

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Detekce předešlého managementu v letokruzích
výstavků v předrženém středním lese v přírodní
rezervaci Na Voskopě, CHKO Český kras**

Bakalářská práce

Autor: Zdeněk Štefl

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Konzultant: Ing. Kristýna Svobodová

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zdeněk Štefl

Lesnictví

Název práce

Detekce předešlého managementu v letokruzích výstavků v předřazeném středním lese v přírodní rezervaci Na Voskopě, CHKO Český kras

Název anglicky

Detection of former management in the tree rings of tree standards in aged coppice-with-standards in the NR Na Voskopě, PLA Český kras

Cíle práce

V souvislosti s plánovaným zaváděním alternativních způsobů obhospodařování lesních porostů v nižších polohách je nutné dlouhodobě zkoumat dopad navrhovaných opatření na strukturu, produktivitu a vzájemné konkurenční vztahy stromového patra za účelem budoucí formulace hospodářských doporučení. V typech „nižinných lesů“ jsou historicky zdokumentovány hospodářské postupy jako je pařezení či tvorba středního lesa. V přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras) probíhá od r. 2013 experimentální výzkum, kde se převádí dlouhodobě opuštěná pařezina/střední les opět na aktivní střední les. Cílem práce bude zjištění podrobností o intenzitě a době těžby dřeva na experimentální ploše v minulosti, získaných metodami dendrochronologie. Práce by měla přispět k bližšímu poznání historické dynamiky porostů s dominancí dubu, typických pro nižší polohy.

Metodika

Na experimentální ploše v přírodní rezervaci Na Voskopě budou dle strukturální inventarizace porostu provedené v roce 2014 (technologie FieldMap, diplomová práce A. Jelenecké) vytipováni největší jedinci (dle parametru DBH) v dosud nesmýcených pruzích, případně též v bezprostředním okolí experimentální plochy. Z těchto jedinců budou odebrány vývrty Presslerovým nebozezem. Vývrty budou též odebrány z nejsilnějších výstavků ponechaných na dvou smýcených pruzích. Počet všech analyzovaných jedinců se odhaduje v rozmezí 30–50. Většinu vrtaných stromů budou reprezentovat duby, zastoupeny budou též jeřáb břek a javor babyka. Vývrty budou následně zpracovány dle standardizované metodiky v dendrochronologické laboratoři KEL a postupně u nich bude provedeno odečtení šířek letokruhů na měřícím stole TimeTable a digitalizace těchto dat. Dle detekce tzv. uvolnění v letokruhových sériích bude usuzováno na intenzitu a dobu těžby dřeva na studované ploše.

Doporučený rozsah práce

Předpokládá se rozsah textu v délce 25-50 normostran (bez příloh)

Klíčová slova

pařezina, výmladkový les, nížinný les, střední les, letokruhová analýza, uvolnění, světelný impuls, doubravy

Doporučené zdroje informací

- Altman J., Hédli R., Szabó P., Mazůrek P., Riedl V., Müllerová J., Kopecký M. & Doležal J. (2013): Tree-rings mirror management legacy: dramatic response of standard oaks to past coppicing in central Europe. – *PLoS ONE* 8(2): e55770.
- Kadavý J. et al. (2011): Nízký a střední les jako plnohodnotná alternativa hospodaření malých a středních vlastníků lesa. – *Lesnická Práce, Kostelec n. Černými lesy*, 294 p.
- Müllerová J., Pejcha V., Altman J., Plener T., Dörner P. & Doležal J. (2016): Detecting coppice legacies from tree growth. – *PLoS ONE* 11(1): e0147205.
- Müllerová J., Szabó P. & Hédli R. (2014): The rise and fall of traditional forest management in southern Moravia: A history of the past 700 years. – *Forest Ecology and Management* 331: 104–115.
- Poleno Z. & Vacek S. et al. (2007): Pěstování lesů II. Teoretická východiska pěstování lesů. – *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*, 463 p.
- Svenning J. C. (2002): A review of natural vegetation openness in north-western Europe. – *Biological Conservation* 104: 133–148.
- Szabó P. (2010): Driving forces of stability and change in woodland structure: A case-study from the Czech lowlands. – *Forest Ecology and Management* 259: 650–656.
- Šálek L., Stolariková R., Jeřábková L., Karlík P., Dragoun L. & Jelenecká A. (2014): Timber production and ecological characteristics of trees in coppice forest in the nature reserve Voskop in Český kras – a case study. – *Journal of Forest Science* 60: 519–525.
- Tyrbirk K. & Strandberg B. (1999): Oak forest development as a result of historical land-use patterns and present nitrogen deposition. – *Forest Ecology and Management* 114: 97–106.
- Zlatník A. (1957): Výmladkové lesy s hlediska proměn lesů pod vlivem člověka a úloha ekologie při přeměnách a převedech výmladkových lesů. – *Sborník ČSAZV, Lesnictví* 3/2: 109–124.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Konzultant

Svobodová Kristýna, Ing.

Elektronicky schváleno dne 29. 4. 2017

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 17. 03. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Detekce předešlého managementu v letokruzích výstavků v předrženém středním lese v přírodní rezervaci Na Voskopě, CHKO Český kras“ vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne

.....

Zdeněk Štefl

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi dopomohli tuto práci zpracovat. Především mému vedoucímu práce Mgr. Tomášovi Černému, Ph.D. a Mgr. Petru Karlíkovi za poskytnutí veškerého času a neocenitelných rad při zpracování práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Vojtěchu Čadovi, Ph.D. za praktickou ukázkou metodiky sběru dat a konzultaci ohledně statistické analýzy dat. Velké poděkování si zaslouží rovněž Ing. Kristýna Svobodová společně s celým kolektivem dendrochronologické laboratoře za umožnění zpracování vzorků a potřebné zaškolení v této činnosti.

Abstrakt

V přírodní rezervaci Na Voskopě v Českém krasu je od roku 2013 prováděn experimentální výzkum hodnotící přechod opuštěné/přestárlé pařeziny na aktivní střední les. V současné době je hlavním předmětem výzkumu především hodnocení přirozené obnovy z pařezových výmladků a vliv zvěře na tuto obnovu. Výzkum probíhá na šesti sousedících zkusných pruzích o šířce 25 metrů a délce 125 metrů. Dvě zkusné plochy byly již vykáceny v letech 2015 a 2016 a byly ponechány pouze vybrané výstavky. Cílem této práce je odhadnout a zhodnotit historickou dynamiku porostu včetně historie managementu na těchto plochách za pomoci letokruhové analýzy z nejstarších výstavků (ca 130 let). Pomocí dat ze strukturální inventarizace z roku 2014 (Technologie FieldMap, diplomová práce A. Jelenecké) byly na základě výčetní tloušťky vytipovány nejstarší výstavky. Presslerovým nebozezem bylo vyvrtáno 43 výstavků dubu zimního (*Quercus petraea*) a pět výstavků jeřábu břeku (*Sorbus torminalis*). Získané vývrty byly změřeny a poté byla data křížově datována v programu CDendro. Statistická analýza dat byla provedena ve statistickém programu R. Odhalení uvolnění bylo provedeno metodou procentuální změny růstu dle Nowackiho a Abramse (1997). Výrazné epizody uvolnění byly zhodnoceny i prostorově. Kromě uvolnění bylo využito i věkové struktury výstavků. Bylo zjištěno, že do 20. let 20. století se pravděpodobně porost stále využíval jako pařezina s 30–40letou dobou obmytí. Od 20. let do konce 70. let 20. století nebyl zjištěn žádný zásah. V roce 1980 byl detekován holosečný zásah zhruba na čtvrtině rozlohy experimentální plochy. Tyto periody zásahů můžeme považovat za standardní postupy tradičního managementu středního lesa. Poslední významnější epizoda uvolnění byla odhalena kolem roku 2000 (detekce rovnoměrně na celé ploše u ca 40 % jedinců) a jednalo se spíše o nekontrolovaný a neplánovaný jednorázový zásah. Obdobná periodicitu a načasování pařezení a obnovy výstavků byla pozorována ve východněji ležících lesních porostech v Českém krasu.

Klíčová slova: pařezina, výmladkový les, nížinný les, střední les, dendrochronologie, letokruhová analýza, detekce uvolnění, světelný impuls, doubravy

Abstract

Since 2013, experimental research has been conducted in natural reserve Na Voskopě in western part of Bohemian Karst to observe the change from an old unmanaged coppice with standards into an actively managed one. Currently, the main subject of this research is to analyse the natural regeneration of stool shoots and the influence of game on this regeneration. The research was conducted on six neighbouring strip test sites with dimensions 25×125 metres. Two of these sites were harvested in 2015 and 2016 and only selected standard trees were left. The aim of the bachelor thesis is to analyse and estimate the dynamics and past management of this stand using tree-ring analyses from the oldest standard trees (approx. 130 years old). Employing the structural inventory from 2014 (FieldMap technology, diploma thesis by A. Jelenecká), the potentially oldest standard trees were selected by their breast height diameter. 43 standard trees of sessile oak (*Quercus petraea*) and five standard trees of wild service tree (*Sorbus torminalis*) were bored by incremental borer. The acquired samples were then processed in the dendrochronological lab of the Department of Forest Ecology. Measuring was undertaken with a sliding stage and a stereoscopic microscope. Thereafter, the tree-rings data were cross-dated in CDendro software. Statistical analysis was conducted using R software. Nowacki and Abrams Radial-growth averaging method (1997) was used for release detection. Substantial release episodes were also analysed spatially. The age structure of standard trees was also used as a complementary result. It was discovered that until the 1920s, the stand was managed by coppicing with 30–40 years periodicity. From the 1920s up to the 1970s no release episode was detected. In 1980 a clear cut was detected on approximately one quarter of the stand. This periodicity can be considered to be standard management of coppice with standards. The last release episode happened in 2000 (40% of released standards were spread evenly around the stand) and is considered to be unplanned and possibly an illegal one-time cut. Similar periodicity of coppicing was observed on stands in Bohemian Karst to the west of this stand.

Keywords: coppicing, coppice, lowland forest, coppice forest with standards, dendrochronology, tree-rings analysis, release detection, light impulse, oak forest

1. Úvod a literární rešerše.....	- 11 -
1.1 Úvod.....	- 11 -
1.2 Dendrochronologie	- 12 -
1.2.1 Dendrochronologie a základní principy	- 12 -
1.2.2 Dendrochronologie – vývoj ve světě a ČR.....	- 13 -
1.3 Střední les a pařezení	- 15 -
1.3.1 Střední les a pařezení – historie.....	- 15 -
1.3.2 Střední les a pařezení – hospodářské a ochranné využití.....	- 16 -
1.4 Charakteristika analyzovaných dřevin.....	- 18 -
1.4.1 <i>Quercus petraea</i> – dub zimní	- 18 -
1.4.2 <i>Sorbus torminalis</i> – jeřáb břek	- 19 -
2 Charakteristika lokality	- 20 -
2.1 Český kras.....	- 20 -
2.1.1 Geografická charakteristika.....	- 20 -
2.1.2 Klimatické podmínky	- 21 -
2.1.3 Geologické a pedologické podmínky	- 21 -
2.1.4 Hydrografické poměry.....	- 22 -
2.1.5 Vegetace	- 23 -
2.2 Přírodní rezervace Na Voskopě	- 25 -
2.2.1 Vegetace a typologie	- 25 -
2.2.2 Charakteristika porostu experimentální plochy.....	- 26 -
3 Metodika	- 27 -
3.1 Zkusné plochy a výběr vrтанých výstavků	- 27 -
3.2 Sběr dendrochronologických vývrtů.....	- 28 -
3.3 Příprava vzorků a měření.....	- 28 -
3.4 Křížové datování.....	- 29 -

3.5	Statistické zpracování dat	- 30 -
4	Výsledky	- 32 -
4.1	Dendrochronologické křivky	- 32 -
4.1.1	Průměrná křivka celé plochy	- 32 -
4.1.2	Průměrné křivky zkusných ploch	- 33 -
4.1.3	Průměrné křivky druhů dřevin.....	- 34 -
4.2	Detekce uvolnění	- 35 -
4.2.1	Uvolnění pro celou plochu	- 35 -
4.2.2	Uvolnění pro zkusné plochy.....	- 36 -
4.2.3	Prostorové uspořádání uvolněných stromů	- 39 -
4.3	Korelace zkusných ploch	- 42 -
4.4	Věková struktura.....	- 42 -
5	Diskuze.....	- 43 -
5.1	Odhad předešlého managementu	- 43 -
5.2	Zhodnocení světlostních nároků jeřábu břeku	- 44 -
6	Závěr	- 46 -
7	Seznam použitých zdrojů	- 47 -
7.1	Literatura.....	- 47 -
7.2	Internet	- 51 -
8	Přílohy	- 52 -

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Obrázky:

Obrázek 1 – Lokalizace přírodní rezervace Na Voskopě.	- 25 -
Obrázek 2 – Prostorové umístění zkusných ploch na experimentální ploše.	- 27 -
Obrázek 3 – Prostorové uspořádání uvolněných stromů v epizodě 1914.	- 39 -
Obrázek 4 – Prostorové uspořádání uvolněných stromů v epizodě 1923	- 40 -
Obrázek 5 – Prostorové uspořádání uvolněných stromů v epizodě 1980	- 40 -
Obrázek 6 – Prostorové uspořádání uvolněných stromů v epizodě 2000	- 41 -

Tabulky:

Tabulka 1 – Korelační koeficienty mezi jednotlivými zkusnými plochami.....	- 42 -
--	--------

Grafy:

Graf 1 – Průměrná dendrochronologická křivka celé experimentální plochy.....	- 32 -
Graf 2 – Průměrná dendrochronologická křivka plochy JV.....	- 33 -
Graf 3 – Průměrná dendrochronologická křivka plochy JZ.....	- 33 -
Graf 4 – Průměrná dendrochronologická křivka plochy SV.....	- 33 -
Graf 5 – Průměrná dendrochronologická křivka plochy SZ.	- 33 -
Graf 6 – Průměrná dendrochronologická křivka dubu zimního.....	- 34 -
Graf 7 – Průměrná dendrochronologická křivka jeřábu břeku.....	- 34 -
Graf 8 – Histogram výskytu uvolnění na celé ploše.....	- 35 -
Graf 9 – Histogram výskytu uvolnění na ploše JV.....	- 37 -
Graf 10 – Histogram výskytu uvolnění na ploše JZ.	- 37 -
Graf 11 – Histogram výskytu uvolnění na ploše SV.....	- 38 -
Graf 12 – Histogram výskytu uvolnění na ploše SZ.	- 38 -
Graf 13 – Věková struktura výstavků.....	- 42 -

1. Úvod a literární rešerše

1.1 Úvod

Tato práce se zabývá experimentálním porostem v přírodní rezervaci Na Voskopě v jihozápadní části Českého krasu. Lokalita se nachází nedaleko turisticky atraktivních Koněpruských jeskyní a v bezprostřední blízkosti vápencového velkolomu Čertovy schody. Tento porost se vyznačuje specifickým hospodařením typickým především pro doby minulé, a tím je pařezení. Pařezení poskytovalo možnost každých 30–40 let (mnohdy i méně) vytěžit porost pro palivové dříví manipulovatelné lidskou silou bez potřeby umělého zalesňování. Obnovu porostu v tomto případě zajišťuje přirozená výmladnost z pařezů. V porostu se kromě jedinců výmladkového původu nachází také výstavky, stromy generativního původu ze semene, které našly v minulosti uplatnění především jako zdroj kvalitnějšího dříví pro konstrukční účely. Tento druh porostu s výmladkovými jedinci i výstavky generativního původu se nazývá střední les. Avšak od tohoto způsobu hospodaření se ustoupilo a porost zůstal neobhospodařovaný. Od roku 2013 zde působí tým výzkumníků z Fakulty lesnické a dřevařské, kteří na části této přírodní rezervace postupně obnovují původní způsob hospodaření a zhodnocují jeho produkční a ekologické charakteristiky.

Cílem této práce je za pomoci dendrochronologických metod letokruhové analýzy zhodnotit z letokruhů výstavků dynamiku porostu a odhadnout hospodaření v minulosti. Ke zhodnocení bude využívána především detekce uvolnění založená na prudkém zvýšení přírůstu dřeva užívané například při mapování přirozených disturbancí neobhospodařovaných lesů vyšších poloh nebo při hodnocení výchovných zásahů v hospodářských lesích. K uvolnění dochází díky ztrátě konkurenčních jedinců kompetujících v bezprostředním okolí stromu o sluneční záření. Těžba v okolí výstavků by tedy měla působit obdobné uvolnění jako přirozená disturbance.

1.2 Dendrochronologie

1.2.1 Dendrochronologie a základní principy

„Dendrochronologie je vědní obor zabývající se datováním a studiem letokruhů“ (FRITTS 2001).

„Letokruh je prstenec dřeva, ve kterém se na ploše příčného řezu kmenem projevuje plášť vytvořený činností kambia za příslušné vegetační období“ (ZACH 1994).

