla původní společenstva zničena, porušena či nahrazena umělými kulturami. V kulturní krajině České republiky převažuje sekundární sukcese, především na postagrárních ladech, tj na územích, kde z různých důvodů skončilo zemědělské využití. Na plochách po povrchové těžbě nerostných surovin je ojedinělá možnost sledovat procesy, spojené s primární sukcesí (Kašíková 2009)

Lesnická rekultivace v podmínkách antropogenně vzniklého reliéfu těžbou dotčených krajin v lesnickém arboretu Antonín byla vyhodnocena jako „kontrolovaná sukcese“, kde dřeviny byly zasazeny jako klíčové druhy cílových lesních ekosystémů. Na opačné straně arboreta byla část naopak zanechána k přirozené, spontánní sukcesí (Dimitrovský et al. 2007).

Při zakládání nových porostů musíme také dbát na orografii (modelaci) krajiny. Takto modelace má několik faktorů:

- volba technologie dobývání získaného materiálu (hlubinná, lomová),
- mocnost a hloubka uhelné sloje,
- mocnost nadložních hornin (sedimentů),
- geologicko-petrografická skladba,
- uložení skryvky v areálu lomového prostoru nebo mimo lomového prostoru (vnitřní nebo vnější výsypky úrovnové, převýšené),
- technologická úprava výsypkového tělesa dle zákona o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon č. 262/1992 Sb.),
- volba způsobu rekultivace (zemědělská, lesnická, hydrická, ostatní) (Kupka, Dimitrovský 2011).

Předpokladem úspěšné lesnické rekultivace je již úprava pozemku před výsadbou.

Z hlediska rekultivačního je důležité selektivní skrývání kvalitních nadložních zemin, respektive zemin schopných k lesnické rekultivaci a jejich vrstvení na povrch výsypek. Tím se zamezí, aby konečný povrch výsypek netvořily zeminy ze spodních bagrových řezů s uhelnou příměsí a zeminy fyto toxické. U výsypek určených pro lesnickou rekultivaci se netrvá na tom, a není to obvykle nutné, aby byla na povrch vrstvena ornice, které je využíváno především pro zemědělskou rekultivaci nebo málo úrodné, částečně poškozené zemědělské pozemky v okolí dobývacích prostorů. Podle výsledků výzkumu se přidávání ornice do jamek před výsadbou u většiny výsypkového a odvalového materiálu neosvědčilo. Výhodnější je přebytek ornice využít k celoplošnému rozprostření v tenčí vrstvě po celé ploše pomocí mechanizace. Překrytí povrchu úrodnými nebo potenciálně úrodnými substráty je bezpodmínečně nutné u těch

výsypek kde, již došlo v poslední etáži k nasypání lesnický nerektivovatelných zemin, obsahujících fytotoxické přímíšeniny (Štýs et al. 1981).

Přístup při obnově půdy na výsypkách vychází z tzv. kategorizačních procesů. Dimitrovský (2002) kategorizační proces definuje jako taxativně dokonalé poznání a respektování vztahu mezi přírodou a člověkem i mezi krajinou a jejím využíváním. Současná identita Sokolovské krajiny je nepochybně specifická tím, že je nově vytvořenou kulturní krajinou, která má svou zcela svébytnou novou podobu (Tab. 2 a 3).

Tab. 2. Přehled rektivačních prací v sokolovském revíru (Kupka, Dimitrovský 2011)

Stav rektivace	Plocha (ha)
Dokončené	3110
Rozpracované	2679
Plánované	3520
Celkem	9309

Tab. 3. Typy rektivací v Sokolovském revíru (Kupka, Dimitrovský 2011)

Typ rektivace	Realizované 1960 -	Plánované
	2007	
	(ha)	(ha)
Zemědělská	1828	1797
Lesnická	1095	1340
Hydrická	78	306
Ostatní	110	42

Lesy na výsypkových stanovištích jsou dle lesního zákona č. 289/1995 Sb zařazovány do kategorie lesů zvláštního určení, při střetu zájmu s ohledem na produkční a mimoprodukční funkci lesa.

Rozdílné názory a protichůdné myšlenky vědecké obce v zakládání rozdílných druhových porostů na výsypkách v oblastech např. Sokolovska, Mostecka, Chomutovska a Teplicka zapříčinila vznik ploch s rozdílnou charakteristikou. Jsou zde i nemalé rozdíly ve způsobech zakládání kultur a míšení (jednotlivě, skupinovitě, různých geometrických útvarů a velikostí) dřevin s odlišnou ekovalencí. V pojetí rektivační dendrologie je ekovalence dřevin a keřů definována jako ekologická kategorie hodnocení taxonů (čeleď, rod, druh) odvozená od jejich flexibility na půdní a klimatické podmínky stanoviště (Dimitrovský 2001). Ekovalence je

charakterizována jako amplituda ekologického optima dřevin které v nich nejlépe prospívají. Rozlišujeme stenoekní - úzkou valenci, euryekní – širokou valenci (priroda.cz).

Mikroklimatické podmínky společně s půdními podmínkami výsypkových stanovišť jsou rozhodující pro volbu dřevin. Dle ekivalence jednotlivých dřevin (velké, střední nebo malé) je následně upraveno i v jejich zastoupení v porostech.

Dendrografie na výsypkách v současnosti indikuje znaky společné (antropogenní substráty vesměs jílovité povahy – miocenní jíly, geomorfologické tvary nově vzniklých recentních útvarů v krajině – výsypky, imisní zatížení, demografická architektura hornické krajiny, doba zakládání kultur, způsoby péče o založené kultury a porosty apod.) i znaky odlišné (volba druhové skladby, způsoby zakládání kultur, pěstebně výchovné zásahy, kvalita porostů na výsypkových stanovištích).

3.3 Struktura lesa

Struktura lesních ekosystémů je často popisována souborem obecných charakteristik, zahrnujících funkční, druhovou a prostorovou složku (Noss 1990; Franklin 1988). Skladba porostů a lesních ekosystémů je popsána přítomností lesních dřevin nebo v relativními indikátory, které vyjadřují druhovou rozrůzněnost. Funkční struktura se vyznačuje výskytem a typem procesů v rámci ekosystému, např. koloběhem živin, vody či produkcí. Prostorová struktura je daná vzájemným uspořádáním jednotlivých složek v ekosystému (McElhinny et al. 2005). Struktura lesa zahrnuje jak vnitřní uspořádání jednotlivých objektů, jako jsou stromy, pařezy a kmeny různých velikostí a různých stádiích dekompozice, tak vnější prostorové uspořádání těchto struktur, jako je například stromové patro a jeho rozložení (Franklin et al. 2002). Struktura porostu významně ovlivňuje konkurenční vztahy mezi jedinci v porostu a zároveň ovlivňuje jejich rozrůzněnost, růst, přirozenou obnovu či mortalitu (Pretzsch 1997; Newton, Jolliffe 1998). Analýza struktury se v lesnictví obecně používá k posouzení stavu přirozenosti porostu a jeho autoregulace z pohledu přirozené obnovy (Průša 1985; Korpel 1995; Franklin et al. 2002; Crecente-Campo et al. 2009; Vacek et al. 2007). Získává informace o lesních porostech, o všech dřevinách dohromady nebo jen o jednotlivých druzích dřevin odděleně. Přináší podklady pro posouzení vyváženosti lesa v jednotlivých věkových třídách a předznačuje možnosti přirozené obnovy. Struktura porostu je dána původem (vegetativním, generativním), druhovým složením, věkovým členěním, prostorovým uspořádáním a genetickou skladbou, resp. proveniencí (Vacek et al. 2010).

3.3.1 Druhová skladba

Druhová skladba porostu je výčet druhů dřevin a jejich zastoupení v porostu. Druhová skladba společně s celkovou strukturou tvoří hlavní stavební složky porostů, které vzájemně ovlivňují funkci lesních ekosystémů (Crow et al. 2002). Složení druhů v porostu ovlivňuje mikrostanoviště, biotop a cyklus živin v ekosystému (Carvalho 2011). Kromě jiného je složení druhů ovlivňováno řadou faktorů: světelné podmínky, teplota, vlhkost, topografie, půdní podmínky vegetační pokryv, škody zvěří nebo vzájemná konkurence.. Porosty se dělí na jehličnaté a listnaté a porosty smíšené nebo nesmíšené. Zastoupení dřevin v druhové skladbě se stanoví jako plošný podíl jednotlivých dřevin v porostu. Hlavní dřeviny mají procentické zastoupení větší než 30 %, přimíšené 10-30 % a vtroušené do 10 % (Poleno et al. 2007a). Ve smíšeném porostu mohou být jednotlivé dřeviny různě rozmístěny. Forma smíšení může být jednotlivá, řadová, pásová, hloučkovitá, skupinová, ostrůvkovitá nebo plošná (Korpeř et al. 1991).

3.3.2 Věková skladba

Věková skladba porostu je definována věkovým členěním, resp. rozdíly věku stromů jednoho nebo více druhů dřevin, které tvoří porost. Vyjadřuje se ve věkových stupních nebo třídách a její změny poskytují důležité podrobnosti pro řízení vývoje porostu (Korpeř et al. 1991). Nejzákladnějším a nejznámějším členěním podle věku je dělení porostů na stejnověké a různověké. Věková skladba je také důležitou populační charakteristikou, která ovlivňuje jak životnost, tak i mortalitu, popř. délku vývojového cyklu či života porostu (Průša 1985; Vacek et al. 2007a). Ve stabilní věkové struktuře různověkého lesa početně převažují nejmladší jedinci v opačném případě to znamená, že populace je na ústupu.

Velice odlišný případ od těchto dvou typů je výběrný les, ve kterém se vyskytuje široké věkové spektrum od nejmladších jedinců až po zcela přestárlé stromy. Jedná se o druh lesnického hospodaření, který je nejbliž k přírodě blízkému způsobu vývoji lesa (Vacek et al. 2007a).

3.3.3 Prostorová struktura porostu

Prostorová struktura porostu může být rozdělena podle směru, a to horizontální a vertikální. Z hlediska **horizontální struktury** se sleduje hustota porostu, zakmenění a zápoj (stupeň zápoje, plocha korunových projekcí), kdežto z hlediska vertikální struktury je to tvorba jednoho

nebo více porostních pater a v jejich rámci porostních vrstev (Vacek 1982; Vacek et al. 2010). Sloučením horizontální i vertikální struktury vzniká porostní profil.

Zápoj označuje vzájemný dotyk a prolínání korun v korunové vrstvě. Podle vzájemného rozmístění korun okolních stromů a způsobem dotyku rozeznáváme čtyři stupně zápoje:

- horizontální
- stupňovitý
- diagonální
- vertikální

Podle volnosti a těsnosti dotyku korun můžeme dále zápoj rozdělit na různé **stupně zápoje**. Zápoj je charakteristický pro každou dřevinu v určitém věku a na daném stanovišti se přirozeně vytváří. Rozlišujeme tyto stupně zápoje: stísněný, dokonalý, uvolněný, volný, přerušovaný, mezernatý.

Největší vliv na horizontální rozmístění stromů má způsob a vzniku porostu. Následná redukce počtu jedinců je dána přirozenou selekcí (autoredukci) nebo cíleným zásahem lesního hospodáře (cf Vacek 2007). Porosty uměle vysazované mají pravidelný spon, oproti porostům vzniklých přirozenou obnovou. Tyto porosty mají obvykle shlukovité až náhodné výchozí rozmístění. V průběhu vývoje porostu se pak tyto typy rozmístění mění většinou směrem k rozmístění mírně pravidelnému (cf Vacek et al. 2010).

U vertikální struktury sledujeme tvorbu jedné či více **porostních vrstev** a v každé z nich pak také **porostní etáže a úrovně** (cf. Vacek et al. 1982b). U porostu rozeznáváme tři porostní vrstvy vždy podle jednotlivých třetin výšky porostu, do kterých zasahují vrcholky stromů. Porostní etáží se rozumí výraznější výškové odstupy dvou či více dílčích souborů stromů v růstovém prostoru. Podle výškového umístění dělíme úrovně na nadúroveň, úroveň a podúroveň (Korpel et al. 1991).

Ve struktuře lesa hraje zásadní roli zakládání nových porostů a v souvislosti s ním i ekologie obnovy, rozvíjející se od 80. let 20. století (Schreckenberger et al. 1990). Cílem obnovy ekosystémů je návrat degradovaných ekosystémů do podmínek podobných původním nenarušeným ekosystémům (Simon et al. 2009). U obnovy zásadně rozlišujeme dva různé přístupy: aktivní a pasivní. Aktivní přístup napomáhá k vytvoření stanovištních podmínek, jaké byly před narušením a zahrnuje všechny součásti ekosystém, včetně výsadeb. U pasivního přístupu necháváme narušená území v takovém stavu, který je nejvhodnější i pro organismy,

kteřé byly zde před narušením nebo pro jiné organismy a vytváří se tím příležitost pro regeneraci krajiny.

Metodické postupy obnovy dělíme na přímé a nepřímé postupy (Prach 1995). Mezi přímé postupy náleží:

- zcela umělá obnova,
- přenos (transfer) částí ekosystémů, rehabilitace stávajících ekosystémů dosev, dosadbami, odstranění nežádoucích druhů,
- řízená sukcese,
- spontánní sukcese.

Nepřímé postupy jsou založeny na změně stanovištních faktorů:

- změnou abiotických faktorů (často jednorázově),
- změnou biotických faktorů (např. řízené vysazení konzumentů, biologický boj),
- změnou hospodaření.

Mezi základní ekologická kritéria úspěšnosti obnovy ekosystémů patří trvalá udržitelnost, citlivost k invazím nepůvodních druhů, produktivita, retence živin a biotické interakce, umožňující výskyt všech klíčových druhů v ekosystému (Schreckenberĝ et. al 1990).

3.4 Vývoj lesních ekosystémů

Vývoj lesa můžeme definovat strukturou a strukturálními změnami v průběhu let, které zahrnují jejich chování v souvislosti s odezvou na antropogenní vlivy a přírodní disturbance (Pretzsch 2009). Les jako dynamický systém prodělává cyklické změny, které se nazývají **vývojovými cykly** lesa. Existuje velké množství vývojových klasifikací vycházejících ze skladby porostu, růstových fází a struktury porostu nebo jeho fyziognomických vlastností (O'Hara 1996). Do této tematiky řadíme **velký a malý vývojový cyklus** podle práce Korpel (1995), vývojový model podle Oliver, Larson (1996) nebo vývojový model dle Angelstam, Kuuluvainen (2004). Pro systémové zhodnocení přeměny dřevinné skladby porostu přírodního lesa má zásadní význam existence dvou vývojových cyklů lesa (Korpel 1989). Prvním je velký vývojový cyklus lesa charakterizovaný sekundární sukcesí, která probíhá na rozsáhlé ploše řádově v hektarech (velkoplošný vývoj lesa) v časovém rozpětí desetiletí. Druhý, malý vývojový cyklus lesa probíhá v rámci klimaxu na malých plochách (maloplošný vývoj lesa) a v časových periodách staletí (Korpel 1995; Poleno et al. 2007).

3.4.1 Velký vývojový cyklus

Velký vývojový cyklus lesa začíná na lesní půdě, která byla zbavena souvislého porostu po jeho katastrofickém rozpadu následkem rozsáhlých disturbancí (Barnes et al. 1998), zejména pak větrnými kalamitami, imisemi, přemnožením zvěře či požáry (Pickett, White 2013). Prolíná se s velkoplošnými koncepty vývoje lesa, respektive s regenerační sukcesí, cyklickou sukcesí a „Patch“ dynamikou. Sekundární sukcese se projevuje postupným šířením světlomilných „pionýrských“ druhů dřevin (tj. topoly, jeřáby, břízy, olše, borovice a vrby) a dochází k vzniku a formování **přípravného lesa**. Tento výběr dřevin mění prostředí natolik, že v průběhu času získává opět charakter lesa (Korpeľ 1989). V zástínu se po čase uchycující stín snášející dlouhověké dřeviny (jedle, buk, smrk a javor), které postupně nahrazují pionýrské dřeviny (Pickett, White 2013). Vývoj pak přechází do stádia **lesa přechodného**, složeného z víceetážové kombinace klimaxových a pionýrských dřevin. Pionýrské dřeviny kratší dobou života a rychlým růstem jsou ve stádia lesa přechodného nahrazovány dlouhověkým klimaxovými dřevinami (Korpeľ 1995). Takto probíhající vývojový proces je zpravidla pomalý, trvající až několik století (Matuszkiewicz et al. 2013). Přirozeným vývojem se tak les postupně mění a dostává se do stavu klimaxu (**les závěrečný**) .. V tomto stádiu dominují stinné dřeviny, které citlivě odráží dané stanovištní podmínky prostředí. Tímto posledním stádiem se velký vývojový cyklus uzavírá (Korpeľ 1989).

