Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

Analýza struktury a obnovy smíšeného lesního porostu

Bakalářská práce

Autor práce: Mark Lozynskyi

Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

2023/24

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Analýza struktury a obnovy smíšeného lesního porostu vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 03.04.2024 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu prof. Ing. Jiřímu Remešovi, Ph.D. za včasnou konzultaci, poskytování dat a trpělivost v průběhu zpracování. Dále bych poděkoval své přítelkyni, kamarádům a rodičům za podporu během sběru a zpracování dat v terénu.

Analýza struktury a obnovy smíšeného lesního porostu

Souhrn

V rámci bakalářské práce byl proveden průzkum zajímavé lokality cca 40 km jihovýchodně od Prahy. Porost představuje směs dřevin s převahou smrku, buku, modřínu a jedle. Byly zde vytyčeny kruhové inventarizační plochy průměrem cca 25 m, na kterých byla vyhodnocena struktura lesního porostu (horní etáže). Dále byla v poloměru 2 m od centra plochy stabilizovaného geodetickým mezníkem vyhodnocena přirozená obnova. Vzdálenost stromů od centra byla změřena pomocí výškoměru a dálkoměru Vertex III, tloušťka průměrkou Haglöf.

Na začátku byly určeny a popsány hlavní biotické a abiotické činitele. Práce také obsahuje popis některých nalezených poškození zvěří a patogeny.

Pomocí softwaru Microsoft Excel a Tibco Statistica 14 probíhalo zpracování dat. V průběhu zpracování byly vyhodnoceny parametry jednotlivých stromů a porostní veličiny. Takto získaná data byla aplikována na celý porost. Stromy byly rozděleny do tloušťkových tříd a následně znázorněna četnost, rozdělení zásob a dřevinná skladba. Byla hledána korelace mezi přirozenou obnovou a horní etáži, která ukázala na poměrně silné vztahy.

Zvlášť je popsán ekonomický aspekt, ve kterém jsou porovnány relevantní druhy stromů a jejích výnos na odpovídajícím půdním typu. Důraz byl také kladen na odezvu a adaptaci lesního hospodářství na klimatickou změnu.

Po analýze porostu následuje návrh managmentu. V této podkapitole jsou nabídnuty postupy v některých problematických částích porostu.

Klíčová slova: adaptace na klimatickou změnu, přirozená obnova, dřevinná skladba, pěstební management, škody zvěří

Analysis of the Structure and Regeneration of a Mixed Forest Stand

Summary

A survey of an interesting locality approximately 40 km southeast of Prague was conducted. The vegetation consists mainly of a mixture of spruce, beech, larch, and fir. Circular inventory plots with a diameter of approximately 25 m were established, and natural regeneration within a radius of 2 m from the center of the plot was assessed, determined by the distribution of geodetic points. The distance of trees from the center was measured using a Vertex III laser measuring device and rangefinder, with tree diameter measured using a Haglöf caliper.

Initially, the main biotic and abiotic factors were identified and described. The work also includes descriptions of some damages caused by wildlife and pathogens.

Data processing was conducted using Microsoft Excel and Tibco Statistica 14 software. During processing, parameters of individual trees and stand variables were identified. The obtained data was then applied to the entire stand. Trees were grouped into diameter classes, and frequency, stock distribution, and tree species composition were illustrated. Correlation between natural regeneration and upper canopy was explored, revealing relatively strong relationships.

An economic aspect is described separately, comparing relevant tree species and their yields on corresponding soil types. Emphasis was also placed on the response and adaptation of forest management to climate change.

Following the forest stand analysis, a management proposal is presented. This chapter offers procedures for addressing certain problematic areas within the stand.

