

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra ekologie lesa**



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Věková struktura přirozeného bukového lesa v Krušných  
horách  
Bakalářská práce**

**Autor práce: Teodor Grindler**

**Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Čada, Ph.D.**

**2023**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Teodor Grindler

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Věková struktura přirozeného bukového lesa v Krušných horách

Název anglicky

Age structure of the natural beech forest in Krušné Mts.

---

Cíle práce

Prvním cílem práce bude shrnout dosavadní vědecké znalosti o faktorech ovlivňující vývoj přirozených lesů s dominantním bukem lesním. V praktické části práce bude cílem zjistit jaká je věková struktura vybraných starých porostů bučin v EVL Východní Krušnohoří a pokusit se tak popsat jejich minulý vývoj a případně diskutovat souvislosti s aktuální strukturou a dynamikou porostů.

Metodika

V rámci prvního cíle bude zpracován rozbor literatury (literární rešerše) s důrazem na aktuální domácí i zahraniční vědeckou literaturu. V rámci druhého cíle budou změřeny stromy na výzkumných plochách ve vybraných porostech EVL Východní Krušnohoří a určena jejich tloušťka, výška a věk (pomocí letokruhové analýzy). Práce bude sestávat z terénního odběru vzorků pro letokruhové analýzy, přípravy vzorků pro měření a měření šířek letokruhů v laboratoři. Pro interpretaci minulého vývoje porostu bude předně použita věková struktura stromů.

Harmonogram zpracování:

Květen 2022 — Zadání BP

Léto/podzim 2022 — Studium literatury, terénní a laboratorní práce

Podzim 2022 — Zpracování dat

Prosinec 2022 — Odevzdání osnovy práce a kostry literárních zdrojů školiteli

Zima 2022/2023 — Příprava textu BP

Březen 2023 — Konzultace finální podoby práce se školitelem

Duben 2023 — Předložení práce

---

---

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Disturbance, dendrochronologie, *Fagus sylvatica*, přirozený les.

---

Doporučené zdroje informací

- Firm, D., Nagel, T.A. and Diaci, J., 2009. Disturbance history and dynamics of an old-growth mixed species mountain forest in the Slovenian Alps. *Forest Ecology and Management*, 257(9), pp.1893-1901.
- Frankovič, M., Janda, P., Mikoláš, M., Čada, V., Kozák, D., Pettit, J.L., Nagel, T.A., Buechling, A., Matula, R., Trotsiuk, V. and Gloor, R., 2021. Natural dynamics of temperate mountain beech-dominated primary forests in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 479, p.118522.
- Fraver, S., White, A.S. and Seymour, R.S., 2009. Natural disturbance in an old-growth landscape of northern Maine, USA. *Journal of ecology*, 97(2), pp.289-298.
- Frelich, L.E., 2002. *Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests*. Cambridge University Press.
- Nagel, T.A., Mikac, S., Dolinar, M., Klopčič, M., Keren, S., Svoboda, M., Diaci, J., Boncina, A. and Paulić, V., 2017. The natural disturbance regime in forests of the Dinaric Mountains: A synthesis of evidence. *Forest Ecology and Management*, 388, pp.29-42.
- Nagel, T.A., Svoboda, M. and Kobal, M., 2014. Disturbance, life history traits, and dynamics in an old-growth forest landscape of southeastern Europe. *Ecological Applications*, 24(4), pp.663-679.
- Panayotov, M., Gogushev, G., Tsavkov, E., Vasileva, P., Tsvetanov, N., Kulakowski, D. and Bebi, P., 2017. Abiotic disturbances in Bulgarian mountain coniferous forests—an overview. *Forest ecology and management*, 388, pp.13-28.
- Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J. and Schuck, A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9(11), pp.1620-1633.
- Speer, J.H., 2010. *Fundamentals of tree-ring research*. University of Arizona Press.
- Turner, M.G., 2010. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*, 91(10), pp.2833-2849.
- 

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Vojtěch Čada, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 23. 6. 2022

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2023

---

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Věková struktura přirozeného bukového lesa v Krušných horách" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Vojtěchu Čadovi, Ph.D. vedoucímu mé práce za poskytnuté rady a nápomoc při zpracovávání práce. Dále bych rád poděkoval Mgr. Martinu Dušátkovi a Bc. Antonínu Veberovi za odbornou asistenci při zpracovávání vzorků v laboratoři. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině, která trpělivě snášela obtíže s psaním práce spojené.

# Věková struktura přirozeného bukového lesa v Krušných horách

## Souhrn

V rámci bakalářské práce bylo cílem analyzovat věkovou strukturu přirozených lesů s dominancí buku lesního v Krušných horách. Mým cílem bylo zjistit, zda reálná věková struktura odpovídá hodnotám udávaným v lesním hospodářském plánu a jak se liší věková struktura na územích s rozdílným stupněm ochrany.

Pro získání potřebných dat byla změřena tloušťka a výška stromů na vybraných plochách v Národní přírodní rezervaci Jezerka a okolí, a odebrány vzorky pro určení věku stromů. Následně byly v laboratoři spočteny letokruhy za pomoci dendrochronologické analýzy.

Výsledná data poukázala na věkovou a tloušťkovou variabilitu většiny porostů a výskyt porostních mezer. Takovéto podmínky jsou pro přírodě blízké lesy s dominancí buku charakteristické.

Oproti hodnotám uvedeným v lesním hospodářském plánu jsou porosty mírně starší. Staré porosty se nalézají také mimo území Národní přírodní rezervace a bylo by proto vhodné zvážit, zda i tato území chránit.

**Klíčová slova:** Disturbance, dendrochronologie, *Fagus sylvatica*, přirozený les.

# Age structure of the natural beech forest in Krušné Mts.

## Summary

My objective in this bachelor thesis was to analyze age structure of natural European beech dominated forests and to compare obtained data. Specifically I wanted to find out if the age structure corresponds to values listed in forest management plan and how age structure differ between areas of different conservation status.

To obtain necessary data, tree diameters and heights were measured on selected plots in National natural reserve Jezerka and surroundings, and samples for trees age estimations were collected. Subsequently tree rings were counted in laboratory, using dendrochronological analysis.

Resulting data refer to age and diameter variability of majority of the studied stands and also to canopy gap occurrence. These conditions are typical in beech dominated forests close to nature.

Compared to values listed in forest management plan, stands are slightly older. Old stands also occur outside the National natural reserve, which indicates that increasing the conservation status of these sites as well would be appropriate.

**Keywords:** Disturbance, dendrochronology, *Fagus sylvatica*, natural forest.

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>11</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Charakteristika buku lesního.....</b>	<b>12</b>
3.1.1 Obecná charakteristika.....	12
3.1.2 Ekologické nároky .....	13
3.1.3 Rozšíření .....	14
<b>3.2 Struktura a dynamika přirozených porostů buku lesního.....</b>	<b>16</b>
3.2.1 Přirozená obnova buku lesního.....	16
3.2.2 Vývoj a struktura lesů s dominancí buku lesního.....	22
3.2.3 Režimy disturbancí v přirozených lesích s dominancí buku lesního.....	27
<b>4 Popis zájmového území.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Charakteristika oblasti Krušných hor .....</b>	<b>34</b>
4.1.1 Vymezení oblasti .....	34
4.1.2 Geologie.....	34
4.1.3 Klima .....	35
<b>4.2 EVL Východní Krušnohoří.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 NPR Jezerka .....</b>	<b>37</b>
4.3.1 Poloha a vznik NPR.....	37
4.3.2 Geologické a klimatické poměry NPR .....	38
4.3.3 Předmět ochrany .....	38
4.3.4 Historie hospodaření v NPR .....	38
<b>5 Metodika .....</b>	<b>40</b>
<b>5.1 Sběr dat .....</b>	<b>40</b>
<b>5.2 Analýza dat .....</b>	<b>42</b>
<b>6 Výsledky .....</b>	<b>43</b>
<b>6.1 Porovnání základních porostních charakteristik mezi plochami.....</b>	<b>43</b>
6.1.1 Dřevinná struktura .....	43
6.1.2 Průměrná tloušťka.....	44
6.1.3 Průměrná výška.....	45
6.1.4 Průměrný věk.....	46
6.1.5 Průměrný roční přírůst.....	47
<b>6.2 Struktura jednotlivých ploch .....</b>	<b>48</b>
6.2.1 Plocha B04.....	48
6.2.2 Plocha B08.....	49



6.2.3	Plocha B12 .....	51
6.2.4	Plocha B18 .....	52
<b>7</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>57</b>

# 1 Úvod

Přírozené lesy s dominancí buku lesního (*Fagus sylvatica*) byly v historii nedílnou součástí krajiny jak na území našeho státu, tak též v podmínkách většiny evropských zemí. S postupem civilizace však mnohé ekosystémy z povrchu planety vymizely úplně, nebo byly značně potlačeny a jejich výskyt byl omezen na malá území. Ostrůvky téměř nedotčené přírody vznikaly především na místech špatně přístupných a nevhodných k obhospodařování. Na těchto místech byla v pozdější době vyhlášena četná chráněná území, s cílem zachovat zbylé dědictví dalším generacím.

Buk lesní je významný nejen z hlediska ekologického, ale také z hlediska hospodářského. Je proto důležité zachovat jeho porosty v takovém stadiu, aby byly co nejméně náchylné k vnějším činitelům, ať už biotickým či abiotickým. Tyto podmínky lze pozorovat a zkoumat právě v přírodních lesích.

V podmínkách nenarušených či jen minimálně ovlivněných člověkem buk vytváří porosty nesmíšené, či s přimíšením nejčastěji jedle a smrku. Věková i tloušťková struktura v takovýchto porostech typicky tvoří pestrou mozaiku. Této variability je často dosaženo díky lokálním narušením porostu úmrtím jednoho či několika málo jedinců a vzniku porostní mezery. Noví jedinci obnovující se ze semenné banky porostu následně dostanou šanci proniknout za zvýšeného přístupu světla až na úroveň zápoje. Dynamika disturbancí a obnovy tak tvoří pestrý a stabilní les, kterých je schopen se i v případě velkoplošné disturbance poměrně rychle obnovit.

Bylo by příhodné implementovat prvky struktury přírodních lesů také do prostředí lesů hospodářských, je však třeba je nejdříve detailně prozkoumat a popsat.

Předmětem této bakalářské práce je analýza, popis a porovnání především věkové struktury porostů s dominancí buku, které se nachází v oblasti Východního Krušnohoří a na území NPR Jezerka poblíž města Jirkov.

## **2 Cíl práce**

Primárním cílem práce je analyzovat věkovou strukturu starých bukových porostů na území EVL Východní Krušnohoří. Dalším cílem je popsat vývoj těchto porostů a diskutovat jejich současnou strukturu a dynamiku.

V rámci prvního cíle budou změřeny stromy na výzkumných plochách ve vybraných porostech EVL Východní Krušnohoří a určena jejich tloušťka, výška a věk (pomocí letokruhové analýzy). Práce bude sestávat z terénního odběru vzorků pro letokruhové analýzy, přípravy vzorků a spočtení letokruhů v laboratoři. Pro interpretaci minulého vývoje porostu bude předně použita věková struktura stromů.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Charakteristika buku lesního

#### 3.1.1 Obecná charakteristika

Buk lesní (*Fagus sylvatica*) je statný opadavý listnatý strom s mohutnou korunou a válcovitým kmenem porostlým hladkou šedou borkou (DIVÍŠEK 2010). Buk se může dorůstat výšky okolo 40 metrů, délka života se pohybuje nejčastěji mezi 200 až 400 lety (SLAVÍK 1990).

Střídavě postavené listy buku o velikosti 5 až 10 centimetrů mají eliptický tvar, jsou celokrajné, na koncích zašpičatělé a na bázi zaokrouhlené. Pupeny hnědé barvy jsou štíhlé, větvenovité a zašpičatělé, dlouhé 10-25 milimetrů. Zejména v jarních obdobích jsou na listech a pupenech patrné bělavé chloupky (SLAVÍK 1990; DIVÍŠEK 2010).

Buky jsou jednodomými dřevinami. Samčí květy se nacházejí v paždí listů v podobě dlouze stopkatých svazečků. V okvětí zvonkovitého tvaru se nachází 6 až 10 tyčinek. Samičí květy se po dvou nalézají v červenavé čišce, která je zvenčí porostlá dlouhými, později dřevnatějícími výrůstky. Plodem buku je trojboká nažka nazývaná bukvice. Lesklé hnědé nažky jsou v dřevnaté čišce uzavřeny po dvou. V období zralosti se čiška otevírá čtyřmi chlopněmi (SLAVÍK 1990). Solitérní buky začínají plodit od 20. až 40. roku, v porostu zpravidla později. Plodná období se na území České republiky vyskytují jednou za 5 až 10 let, za nepříznivých podmínek i v delších intervalech. Semenáčky mají velké dělohy ledvinovitého tvaru, zcela odlišné od listů (CHMELARŮ 1983).

Výmladková schopnost je u tohoto druhu neveliká, o intenzivnější schopnosti tvořit výmladky lze hovořit do 30., maximálně pak 60. roku věku (CHMELARŮ 1983).

Kořenový systém buku je zpravidla srdcovitý, mohutné kořeny se rozprostírají rovnoměrně do stran, což zajišťuje stromu dostatečnou stabilitu. (MUSIL 2005).

Dřevo buku je řazeno mezi roztroušeně pórovité. Póry jsou u buku malé, a rovnoměrně roztroušené po celé ploše letokruhu. Dřevo je tvrdé, na čerstvém řezu bělavě světlé až narůžovělé, postupem času přechází až do červenavě hnědé barvy. Jádrová a bělová část není zřetelně rozlišitelná, uprostřed kmene může být tvořeno nepravé jádro, které je považováno za vadu spíše estetického rázu (JOYCE 1998; MUSIL 2005).

### 3.1.2 Ekologické nároky

Buk lesní je jednou z našich nejtolerantnějších dřevin vůči zastínění, následně po tisu a jedli, tudíž je schopen vytvářet víceetážové porosty a velmi husté mlaziny. Často nalézáme nesmíšené bukové porosty v důsledku vytlačování ostatních dřevin vlivem velkého zastínění (MUSIL 2005). Schopnost přežít i v enormním zastínění je vyvolána odlišnou anatomickou stavbou listů, které se nalézají na místech s omezeným přístupem světla (uvnitř koruny, respektive pod uzavřenými porosty). Semenačky jsou však schopny růst i na přímém slunci (CHMELAR 1983).

Podloží není buk nijak výrazně limitován, optimálně roste na půdách kyselých a mezických s pH od 3,5 do 7 (PETERS 1992). Nejvyšší produkce však dosahuje na vápnatých půdách s lehce kyselým až středně alkalickým pH. Negativní dopad na růst buku mají půdy s vysokým podílem volného uhličitanu vápenatého (JOYCE 1998). Neoblíbenými jsou u buku také chudé a suché písčité půdy, a půdy ulehlé (SLAVÍK 1990). Značné nároky jsou kladeny na provzdušňenost a kyprost půdy. Na chudých půdách s malým podílem edafonu dochází k obtížnému zvětrávání opadu, jeho kumulaci a vytvoření vysoké vrstvy hrabanky, která zadržuje vodu a znemožňuje provzdušnění, stejně jako růst bylinného krytu a zmlazování dalších dřevin (CHMELAR 1983).

Nároky na vláhu jsou střední. Buku nevyhovují půdy suché ani půdy přemokřené, nesnášenlivý je k vysoké hladině spodní vody stoupající až k povrchu půdy, záplavy nevyjímá (CHMELAR 1983). Optimum ročních srážek se v ČR pohybuje mezi 800 a 1000 milimetry (DIVÍŠEK 2010), v severnějších oblastech je pro buk dostačující 500 milimetrů srážek ročně (CHMELAR 1983).

Buk není tolerantní k velkým teplotním výkyvům v průběhu roku. Horká suchá léta nejsou pro buk příhodná (CHMELAR 1983). Vyšší teploty je buk schopen tolerovat jen při dostatku srážek (JOYCE 1998).

Naopak také příliš nízké zimní teploty mají na růst buku negativní dopady. Spodní hranicí přežití je  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . I když buk mrazu nepodlehne, kvůli regeneraci může být jeho růst značně zpomalen (PETERS 1992).

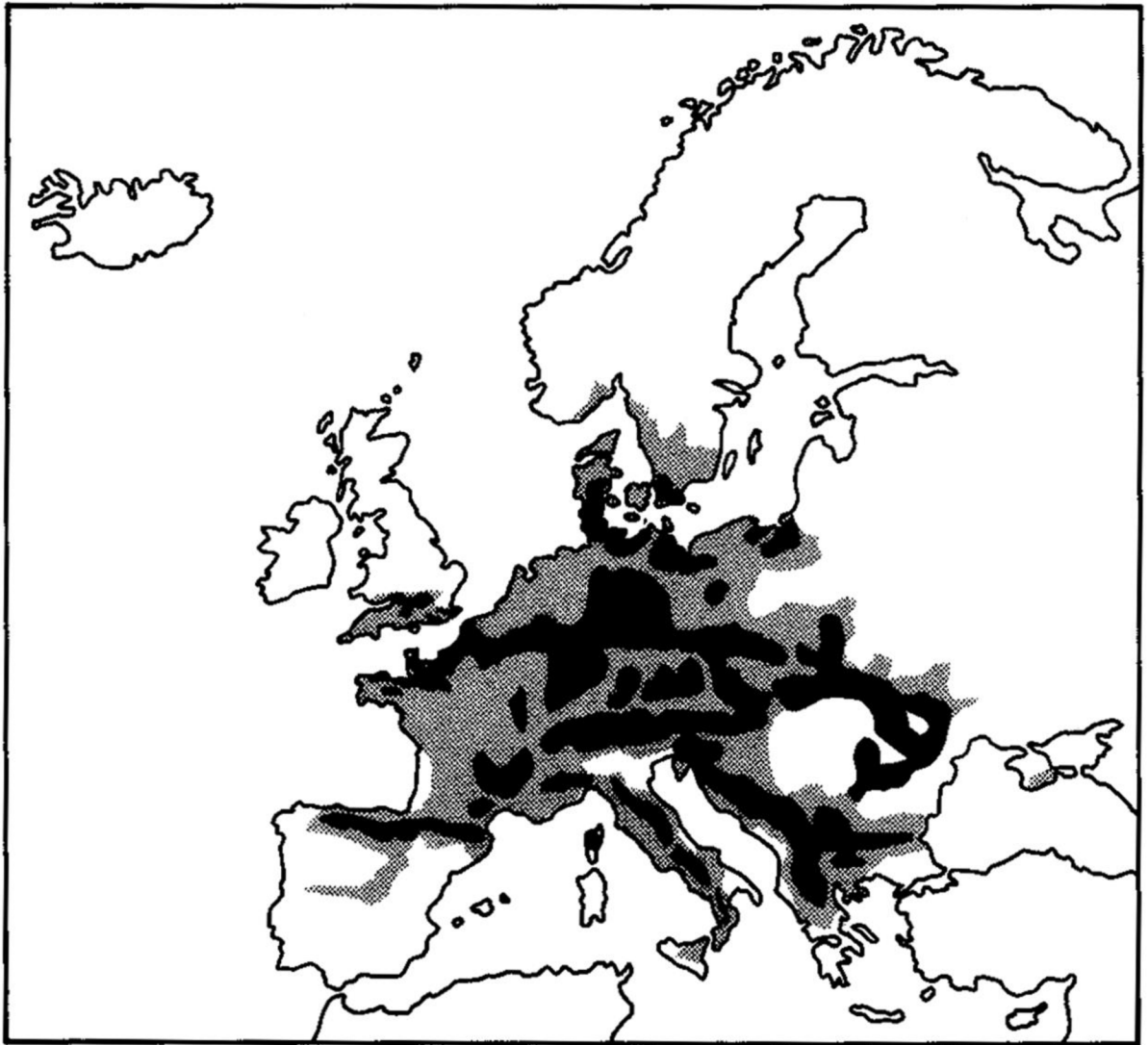
Velkým problémem zvláště pro mladé jedince jsou pozdní jarní mrazíky, kvůli kterým dochází k odumírání čerstvě narašených listů a pupenů. Posléze již mladý strom nemá dostatek látek pro tvorbu dalších listů a často podléhá (JOYCE 1998).

### 3.1.3 Rozšíření

Oceanickému klimatu, charakteristickému pro velkou část Evropy, je buk lesní dobře přizpůsoben. Kontinentální klima vymezuje jeho východní hranici (JOYCE 1998). Těžiště areálu se nachází v západní, střední a jihovýchodní části Evropy (DIVÍŠEK 2010).