3.4.2 Malý vývojový cyklus

Stádium klimaxové lesa může teoreticky trvat bez časového omezení. To však neznamená jeho neměnnost, protože i v rámci klimaxu dochází k cyklickému střídání vývojových stádií a četných fází v jejich rámci. Maloplošná změna vývojových stádií a fází na určité ploše tvoří tzv. **malý vývojový cyklus** přírodního lesa (Korpeľ 1995), který lze přirovnat ke „Gap“ a „Kohort“ dynamice. Jednotlivá vývojová stádia přírodního lesa v rámci malého vývojového cyklu jsou: **stádium rozpadu, dorůstání a optima** (Korpeľ 1982; Obr. 9B).

Na počátku nové generace lesa dochází postupně k rozvolňování a prosvětlení zápoje mateřského porostu způsobené odumíráním jednotlivých jedinců nebo působením vnější disturbančního činitele (Jaworski, Karczmarski 1995). Se vznikem mezer v zápoji dochází ke změně mikrostanovištních podmínek, a to zejména ke zvýšení osvětlení a srážek ve spodních porostních patrech. Semenáčky stinných dřevin reagují na rozvolnění porostu zvýšeným růstem (Jaworski 2000). Postupně vytvářejí oddělené skupiny obnovy v mezerách zápoje vytvořených po odumřelých stromech (Zeibig et al. 2005; Szwagrzyk 2008; Kucbel et al. 2010). S rostoucím

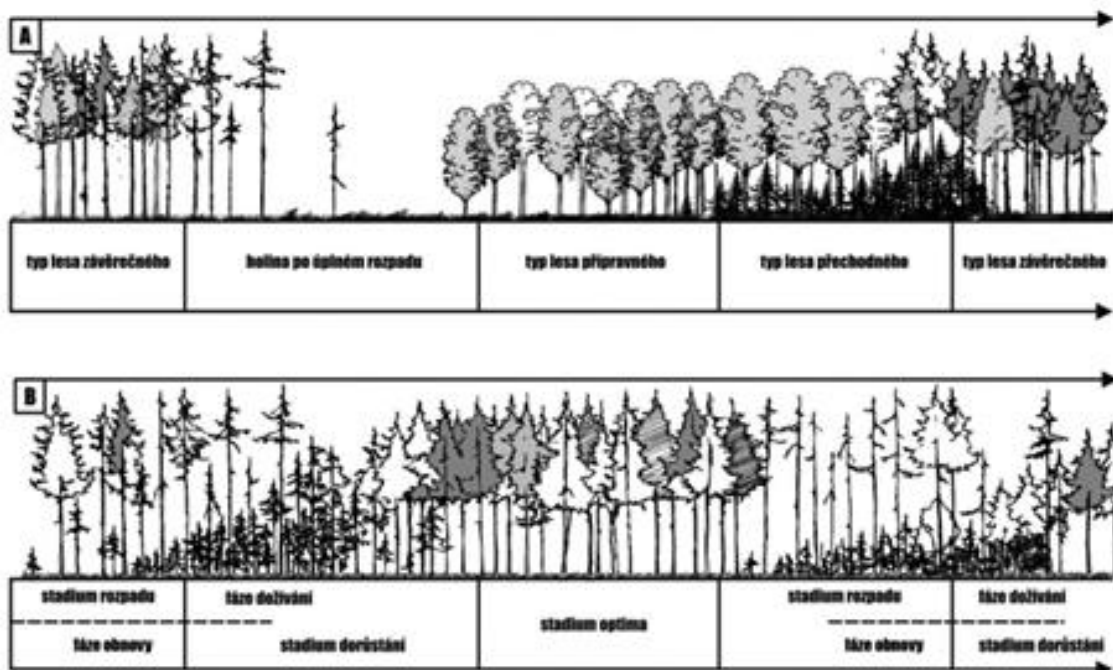
věkem se rozmístění stromů v porostu stává pravidelnější (Zahradník et al. 2010; Rugani et al. 2013). Přímá konkurence mezi sousedními stromy v husté skupině vede k jejich pravidelnému rozmístění (Bulušek et al. 2016). Protichůdnými silami vedoucí spíše k shlukování je právě mozaika mikrostanovišť a tvoření světlin při přechodu od jedné generace lesa k druhé (Vacek et al. 2015). **Rychlost rozpadu a velikost mezer** pak do značnější míry rozhoduje o druhové skladbě a struktuře budoucího pokolení lesa (Průša 1985; Kucbel et al. 2010). Při maloplošném a častém narušení korunového zápoje dochází ke značné vertikální i horizontální rozrůzněnosti porostů.

Po fázi obnovy následuje **stádium dorůstání**, ve kterém stromy převážně mladých generací intenzivně uplatňují své růstové schopnosti. Postupně dochází ke snižování objemu odumřelého dřeva, který je v tomto stádiu nejvyšší (Saniga, Schutz 2001; Šamonil, Vrška 2007). Výrazně klesá i celkový počet jedinců přirozenou autoredukcí, naopak porostní zásoba a objemový přírůst se rychle zvyšují (Jaworski, Kolodziej 2002). Převažují zde stromy spodní a střední etáže a dochází k vytváření stupňovitého až vertikálního zápoje s vysokou vitalitou stromů. Menší světliny a porostní mezery vzniklé v porostním zápoji po postupném odumírání zbytku stromů z předcházejícího cyklu, se rychle zapojují. V tomto stádiu se struktura porostu podobá lesu výběrnému. Porosty mají největší výškovou, tloušťkovou a prostorovou rozrůzněnost (Korpel' et al. 1991; Korpel', Saniga 1993).

Výrazně delší doba životnosti stromů, než je trvání jejich výškového růstu, vede k tomu, že původně výškově silně diferencované porosty ve stádiu dorůstání se i přes značnou různověkost (rozdíly až 200 let; Korpel', Saniga 1993) výškově vyrovnávají, a tím se přesouvají do **stádia optima**. Toto stádium se vyznačuje malým počtem stromů, ztrátou vrstevnatosti, zvyšováním pravidelného uspořádání (Rugani et al. 2013) a ojedinele předčasnou mortalitou nejtlustších stromů (Průša 1985). Zápoj se pomístně rozvolňuje, převládají stromy nejvyšších tloušťkových tříd. Podle některých autorů (např. Schutz 1999) je homogenizace porostů trvajících od stádia dorůstání do konce stádia optima základním principem vývoje přírodního lesa. Vzhled porostu s touto rovnoměrnou výstavbou je velmi podobný lesu hospodářskému (Korpel' 1995; Poleno et al. 2007). Na konci tohoto stádia (ve fázi stárnutí) začínají nejstarší stromy, které se blíží maximálnímu fyzickému nebo fyziologickému věku, ve větším počtu přirozeně odumírat, a přírodní les se tak dostává do posledního stádia malého vývojového cyklu (Korpel' 1995). Ve **stádiu rozpadu** se porostní zásoba rychle snižuje, protože odumírání dospělých stromů nemůže být nahrazeno přírůstem zbývajících stromů horní etáže, ani jedinců nastupující nové generace. Dochází tedy k postupnému nárůstu objemu odumřelého dřeva (Saniga, Schutz 2001; Vacek et

al. 2015) a ke zvyšování počtu jedinců nové generace lesa (Šamonil, Vrška 2007). Jedinci nové generace jsou po ploše rozmístěni samostatně, skupiny stromů staré generace se střídají s nastupujícími postupně převažující obnovou. Při pomalejším průběhu stádia rozpadu dochází k obnově stinných dřevin s charakterem podrostní obnovy, při rychlém rozpadu může dojít i k obnově přípravných dřevin s charakterem světlostných stádií (Vacek et al. 1988). Porost se tak opět dostává do stádia dorůstání, tj. na začátek vývojového cyklu (Vacek et al. 2007).

Obr. 1. Formy dynamiky přírodních smrčín (A) (velký vývojový cyklus), (B) horské ekosystémy smrkového vegetačního stupně (malý vývojový cyklus) (upraveno dle Schmidt-Vogt 1986)



3.5 Zájmové dřeviny

3.5.1 Lípa srdčitá - *Tilia cordata* Mill

Rekonstruovaná přirozená skladba lípy srdčité je uváděna na 0,8 %, současná (v roce 2019) 1,2 % a doporučená skladba pro lípu je 3,2 % (Zpráva o stavu lesů Lesy ČR, 2019).

Lípa malolistá (*Tilia cordata* Mill.) patří do čeledi lipovité (*Tiliaceae*). Je to listnatý strom, 25–30 m vysoký. Má hustou a širokou korunu. Listy mají 2–5 cm dlouhý řapík, 3–5 cm velkou čepel. Čepel je asymetricky srdčitá, s pravidelným pilovitým okrajem. Na vrchní straně listu v úžlabí žilek má rezavé chloupky. Květy jsou oboupohlavné, v květenství 4–10. Kvete od června do července a plody dozrávají v září. Plodem je oříšek 5–7 mm velký.

Lípa malolistá patří mezi stín snášející dřeviny našich lesů (Úřadníček et al. 2001). Lípa je teplomilnou dřevinou (Hemery et al 2010; Lestrade 2013). Vyšší teploty nad 15 °C jsou vyžadovány pro úspěšnou produkci a vývoj plodných semen při začátku vegetační doby (Pigott et al. 1981). Kritickým maximem teploty pro lípu je 44 °C, všeobecně nejsou vyšší teploty pro lípu problém, je-li v půdních podmínkách s dostatkem vody. Lípa také dobře snáší mrazy v průběhu celého roku. Největší odolnost vůči mrazům má v průběhu ledna a února (Till 1956). Lípa srdčitá se vyznačuje velkou přizpůsobivostí ke klimatickým změnám. Zastínění půdy bývá tak silné, že bylinná vegetace skoro chybí. Stanoviště lípy malolisté jsou vlhkostně příznivá (Úřadníček et al. 2001). Růst lípy je neoptimálnější v relativně hlubokých půdách (>0.6 m) (Pigott 2012). Druh má na půdu střední nároky. U nás převládají skeletovité, dusíkem obohacené půdy, středně hluboké až mělké, na různě strmých svazích. V členitém skalnatém terénu se může stát, že oba naše druhy líp rostou přirozeně na stejných lokalitách. Lípa velkolistá se pak vyskytuje na osluněných, vyhřívaných částech terénu, lípa malolistá na stanovištích chladných a zastíněných. V takových případech nalezneme zřídka i křížence obou druhů (*T. x vulgaris* = *T. x europaea*) (Úřadníček et al. 2001).

Lípa srdčitá roste téměř v celé Evropě, s výjimkou nejjižnějších a nejsevernějších oblastí kontinentu. U nás je lípa srdčitá rozšířena roztroušeně po celém území. Hlavní stanoviště jsou na suťových svazích, kde roste často ve společnosti javorů, jasanu ztepilého, dubu zimního a habru a lužní lesy, kde roste mimo dosah dlouhotrvajících záplav s dubem letním, jilmy, jasanu, habrem a babykou. Nejvýš položené lokality dosahují asi 600 m n.m. (předhoří Šumavy). Ve srovnání s lípou velkolistou to bývají spíše stinné svahy a také méně živné podklady a půdy (Úřadníček et al. 2001).

3.5.2 Bříza bělokorá - *Betula pendula* Roth.

Rekonstruovaná přirozená skladba břízy bělokoré by měla být na 0,8 %, současná (v roce 2019) 2,8 % a doporučená skladba pro břízu je 0,8 % (Zpráva o stavu lesů Lesy ČR, 2019).

Středně velký strom s bílým, v mládí rovným, později zprohýbaným kmenem a vejcovitou, řídkou, nepravidelně utvářenou korunou. Ve stáří se na bázi kmene vytváří hrubě rozpukaná černá borka. Maximální výška je až 30 m, s průměrem kmene přes 75 cm. Bříza bělokorá je krátkověká dřevina; dožívá se max. 100-150 let. Větve nižších řádů jsou jemné, a proto často převislé, letorosty lysé. Má dobrou výmladnost v koruně, na kmeni pouze v mládí, před vytvořením sklerifikované borky. Střídavé listy jsou kosníkovitého tvaru, 3-6 cm dlouhé, dvakrát pilovité, dlouze zašpičatělé, na bázi široce klínovité až uťaté. Na brachyblastech vyrůstají obvykle dva listy. Olistění je řídké; podzimní žluté zbarvení listů vydrží až do mrazů. Květy jsou uspořádány v jehnědách, zvláště samčí – převislé a zvláště samičí – menší a zpočátku vzpřímené (Úradníček et al. 2001).

Bříza se nejvíce vyskytuje na plodných lesních stanovištích a nelesních opuštěných půdách (Koivisto, 1959; Fries, 1964; Raulo, 1977; Oikarinen, 1983; Gustavsen, Mielikainen, 1984; Niemisto, 1995). Nejvíce podstatnou podmínkou silného růstu je adekvátní půdní a vzdušná vlhkost. Produkce dřeviny se liší na různých půdních podmínkách. Nejpriznivější je na lesních písčitých a křemičitých půdách. Na neplodných půdách je růst podprůměrný. Jílovité a prašné půdy jsou až moc kompaktní pro břízu (Sutinen et al., 2002). Bříza na rozdíl od jehličnanů tvoří živný opad, který se rozkládá rychleji než jehlice jehličnanů (Mikola 1954, Mikola 1985), a kůra stromů je méně kyselejší. Ve střední Evropě bříza plodí celoročně (Cameron, 1996). Lehká, malá pylová zrna se tvoří ve velkých počtech a velkém objemu a jsou přenášena vzduchem na dlouhé vzdálenosti (Hjelmroos, 1991). Semena břízy se šíří pomocí větru – anemochorie. Bříza bělokorá je silně světlomilná dřevina, získá svou vitalitu a silný růst jenom pokud roste jako dominantní dřevina v porostu se širokými rozestupy mezi sebou a nesoupeří o světlo (Hynynen et al. 2010). Typická pionýrská dřevina osidlující holé plochy náletem lehkých, větrem daleko se šířících semen. Vyskytuje se i na extrémních stanovištích, kde ji jiné dřeviny nemohou ohrozit. Je nenáročná na půdu a přizpůsobí se nejružnějším podkladům. Převažuje na kyselých horninách. K projevu klimatu je lhostejná.

Bříza bělokorá má rozsáhlý euroasijský areál, patří mezi dřeviny, jejichž zastoupení s činností člověka a s hospodařením v lesích výrazně stoupl. U nás je běžnou dřevinou na území celého státu od nížin do hor (Úradníček et al. 2001).

3.5.3 Dub zimní - *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.

Rekonstruovaná přirozená skladba dubu zimního by měla být na 19,4 %, současná (v roce 2019) 7,4 % a doporučená skladba pro dub je 9,0 % (Zpráva o stavu lesů Lesy ČR, 2019).