Keywords: adaptation to climate change, natural regeneration, tree composition, cultivation management, wildlife damage

Obsah

1 Úvod 9

2 Cíl práce 11

3 Literární rešerše 12

3.1 Klíčové činitele ovlivňující existenci porostu 13

3.1.1 Absorpce a využití světla 13

3.1.2 Rozdělení a možnost využití živin 14

3.1.3 Klimatické změny 15

3.2 Biotické faktory a stresory 17

3.2.1 Lesní hmyz 17

3.2.1.1 Bekyně velkohlavá (Lymantria dispar) 17

3.2.1.2 Chroust maďalový (Melolontha hippocastani) 18

3.2.1.3 Lýkožrout smrkový (Ips typographus) 18

3.2.2 Zvěř 19

3.2.2.1 Prase divoké (Sus scrofa) 19

3.2.3 Houbové patogeny 19

3.2.3.1 Štěrbinatka smrková (Lirula makrospora) 19

3.2.3.2 Sypavka jedlová (Hypodermella nervisequia) 20

4 Metodika 22

4.1 Charakteristika zájmového území 22

4.1.1 Základní charakteristiky 22

4.1.2 Kategorizace 22

4.1.3 Majetkové poměry 23

4.1.4 Doporučení podle OPRL ÚHÚL 23

4.2 Lokalizace studovaného porostu a výzkumných ploch 23

4.2.1 Analýza mapových dat 24

4.2.2 Vytyčení zkusných ploch 25

4.2.3 Sběr dat 25

4.2.4 Analýza 26

5 Výsledky a návrh managmentu 28

5.1 Porostní struktura 28

5.1.1 Výškové křivky 30

5.1.2 Hodnocení zásoby a dalších ukazatelů 1

5.1.3 Početnost a hektarová zásoba podle tloušťkových stupňů 33
5.2 Korelace mezi horní etáži a obnovou 36
5.3 Chyby měření 37
6 Diskuze 39
6.1 Hodnocení vlivu umístění kruhových ploch na přesnost měření 39
6.2 Posouzení časové náročnosti 39
6.3 Přirozená obnova 39
6.4 Vliv změny klimatu na ekonomický aspekt lesního hospodářství 40
6.5 Návrh managmentu 43
7 Závěr 44
8 Literatura 45
9 Samostatné přílohy 50
9.1 Příloha 1 50
9.2 Příloha 2 51
9.3 Příloha 3 51
9.4 Příloha 4 54

1 Úvod

Lesní ekosystémy, a zejména smíšené lesy, představují klíčové součásti biodiverzity a ekologické stability. Smíšené lesy i plantáže obsahující různé druhy stromů mohou občas vykazovat vyšší úrovně ekosystémových funkcí a poskytovaných služeb, včetně produktivity, ve srovnání s monokulturami. Nicméně tato pravidla neplatí vždy, a existuje mnoho případů, kde smíšené porosty neprojevují vyšší produktivitu (Forrester, 2014). Tato práce se zaměřuje na analýzu struktury a obnovy smíšených lesních porostů s cílem porozumět vzájemným interakcím mezi různými druhy stromů a procesům, které ovlivňují regeneraci tohoto ekosystému. Nedílnou součástí je poskytování komplexního pohledu na strukturu smíšených lesních porostů a zhodnocení faktorů ovlivňujících jejich obnovu. V současné době se smíšené lesy stávají středem pozornosti v souvislosti s udržitelným lesním hospodářstvím, adaptací na klimatické změny a ochranou biodiverzity. Přesto existuje mnoho nejasností a otázek ohledně optimálních postupů pro péči o tyto porosty a jejich dlouhodobou udržitelnost a odolnost vůči škůdcům. Práce také zkoumá dynamiku interakcí mezi různými druhy stromů v smíšených porostech, analyzuje vliv prostorových a časových faktorů na regenerační procesy a hodnotí vztah mezi strukturou lesa a jeho schopností obnovy.

Kromě toho se práce zaměřuje na možné dopady změn klimatických podmínek a dostupnosti zdrojů. Globální oteplování může vést k budoucímu zvýšení nebo snížení produktivity lesů. Nicméně se v Evropě také očekává častější výskyt vln horka, sucha a větrných bouří včetně souvisejících útoků patogenů, což je považováno za stále důležitější abiotické a biotické stresové faktory pro lesy (Bolte et al., 2009). Výsledky této analýzy mohou poskytnout cenné informace pro lesníky, ekology a správce lesů, kteří se snaží efektivně pěstovat smíšené lesní ekosystémy. Lepší porozumění tomuto tématu může přispět k rozvoji udržitelných lesních strategií a zachování biologické rozmanitosti v lesních oblastech.