Severní hranice rozšíření buku sahá od Anglie po nejjižnější části Skandinávského poloostrova. V Norsku a Švédsku je maximální výšková hranice výskytu do 200 až 300 metrů nad mořem. Východní hranici areálu vymezuje východní úpatí Karpat a dále až Balkánský poloostrov. Na jižním okraji svého rozšíření se buk nachází především v horských oblastech, a to na Balkánském a Apeninském poloostrově, dále pak v pohoří Sicílie a Korsiky. V Pyrenejích je buk lesní rozšířen po celé šířce severní hranice pohoří od východu až na západ, s nepatrným přesahem do vnitrozemí. Na zmíněných lokalitách jižní Evropy roste buk ve výšce 1800 až 2100 metrů nad mořem, ne však níže než 1000 až 1300 metrů nad mořem. Od západní části Pyrenejského pohoří se západní hranice výskytu táhne po pobřeží Francie až po Bretaň (*Obrázek 1*). Uvnitř svého areálu se buk vyskytuje téměř nepřerušeně, až na výjimky, kterými jsou především teplé oblasti s malým množstvím srážek, jako střední a jihozápadní Francie, nebo Maďarská nížina. Dále pak buk chybí také v oblastech s kontrastním klimatem, panujícím ve středním a západním Polsku a centrálních Alpách. Optimum jeho vertikálního rozšíření se ve střední Evropě pohybuje mezi 400 a 1000 metry nad mořem, v Alpském pohoří může buk vystoupat až do výšky 1500 metrů nad mořem (CHMELAR 1983).

Buk je přítomen téměř po celém území České republiky, což je zapříčiněno polohou našeho státu uprostřed areálu buku a relativně vyššími nadmořskými výškami. Hlavními těžišti výskytu buku jsou mezofytikum a oreofytikum s mírným přesahem do termofytika, takže se vyskytuje od nížin reprezentovaných inverzními polohami v údolí Labe u Hřenska až po naše nejvyšší pohoří jako Šumava, Krkonoše a Jeseníky, kde buk roste i výše než 1200 metrů nad mořem (SLAVÍK 1990). V nižších polohách je navázán prioritně na dub zimní, výše je ve směsi s jedlí, která následně se smrkem ztepilým buk nahrazuje. Současné zastoupení buku v českých lesích činí 6,1 % z důvodu osazení většiny původních bukových stanovišť smrkovými monokulturami. Přirozené zastoupení buku by mělo činit 40,2 % (MUSIL 2005).



*Obrázek 1: Přírozené rozšíření buku lesního (šedou barvou) a hlavní oblasti bukových lesů (černou barvou) (POLUNIN 1985).*

## 3.2 Struktura a dynamika přirozených porostů buku lesního

### 3.2.1 Přirozená obnova buku lesního

#### Produkce semen

Na běžných stanovištích se buk lesní obvykle rozmnožuje pomocí semen (JOYCE 1998; STANDOVÁR 2003), nicméně je schopný i obrážet z pařezů či pahýlů. Hřížení je častější ve vyšších polohách, kde nebývá generativní rozmnožování často možné a buky mohou být zakrslé, což umožňuje styk spodních větví s podložím (FANTA 2012).

Frekvence produkce semen je silně ovlivněna charakteristikami stanoviště a klimatickými poměry. Standartně začíná buk plodit ve věku 40 až 50 let, v zapojených porostech ve věku 60 až 80 let. Semenné roky se nejčastěji vyskytují v intervalu 6 až 8 let. Obecně jsou semenné roky následovány sníženou produkcí semen. Nicméně i v rámci tak malé země jako je Maďarsko bylo zjištěno, že jsou semenné roky častější v západní části území, kde jsou příhodnější klimatické podmínky. Podobné výsledky byly patrné z výzkumů na Ukrajině, kdy se semenné roky opakovaly častěji na optimálních stanovištích než v nižších polohách. Faktem je, že navzdory předešlým poznatkům mohou jednotlivé buky výjimečně produkovat větší množství semen i v letech jdoucích bezprostředně po sobě. Z tohoto důvodu byly prováděny detailní studie zabývající se faktory ovlivňujícími úspěšnou fruktifikaci. Ukázalo se, že úspěšné zrání semen ovlivňují meteorologické i biotické faktory. Nejvyšší produkce semen buk dosahoval mezi 15 a 25 °C, kdy relativní vlhkost neklesla pod 26-33 %. Množství vyprodukovaných semen také poukazuje na prostorovou variabilitu v rámci stanoviště. Absolutní počet semen byl vyšší na okrajích porostu a směrem dovnitř porostu se snižoval, stejně jako poměr semen, která byla vitální (STANDOVÁR 2003).

Disperze semen je u buku nízká, relativně velká a těžká semena se sama dostanou do vzdálenosti maximálně 40 metrů od mateřských stromů (STANDOVÁR 2003; BÍLEK 2009). K osidlování vzdálenějších a nových stanovišť dochází ve velké míře díky živočichům, kteří se plody buku živí. Některé druhy ptáků a savců semena sbírají a schovávají, což přispívá k jeho šíření. Zároveň jsou semena živočichy konzumována, což snižuje množství semen vstupujících do následné obnovy (STANDOVÁR 2003).



## Klíčení semen

Klíčení bukových semen probíhá běžně v dubnu nebo květnu, v závislosti na sněhové pokrývce. Klíčivost v podmínkách přirozených lesů se pohybuje jen okolo 7 %. Přes velké ztráty prezimujících semen a nízké poměry klíčivosti je množství produkovaných semen považováno za dostatečné k zajištění nové generace. Hojnost jednoletých semenáčků ukazuje, že počet semen a jejich klíčivost nejsou prvky omezující zajištění přirozené obnovy. Negativně na klíčení semenáčků působí větší vrstvy nedostatečně rozloženého opadu, které jsou na povrchu snadno vysušovány a netvoří vhodný substrát (STANDOVÁR 2003; BÍLEK 2009). Sluneční záření je jedním z faktorů iniciujících počáteční fázi klíčení, avšak vztah mezi relativní světelnou intenzitou a prvotním počtem klíčících rostlin není prokázán (SZWAGRZYK 2001).

## Růst semenáčků

Bílek uvádí, že nejvyšší počet semenáčků po vyklíčení vzejde na otevřeném prostranství, zde podle jeho poznatků zmlazení pokrývalo 13,5 % plochy, na okrajích porostu přibližně 11,7 % a v porostu dosahoval pokryv 8 %. Uvnitř porostu je patrné, že semenáčky mají větší problém uchytit se v porostních mezerách, kde je více buřeně (BÍLEK 2009). Aby nová generace uspěla musí jí být poskytnuta dostatečná ochrana před nepříznivými faktory. Z toho důvodu je buk dobře přizpůsoben dalšímu růstu obnovy pod krytem stávajícího porostu. Částečné zastínění mladé jedince chrání před mrazem, vysoušením větry a zarůstáním okolní vegetací, zároveň však musí poskytovat adekvátní množství světla nezbytného pro dlouhodobý vývoj (JOYCE 1998; BÍLEK 2009).

Výzkum situovaný v polském experimentálním lese Krynica ukázal korelační koeficient mezi intenzitou světla a poměrem přeživších rostlin v první sezoně (tedy u semenáčků) o hodnotě 0,4, kdežto ve čtvrtém roce korelační koeficient stoupl na hodnotu 0,7. To naznačuje dosti vysokou závislost odrůstajících jedinců na dostatek světla. Přírůsty jedinců starších 3 let byly na plochách s průměrnou světelnou intenzitou 3-4 % minimální. Žádný z tříletých jedinců nedosáhl výšky 10 centimetrů a roční výškový přírůst dosahoval maximálně 0,5 centimetru. Při takovéto dostupnosti světla banka semenáčků buďto vůbec nevzniká nebo je nestabilní. Plochy, které disponovaly ozářeností 9 a 15 % poskytovaly rostlinám lepší prostředí, nicméně jen dva jedinci ve věku 5-6 let přesáhli výšku 20 centimetrů, avšak banka semenáčků zde byla permanentní (SZWAGRZYK 2001).

V severovýchodní Francii v nadmořské výšce 380 metrů byl zachycen 3. a 4. rok po uvolnění zápoje v 140 až 180 let starém porostu. Semenačky rostoucí v porostních mezerách byly vyšší a tlustší, jejich průměrná výška činila 29,1 centimetru a průměrná tloušťka 5,1 milimetru, semenačky v uzavřeném porostu měly průměrnou výšku 19,8 centimetru a průměrnou tloušťku 3,1 milimetru. To jednoznačně poukazuje na význam porostních mezer při přirozené obnově buku (COLLET 2002).

Při dostupnosti světla pod 5 % je výškový přírůst u buku extrémně malý, nicméně buk je schopen přežít i při dostupnosti světla kolem 2-3 %. Zmlazení může růst dlouhou dobu v takto limitujících podmínkách, a pak reagovat na uvolnění zápoje (BARNA 2011). Na místech s absencí porostních mezer nemusí zmlazení uspět, bez ohledu na počet vyklíčených semen a výši mortality v první sezoně. Tolerance semenáček ke stínu nenese záruku jejich úspěchu na stanovištích dominantně osídlených stínomilnými dřevinami s velkým zástínem (SZWAGRZYK 2001).

Ani příliš mnoho světla nemá na přirozenou obnovu buku pozitivní dopad. Nad 40 % hodnoty plného oslunění vzniká vlivem evaporace nedostatek půdní i vzdušné vlhkosti omezující růst. Okolní vegetace, které byl umožněn růst, konkuruje zmlazení ve spotřebě vody i půdních minerálů, jichž se následně nedostává zmlazení buku a dochází k inhibici jeho růstu (BARNA 2011).

### Půdní podmínky

Náročností přirozené obnovy na půdní vlastnosti se zabýval experiment Oxfordské univerzity, kdy byl zkoumán růst bukových semenáček na šesti různých typech půd – 1. zahradní půda, 2. mělká rendzina, 3. rendzina, 4. nevápenatá hnědozemě, 5. degenerovaná hnědozemě a 6. nevápenatý podzol. V průběhu dvou sezon byly zaznamenány odchylky v hodnotách přírůstu a půdy se vyčlenily do dvou skupin na vápenaté a nevápenaté, respektive s vyšším nebo nižším podílem vápníku. Růst semenáček v první sezoně byl na všech typech půd relativně pomalý a ve druhé sezoně se rapidně zvýšil. Na první půdě s vyšším obsahem vápníku byl trvale vyšší přírůst než na ostatních půdách. Přírůst semenáček na zbylých dvou vápenatých půdách měl stejný trend. Tento přírůst byl vyšší než u půd s nižším obsahem vápníku, kde byl přírůst na posledních dvou půdách téměř totožný (*Graf 1*). Semenačkům rostoucím na půdách s vyšším podílem dostupných živin se celkově dařilo lépe, disponovaly větším množstvím biomasy a byly vyššího vzrůstu. Naopak jedinci, kteří rostli na půdách s nižším obsahem vápníku byli menší a vybuodovali si větší a rozvětvenější kořenový systém ve snaze živin dosáhnout (HARLEY 1949).

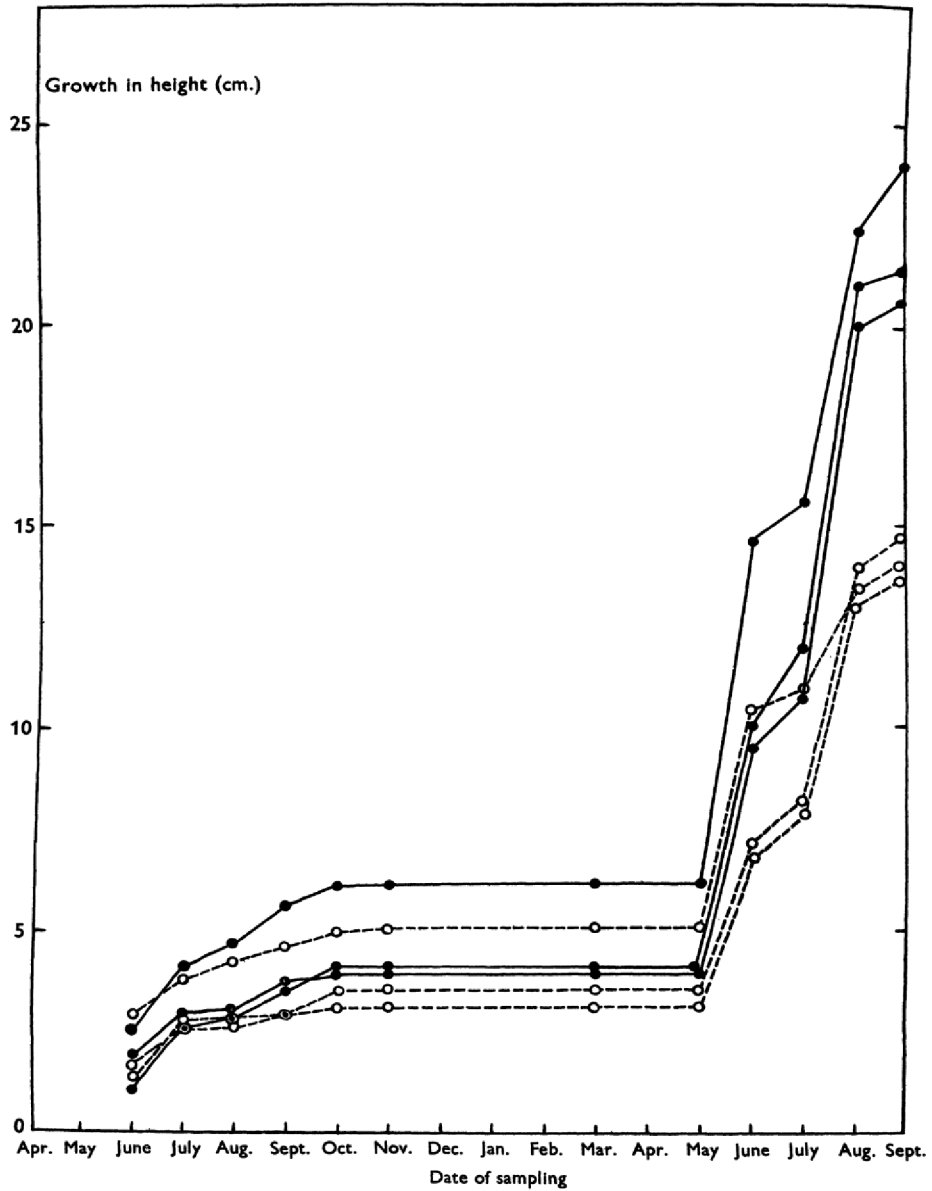


Fig. 1. Height growth of batches of beech seedlings grown through two seasons. In this and succeeding figures solid circles and full lines —●—●— refer to calcareous soils, whilst clear circles and broken lines —○—○— refer to non-calcareous soils.

Graf 1: Výškový přírůst semenáčků za dvě sezony. Plné čáry a černé kruhy reprezentují vápenaté půdy, přerušované čáry a bílé kruhy reprezentují nevápenaté půdy (HARLEY 1949).

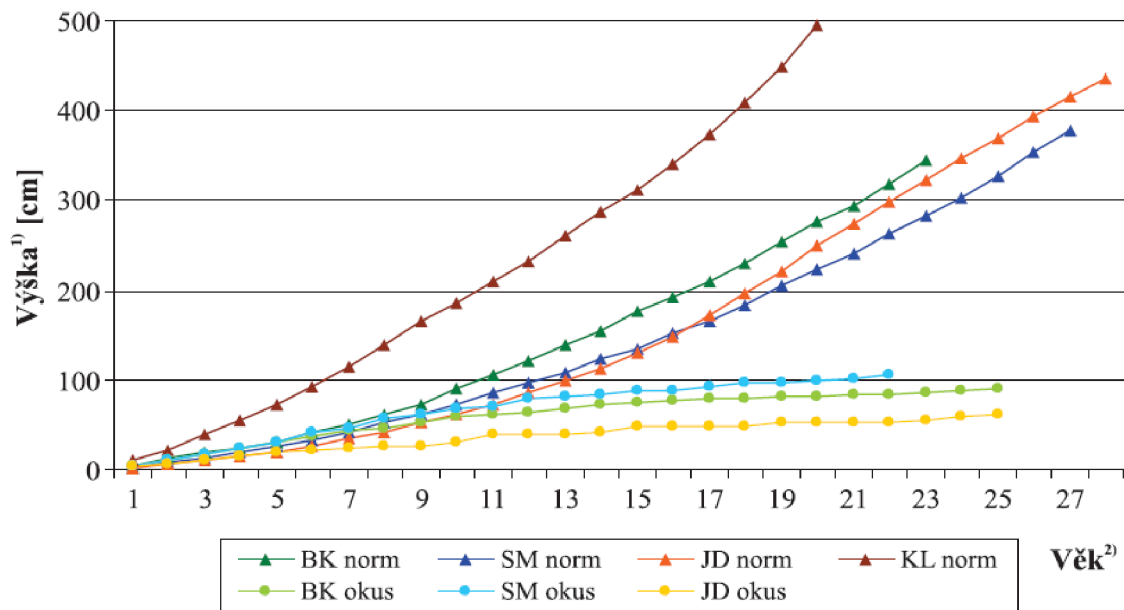
## Mortalita přirozeného zmlazení

Mortalita mladých jedinců v první sezóně činí až 60 %. Čerstvě rašící semenáčky jsou již na jaře konzumovány malými savci a také hmyzem, převážně mšicemi. Konzumace velkými býložravci nenabývá u semenáčků většího významu. Dalším klíčovým faktorem jsou patogenní infekce jejichž nejčastějším původcem je houbově podobný organismus *Phytophthora cactorum*. Na Slovensku bylo zjištěno, že 90% úmrtí za první rok způsobí myši a plísně (STANDOVÁR 2003; BÍLEK 2009).

## Poškození zvěří

U starších jedinců nabývá poškození zvěří mnohem vyššího významu. Při výzkumu v Krušných horách bylo na plochách s poměrným zastoupením buku 75 až 100 % poškozeno 78 % celkového zmlazení, z toho 58 % jedinců utrpělo opakovaně. Zvěří byla poškozena především jedle, javor klen, olše a jeřáb, nejméně pak dub a smrk, nicméně poškození dominantního buku činilo 79 %. Nejzávažnějším se jeví okus terminálních výhonů, který omezuje výškový přírůst a tím odrůstání negativním vlivům jak zvěře samotné, tak okolní vegetace. Okusování terminálů i kombinovaný okus jak terminálního, tak laterálních výhonů byl patrný na 51 % přirozené obnovy. Toto poškození redukovalo průměrnou výšku přirozeného zmlazení o 40 % v porovnání se zmlazením, které nebylo poškozeno. Okusem laterálních výhonů nebyla výška příliš ovlivněna (FUCHS 2021).

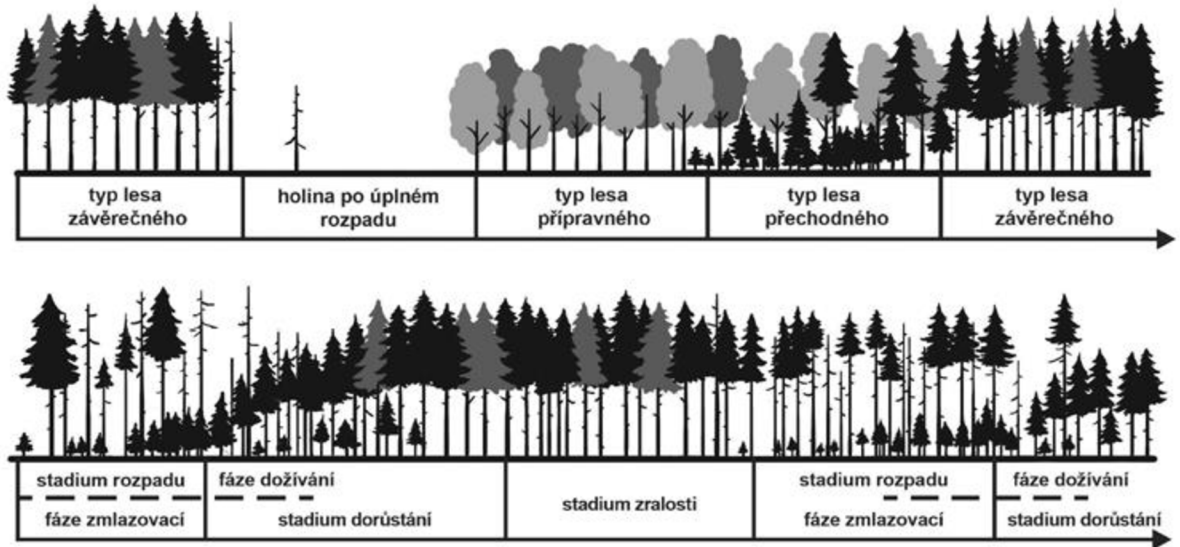
Výrazně lepších podmínek se zmlazení dostává na oplocených plochách. V důsledku minimálního tlaku zvěře je hustota zmlazení větší, dochází k podstatně rychlejšímu odrůstání a výškové i tloušťkové diferenciaci přirozeného zmlazení. V původních smrko-jedlových populacích v oblasti Orlických hor, kde zastoupení buku činí 34 % bylo na oploceném území 6,5krát více zmlazení než na plochách vystavených vlivům spárkaté zvěře. Dřeviny, které se vyskytují mimo oplocené území nenesou v raných letech téměř žádné známky poškození, jakmile však začnou přesahovat výšku bylinného patra, jsou po řadu let pravidelně okusovány a jen zřídka vlivu zvěře odrůstají. Buky ve věku 23 let mimo dosah zvěře se zde běžně dorůstají průměrné výšky okolo 3,5 metru, při silném okusu je jejich průměrná výška pouhých 86 centimetrů, což odpovídá přibližně 25 % běžné výšky (Graf 2). Jako nezbytné se jeví přirozené zmlazení a nejlépe pak celé porosty chránit oplocením a zároveň radikálně přistoupit k redukci spárkaté zvěře (VACEK 2013).