Strom středních rozměrů s poněkud zprohýbaným kmenem a protáhlou, nepravidelně utvářenou korunou. V příhodných podmínkách dosahuje až 30 m výšky a průměru kmene 1 m. Dosahuje stáří několika set let. Kmen bývá zakřivený s hrubě rozbrázděnou borkou. Kořenová soustava je všestranně rozvinutá, bez výrazného kulového kořene. Má výbornou pařezovou výmladnost, obráží také snadno na kmeni. Různá poškození snadno napravuje ze spících pupenů. Zvěř a dobytek rády ožirají mladé rostliny a výmladky. Letorosty lysé, tmavě olivově zelené, s drobnými, řídkými lenticelami. Zřetelně řapíkaté listy jsou střídavě postavené, laločnaté a s klínovitou bází, na líci lysé, slabě lesklé, na rubu světlejší, pýřité 2-3ramennými chlupy. Čepel listu bývá široce obvejčitá, až 16 cm dlouhá. Samčí květy jsou v převislých jehnědách, samičí květy téměř přisedlé a drobné. Plody jsou žaludy s hustě pýřitou, tenkostěnnou číškou s plochými neztloustlými šupinami (Úřadníček et al. 2001). Dub zimní je dřevina světlomilná, s nároky o něco nižšími než dub letní. Má listy rozmístěné nejen po obvodu, ale i uvnitř koruny. Většinou dub zimní roste v podmínkách značného nedostatku vláhy a vydrží na podkladech v létě silně vysychavých, až po výrazně suchá stanoviště (Eaton et al. 2016). Dub zimní má rozsáhlý areál zaujímající téměř celou Evropu s výjimkou východní části kontinentu. V ČR je nejvíce rozšířen na suchých svažitých terénech a plošinách v pahorkatinách v oblasti 2. LVS, tedy výše než dub letní. Dub zimní roste na kyselých i na bazických horninách na propustných, čerstvě vlhkých až suchých půdách, často i na velmi suchých substrátech. Má menší nároky na minerální bohatost půdy a na její hloubku než dub letní (Buriánek 2004). Nesnáší stoupnutí hladiny spodní vody na půdní povrch a nevyskytuje se proto v zaplavovaných územích. Nároky na půdu jsou indiferentní. Vzrůst závisí spíše na množství přístupné vody než na živnosti půdy. Dub ohrožují zejména silné mrazy, které způsobují trhliny v dřevním válci a poškození jádra. Místy bývají koruny silně poškozovány masovým rozšířením ochmetu (*Loranthus europaeus*). Je to dřevina odolná ke kouřovým plynům a vydrží v městském prostředí (Úřadníček et al. 2001).

3.5.4 Olše lepkavá - *Alnus glutinosa* Gaertn.

Rekonstruovaná přirozená skladba pro olši lepkavou by měla být 0,6 %, současná (v roce 2019) 1,7 % a doporučená skladba pro olši je 0,6 % (Zpráva o stavu lesů Lesy ČR, 2019).

Strom velkých rozměrů s přímým, průběžným, plynule se zužujícím kmenem. Na dobrých stanovištích dosahuje až 35 m výšky s kmenem přes 1 m v průměru. Koruna bývá do značného věku kuželovitá s pravidelným větvením rovnoměrně odstávajících větví. Je to dřevina krátkověká a jen výjimečně se dožívá 200 let. Ve stáří má tmavou, hluboce brázditou a šupinatou borku. Kořenový systém velmi závisí na výšce hladiny spodní vody. Stagnující voda při půdním povrchu tvoří bakteriální hlízký, které následně umožňují olši přijímat vzdušný dusík. Chůdovité kořeny na bažinách nejsou žádnou zvláštností, protože semenáček často vyklíčí na padlém kmeni. Olše lepkavá má vynikající výmladkovou schopnost na pařezu. Letorosty lysé nebo roztroušeně pýřité, lepkavé. Pupy stopkaté, obvejcovité, červenohnědé, lepkavé, kryté dvěma šupinami. Ze stopkatých pupenů na jaře raší střídavé, okrouhlé, nebo okrouhle obvejčité, 4-9 cm dlouhé, pilovité, na vrcholu tupé nebo vykrojené listy, v mládí lepkavé. Listy jsou v koruně řídce rozmístěné, opadávají na podzim zelené a na zemi černají. Olše je dřevina jednodomá, květy jsou uspořádány v jehnědách odděleného pohlaví a rozdílného tvaru. Samčí jsou 4-7 cm dlouhé, převislé a samičí jsou kratší (do 1 cm), vejčité stopkaté, po opylení dřevnatí. Zralé šištice jsou tmavohnědé, stopkaté. Plody jsou drobné nažky s úzkým blanitým křídlem, vypadávají přes zimní období. Plodnost se dostavuje na volném prostranství již po 10 letech. Olše lepkavá plodí každoročně; bohatší úroda semen se dostavuje každý druhý nebo třetí rok. Dřevnaté, nerozpadavé šištice vydrží na stromě jednu až dvě sezóny (Úředníček et al. 2001).

Olše lepkavá je dřevina dosti náročná na světlo; jen v mládí se může přizpůsobit zastínění, má maximální nároky na vláhu v půdě a vyskytuje se i na stanovištích s hladinou spodní vody trvale na půdním povrchu. Zápavy v době vegetačního klidu ji vůbec nevadí; v době růstu však snese zápavy jen asi 14 dní. Špatně snáší výkyvy v hladině spodní vody. Druhu nejvíce vyhovuje říční ekosystém, ve kterém si vzájemně prospívají (Claessens, 2003, 2005). Přispívá k biodiverzitě prostředí, které vytváří pro flóru a faunu na samotném stromu a v zatopeném kořenovém systému (Dussart, 1999), a také vypomáhá s filtrací vody a čištěním zamokřených půd (Peterjohn and Correl, 1984; Pinay and Labroue, 1986; Schnitzer and Carbiener, 1993), a kořenový systém také pomáhá ke kontrole záplav a stabilizaci říčního břehu (Piégay et al., 2003). Olše lepkavá nesnáší kyselé půdy, a tak na rašeliništích a vrchovištích jen živoří a je

snadno vytlačena např. břízou pýřitou. Je ale značně lhostejná k projevům klimatu. V lužních lesích kolem velkých toků v nejnižších polohách státní roste ve společnosti topolů a vrb a navazuje na lužní stanoviště dubu letního, jilmu a jasanu. Olše lepkavá se přirozeně rozkládá na po celé Evropě, od středu Skandinávie po Středozemní moře, včetně Maroka a Alžírsko (Meusel et al., 1965; Jalas and Suominen, 1976). Na našem území je zastoupena roztroušeně od nížin přes pahorkatiny do nižších horských poloh (Úřadníček et al., 2001).

V České republice se také olše používala na zalesnění bývalých zemědělských ploch v roce 1992 (Černý et al., 1995; Holubík et al., 2014). Zvýšená produkce biomasy jako zdroj palivového dřeva pro energetiku je jeden ze základních důvodů pro produkci této rychle rostoucí dřeviny.

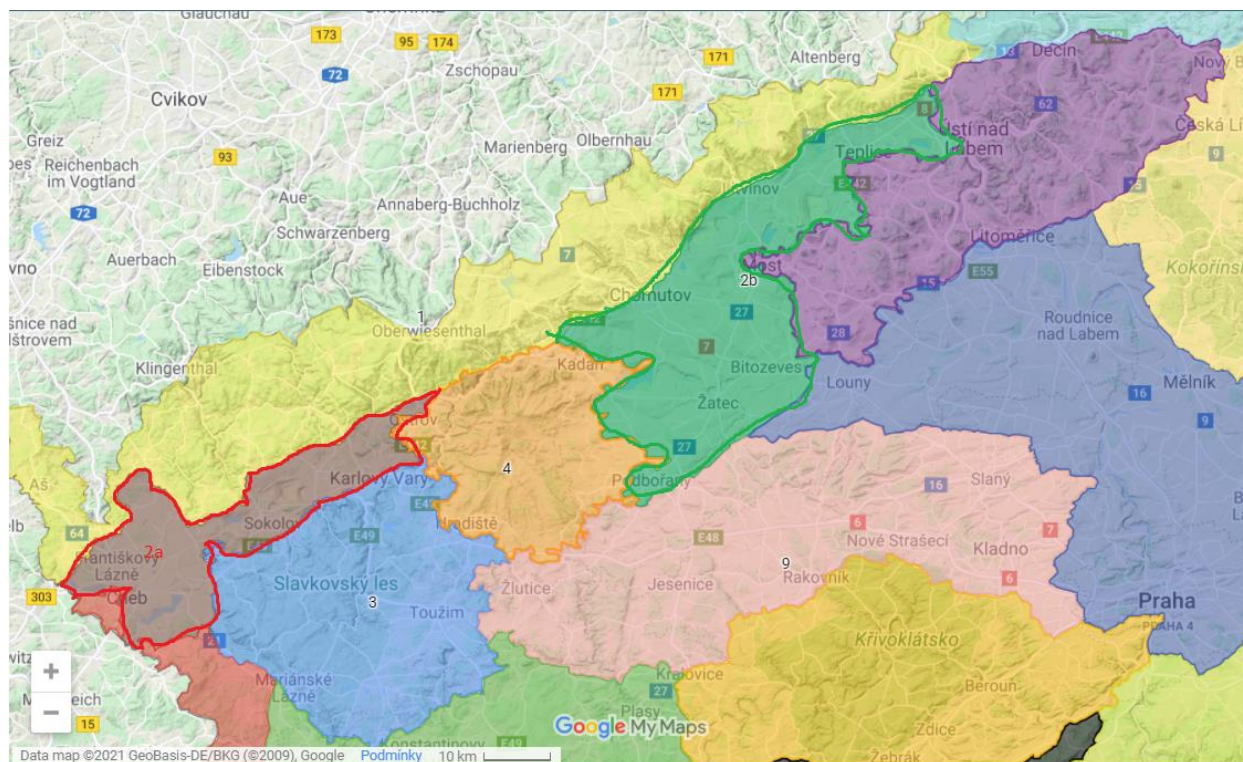
4 Materiál a metodika

4.1 Charakteristika zájmového území

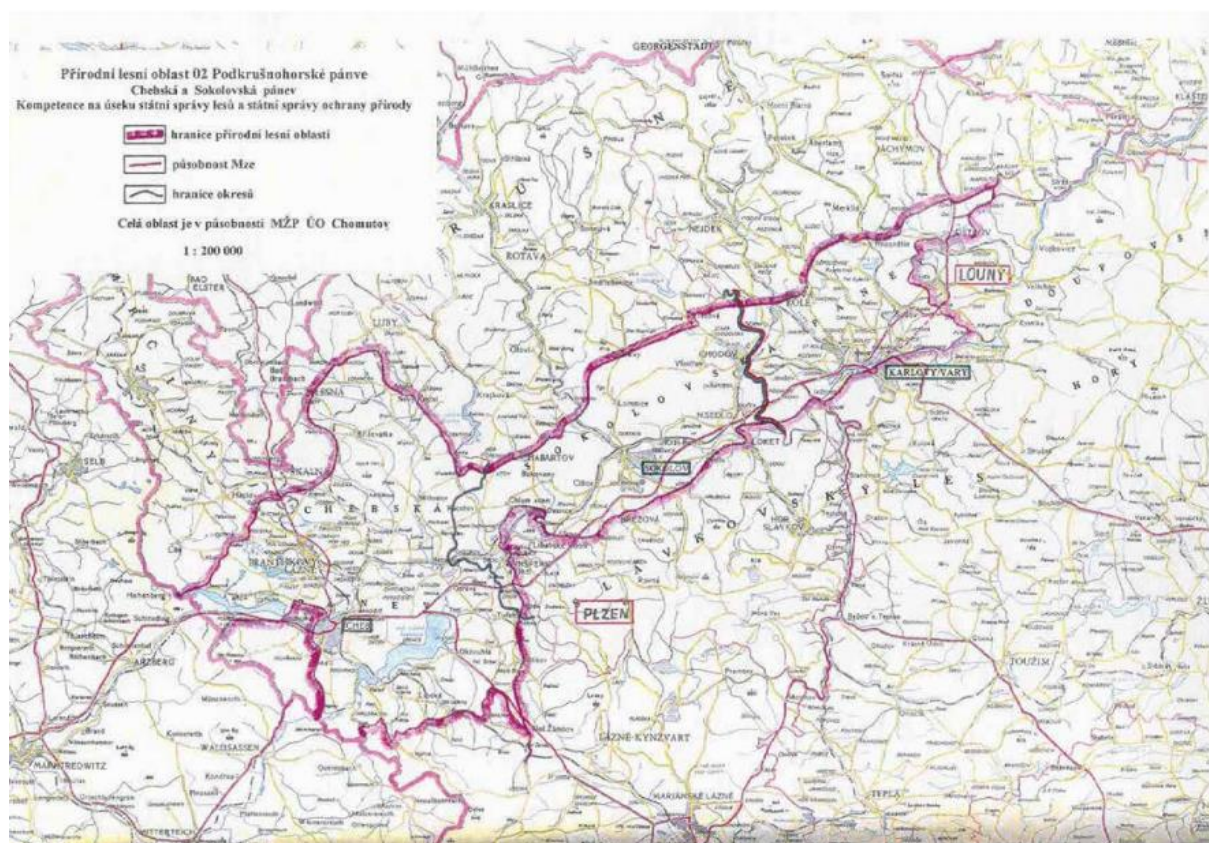
4.1.1 Charakteristika PLO – Podkrušnohorské pánve

Přírodní lesní oblast (PLO) se dělí na dva oddělené souhrnné celky s geografickými částmi: na Chebskou a Sokolovskou pánev, které bereme jako souhrnný celek 2a a poté Mosteckou a Žateckou pánev, kterou považujeme jako druhý celek 2b. Zájmové území se nachází v celku 2a (Obr. 2 a 3).

Obr. 2 Mapové zobrazení PLO 2 - Krušnohorské pánve – Chebská a Sokolovská pánev 2a (červené ohraničení), Mostecká a Žatecká 2b (zelené ohraničení) (OPRL ÚHÚL)



Obr. 3 Zobrazení detailu zájmové PLO (OPRL ÚHÚL)



Přírodní podmínky oblasti

Na území Chebsko-sokolovské pánve se rozkládá 6982 ha porostní půdy a 7557 ha na pozemcích určených k plnění funkcí lesa (PUPFL). Lesnatost oblasti činí cca 13,6 % (OPRL Podkrušnohorské pánve ÚHÚL 2018).

Geologie – V Sokolovské pánvi je mocnost terciárních písků vyšší, výrazněji je zastoupeno basální starosedelské i cyprisové souvrství a plošně rozsáhlé je i vulkanodetritické souvrství. Vedle jílu a písků (i kaolinických) je zde centrum těžbu hnědého uhlí. Četné vyvýšeniny představují obnažené partie podložního krystalinika, ale i drobné výlevy basaltoidů pronikajících sem z prostoru doupovské kaldery (Demek et al. 1987).

Geomorfologie

Západní část má 2 dosti odlišné oblasti, tj. Chebskou a Sokolovskou, které jsou spojené jen v úzkém prahu v místě „Chlumského prahu“ u Kynšperka.

Západní chebská pánve je širší a plošší, výše uložená zvlněná plošina. Východnější – sokolovská pánve je velmi úzká v koridoru Ohře a výrazně členitější – až charakteru pahorkatiny. Pánve vzniklé v JZ části podkrušnohorského prolomu jsou převážně výrazně

vymezeny soustavou tektonických zlomů na úpatí Krušných hor, Halštrovských vrchů, Smrčín, Slavkovského lesa, Českého lesa, stejně jako od vulkanické kaldery Doupovských hor. Postupnou erozí pánevních sedimentů byly místy obnaženy struktury podložního krystalinika i basaltoidních efusí (zejména v Sokolovské pánvi). Velmi výrazné útvary představují hnědouhelné a kaolinové lomy a vnější výsypky neustále měnící tvárnost krajiny i její vegetační pokryv (Demek J. et al., 1965; Demek J. et al. 1987).

Členění dle Demka (1987) je následující:

III Krušnohorská provincie

III B Krušnohorská subprovincie

III B-1 Chebská pánev, III B-2 Sokolovská pánev (a – Chlumský práh, b – Svatavská pánev, c – Chodovská pánev, d – Ostrovská pánev)

III B-3 Mostecká pánev

III B-3A Žatecká pánev

III B-3B Chomutovsko- teplická pánev

Hydrografie

Páteří hydrologické sítě je řeka Ohře. V Sokolovské pánvi zasahují svými dolními částmi jen toky ústící zde do hlavní páteře Ohře – např. řeky Libava, Svatava, Rolava, Bystřice a další menší toky. Vodní plochy představují pouze rybníky soustředěné zvláště u Děpoltovic a Ostrova a odkalovací nádrže dolů a elektráren. Výjimku tvoří nově zatopený hnědouhelný lom Medard, který tvoří větší vodní plochu. Hydrologický systém byl pomístně zcela přetvořen a toky převedeny do umělých koryt (včetně podzemních). Minerální prameny se nachází ojedinele (Šabina), oblast je však významná pro infiltraci karlovarských pramenů (ochranná pásma) (Hydrologické poměry ČSSR, 1965).