V rámci analýzy je nezbytné zohlednit také vliv lesních škůdců, jakými jsou hmyz a obdobně také i zvěř. Tato skupina faktorů může mít výrazný dopad na druhové složení, hustotu porostu a celkovou regeneraci lesa. Hmyz je schopen způsobit rozsáhlé poškození stromů, ovlivnit jejich růst, a dokonce vést k odumírání jednotlivých jedinců či celých částí porostu. Například kůrovec může být vážným problémem, a jeho aktivita může ovlivnit jak mladé rostliny, tak i dospělé stromy.

Zvěř může ovlivňovat strukturu lesního porostu prostřednictvím omezování regenerace mladých stromků. Je důležité zkoumat, jaké druhy zvěře se v dané oblasti vyskytují a jaký mají vliv na obnovu. Navíc je možné analyzovat efektivitu různých ochranných opatření a managementových strategií zaměřených na snížení negativních dopadů působených zvěří.

Zahrnutí této perspektivy poskytne ucelenější obraz o výzvách, kterým smíšené lesní porosty čelí, a umožní navrhnout pěstební opatření pro udržení ekosystémové rovnováhy a podporu obnovy lesa.

2 Cíl práce

Cílem práce je provést analýzu smíšeného lesního porostu ve vybrané části oddělení 510 na území Lesů ČZU. Na vybraných kruhových inventarizačních plochách byla vyhodnocena tloušťková, výšková a druhová struktura porostu. Pozornost byla věnována také stavu přirozené případně i umělé obnovy porostu s cílem posoudit vliv zvěře na její odrůstání. Cílem práce je i návrh dalších pěstebních opatření na jednotlivých inventarizačních plochách. Byl proveden důkladný rozbor problematiky adaptace pěstování lesa na změnu klimatu, s důrazem na tvorbu porostní směsí a diferenciaci struktury lesa. Identifikováno a umístěno bylo 25 kruhových inventarizačních ploch s následujícím měřením všech stromů od výčetní tloušťky 7 cm zahrnujícím tloušťku ve výšce 1,3 m, výšku, výšku nasazení koruny, průměty korun. Průmět je měřen pomocí aplikace ArcGIS. Byla analyzována tloušťková, výšková a druhová struktura porostu na inventarizačních plochách, obnova lesa a posouzeno poškození zvěří. Poté byly navrženy pěstební opatření na základě získaných dat.

3 Literární rešerše

V každém lesním ekosystému existují vnitrodruhové a mezidruhové vztahy, ale otázkou je, jak velký vliv mají určité biotické a abiotické faktory na vztahy mezi jednotlivými druhy. Pro lepší pochopení tohoto tématu máme zjistit jaké interakce jsou a jak souvisejí s dostupnosti nutných pro strom zdrojů. Takovými zdroji mohou být světlo, voda a dostupnost půdních prvků.

Smíšený lesní porost má svoji strukturu, diverzitu neboli skladbu, půdní a klimatické podmínky. Tyto složky jsou probrány zvlášť a posouzena jejich váha.

Klimatické a půdní podmínky určují dostupnost světla a vody. Světlo je považováno za energii, která následně bude využitá v procesu fotosyntézy. To znamená, že každý strom bude do určité míry bojovat o absorpci slunečného záření. Druhy, které disponují vysokou efektivitou využití světla se mohou smířit s víceméně zastíněnou plochou, zatímco jiné musejí zvětšovat výšku a šířku koruny. Tím pádem konkurence o světlo stoupá a stromy reagují tím, že alokují vyšší podíl svého nadzemního růstu k usnadnění absorpce světla (Poorter et al., 2012). Pro redukce konkurenci v porostní směsi je jednou z variant použití kombinace druhů s vysokou rychlosti růstu a vysokou efektivitou využití světla, které přerůstají pomaleji rostoucí a stínné druhy. Taková směs by mohla mít vyšší efektivitu než monokultury, více tolerantních druhů a může být schopna dosáhnout vyššího absorbovaní fotosynteticky aktivního záření než monokultury méně tolerantních k stínu druhů (Forrester, 2014). Mechanismy ovlivňující dostupnost vody jsou účinnější tehdy, když voda je limitujícím faktorem. Ve směsích s velkou pravděpodobností může fungovat hydraulické přerozdělení, při kterém dochází k přemístění vody hlubokými kořeny do mělčích vrstev. Takovou stratifikaci lze použit pro vytváření vhodné kombinaci druhů v sušších podmínkách. Podle Forrestera (2014) však není žádné potvrzení o kvantitativním výzkumu tohoto jevu.