Graf 2: Rozdíl ve výškovém přírůstu u jedinců v případě že byli nebo nebyli poškozeni zvěří (VACEK 2013).

### 3.2.2 Vývoj a struktura lesů s dominancí buku lesního

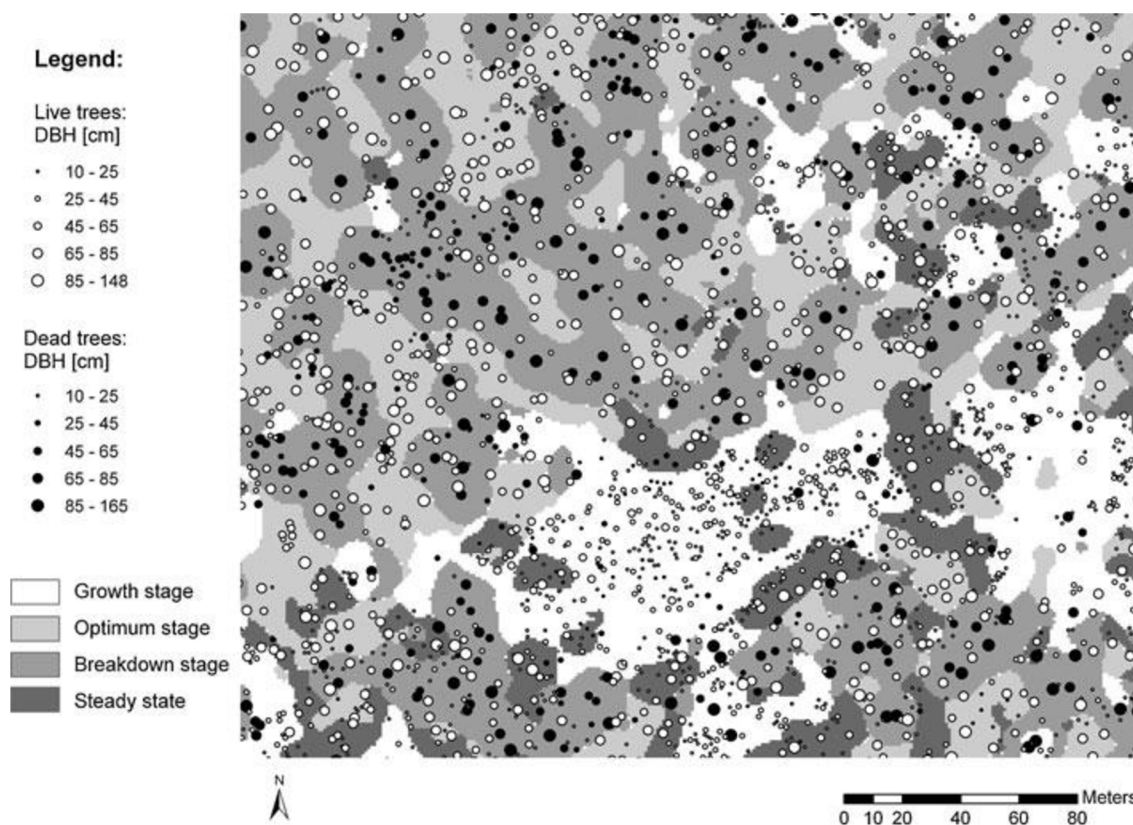
V přirozených lesích nejen s dominancí buku lesního neustále probíhá vývoj v rámci prostorové, tloušťkové, výškové i věkové struktury. Obecně se tyto procesy dají popsat velkým a malým vývojovým cyklem lesa (Obrázek 2) (ULBRICHOVÁ 2010).



Obrázek 2: Velký a malý vývojový cyklus lesa popsany na přirozených smrčínách (CÍLEK 2022).

Velký vývojový cyklus nastává zpravidla po narušení lesa na rozsáhlých územích způsobených jak abiotickými, tak i biotickými činiteli, potažmo činností člověka. Při velkoplošném rozpadu lesních ekosystémů dochází k prudké změně mikroklimatu – zvýšení příjmu slunečního záření, nárůstu mineralizace a vyššímu obsahu půdní vláhy. Po velkoplošném rozpadu je prvním stadiem lesa les přípravný. Zde se objevují dřeviny pionýrské, jejichž strategií je rychlý růst v mládí a vysoká produkce semen. Jejich slabší stránkou je nižší životnost, menší vytrvalost a špatná konkurenceschopnost oproti ostatním dřevinám, zejména pak jejich nesnášenlivost k zástínu. Druhé stadium je stadium přechodného lesa, kdy se pod krytem pionýrských dřevin obnovují stínomilné dřeviny, kterým extrémní podmínky holé plochy nevyhovují. Tyto dřeviny, mezi něž patří i buk, jsou schopny již existujícímu porostu konkurovat. Posledním stadiem je les závěrečný, takzvaný klimax. Obnovující se stínomilné dřeviny nahradily dřeviny přípravné (ULBRICHOVÁ 2010).

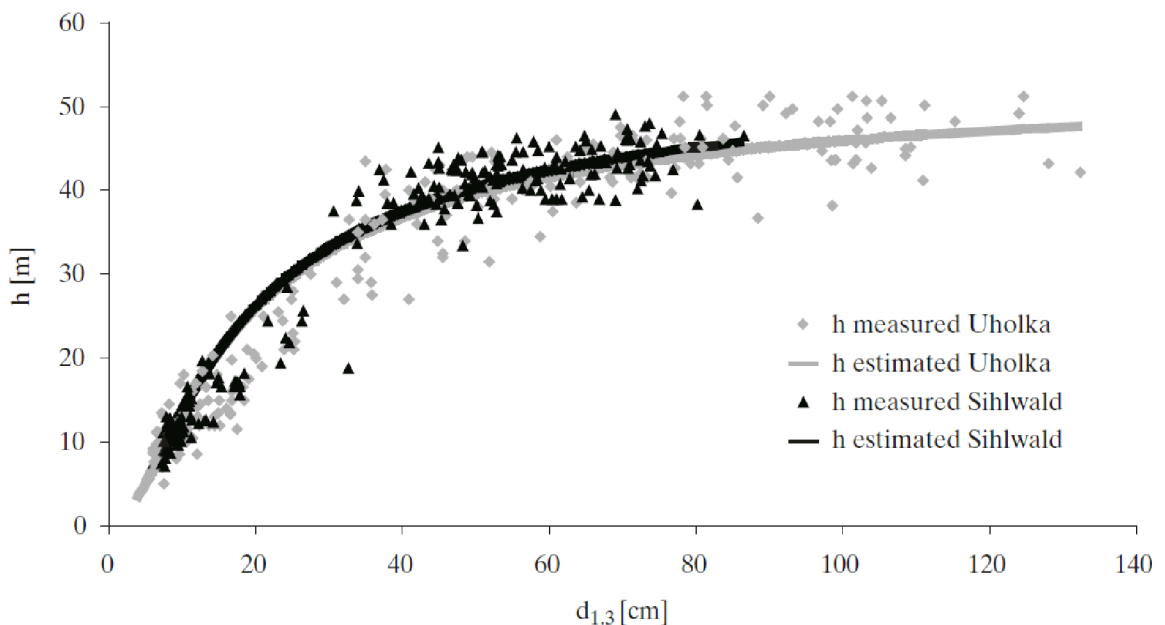
Malý vývojový cyklus probíhá v rámci klimaxu lesa a je pro buk lesní charakteristický. V podmínkách střední Evropy tento způsob obnovy převládá a přirozené lesy tak tvoří mozaiku různě starých skupin na relativně malých územích. Podobně jako u velkého vývojového cyklu jsou zde tři hlavní fáze, z nichž se některé překrývají (Obrázek 3). K nejmenším změnám dochází ve stadiu optima, při němž je porost výškově vyrovnaný, převládají zde jedinci nejvyšších tloušťkových tříd, jejichž hustota je relativně nízká. Kvůli mocnému horizontálnímu zápoji je průnik světla do podrostu minimální. Následuje stadium rozpadu, při němž postupně odumírají jedinci starších generací a postupují tak prostor generacím novým. S rozvolněním zápoje vznikají nepravidelně rozmístěné skupinky zmlazení. Poslední a zároveň první je stadium dorůstání, jeho počáteční fáze obnovy se překrývá se stadiem rozpadu, stejně tak fáze dozívání posledních jedinců se překrývá se stadiem dorůstání. V tomto přechodném stadiu zásoba porostu rapidně stoupá a porost je výškově, tloušťkově i prostorově nejvíce diferenciován (ULBRICHOVÁ 2010).



Obrázek 3: Reprezentativní část mapy znázorňující bohatou strukturu jednotlivých fází vývojového cyklu v Žofinském pralesi. Mapa rozlišuje stadium dorůstání (Growth stage), stadium optima (Optimum stage), stadium rozpadu (Breakdown stage) a „ustálený stav“ (Steady stage), vyjmutý z vývojového cyklu, popisující nově vylišená místa s bohatou strukturou (KRÁL 2010).

Rozdíly ve struktuře přirozeného a hospodářského lesa byly porovnávány v ukrajinsko-švýcarské studii. Jednalo se o bukový prales v rezervaci Uholka-Shyrokyi luh na Ukrajině a v Sihlwaldských bukových lesích nacházející se na území Švýcarska, kde hospodaření probíhalo až do devadesátých let dvacátého století. Dřevinná skladba Uholkých lesů je téměř výhradně buková, 2,1 % tvoří javory klen a mlč, 0,6 % zaujímá jasan ztepilý a 0,4 % jilm horský. Sihlwald se honosil větší pestrostí s podílem buku lesního 76,8 %, 10,2 % tvořila jedle bělokorá, 8 % smrk ztepilý, zbylých 5 % tvořily jasan ztepilý, javor klen, jilm horský a modřín opadavý (COMMARMOT 2005).

Trend závislosti tloušťky a výšky (*Graf 3*) byl na obou plochách téměř identický a buk dosáhl maximální výšky okolo 50 metrů. Podobné výškové křivky indikují porovnatelné stanovištní podmínky obou ploch. Distribuce do výškových pater se zřetelně lišila, 43 % jedinců v Uholské oblasti se řadilo do svrchního patra (výše než 2/3 největší výšky), 19 % do středního a 38 % do spodního patra (níže než 1/3 největší výšky). V Sihlwaldu svrchní patro hostilo jen 27 % jedinců, střední 17 % a spodní 56 %. Patrný je rozdíl v počtu stromů větších tlouštěk, kdy se na Ukrajinské výzkumné ploše nacházelo 21 stromů přesahujících tloušťku 80 centimetrů, ve Švýcarském Sihlwaldu se vyskytoval jen jeden jedinec (COMMARMOT 2005).

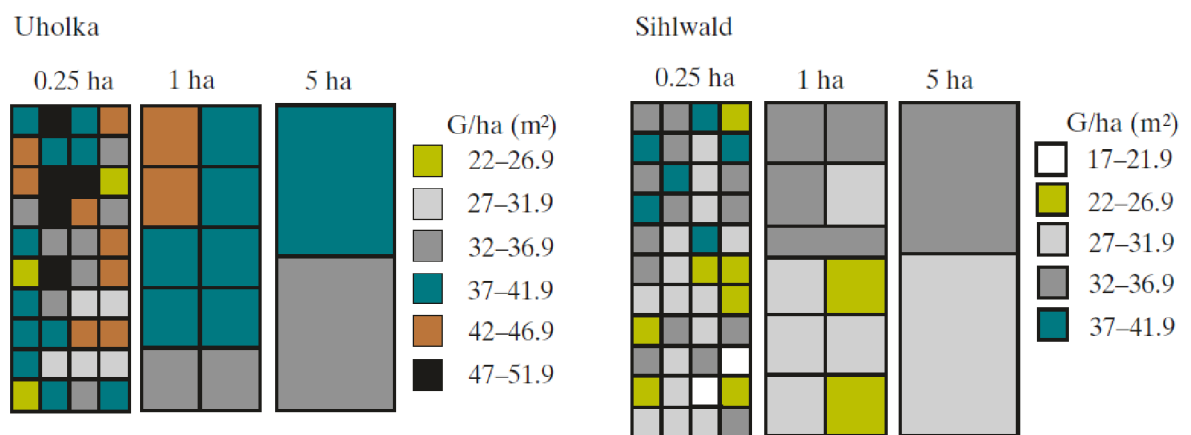


*Graf 3: Výškové křivky buku v přirozených lesích Uholské rezervace (šedou barvou) a v hospodářských lesích Sihlwaldu (černou barvou) (COMMARMOT 2005).*



Rozložení tloušťkových tříd v Sihlwaldu poukazuje na typickou strukturu dvoupatrového lesa s víceméně výškově vyrovnanou svrchní vrstvou. To potvrzuje též výšková křivka, na níž lze vidět dvě významné vrstvy. Tloušťková struktura na Uholské rezervaci indikuje velmi nerovnoměrnou výškovou strukturu, tvar křivky naznačuje rovnoměrnější rozložení jedinců s větší tloušťkou, charakteristické pro přirozené nesmíšené bukové lesy (COMMARMOT 2005).

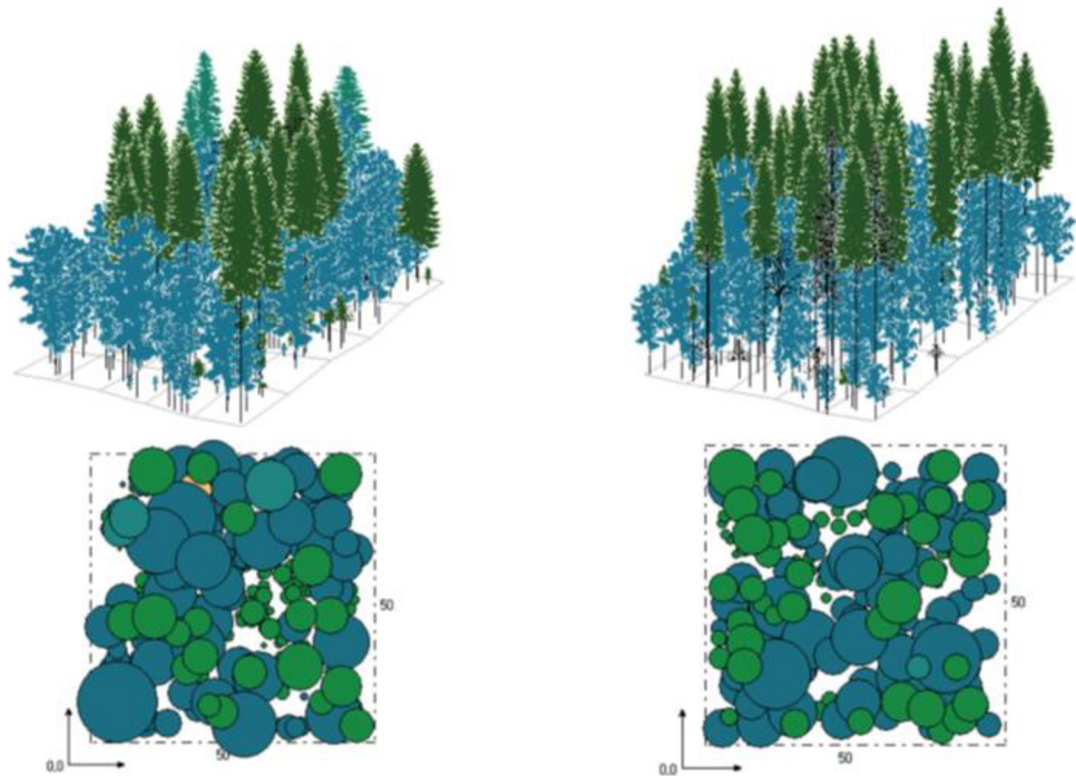
S vyšším počtem stromů větších tloušťek v Uholské rezervaci byla vyšší také kruhová základna a zásoba porostu (Obrázek 4). Zásoba se pohybovala od 421 m<sup>3</sup>/ha do 1042 m<sup>3</sup>/ha. V Sihlwaldu se zásoba pohybovala v intervalu od 253 m<sup>3</sup>/ha do 707 m<sup>3</sup>/ha. Také množství mrtvého dřeva bylo v přirozeném lese vyšší, a to 14krát oproti lesu hospodářskému. Tyto poznatky nejsou kvůli hospodaření v Sihlwaldu překvapivé (COMMARMOT 2005).



Obrázek 4: Zobrazení prostorové variability na základě velikosti kruhové základny (COMMARMOT 2005).

Na obou plochách bylo patrné pravidelné rozmístění stromů ve svrchní vrstvě, stromy střední a spodní vrstvy však měly tendenci se shlukovat, stejně tak tomu bylo také u mrtvých stromů. Hustota přirozeného zmlazení ve výškové třídě od 10 do 30 centimetrů byla v Sihlwaldu asi 2krát větší než v Uholské rezervaci, kde byla větší hustota zmlazení od 30 do 130 centimetrů. Druhovú skladbu zmlazení v přirozeném lese se skládala jen 25 % z buku lesního, 62 % zaujímaly javory a zbytek jasan a jilm. S přibývajícím výškou podíl buku v podrostu stoupal a ve výškových třídách nad 5 metrů činilo zastoupení buku 98 %. V hospodářském lese byl významný výskyt jiných druhů omezen na zmlazení nižší než 30 centimetrů, 28 % se podílel jasan, 3,5 % javor a 1,4 % jedle (COMMARMOT 2005).

Z průzkumu smrko-bukových porostů s vtroušenou jedlí bělokorou a javorem klenem (zastoupení buku 42-49 %, smrku 42-47 % a jedle až 16 %) situovaných v NPR Trčkov v Orlických horách, je taktéž patrná značná prostorová a věková rozrůzněnost, porosty zde často vytvářejí až výběrnou strukturu s výrazným vertikálním zápojem. Horní patro tvoří vyspělí jedinci s náhodným rozmístěním (*Obrázek 5*) (VACEK 2013).



*Obrázek 5: Vizualizace porostů TVP1 a TVP2 v NPR Trčkov (VACEK 2013).*

Podobná zjištění byla učiněna na vrcholových partiích Orlických hor s dominancí buku lesního a přimíšením smrku ztepilého. Také zde byly jedinci svrchního patra rozmístěni především náhodně. V průběhu růstové dynamiky se prostorový vzor mění ze shlukovitěho na náhodný až pravidelný. Na plochách s větším vlivem hřebenového fenoménu se ukázala tendence k prostorovému shlukování (KRÁLÍČEK 2017). Téměř identické výsledky byly pozorovány v rozsáhlejších Sudetech (v oblasti Krkonoš, Broumova a Orlických hor). Prostorová struktura se lišila v různých nadmořských výškách. Zmlazení a počáteční fáze růstu měly shlukovitou strukturu, která se při dospívání mění na náhodnou až pravidelnou. Tendence k agregaci byla patrnější ve vyšších nadmořských výškách a na stanovištích s extrémními podmínkami (skalnaté svahy s mělkou půdou) (BULUŠEK 2016).

Francouzská studie prováděná v pohoří Vogézy na severovýchodě Francie pojednává o závislosti tloušťky a výšky na věkové struktuře. Poukazuje na to, že rozměry jednotlivých stromů se mohou při stejném stáří výrazně lišit. To je dáno faktorem, že stínomilné dřeviny mohou přežít po dlouhou dobu takzvaně v potlačení, to znamená že přežívají v zastínění s minimálním přírůstem. Na jedné ze dvou zkoumaných ploch dosáhli jedinci svrchní vrstvy porostu ve věku 48-162 let, zatímco na druhé ploše až ve věku 102-223 let (CLOSSET 2006). V již zmíněné ukrajinské rezervaci Uholka-Shyrokyi luh některé stromy přežily až 150 let dlouhé potlačení, než rapidně dorostly do vrchních vrstev zápoje. Nicméně jedinci rostoucí za příhodných světelných podmínek dosáhli horního zápoje relativně rychle (HOBI 2015). Ve Vogézech činil průměrný tloušťkový přírůst stromů v dobrých světelných podmínkách 2,2 milimetru za rok, zatímco průměrný tloušťkový přírůst potlačených jedinců se pohyboval jen mezi 0,3-0,6 milimetru ročně. Vysokou variabilitu věku i velikosti stromů lze přisuzovat rozrůzněnosti ve struktuře porostů způsobených procesem růstu stromů (CLOSSET 2006).