Klimatické poměry

Makroklimaticky je území zdánlivě podobné, ale mesoklimaticky jsou zde již markantnější rozdíly – chebská pánev je celkově chladnější a vlhčí než sokolovská – rozdíl 1 °C (i ve vegetační době) a zhruba 10denní rozdíly v počtu letních, mrazových či ledových dnů i délce vegetační doby. Rozdíly v ročním úhrnu srážek (i ve vegetační době) nepřesahují 50 mm. Vlivem tvaru terénu dochází v sokolovské pánvi k výraznějším projevům inverzí – vyšší a déle trvající rozdíly teplot, rozptyl imisí, vznik mlh či turbulentních jevů apod.

Západní část náleží podle Atlasu (1958) mírně teplé oblasti B s dominantním okrskem B3 – mírně teplý, mírně vlhký s mírnou zimou, pahorkatinný.

Tab. 4 Klimatické atributy Podkrušnohorské pánve (OPRL Podkrušnohorské pánve, ÚHÚL, 2018)

Klimatická oblast dle E. Quitta (1975) je pouze MT4, jen okraj při hranici SRN u Ohře patří do MT2 – viz následující charakteristiky:

Charakteristika	Quitt MT4	MT2	Atlas podnebí
• Počet letních dnů	20-30	20-30	20-30, Sokolov – K.Vary 30-40
• Počet dnů s prům.teplotou 10°C a více	140-160	140-160	140-150, Sokolov-K.Vary 150-160
• Počet mrazových dnů	110-130	110-130	110-120, hranice SRN 120-130
• Počet ledových dnů	40-50	40-50	40-50, Sokolov – K.Vary 30-40
• Průměrná teplota v lednu (°C)	-2 - -3	-3 - -4	-2 - -3, Sokolov -1 - -2
• v červenci	16-17	16-17	16-17, K.Vary 17-18
• v dubnu	6-7	6-7	6-7, hranice SRN 5-6
• v říjnu	6-7	6-7	7-8, hranice SRN 6-7
• Prům.počet dnů se srážkami 1mm a více	110-120	120-130	100-110, Sokolov 80-100, okraje 110-120
• Srážkový úhrn ve vegetačním období	350-450	450-500	350-400, K.Vary 300-350, hranice 450
• v zimním období	250-300	250-300	200-250, okraje 250-300
• Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60-80	80-100	50-60, Sokolov 40-50, hranice 60-80
• Počet dnů zamračených	150-160	150-160	150-160, hranice SRN 160-170
• Počet dnů jasných	40-50	40-50	30-40, K. Vary 40-50

Intenzivní důlní, energetická i průmyslová činnost v celé oblasti se promítá i do klimatických jevů a mnohdy je výrazně upravuje – imise včetně prašnosti, inverse, zvýšené množství a intenzita mlh, omezení slunečního záření (délka, intenzita) změny chemismu srážek atd. (OPRL Podkrušnohorské pánve, ÚHÚL, 2018).

Pedologie

Antrozemě vznikají v oblasti na výsypkách, méně často ve vytěžených plochách. Hlavním půdotvorným substrátem jsou miocenní pelity. Pelity mají různou míru pevnosti. Podle míry zpevnění lze rozlišit: jíly – lupkovitě zpevněné jíly – lupky – jílovce. Lupky a jílovce zvětrávají deskovitě, destičkovitě až lístkovitě. V současném stavu fyzikálního a chemického zvětrávání jsou fyzikální a chemické vlastnosti půdy i vodní režim příznivé. V depresích ale dochází k naplavení nejjemnějších částí, ty omezují míru průsaku vody, která stagnuje na povrchu a dochází tak k zamokření výsypek. Jak již bylo uvedeno výše, hlavní součástí pelitů jsou jílovité minerály: montmorillonit (M), illit (I) a kaolinit (K). Na jejich poměrném zastoupení závisí trofnost vznikajících půd. Šedé jíly s montmorillonitem (KMI, IKM a MIK jíly) uvádí Jonáš (1982) jako vhodné i pro zemědělské rekultivace, ale upřednostňuje lesnickou rekultivaci, která omezuje chemické zvětrávání cementačních tmelů. Dosavadní vývoj pod lesnickou rekultivací naznačuje podstatně lepší fyzikální vlastnosti a vodní režim než u zemědělských rekultivací.

Tyto jíly mají vysoký stupeň sorpční nasycenosti a velkou zásobu přístupných živin s výjimkou fosforu a přijatelného dusíku. Šedé KI a IK jíly doporučuje Jonáš (1982) tam, kde je možnost, je převrstvit šedými KMI, IKM, nebo MIK jíly. Šedé KI a zejména IK jíly jsou světlešedé až bělošedé barvy, jsou zpravidla chudší organickou hmotou, s přibývajícím podílem kaolinitu jejich kvalita pro rekultivaci klesá. Šedé IK jíly v průběhu půdotvorného procesu snáze okyselují, jejich agregáty jsou lehce rozplavitelné vodou, výměnná sorpční kapacita je nízká až velmi nízká, stejně jako zásoba přístupných živin. Žluté a žlutohnědé jíly mají přibližně stejné mineralogické složení jako šedé jíly, obsah organických látek je však velmi nízký. Jejich fyzikální vlastnosti a vodní režim jsou velmi nepříznivé, struktura je +/- slitá, obsahují-li agregáty, ty se velmi lehce rozplavují. Pro lesnickou rekultivaci jsou málo vhodné. Zcela nevhodné jsou jíly s uhlou příměsí, jednak mohou obsahovat toxickou příměs síry, jednak jsou náchylné k samovznícení. Při zakládání výsypek by se žluté a žlutohnědé jíly a jíly s uhlou příměsí neměly dostat na konečné etáže výsypek. Stanoviště na výsypkách jsme typologicky mapovali podle kvality půdotvorného substrátu, podle způsobu uložení a podle vodního režimu, jako iniciální stadia příslušných souborů lesních typů. Značíme je s indexem 0 (např. 2SO, 1PO apod.) respektive zvláštním indexem (M7, S8, P9 apod.). V oblasti rozlišujeme antrozemě s kambickým vývojem, s luvickým, pelickým, pseudoglejovým, nebo glejovým vývojem. Zemědělsky rekultivované /ornicí, nebo spraší převrstvené/ a zalesněné antrozemě označujeme jako antrozemě kultizemní s hnědozemním vývojem. Na písčích vylišujeme antrozem arenickou, na rumišťích antrozem rumištní (ruderální). V západní části jsou na chudších a vlhčích substrátech zastoupeny i další půdní typy a nižší taxonomické jednotky (OPRL Podkrušnohorské pánve UHÚL, 2018).

V podkrušnohorské pánvi se významně uplatňují antropogenní půdy výsypek. Společenstva jsou v iniciálním stádiu vývoje druhově poměrně chudá. Sukcese, tím že probíhá na nevyvinutých půdách, je velmi pomalá. V první fázi se může vyskytovat jen podběl lékařský (*Tussilago farfara*), přidávají se expanzivní rumištní, zpravidla 1 – 2 leté druhy: Lebeda lesklá, lebeda podlouholistá, lebeda tatarská (*Atriplex nitens*, *a. oblongifolia*, *A. tatarica*), merlík bílý a merlík kalinolistý (*Chenopodium album*, *Ch.opulifolium*), hulevník Loeselův a hulevník lékařský (*Sysimbrium Loeselii*, *S.officinale*), slanobýl ruský (*Salsola australis*) a další. Rumištní druhy zpravidla střídá třtina křovištní (*Calamagrostis epigeos*). Vodou ovlivněné lokality provází rákos obecný (*Phragmites australis*) a orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*). (OPRL Podkrušnohorské pánve UHÚL, 2018).

4.1.2 Lesnické arboretum Antonín

Lesnické arboretum Antonín – Sokolov bylo založeno v letech 1969-1974 na vnitřní ploše výsypky Antonín u Sokolova, kdy byly technické úpravy ukončeny v období 1971–1972 s následnou lesnickou rekultivací. Celková plocha výsypky činí 165 ha. Nejvyšší nadmořská výška arboreta Antonín je 443,8 m n. m, převýšení vzhledem k okolí činí 48 m. Při technických úpravách docházelo k postupnému zaplňování lomového pole, proto je povrch výsypky petrograficky svojí strukturou a texturou neuspořádaný. Většinu plochy arboreta tvoří mírné svahy přerušované plošinami zabezpečující protierozní opatření. Odvodnění povrchu výsypky je uzpůsobeno tak nezpevněnými příkopy ve směru S až SZ. Na SZ straně arboreta nedovoluje konfigurace terénu odvod srážkové vody mimo výsypku. V důsledku toho vzniklo v několika málo místech pár menších vodních ploch a mokřadů, které jsou v současnosti na ústupu ve stádiu mělkého zavodnění, zbahněné nebo již zcela bez vody. Jediným zdrojem vláhy pro půdu jsou atmosférické srážky (Dimitrovský 2001). Substrátem jsou cyprisové jíly a vulkanodetritické série, včetně tzv. porcelanitů, určující počáteční stadia tvorby půd, pedogenezi. Určují půdně fyzikální podmínky i základní faktory půdního chemizmu (Dimitrovský 1999, Dimitrovský et. al. 2010, Dimitrovský et. al. 2007, Vesecký 1989).

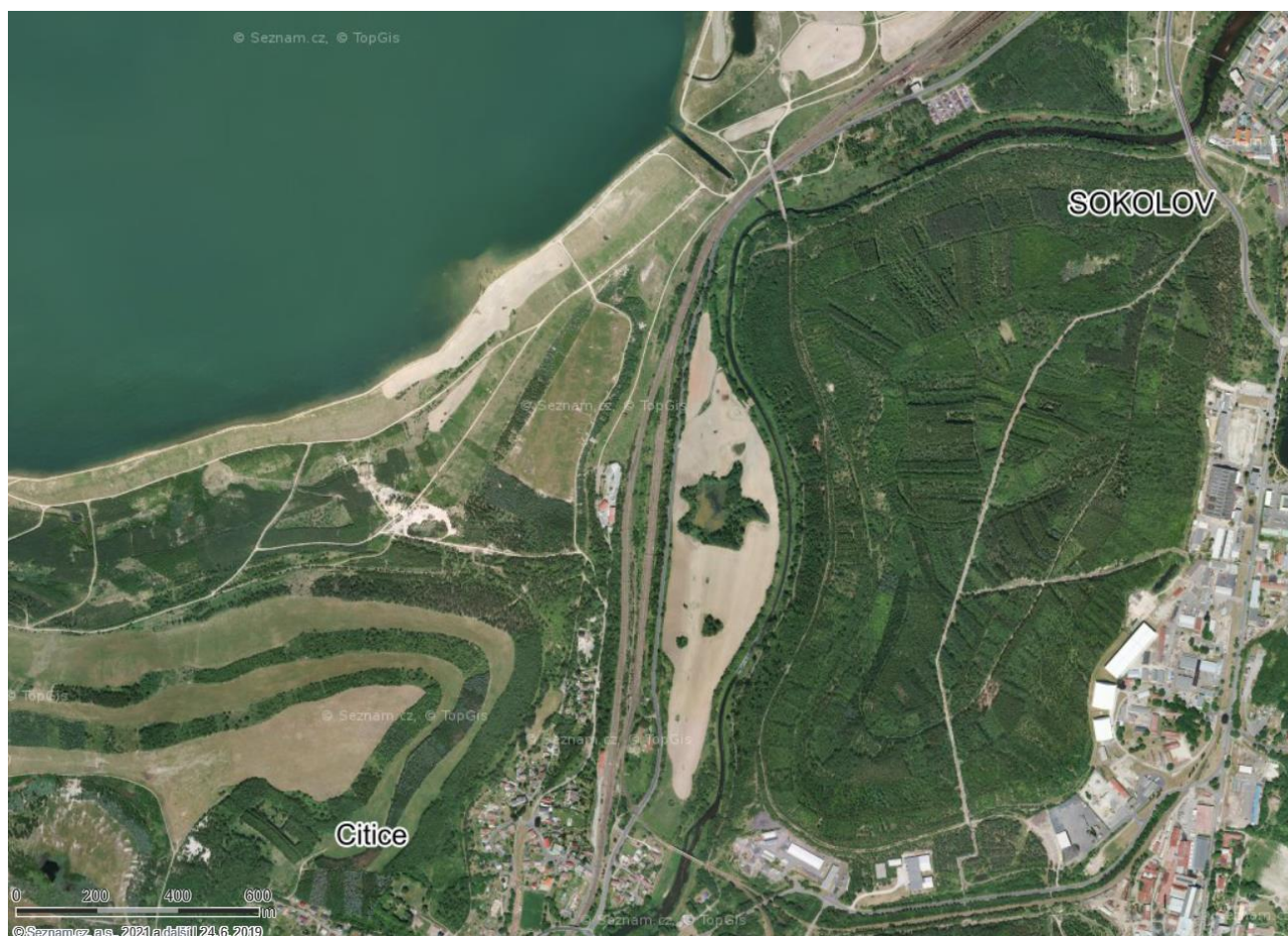
Klimatické podmínky odpovídají širší oblasti podkrušnohorské pánve, klima na oblasti Sokolovska je mírně teplé a vlivem srážkového stínu Krušných hor poměrně suché. Průměrná roční teplota v oblasti je podle stanice ČHMÚ Sokolov (4 km JZ směrem od Sokolova, 402 m n. m.) +7,3 °C, pouze údolí řeky Ohře má výraznější teplotní inverzní klima. Dlouhodobé roční srážky se pohybují v rozmezí 327-658 mm, průměr stanice Sokolov je 611 mm za rok. Nejvíce srážek spadne v měsíci červenci, konkrétně 78 mm, a nejméně v březnu, konkrétně 34 mm. Průměrné vegetační období trvá 220 – 227dnů.

Půdy jsou v počátečním stádiu vývoje, pod porosty lesních dřevin lze předpokládat vytváření koloběhu živin a organické hmoty typické pro lesní ekosystémy (Dimitrovský et. al. 2016, Podrázský et. al. 2016). Počáteční vývoj přízemní vegetace pak ukazuje na trendy směřující k potenciální vegetaci acidofilních doubrav, přes značný podíl ruderálních druhů v prvním období sukcese. Na zamokřených místech, nyní ustupujících, odpovídal vývoj vegetace olšovým společenstvům (Linhart 1988, Glos 2016).

V zásadě jde o materiály, které představují směs kompaktních jílu, jílových břidlic a lístkovitě odlučných jílu. V některých půdách je diferencovaná kvantitativní příměs přepálených hornin (porcelanitů) (Dimitrovský 2001).

Na lokalitě bylo postupně vysazeno široké spektrum dřevin a keřů: na 220 druhů, poddruhů, ekotypů a fenotypů, přes 30 druhů introdukovaných dřevin, a to v monokulturách – počet ploch 22 a směsích – počet ploch 38. Svou koncepcí a uspořádáním představuje jedinečné dílo v devastované krajině, a to po stránce botanické, dendrologické i lesnické.

Obr. 4 Ortofoto mapa s měřítkem – Lesnické arboretum Antonín (mapy.cz)



4.1.3 Trvale výzkumné plochy

V letech 2017 až 2019 proběhla inventarizace porostů v lesnickém arboretu Antonín.

V síti 50×50 m bylo založeno celkem 580 bodů, přičemž pro zpracování bakalářské práce bylo vybráno celkem náhodně 16 trvalých výzkumných ploch o velikosti 15×10 m s následujícími dřevinami: lípa srdčitá (Obr. 5), bříza bělokorá (Obr. 6), olše lepkavá (Obr. 7) a dub zimní (Obr. 8) (od každé dřeviny vždy 4 plochy). Věk porostů se pohybuje v rozmezí od 45 do 47 let. Studované plochy se nacházejí na porostech se sklonem 0-8 stupňů s převládající jižní a západní

expozicí. Zkoumané dřeviny byly dle dokumentace vysazovány ve sponu v rozmezí 1 × 1 m (olše) až 1 × 2 m (lípa).