„Šířka letokruhu je vzdálenost tečen vedených kolmo na směr měření k hranicím letokruhů“ (ZACH 1994).

Název dendrochronologie pochází z řeckých slov *dendron* (strom) a *chronos* (čas). Podle Bitvinskase (BITVINSKAS 1974) je dendrochronologie chápána jako nauka využívající letokruhové analýzy k datování událostí. Tento přístup implikuje, že návaznost dendrochronologie na ostatní vědní obory je předmětem těchto vědních oborů, a dendrochronologie je tedy pouhou pomocnou vědou, „nástrojem“ specializovaných vědních oborů.

Druhý přístup podle Frittse (FRITTS 2001) vychází z předpokladu, že samotné datování letokruhů je pouhá součást dendrochronologie a tento obor je rozšířen o jednotlivé aplikace do různých vědních oborů, z nichž některé se vyvinuly v samostatné podobory dendrochronologie. Mezi tyto podobory se zařazuje například dendroklimatologie, dendroklimatografie, dendroekologie, dendroarcheologie a další.

Samotné aplikace dendrochronologických metod závisí na několika stěžejních předpokladech. Prvním předpokladem je, že šířka letokruhů je snadno měřitelná veličina. Další je, že sekvence šířek letokruhů představuje dlouhodobý záznam přírůstu stromu nebo porostu, který je možné kvantifikovaně vyhodnotit. Pro aplikaci do navazujících oborů je nutný předpoklad, že tloušťkový přírůst je výsledkem mnoha faktorů, ať již faktorů vnitřních, jako je věk nebo genetické vlastnosti dřeviny, tak i faktorů vnějšího prostředí, jako je vodní režim stanoviště, přítomnost živin na stanovišti, světelné podmínky, klimatické podmínky, imise apod. Do faktorů vnějšího prostředí lze zařadit také komplexnější ekologické vlivy tvořící dynamiku porostů a hospodářské vlivy kupříkladu výchovné zásahy. Dále předpokládáme, že za pomoci speciálních postupů lze určit rok vzniku jednotlivých letokruhů a za

pomocí jeho charakteristik (šířka a srovnání šířky s okolními letokruhy) lze určit vliv faktorů, které na jeho růst působily. Důležitou charakteristikou letokruhu je také tvorba dvojí struktury, jarního a letního dřeva. Jarní dřevo se tvoří od začátku vegetačního období a je tvořeno širokými a tenkostěnnými buňkami. Letní dřevo se vytváří ke konci vegetačního období a je tvořeno užšími, zploštěnými a silnostěnnými buňkami. Podíl jarního a letního dřeva má výrazný vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. Vizually rozlišitelný přechod letního a jarního dřeva je také snadno rozpoznatelným znakem hranice letokruhů (DRÁPELA & ZACH 1995).

Dalším ze stěžejních předpokladů je také samotná přítomnost letokruhů na příčném řezu kmene. Přítomnost letokruhů je závislá na periodicitě vegetačního období a vegetačního klidu. Tato periodicitu je v podmínkách mírného pásma podmíněna indukcí vegetačního klidu zimním obdobím. V pásmu opadavého tropického lesa je vegetační klid způsoben obdobím sucha. V oblastech s neměnným klimatem v průběhu roku tzv. stacionárním klimatem v pásmu tropického deštného lesa se vyskytují dřeviny bez letokruhů (KYNCL 2017).

1.2.2 Dendrochronologie – vývoj ve světě a ČR

První znalosti o letokruzích a jejich původu můžeme nalézt již ve starověkém Řecku v knize Aristotelova žáka Theofrasta (372–287 př. Kr.) s názvem *Historia Plantarum*, ve které popisuje roční původ letokruhů a vliv počasí na kvalitu dřeva. Dalším, kdo se zabýval letokruhy, byl Leonardo da Vinci (1452–1519), který již vydedukoval i vliv počasí na růst samotných letokruhů. Od 18. století se objevují první autoři, jež začali objevovat potenciál letokruhů a využití jejich měření pro různé aplikace. Příkladem je Duhamel du Monceau (1700–1782), který sledováním letokruhů monitoroval projevy vymrzání vinné révy, nebo Charles Babbage (1791–1871), který poukázal na možnost využití letokruhů u fosilních nálezů (KYNCL 2017).

Avšak za zakladatele dendrochronologie je považován až americký astronom Andrew Ellicott Douglass (1867–1962), a kolébkou vědního oboru je tedy USA (ŠEBÍK & POLÁK 1990; FRITTS 2001). Hlavním předmětem jeho výzkumu byly sluneční skvrny a cyklicita sluneční aktivity. Předpokládal, že sluneční aktivita má vliv na klima, zejména na vývoj srážek. Bohužel meteorologické záznamy byly

krátké a neúplné, takže nemohl svoji hypotézu potvrdit. Možnost využít letokruhů jako záznamu srážkového vývoje získal v roce 1901 při výletě do arizonských lesů, kde si povšiml, že oproti vlhčím stanovištím Nové Anglie jsou porosty mnohem řidší a odvodil, že srážkové úhrny jsou hlavním limitujícím faktorem. Svou hypotézu díky letokruhové analýze nakonec potvrdil. Pro vlastní analýzu využil i metodu křížového datování. Podle některých zdrojů byla tato metoda poprvé popsána Duhamelem a Buffonem v roce 1737 a využita dalšími průkopníky dendrochronologie v minulosti. Douglass ji však poprvé použil pro rozvinutí celého vědního oboru. Za pomoci křížového datování se mu v roce 1914 podařilo sestavit pomocí na sebe navazujících a překrývajících se časových řad utvořit časovou řadu o délce téměř 500 let. V roce 1937 založil na Arizonské univerzitě v Tucsonu první specializované pracoviště na výzkum letokruhů (DRÁPELA & ZACH 1995).

Prvním pracovištěm, které se zabývalo letokruhovou analýzou v Československu byl Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti ve Zbraslavi-Strnadlech, kde v roce 1951 založil laboratoř náš první dendrochronolog Bohuslav Vinš (WWW2). Toto pracoviště bylo primárně určeno ke zkoumání produkční ekologie lesa a hodnocení vlivu průmyslových imisí na lesy. Česká dendrochronologie navazovala zejména na střeoevropskou chronologii jedle Beckera a Siebenlistové, kteří zpracovávali chronologii jedle z konstrukcí ve Francii, Švýcarsku, Německu a Rakousku. Od 90. let v České republice začala vznikat další pracoviště, která se začala specializovat na specifické druhy dřevin. Jehličnany, zejména jedle, začala zpracovávat skupina při Botanickém ústavu Akademie věd České republiky v Průhonicích, kterou založil Jaroslav Dobrý a na níž navázalo pracoviště DendroLab Brno. Dubem, jakožto dlouhověkou dřevinou vhodnou pro dlouhodobou chronologii, se začal zabývat Archeologický ústav Akademie věd České republiky v Mikulčicích a následně laboratoř Mendelovy univerzity v Brně (KYNCL 2017).

1.3 Střední les a pařezení

Ze zkušeností pěstování lesů a hospodářské úpravy lesů se postupem času utvořil pojem tzv. hospodářských tvarů lesa, které se rozlišovaly především podle způsobů vzniku lesa, a podle nichž se odvíjely pěstební zásahy, taxační charakteristiky a hospodářské využití. Vznik lesa je buďto generativní povahy tj. ze semene (přirozeně opadem semene, sítí či umělou obnovou sazenicemi ze semene) nebo vegetativní povahy, převážně výmladností (schopností dřevin vytvářet prýty z adventivních pupenů). Na základě těchto způsobů vzniku lesa rozlišujeme tři typy tvarů lesa. Vysoký les (vysokokmenný les, kmenovina) je tvořen výhradně jedinci generativního původu. Jedná se o základní hospodářský tvar lesa, který plní všechny funkce lesa. V současné době tvoří 99,9 % lesů v ČR. Doba obmytí je orientačně 80 až 150 let. Dále je nízký les (výmladkový les, pařezina), který je tvořen výhradně jedinci vegetativního původu a téměř výhradně pařezovou výmladností. Schopnost pařezové výmladnosti mají jen některé listnaté dřeviny, především dub, habr, olše, lípa, jasan, jilm, akát a topol. Kořenovou výmladností disponují dřeviny akát a osika, avšak tyto dřeviny nejsou hospodářsky využívány (POLENO et al. 2007). Jedinci výmladkového původu vykazují výraznou produkci v mladším věku, avšak tuto schopnost rychle ztrácí a po 40 až 60 letech již produkčně velmi ochabují (VYSKOT 1978). Doba obmytí tedy zpravidla nedosahuje vyšších hodnot, spíše ještě nižších. Tento tvar lesa je podle Hédla a Szabóa (HÉDL & SZABÓ 2010) prvním promyšleným způsobem využívání lesa v Evropě. Třetím tvarem lesa je les střední (sdružený), který je kombinací dvou předešlých tvarů. Uplatňuje se zde jak vegetativní, tak generativní původ. Tvoří se zde tedy výškově i původem odlišené etáže s rozdílným hospodářským využitím a rozdílnou dobou obmytí (POLENO et al. 2007).

1.3.1 Střední les a pařezení – historie

Od dob pravěku až po 19. století převážná část evropského osídlení závisela v zimních obdobích na palivovém dříví (SZABÓ et al. 2015). Záznamy o pařezení můžeme nalézt již v době bronzové. Na území Velké Británie bylo pařezení využíváno při osídlení Římany a následně Sasy. Od poloviny 13. století je ve Velké Británii pařezení výhradním způsobem hospodaření (RACKHAM 2003). Tento trend je univerzální pro veškeré osídlení západní a střední Evropy. Způsob hospodaření

pařezením zaručoval pravidelný přísun palivového dříví malých rozměrů, manipulovatelných a dopravitelných lidskou silou. Od vrcholného středověku se začíná rozšiřovat i hospodaření tvarem středního lesa. V 16. století je v některých zemích Evropy ponechávání výstavků pro kvalitní dříví dokonce nařízeno legislativně. V průběhu 17. a 18. století je pařezení také zdrojem dříví pro výrobu dřevěného uhlí pro hutnický a sklářský průmysl. V případě dubu byl i zdrojem tříslové kůry pro koželužství (EVANS 1992).

Změna nastala až s nástupem fosilních paliv, především uhlím, v 19. století. S touto změnou přišla i razantní změna nároků na kvalitu dříví. Se snižující se potřebou dříví jako energetické suroviny a náhlým zvyšováním potřeby kvalitního dříví pro konstrukční účely, především dolovinu, se prudce změnil i charakter veškerých evropských lesů (SIEFERLE 2001).

Z historie lesů Českého krasu, přesněji lesů karlštejnského panství, které jsou vzdálené jen několik kilometrů od PR Na Voskopě, máme dochovány písemnosti od roku 1732, které popisovaly lesy převážně listnaté, z většiny pařeziny s výstavky, zejména borovými. Pozdější popisy lesa z roku 1802 dále naznačují, že stavebního dříví je nedostatek a většinu produkce tvoří právě pařeziny. Nově sepsaný elaborát Jakubem Schmidtem z roku 1806 popisuje karlštejnské lesy jako žalostné a navrhuje razantní obrat k lesu vysokému (NOVÁK & TLAPÁK 1974).

1.3.2 Střední les a pařezení – hospodářské a ochranné využití

Pro hospodářský les je stěžejním předpokladem jeho ekonomický potenciál. Ze srovnání nízkých a středních lesů s lesy vysokými na stanovištích různé kvality ve Švýcarsku (BALLY 1999) bylo zjištěno, že na chudých stanovištích byla variabilita výnosů nižší a čistý výnos vyšší než z lesa vysokého. Na bohatých stanovištích byl čistý výnos vyšší u lesa vysokého. Podle dvouletého výzkumu v Rakousku (HOCHBICHLER 1993) bylo zjištěno, že při zachování poměru cen sortimentů, zůstane hlavním nositelem hodnotové produkce středního lesa etáž výstavků. Hodnotová produkce středního lesa také lineárně stoupala s počtem výstavků. Při zápoji ze dvou třetin tvořeným korunami výstavků již hodnotová produkce dosahovala trojnásobku oproti nízkému lesu. Podle Schütze (SCHÜTZ 1993) je důvodem nižší hodnotové produkce středního lesa oproti vysokému fakt, že hustota

výstavků v horní etáži, nutná pro umožnění růstu nových generativních jedinců v etáži spodní, nedovoluje využít růstový potenciál stanoviště v plné míře. Autor dále prokázal, že střední les produkuje z celkové produkce 70 % a více paliva. Za předpokladu, že sortimenty vyšší kvality budou oproti palivovému dříví řádně oceněny, je tedy les vysoký ekonomicky výhodnější než les nízký, a střední les je ekonomicky závislý na produkci výstavků. Opuštěné pařeziny na území České republiky neposkytují dostatečné množství dat, ale podle Kadavého a kol. (KADAVÝ et al. 2011) mohou pařeziny mít srovnatelnou objemovou produkci s lesem vysokým. Podle Utínka jsou přírůsty více ovlivněny přírodními podmínkami než tvarem lesa (UTÍNEK 2004).

V minulosti nebyl natolik intenzivní způsob hospodaření, jakým je pařezení, pro ochranné účely zvažován (SZABÓ 2010). Avšak ústup tohoto způsobu hospodaření je zřejmě hlavní příčinou úbytku výskytu vegetace světlých nížinných lesů ve střední Evropě (VERA 2000). Právě bezzásahový management v chráněných oblastech či převod na les vysoký způsobují homogenizaci vegetace a vymizení světlomilných druhů (KOPECKÝ et al. 2013). Homogenizací vegetace dochází i k úbytku počtu druhů v keřovém patře, jak potvrzuje Hédl (2004) v NPR Děvín. Maloplošné prosvětlující zásahy a pařezení, narušující homogenizaci porostu, tedy přispívají k ochraně světlomilných druhů flóry. Pokud se jedná o biodiverzitu bezobratlých živočichů, tak na základě výzkumu z dubových porostů jižního Švédska je patrné, že maloplošné prosvětlování porostu také vede ke zvýšení biodiverzity brouků (FRANC & GÖTMARK 2008). Dále například v Milovickém lese se díky monitoringu ohrožených druhů motýlů prokázalo, že lesy nízké a střední jsou pro biodiverzitu druhů motýlů velmi vhodné (BENEŠ et al. 2006).

1.4 Charakteristika analyzovaných dřevin

1.4.1 *Quercus petraea* – dub zimní

Rod *Quercus* zahrnuje okolo 320 druhů vyskytujících se na území Severní Ameriky, Východní Asie a Evropy. V Evropě se vyskytuje okolo 20 druhů dubu (KLIKA 1947). Na území České republiky se rozlišuje 8 druhů, přičemž hlavními hospodářskými dřevinami jsou dub letní (*Quercus robur*) a dub zimní (*Quercus petraea*; ÚŘADNÍČEK et al. 2009).

Dub zimní je druh světlomilný. Tvoří tedy ve smíšených porostech hlavní úroveň (KACÁLEK et al. 2017). Na rozdíl od dubu letního, především lužního ekotypu, je schopný vydržet silně vysychavé půdy a přežije i v lesostepních podmínkách (ÚŘADNÍČEK et al. 2009). Z hlediska živin je schopný se vyskytovat na půdách kyselých i živných (POLENO et al. 2007). Areál rozšíření je téměř na celém území Evropy s výjimkou kontinentální východní Evropy, jižní části Pyrenejského poloostrova a Skandinávského poloostrova, kde se vyskytuje pouze v jižních částech Norska, Švédska a Dánska. Kromě Evropy se vyskytuje i v Malé Asii, na pobřeží Černého moře a na Kavkazu (VYSKOT 1958). U nás dominuje především v prvním a druhém lesním vegetačním stupni. Ve třetím a čtvrtém stupni už přebírá dominanci buk lesní a dub zimní je pouze přimíšen. Ve třetím stupni je dub dominantní pouze na exponovaných stanovištích, kde je vodní režim pro buk nedostatečný. V nultém stupni se také vyskytuje jako příměs. Obývá především stanoviště vysychavá, bazického charakteru. Stanovištím s příznivějším vodním režimem a stanovištím kyselé řady dominuje dub letní (VIEWEGH 2003).

Dřevo dubu je kruhovitě pórovité (ŠLEZINGEROVÁ & GANDELOVÁ 2002). Díky velkým trachejím na příčném řezu soustředěným v jarním dřevě u hranice letokruhů jsou tedy hranice snadno rozlišitelné. Dubové dříví je nejcennějším dřívím u nás. Vlivem vysokého obsahu tříslovin je velmi trvanlivé, a to i ve vodním prostředí. Používá se tedy na vodní stavby, lodě, v truhlářství, nábytkářství, na výrobu pražců a parket. Výřezy nejvyšší jakosti s jemnými letokruhy se používají pro výrobu dýh (VYSKOT 1958).