Dostupnost půdních živin je významným faktorem růstu. Porozumění procesům, probíhajícím ve kořenech dávají možnost snížit kompetiční efekty mezi stromy. Například je vhodně kombinovat N-fixující druh s druhem nemajícím takovou funkci. Je třeba ale zmínit, že táto facilitační schopnost má význam na stanovištích s nízkým obsahem dusíku, tj. tam, kde dusík je limitujícím prvkem. Zvýšení dostupnosti živin může vést k poklesu poměru uhlíku, který je alokován do podzemní části rostlin, protože je zapotřebí méně kořenů k zachycení půdních zdrojů a uhlík může být použit nad zemí pro zachycení více světla a fixaci více uhlíku (Poorter et al., 2012). Rothe a Binkley (2001) navrhli, že zlepšení výživy je nejpravděpodobnější, když hluboce

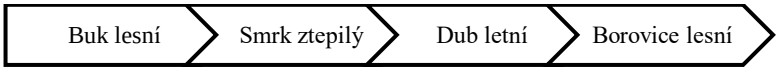
kořenící druh, který využívá živinami bohaté hlubinné vrstvy půdy, působí jako „dopravník živin“ pro druhy s plytkými kořeny.

Porostní struktura není stabilní jednotkou ve mladém lese, vyvíjí se v průběhu mnoha let. V ranním věku je dosáhnuto největšího podílu listové plochy, ale její podíl na celkové ploše bude se postupně zmenšovat. Při rozvoji porostu a růstu dřevin se zvyšuje i konkurence o světlo, která způsobuje zvětšení koruny. V takovém období je důležité, aby světlomilné druhy přerůstaly druhy snášející stín (Kelty, 1992). Hustota porostu může být pozitivně korelována s druhovou rozmanitostí. Proto větší produktivita ve směsích někdy může být důsledkem vyšších hustot nebo větší strukturální rozmanitosti spíše, než přímých efektů druhové rozmanitosti nebo samotných interakcí mezi druhy (Forrester, 2014).

3.1 Klíčové činitele ovlivňující existenci porostu

3.1.1 Absorpce a využití světla

Každý druh má nejenom jiné nároky na světlo, ale i různou produktivitu jeho využití. Je nezbytně porozumět, jak stromy reagují na změny osvětlení a které druhy jsou více na tom závislé. Například při intraspecifické neboli vnitrodruhové konkurenci buku lesního (Fagus sylvatica) přibližně stejných velikostí, se uplatňují podobné druhově specifické fyziologické a morfologické vlastnosti. Pro buk je typická nízká intenzita světla v prostoru koruny. Boční průnik do koruny souseda by znamenal značné náklady na alokaci biomasy větví, nicméně poměrně nízký výnos vzhledem k nízké intenzitě zbývajícího světla, které lze využít. Konkurence ve výškovém přerůstání je výhodnější, a to může být předpokladem pro Y-tvarované koruny ve většině čistých bukových porostů (Dieler, Pretzsch, 2013)**.** Ve případě smíseného porostu je klíčovým mít přehled o pojmu, jako světelný saturační bod, což je úroveň intenzity světla, při které je fotosyntetická aktivita rostliny již na svém maximu, a další zvýšení světelného záření nezpůsobí další nárůst ve fotosyntéze. U jednotlivých druhů dřevin tento bod stoupá v takovém pořadí:



Obr.1. (Lyr et al., 1967; Dieler, Pretzsch, 2013)

Důsledkem je to, že buk může čerpat výhodu z tvaru korun ve směsi kvůli změně zachycování a distribuce světla, což lze interpretovat jako analogii k redukci konkurence.