Obr. 5 Příklad lipového porostu

Obr. 6 Příklad březového porostu



Obr. 7 Příklad olšového porostu

Obr. 8 Příklad dubového porostu (vlastní dokumentace)



4.2. Sběr dat

Pro stanovení struktury stromového patra byla použita technologie FieldMap (IFER-Monitoring and Mapping Solutions Ltd.). Pomocí této sestavy byla zaměřena poloha všech jedinců stromového patra s výčetní tloušťkou (dbh) ≥ 4 cm, které byla ve výčetní výšce stabilizovány pozinkovaným hřebíkem směrem k počátku plochy. Korunové projekce stromového patra byly měřeny ve 4 směrech na sebe kolmých. U stromového patra byly též změřeny výčetní tloušťky, výšky a výšky nasazení odumřelé a zelené koruny. Výčetní tloušťky stromového patra byly měřeny kovovou průměrkou s přesností na 1 mm ve dvou na sebe kolmých směrech a výšky pomocí výškoměru laser Vertex s přesností na 0,1 m a u nižších jedinců výškoměrnou tyčí.

Kvalita produkce stromového patra byla hodnocena podle průběžnosti kmene (rovný průběžný, jednoduchá křivost, složená křivost), výškového postavení (nadúrovňový, úrovňový, podúrovňový), vitality (souše, živý strom - bujný, normálně vyvinutí, slabě vyvinutý), kvality koruny (dobrá, průměrná, vadná), poškození kmene (zdravý, poškozený loupáním, hnilobou, mechanické poškození - poškození do 1/8 kmene, nad 1/8 kmene; nové, staré, opakované poškození), rozdvojení (bez rozdvojení, rozdvojení do 1,3 m, rozdvojení od 1,3 do 3 m, rozdvojení od 3 m do 7 m) a zlomu (bez zlomu, vrcholový zlom, korunový zlom, kmenový zlom, ohnutý strom, náhradní vrchol). Metodika vychází z Národní inventarizace lesů (ÚHÚL 2003), klasifikace stromů IUFRO a Schädelinovi klasifikace stromů (1931).

Obr. 9 a 10. Vybavení FieldMap a laserový výškoměr Vertex (vlastní dokumentace)



4.3 Analýza dat

Z naměřených dendrometrických údajů byly pro každou trvale výzkumnou plochu vypočteny tyto porostní charakteristiky: průměrná výčetní tloušťka, střední porostní výška, výtvarnice, šířka koruny, hektarová zásoba sdruženého porostu, hektarový počet stromů, hektarová výčetní kruhová základna, štíhlostní kvocient, index hustoty porostu (zakmenění), celkový průměrný přírůst a plocha korunových projekcí. Objem stromů byl kalkulovaný podle objemových rovnic publikovaných v práci Petráš, Pajčík (1991). Standardně pro hodnocení produkce porostu byl použit objem hroubí bez kůry.

Z hlediska hodnocení porostní struktury a diverzity byla pro každou zkusnou plochu vypočítána tloušťková a výšková diference (Füldner, 1995), vertikální Arten-profil index (Pretzsch, 2006), vertikální diverzita, korunová diference a index celkové porostní diverzity (Jaehne, Dohrenbusch, 1997). Kritéria strukturálních a komplexních indexů jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5 Přehled indexů popisujících strukturu porostu a jejich interpretace

Kritérium	Kvantifikátor	Označení	Reference	Hodnocení
Vertikální struktura	Arten-profil index	A (Pi)	Pretzsch 2006	rozpětí 0-1; vyrovnaná vertikální struktura $A < 0,3$, výběrný les $A > 0,9$
	Vertikální diverzita	S (J&Di)	Jaehne, Dohrenbusch 1997	nízká $S < 0,3$, střední $S = 0,3-0,5$, vysoká $S = 0,5-0,7$, velmi vysoká diference $S > 0,7$
Strukturální diference	Tloušťková diference	TM_d (Fi)	Füldner 1995	rozpětí 0-1; nízká $TM < 0,3$, střední $TM = 0,3-0,5$, vysoká $TM = 0,5-0,7$, velmi vysoká diference $TM > 0,7$
	Výšková diference	TM_h (Fi)	Füldner 1995	rozpětí 0-1; nízká $TM < 0,3$, střední $TM = 0,3-0,5$, vysoká $TM = 0,5-0,7$, velmi vysoká diference $TM > 0,7$
	Korunová diference	K (J&Di)	Jaehne, Dohrenbusch 1997	nízká $K < 1,0$, střední $K = 1,0-1,5$, vysoká $K = 1,5-2,0$, velmi vysoká diference $K > 2$
Komplexní diverzita	Porostní diverzita	B (J&Di)	Jaehne, Dohrenbusch 1997	monotónní struktura $B < 4$, nerovnoměrná struktura $B = 6-8$, velmi různorodá struktura $B > 9$

Rozdíly mezi jednotlivými dřevinami (lípa, olše, dub a bříza) z hlediska produkce, struktury a diverzity byly testovány v programu STATISTICA 12 (StatSoft) pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) a Tukeyho HSD testu. V případě nesplnění normálního rozdělení data byly testovány pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu. Spolehlivost modelu byla vyjádřena koeficientem determinace (R^2). Analýza hlavních komponentů (PCA) byla provedena v programu CANOCO 5 (Ter Braak, Šmilauer, 2012) pro zhodnocení vztahu mezi produkcí, strukturou a diverzitou jednotlivých dřevin. Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována. Výsledky vícerozměrné PCA analýzy byly vizualizovány ve formě ordinačního diagramu.

5 Výsledky

5.1 Produkce a struktura stromového patra

Počet stromů se na TVP pohyboval v rozmezí od 1000 ks.ha⁻¹ u OL na TVP 14 do 3200 ks.ha⁻¹ u TVP 7 u LP (Tab. 6). Podobně index hustoty porostu dosahoval nejvyšších hodnot na TVP 5 (0,79), nejnižší hodnota byla poté u TVP 15 (0,11). Největší kruhová základna byla naměřena na TVP 5 (30,7 m².ha⁻¹), naopak nejmenší byla TVP 15, která dosahovala téměř

desetinásobně menší hodnoty ($3,1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Porostní zásoba se pohybovala v rozmezí od $2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ u OL na TVP 15 do $131 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ u BR na TVP 9. V závislosti na zásobě je také průměrný běžný přírůst, jež byl v rozmezí od $0,04$ do $2,85 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. U stability (štíhlostního koeficientu), nejlepších hodnot dosahoval porost LP na TVP 5 (54), naopak značně přeštíhlení jedinci BR byly zaznamenáni na TVP 12 (133,9). U stupně zápoje byly plně zapojené porosty u LP na TVP 5, 6 a 7 (100 a 99,9 %), nejřidší porost byl u OL na TVP 15 (84,4 %).

Tab. 6 Základní porostní charakteristiky sdruženého porostu diferencovaně dle TVP v roce 2019

TVP	Dřevina	d (cm)	h (m)	f	v (m^3)	N (ks/ha)	G (m^2/ha)	V (m^3/ha)	h/d	CPP ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{rok}$)	SDI	CC (%)
1	DB	9,8	7,23	0,42	0,023	2333	17,5	53	73,8	1,15	0,54	91,4
2	DB	7,8	7,25	0,27	0,009	2467	11,8	23	92,9	0,5	0,4	84,8
3	DB	10,4	11,76	0,41	0,041	1933	16,5	80	113,1	1,74	0,5	87,5
4	DB	12,2	9,26	0,45	0,049	2000	23,1	98	75,9	2,13	0,66	90,6
5	LP	12,7	6,86	0,46	0,04	2467	30,7	99	54	2,15	0,79	100
6	LP	9,4	9,06	0,45	0,028	3067	21,3	86	96,4	1,87	0,61	99,9
7	LP	9,7	9,5	0,45	0,032	3200	23,7	101	97,9	2,2	0,67	99,9
8	LP	8	8,4	0,38	0,016	2667	13,3	43	105	0,93	0,41	99,7
9	BR	13,7	16,09	0,36	0,086	1533	22,6	131	117,4	2,85	0,56	96,5
10	BR	11,3	10,72	0,28	0,031	1200	12	37	94,9	0,8	0,32	97,5
11	BR	11,1	12,45	0,32	0,038	1133	10,9	43	112,2	0,93	0,3	90,9
12	BR	10,8	14,46	0,38	0,05	1933	17,7	97	133,9	2,11	0,48	96,7
13	OL	8,6	6,9	0,28	0,011	1533	8,9	17	80,2	0,37	0,27	98
14	OL	11	7,33	0,39	0,027	1000	9,5	27	66,6	0,59	0,26	97,2
15	OL	5,7	6,2	0,11	0,002	1200	3,1	2	108,8	0,04	0,11	84,4
16	OL	10,2	8,86	0,34	0,025	1400	11,3	35	86,9	0,76	0,32	98,2

Vysvětlivky: d – kvadratický průměr výčetní tloušťky, h – průměrná výška, f – výtvarnice, v – objem středního kmene, N – počet stromů na hektar, G – kruhová základna, V – porostní zásoba, h/d – štíhlostní kvocient, CPP – celkový průměrný přírůst, SDI – index hustoty porostu, CC – stupeň zápoje

Při porovnání rozdílů mezi jednotlivými dřevinami byly zjištěny signifikantní ($p < 0,05$) rozdíly u výšky, počtu stromů na hektar, kruhové základny, zakmenění a zápoje. Naopak signifikantní rozdíly nebyly zjištěny u výčetní tloušťky, výtvarnice, objemu středního kmene, zásoby a celkového průměrného přírůstu (Tab. 7). Nejvyšší průměrná tloušťka porostu byla zjištěna u břízy (11,7 cm), resp. nejmenší u olše (8,8 cm). Z hlediska průměrné výšky, signifikantně ($p < 0,05$) vyšší hodnoty byly zjištěny u břízy (13,43 m) oproti ostatním dřevinám. Objem středního kmene byl nejvyšší také u břízy ($0,051 \text{ m}^3$), zatímco u olše dosahoval pouze $0,016 \text{ m}^3$.

Tab. 7 Strukturální a produkční charakteristiky porostu diferencovaně dle dřevin v roce 2019, signifikantní rozdíly jsou znázorněny rozdílným písmenem a u p-hodnot podtržením

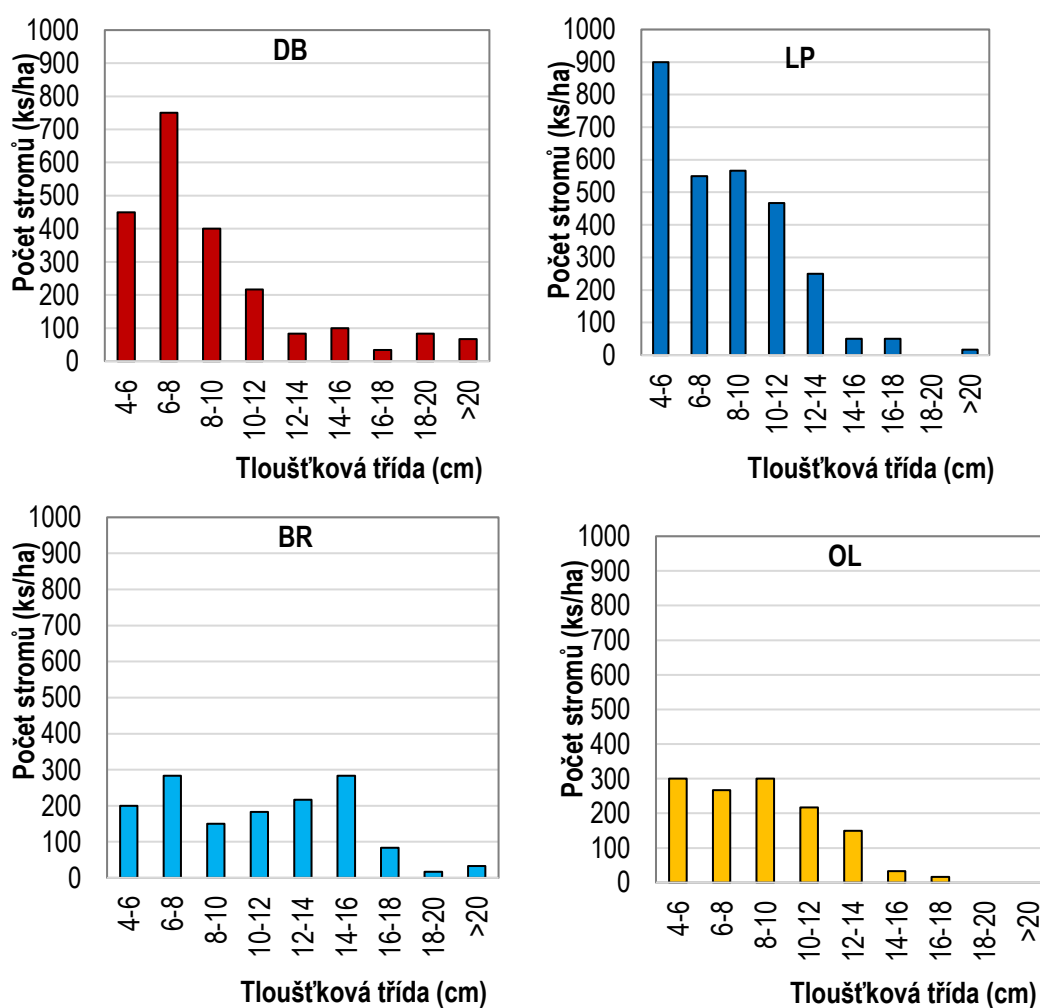
Dřevina	d (cm)	h (m)	f	v (m ³)	N (ks/ha)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	h/d	CPP (m ³ /ha/rok)	SDI	CC (%)
DB	10,1a	8,88a	0,39a	0,031a	2183b	17,2ab	64a	88,9a	1,38a	0,53b	88,6a
LP	9,9a	8,46a	0,44a	0,029a	2850c	22,3b	82a	88,3a	1,79a	0,62b	99,9b
BR	11,7a	13,43b	0,33a	0,051a	1450a	15,8ab	77a	114,6a	1,67a	0,42ab	95,4ab
OL	8,8a	7,32b	0,28a	0,016a	1283a	8,2a	20a	85,6a	0,44a	0,24a	94,5a
Statistické testování rozdílů											
test	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	KW
p	0,256	<u>0,002</u>	0,078	0,081	<u><0,001</u>	<u>0,022</u>	0,065	0,616	0,066	<u><0,001</u>	0,019

Vysvětlivky: d – kvadratický průměr výčetní tloušťky, h – průměrná výška, f – výtvarnice, v – objem středního kmene, N – počet stromů na hektar, G – kruhová základna, V – porostní zásoba, h/d – štíhlostní kvocient, CPP – celkový průměrný přírůst, SDI – index hustoty porostu, CC – stupeň zápoje

Z hlediska porostních charakteristik, signifikantně ($p < 0,05$) nejvyšší počet stromů byl zjištěn u lípy (2850 stromů/ha; Tab. 7). Na druhou stranu signifikantně ($p < 0,05$) nejnižší počet stromů byl naměřen u olše (1283 stromů/ha) a následně u břízy (1450 stromů/ha). Celkově nejvyšší signifikantní rozdíl mezi dřevinami byl zjištěn právě u počtu stromů a následně u indexu hustoty porostu ($p < 0,001$). Obdobně, signifikantně nejvyšší kruhová základna byla zjištěna u lípy (22,3 m²/ha), oproti tomu kruhová základna u olše byla o 63,2 % nižší (8,2 m²/ha). Nejvyšší porostní zásoba byla zjištěna v průměru u lípy – 82 m³/ha, zatímco u olše dosahovala 4× menších hodnot (20 m³/ha). Avšak dle jednotlivých TVP, nejvyšší zásoba byla zjištěna u břízy na TVP 9 s 131 m³/ha. (Tab. 6) Na druhou stranu u olše na TVP zásoba dosahovala pouze 2 m³/ha, což je 66× méně. Celkový průměrný přírůst se pohyboval v rozmezí od 0,04 m³/ha/rok u olše do 2,85 m³/ha/rok u břízy. Podobně jako u ostatních porostních charakteristik, signifikantně ($p < 0,05$) nejvyšší index hustoty porostu a stupeň zápoje za všechny TVP (Tab. 7) byl vypočten u lípy, naopak nejmenší u olše, resp. dubu. Z hlediska stability porostu, nejnižších hodnot štíhlostní kvocientu dosahoval u olše (85,6), zatímco přeštíhlený porost byl u břízy (114,6).