1.4.2 *Sorbus torminalis* – jeřáb břek

Rod *Sorbus* zahrnuje více než 250 druhů rozšířených na celém území severní polokoule. V Evropě se vyskytuje na 91 druhů jeřábů (PHIPPS et al. 1990), kde se, především ve střední Evropě, vyskytují druhy s velkou schopností hybridizace mezi sebou (JANKUN 1993). Až 70 z 91 druhů v Evropě vzniklo hybridizací (PHIPPS et al. 1990) a tyto hybridní druhy si udržují stálou populaci především díky schopnosti tvořit neoplozená semena geneticky identická s mateřským jedincem, tzv. apomixie (HEJNÝ et al. 2003). Také morfologická variabilita rodu je značná (GABRIELIAN 1978; AAS et al. 1994). Taxonomické rozčlenění je tedy velmi komplikované a, dovoluji si tvrdit, stále neustálené. Mezi významnější druhy jeřábů na území ČR patří především jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), jeřáb muk (*Sorbus aria*) a jeřáb břek (*Sorbus torminalis*).

Jeřáb břek se vyskytuje v Evropě nejseverněji ve střední Anglii, Německu a Polsku, nejvýchodněji ve středním Rusku, Kavkazu až Zakavkazí, Turecku, Sýrii, a nejjihněji se vyskytuje v severní Africe (MEUSEL et al. 1965). Břek má velice malou konkurenční schopnost, netvoří tedy hlavní dřevinu porostů a vyskytuje se jen vtroušeně (HEJNÝ et al. 2003). Na rozdíl od jeřábu ptačího, jež je s výjimkou mladých jedinců značně světlomilný a má charakteristiky pionýrské dřeviny (KACÁLEK et al. 2017), je jeřáb břek schopný přežít i zmlazovat v zástínu, avšak jeho růstová schopnost je velmi nízká (PYTTEL et al. 2013). Z hlediska živin je tato dřevina spíše indiferentní, vyskytuje se v bazických vápnatých i v kyselých chudých substrátech. Je také velmi rezistentní vůči suchu, avšak je velmi málo odolná proti chladu (POLENO et al. 2007). Výskyt je tedy omezen především na oblasti nížin až pahorkatin a spíše oblasti termofytika. Typický výskyt je v teplomilných doubravách svazu *Quercion pubescenti-petraeae* a dubohabřinách svazu *Carpinion*, zřídka i ve vápnomilných bučinách a v acidofilních doubravách (HEJNÝ et al. 2003).

Dřevo jeřábů je roztroušeně pórovité (ŠLEZINGEROVÁ & GANDELOVÁ 2002) a velmi světlé bez barevného rozlišení jarního a letního dřeva. Hranice letokruhů je tedy zřetelná pouze jako zúžení hraničních buněk. Tvrdé a pevné dřevo se dříve používalo v řezbářství, avšak produkční potenciál je velmi nízký. Používá se i jako okrasná dřevina do alejí nebo jako solitéra (HEJNÝ et al. 2003).

2 Charakteristika lokality

2.1 Český kras

Krajina Českého krasu se rozkládá jihozápadně od Prahy směrem na Beroun. Jedná se o jedinečnou oblast na vápencovém podloží s teplomilnou vegetací a unikátními krasovými útvary. Pro svojí jedinečnost má jak krajinářskou, tak i přírodovědnou hodnotu. Z toho důvodu na téměř celém území byla v roce 1972 vyhlášena chráněná krajinná oblast o rozloze 130 km². Na území se nachází dvě národní přírodní rezervace, čtyři národní přírodní památky, devět přírodních rezervací a šest přírodních památek (WWW1).

2.1.1 Geografická charakteristika

Nejvyšším bodem Českého krasu je Bacín s nadmořskou výškou 499 m n. m. Nejnižšími místy jsou údolí toku Berounky a Vltavy, přičemž nejnižší bod je v Praze-Podolí v místě, kde Vltava území Českého krasu opouští (190 m n. m.). Pro geografickou charakteristiku můžeme Český kras rozdělit na tři dílčí specifické oblasti: Karlštejnskou vrchovinu, Pražskou plošinu a Hořovickou brázdu.

Karlštejnská vrchovina tvoří jádro Českého krasu. Jedná se o poměrně plochou vrchovinu se střední nadmořskou výškou 360,8 m n. m. Je tvořena velmi zvrásněnými silurskými břidlicemi a silurskými a devonskými vápenci. Mírně zvlněný reliéf je rozčleněn hlubokým údolím Berounky se strmými svahy a zařezanými koryty jejích přítoků. Silné zahlinění zamezuje tvorbě povrchových krasových jevů, avšak tato oblast je charakteristická četnými jeskyněmi a vápencovými lomy. Nejvyšší bod Českého krasu – Bacín – se nachází v této oblasti. Dalšími významnými terénními body jsou Kobyla (470 m n. m.), Koukolova hora (471 m n. m.) a Zlatý kůň (475 m n. m.).

Na severovýchodní část území zasahuje Pražská plošina dvěma okrsky, Třebotovskou plošinou a Pražskou kotlinou. Třebotovská plošina je členitá pahorkatina v blízkosti údolí Berounky a Vltavy. Reliéf je značně rozčleněný s tendencí erozního zarovnávaní. Plošina je tvořena velkým množstvím neogenních zarovnaných povrchů, strukturními hřbety a ostře zařezaným údolím toků s drobnými krasovými útvary. Nejvyšším bodem je Hradinovský kopec (410 m n. m.). Dalšími významnými body jsou Děvín (310 m n. m.), Dívčí hrady (302 m n. m.), Kulivá hora

(389 m n. m.) či Sulava (363 m n. m.). Pražská kotlina zasahuje jen nepatrně na východním okraji svým vápencovým útvarem Barrandienu.

Jihovýchodní okraj tvoří Hořovická brázda, přesněji sem zasahuje svým východním okrskem Řevnická brázda. Jedná se o široké údolí řeky Berounky ohraničené strmými svahy okolních hřebenů a Karlštejnské vrchoviny. Brázda je tvořena břidlicemi svrchního ordoviku a vyplněná sedimenty v údolní nivě a na nízkých terasách. (ANONYMUS s. d.).

2.1.2 Klimatické podmínky

Český kras se nachází v mírně teplé klimatické oblasti. Území je rozděleno na dva okrsky. Dvě třetiny území, od severovýchodu po spojnici Zadní Třebáň – Tobolka – Králův Dvůr, zaujímá okrsek mírně teplý, mírně suchý, převážně s mírnou zimou. Zbývající jihozápadní třetina území připadá na okrsek mírně teplý, mírně vlhký s mírnou zimou a charakterem pahorkatiny. Průměrné roční teploty se pohybují od 8,3 do 8,7 °C. Přičemž nejvyšší denní teploty připadají na červenec (cca 18 °C) a nejnižší na leden (cca -1,5 °C). Průměrné lednové teploty zpravidla neklesají pod - 3 °C. Jedná se tedy o velice mírné zimy. Průměrná délka vegetačního období (počet dní s průměrnou denní teplotou více než 10 °C) je podle meteorologické stanice v Králově Dvoře, a to 163 dní (26. 4. – 5. 8.).

Průměrný úhrn srážek se pohybuje v intervalu od 480 do 564 mm. Měsíční srážková maxima připadají na červenec, minima na únor. Na vegetační období připadá 66 – 68 % (320 – 377 mm) ročního úhrnu. Úhrn srážek je tedy velice nízký, avšak je z hlediska vegetace vhodně rozložen během roku (ANONYMUS s. d.).

2.1.3 Geologické a pedologické podmínky

Geologické podloží Českého krasu je primárně tvořeno devonskými vápenci, které tvoří geologické jádro Českého krasu. Po obvodě jsou tyto vápence lemovány vrstvami svrchního siluru a dále k okraji také vrstvami spodního siluru a spodního ordoviku. Vrstvy svrchního siluru složené především z vápenců a vápnitých břidlic můžeme ve velkém rozsahu najít na jihozápadě území mezi obcemi Liteň a Koněprusy. Směrem na jihozápad, především v okolí obcí Bykoš a Želkovice, navazují na svrchní silur břidlice spodního siluru. Po obvodu celého území se nachází břidlice zdických vrstev svrchního ordoviku. Na severovýchodě území jsou k

nalezení i křídové pískovce, především mezi obcemi Kuchař – Vysoký Újezd – Slivenec. Ojedinelé výskyty třetihorních písků a štěrků jsou u obcí Korno, Kosoř a Lochkov. Na spíše rovinném až mírně zvlněném terénu se mohou vyskytovat i hlíny pleistocenního stáří a v okolí vodních toků jsou naplavené sedimenty holocénu.

Vzhledem k velkému podílu především silurských a devonských vápenců v geologickém podloží Českého krasu je téměř polovina půd tvořena právě na těchto horninách. Nejčastějším půdním typem tedy je kambizem rendzinová, která je světlá až kakaově hnědá, jílovitohlinitá, kostičkově rozpadavá, s tendencí k vysychání a tvrdnutí. Skeletovou příměs tvoří bělavý vápencový štěrk, s jehož stoupajícím podílem přechází půdní typ do rendzin, druhého nejhojnějšího půdního typu v Českém krasu. S dalším zvyšováním podílu vápencového skeletu a snižováním hloubky půdního profilu přechází půdy až k nevyvinutým litozemím typickým karbonátovým. Tato stanoviště jsou jen ostrůvkovitě pokryta humusem a vegetace má charakter dealpínského boru (0X) s převažujícím podílem pionýrských dřevin.

Ostatní půdní typy vznikly zvětráváním břidlic různé kvality. Na těchto horninách vznikla především kambizem typická mezotrofní. Na horninách s nízkým obsahem vápence, jako je rohovec či křemenec, se vyvinula i kambizem oligotrofního charakteru. Na křemenných podložích nacházíme i kambizem rankerovou a ranker. Na ostrůvky třetihorních písků je vázána kambizem arenická. V místě výskytu pleistocenních hlín a spraší byly vhodné podmínky pro vyvinutí kambizemí luvických a hnědozemí typických. V oblastech s vysokou hladinou vody se utvořily gleje a vodní toky zpravidla doprovází fluvizem (ANONYMUS s. d.).

2.1.4 Hydrografické poměry

Na území Českého krasu je po hydrografické stránce nejvýraznějším tokem řeka Berounka. Avšak vodní režim tohoto území příliš neovlivňuje. Vodní režim je ovlivňován především jejími přítoky, kterými jsou zleva Loděnice, Bubovický potok, Karlický potok, Kluček, Švarcava, Radotínský potok a Jinočanský potok. Zprava se pak do Berounky vlévá Litavka se svým přítokem Suchomastským potokem, Stříbrný potok a Bělečský potok. Berounka se poté v Lahovicích vlévá do Vltavy, jež protéká pouze krátce východním okrajem území. Z vodních ploch je významný rybník Měrák a sousedící Prostřední rybník u Popovic, údolní nádrž Suchomasty a

rybník Obora severozápadně od obce Liteň. Veškerá voda z území je odnášena Vltavou prostřednictvím Berounky do Severního moře (ANONYMUS s. d.).

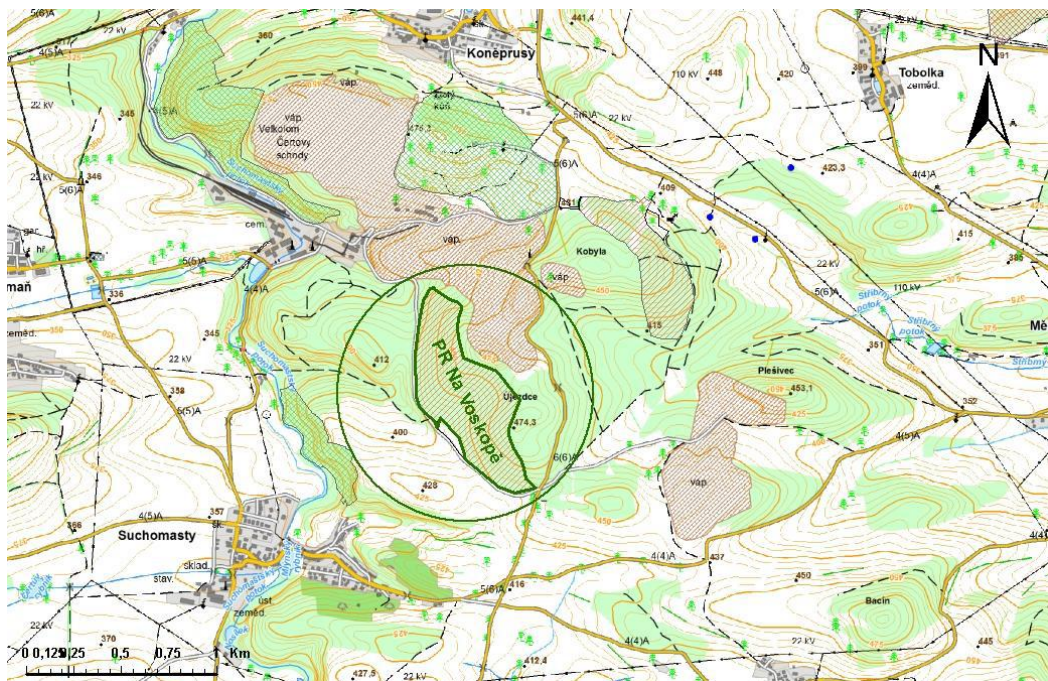
2.1.5 Vegetace

Většina území Českého krasu spadá do termofytika a kolinního vegetačního stupně. Pouze jižní část leží v hraniční části mezofytika. Na poměrně bohatých vápenatých substrátech je tu k nalezení velká různorodost rostlinných společenstev s rovnoměrně zastoupenými mezofyty a termofyty, spíše submediteránního charakteru. Velká část termofytů jsou typické pro západní Evropu, řidčeji také pro Panonii. Zajímavou složkou flóry jsou kontinentální druhy ponticko-panonského charakteru a druhy perialpinské a dealpinské vegetace. Členitý region charakterizuje značně zastoupená kalcifytní vegetace, acidofyty se vyskytují jen výjimečně. Avšak severní část území je spíše rovinatého charakteru (Bělohorská tabule) a vyskytují se zde na písčitéch a jílových substrátech spíše chudá rostlinná společenstva s převažujícím zastoupením mezofytů. Krajina je spíše zemědělsky obdělávána. Velké lesní komplexy nejsou obvyklé. Les je převážně mozaikovitě rozčleněn po krajině. 2. buko-dubový a 3. dubo-bukový lesní vegetační stupeň v Českém krasu převažuje (ANONYMUS s. d.). Dominujícím typem vegetace jsou teplomilné doubravy a dubohabřiny. Na jižních svazích se nachází skalní stepi, na severních poté suťové lesy a vápnomilné bučiny. Na stinných skalách můžeme nalézt i dealpinské prvky. Netypická vegetace se nachází v okolních sníženinách a na plošině jihozápadně od Prahy, kde je vápenec přikryt mladšími kyselými sedimenty. V jižních částech jsou potenciální přirozenou vegetací šipákové doubravy svazu *Quercion pubescenti-petraeae*, především *Lathyro versicoloris-Quercetum pubescentis* a *Torilido-Quercetum*. Doubravy se v krajině prolínají s dubohabřinami z asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum*. Na prudkých svazích se utvořily suťové lesy *Aceri-Carpinetum*, vzácně přecházející do okroticových bučin *Cephalanthero-Fagetum*. Kolem velkých toků by přirozenou vegetací byly vrbiny *Salicion albae* a okolo menších toků olšové luhy *Stellario-Alnetum glutinosae*. Bezlesí je přirozeně vázáno pouze na velmi prudké skalnaté svahy, v jižní části především svaz *Helianthemo cani-Festucion pallentis*, na severu svaz *Seslerio-Festucion glaucae*. Na jižních svazích se také nachází primární vegetace svazu *Prunion fruticosae*, jež je typickou vegetací křovin. Travnatá vegetace je tvořena v pobřežních pásech Berounky a Vltavy svazem *Phalaridion*

arundinaceae, na xerothermních stanovištích xerothermními trávničky svazu *Festucion valesiaca*, na xerothermních stanovištích s hlubšími půdami i svaz *Cirsio-Brachypodium pinnati*, mezofilní trávničky náleží svazu *Arrhenatherion*. Vlhké louky jsou výjimečné a patří do svazu *Calthion*. Lesní lemy jsou tvořeny svazem *Geranium sanguinei* (LOŽEK et al. 2005).

2.2 Přírodní rezervace Na Voskopě

Přírodní rezervace Na Voskopě byla zřízena na základě nařízení 1/2012 Správy Chráněné krajinné oblasti Český kras ze dne 26. 11. 2012, byly určeny předměty ochrany a vymezeny podmínky ochrany (Správa CHKO Český kras, 2012). Přírodní rezervace se nachází v bezprostřední blízkosti a v dobývacím prostoru vápencového velkolomu Čertovy schody. Jedná se o jihozápadní a západní svahy dvojvrší Na Voskopě (468 m n. m.), který je již odtěžen lomem, a Újezdce (474 m n. m.) v jihozápadní části Českého krasu v katastrálním území obce Suchomasty. Vrcholy se nacházejí těsně za východní hranicí přírodní rezervace. Nadmořská výška je 392–473 m n. m. Celková výměra zvláště chráněného území je 31,5 ha, z toho 24,4 ha lesních pozemků (ANONYMUS 2012).