Například ve porostní směsi dubu letního a buku lesního je patrná jejich odlišná ekologie využití světla, Zatímco dub vyžaduje více světla, buk je mnohem odolnější vůči stínu (Assmann 1961, Pretzsch et al., 2013**)**. Z toho vyplývá předpoklad, že využití světla dubem je nejúčinnější ve vrchní vrstvě koruny a výrazně klesá shora dolů. V případě buku je tento pokles méně výrazný, a tak pro buk může být výhodnější využívat světlo v koruně nebo dokonce pod korunou dubu. V důsledku této komplementarity může být podíl zachyceného světla ve smíšených porostech oproti monokulturám vyšší (Pretzsch et al., 2013).

Relevantním případem k této práci je také vztah mezi smrkem ztepilým (Picea abies) a jedlí bělokorou (Abies alba), která je tolerantnější vůči stínu. Oba druhy často rostly lépe ve smíšených porostech než v monokultuře. Možnou příčinou bylo zlepšení zachycení světla nebo efektivita díky odlišné fyziologii koruny, architektuře koruny a stratifikaci (Forrester et al., 2013). Odlišná fyziologie může spočívat i v tom, že rostliny pěstované při nízké expozici světla fixují při fotosyntéze pouze relativně malé množství uhlíku. Potřebují také méně živin než rostliny vystavené vyššímu osvětlení, a to kvůli pomalejšímu růstu, a spotřebovávají méně vody v důsledku snížené stomatární vodivosti (Poorter et al., 2012).

3.1.2 Rozdělení a možnost využití živin

Dostupnost klíčových prvků v pudě ovlivňuje nejenom samotný růst rostliny, ale i způsob interakcí mezi druhy. Absence některých z nich je limitujícím faktorem, což vede ke spuštění mechanismů, které zvyšují dostupnost, příjem a účinnost využití živin, a následně ke zvýšeným komplementárním efektům na stanovištích (Forrester, 2014).

Klasickým příkladem je facilitační účinek druhů fixujících dusík (N) na růst druhů, které dusík nefixují, což se zvyšuje s klesajícím obsahem dusíku. Například začlenění N-fixujících olší červených (Alnus rubra) do porostů jehličnatých dřevin by mělo zvýšit produkci porostu na chudých půdách a zvýšit výnos jehličnatých dřevin později během mýtní těžby a obnovy. Avšak začlenění olší do porostů jehličnatých dřevin na bohatých dusíkem místech by naopak mělo snížit, jak celkový růst porostu, tak výnos jehličnatých dřevin (Binkley, 2003). Tato zákonitost platí i v případě, kdy jsou omezujícím faktorem zdroje jiné než ty, které jsou ovlivněny interakcemi druhů (např. dusík), pak kompetice o tyto zdroje může převažovat nad efekty facilitace, a existuje mnoho případů, kdy produkce nebyla zlepšena ve směsích obsahujících N-fixující druhy, protože dusík

nebyl dostatečně limitujícím faktorem. V takové situaci je možná umělá aplikace jiných chybějících prvku, například fosforečných hnojiv (Forrester et al., 2006). Jinými slovy, jde o manipulaci s limitujícími faktory.

Stav živin je také ovlivněn opadem, který se následně zúčastňuje procesu dekompozice. Nejmarkantnější účinky na množství živin lze nalézt ve směsích s druhy fixujícími dusík. Smíšené porosty douglasky tisolisté (Pseudotsuga menziesii) a olše červené produkují tři až osmkrát více dusíku v opadu než monokultury samotné douglasky. Stejně tak významně větší obsahy fosforu, vápníku, hořčíku a draslíku ve srovnání s monokulturami jehličnatých dřevin. Měření opadu ve směsi buku a smrku odhalila významně vyšší obsahy bazických kationtů (K, Ca a Mg) u buku, zatímco mezidruhové rozdíly v obsahu dusíku a fosforu byly malé, přitom akumulace živin v opadu se zvýšila lineárně s rostoucím podílem buku, když byly prováděny výpočty na úrovni celého porostu (Binkley, Sankaran, 1997).