Z kvalitativního hlediska, nejnižší kvalita kmene, resp. nejvyšší křivost byla zjištěna u olše, naopak nejnižší u lípy. Nejvyšší podíl rozdvojení byl také u olše a nejmenší podíl vidličnatosti u dubu. Dub byl také ohodnocen jako dřevina, s nejvyšším olistěním a nejlepším zdravotní stavem oproti olši.

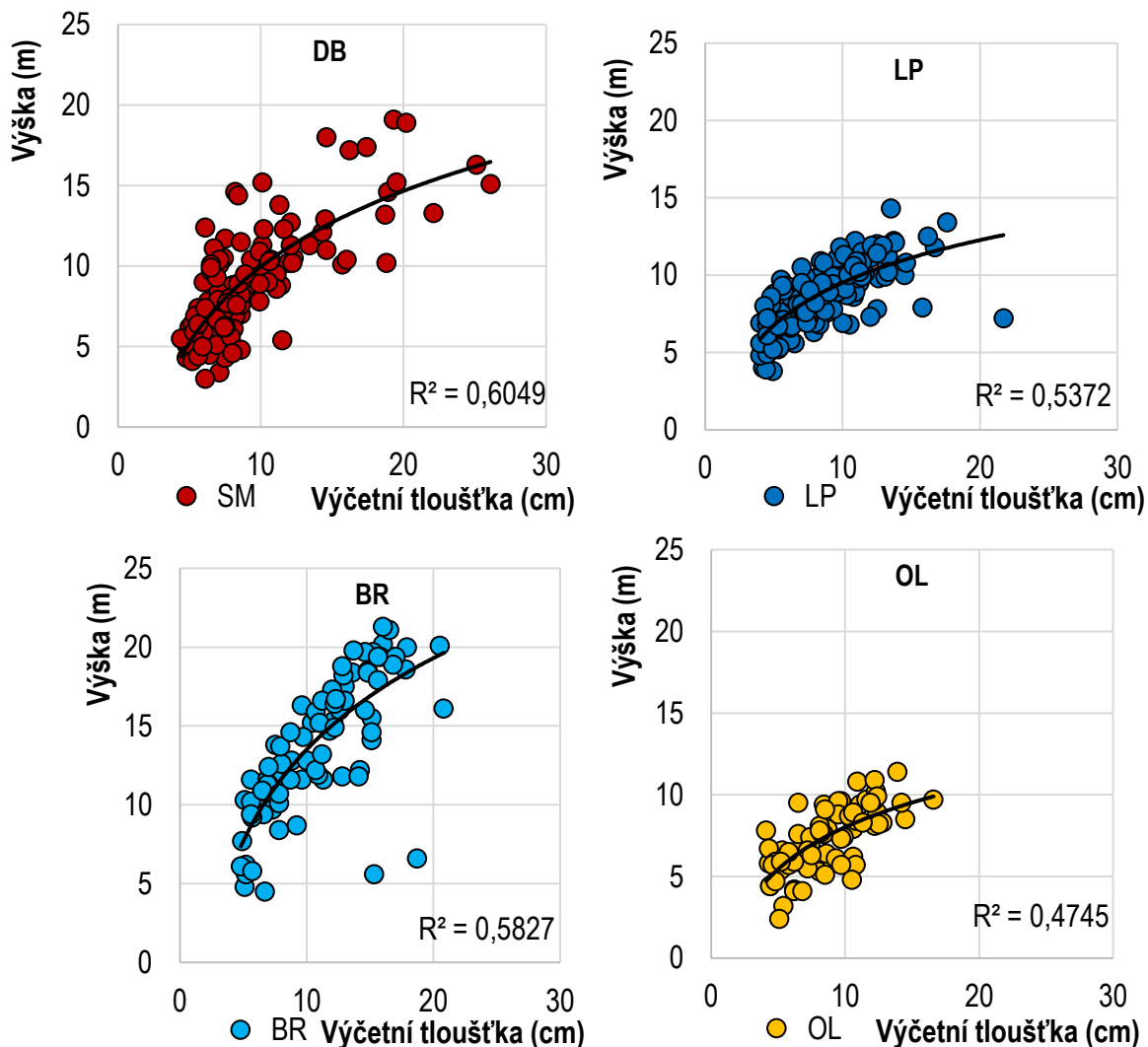
Při porovnání tloušťkové struktury jednotlivých druhů dřevin je patrné, že u dubu, lípy a olše převládalo výrazně levostranné rozdělení, zatímco tloušťková struktura u břízy byla relativně vyrovnaná (Obr. 11). U dubu byla nejčetněji zastoupena tloušťková třída 6-8 cm (750 stromů/ha), u lípy třída 4-6 cm (900 stromů/ha), u břízy shodně třídy 6-8 cm a 14-16 cm (283 stromů/ha) a u olše třídy 4-6 a 8-10 cm (300 stromů/ha). Nejvyšší počet stromů přesahující hranici výčetní tloušťky 20 cm byl zjištěn u dubu, naopak u olše žádný jedinec nepřesahoval tloušťky 18 cm.



Obr. 11 Výšková struktura jednotlivých dřevin v roce 2019 (průměr ze 4 TVP – trvalých výzkumných ploch)

Z Obr. 12 vyplývá rozdílná struktura z hlediska závislosti výšky na výčetní tloušťce u jednotlivých dřevin. Nejvyšší výšková variabilita byla zjištěna u olše, kde koeficient determinace dosahoval hodnoty 0,47, zatímco u dubu dosahoval hodnoty 0,60. Při porovnání

dřevin mezi sebou při výčetní tloušťce 10 cm, výška u břízy dosahovala 13,6 m, u dubu 10,2 m, u lípy 8,9 m a u olše pouze 7,7 m. Nejvyšší maximální výšky dosahovala bříza s 21,3 m.



Obr. 12 Závislost výšky na výčetní tloušťce diferencovaně dle dřevin v roce 2019; R^2 vyjadřuje koeficient determinace

5.2. Diverzita stromového patra

Z Tab. 8, popisující diverzitu na jednotlivých plochách a Tab. 9 souhrnně za dřeviny, vyplývá, že nebyl zjištěn ani v jednom případě u zkoumaných indexů signifikantní ($p > 0,05$) rozdíl mezi dřevinami. Výšková diverzita podle A indexu byla u lípy vysoká a u dubu, lípy a břízy velmi

vysoká a podle S indexu vysoká u všech dřevin. Z hlediska tloušťkové a výškové diverzity se ve všech případech jedná o nízkou diverzitu vyjma střední výškové diference u břízy. Korunová diference byla nízká u břízy a vysoká u všech ostatních dřevin. Komplexní index B poukazuje na to, že porosty bez rozdílu dřevin měli rovnoměrnou strukturu bez výrazných rozdílů. Nejvyšší porostní diverzita byla zjištěna u lípy (B = 4,7), naopak nejmenší u břízy (B = 4,3).

Tab. 8 Základní ukazatelé diverzity sdruženého porostu diferencovaně dle TVP v roce 2019

TVP	Dřevina	Ap (Pri)	TMd (Fi)	TMh (Fi)	S (J&Di)	K (J&Di)	B (J&Di)
1	DB	0,921	0,296	0,253	0,744	1,639	4,663
2	DB	0,723	0,291	0,221	0,752	1,337	4,560
3	DB	0,861	0,254	0,213	0,77	1,606	4,883
4	DB	0,937	0,357	0,335	0,718	1,424	4,381
5	LP	0,269	0,299	0,129	0,655	2,269	5,180
6	LP	0,659	0,286	0,182	0,607	1,680	4,338
7	LP	0,699	0,276	0,158	0,573	2,11	4,707
8	LP	0,883	0,258	0,148	0,628	1,77	4,581
9	BR	0,645	0,222	0,176	0,728	1,191	4,254
10	BR	0,984	0,527	0,371	0,742	1,475	4,638
11	BR	0,653	0,201	0,144	0,522	1,248	3,716
12	BR	0,744	0,315	0,261	0,787	1,592	4,698
13	OL	0,738	0,218	0,251	0,687	2,395	5,187
14	OL	0,540	0,222	0,235	0,670	1,928	4,847
15	OL	0,744	0,278	0,202	0,704	1,411	4,399
16	OL	0,822	0,218	0,160	0,553	1,251	3,788

Vysvětlivky: Ap – vertikální Arten profil index, S – vertikální diverzita, TMd – tloušťková diference, TMh – výšková diference, K – korunová diference, B – celková porostní diverzita

Tab. 9 Základní ukazatelé diverzity diferencovaně dle dřevin v roce 2019, signifikantní rozdíly jsou znázorněny rozdílným písmenem a u p-hodnot podtržením

Dřevina	Ap (Pri)	TMd (Fi)	TMh (Fi)	S (J&Di)	K (J&Di)	B (J&Di)
DB	0,861a	0,300a	0,256a	0,746a	1,502a	4,622a
LP	0,628a	0,280a	0,154a	0,616a	1,957a	4,702a
BR	0,757a	0,316a	0,238a	0,695a	1,377a	4,327a
OL	0,711a	0,234a	0,212a	0,654a	1,746a	4,555a

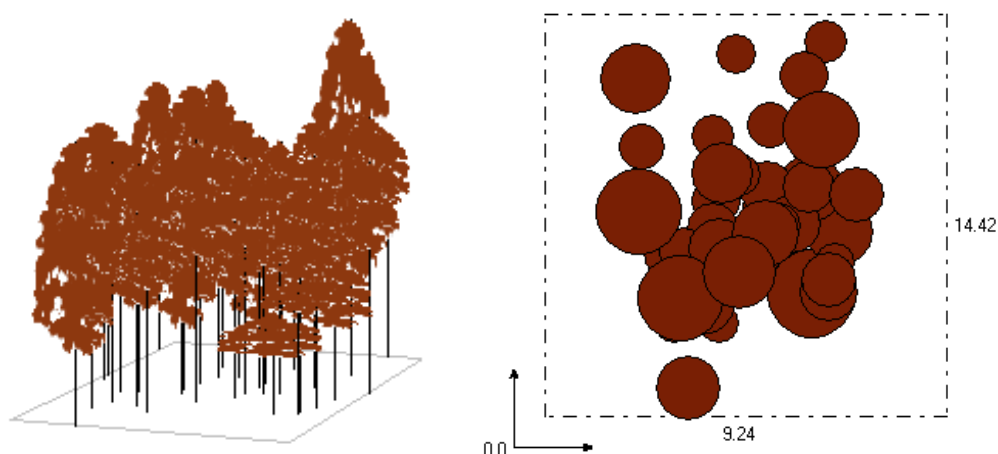
Statistické testování rozdílů

test	ANOVA	KW	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA
------	-------	----	-------	-------	-------	-------

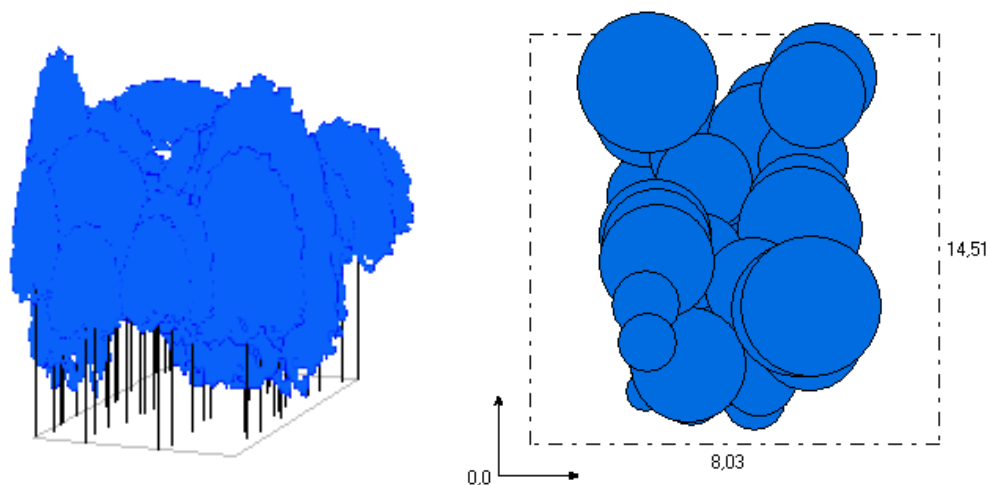
p 0,318 0,572 0,165 0,111 0,097 0,649

Vysvětlivky: Ap – vertikální Arten profil index, S – vertikální diverzita, TMd – tloušťková diference, TMh – výšková diference, K – korunová diference, B – celková porostní diverzita

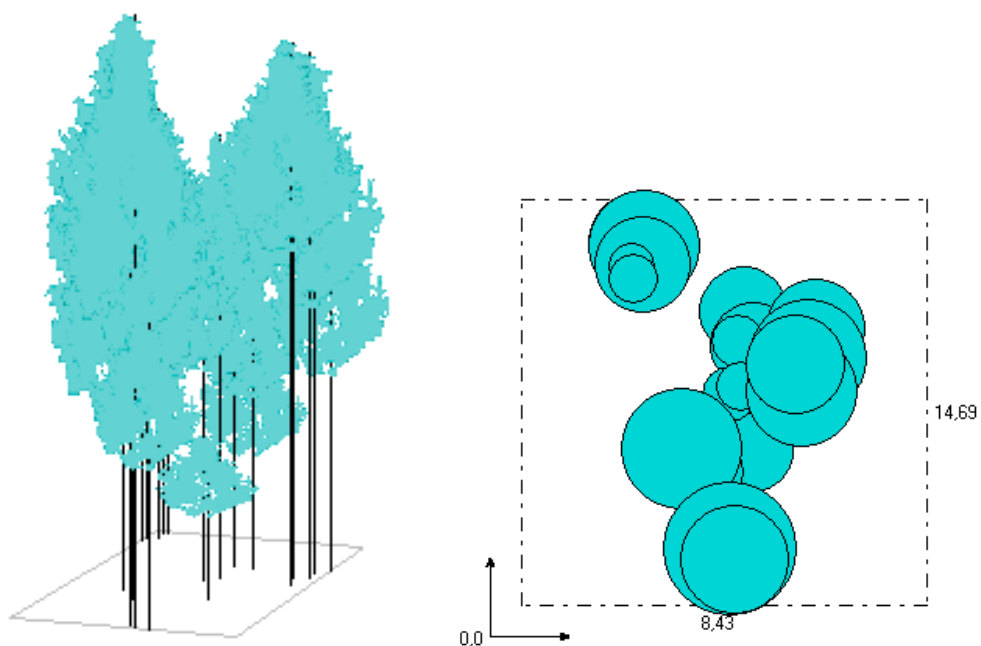
Na následujících Obr. 13-16 je znázorněna vertikální a horizontální struktura vybraných TVP, respektive od každé dřeviny jeden porost



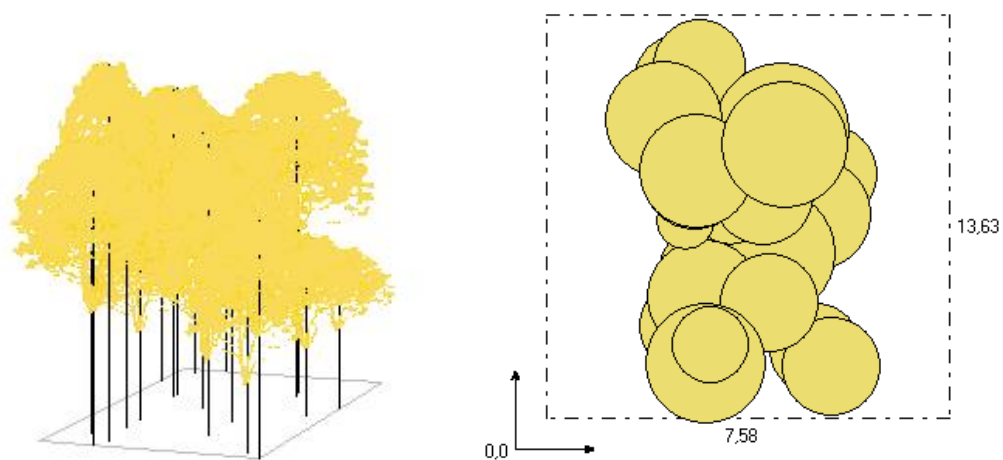
Obr. 13. Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury dubového porostu na TVP 2 v roce 2019.