Obrázek 1 – Lokalizace přírodní rezervace Na Voskopě (Mapový podklad © CENIA).

2.2.1 Vegetace a typologie

Na většině území je vegetace tvořena dubohabrovým hájem svazu *Carpinion* s bohatým bylinným patrem. Jedná se především o nízkokmenné habrové (*Melampyro-Carpinetum*) a subtermofilní doubravy (*Corno-Quercetum*) lokálně přecházející do rozvolněných reliktních pastevních lesů. V těchto doubravách je možné nalézt ohroženou sasanku lesní (*Anemone sylvestris*) a silně ohrožený krušík růžkatý (*Epipactis muelleri*). V severní části území se na vlhčích severních svazích vyskytují

bukové porosty svazu *Fagion* s množstvím odumřelých stromů, které poskytují vhodné podmínky pro vzácné druhy bezobratlých živočichů. V severní části se také vyskytuje dobře zachovalá vápnomilná bučina podsvazu *Cephalanthero-Fagenion* s výskytem pěchavy vápnomilné (*Sesleria calcarea*) a ohroženého zimostrázku nízkého (*Polygala chamaebuxus*), přecházející ve fragment vápencového boru. Na zbývajících svazích spíše západní a jižní expozice se nachází teplomilné doubravy svazu *Quercion pubescenti-petraeae* s vyskytujícími se ohroženým dřínem obecným (*Cornus mas*) a dubem pýřitým (*Quercus pubescens*; ANONYMUS 2012).

Přírodní rezervace Na Voskopě leží v 1. a 2. lesním vegetačním stupni, kde je pro Český kras typickým společenstvem habrová doubrava na vápenci se sušším režimem. Na méně ostrých svazích a jejich úpatích se vyskytují lesní typy souboru 1W (bohatá habrová doubrava vápencová). Na exponovaných svazích a hřebenech přechází do souboru lesních typů 1C (suchá habrová doubrava) a v extrémních vrcholových partiích se vyskytují i lesní typy souboru 1X (dřínová doubrava). Velice malou část zaujímají na spodních částech některých svahů i lesní typy obohaceného souboru 2D (obohacená buková doubrava; ANONYMUS 2012).

2.2.2 Charakteristika porostu experimentální plochy

Experimentální plocha se nachází v severovýchodní části území přírodní rezervace Na Voskopě. V bezprostřední blízkosti lesní cesty směřující do velkolomu Čertovy schody. Jedná se o západně orientovaný svah s průměrným sklonem 18°. Celá plocha má výměru 1,875 ha. Podle porostní mapy přiložené k plánu péče o přírodní rezervaci náleží veškerá experimentální plocha do oddělení 84, dílce B a porostní skupiny 9a (ANONYMUS 2012). Lesní typ porostu je podle typologického průzkumu pana Podhorníka 1W2 (bohatá habrová doubrava vápencová na mírných svazích a hřbetech), v horních částech svahu částečně zasahuje i lesní typ 1A9 (javorohabrová doubrava vápencová se strdivkou jednokvětou; PODHORNÍK 2001). Věk porostu byl v roce 2014 určen pomocí letokruhů na 84 let (JELENECKÁ 2015). V minulosti se zde uplatňovalo hospodaření pařezním s výstavky, jedná se tedy o tvar středního lesa. Avšak od pařezení se ustoupilo před více než 50 lety (ŠÁLEK et al. 2014), pařezový jedinci jsou tedy již starší, než je pro aktivní pařezinu obvyklé.

3 Metodika

3.1 Zkusné plochy a výběr vrtaných výstavků

V rámci experimentálního výzkumu bylo vytvořeno šest zkusných pruhů o šířce 25 metrů a délce 125 metrů. Dva z těchto pruhů byly v předjaří roku 2015 vykáceny v rámci obnovy aktivního středního lesa a byly zde ponechány pouze vybrané výstavky. Pruhy se nacházejí ve svahu s průměrným sklonem 18° a západní expozicí (JELENECKÁ 2015). Výstavky byly vybírány na čtyřech nevymýcených zkusných pruzích. Výstavky z vykácených pruhů nebyly pro vrtání vybírány z důvodu předpokládaného zvýšeného stresu na pasece, a tudíž větší náchylnosti po odebrání vývrtnu. Zkusné plochy budou dále označovány na základě orientace na světové strany (JV, JZ, SV, SZ). Toto rozdělení na zkusné plochy slouží ke zhodnocení prostorové variability získané dynamiky různých částí porostu a bylo vybráno na základě subjektivního zhodnocení variability porostu.



Obrázek 2 – Prostorové umístění zkusných ploch na experimentální ploše (mapový podklad: http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx).

Selekce probíhala pouze z výstavků dubu zimního, jeřábu břeku a javoru babyky. Výběr závisel primárně na základě výčetní tloušťky (dále DBH) získané při strukturální inventarizaci z roku 2014 v rámci diplomové práce A. Jelenecké (JELENECKÁ 2015). Byly vybírány výstavky s nejvyššími hodnotami DBH. Pro

zaručení dostatečné velikosti vzorku byla minimální hodnota DBH určena na 19 cm. Tato hodnota byla vybrána pro dostatečný počet výstavků na ploše k selekci. Výběr byl přizpůsoben i rovnoměrnému rozložení po celých plochách za účelem získání výsledků reprezentujících veškeré zkusné plochy. Cílový počet vrtaných stromů byl určen na 40–50 jedinců a ve výsledku bylo vyvrtáno 43 jedinců dubu zimního a pět jedinců jeřábu břeku. Vývrt javoru babyky nebyl vyvrtán žádný z důvodu nízkých hodnot DBH.

3.2 Sběr dendrochronologických vývrtů

Sběr vývrtů probíhal v červnu roku 2017. Orientování po porostu bylo zajištěno vytištěným mapovým výstupem ze strukturální inventarizace A. Jelenecké (JELENECKÁ 2015). Před vrtáním byl subjektivně zhodnocen zdravotní stav jednotlivých stromů. V případě viditelně zhoršeného zdravotního stavu byl strom vynechán. Výška vrtání byla 0,5 m nad zemí za účelem získání nejstarších letokruhů z prvních let života stromu. V případě nutnosti opakování byly následující vývrty provedeny do 5–7 cm nad či pod prvotní vývrt. Směr vrtání byl orientován rovnoběžně s vrstevnicí, aby se zabránilo projevu reakčního dřeva a deformací způsobenými růstem ve svahu na vyvrtaném vzorku.

Nástrojem byl Presslerův přírůstový lesnický nebozez o délce 400 mm skládající se z pouzdra (rukojeti), ostří a extraktoru. Vyvrtány byly vývrty velikosti 5 mm. Průměr otvoru do stromu byl 10 mm. Po navrtání byl vývrt vytažen za pomoci extraktoru. Na konci dne byly nástroje řádně vyčištěny a zakonzervovány konzervačním olejem.

Získané vývrty byly zkontrolovány na přítomnost suků nebo hniloby. Byl zhodnocen směr vrtání pro získání středu kmene či dostatečné přiblížení ke středu. V případě nadměrného odchýlení od středu kmene byl vývrt opakován. Vhodné vývrty byly následně uloženy do plastových brček, zajištěny kancelářskou sešívačkou a na brčko popsány identifikačním kódem za pomoci permanentního popisovače.

3.3 Příprava vzorků a měření

Vývrty byly vyndány z plastových brček a byly nalepeny na prkna s drážkami disperzním transparentním lepidlem na dřevo. Vývrty jsou uloženy s vertikální orientací cév pro snazší detekci letokruhů. Prkna byla popsána pro pozdější

identifikaci vývrtů. Následně jsou na minimálně dvanáct hodin stažena truhlářskými ztužidly do úplného zatuhnutí lepidla.

Po zatuhnutí lepidla byla prkna zbrušena na bruskách ve dřevařské dílně v dřevařském pavilonu FLD. Pro zbrúšení byly použity brusné papíry hrubosti 150, 180, 220, 320 a 400. Broušení hrubým brusným papírem hrubosti 150 a částečně i 180 slouží k odebrání materiálu z vývrtu a k získání velké plochy, na které lze sledovat průběh letokruhů. Hrubost 180 a jemnější slouží k postupnému vyhlazování povrchu pro lepší čitelnost při měření.

Po zbrúšení jsou prkna se vzorky připravena k samotnému měření. Měření probíhalo v dendrochronologické laboratoři Katedry ekologie lesa. Pro měření se používá měřicí stůl TimeTable TT-85 či Rinntech LINTAB a binokulární lupy s ca 1–6 násobným zvětšením. Digitalizaci dat při měření zajišťuje software TSAPWin v. 4.69k Professional. Měření je prováděno od kůry do středu a probíhá v krocích po setinách mm. Získané letokruhové řady jsou ukládány ve formátu *.fh* (heidelberg format).

3.4 Křížové datování

Křížové datování porovnává sekvenci širokých a úzkých letokruhů za účelem určení pozice skutečných hranic letokruhů. Dendrochronologický vývrt je v tomto smyslu jako čárový kód s různými šířkami letokruhů. Tyto sekvence se dají porovnávat s vývrty z ostatních stromů, aby se zjistila přítomnost všech letokruhů ve vzorku. Tato metoda je schopna určit, zda ve vzorku chybí letokruhy nebo zda strom vytvořil dva a více letokruhů za jediný rok. Výsledkem křížového datování je přesné určení roku vzniku pro každý letokruh ve vývrtu (SPEER 2010).

Veškeré úkony křížového datování byly prováděny v programu CDendro verze 8.2. Nejprve byly naměřené vzorky srovnány mezi sebou za pomoci funkce *Test towards rest of collection*. Vzorky s vysokým korelačním koeficientem byly vybrány jako vstupní data pro vytvoření průměrné křivky. Minimální korelační koeficient pro výběr do průměrné křivky byl stanoven na 0,75. Průměrná křivka byla vytvořena z 24 naměřených křivek a dosahovala velikosti vzorku deset a více křivek do roku 1887 a pět a více křivek do roku 1885. Všechny vybrané křivky byly vývrty dubu zimního.

Pro malý počet vývrtů jeřábu břeku nebylo možné utvořit druhově specifickou referenční křivku, avšak referenční křivka dubu zimního se ukázala být dostatečná.

Průměrná křivka byla následně využita jako referenční křivka pro samotné křížové datování. Při srovnávání křivek s referenční křivkou byly srovnávány korelační koeficienty pro celý rozsah křivek a korelační koeficienty pro dvacetileté intervaly. Pokud bylo potřeba detailnější zhodnocení, byly využity i desetileté intervaly. V případě jakýchkoliv nesrovnalostí byly jednotlivé úseky na vývrtu zrevidovány pro výskyt zakrnělých letokruhů či falešných hranic letokruhů. Při nalezení chybějícího letokruhu byl přidán letokruh s nulovou šířkou, aby se zachovala datace starších letokruhů.

3.5 Statistické zpracování dat

Průměrné křivky pro celý porost, pro dílčí zkusné plochy a pro jednotlivé druhy dřevin byly vytvořeny za pomoci funkce *Create mean value sample* v programu CDendro verze 8.1. Jejich grafické znázornění bylo vytvořeno za pomoci funkce *PlotGrowth* balíčku TRADER 1.2-3 v programu R verze 3.4.3. Křivka je znázorněna jako spojnice bodů a doplněna o polynomickou křivku čtvrtého řádu jako spojnici trendu. Průměrné křivky jsou tvořeny až od roku s pěti a více stromy pro zajištění reprezentativního vzorku.

Veškerá statistická analýza uvolnění byla provedena v programu R verze 3.4.3 za pomoci balíčků TRADER 1.2-3 a dp1R 1.6.7. Pro intuitivnější práci s programem R byl využit program RStudio v. 1.1.383. Zásadní otázkou byl výběr metody určení uvolnění. Podle Müllerové a kolektivu (Müllerová et al. 2016), jejichž výzkum je předlohou této práce, se na obdobných lokalitách v Českém krasu na dubových výstavcích neosvědčila *Boundary Line* metoda (dále BL metoda) Blacka a Abramse (BLACK & ABRAMS 2003). Byla tedy po vzoru této práce vybrána metoda procentuální změny růstu Nowackiho a Abramse. Tato metoda nevyžaduje velké množství vstupních dat a je univerzální na veškeré druhy dřevin. V této metodě se vypočítá průměrná šířka letokruhů předcházejících deseti let (včetně cílového roku) M_1 a průměrná šířka letokruhů nadcházejících deseti let M_2 . Procentuální změna růstu % GC [Growth change] je dána vzorcem: $\% GC = [(M_2 - M_1)/M_1] * 100$. Pokud je % GC větší než 50 %, jedná se o silné uvolnění. Pokud je % GC větší než

25 % a menší než 50 %, jedná se o slabé uvolnění (NOWACKI & ABRAMS 1997). Veškerá uvolnění byla zhodnocena pro celou plochu a jednotlivé zkusné plochy. Uvolnění nebylo uvažováno do 10 let věku. Významné epizody uvolnění (hlavní rok ± 3 roky) byly vyobrazeny i v rámci prostorové struktury porostu za pomoci programu ArcMap v. 10.5.1.

Korelace mezi zkusnými plochami byly zjištěny pomocí srovnávání průměrných křivek v programu CDendro verze 8.1.

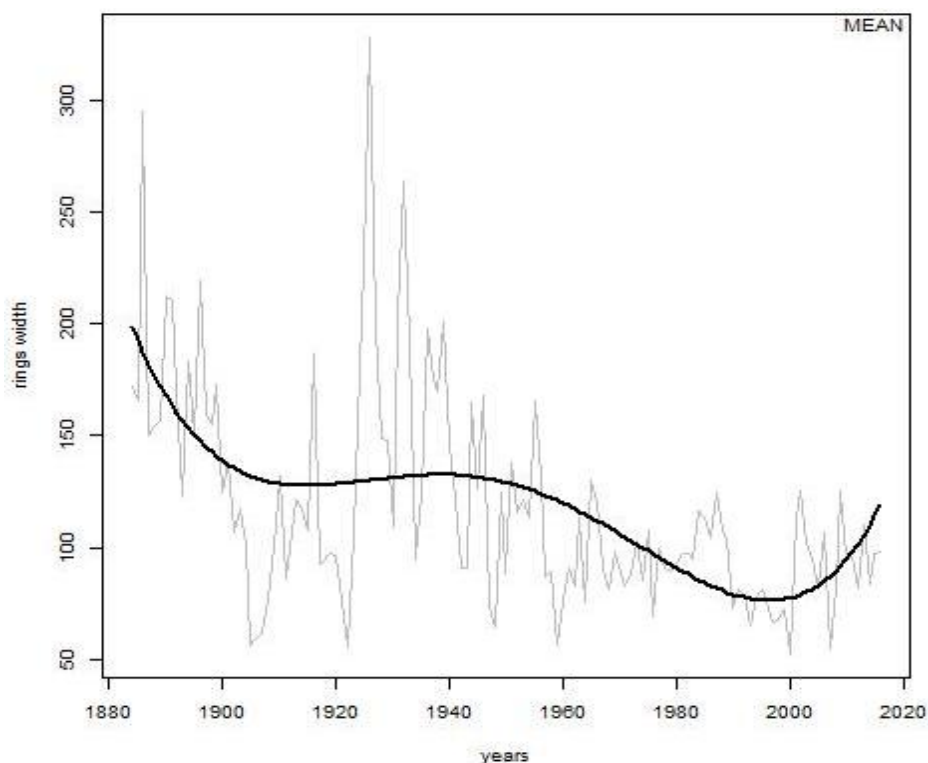
Věková struktura vrtaných výstavek byla zjišťována pouze z vývrtů obsahujících dřeň kmene. Věková struktura není hlavní výsledek, jelikož věk porostu byl zjišťován již při strukturální inventarizaci v roce 2014. Slouží tedy pouze jako doplněk k výsledkům dynamiky zjištěné z detekce uvolnění, tudíž věk výstavek s vývrty mimo dřeň kmene nebyl nijak odhadován.