### 3.2.3 Režimy disturbancí v přirozených lesích s dominancí buku lesního

Disturbance jsou důležitým ekologickým procesem, který utváří strukturu a zajišťuje funkce ekosystému. Jedná se o změny ve struktuře zapříčiněné nebo podpořené vnějšími i vnitřními faktory. V současné době se režimy disturbancí rychle mění a tempo změn stále vzrůstá. Budoucí trendy ve velikosti, síle a periodicitě disturbancí jsou jen těžko předvídatelné (TURNER 2010).

Faktory iniciující disturbance v přirozených lesích s dominancí buku lesního lze popsat na příkladu z oblasti Dinárského pohoří, které se nachází na území bývalé Jugoslávie. Hlavním faktorem je především vítr, dále pak také sníh, led či sucho. Na pozadí nepřetržité dynamiky malých porostních mezer, kdy odumírají jednotlivé stromy či malé skupinky, jsou součástí dynamiky bučin periodické události narušující celé porosty (NAGEL 2017).

Ani velmi rozsáhlé disturbance však nevedou k homogenizaci krajiny, vytvářejí heterogenitu v prostoru i čase (TURNER 2010)

Kvůli značnému obhospodařování krajiny je v Evropě jen málo člověkem nedotčených míst, což platí také o Dinárském pohoří, přesto místní lesy poskytují příhodný vzor pro studium přirozeného režimu disturbancí. V současnosti lze přítomnou krajinu charakterizovat velkými sousedícími celky vyspělých nestejnověkých porostů složených z autochtoních dřevin (NAGEL 2017).

## Vítr

Asi nejvýznamnějším faktorem způsobujícím disturbance je vítr. Nejvíce jsou porosty poškozovány bouřkovými větry. Intenzivní bouřkové větry jsou spojeny s prouděním, které se vytváří při nestabilních atmosférických podmínkách. Tyto podmínky mohou nastávat v průběhu celého roku, nejintenzivnější bouře však v Dinárském pohoří vznikají převážně v létě. V porovnání s ostatní Evropou mají Dinárské hory jeden z nejčastějších výskytů bouří ročně. To je způsobeno především unikátní geografickou pozicí, kdy přichází teplý a vlhký vzduch z Jaderského moře a v nižších vrstvách troposféry koliduje se studeným vzduchem přicházejícím z východu. Větší část těchto bouří způsobuje častá, avšak nezávažná narušení lesních ekosystémů, která dávají vzniknout malým porostním mezerám. To je patrné na velkém počtu zlomů a vývrátů podílejících se na tvorbě těchto porostních mezer. K těžkému poškození dochází při vzniku vyššího počtu silných bouří, které jsou provázeny silným větrem (obvykle o rychlosti více než 30 m/s). Při takto silném větru mohou vznikat jevy zvané downburst (vítr směřující kolmo dolů), které mají vysoký podíl na poškození lesa (*Obrázek 6*). Charakter poškození ukazuje že častější jsou malé downbursty, takzvané mikrobursty, které ovlivňují menší oblasti po krátkou dobu. V průběhu bouře se může vyvinout několik těchto mikroburstů a poškození lze zaznamenat sporadicky v trase bouře.

Dle historických záznamů jsou největší downbursty schopny zdevastovat větší části porostů, ale zřídka jsou zde zcela usmrceny stromy na území větším než desítky hektarů (NAGEL 2017). Disturbance, při nichž dojde ke zničení 20 až 50 % zápoje vznikají přibližně každých 90 až 500 let, což znamená, že se větší disturbance objevují častěji, než se může dožít buk (NAGEL 2014).

V létě 2008 bylo silnými bouřemi poškozeno 180 hektarů buko-jedlového lesa ve Slovinsku, kdy asi 90 hektarů lesa bylo téměř zničeno a zbylé území bylo středně poškozeno. K největší zaznamenané újmě došlo při bouři v létě 1965 kdy hmota polomů a vývrátů činila 380 000 m<sup>3</sup> dřeva na přibližně 110 000 hektarech lesa. Poškození způsobené bouří bylo heterogenní, od malých rozptýlených mezer až po porosty kompletně smýcené (NAGEL 2017).



*Obrázek 6: Lesy v Kanadě zasažené downburstem (ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES 2022)*

## Led

Ledové bouře se v Dinárských horách vytvářejí v zimě, v podmínkách spojených se specifickou vertikální teplotní strukturou – mělká vrstva podchlazeného vzduchu je překryta teplotní inverzí (vzduchem s teplotou nad bodem mrazu). Mrznoucí déšť vzniká, když srážky roztají v teplejší vrstvě vzduchu a následně jsou podchlazeny při průchodu studenou vrstvou vzduchu u země, což způsobuje jejich zmrznutí při dopadu. V případě že jsou srážky vysoké a vydrží několik dní, dochází k ukládání velkého množství ledu na povrchu stromů. Ledová krusta zde může dosáhnout tloušťky i přes 5 centimetrů. Listnáče ale zvláště pak buk jsou na poškození ledem citlivé, při velkém zatížení stromů může docházet k vývrátům. Tyto vážnější události zasahují poměrně velká území, poškozeny bývají až stovky kilometrů čtverečných. Významnou se stala bouře v roce 2014, která byla největší a nejzávažnější za poslední století. V samotném pohoří bylo poškozeno 5 000 kilometrů čtverečných lesa (NAGEL 2017).

## Sníh

Sněhové srážky poškozují porosty jen za určitých podmínek. Nejničivější disturbance jsou způsobeny velkým množstvím mokrého a těžkého sněhu který padá na podzim nebo pozdě na jaře kdy jsou listnáče olistěny. Příležitostně může docházet k poškození i když listy na stromech nejsou, a to v případech, kdy je teplota vzduchu blízko bodu mrazu, a může tak

následně docházet k přimrznutí sněhu k větvím, takže postupně neodpadá a akumuluje se na větvích. Podobně jako u poškození ledem je největší mortalita způsobena vyvrácením zatížených stromů. Narozdíl od poškození ledem se však sníh ukládá více na koncích větví, kde je větší množství listů, což vede k jejich ohýbání a lámání. Polomy jsou běžné pro buky velikosti tyčoviny, které vyplňují porostní mezery. Částečně je to dáno jejich přeštíhlením, ale také jejich naprostým vystavením sněhovým srážkám, kdy nemají ochranu statnějších jedinců schopných zatížení odolat (NAGEL 2017). Oproti zbytku Evropy dochází k většímu poškození sněhem především na území České republiky a okolních států (SCHELHAAS 2003).

## Sucho

Odumírání stojících stromů je v Dinárském pohoří často popisováno jako kaskádový proces, kdy jsou jednotlivé stromy oslabovány a nakonec umírají. Typickými příčinami odumření jsou stres ze sucha, hmyz, patogeny a antropogenní činitelé jako je znečištění ovzduší a nevhodné hospodaření. Sucho je často považováno za hlavní příčinu mortality při takovýchto událostech, zvláště kvůli tomu že přítomnost biotických faktorů nebyla vždy zřejmá. Jedna z nejzávažnějších vln odumírání bukových lesů byla zaznamenána v roce 2009 v národním parku Severní Velebit. Střední až silná mortalita probíhala na velkém území v nadmořské výšce 1300 metrů, kde roční srážky činí běžně 1900 mm. Nicméně v roce 2009 se v době rašení listů objevilo extrémní sucho a vedro, které je pravděpodobně zodpovědné za následnou mortalitu. Jednalo se o 24 dní dlouhé období bez deště, celkové srážky za měsíc činily pouhých 18 mm. K dalším extrémním suchům došlo v letech 2011-2012, v dubnu 2012 po měsíčním období bez srážek bylo v mnohých porostech s dominancí buku zaznamenáno hnědnutí a opad listí, nicméně k větší mortalitě následující rok nedošlo. Historické záznamy pojednávají o dvou vleklých obdobích silného sucha a následné mortality. Období sucha se v Dinárských horách objevilo ve 20. letech 20. století, kdy se následně významně rozšířila populace lýkožrouta na jedli. Druhá perioda nastala mezi lety 1944 a 1952 (roky 1950 a 1952 byly nejsuššími ve 20. století). Tato navazující sucha byla doplněna různými biotickými faktory a vyústila v mortalitu jak jehličnanů, tak listnáčů. Současná i historická data ukazují, že opakovaná mortalita způsobená suchem je součástí disturbančního režimu regionu (NAGEL 2017).

## Hmyz a patogeny

Existují nesčetná množství hmyzu i hub žijících a působících na buku. O většině z nich však nelze říci, že by přímo či nepřímo zodpovídali za mortalitu. Hmyzí škůdci v bukových lesích škodí zejména starším jedincům jedle a smrku, kdy odumírání starých stromů patří k přirozeným procesům ekosystému. Zejména v období sucha mohou napadat i jinak relativně zdravé ale suchem oslabené stromy (NAGEL 2017).

Houbové patogeny napadají především jedince jedle a buku. Zvláště pak houby, které hnilobou napadají kmen a kořeny hrají významnou roli ve zvyšování náchylnosti na ostatní abiotické činitele. V Dinárském pohoří buku nejvíce škodí troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*) a václavka obecná (*Armillaria mellea*) (NAGEL 2017).

## Oheň

Frekvence zaznamenaných požárů je vyšší ve střední Evropě než ve středomoří, na druhou stranu ale požáry nemají tak ničivý účinek jako v jižní Evropě. K nejničivějším požárům dochází ve Španělsku a Portugalsku, následně pak v Itálii a Francii (SCHELHAAS 2003). V porostech s dominancí buku jsou požáry extrémně vzácné. V případě že se objeví požár, zpravidla vzniká v místech degradovaných lesů poblíž pastvin a vesnic, kdy je zapříčiněn člověkem a omezen na přilehlé porosty. V oblasti Dinárských hor jsou pro požár významné jen přirozené borové porosty, kde přirozené požáry vznikají úderem blesku (NAGEL 2017).

V Dinárském pohoří je pár významných rozdílů, které odlišují tuto oblast od ostatní Evropy a světa. Geografická poloha pohoří podél Jaderského moře poskytuje příhodné podmínky pro vznik častých bouří, včetně ledových a sněhových, které však nejsou tak ničivé. V ostatních částech Evropy vznikají velké zimní bouře, které způsobují opakovaná a závažná poškození. Tato oblast také postrádá výjimečně velké disturbance, což ji výrazně odlišuje od severní Ameriky, kde je režim větrných disturbance umocňován hurikány a tornády, které způsobují mnohem větší škody než větrné smrště v oblasti Dinárských hor a v Evropě (NAGEL 2017).

## Dynamika porostních mezer

V lesích mírného pásma jsou malé porostní mezery hlavním faktorem regenerace. Když zemře jeden či více stromů, zejména vlivem přirozené disturbance, vytvoří se prostor v korunovém zápoji, který označujeme jako „gap“, čili porostní mezeru (*Obrázek 7*). Po vytvoření této mezery se místo stává lokálním místem regenerace a následného růstu nových jedinců (MUSCOLO 2014).

Z ekologického hlediska jsou gapy díky zvýšenému přísunu světla prosvětlenější a teplejší než zapojený porost. Svrchní vrstva půdy obsahuje větší množství vody, což je způsobeno redukcí transpirace. Podstatně se mění také složení organických látek v půdě kvůli změně mikroklimatu, který ovlivňuje půdní mikroorganismy (MUSCOLO 2014).

Velikost gapů může silně ovlivnit růst vegetace a koloběh živin, často také odráží velikost disturbance. Úspěšnost přežití semenáčků je závislá na velikosti mezery a umístění semenáčku v jejím rámci (MUSCOLO 2014).

Mnoho stromů rostoucích v porostních mezerách následně potřebuje další uvolnění, aby dosáhly hlavního zápoje, protože většina gapů je menších než 200 m<sup>2</sup>. Takto malé mezery jsou schopny se uzavřít do několika málo let jen díky bočnímu přírůstu korun okolních stromů (HOBI 2015).

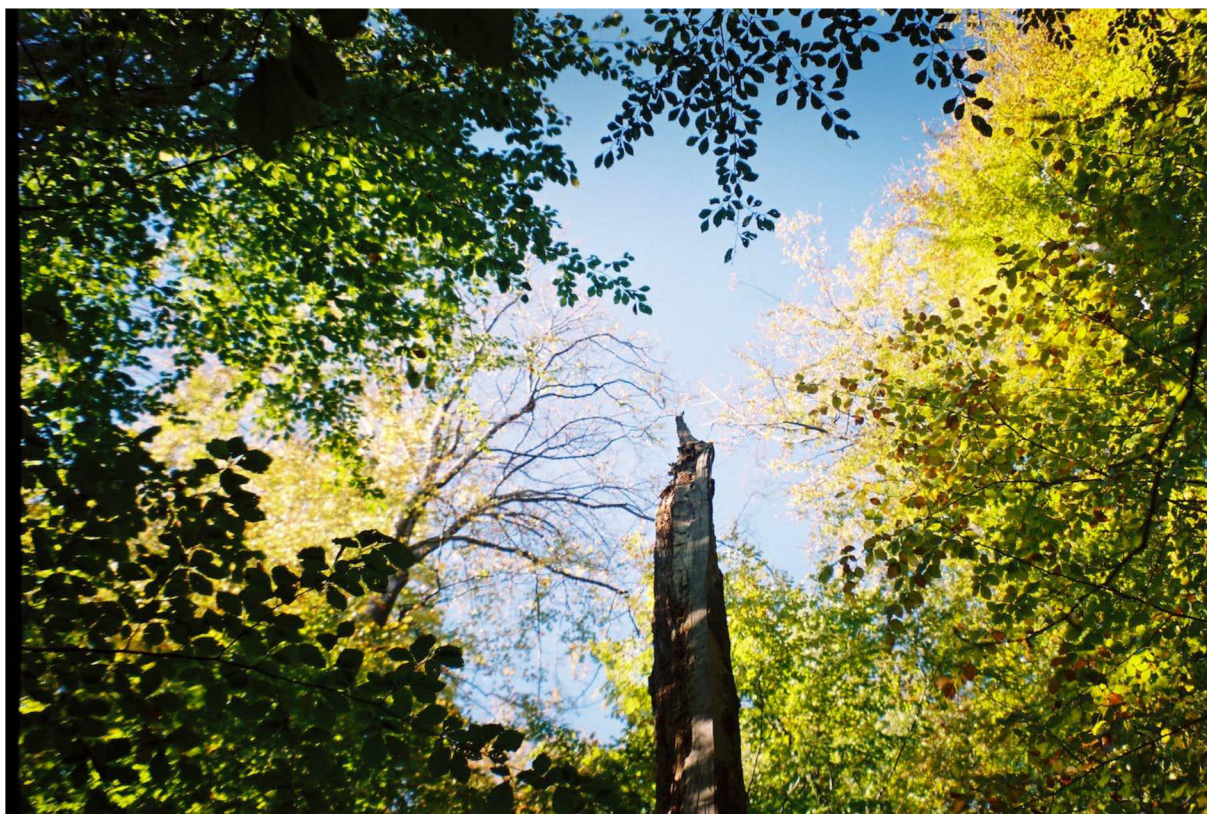
V přirozeném bukovém porostu nacházejícím se na území Bosny a Hercegoviny byla zaznamenána střední velikost nových mezer 76,9 m<sup>2</sup> a 192,9 m<sup>2</sup> pro mezery které se v průběhu výzkumu rozšířily pádem dalších stromů. Čtvrtina gapů vznikla pádem jen jednoho stromu, 41 % pádem jednoho nebo dvou stromů a 29 % pádem pěti a více jedinců (BOTTERO 2011). V Dinárských horách se velikost mezer vytvořených pádem jednoho stromu pohybuje kolem 100 m<sup>2</sup>, avšak velké mezery mohou nezhledka dosahovat i tisíců metrů čtverečných (NAGEL 2017). Také ve střední Evropě byly v bukových a buko-jedlových lesích zaznamenány především slabé a středně silné disturbance které tvořily strukturu porostních mezer jejichž velikost se pohybovala od desítek do stovek metrů čtverečných (FRANKOVIČ 2021).

Poznatky z ukrajinské rezervace Uholka-Shyrokyi Luh s nestejnověkou strukturou, silnou dominancí buku a téměř úplnou absencí světlomilných dřevin taktéž podporují hypotézu převážně malých disturbance. Struktura zápoje se zde pohybuje ve věku od 33 do 406 let (HOBI 2015).



Z prostorového hlediska mohou být mezery rozmístěny s geometrickou pravidelností anebo se vytváří nepravidelně v závislosti na věku porostu, jeho struktuře a dynamice. Četnost výskytu gapů má významný dopad na druhové složení a strukturu lesa. Ve vyspělých přirozených lesích mírného pásma je na gapy obvykle přeměněno 0,5 až 2,0 % plochy porostu ročně (MUSCOLO 2014).

V průběhu času se charakteristiky gapu vrací pomalu zpět do podoby uzavřeného lesa. S přibývajícím věkem gapu musí mladí jedinci čelit větší konkurenci, a tak se produktivita starších gapů snižuje oproti nově vzniklým, které poskytují relativně bezkonkurenční prostředí (MUSCOLO 2014).



*Obrázek 7: Porostní mezera v bukovém lese z lokality Havešová (Slovensko) (ZEMÁNEK 2010).*

## 4 Popis zájmového území

### 4.1 Charakteristika oblasti Krušných hor

#### 4.1.1 Vymezení oblasti

Krušné hory jsou z hlediska geomorfologie součástí Krušnohorské subprovincie přiléhající k severozápadní hranici České republiky se Spolkovou republikou Německo v délce přibližně 220 kilometrů. Samotným jádrem Krušnohorské subprovincie je plochý a úzký hřbet Krušných hor dlouhý 130 kilometrů. Severozápadní část hřebenu je vymezena státní hranicí, na východě jsou hory zakončeny sedlem u Tisé (dále pokračuje Děčínská vrchovina), jihovýchodní okraj jasně ohraničuje 500 až 700 metrů vysoký příkrý svah spadající až k Podkrušnohorským pánvím a západní hranicí je sedlo u Plesné (hranice s pohořím Smrčiny). Nejvyšším vrcholem Krušnohoří je se svými 1244 metry nad mořem Klínovec (FAIL 1966).

#### 4.1.2 Geologie

Celková struktura Krušných hor je tvořena rulovým jádrem obaleným slídovými břidlicemi a vnějším obalem tvořeným paleozoickým podložím. Západní část Krušnohorského hřebene je charakteristická několika vrstvami uhličitánových hornin, křemencem a v horní části meta-sapropelity. Na východních partiích Krušných hor je exponována šedá rula tvořená v podstatě monotónními biotickými a bioticko-muskovitickými rulami, které jsou překryty slídovými břidlicemi (ŠKVOR 1968).

Historicky je Krušnohoří známé svou zásobou nerostných surovin. Jednou z prvních rud těžených na české straně hor byl cín získávaný poblíž Krupky. S počátkem druhé poloviny 15. století byla na vzestupu těžba stříbra, pro Krušnohoří charakteristická. Kromě stříbra a cínu se okrajově těžila také měď, wolfram, molybden, olovo, zinek a rtuť, v pozdější době nabyla významu také těžba rudy kobaltu. Postupem času však hornictví nutným přesunem těžby do větších hloubek upadalo. Na přelomu 19. a 20. století bylo s objevem radioaktivity spojeno následné dobývání smolince v okolí Jáchymova. Po druhé světové válce se mimo smolince v Krušnohoří těžil cín, wolfram a fluorit (HETZE 1984). V současné době je plánována těžba lithia, jehož zásoba poblíž Cínovce tvoří asi 4 % světových zásob. (BACHORNÍK 2021). Neodmyslitelnou je také těžba uhlí v Podkrušnohorských pánvích (FAIL 1966).

#### 4.1.3 Klima

Díky nadmořské výšce a expozici severním směrem je podnebí v oblasti Krušnohorského hřebene drsné. Průměrná roční teplota se na hřebeni pohybuje od 2,5 do 4 °C, v nižších partiích svahů je o něco tepleji. Léto je zde krátké ale teplé, dlouhé zimy přicházejí rychle a často nečekaně. Sněhová pokrývka může dosahovat mocnosti i několika metrů a vydrží místy téměř dvě třetiny roku. Náhlé prudké bouře nejsou v Krušnohoří výjimkou (FAIL 1966).