Obr. 14 Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury lipového porostu na TVP 7 v roce 2019



Obr. 15 Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury březového porostu na TVP 9 v roce 2019

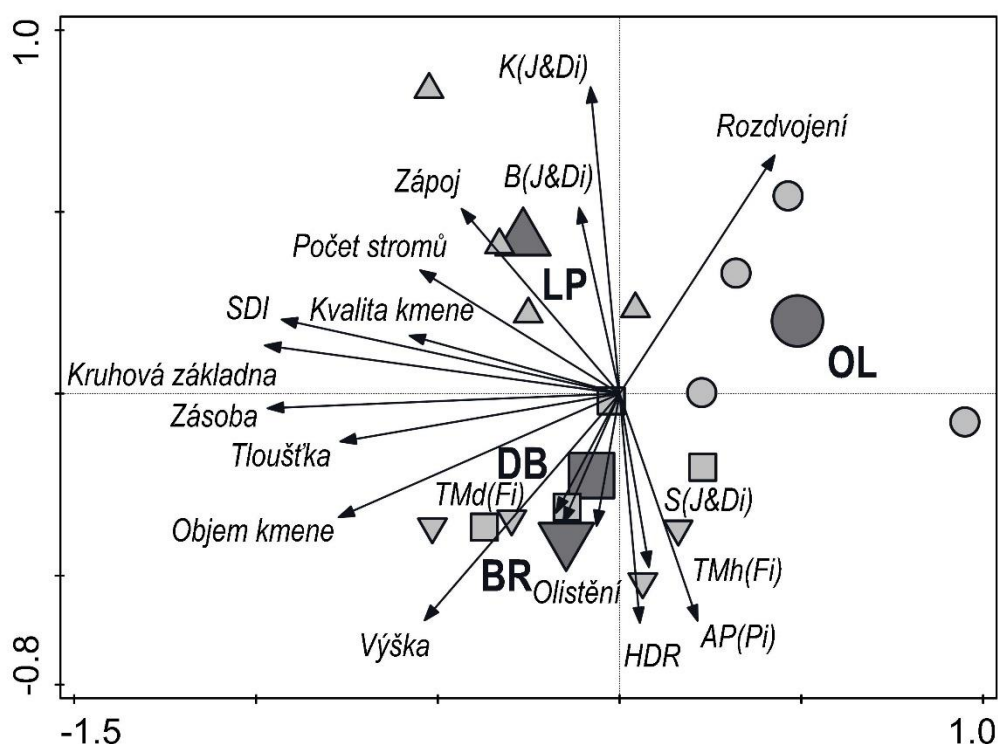


Obr. 16 Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury olšového porostu na TVP 16 v roce 2019

5.3 Interakce mezi produkcí, diverzitou, strukturou a dřevinami

Výsledky PCA vyjadřující vztah mezi produkcí, strukturou a diverzitou jednotlivých dřevin z šestnácti TVP z lesnického arboreta Antonín jsou prezentovány formou ordinačního diagramu na Obr. 17. První ordinační osa prezentuje 29,8 %, první dvě osy 50,7 % a čtyři osy dohromady

vysvětlují 77,7 % variability dat. Osa x představuje produkční parametry, zejména kruhovou základnu a zásobu. Osa y znázorňuje diverzitu, zejména korunovou a výškovou diferenciaci a celkovou diverzitu porostu. Zásoba porostu je pozitivně korelována s průměrnou výčetní tloušťkou, kruhovou základnou a zakmeněním (SDI). Se zvyšujícím se počtem stromů se zvyšuje zápoj porostu a kvalita kmene. Vertikální diverzita je pozitivně korelována s tloušťkovou a výškovou diferenciací a štíhlostním koeficientem, zatímco tyto parametry jsou negativně korelovány s korunovou diferenciací a celkovou diverzitou porostu. Velká variabilita mezi plochami byla zjištěna u lípy a olše, naopak homogenita byla u dubu a břízy. Z diagramu také vyplývá, že olše a lípa jsou charakteristické dřeviny s vysokým % zastoupením rozdvojení a nízkým olistěním proti dubu a bříze. Celkově, dub, bříza a dub jsou produkčně zdatné cílové dřeviny, naopak nízký produkční potenciálu dosahuje olše.



Obr. 17 Ordinační diagram zobrazující výsledky PCA závislosti mezi porostními charakteristikami (Výška, Tloušťka, Počet stromů, Zásoba, Objem kmene, Kruhová základna, HDR – štíhlostní kvocient, SDI – index porostní hustoty, Zápoj, Rozdvojení, Kvalita kmene, Olistění), strukturálními indexy (A – Arten-profil index, S – vertikální diverzita, TM_d – tloušťková diferenciacie, TM_h – výšková diferenciacie, K – korunová diferenciacie, B – celková

porostní diverzita) a dřevinami (BK, DB, KL, LP, SM) v roce 2019; symboly označují dřeviny

● OL, ▲ LP, ▼ BR, ■ DB

6. Diskuze

Porosty listnatých dřevin ve věku okolo 45 let na Lesnickém arboretum Antonín – Sokolov vykazovali relativně nízký produkční potenciál, ale byla zjištěna relativně vysoká diverzita. Z hlediska produkčních charakteristik, nejvyšší signifikantní rozdíl mezi dřevinami byl zjištěn u počtu stromů a u indexu hustoty porostu. Počet stromů se pohyboval v rozmezí 1 283 stromů/ha u olše do 2850 stromů/ha u lípy. Vacek et al. (2018) ze stejné bývalé výsypky udává počet stromů v listnatých porostech v rozmezí 933-3267 stromů/ha. Obdobně, signifikantně nejvyšší index hustoty porostu byl vypočten u lípy při porovnání s olší. Nejvyšší kruhová základna byla zjištěna u lípy (22,3 m²/ha), oproti tomu kruhová základna u olše byla dosahovala pouze 8,2 m²/ha.

Porostní zásoba se pohybovala na TVP dle dřevin v rozmezí od 20 m³/ha u olše do 82 m³/ha u lípy. Při porovnání s prací Vacek et al. (2018) nejnižší zásoba byla naměřena v porostech vrby jívy (28 m³/ha) a nejvyšší v březových porostech (97 m³/ha), tak jako v našem případě. Olšový porost v této publikaci dosahoval zásoby 57 m³/ha, což je 48 m³/ha více. Obecně se však jedná o relativně nízké hodnoty při porovnání s jehličnatými porosty ve stejném věku. Vacek et al. (2021) udává výrazně vyšší porostní zásobu (318–371 m³/ha) u borovice lesní v porostech ve stejném věku a nacházející se na také na bývalých rekultivacích. Výrazně vyšší produkci dosahovali také různé druhy borovic v Arboretu Fakulty lesnické a dřevařské ČZU v Praze, kde se zásoba porostu ve věku 35 let pohybovala od 112 m³/ha u borovice vejmutovky do 430 m³/ha u borovice těžké (Podrázský et al. 2020). Vyšší zásoba (109-377 m³/ha) byla zjištěna i ve smíšených listnatých porostech ve věku 17-20 let v Krkonoších, avšak jedná se o lesní půdy a ne rekultivace (Vacek et al. 2020). Ve srovnání s porosty listinných dřevin v podobném věku (47-53 let) rostoucích na bývalých zemědělských půdách v Orlických horách, zásoba březových porostů vzniklých sukcesí se pohybovala v rozmezí od 244 do 309 m³/ha (Vacek et al. 2009) a v uměle založených olšových porostech dokonce dosahovala 354 m³/ha (Vacek et al. 2016). Celkový průměrný přírůst se tak pohyboval na studovaných TVP dle dřevin v rozmezí od 0,04 m³/ha/rok u olše do 2,85 m³/ha/rok u břízy. Obecně lze však říci, že jednak v České republice (Dragoun et al. 2015; Vacek et al. 2018, 2021), tak i v zahraničí (Kuznetsova et al. 2010, 2011; Pietrzykowski et al. 2014; Sroka et al. 2018) se k zalesňování po těžebních ploch, nejčastěji z listinných dřevin používá olše lepkavá a z jehličnatých dřevin pak borovice lesní. I přes nízký produkční potenciál olše lepkavé, má tato dřevina dobré meliorační účinky a je vhodnou dřevinou pro zalesňování rekultivací (Sroka et al. 2018; Chodak et al. 2019).

Z hlediska stability porostu, nejnižších hodnot štíhlostní kvocientu dosahoval u olše (85,6), zatímco přeštíhlený porost byl u břízy (114,6). Vacek et al. (2018) dokumentuje ze stejného území štíhlostní kvocient listnatých porostů v rozmezí 70,6-133,9, přičemž nejvyššího hodnot dosahoval také březový porost. Z kvalitativního hlediska, nejnižší kvalita kmene, byla zjištěna u olše, naopak nejnižší u lípy. Podobně nejvyšší podíl rozdvojení byl také u olše a nejmenší u dubu. Dub byl také ohodnocen jako dřevina, s nejvyšším olistěním a nejlepším zdravotním stavem. Na druhou stranu nejnižší olistění bylo zjištěno u olše. Podobně na nízkou kvalitu a vysoký podíl zlomů v olšových porostech poukazují i ostatní práce (Vacek et al. 2018).

Na rozdíl od produkce, u diverzity nebyl zjištěn u zkoumaných indexů signifikantní rozdíl mezi dřevinami. Výšková diverzita byla vysoká zejména u dubu, lípy a břízy. Z hlediska tloušťkové a výškové diverzity se ve většině případech jednalo o nízkou diverzitu. Nejvyšší porostní diverzita byla zjištěna u lípy ($B = 4,7$), naopak nejmenší u břízy ($B = 4,3$). Vyšší hodnoty celkové porostní diverzity udává (Vacek et al. 2018), jak u uměle založených listnatých porostů ($B = 4,7-5,4$), tak zejména u porostů vzniklých z přirozené sukcese ($B = 5,6-8,1$). Na druhou stranu výrazně nižší porostní diverzita byla zjištěna na antropogenních půdách v porostech borovice lesní ($B = 2,5-3,8$; Vacek et al. 2021).

7. Závěr

Rekultivace pro sokolovský region měly a stále budou mít hluboký (velký) význam, jelikož těžba hnědého uhlí v lomech bude v budoucnu upadat a tím i poroste podíl rekultivací postižených oblastí. Na jejich významu ubírá pouze náročnost prací, jejich plánování a finanční náročnost (nákladnost).

S ohledem na výsledky v této práci z hlediska produkčního potenciálu můžeme doporučit břízu bělokorou, jelikož dosahovala nejvyšších hodnot výšky, tloušťky a objemu středního kmene. Dále také z hlediska diverzity stromového patra dosahovala velmi vysoké výškové diverzity a vysoké střední výškové diferenciaci. Další vhodnou dřevinou by byla lípa, která dosahovala nejvyšších počtů jedinců na TVP a měla největší kruhovou základnu. Má nejrovnější kmen oproti ostatním dřevinám. U diverzity má stejně vysokou výškovou diverzitu. Ze všech dřevin má nejlepší porostní diverzitu, na druhou stranu bříza měla nejnižší porostní diverzitu. Nejnižších hodnot počtu jedinců a zásoby dosahovala olše a také dosahovala nejmenšího přírůstu na sledované výšypce. Tato dřevina měla také nejnižší zásobu a index hustoty.

Z hlediska pěstebních doporučení, pěstování břízy bělokoré na výšypkách by mohlo v budoucnu přispět k vytváření produkčně dostačujících porostů na úkoru nižší porostní diverzity. Jako výhodu můžeme přičíst fakt, že se jedná o pionýrskou dřevinu. Pěstování lípy má jistou šanci pro užití v rekultivacích z důvodu vytváření rovných kmenů a vytváření pestré diverzity. Je však důležité nebrat v potaz pouze produkční potenciál porostů z hlediska kvality a kvantity, ale také i další funkce, jako jsou ekologické či rekreační. Z hlediska dalších doporučení a těsné blízkosti města Sokolov, v budoucnosti by zde mohla kvůli vysoké druhové různorodosti lesnického arboreta Antonín a také bohaté historie těžby uhlí vzniknout naučná stezka. Dále by se měla zaměřit vyšší pozornost na výzkum introdukovaných dřevin ve vztahu ke klimatické změně a odolnosti jednotlivých dřevin na klimatické extrémny.

4 Seznam použitých zdrojů

- BAETEN, G., SWYNGEDOUW, E., ALBRECHTS, L. (1999): Politics, Institutions and Regional Restructuring Processes: From Managed Growth to Planned Fragmentation in the Reconversion of Belgium's Last Coal Mining Region.; *Regional Studies*, 33(3), PP. 247-257
- BURIÁNEK V. (2004): Dub – *Quercus L.* In: Uhlířová, J., Kapitola, P. (eds.): Poškození lesních dřevin. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 137-138.
- CAMERON AD. (1996): Managing birch woodlands for the production of quality timber, *Forestry*, 69: 357-371.
- CARVALHO, J. P. F. (2011): Composition and structure of natural mixed-oak stands in northern and central Portugal. *For. Ecol. Manage.*, 262: 1928–1937.
- CLAESSENS H, L'aulne glutineux. Ses stations et sa sylviculture, 2005ASBL Forêt Wallonne, 189 pp+ 2 annexes.
- CLAESSENS H. (2003): The alder populations of Europe. *For. Comm. Bull.*, 126: 5-14.
- CRECENTE-CAMPO, F., MARSHALL, P., RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. (2009): Modeling non-catastrophic individual-tree mortality for *Pinus radiata* plantations in northwestern Spain. *For. Ecol. Manage.*, 257: 1542–1550
- CROW, T. R., BUCKLEY, D. S., NAUERTZ, E. A., ZÁSADA, J. C. (2002): Effects of management on the composition and structure of northern hardwood forests in Upper Michigan. *Forest Science.*, 48: 129–145.
- ČERNÝ Z., LOKVENC T., NERUDA J. (1995): Zalesňování nelesních půd. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR: 55, Prague, Czech Republic.
- DEMEK J. A KOL (1965): Geomorfologie Českých zemí, Nakladatelství ČSAV Praha.
- DEMEK J. A KOL (1987): Hory a nížiny, Zeměpisný lexikon ČSR, Academia Praha.
- DIMITROVSKÝ K., VESECKÝ J. (1979): K problematice tvorby lesních porostů na výsypkových stanovištích.; *Lesnictví*, 25:57-84.
- DIMITROVSKÝ K., VESECKÝ J. (1989): Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 155 s.
- DIMITROVSKÝ, K. (2001): Tvorba nové krajiny na Sokolovsku; Sokolovská uhelná, a. s.
- DRAGOUN, L., STOLARIKOVA, R., MERGANIČ, J., ŠÁLEK, L., KRYKORKOVA, J. (2015): Influence of admixed tree species on growth, structure and stability of Scots pine stands on anthropogenic soils of the Sokolov region. *Lesnícky Časopis*, 61(1): 44-51.