4 Výsledky

4.1 Dendrochronologické křivky

4.1.1 Průměrná křivka celé plochy

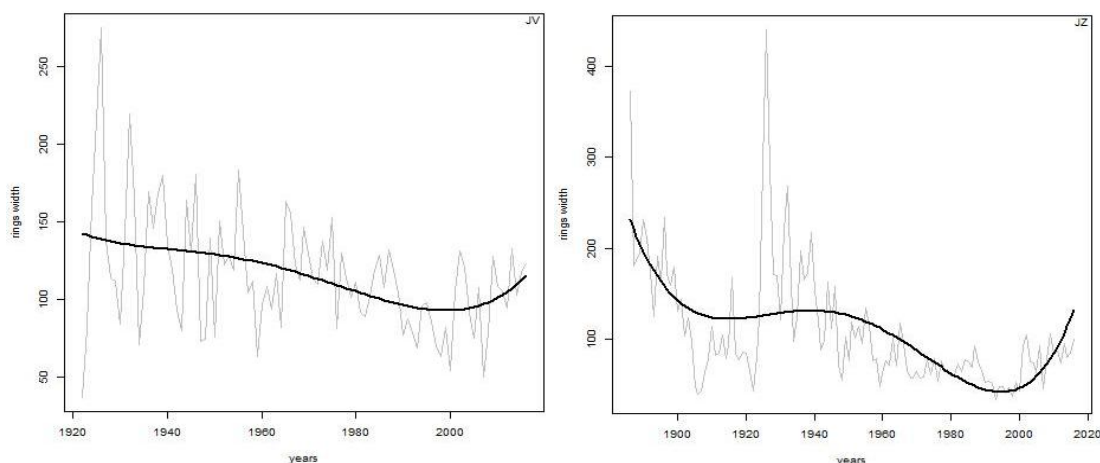
Z průměrné křivky ze všech naměřených stromů můžeme vidět, že při počátku růstu prvních stromů byl růst poměrně vysoký (2 mm/rok). V první polovině 20. století začalo docházet k drobnému zvýšení přírůstu okolo roku 1910 a velkému zvýšení po roce 1920, což je podrobněji znázorněno i metodou detekce uvolnění, která odhalila dvě významnější epizody okolo roku 1914 a 1923. V druhé polovině 20. století došlo k poklesu růstu až na hodnoty pod 1 mm/rok, avšak okolo roku 2000 dochází opět k mírnému nárůstu.



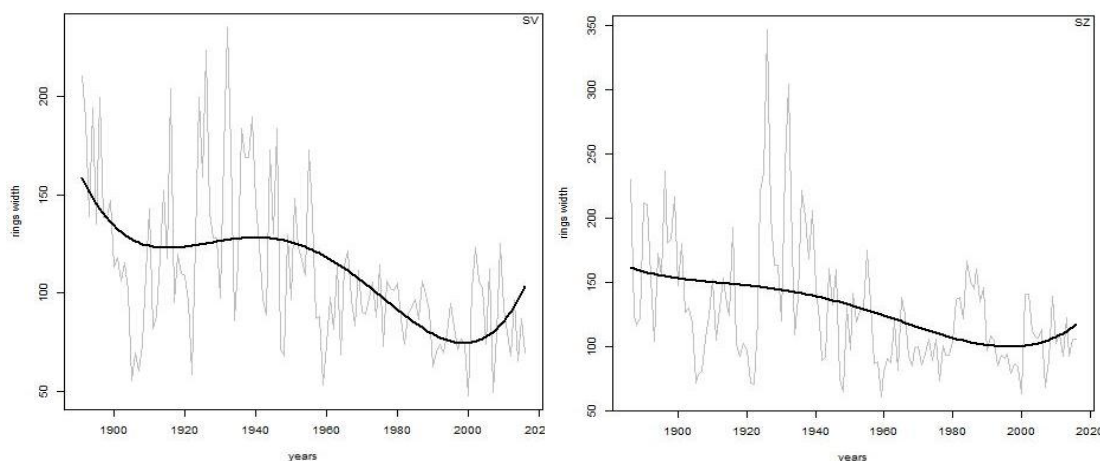
Graf 1 – Průměrná dendrochronologická křivka celé experimentální plochy (jemná křivka). Na ose x jsou roky vzniku letokruhů. Na ose y je šířka letokruhů v setinách mm. Černá tlustá křivka je polynomická spojnice trendu čtvrtého řádu.

4.1.2 Průměrné křivky zkusných ploch

Z průměrných křivek jednotlivých zkusných ploch můžeme vidět, že veškerá plocha měla v okolo roku 1920 přírůsty přibližně 1,3–1,5 mm/rok. Ty se postupně snižovaly až na hranici 1 mm/rok. K výraznému poklesu na 0,5 mm/rok došlo před rokem 2000. Průměrnou křivku před rokem 1900 máme pouze z JZ plochy a přírůsty v tomto období nabývaly až 2,5 mm/rok.



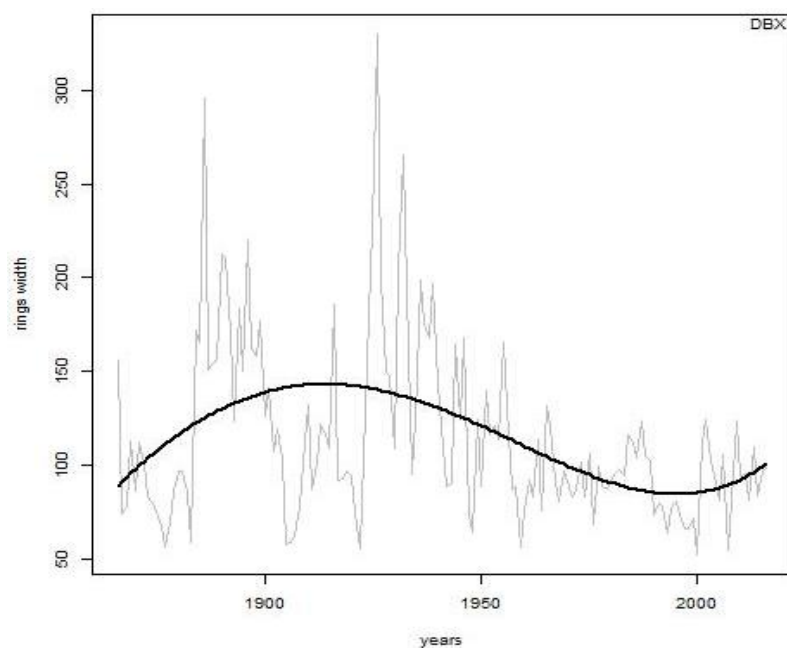
Graf 2 a 3 – Průměrná dendrochronologická křivka plochy JV (levý graf) a plochy JZ (pravý graf; detailní popis viz Graf 1).



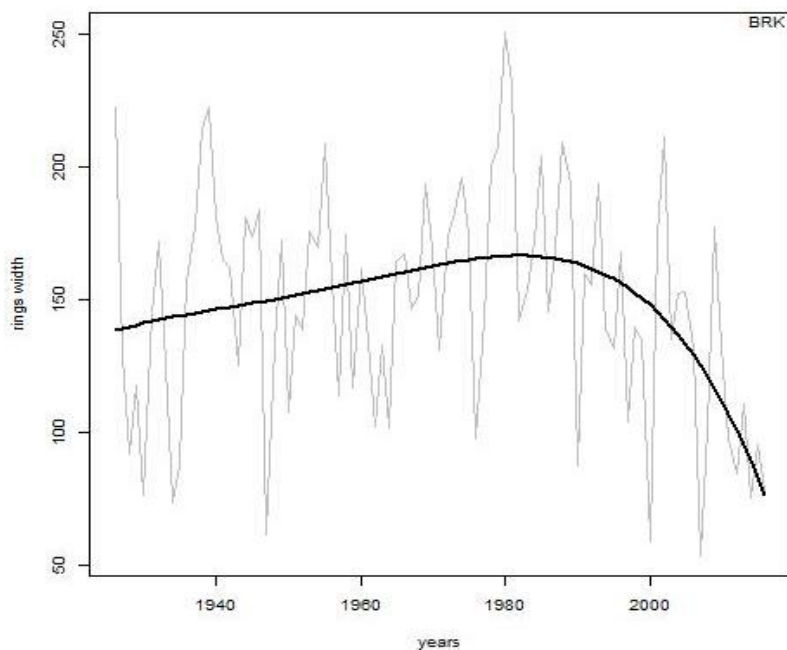
Graf 3 a 5 – Průměrná dendrochronologická křivka plochy SV (levý graf) a plochy SZ (pravý graf; detailní popis viz Graf 1).

4.1.3 Průměrné křivky druhů dřevin

Křivka dubu zimního vykazuje velké výkyvy přírůstů s maximálními hodnotami až 3mm/rok. Mimo uvolněné období si udržuje stabilní přírůst okolo 1mm/rok. Křivka jeřábu břeku byla utvořena pouze z pěti vyvrtaných jedinců. Maximální hodnoty přírůstu jsou 2,5 mm/rok. Mimo uvolnění se hodnoty pohybují okolo 1,5 mm/rok, pouze po roce 1990 dochází ke snižování k hodnotám okolo 1mm/rok.



Graf 4 – Průměrná dendrochronologická křivka dubu zimního (detailní popis viz Graf 1).



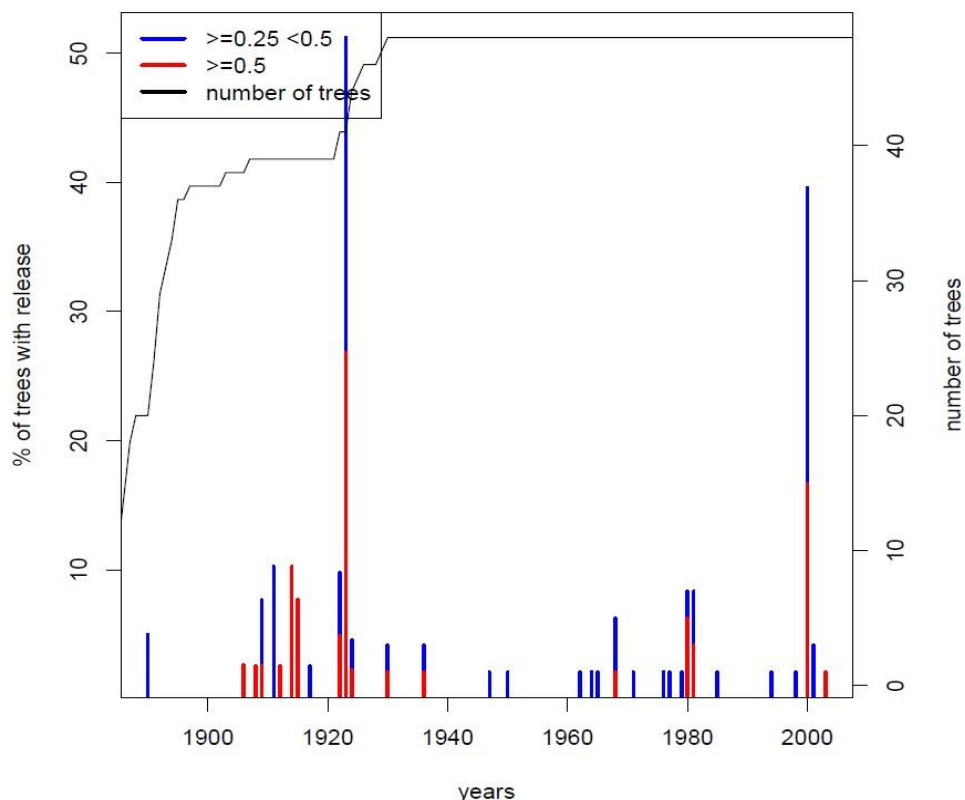
Graf 5 – Průměrná dendrochronologická křivka jeřábu břeku (detailní popis viz Graf 1).

4.2 Detekce uvolnění

4.2.1 Uvolnění pro celou plochu

Ze 48 vyvrtaných výstavek bylo zjištěno 95 uvolnění (cca 2 uvolnění/strom). 65 % (62/95) byla uvolnění silná, zbývajících 35 % (33/95) byla uvolnění slabá. 92 % (44/48) výstavek bylo alespoň jednou uvolněno, z těchto pouze jeden nebyl nikdy uvolněn silně.

Z grafu uvolnění pro celou experimentální plochu můžeme vidět, že hlavní epizody uvolnění byly v roce 1923 s více jak 50 % (21/41) stromy uvolněnými a v roce 2000 s téměř 40 % (19/48) stromy uvolněnými. Okolo roku 1914 můžeme vidět v několika letech za sebou uvolnění až 10 % (4/39) stromů za rok. V období 1911–1917 došlo k uvolnění 33 % (13/39) stromů, poměrně rovnoměrně rozložených mezi jednotlivé roky. Drobná epizoda uvolnění s téměř 10 % (4/48) uvolněnými stromy v obou letech je i v letech 1980 a 1981.



Graf 6 – Histogram výskytu uvolnění na celé ploše. Levá osa y vyjadřuje relativní počet uvolněných stromů, pravá osa y, společně s černou křivkou, vyjadřuje absolutní počet analyzovaných stromů. Modré sloupce ukazují slabé uvolnění, červené sloupce ukazují silné uvolnění.

4.2.2 Uvolnění pro zkusné plochy

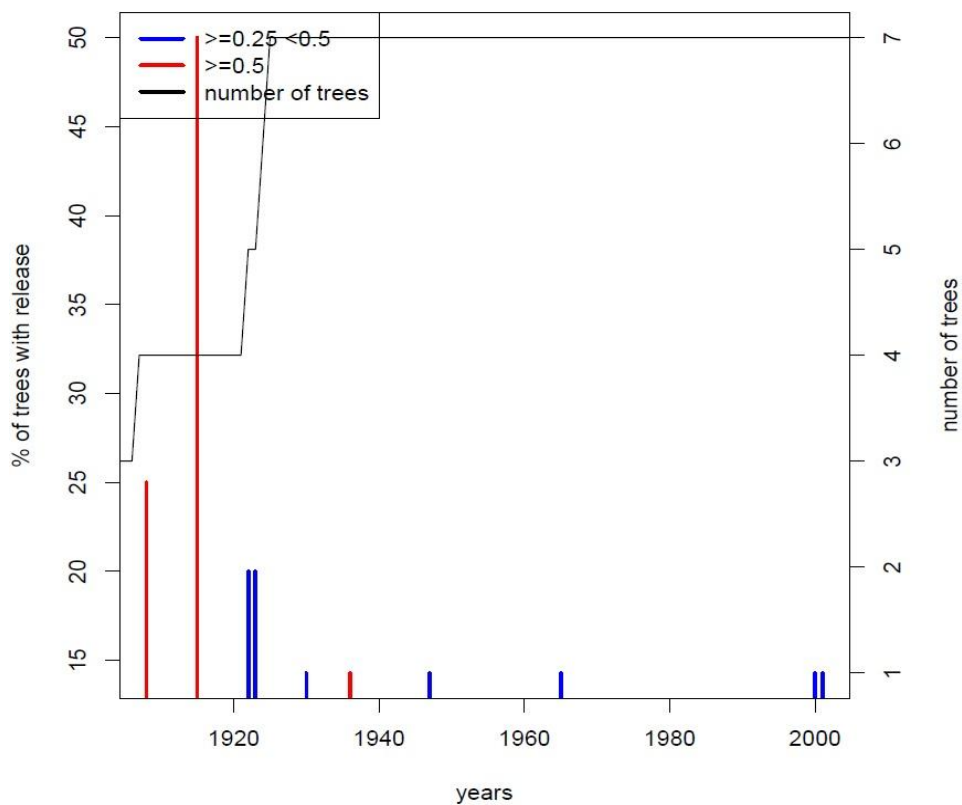
Jednotlivá uvolnění byla rozdělena v rámci čtyř zkusných ploch k bližšímu zhodnocení v rámci porostu. I přes pečlivý výběr výstavek k vrtání nebylo, vzhledem k odlišnému charakteru jednotlivých zkusných ploch, možné získat stejný počet výstavek mezi plochami. Na ploše JV bylo vyvrtáno pouze sedm výstavek, na ploše JZ 13, na ploše SV 12 a na ploše SV 16 výstavek.

Plocha JV vykazuje 50 % uvolněných stromů v roce 1915, avšak jedná se o dva stromy ze 4. V roce 1922 a 1923 došlo k uvolnění jednoho stromu v každém roce z celkového počtu pěti stromů. Epizoda okolo roku 1980 se zde neprojevila ani jedním uvolněným stromem. V roce 2000 a 2001 zde byl uvolněn jeden strom každý rok, tedy dva ze sedmi stromů. Vzhledem k nízkému počtu výstavek nelze považovat výsledky za jednoznačné.