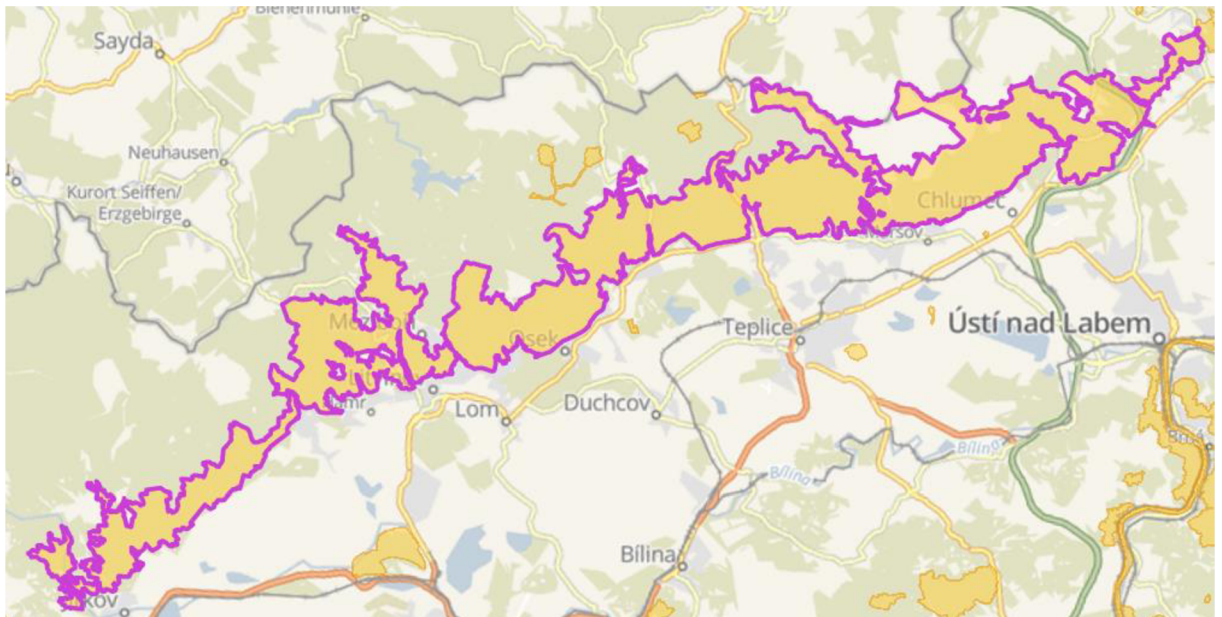
Větry na hřeben Krušných hor proudí především ze severního a západního směru, jsou tedy vlhké a studené. Srážky pohybující se mezi 1000 a 1200 milimetry ročně odpovídají poloze a nadmořské výšce pohoří. Tvar a poloha hor nepříznivě ovlivňuje množství srážek padajících dále ve vnitrozemí, území podkrušnohorských pánví tak leží ve srážkovém stínu (FAIL 1966).

## 4.2 EVL Východní Krušnohoří

Evropsky významná lokalita se nachází ve východní části Krušnohorského hřebene (Obrázek 8), západní hranice EVL probíhá nedaleko vodního toku Malá voda, který vtéká do vodní nádrže Jirkov a dále podél toku řeky Bíliny. Severozápadní hranice je velmi členitá, jednak probíhá po svazích hřebene, dále pak na několika místech zasahuje i hluboko do náhorní plošiny. Západní okraj tvoří hranice EVL s CHKO Labské pískovce, jihovýchodní hranice je pak tvořena úpatím Krušnohoří. Výška oblasti se pohybuje od 280 do 877 metrů nad mořem. Rozloha EVL činí 146,35 kilometrů čtverečných. Evropsky významná lokalita Východní Krušnohoří vznikla jako součást soustavy Natura 2000 a byla vyhlášena v roce 2009 (AOPK ČR [https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW\\_ONE=1&ID=144](https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW_ONE=1&ID=144)).

Předmětem ochrany jsou především stanoviště vyskytující se v bohatších a hlubších půdách na úpatí Krušnohorského hřbetu. Pod ochranu spadají například hercynské dubohabřiny, dále pro Krušné hory typické květnaté bučiny, které zaujímají přibližně 15 % území. Největší část plochy zaujímají acidofilní bučiny s podílem 36 %. Okrajově se v EVL vyskytují také jasanovo-olšové luhy, acidofilní doubravy, podmáčené až rašelinné smrčiny, kulturní bezlesí a vlhké a podmáčené louky s pastvinami (DOLEŽALOVÁ 2015).

Ze zvláště chráněných druhů lze zmínit kovařika fialového (*Limoniscus violaceus*), který je vázán na původní lesní porosty pralesního charakteru, modráska bahenního (*Maculinea nausithous*) či modráska očkovaného (*Maculinea teleius*) (DOLEŽALOVÁ 2015).



Obrázek 8: Vymezení EVL Východní Krušnohoří

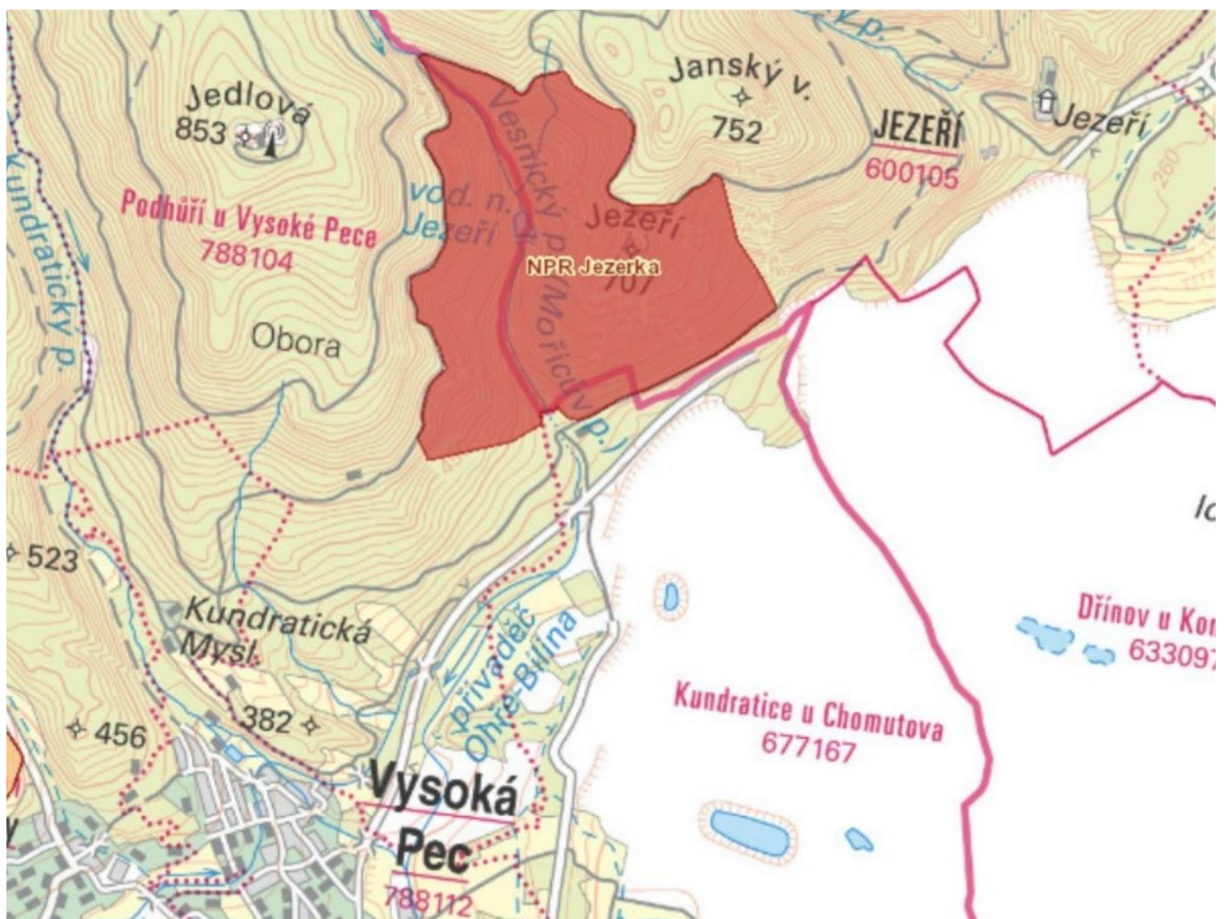
(zdroj: AOPK ČR <https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru>).

## 4.3 NPR Jezerka

### 4.3.1 Poloha a vznik NPR

Národní přírodní rezervace (NPR) Jezerka se nachází na jihovýchodním svahu Krušnohorského hřebene, je vzdálena přibližně 1,5 kilometru jihozápadním směrem od státního zámku Jezeří a 1,5 kilometru severovýchodně od obce Vysoká pec (Obrázek 9). Rezervace je přetvářena hranicí mezi okresy Most a Chomutov (VANĚK 2005). NPR zaujímá příkré svahy údolí, kterým protéká Vesnický potok a jižní svah hory Jezeř (také Jezeří). Vrchol Jezeře (706 metrů nad mořem) je nejvýznačnějším vrcholem, podle nějž dostala rezervace své jméno. Nadmořská výška NPR se pohybuje mezi 342 a 706 metry nad mořem. Rozloha chráněného území činí 136 hektarů (AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR 1999).

Původní Státní přírodní rezervace byla na území dnešní NPR vyhlášena 20. ledna 1969 Ministerstvem kultury ČSR (VANĚK 2005).



Obrázek 9: Poloha a zónace NPR Jezerka

(zdroj: AOPK ČR <https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/>).

#### 4.3.2 Geologické a klimatické poměry NPR

NPR Jezerka je jižním výběžkem horského masívu označovaného jako Medvědí skála. Území rezervace je jednou z nejexponovanějších částí jižního svahu východních Krušných hor. V rezervaci jsou obnažené četné skalní výchozy a kamenná pole (BÁRTA 1984).

Z nerostných surovin zde byl těžen kámen, pravděpodobně sloužící k výstavbě přehrady Jezeří nalézající se v rezervaci. Mimo to se na území rezervace nachází několik pozůstatků pátrání po stříbrné a železné rudě (KŘIVÁNEK 2018).

Stabilitu celého svahu, na němž se NPR Jezerka nachází ohrožuje těžba hnědého uhlí v přilehlém lomu Československé armády. Hrana důlní jámy lomu ČSA vysoká desítky metrů bezprostředně sousedí s rezervací Jezerka. Postupující eroze vede k opakovaným sesuvům v ochranném pásmu NPR. V minulosti byla přímou těžbou ohrožena i samotná rezervace a zámek Jezeří. V souvislosti s možným sesuvem celého svahu byla vyhloubena dnes již zlikvidovaná průzkumná štola vedoucí zčásti pod NPR (KŘIVÁNEK 2018).

Klimaticky se národní přírodní rezervace Jezerka nachází v mírně teplé oblasti. Průměrný roční úhrn srážek je 700 až 800 milimetrů. Rozmezí průměrných ročních teplot je 6 až 8 ° Celsia. Místní klima je výrazně ovlivňováno fénovými přepadovými větry a častými inverzními situacemi. Mrazy přicházejí s koncem října, sněhová pokrývka na území přetrvává od prosince do února (KŘIVÁNEK 2018).

#### 4.3.3 Předmět ochrany

Na území NPR je chráněn zachovalý smíšený lesní porost jižních svahů východního Krušnohoří (AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR 1999). Hlavním předmětem ochrany jsou bukové lesy, 40 % rozlohy NPR zaujímají společenstva *Luzulo – Fagetum* a *Calamagrostio arundinacae – Fagetum*. Další 40 % představují společenstva *Violo raichenbachianae – Fageteum* a *Aceri – Carpinetum* a deset procent zaujímá společenstvo *Viscario – Quercetum*. Výskyt zde má kriticky ohrožený kovařík fialový (*Limoniscus violaceus*) (KŘIVÁNEK 2018).

#### 4.3.4 Historie hospodaření v NPR

Lesnické využití území, na kterém se nachází dnešní NPR Jezerka nebylo v historii příliš intenzivní. Pozemky přiléhaly k blízkému zámku Jezeří, jež spadal do vlastnictví Lobkoviců, kteří území hojně využívali k lovu. Již na počátku 20. století byly lesy vyloučeny z běžného obhospodařování a ponechány v podstatě samovolnému vývoji, především kvůli nedostupnosti území. Nepřístupné části nebyly s velkou pravděpodobností využívány vůbec a

pouze malá část porostů nese známky historické lesní pastvy. V malém množství byly na část území NPR vneseny nepůvodní a stanovištně nevhodné druhy (smrk, modřín, akát). Jedním z nejvýraznějších zásahů provedených na území NPR byla výstavba přístupových cest a vodní nádrže s její infrastrukturou na počátku 20. století. Ta byla vybudována ještě Lobkovici za účelem zásobování blízkých obcí pitnou vodou. Do roku 1995 byla na území rezervace prováděna obnova dílčích částí území za použití jednak hospodářského způsobu skupinově výběrného a zčásti za použití méně vhodné clonné seče. Problémem minulosti bylo nedostatečné ponechávání mrtvého dřeva k rozpadu. V současné době je k zetlení ponechávána veškerá dřevní hmota, stojící i ležící (KŘIVÁNEK 2018).

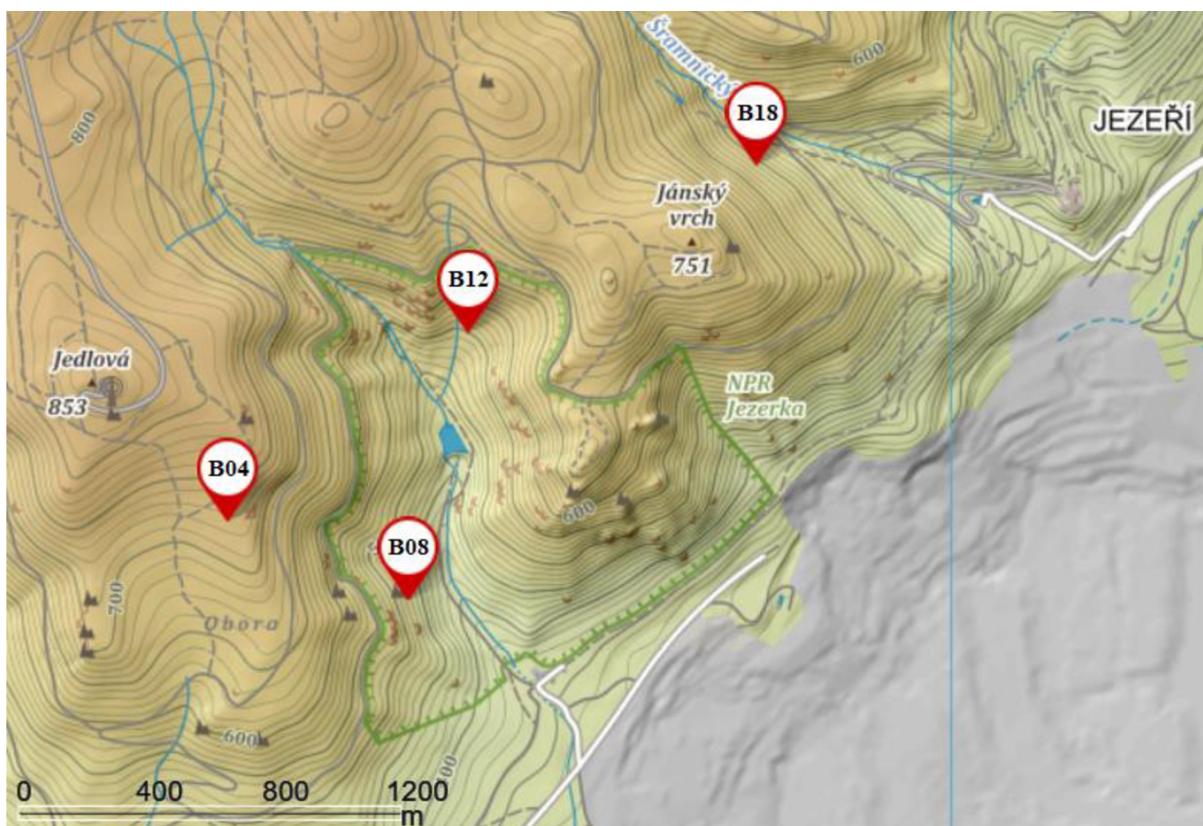
## 5 Metodika

### 5.1 Sběr dat

Sběr dat probíhal na čtyřech náhodně vybraných plochách, z nichž se dvě plochy (B08 a B12) nacházely v NPR Jezerka a dvě plochy (B04 a B18) mimo ni, tak aby byly vzájemně porovnatelné (Obrázek 10). Plochy byly založeny v porostech, které byly dle LHP (lesního hospodářského plánu) nejstarší. K zakládání ploch došlo v létě 2022. Plochy měly tvar kruhu a velikost 1000 metrů čtverečných.

Stromy s tloušťkou větší než 5 centimetrů rostoucí na ploše byly zaznamenávány do programu Field-Map pomocí sestavy složené z laserového dálkoměru a kompasu ([www.fieldmap.cz/?page=FMDC](http://www.fieldmap.cz/?page=FMDC)).

Dalším parametrem, který byl zaznamenáván je výčetní tloušťka a výška. Tloušťka byla měřena pomocí lesnického pásma v prsní výšce (1,3 metru od paty stromu). Výška byla měřena za pomoci výškoměru Vertex IV ([www.haglof.jp/download/vertex\\_iv\\_me.pdf](http://www.haglof.jp/download/vertex_iv_me.pdf)).



Obrázek 10: Lokace zkoumaných ploch (zdroj: Mapy.cz <https://mapy.cz>)



Následujícím krokem sběru dat byl odběr vývrtů ze stromů nutný k určení jejich stáří. Odebírány byly vzorky z jedinců s tloušťkou větší než 10 centimetrů. V případě že na ploše nebyl dostatečný počet stromů vhodných k odběru vzorků, byly odebrány vzorky z jedinců v bezprostřední blízkosti plochy. Mimo plochu byly navíc odebrány vzorky ze tří jedinců, kteří vyhlíželi staře na základě vizuálního posouzení struktury kůry, větví a celé koruny. Vrtání bylo prováděno Presslerovými přírůstovými lesnickými nebozezy švédské značky Mora (Obrázek 11). Odběr vzorků byl prováděn ve výšce asi 50 centimetrů nad terénem, aby bylo zaznamenáno největší možné množství letokruhů. Odebrané vzorky byly ukládány do plastových brček s otvory a takto transportovány a sušeny.

Vývrty byly následně zpracovávány v dendrochronologické laboratoři. Vysušené vzorky byly nalepeny na podkladové destičky s drážkami, aby nedocházelo k jejich posunu. Poté byly celé destičky s vzorky zbruseny na pásové brusce a vyleštěny, čímž se zvýšila jejich čitelnost. K podrobné analýze vzorků byl použit binokulární stereomikroskop Olympus SZX7 se záměrným křížem. Pod stereomikroskopem byly počítány jednotlivé letokruhy a následně do programu Microsoft Excel zaznamenáván celkový počet letokruhů spočtený na daném vzorku.



Obrázek 11: Presslerův lesnický nebozez zavrtaný do buku

## 5.2 Analýza dat

Data byla zpracována do programu Microsoft Excel. Jako první bylo vypočteno procentuální zastoupení dřevin z počtu jedinců na každé z ploch. V dalším kroku byl vypočten aritmetický průměr pro tloušťku, výšku a věk.

Následně byl pro každý strom vypočten průměrný roční tloušťkový přírůst, a to jako podíl tloušťky a věku. Z průměrných ročních přírůstů byl aritmetickým průměrem vypočten průměrný roční přírůst na dané ploše.

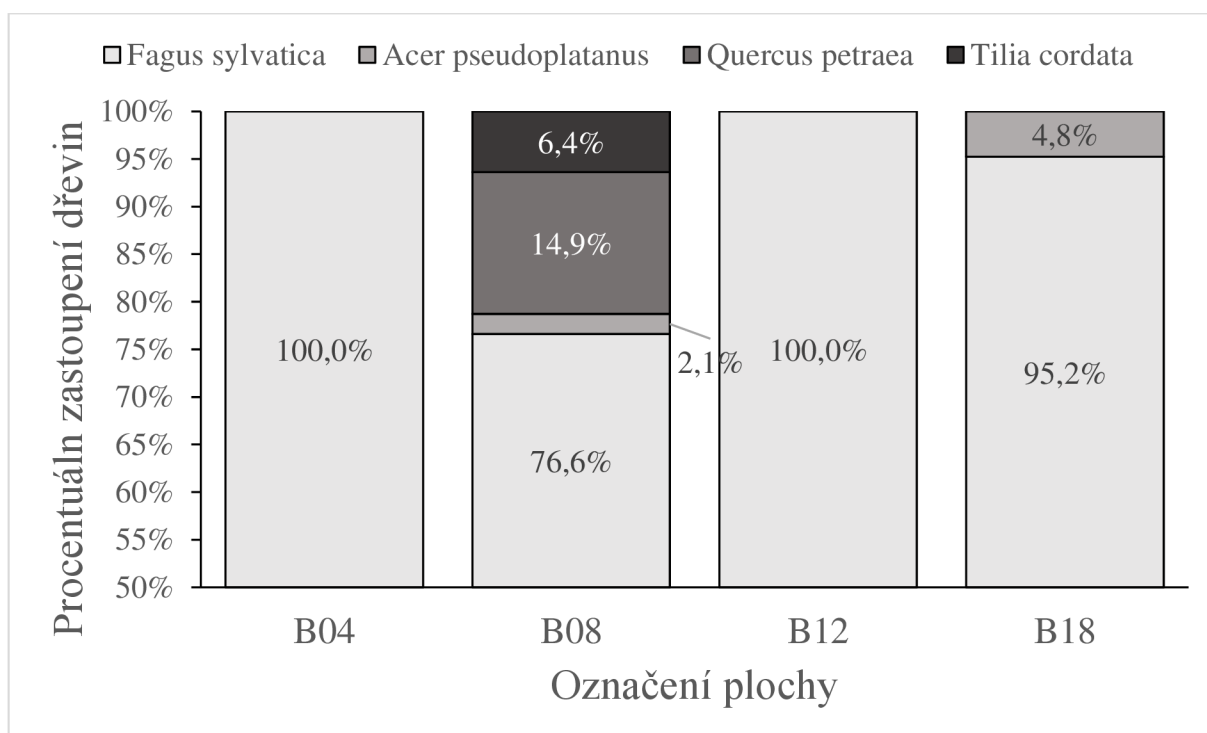
Pro porovnání ploch byly vytvořeny histogramy zastoupení dřevin, průměrné výčetní tloušťky, průměrné výšky, průměrného věku a průměrného ročního přírůstu. Pro každou plochu zvlášť byl vytvořen histogram distribuce věků a tlouštěk. Pro sestavení histogramů byl určen počet stromů ve věkových třídách odstupňovaných po deseti letech a počet stromů v tloušťkových třídách odstupňovaných po deseti centimetrech. Toho bylo dosaženo pomocí funkce COUNTIFS.