- DUSSART G. (1999): The ecological implications of loss of alder trees. Consolidates Progress Report of the EU Concerted Action, FAIR5-CT97-3615.
- EATON E., CAUDULLO G., OLIVEIRA S., DE RIGO D. (2016): *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston D., Urrant T., Mauri A. (eds) European atlas of forest trees. Publication Office of the European Union, Brussels, pp 160–163.
- FABRIKA M., ĎURSKÝ J. (2005): Algorithms and software solution of thinning models for SIBYLA growth simulator. *Journal of Forest Science*, 51: 431-445.
- FRANKLIN, J. F. (1988): Structural and functional diversity in temperate forests. In: Wilson, E. O., Peters, F. M. (eds.), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, DC, s. 166–175.
- FRANKLIN, J. F., SPIES, T. A., VAN PELT, R., CAREY, A. B., THORNBURGH, D. A., BERG, D. R. ET AL. (2002): Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management*, 155: 399–423.
- FRIES J. (1964): Yield of *Betula verrucosa* Ehrh. in Middle Sweden and southern North Sweden, *Stud. For. Suec.*, 14: 1-303.
- FÜLDNER K. (1995): *Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern*, Dissertation Forstliche Fakultät Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany.
- GUSTAVSEN H.G., MIELIKÄINEN K. (1984): Site index curves for natural birch stands in Finland, *Folia For.*, 597: 1-23.
- HEMERY, E.G.; CLARK, R.J.; ALDINGER, E.; CLAESSENS, H.; MALVOLTI, E.M.; O'CONNOR, E.; RAFTOYANNIS, Y.; SAVILL, S.P.; BRUS, R. (2010): Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: A review of risks and opportunities. *Forestry*, 83: 65–81.
- HOLUBÍK O., PODRÁZSKÝ V., VOPRAVIL J., KHEL T. REMEŠ J. (2014): Effect of Agricultural Lands Afforestation and Tree Species Composition on the Soil Reaction, Total Organic Carbon and Nitrogen Content in the Uppermost Mineral Soil Profile. *Soil and Water Research* 9: 192–200.
- HYNYNEN, J., P. NIEMISTÖ, A. VIHÄRÄ-AARNIO, A. BRUNNER, S. HEIN, P. VELLING (20210): Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 83: 103–119.

- CHODAK, M., SROKA, K., WOŚ, B., PIETRZYKOWSKI, M. (2019): Effect of green alder (*Alnus viridis*) and black alder (*Alnus glutinosa*) on chemical and microbial properties of sandy mine soils. *Geoderma*, 356: 113924.
- JAEHNE S.C., DOHRENBUSCH A. (1997): Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversität. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 116: 333–345.
- JALAS J., SUOMINEN J. (1976): *Atlas Florae Europaeae*; 3: Salicaceae to Balanosporaceae, Helsinki, Finlandpg. 59.
- JAWORSKI, A., KOŁODZIEJ, Z. (2002): Natural loss of trees, recruitment and increment in stands of primeval character in selected areas of the Bieszczady Mountains National Park (South-Eastern Poland). *Journal of Forest Science*, 48: 4: 141–149.
- JONÁŠ F. (1982): Cvičení z ochrany půdy a rekultivace, část rekultivace, skripta VŠZ Praha.
- KAŠÍKOVÁ, V. (2006): The structure of stands arised by pioneer tree species succession in City Forest Hradec Králové. In: *Stabilisation of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity*. Sborník z konference, Opočno, 5. – 6.9. 2006, VÚLHM Jíloviště-Strnady, s. 281-288.
- KOIVISTO P. (1959): Growth and yield tables, *Commun. Inst. For. Fenn.*, 51: 1-49.
- KORPEL, Š. (1995): *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Jena, New York.
- KORPEL, Š. et al. (1991): *Pestovanie lesa*. Bratislava.
- KORPEL, Š., SANIGA, M. (1993): *Výberný hospodársky spôsob*. Praha, Písek.
- KUCBEL, S., JALOVIAR, P., SANIGA, M., VENCURIK, J., KLIMAŠ, V. (2010): Canopy gas in an old-growth fir-beech forest remnant of Western Carpathians. *European Journal of Forest Research*, 129: 249–259.
- KUPKA, I., DIMITROVSKÝ, K. (2011): Výsledky testování vybraných dřevin pro lesnické rekultivace na Sokolovsku, *Zprávy lesnického výzkumu*, ročník 56 ISSN 0322-9688.
- KUZNETSOVA, T., LUKJANOVA, A., MANDRE, M., LÖHMUS, K. (2011): Aboveground biomass and nutrient accumulation dynamics in young black alder, silver birch and Scots pine plantations on reclaimed oil shale mining areas in Estonia. *Forest Ecology and Management*, 262: 56-64.
- KUZNETSOVA, T., ROSENVOLD, K., OSTONEN, I., HELMISAARI, H. S., MANDRE, M., LÖHMUS, K. (2010): Survival of black alder (*Alnus glutinosa* L.), silver birch (*Betula pendula* Roth.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in a reclaimed oil shale mining area. *Ecological Engineering*, 36: 495-502.

- LESTRADE, M.; GONIN, P.; COELLO, J. (2013): Autécologie du Tilleul à petites feuilles. Forêt-Entreprise, 211: 6–11.
- LIPOVSKÁ, Z., VAISHAR, A., ŠŤASTNÁ, M.: Sokolov – východ (Czech Republic – From open cast pits to new landscapes. Problems and Potentials of Post-Mining Regions, in Post-Mining Regions in Central Europe—Problems, Potentials, Possibilities, 63-78.
- MÄLKÖNEN E. (1977): Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand, Commun. Inst. For. Fenn. 91: 1-35.
- MCELHINNY, C., GIBBONS, P., BRACK, C., BAUHUS, J. (2005): Forest and woodland stand structural complexity: its definition and measurement. Forest Ecology and Management, 218: 1: 1–24.
- MEUSEL H., JAGER E., WEINERT E. (1965): Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora, 1965 Jean, Gustav Fisher Verlag, 120 pp.
- MIKOLA P. (1985): The Effect of Tree Species on the Biological Properties of Forest Soil, Solna, Sweden Natursvårdsverket. Rapport 3017, Statens naturvårdverk.
- MIKOLA P. (1954): Experiments on the rate of decomposition of forest litter, Commun. Inst. For. Fenn., 43: 1-50.
- NEWTON, P. F., JOLLIFFE, P. A. (1998): Assessing Processes of Intraspecific Competition within Spatially Heterogeneous Density-Stressed Black Spruce Stands. Canadian Journal of Forest Research, 28: 259–275.
- NIEMISTÖ P. (1995): Influence of initial spacing and row-to-row distance on the growth and yield of silver birch (*Betula pendula*), Scand. J. For. Res., 10: 245-255.
- NOSS, R. F. (1990): Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conserv. Biol., 4: 355–364.
- O'HARA, K. L., LATHAM, P. A., HESSBURG, P., SMITH, B. G. (1996): A structural classification for in-land Northwest forest vegetation. Western Journal of Applied Forestry, 11: 3: 97–102.
- Oblastní plán rozvoje lesů – Podkrušnohorské pánve 2018, UHÚL Brandýs nad Labem.
- OIKARINEN M. (1983): Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland, Commun. Inst. For. Fenn., 113: 1-75.
- OLIVER, C. D., LARSON, B. C. (1996): Forest Stand Dynamics. update edition. John Wiley and Sons Inc., New York, NY
- PETERJOHN W, CORRELL D. (1984): Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest, Ecology, 65: 1466-1475.

- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, 37: 49-56.
- PIÉGAY H, PAUTOU G, RUFFIONI C. , Les forêts riveraines des cours d'eau. Ecologie, fonctions et gestion, 2003 Paris, France Institut pour le développement forestier pg. 464
- PIETRZYKOWSKI, M., DANIELS, W. L. (2014): Estimation of carbon sequestration by pine (*Pinus sylvestris* L.) ecosystems developed on reforested post-mining sites in Poland on differing mine soil substrates. Ecological engineering, 73: 209-218.
- PIGOTT, C.D.; HUNTLEY, J.P. Factors controlling the distribution of *Tilia cordata* Mill. at the northern limits of its geographical range. IV. Estimated ages of the trees. III. Nature and cause of seed sterility. New Phytol. 1981, 87, 817–839.
- PIGOTT, D. (2012): Lime-trees and Basswoods: A Biological Monograph of the Genus *Tilia*, 1st ed.; Cambridge University Press: New York, NY, USA, p. 405.
- PINAY G, LABROUE L. (1986): Une station d'épuration naturelle des nitrates transportés par les nappes alluviales: l'aulnaie glutineuse, Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 302: 629-632.
- PODRÁZSKÝ, V., VACEK, Z., VACEK, S., VÍTÁMVÁS, J., GALLO, J., PROKŮPKOVÁ, A., D'ANDREA, G. (2020): Production potential and structural variability of pine stands in the Czech Republic: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) vs. introduced pines—case study and problem review. Journal of Forest Science, 66(5): 197-207.
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MIKESKA, M., KOBLIHA J., BÍLEK, L. (2007a): Pěstování lesů I. Ekologické Základy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 315 s.
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MIKESKA, M., KOBLIHA J., BÍLEK, L. (2007b): Pěstování lesů II. Teoretická východiska pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 464 s.
- PRACH, K. (1995): "Restaurační ekologie" či ekologie obnovy? Vesmír, 74:3: 143.144.
- PRETZSCH H. (1992): Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstliche Forschungsberichte München, Nr.115, 358 s.
- PRETZSCH, H. (1997): Analysis and modelling of spatial stand structures. Methodological considerations based on mixed beech-larch stands in Lower Saxony, Forest Ecology and Management, 97: 237–253.

- PRETZSCH, H. (2009): *Forest Dynamics, Growth and Yield*. Springer Berlin Heidelberg, 617 s.
- PRŮŠA, E. (1985): *Die böhmischen und mährischen Urwälder, ihre Struktur und Ökologie*. Praha.
- RAULO J. (1977): Development of dominant trees in *Betula pendula* Roth. and *Betula pubescens* Ehrh. plantations, *Commun. Inst. For. Fenn.*, 90: 1-15.
- ŘEHOUNEK, J., ŘEHOUNKOVÁ, K., PRACH, K. (2010): *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*, České Budějovice, Calla, 178 s.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. P. (2001): Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle. *J. For. Sci.*, 47: 557–565.
- SHRECKENBERGER, K-HADLEY, M-DYER, M. (1990): *Management and restoration of human- impacted resources: approach to ecosystem rehabilitation*. MAB Digest 5, Paris, UNESCO, 90 s.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1986): *Die Fichte*. Bd. I., Hamburg, Berlin.
- SCHNITZLER A, CARBIENER R. (1993): Les forêts galeries d'Europe, *La Recherche*, 255: 694-700.
- SCHWARZ, O., KOZEL, J., VALENTA, M., LIČKA, L., HLÁSNÝ, T., ZÚBRÍK, M., KREJČÍ, F., TŘEŠŇÁK, J., HOFMEISTER, Š. (2007a): *Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 447.
- SIMON, J., BUČEK, A., VACEK, S., MINX, T. (2009): *Struktura, vývoj a management lesních porostů založených na rekultivovaných plochách SD Bílina*.
- SROKA, K., CHODAK, M., KLIMEK, B., PIETRZYKOWSKI, M. (2018): Effect of black alder (*Alnus glutinosa*) admixture to Scots pine (*Pinus sylvestris*) plantations on chemical and microbial properties of sandy mine soils. *Applied Soil Ecology*, 124: 62-68.
- SUTINEN R, TEIRILÄ A, PÄNTTÄJÄ M, SUTINEN M.-L.. (2002): Distribution and diversity of tree species with respect to soil electrical characteristics in Finnish Lapland, *Can. J. For. Res.*, 32: 1158-1170.
- SYROVÝ S. (1958): *Atlas podnebí ČSR*. – Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha. 1958.
- ŠAMONIL, P., VRŠKA, T. (2007): Trends and cyclical changes in natural fir-beech forest at the northe-western edge of the Carpathians. *Folia Geobot.*, 42: 337–361.

- ŠTÝS, S., JONÁŠ, J., KOSTRUCH, J., NEUBERG, Š., PAŘÍZEK, J., PATEJDL, C., SMOLÍK, D., ŠPIŘÍK, F., DIMITROVSKÝ, K., THIELE, V., TOBĚRNÁ, V., VESECKÝ, J. (1981): Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin; SNTL Nakladatelství technické literatury Praha.
- ŠTÝS, S. (2001): Proměny krajiny Severočeské hnědouhelné pánve. In: Tvář naší země – krajina domov. Sborník příspěvků z konferenc, Praha a Průhonice, 21. – 23. 2. 2001, Česká komora architektů, s. 145 – 158.
- TILL, O. (1956): Über die Frosthärte von Pflanzen sommergrüner Laubwälder. *Flora*, 143: 499–542.
- ÚHÚL (2003): Inventarizace lesů, Metodika venkovního sběru dat. Brandýs nad Labem: 136 s.
- ÚŘADNÍČEK, L., MADĚRA, P., KOLIBÁČOVÁ, S., KOBLÍŽEK, J., ŠEFL, J. (2001): Dřeviny České republiky, Matice lesnická s. r. o., Písek ISBN 80-86271-09-9.
- VACEK, S. (1982): Ekologické aspekty dekompozice biomasy v autochtonních ochranných smrčínách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 27: 2: 5–11.
- VACEK, S. (2007): Význam, vývojové zákonitosti a příklady vybraných částí lesních ekosystémů ponechaných samovolnému vývoji. In: Bezzásahová území. Janov nad Nisou, 2. 10. 2007, Moucha, P. (ed.), Opočno, ČLS, LČR,
- VACEK S., HUŇOVÁ I., VACEK Z., HEJCMANOVÁ P., PODRÁZSKÝ V., KRÁL J., PUTALOVÁ T., MOSER W. K. (2015): Effects of air pollution and climatic factors on Norway spruce forests in the Orlické hory Mts. (Czech Republic), 1979–2014. *European Journal of Forest Research*, 134: 1127–1142.
- VACEK, S., NOSKOVÁ, I., BÍLEK, L., VACEK, Z., SCHWARZ, O. (2010): Regeneration of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. *Journal Of Forest Science*, 56: 541–554.
- VACEK, S., SIMON, J., PODRÁZSKÝ, V., BALÁŠ, M., SLÁVIK, M., MIKESKA, M. et al., (2009): Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degrado-vaných půdách. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*, 792 s.
- VACEK, S., SIMON, J., REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V., MINX, T., MIKESKA, M., MALÍK, V., JANKOVSKÝ, L., TURČÁNI, M., JAKUŠ, R., SCHWARZ, O., KOZEL, J., VALENTA, M., LIČKA, L., HLÁSNÝ, T., ZÚBRÍK, M., KREJČÍ, F., TŘEŠŇÁK, J., HOFMEISTER, Š. (2007a): Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*.

- VACEK, S., VAŠINA, V., BALCAR, Z. (1988): Analýza autochtonních bukových porostů SPR Rýchory a Boberská stráň. Opera Corcontica, 25: 13–55.
- VACEK, Z., CUKOR, J., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., ROSTISLAV, L., KOVAŘÍK, J. (2018): Forest biodiversity and production potential of post-mining landscape: opting for afforestation or leaving it to spontaneous development?. Lesnický Casopis, 64(2): 116.
- VACEK, Z., LINDA, R., CUKOR, J., VACEK, S., ŠIMŮNEK, V., GALLO, J., & VANČURA, K. (2021): Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), the suitable pioneer species for afforestation of reclamation sites?. Forest Ecology and Management, 485: 118951.
- VACEK, Z., PROKŮPKOVÁ, A., VACEK, S., CUKOR, J., BÍLEK, L., GALLO, J., BULUŠEK, D. (2020): Silviculture as a tool to support stability and diversity of forests under climate change: study from Krkonoše Mountains. Central European Forestry Journal, 66(2): 116-129.
- VACEK, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., KRÁL, J., BULUŠEK, D., PUTALOVÁ, T. et al. (2016): Structural diversity and production of alder stands on former agricultural land at high altitudes. Dendrobiology, 75:31–44.
- WALI M.K. (1999): Ecological succession and the rehabilitation of disturbed terrestrial ecosystems.; Plant and soil, 213; 195-220
- WIRTH, MALI (2012): Problems and Potentials of Post-Mining Regions; Oekom.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství 2019, Lesy ČR s. p.

Internetové odkazy:

Mapy.cz

Priroda.cz

Přílohy

Odkazovaný seznam příloh