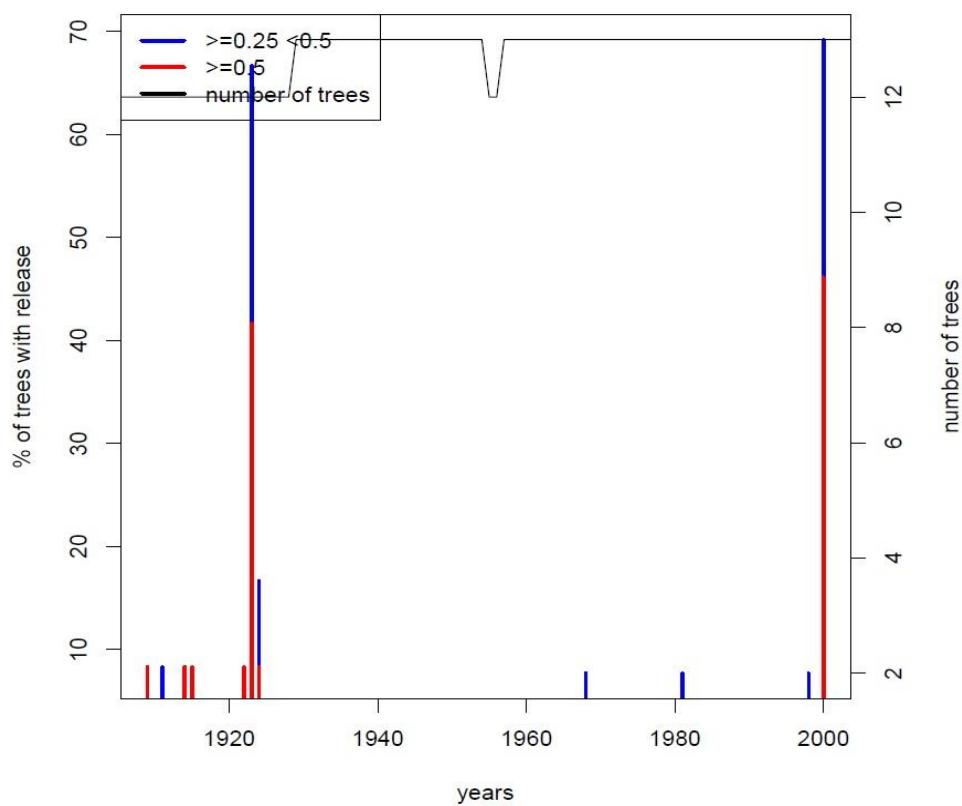
Na ploše JZ došlo k výskytu vysoké frekvence uvolnění v roce 1923 (67 %; 8/12 stromů). V roce 1911, 1914 a 1915 došlo k uvolnění vždy jednoho stromu v roce z 12. V roce 2000 zde proběhlo největší uvolnění v porovnání s ostatními plochami. K tomuto uvolnění došlo u 69 % stromů (9/13). Epizoda okolo roku 1980 zde nebyla patrná, pouze jeden strom byl v roce 1981 uvolněn.

Stejně jako na ostatních plochách plocha SV vykazuje pravidelné uvolňování jednotlivých stromů mezi lety 1911 až 1917 (36 %; 4/11). K uvolňování jednotlivých stromů dochází již v roce 1909, kdy byly uvolněny tři stromy z 11. V roce 1923 dochází k uvolnění 27 % (3/11). Okolo roku 1980 nedochází k jedinému uvolnění. V roce 2000 a 2001 dochází k uvolnění třetiny stromů (4/12).

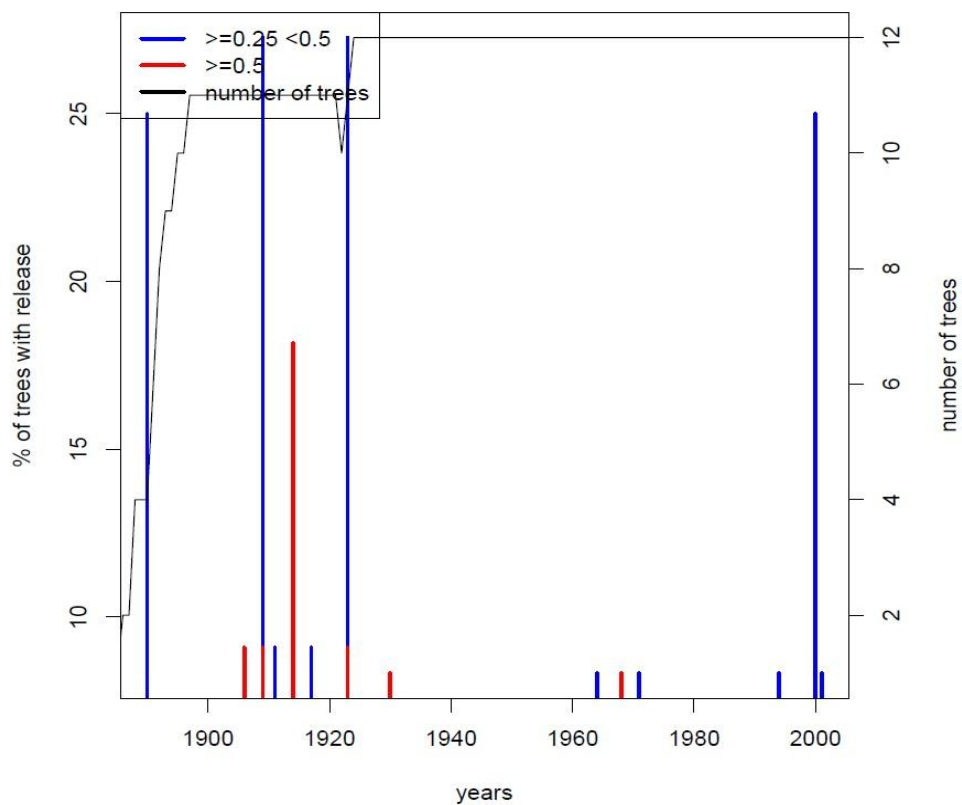
Na poslední ploše SZ dochází opět k uvolnění stromů v letech 1911(2 stromy) a 1914 (1 strom), dohromady 25 % (3/12). V roce 1923 bylo uvolněno 69 % stromů (9/13). Epizoda roku 1980 se projevila pouze na této zkusné ploše. Uvolněno zde byly 4 stromy v roce 1980 a 3 stromy v roce 1981, tedy 44 % výstavek (7/16). Pro rok 2000 zde bylo uvolněno 38 % výstavek (6/16).



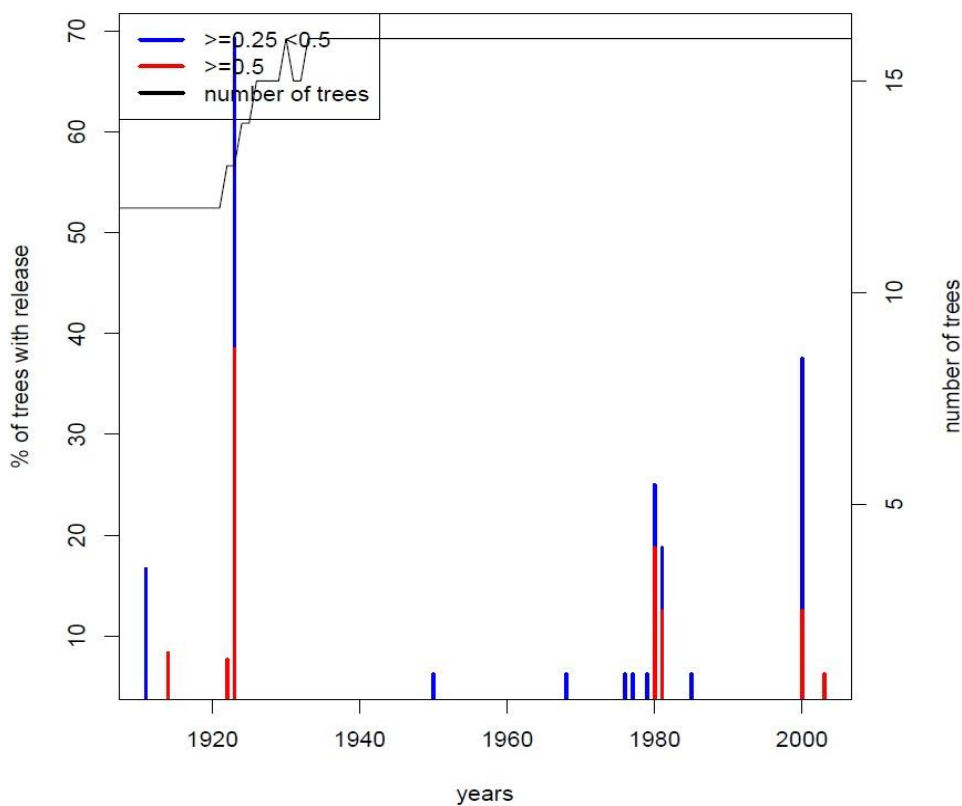
Graf 7 – Histogram výskytu uvolnění na ploše JV (detailní popis viz Graf 8).



Graf 8 – Histogram výskytu uvolnění na ploše JZ (detailní popis viz Graf 8).



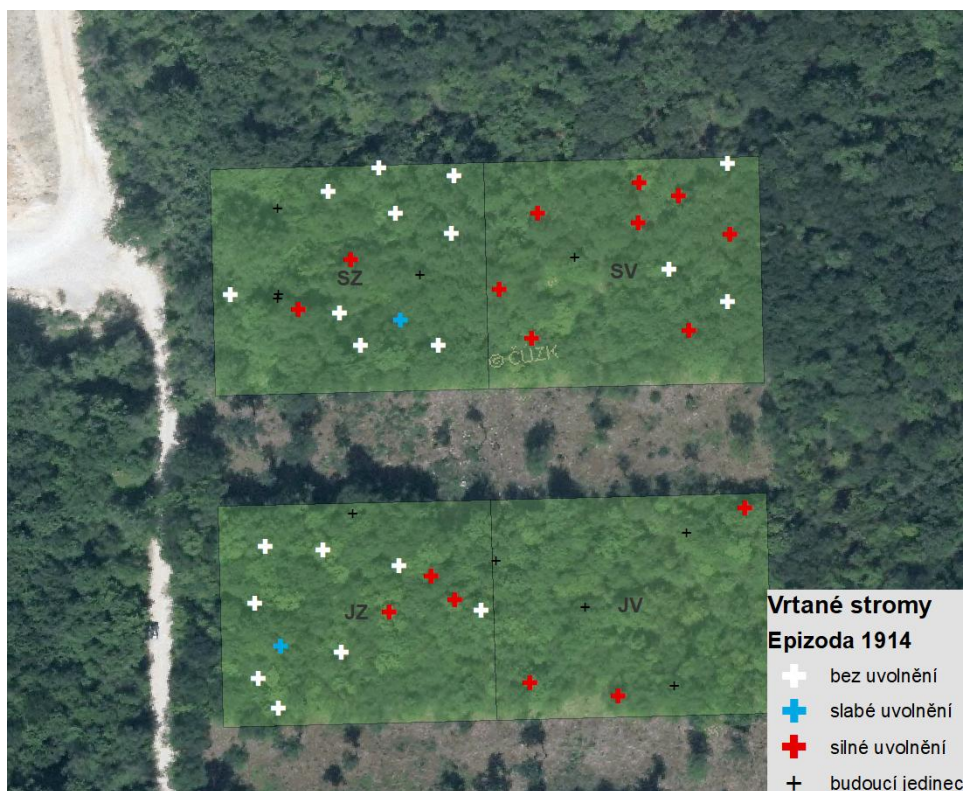
Graf 9 – Histogram výskytu uvolnění na ploše SV (detailní popis viz Graf 8).



Graf 10 – Histogram výskytu uvolnění na ploše SZ (detailní popis viz Graf 8).

4.2.3 Prostorové uspořádání uvolněných stromů

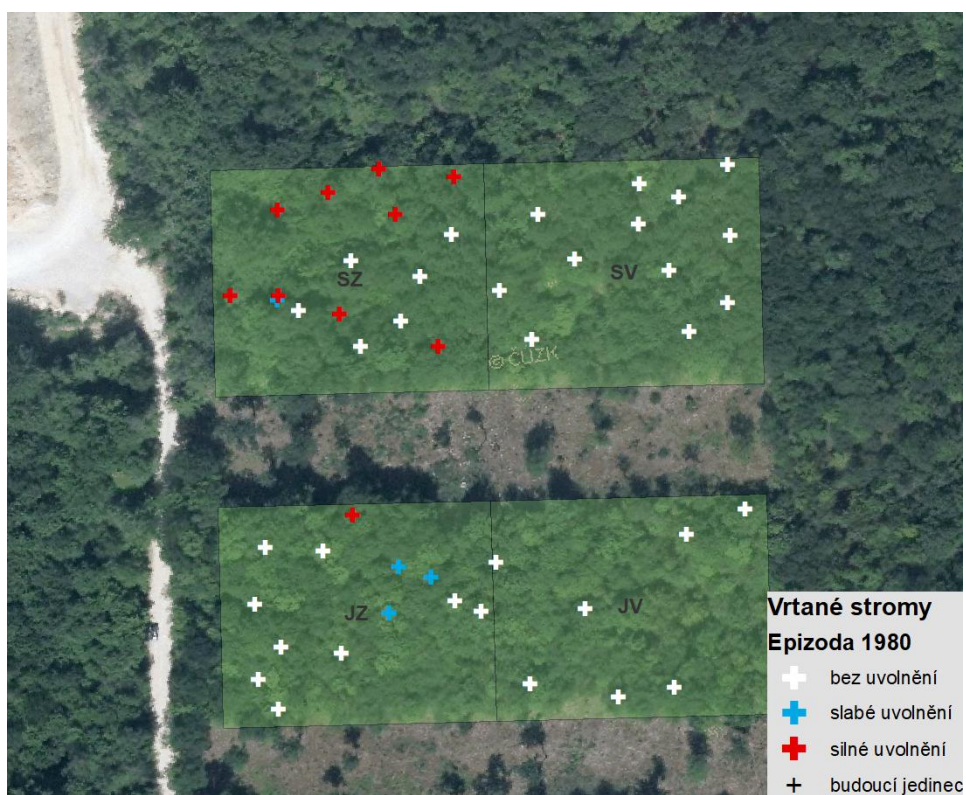
Z výsledků detekce uvolnění byly vybrány čtyři hlavní epizody uvolnění, přesněji epizody okolo roků 1914, 1923, 1980 a 2000. V programu ArcMap byly zobrazeny stromy s přírůstem vykazujícím uvolnění v roce dané epizody nebo v letech předcházejících či následujících daný rok (± 3 roky).



Obrázek 3 – Prostorové uspořádání uvolněných stromů v epizodě 1914. Bílé křížky jsou stromy neuvolněné, modré křížky slabě uvolněné, červené křížky silně uvolněné a černé křížky jsou stromy v epizodě se ještě nevyskytující nebo do 10 let věku.



Obrázek 4 – Prostorové uspořádání uvolněných stromů v epizodě 1923 (detailní popis viz Obrázek 3).



Obrázek 5 – Prostorové uspořádání uvolněných stromů v epizodě 1980 (detailní popis viz Obrázek 3).



Obrázek 6 – Prostorové uspořádání uvolněných stromů v epizodě 2000 (detailní popis viz Obrázek 3).

4.3 Korelace zkusných ploch

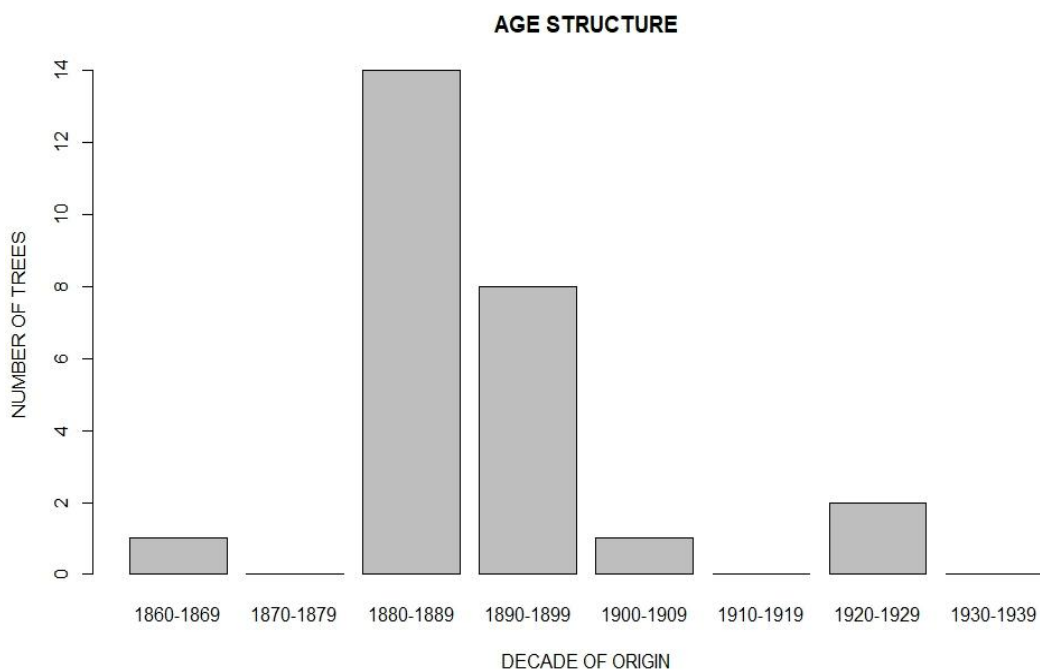
Korelace mezi zkusnými plochami nám indikuje stupeň variability v rámci experimentální plochy. Z hlediska vývoje letokruhů můžeme vidět, že plochy na stejné úrovni svahu jako je SV s JV a JZ s SZ spolu korelují více než sousedící plochy nad/pod sebou. Korelace ploch nad/pod sebou a ploch napříč je stejná.