## 6 Výsledky

### 6.1 Porovnání základních porostních charakteristik mezi plochami

#### 6.1.1 Dřevinná struktura

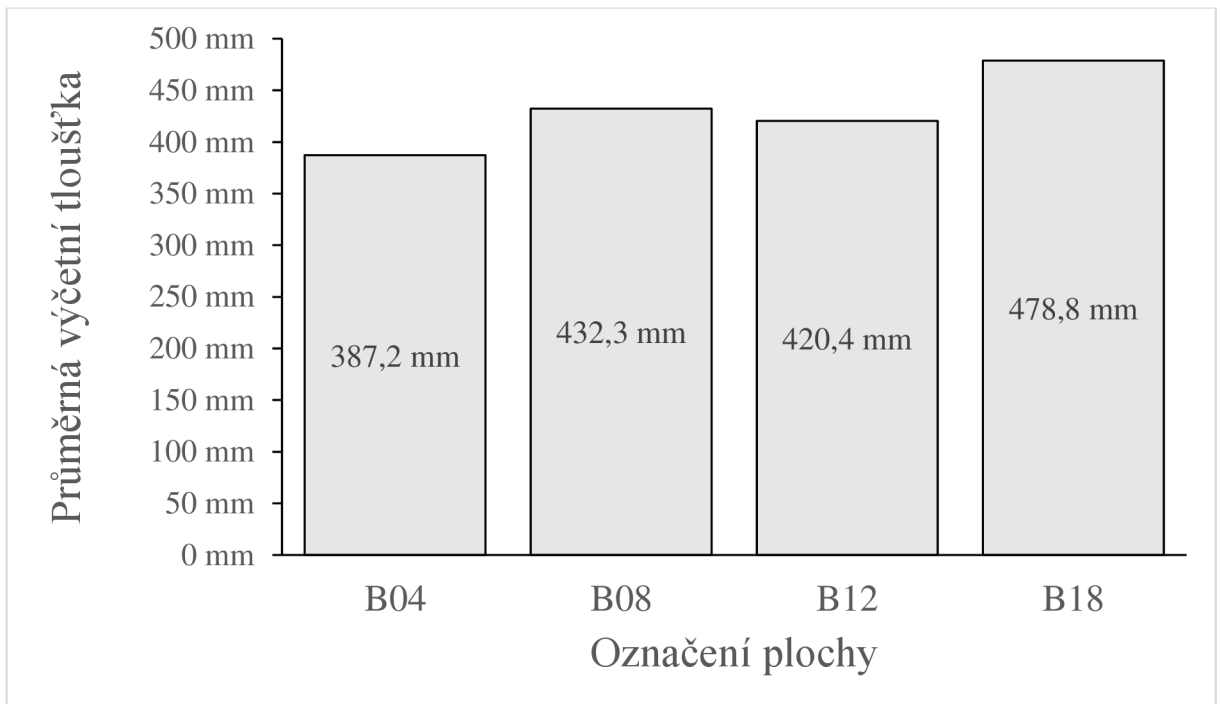
Zastoupení dřevin je popsáno na následujícím grafu (*Graf 4*). Dominance buku lesního (*Fagus sylvatica*) je dobře patrná. U ploch B04 a B12 dosahuje buk 100% zastoupení. Na ploše B18 byl mimo buku zastoupen v menší míře javor klen (*Acer pseudoplatanus*). Největší rozmanitost dřevin byla pozorována na ploše B08, kde se buk podílel 76,6 %, druhou nejčastější dřevinou zde byl dub zimní (*Quercus petraea*) se zastoupením 14,9 %. Z 6,4 % se na zastoupení podílela lípa malolistá (*Tilia cordata*) následována javorem klenem, který zaujímal jen 2,1 %.



*Graf 4: Zastoupení dřevin na jednotlivých plochách, stupnice grafu začíná na 50 %*

### 6.1.2 Průměrná tloušťka

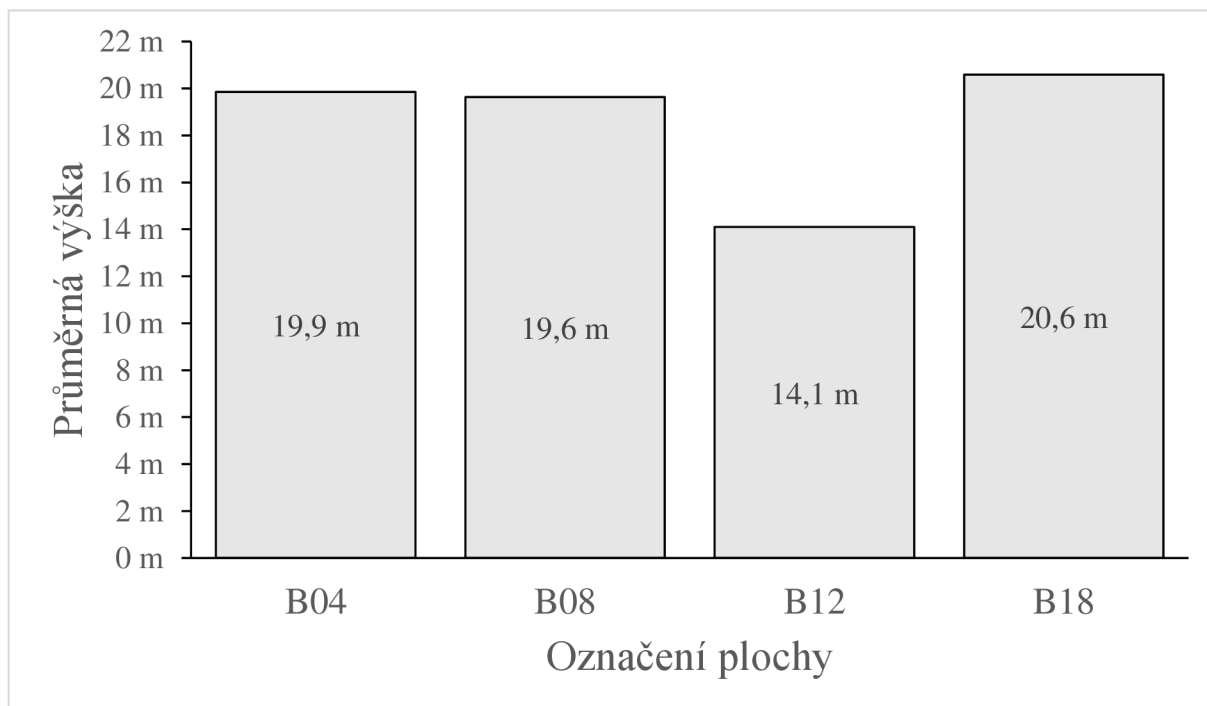
Plochy B08 a B12 nacházející se v rezervaci jsou si průměrnou tloušťkou velmi podobné (*Graf 5*). Rozdíl v jejich průměrné tloušťce činí jen 11,9 milimetru. U ploch B04 a B18 je rozdíl několikanásobně větší. Průměrná tloušťka porostu na ploše B18 je o 91,6 milimetru větší než na ploše B04.



*Graf 5: Průměrná výčetní tloušťka na jednotlivých plochách*

### 6.1.3 Průměrná výška

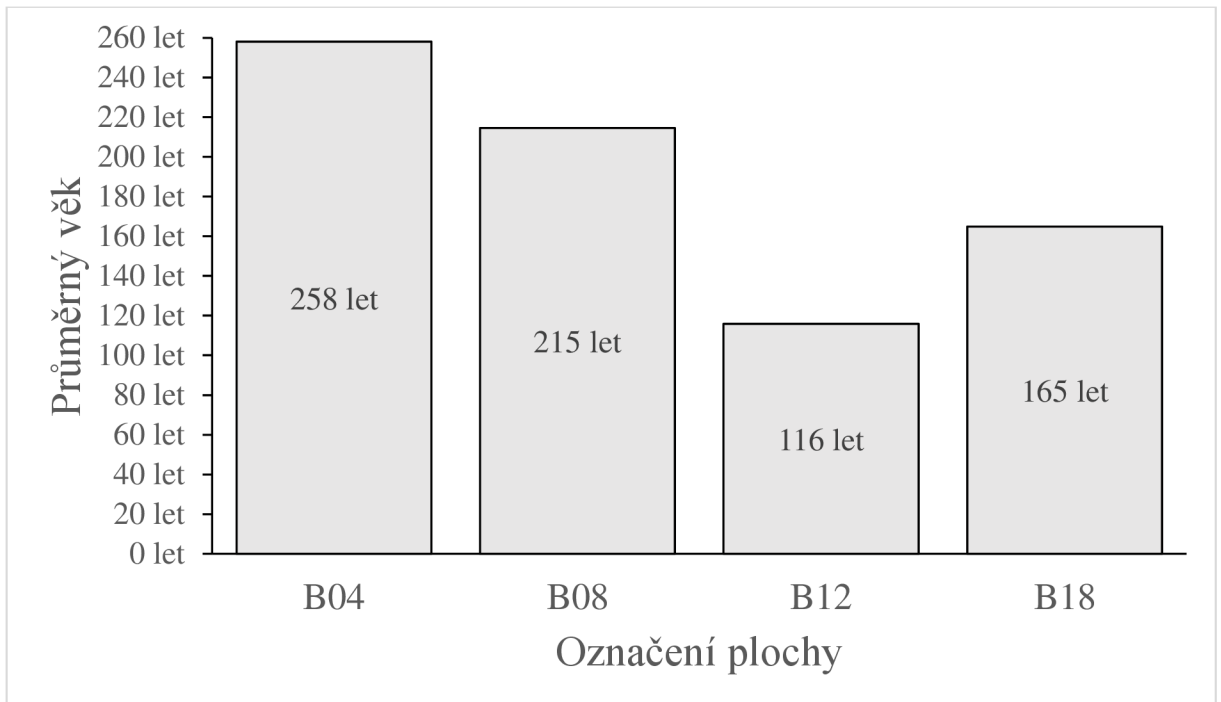
Průměrná výška na většině ploch se pohybuje okolo 20 metrů (*Graf 6*). Největších hodnot dosahuje plocha B18 s průměrnou výškou porostu 20,6 metru. Výrazně se od ostatních ploch odlišuje plocha B12 s průměrnou výškou pouhých 14,1 metru.



*Graf 6: Průměrná výška na jednotlivých plochách*

#### 6.1.4 Průměrný věk

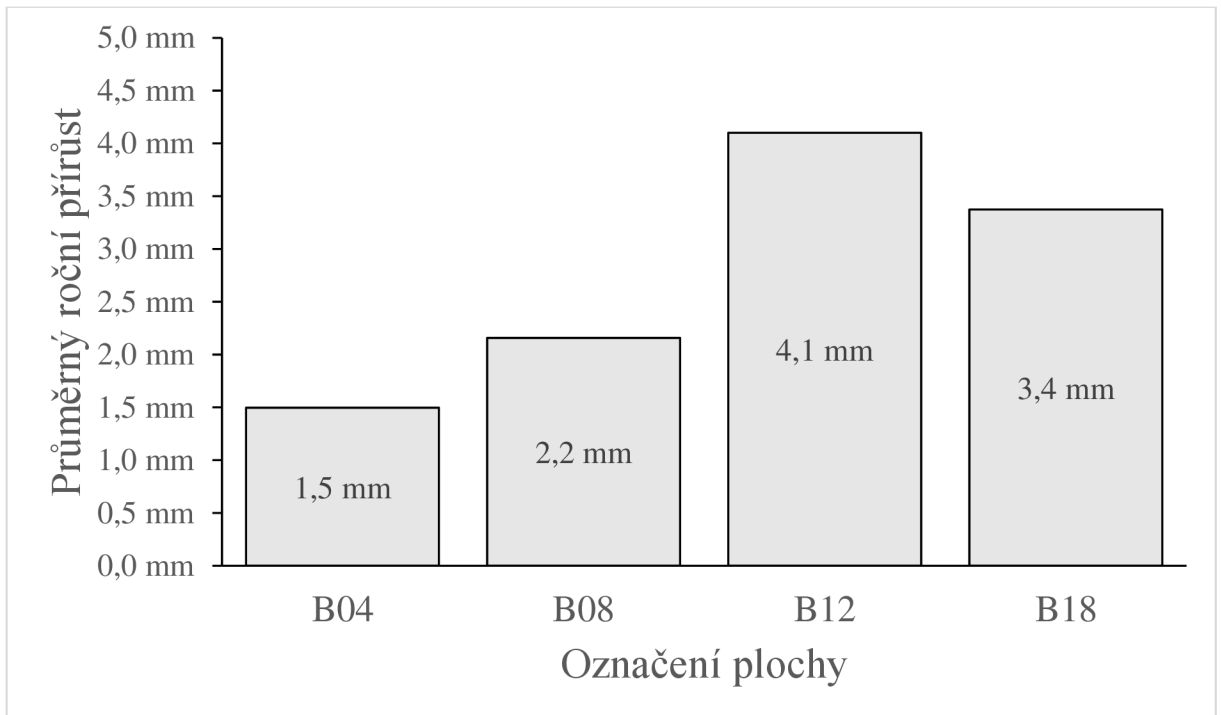
Průměrný věk jednotlivých ploch je značně odlišný (*Graf 7*). Z grafu je patrné, že dvě plochy (B04 a B08) jsou starší a dvě plochy (B12 a B18) jsou mladší. Věkový rozdíl mezi oběma plochami nacházejícími se v rezervaci je zhruba 100 let. Stejně tak je tomu i u ploch nacházejících se vně rezervace, s tím rozdílem, že průměrný věk jedinců na obou plochách je o 40 až 50 let vyšší než průměrný věk jedinců na obdobných plochách v rezervaci.



*Graf 7: Průměrný věk na jednotlivých plochách*

### 6.1.5 Průměrný roční přírůst

Podobně jako na grafu předchozím, lze i u průměrného přírůstu (*Graf 8*) vidět značnou rozrůzněnost, avšak s opačným trendem než u průměrného věku. Největší průměrný tloušťkový přírůst (4,1 milimetru ročně) byl zaznamenán u plochy B12, jejíž průměrný věk je nejnižší. Naopak nejméně přirůstají stromy na ploše B04 (a to jen 1,5 milimetru ročně), která je plochou s nejvyšším průměrným věkem.



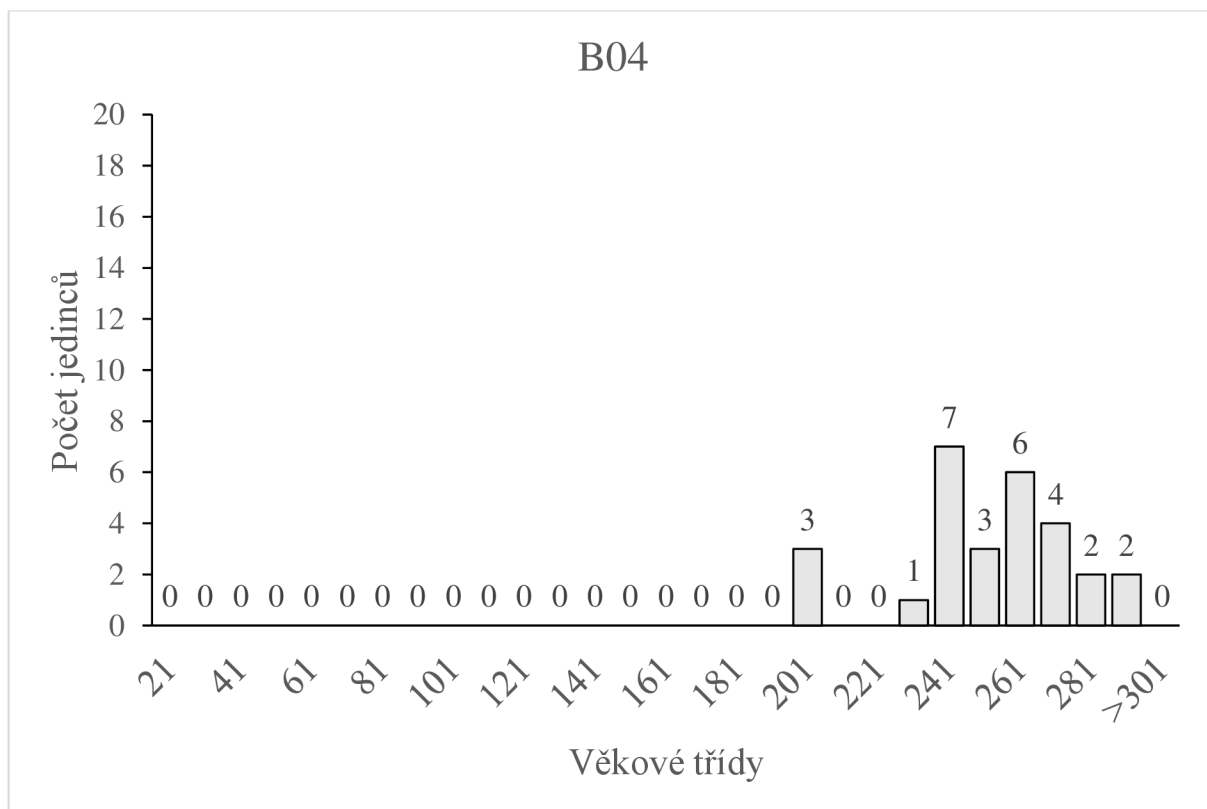
*Graf 8: Průměrný roční tloušťkový přírůst na jednotlivých plochách*

## 6.2 Struktura jednotlivých ploch

### 6.2.1 Plocha B04

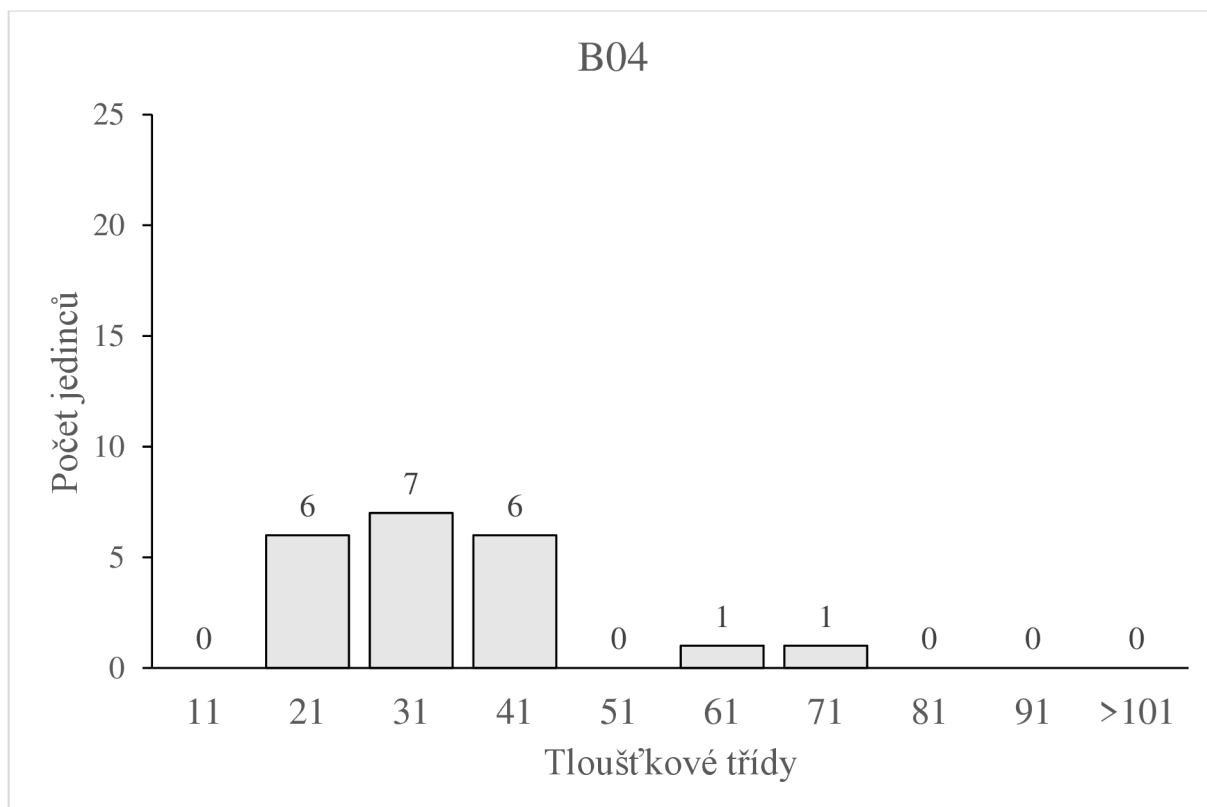
Plocha B04 je plochou s nejvyšším průměrným věkem, 258 let. Nejvíce jsou zde zastoupeni jedinci ve věkových třídách 241-250 let a 261-270 let (*Graf 9*). Tři nebo čtyři jedinci se vyskytovali ve věkových třídách 251-260 let a 271-280 let a také ve věkové třídě 201-210 let, která průměrný věk snižuje. V ostatních věkových třídách se nacházelo jedinců méně, nebo se zde nevyskytovali žádní jedinci.

Tloušťková struktura je charakterizována především jedinci v tloušťkových třídách od 21 do 50 centimetrů (*Graf 10*). Pouze dva jedinci měli tloušťku vyšší.



*Graf 9: Počet jedinců přerozdělených do věkových tříd na ploše B04*



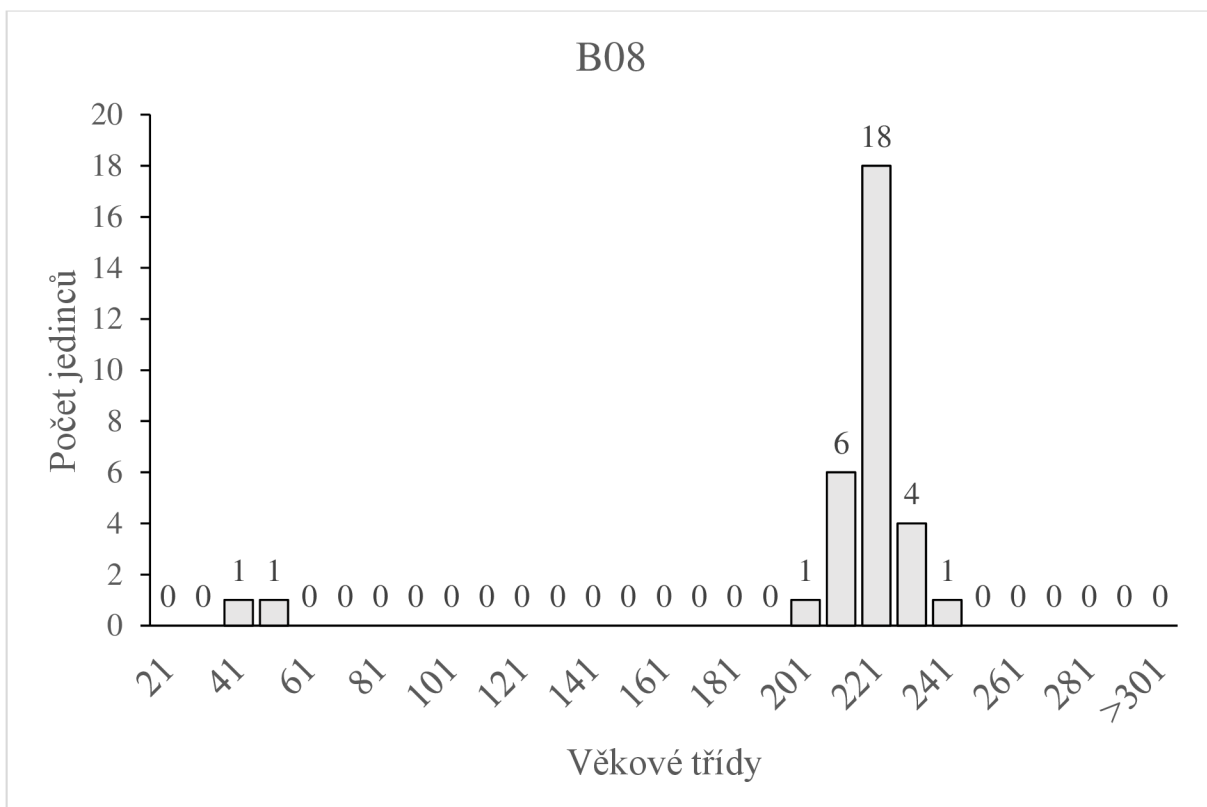


*Graf 10: Počet jedinců přerozdělených do tloušťkových tříd na ploše B04*

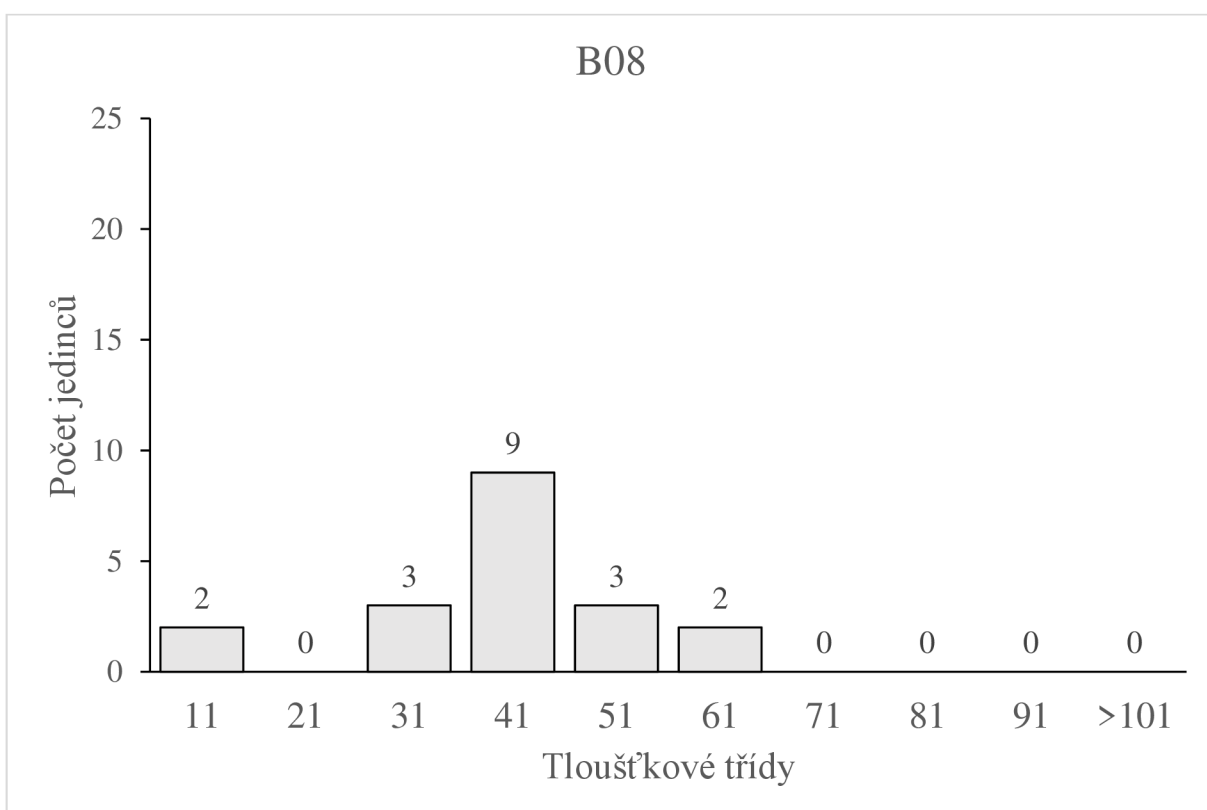
## 6.2.2 Plocha B08

Na ploše B08 se jedinci výrazně kumulují ve věkové třídě 221-230 let a ve věkových třídách okolo ní (*Graf 11*). Věková třída 221-230 let obsahuje celkově 18 jedinců, v sousední třídě 211-220 let je jedinců 6 a ve věkové třídě 231-240 let jsou jedinci 4. Jednoho jedince lze zaznamenat ve věkových třídách, které jsou přilehlé výše zmíněným. Průměrný věk plochy (215 let) je snížen díky výskytu dvou jedinců ve věkových třídách 41-50 a 51-60 let.

Tloušťková struktura je velmi podobná struktuře věkové (*Graf 12*). Nejvíce jedinců se vyskytuje v tloušťkové třídě 41 až 50 centimetrů. Většina zbylých jedinců se nalézá v těsné blízkosti této tloušťkové třídy. Dva jedinci se vyskytují v nejnižší věkové třídě 11-20 centimetrů.



Graf 11: Počet jedinců přerozdělených do věkových tříd na ploše B08

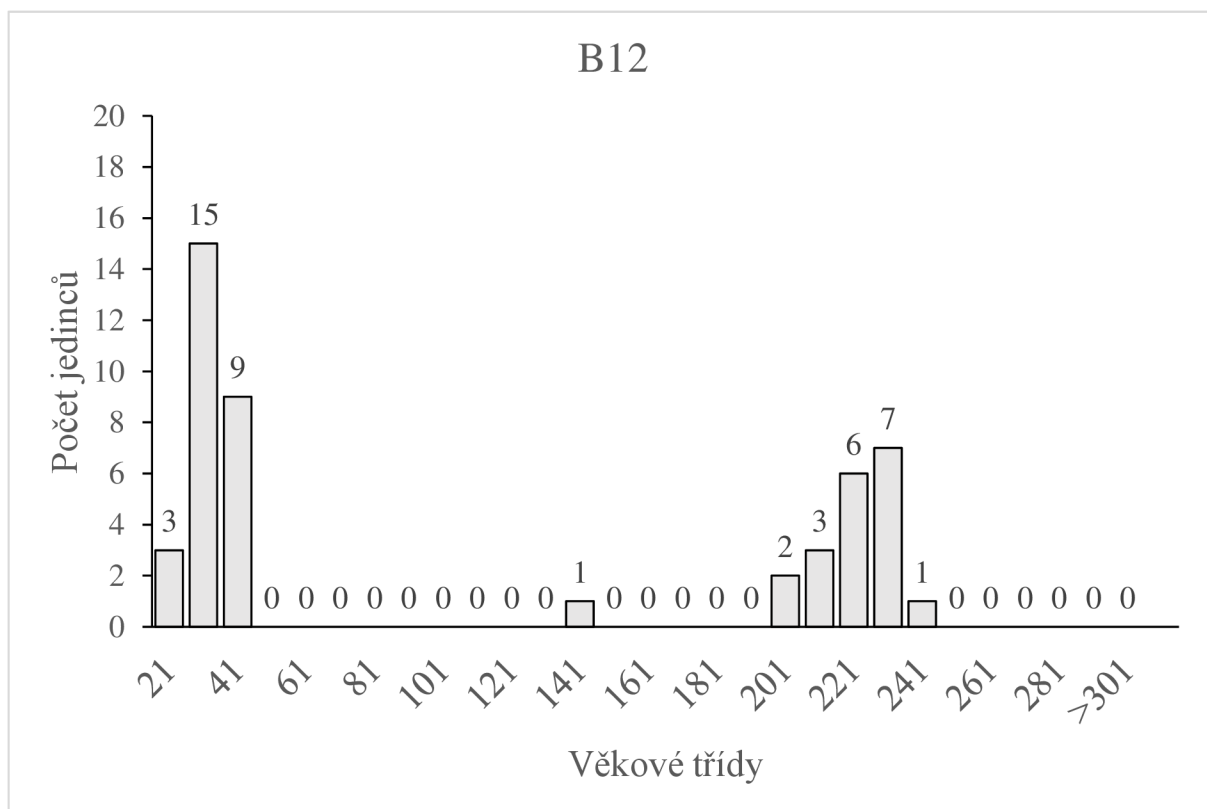


Graf 12: Počet jedinců přerozdělených do tloušťkových tříd na ploše B08

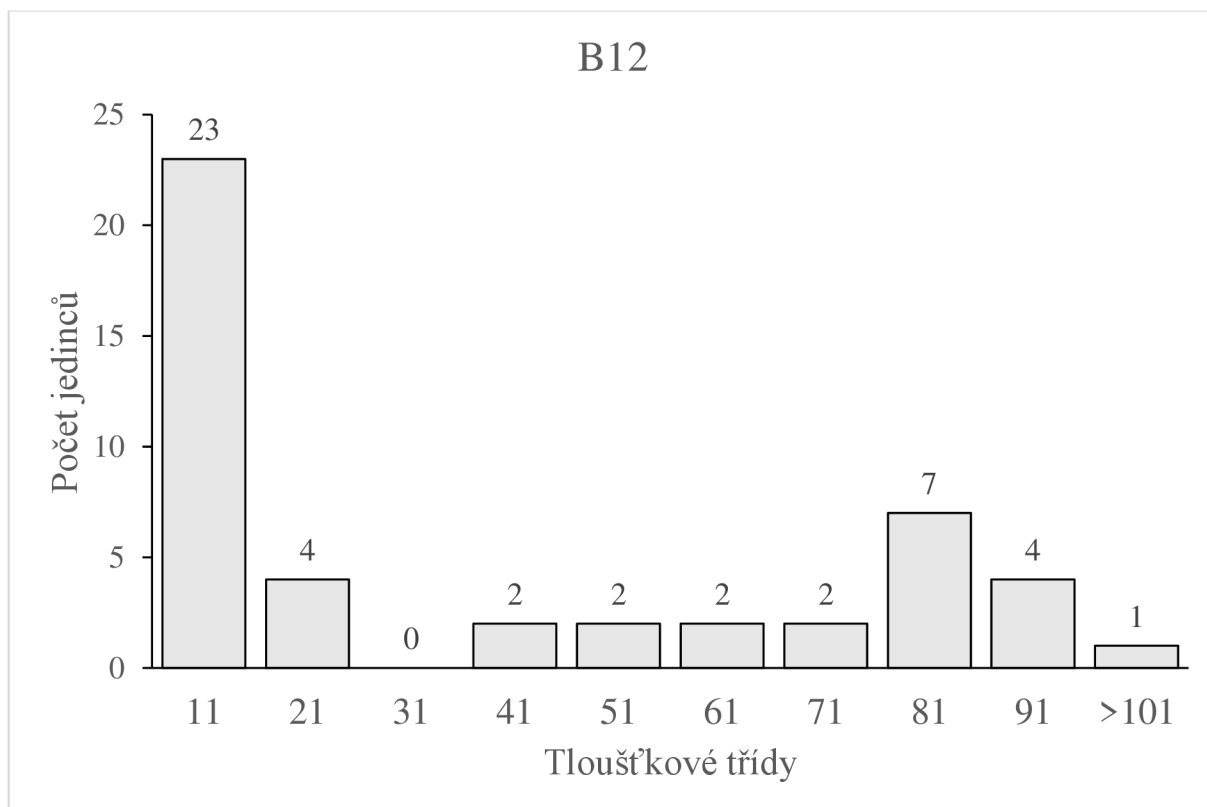
### 6.2.3 Plocha B12

Jedinci na ploše B12 jsou z hlediska věkové struktury vyčleněni do dvou větších skupin (*Graf 13*). První a větší skupina je tvořena mladými jedinci, věková třída 31-40 let obsahuje 15 jedinců a věková třída 41-50 let jedinců 9. Ještě mladší jedinci se zde vyskytují jen tři. Druhá velká skupina se pohybuje ve věku od 201 do 250 let. Zde postupně jedinců ve starších věkových třídách přibývá (vyjma věkové třídy 241-250 let). V této skupině disponuje největším množstvím jedinců věková třída 231-240 let, v níž je 7 jedinců. Průměrný věk 116 let se nalézá mezi oběma skupinami. Mimo tyto dvě skupiny se pohybuje jedinec ve věkové třídě 141-150 let.

Tloušťková struktura je podobná věkové (*Graf 14*). Jednoznačně nejvyšší počet jedinců (23 jedinců) se nachází v nejnižší tloušťkové třídě, v přilehlé třídě 21-30 centimetrů se nacházejí 4 jedinci. Zbytek jedinců je takřka rovnoměrně rozmístěn do tloušťkových tříd od 41 centimetrů výše, s výjimkou v tloušťkové třídě 81-90 centimetrů s počtem sedmi jedinců a se čtyřmi jedinci ve třídě 91-100 centimetrů.



*Graf 13: Počet jedinců přerozdělených do věkových tříd na ploše B12*

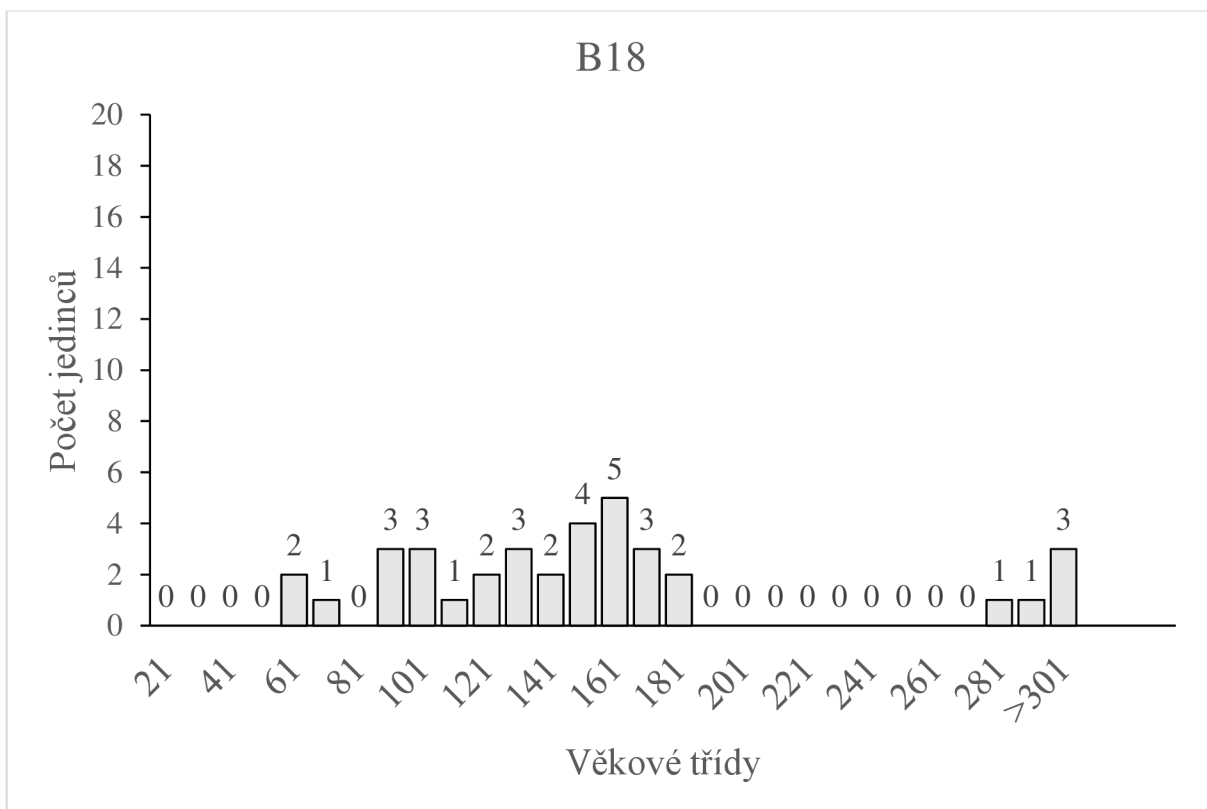


*Graf 14: Počet jedinců přerozdělených do tloušťkových tříd na ploše B12*

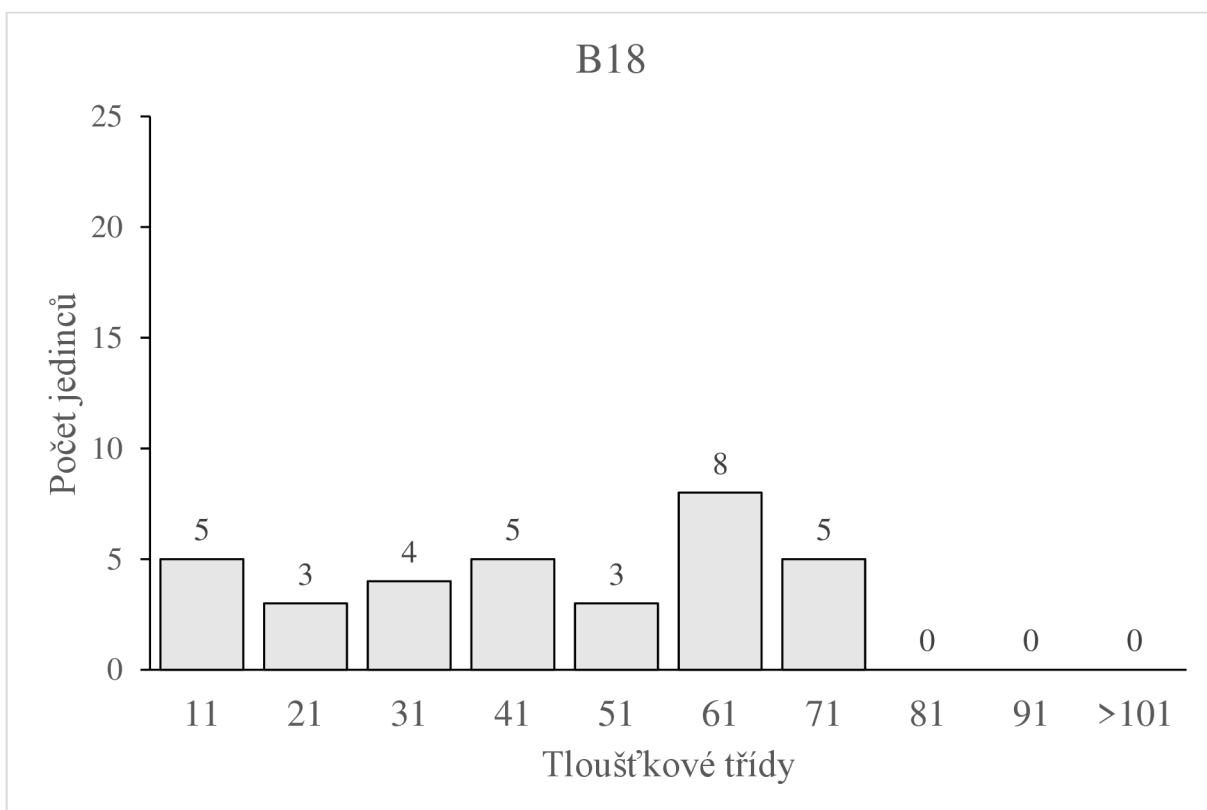
#### 6.2.4 Plocha B18

Poslední plochou je plocha B18 jejíž průměrný věk je 165 let. Na této ploše výrazně nedominuje žádná z věkových tříd (*Graf 15*). Několik jedinců se vyskytuje téměř v každé z věkových tříd od 61 do 190 let. Těžiště se pohybuje okolo věkové třídy 161-170 let, která disponuje největším počtem jedinců, a to pěti. Pět nejstarších jedinců se nalézá ve věkových třídách od 281 let výše. Plocha B18 je jedinou plochou, na které se vyskytují jedinci starší 300 let. Konkrétně byl zaznamenán věk nejstaršího jedince 437 let.