Tabulka 1 – Korelační koeficienty mezi jednotlivými zkusnými plochami.

JV-JZ	JV-SV	JV-SZ	JZ-SV	JZ-SZ	SV-SZ
0,83	0,86	0,81	0,82	0,90	0,80

4.4 Věková struktura

Určení stáří stromu bylo učiněno u 26 stromů z vyvrtaných 48. Věk těchto výstavek se pohybuje od 94 do 152 let a průměrný věk je 128 let. Z grafu níže můžeme vidět, že drtivá většina stromů (85 %; 22/26) je stáří od 1880 do 1900 (119–138 let). Pouze dva z 26 stromů jsou z decenia 1920–1929 (89–98 let). Nejstarší výstavek z naměřených je z roku 1866 (152 let).



Graf 11 – Věková struktura výstavek. Na ose x je decenium prvního letokruhu, na ose y je počet stromů z daného decenia.

5 Diskuze

5.1 Odhad předešlého managementu

Hlavním cílem práce bylo odhadnout způsob hospodaření. Z vrtaných výstavků byl pouze jeden z roku před rokem 1880 a více než 10 výstavků je až od roku 1886. Použitá metodika uvolnění nepracuje s letokruhy do 10 let věku, hodnotit uvolnění je tedy možné až od roku 1896. Odhad hospodaření před 20. stoletím tedy z výsledků analýzy uvolnění není možný.

Avšak velké množství výstavků pocházelo z období od roku 1880 do roku 1899, a to především z let 1884–1888 (13/26 stromů) a 1891–1893 (8/26 stromů). Z průměrné dendrochronologické křivky (Graf 1) vidíme také velké počáteční tloušťkové přírůsty. Největší počet jedinců z 80. let 19. století je na části JZ (6/13 stromů) a SZ (5/13 stromů), JZ část také vykazuje nejvyšší prvotní šířky letokruhů (až 2 mm/rok). Drtivá většina jedinců z 90. let je ze SV části (6/8 stromů), na této ploše je také lokální uvolnění 25 % jedinců v tomto období. Předcházející tyto období můžeme tedy odhadovat významnější velkoplošný zásah, který umožnil obnovu dubových porostů. V této době probíhal v sousedním Karlštejnském panství masivní převod výmladkových lesů na les vysoký (DÖRNER & MÜLLEROVÁ 2014). Mohlo se tedy jednat o pokus převést porost z lesa nízkého na les vysoký nebo na les střední, jakým je teď. Další z hypotéz je zvýšená potřeba palivového dříví od roku 1987, kdy započalo dlouhé období bez teplých zim (WWW3).

Již od roku 1909 můžeme pozorovat jednotlivé uvolňování výstavků, které probíhalo nejintenzivněji mezi lety 1914 a 1917, kdy tato epizoda uvolnění skončila. Tato uvolnění jsou rovnoměrně rozmístěná jak v čase, tak prostoru a jejich intenzita je nízká. V roce 1923 bylo zaznamenána epizoda, která na rozdíl od té předchozí, probíhala v jednom roce, velkoplošně a velmi intenzivně. Více než polovina výstavků byla uvolněna v roce 1923, některé v roce 1922 a 1924. Kromě pěti výstavků v SZ části porostu vykazovaly všechny vrtané výstavky známky uvolnění (viz Obrázek 4). Doba mezi začátkem růstu většiny výstavků v 80. a 90. letech 19. století a těmito dvěma epizodami uvolnění odpovídá přesně 30–35letému obmytí, jež bylo v této době typické pro polovinu porostů v Karlštejnském panství (DÖRNER & MÜLLEROVÁ 2014). Hypotéza, že se na konci 19. století jednalo o převod na les

vysoký, je tedy velmi nepravděpodobná. V letech od 1911 až 1917 se pravděpodobně mohlo jednat o drobné zásahy do etáže výmladkových jedinců za účelem získání palivového dříví. V těchto letech mohla být potřeba získávat palivové dříví z jakéhokoli zdroje dána i zhoršenými životními podmínkami během 1. světové války. Nejvýraznější epizoda roku 1923 je velmi pravděpodobně způsobena změnou majitelů v tomto období v souvislosti s národní pozemkovou reformou (KARLÍK & ČERNÝ, ústní sdělení)

Epizoda uvolnění okolo roku 1980 je výhradně soustředěná na SZ části v bezprostřední blízkosti vjezdu do lomu Čertovy Schody. Z inventarizace je patrné, že na této části se nachází výmladkoví jedinci menších dimenzí oproti zbytku experimentální plochy. Tito jedinci tvoří pravidelný čtyřúhelník o délce cca 75 metrů a šířce cca 50 metrů. Důvod tohoto zásahu není známý. Nicméně se můžeme domnívat dle geometrie a umístění této selektivní těžby, že se jednalo o plánovaný zásah slučující se s dobovými praktikami lesnické praxe.

Poslední ze čtyř významných epizod uvolnění je v roce 2000. Tato epizoda se projevila na všech zkusných plochách, pouze na JV ploše minimálně. Intenzita uvolnění je velmi intenzivní s téměř 40 % stromů, jež je srovnatelné pouze s největším uvolněním v roce 1923. Uvolnění je rozloženo rovnoměrně a nevykazuje žádné známky shlukovitosti. Není jednoznačné, zda selektivní zásah do spodní etáže může způsobit tak vysokou frekvenci uvolnění v tak pokročilém věku. Avšak přikláním se k tomu, že díky vysokým světlostním nárokům dubu a předpokládané kompetici o vodu na tak suchém stanovišti může takový zásah být na letokruzích snadno patrný. O detailech zásahu není nic bližšího známo. Vzhledem k prostorovému rozmístění zásahu se nejedná o typický zásah odpovídající dobové lesnické praxi. Domníváme se tedy, že se nejednalo o naplánovaný zásah. Této hypotéze nasvědčuje i to, že v průběhu posledních let jsou známy případy nelegální roztroušené těžby (KARLÍK & ČERNÝ, ústní sdělení).

5.2 Zhodnocení světlostních nároků jeřábu břeku

Z vyvrtaných výstavek máme pro srovnání k dispozici dva druhy dřevin - dub zimní (*Quercus petraea*) a jeřáb břek (*Sorbus torminalis*). Avšak výstavek jeřábu máme pouze pět jedinců. I přesto byla z těchto pěti jedinců utvořena průměrná křivka. O

světlostních nárocích dubu zimního není třeba spekulovat. Jedná se o dominantní dřevinu s hospodářským významem, jeho ekologické nároky jsou tedy známé. To však nelze říct o jeřábu břeku a názory na jeho světlostní nároky jsem v literatuře nacházel dosti rozcházející. Využijeme křivku dubu zimního jako světlo milné dřeviny pro srovnání s křivkou jeřábu břeku. Z křivky můžeme vidět, že dub zimní vykazuje velkou schopnost reagovat na uvolnění, a to především v mladších letech (okolo roku 1885 a 1923), kdy průměrná šířka letokruhu byla až 3 mm/rok. Po odeznění těchto uvolnění udržoval šířku letokruhů okolo 1 mm/rok. U jeřábu břeku, i přesto, že se jedná o průměr z malého vzorku jedinců, se tak rozdílné hodnoty nevyskytují. Průměrné šířky letokruhů se však stabilně udržují okolo 1,5mm/rok po téměř celou dobu vývoje, pouze s počátkem 21. století se růst snižuje na hladinu 1 mm/rok. Z toho můžeme usoudit, že jeřáb břek není schopen při uvolnění konkurovat dubu zimnímu, avšak je přizpůsoben životu v příměsí a růstu v zastínění. Což potvrzuje i výzkum Pyttela a kol. (PYTTEL et al. 2013), jež indikuje právě velkou schopnost jeřábu břeku přežít v uzavřeném zápoji dubových porostů a jehož vlastnosti fotosyntetického aparátu připomínají spíše stín snášející dřevinu.

6 Závěr

Cílem této práce bylo odhadnout ze šířek letokruhů nejstarších výstavků předešlé hospodaření v PR Na Voskopě pomocí letokruhov \acute{e} anal \acute{y} zy uvoln \acute{e} n \acute{y} . C $\acute{ı}$ l práce pova \acute{z} uji za spln \acute{e} n \acute{y} , avšak sb \acute{e} r v \acute{y} vrt \acute{u} prob \acute{e} hl pouze na experiment \acute{a} ln \acute{i} ploše a mohl by b \acute{y} t rozš \acute{i} řen na cel \acute{e} \acute{u} zem \acute{i} p \acute{r} irodn \acute{i} rezervace, pop \acute{r} ípade \acute{m} rozš \acute{i} řen na dalš \acute{i} bl \acute{i} zk \acute{e} lokality v \acute{C} esk \acute{e} m krasu. Jako doprovodnou p \acute{r} aci k tomuto odhadu managementu bych pova \acute{z} oval hloubkovou rešerš \acute{i} historick \acute{y} ch p \acute{r} amen \acute{u} . Takov \acute{a} to rešerše byla provedena pouze pro Karlš \acute{t} ejnsk \acute{e} panstv \acute{i} , je \acute{z} s touto lokalitou soused \acute{i} , avšak lokalita do tohoto celku j \acute{i} ž nepat \acute{r} í. Tato rešerše byla p \acute{r} esto využ \acute{i} ta pro zjišt \acute{e} n \acute{i} základn \acute{i} ch trend \acute{u} ovlivn \acute{u} j \acute{i} c \acute{i} ch obdobn \acute{e} porosty v 2. polovin \acute{e} 19. a 1. polovin \acute{e} 20. stolet \acute{i} . Bylo zjišt \acute{e} no, že do 20. let 20. stolet \acute{i} se pravd \acute{e} podobn \acute{e} porost st \acute{a} le vyu \acute{z} íval jako pa \acute{r} ezina s 30–40letou dobou obmyt \acute{i} , \acute{c} emu \acute{z} nasv \acute{e} d \acute{c} uje zjišt \acute{e} n \acute{e} st \acute{a} r \acute{i} výstavk \acute{u} a uvoln \acute{e} n \acute{y} mezi lety 1911 a 1923. Od 20. let do konce 70. let 20. stolet \acute{i} nebyl zjišt \acute{e} n žádn \acute{y} z \acute{a} sah. V roce 1980 byl detekov \acute{a} n holose \acute{c} n \acute{y} z \acute{a} sah do spodn \acute{i} et \acute{a} že na ploše o rozm \acute{e} rech 75 \times 50 metr \acute{u} v SZ \acute{c} ásti experiment \acute{a} ln \acute{i} plochy, jeho \acute{z} p \acute{u} vod je nezn \acute{a} m \acute{y} , avšak jeho prostorov \acute{e} um \acute{i} st \acute{e} n \acute{i} poukazuj \acute{i} na pl \acute{a} novan \acute{y} z \acute{a} sah v r \acute{a} mci lesn \acute{i} ho hospoda \acute{r} en \acute{i} . Posledn \acute{i} v \acute{y} razn \acute{e} jš \acute{i} epizoda prob \acute{e} hla v roce 2000. Tato epizoda poukazuje na selektivn \acute{i} v \acute{y} b \acute{e} r v r \acute{a} mci cel \acute{e} experiment \acute{a} ln \acute{i} plochy, je \acute{z} se neslu \acute{c} uje s typick \acute{y} m hospoda \acute{r} en \acute{i} m pro dan \acute{y} porost. Dle \acute{u} stn \acute{i} ho sd \acute{e} len \acute{i} se mohlo jednat o neleg \acute{a} ln \acute{i} t \acute{e} žbu.

7 Seznam použitých zdrojů

7.1 Literatura

AAS, G.; MAIER, J.; BALTISBERGER, M.; METZGER, S. *Morphology, isozyme variation, cytology, and reproduction of hybrids between Sorbus aria (L.) Crantz and S. torminalis (L.) Crantz*. Botanica Helvetica. 1994, vol. 104, s. 195–214.

ANONYMUS. *Oblastní plán rozvoje lesů, PLO 8 – Křivoklátsko a Český kras* [Platnost 2000–2019]. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem. s. d. Dostupné z WWW: <http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/oprl_oblasti/OPRL-LO08-Krivoklatsko_a_Cesky_kras.pdf>

ANONYMUS. *Plán péče o Přírodní rezervaci Na Voskopě na období 2012–2026*. Správa chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn, 2012. 37 s.

BALLY, B. *Energieholzproduktion in Mittel- und Niederwäldern der Schweiz*. Schw. Z. Forstwes. 1999, 150(4), s. 142–147.

BENEŠ, J.; ČÍŽEK, O.; DOVALA, J.; KONVIČKA, M. *Intensive game keeping, coppicing and butterflies: The story of Milovický Wood, Czech Republic*. Forest Ecology and Management. 2006, vol. 237(1–3), s. 353–365.

BLACK, B. A.; ABRAMS, M. D. *Use of boundary-line growth patterns as a basis for dendroecological release criteria*. Ecological Applications. 2003, vol. 13(6), s. 1503–1834.

DÖRNER, P.; MÜLLEROVÁ, J. *Od intenzivního pařezení k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejnském panství*. Bohemia Centralis, Praha. 2014, vol. 32, s. 425–437.

DRÁPELA, K.; ZACH, J. *Dendrometrie: (dendrochronologie)*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. 1995. ISBN 80-7157-178-4.

EVANS, J. *Coppice forestry – an overview*. In: BUCKLEY, G. P. (ed.). *Ecology and Management of Coppice Woodlands*. Chapman & Hall, London. 1992. ISBN 0-412-43110-6.

- FRANC, N.; GÖTMARK, F. *Openness in management: Hands-off vs partial cutting in conservation forests, and the response of beetles*. *Biological Conservation*. 2008, vol. 141(9), s. 2310–2321.
- FRITTS, H. C. *Tree rings and climate*. Blackburn Press, Caldwell. 2001. ISBN 978-1-930665-39-2.
- GABRIELIAN, E. T. *The genus Sorbus L. in Eastern Asia and the Himalayas*. Armenian Academy of Sciences, Yerevan. 1978.
- HÉDL, R. *Role člověka při formování lesních biocenóz NPR Děvín, Pálava. In: Hodnocení stavu a vývoje biocenóz*. Sborník z konference na Mendelově univerzitě v Brně. 2004, s. 111–116.
- HÉDL, R.; SZABÓ, P. *Hluboké hvozdy, nebo pokřivené křoví?*. *Vesmír*. 2010, vol. 89(4), s. 232–236.
- HEJNÝ, S.; SLAVÍK, B.; KIRSCHNER, J.; KŘÍSA, B. *Květena České republiky, 3*. 2. vyd. Academia, Praha. 2003. ISBN 80-200-1090-4.
- HOCHBICHLER, E. *Methods of oak silviculture in Austria*. *Annales des Sciences Forestieres*. 1993, vol. 50, s. 583–591.
- JANKUN, A. *Evolutionary significance of apomixis in the genus Sorbus (Rosaceae)*. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*. 1993, vol. 38(2), s. 627–686.
- JELENECKÁ, A. *Struktura lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu*. Diplomová práce. FLD ČZU, Praha. 2015. 58 s.
- KACÁLEK, D.; MAUER, O.; PODRÁZSKÝ, V.; SLODIČÁK, M. *Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin: Soil improving and stabilising functions of forest trees*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 2017. ISBN 978-80-7458-102-1.
- KADAVÝ, J.; KNEIFL, M.; SERVUS, M.; KNOTT, R.; HURT, V.; FLORA, M. *Nízký a střední les – plnohodnotná alternativa hospodaření malých a středních vlastníků – obecná východiska*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 2011. ISBN 978-80-87154-96-0.

- KOPECKÝ, M.; HÉDL, R.; SZABÓ P. *Non-random extinctions dominate plant community changes in abandoned coppices*. Journal of Applied Ecology. 2013, vol. 50, s. 79–87.
- KLIKA, J. *Lesní dřeviny: lesnická dendrologie*. Československá matice lesnická, Písek. 1947.
- KYNCL, J. *Letokruhy jako kalendář i záznamník: zajímavosti z dendrochronologie*. Grada Publishing, Praha. 2017. ISBN 978-80-271-0198-6.
- LOŽEK, V.; KUBÍKOVÁ, J.; SPRYŇAR, P. a kol. *Chráněná území ČR, svazek XIII*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 2005. ISBN 80-86064-87-5.
- MEUSEL, H.; JÄGER, E.; WEINERT, E. *Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora*. Fischer Verlag, Jena. 1965.
- MÜLLEROVÁ, J.; PEJCHA, V.; ALTMAN, J.; PLENER, T.; DÖRNER, P.; DOLEŽAL, J. *Detecting coppice legacies from tree growth*. PLoS ONE. 2016, vol. 11(1). Dostupné z WWW: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147205>>
- NOVÁK, A.; TLAPÁK, J. *Historie lesů v Chráněné krajinné oblasti Český Kras*. Bohemia Centralis, Praha. 1974, vol. 3, s. 9–40.
- NOWACKI, G. J.; ABRAMS, M. D. *Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks*. Ecological Monographs. 1997, vol. 67(2), s. 225–249. ISSN 1557-2015.
- PHIPPS, J. B.; ROBERTSON, K. R.; SMITH, P. G.; ROHRER, J. R. *A checklist of the subfamily Maloideae (Rosaceae)*. Canadian Journal of Botany. 1990, vol. 68(10), s. 2209–2269.
- PODHORNÍK, J. *Inventarizační průzkumy - dobývací prostor Velkolom Čertovy schody: typologický průzkum*. Správa chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn. 2001.
- POLENO, Z.; VACEK, S.; PODRÁZSKÝ, V. *Pěstování lesů*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 2007. ISBN 978-80-7084-656-8.