Jedinci jsou v tloušťkových třídách rozmístěni bez extrémní dominance některé z nich (*Graf 16*). Nejvíce jedinců je zaznamenáno v tloušťkové třídě od 61 do 70 centimetrů, a to 8. Ostatní tloušťkové třídy obsahují tři až pět jedinců. Jedinci tlustší osmdesáti centimetrů se na ploše B18 nevyskytují.



Graf 15: Počet jedinců přerozdělených do věkových tříd na ploše B18



Graf 16: Počet jedinců přerozdělených do tloušťkových tříd na ploše B18

## 7 Diskuze

Z hlediska druhové diverzity se jak v rezervaci, tak mimo ni vyskytuje plocha se stoprocentním zastoupením buku. V porovnání zbylých dvou ploch je rozmanitější B08 nacházející se v rezervaci, nicméně tento efekt mohl být způsoben nedávným vytvořením porostní mezery, vzhledem k tomu že většina jedinců ostatních dřevin zde dosahovala nižšího věku (MUSCOLO 2014). Postupem času však mohou být ostatní dřeviny potlačeny v důsledku nedostatku světla ve prospěch buku (MUSIL 2005). Takto nízký výskyt či úplná absence ostatních dřevin je pro přirozené porosty buku charakteristická (COMMARMOT 2005). Je však důležité poznamenat, že ještě v nedávné době byly bukové porosty i v NPR ovlivňovány člověkem a lze tedy hovořit pouze o struktuře podobné lesům přirozeným (KŘIVÁNEK 2018).

Průměrná tloušťka stromů na plochách B08 a B12 nacházejících se v rezervaci je velmi podobná. Rozdíl v průměrné tloušťce u ploch B04 a B18 je několikanásobně větší než mezi výše zmíněnými dvěma plochami. K takto extrémní diferenciaci došlo především díky výskytu několika velmi starých a mohutných jedinců na ploše B18, kteří zvyšují průměrnou tloušťku porostu. Tloušťková rozrůzněnost porostů buku však není vzácná (COMMARMOT 2005).

Průměrnou výšku pohybující se okolo dvaceti metrů můžeme vidět u všech ploch s výjimkou jedné. Průměrná výška na ploše B12 je pouhých 14,1 metru. Příčinou menší průměrné výšky bude vyšší podíl velmi mladých, a proto nízkých, jedinců na této ploše. Plocha B18 sice také disponuje mladými jedinci, nicméně nejsou tak nízkého věku jako na ploše B12 a jsou vyvažováni staršími jedinci, podobně jako u tloušťkové struktury.

Průměrný věk je různý, starší porosty jsou zastoupeny plochami B04 a B08. Plochy B12 a B18 reprezentují porosty mladší. Průměrný věk na zkoumaných plochách bude zřejmě vyšší, jelikož ne u všech vzorků bylo možné spočítat všechny letokruhy až ke středu stromu a vzorky také nebyly vyhodnoceny pomocí zpětného křížového datování, které by odhalilo i potlačené letokruhy (SPEER 2009). Nejstarším zaznamenaným stromem byl jedinec s 437 spočtenými letokruhy který se nacházel na ploše B18. Takto vysoký věk je pro buk spíše vzácnější (SLAVÍK 1990).

Pro přirozený bukový les je charakteristická věková diferenciacie, kdy jsou stromy rozptýleny do několika věkových tříd a rozprostřeny v prostoru, což lze na většině ploch pozorovat (VACEK 2013; HOBI 2015). Věková struktura těchto porostů je tedy blízká struktuře přirozeného lesa. Toto však nelze říci o ploše B08, kde se jedinci kumulují kolem věkové třídy 221 až 230 let. Nejedná se tedy o porostní mezeru, kde by se mohl vyskytovat vyšší podíl mladších jedinců v blízkosti jedné věkové třídy (MUSCOLO 2014).

Lze usuzovat, že před více než dvěma stoletími na tomto místě došlo k náhlé obnově větší části porostu, což není pro přirozený les typické (ULBRICHOVÁ 2010).

Na plochách B12 a B18 je možné pozorovat výraznou věkovou separaci jedinců do dvou větších skupin, starší a mladší. Dochází zde k dožívání a rozpadu starších porostů, jež jsou postupně nahrazovány novou generací (ULBRICHOVÁ 2010).

Na podobnost těchto ploch lesu přirozenému poukazuje také tloušťková struktura, která je stejně jako věková struktura značně rozrůzněná (VACEK 2013), a přibližně odpovídá struktuře věkové. Tloušťková struktura na ploše B08 se věkové struktuře taktéž podobá. Nestejnost mezi tloušťkou a věkem je zaznamenatelná na ploše B04. Stromy jsou zde zastoupeny převážně menšími tloušťkami, což by poukazovalo spíše na strukturu hospodářského lesa (COMMARMOT 2005). Je pravděpodobné, že jedincům nedovolily dorůst větších tlouštěk extrémnější podmínky stanoviště a vzájemná konkurence (CLOSSET 2006).

V rámci věkové i tloušťkové struktury některých ploch byly zaznamenány jednotlivé stromy vzdálené od ostatních skupin. Růst takto samostatně se vyskytujících jedinců je dokladem vzniku malé porostní mezery. Nicméně i na plochách kde se tyto stromy nevyskytují není minulý vznik takovéto mezery vyloučen, mohla však být natolik malá, že ji okolní porost uzavřel dříve, než v ní stačily nové stromy vyrůst (MUSCOLO 2014).

Trend průměrného ročního přírůstu byl opačný než trend průměrného věku. Nejvyššího průměrného ročního přírůstu dosahovali jedinci na ploše B12. Obecně lze vypořadovat, že čím je porost starší, tím je průměrný přírůst nižší (CLOSSET 2006). To může být u buku zapříčiněno zejména postupným uzavíráním porostu a snížením dostupnosti světla (MUSCOLO 2014).

V porovnání věku s LHP je věk uvedený v LHP relativně přesným ukazatelem stáří porostu. Zpravidla byl zjištěný věk starších jedinců lehce vyšší, než je uvedeno v LHP. Je však nutno poznamenat, že LHP nezohledňuje věk mladších generací. To lze pozorovat na ploše B18, průměrný věk porostu je jen 165 let, nicméně LHP uvádí věk 330 let. Tato hodnota odpovídá nejstarší skupině stromů, které se zde vyskytují jen v počtu pěti jedinců.

## 8 Závěr

Dominance buku lesního v oblasti Krušnohorských bučin je na druhové skladbě jasně pozorovatelná. Buk se zde vyskytuje v převažující většině nebo vytváří porosty zcela nesmíšené.

Většina porostů, ze kterých byly odebrány vzorky pro zpracování dat je z hlediska věkové i tloušťkové struktury pestrá, a tak je v porostech vytvořena mozaika jedinců či skupin různých věků a tlouštěk, kterou lze připodobnit ke struktuře přirozených bukových lesů.

Taktéž zde byl pozorován jev malých porostních mezer, takzvaných „gapů“, kdy dochází k vytváření porostních mezer, jež následně mohou být osidlovány novými jedinci.

Starší generace zkoumaných bukových porostů podle zjištěných dat vykazují vysoký věk, lehce převyšující věk uvedený v LHP. Nicméně dochází k jejich postupnému rozpadu a obnově, což průměrný věk porostů snižuje.

Paradoxem je, že nejstarší jedinci byli nalezeni mimo NPR Jezerka, která má za úkol společenstva buku chránit. Porosty v NPR jsou také uniformnější, kdežto porosty mimo NPR vykazovaly větší variabilitu ve stáří jedinců. Je zřejmé, že také tyto porosty vně rezervace zasluhují pozornost a je na uvážení, zda i tato území přísněji chránit.



## 9 Literatura

AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR, 1999. *Chráněná území ČR: Ústecko*. Praha: ARTEDIT. ISBN 80-86064-37-9.

BACHORNÍK, Jan. Hlubinná těžba lithia na Cínovci v Krušných horách by mohla začít zhruba za dva roky. In: *Český rozhlas Sever* [online]. 5.5.2021 [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://sever.rozhlas.cz/hlubinna-tezba-lithia-na-cinovci-v-krusnych-horach-mohla-zacit-zhruba-za-dva-8484093>

BARNA, Milan, 2011. Natural regeneration of *Fagus sylvatica* L.: a Review. *Austrian Journal of Forest Science*. **128**.

BÁRTA, Zdeněk, Ladislav BLAŽEK, Ivo FLASAR, et al., 1984. *Základní přírodovědecký průzkum státní přírodní rezervace Jezerka*. Praha. Depon. in AOPK ČR

BÍLEK, Lukáš, Jiří REMEŠ a Daniel ZAHRADNÍK, 2009. Natural Regeneration of senescent even-aged beech (*Fagus sylvatica* L.) stands under the conditions of Central Bohemia. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*. **55**(4).

BOTTERO, Alessandra, Matteo GARBARINO, Vojislav DUKIĆ, Zoran GOVEDAR, Emanuele LINGUA, Thomas A. NAGEL a Renzo MOTTA, 2011. Gap-Phase Dynamics in the Old-Growth Forest of Lom, Bosnia and Herzegovina. *Silva Fennica*. **45**(5). ISSN 0037-5330. Dostupné z: doi:10.14214/sf.76

BULUŠEK, Daniel, Zdeněk VACEK, Stanislav VACEK, Jan KRÁL, Lukáš BÍLEK a Ivo KRÁLÍČEK, 2016. Spatial pattern of relict beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Sudetes of the Czech Republic and Poland. *Journal of Forest Science*. **62**(7). Dostupné z: doi:10.17221/22/2016-JFS

CÍLEK, Václav, Martin POLÍVKA a Zdeněk VACEK, 2022. *Český a moravský les*. 1. Praha: Dokořán. ISBN 978-80-7675-041-8.

CLOSSET, Déborah, Annik Emma SCHNITZLER a D ARAN, 2006. Dynamics in natural mixed-beech forest of the Upper Vosges. *Biodiversity and Conservation*. **15**(4). Dostupné z: doi:10.1007/s10531-004-1874-6

COLLET, Catherine, Olivier LANTER a Marta PARDOS, 2002. Effects of canopy opening on the morphology and anatomy of naturally regenerated beech seedlings. *Trees*. **16**. Dostupné z: doi:10.1007/s00468-001-0159-x

COMMARMOT, Brigitte, Hansheinrich BACHOFEN, Yosyp BUNDZIAK, et al., 2005. Structures of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study. *Environmental science*. **79**(1).

DIVÍŠEK, Jan, Martin CULEK a Martin JIROUŠEK, 2010. *Biogeografie: Multimediální výuková příručka* [online]. [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index\\_Fag\\_syl.html](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_Fag_syl.html)

DOLEŽALOVÁ, Jana a Jiří KŘIVÁNEK, 2015. *Souhrn doporučených opatření pro evropsky významnou lokalitu Východní Krušnohoří*. Dostupné také z: [https://drusop.nature.cz/ost/archiv/sdo/ug\\_file.php?RECORD\\_ID=587#](https://drusop.nature.cz/ost/archiv/sdo/ug_file.php?RECORD_ID=587#)

ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES, GOVERNMENT OF NORTHWEST TERRITORIES. 2022. In: *Global News* [online]. [cit. 13.2.2023]. Dostupné z: <https://globalnews.ca/news/8508753/nwt-downburst-obliterates-forest/>

FAIL, František, Jaroslav HOLEŠÁK, Josef JINDRA, et al., 1966. *Krušné hory*. Praha: Sportovní a turistické nakladatelství.

FANTA, Josef, 2012. Tvorba hříženců a polykormonální růstové formy buku (*Fagus sylvatica* L.) na alpské hranici lesa v Krkonoších. *Opera Corcontica*. **49**. ISSN 219-223.

FRANKOVIČ, Michal, Pavel JANDA, Martin MIKOLÁŠ, et al., 2021. Natural dynamics of temperate mountain beech-dominated primary forests in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. **479**. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2020.118522

FUCHS, Zdeněk, Zdeněk VACEK, Stanislav VACEK a Josef GALLO, 2021. Effect of game browsing on natural regeneration of European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Krušné hory Mts. (Czech Republic and Germany). *Central European Forestry Journal*. **67**. Dostupné z: doi:10.2478/forj-2021-0008

HARLEY, J.L., 1949. Soil Conditions and the Growth of Beech Seedlings. *Journal of Ecology*. **37**(1). Dostupné z: doi:10.2307/2256728

HETZE, Wolfgang, Jaromíra KUNCOVÁ, Petr JANČÁREK, Jaromír VEJL a Milan MÍŠEK, 1984. *Krušné hory*. Ústí nad Labem: Severočeské nakladatelství.

HOBİ, Martina L, Brigitte COMMARMOT a Harald BUGMANN, 2015. Pattern and process in the largest primeval beech forest of Europe (Ukrainian Carpathians). *Journal of Vegetation Science*. **26**(2). Dostupné z: doi:10.1111/jvs.12234

CHMELARĚ, Jindřich, 1983. *Dendrologie s ekologií lesních dřevin*. Praha: Státní pedologické nakladatelství.

JOYCE, P.M., J. HUSS, R. MCCARTHY, A. PFEIFER a E. HENDRICK, 1998. *Growing Broadleaves*. Dublin: National Council for Forest Research and Development. ISBN 0 9523938 9 1.

KRÁL, Kamil, Tomáš VRŠKA, Libor HORT, Dušan ADAM a Pavel ŠAMONIL, 2010. Developmental phases in a temperate natural spruce-fir-beech forest: determination by a supervised classification method. *European Journal of Forest Research*. **129**. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-009-0340-0

KRÁLÍČEK, Ivo, Zdeněk VACEK, Stanislav VACEK, Jiří REMEŠ, Daniel BULUŠEK, Jan KRÁL a Tereza PUTALOVÁ, 2017. Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hilltop phenomenon, air pollutants and climate. *Dendrobiology*. **77**. Dostupné z: doi:10.12657/denbio.077.010

KŘIVÁNEK, Jiří a Jana VÝBORNÁ, 2018. *Plán péče o národní přírodní rezervaci Jezerka na období 2019-2028*. Praha. Dostupné také z:

[https://drusop.nature.cz/ost/archiv/plany\\_pece/ug\\_file.php?RECORD\\_ID=27724#](https://drusop.nature.cz/ost/archiv/plany_pece/ug_file.php?RECORD_ID=27724#)

MUSCOLO, Adele, Silvio BAGNATO, Maria SIDARI a Roberto MERCURIO, 2014. A review of the roles of forest canopy gaps. *Journal of Forestry Research*. **25**(4). Dostupné z: doi:10.1007/s11676-014-0521-7

MUSIL, Ivan a Jana MÖLLEROVÁ, 2005. *Listnaté dřeviny (1)*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 80-213-1367-6.

NAGEL, Thomas A., Miroslav SVOBODA a Milan KOBAL, 2014. Disturbance, life history traits, and dynamics in an old-growth forest landscape of southeastern Europe. *Ecological Applications: Ecological Society of America*. **24**(4). Dostupné z: doi:10.1890/13-0632.1

NAGEL, Thomas A., Stjepan MIKAC, Mojca DOLINAR, et al., 2017. The natural disturbance regime in forests of the Dinaric Mountains: A synthesis of evidence. *Forest Ecology and Management*. **388**. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2016.07.047

PETERS, Rob, 1992. *Ecology of Beech Forests in the Northern Hemisphere*. Wageningen: Landbouwwuniversiteit Wageningen. ISBN 90-5485-012-4.

POLUNIN, O., Walters M., 1985. A guide to the vegetation of Britain and Europe. *Oxford University Press*, New York. Dostupné z: doi:10.1002/jqs.3390010113

SCHELHAAS, Mart-Jan, Gert-Jan NABUURS a Andreas SCHUCK, 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*. **9**(11). Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x

SLAVÍK, Bohumil a Slavomil HEJNÝ, 1990. *Květena české republiky 2*. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1824-3.

SPEER, H. James, 2012 *Fundamentals of Tree-Ring Research*. Tucson: University of Arizona Press, ISBN: 0816526850

STANDOVÁR, Tibor a Kata KENDERES, 2003. A review on natural stand dynamics in Beechwoods of East Central Europe. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*. ISSN 1589 1623. Dostupné z: doi:10.15666/aeer/01019046

SZWAGRZYK, Jerzy, Janusz SZEWCZYK a Jan BODZIARCZYK, 2001. Dynamics of seedling banks in beech forest: results of a 10-year study on germination, growth and survival. *Forest Ecology and Management*. **141**(3). ISSN 0378-1127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(00)00332-7

ŠKVOR, Vladimír a Adolf WATZNAUER, 1968. *Geology of the Krušné hory (Erzgebirge) Mountains: Guide to Excursion 10 AC Czechoslovakia, German Democratic Republic*. Praha: Academia.

TURNER, Monica G., 2010. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology: Ecological Society of America*. **91**(10). Dostupné z: doi:10.1890/10-0097.1

ULBRICHOVÁ, Iva, 2010. *Nauka o lesním prostředí* [online]. [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: [http://r.fld.czu.cz/vyzkum/nauka\\_o\\_lp/sukcese/sukcese.html](http://r.fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/sukcese/sukcese.html)

VACEK, Zdeněk, Stanislav VACEK, Jiří REMEŠ, Igor ŠTEFANČÍK, Dan BULUŠEK a Lukáš BÍLEK, 2013. Struktura a modelový vývoj lesních porostů v NPR Trčkov – CHKO Orlické hory, Česká Republika. *Lesnický časopis – Forestry Journal*. **59**(4). ISSN 0323 – 1046.

VANĚK, Jakub, 2005. *Národní přírodní rezervace Jezerka* [online]. [cit. 2022-11-24]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20150212121636/http://www.nprjezerka.cz/jezerka.php>

ZEMÁNEK, Lukáš. 2010. In: *SUMMITPOST* [online]. [cit. 13.2.2023]. Dostupné z: <https://www.summitpost.org/a-gap-in-the-canopy-of-beech-trees/630997>