- PYTTEL, P.; KUNZ, J.; BAUHUS, J. *Growth, regeneration and shade tolerance of the Wild Service Tree (Sorbus torminalis (L.) Crantz) in aged oak coppice forests*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Trees. 2013, vol. 27, s. 1609–1619.
- RACKHAM, O. *Ancient woodland: its history, vegetation and uses in England*. [2nd ed.]. Dalbeattie, Kirkcubrightshire: Castlepoint, 2003. ISBN 0-897604-270.
- SCHÜTZ, J. P.; ROTACH, P. *Mittelwaldbetrieb: nostalgische Illusion oder zukunftssträchtiges Waldbaukonzept?* Waldbau. 1993, vol. 7, s. 8–12.
- SIEFERLE, R. P. *The Subterranean Forest. Energy Systems and the Industrial Revolution*. The White Horse Press, Cambridge. 2001. ISBN 978-1874267539.
- SPEER, J. H. *Fundamentals of Tree-ring Research*. Tucson: The University of Arizona Press. 2010. ISBN 978-0-8165-2685-7.
- SZABÓ, P. *Driving forces of stability and change in woodland structure: A case-study from the Czech lowlands*. Forest Ecology and Management. 2010, vol. 259(3), s. 650–656.
- SZABÓ, P.; MÜLLEROVÁ, J.; SUCHÁNKOVÁ, S.; KOTAČKA, M. *Intensive woodland management in the Middle Ages: spatial modelling based on archival data*. Journal of Historical Geography. 2015, vol. 48, s. 1–10.
- ŠÁLEK, L.; STOLARIKOVÁ, R.; JEŘÁBKOVÁ, L.; KARLÍK, P.; DRAGOUN, L.; JELENECKÁ, A. *Timber production and ecological characteristics of trees in coppice forest in the Voskop nature reserve in Český kras – a case study*. Journal of Forest Science. 2014, vol. 60, s. 519–525.
- ŠEBÍK, L.; POLÁK, L. *Náuka o produkci dřeva*. Příroda, Bratislava. 1990. ISBN 80-07-00268-5.
- ŠLEZINGEROVÁ, J.; GANDELOVÁ, L. *Stavba dřeva*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 2002. ISBN 80-7157-636-0.
- ÚRADNÍČEK, L.; MADĚRA, P.; TICHÁ, S.; KOBLÍŽEK, J. *Dřeviny České republiky*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 2009. ISBN 978-80-87154-62-5.

UTÍNEK, V. *Převody pařezin na střední les v městských lesích Moravský Krumlov*. Disertační práce. LDF MENDELU, Brno. 2004. 124 s.

VERA, F. W. M. *Grazing Ecology of Forest History*. CABI Publishing, Oxford. 2000. ISBN 978-0-8519-9442-0.

VIEWEGH, J. *Klasifikace lesních rostlinných společenstev: se zaměřením na Typologický systém ÚHÚL*. Česká zemědělská univerzita, Praha. 2003. ISBN 80-213-1061-8.

VYSKOT, M. *Pěstění dubu*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 1958.

VYSKOT, M. *Pěstění lesů*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 1978.

ZACH, J.; DRÁPELA, K.; SIMON, J. *Dendrometrie: Cvičení*. VŠZ, Brno. 1994. ISBN 80-7157-121-0.

7.2 Internet

WWW1: ANONYMUS. *Správa CHKO Český kras*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. [cit. 3. 3. 2018] <<http://ceskykras.ochranaprirody.cz/>>

WWW2: ANONYMUS. *85 letokruhů Bohuslava Vinše*. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. [cit. 3. 3. 2018] <http://www.vulhm.cz/zivotni_jubileum_bohuslava_vinse>

WWW3: JŮZA, P. *UMÍSTĚNÍ LETOŠNÍ ZIMY V 236LETÉ KLEMENTINSKÉ TEPLITNÍ ŘADĚ*. INFOMET, informační web ČHMÚ. [cit. 31. 3. 2018] <<http://infomet.cz/index.php?id=read&idd=1299543558>>

8 Přílohy

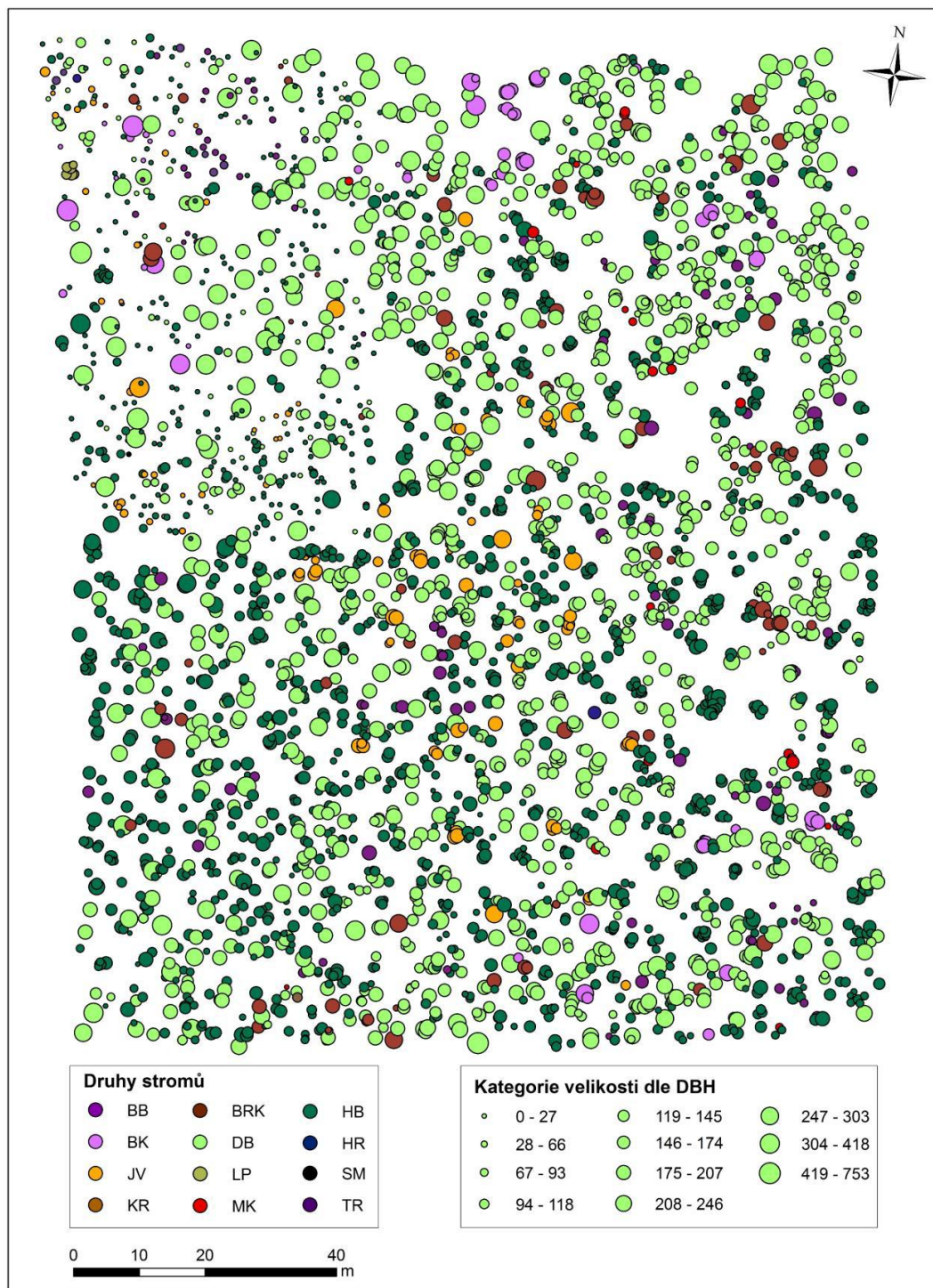
Seznam příloh

Příloha 1 – Výstup ze strukturální inventarizace (zdroj: JELENECKÁ 2015)

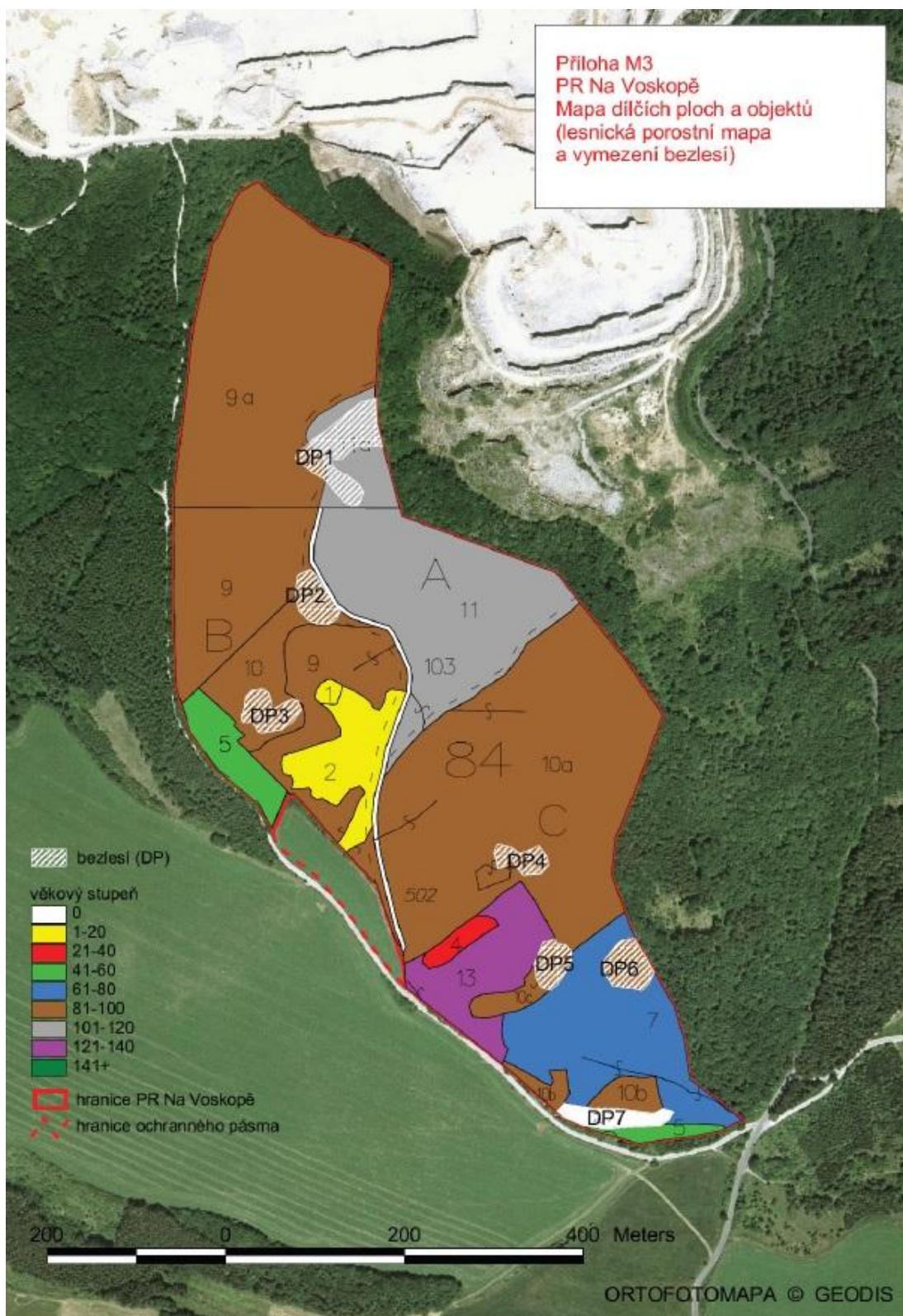
Příloha 2 – PR Na Voskopě – Lesnická porostní mapa (zdroj: ANONYMUS 2012).

Příloha 3 – PR Na Voskopě – Typologická mapa (zdroj: PODHORNÍK 2001).

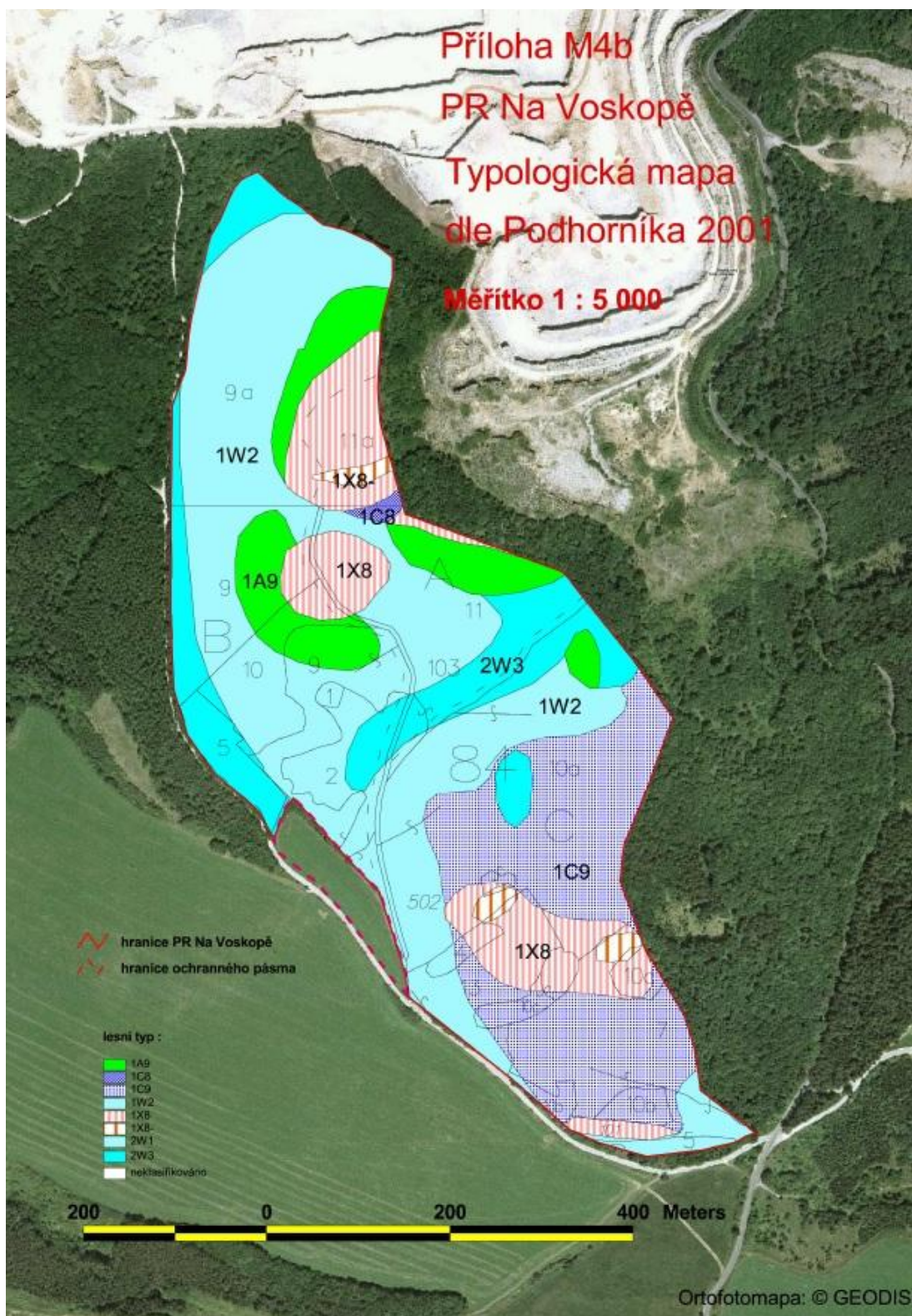
Mapa znázorňující velikosti podle výčetní tloušťky a druhu



Příloha 1 – Výstup ze strukturální inventarizace (zdroj: JELENECKÁ 2015)



Příloha 2 – PR Na Voskopě – Lesnická porostní mapa (zdroj: ANONYMUS 2012).



Příloha 3 – PR Na Voskopě – Typologická mapa (zdroj: PODHORNÍK 2001).