Druh a složení půdy formuje také model vývoje kořenů, který se liší mezi druhy, včetně jejich prostorové distribuce. Interakce kořenů byly zdokumentovány ve smíšených porostech smrku a buku a ve směsích jasanu (Fraxinus excelsior) a buku na živinami bohatých hlinitých půdách. Na všech zkoumaných typech půd smrk nebo jasan obvykle kořenil mělčeji ve smíšených porostech než v monokultuře, zatímco buk kořenil v smíšeném porostu hlouběji (Rothe, Binkley, 2001).

3.1.3 Klimatické změny

Klimatická změna se stala hlavním pohonem environmentálních změn v důsledku významného nárůstu průměrných teplot a extrémních povětrnostních jevů. V Evropě nejvyšší nárůst teploty zažily jihozápadní, střední a severovýchodní a také alpské regiony (IPCC, 2023). Stromy mají vrozenou schopnost zvládat změny v prostředí a vyvinuly různé mechanismy pro zvládání extrémních povětrnostních podmínek. Lesy se budou muset přizpůsobit měnícím se environmentálním podmínkám, aby zůstaly stabilní a zachovaly si vitalitu k neustálému poskytování různých ekosystémových služeb, jako jsou biodiverzita, produkce dřeva, ochrana krajiny a potenciál ukládání uhlíku (Nabuurs et al., 2007). Lesy reagují odlišně na změny klimatu v závislosti na individuálních charakteristikách místa, jako jsou různé půdní a mikroklimatické podmínky.

Strategie pro budoucí lesní hospodaření na úrovni porostu	**Zachování struktury lesa**	**Aktivní adaptace**	**Pasivní adaptace**
Cíl	Udržování stálé struktury lesa navzdory rostoucímu tlaku sukcese způsobené změnami životního prostředí.	Použití lesnických metod (např. výchovy) k úpravě struktury a složení porostu tak, aby výsledný les byl lépe přizpůsoben dopadům klimatických změn.	Zastavení opatření, která udržují lesní strukturu proti sukcesnímu tlaku nebo která aktivně přizpůsobují les k environmentálním změnám.
Odůvodnění	Může zvýšit riziko katastrofické ztráty lesa, ale zároveň umožnit manažerovi dosáhnout původních hospodářských cílů.	Aktivní transformace lesa s přimícháním druhů odolnějších a potenciálně lépe přizpůsobených budoucím klimatickým podmínkám.	Minimalizuje náklady na zásahy, ale eliminuje mnoho možností kontroly dynamiky porostu, která je důležitá pro budoucí složení lesa, strukturu porostu a funkci lesa.
Kritéria	• Nízký nepříznivý dopad klimatické změny; • vysoká odolnost porostu vůči klimatickému stresu; • vysoký věk porostu; • velký význam existující struktury porostu a složení lesa pro funkci lesa (např. vysoká ekonomická hodnota);	• Nízká tolerance porostu k stresu způsobenému klimatem; • nízký stupeň funkčnosti lesa; • vysoké riziko nebezpečí pro sousední porosty a lesy; • vyšší tlak, než je možné zvládnout jinými přístupy.	• Nízký význam porostu pro ekonomickou a ekologickou funkci; • žádná adekvátní opatření pro aktivní adaptaci; • lepší poměr nákladů a přínosů než u předchozích strategií.

• vysoká pravděpodobnost, že lesnická opatření zlepší stabilitu a/nebo vitalitu porostu.		

Tab. 1. Obecný koncept adaptace lesa založený na přirozené dynamice lesa a jeho hospodaření, zahrnující aktivní a pasivní strategie. Podle tohoto konceptu je adaptivní hospodaření zaměřeno na podporu a asistenci odolnosti lesních ekosystémů vůči stresu, na zvýšení odolnosti a na dynamickou odezvu, představující soubor cílových reakcí na dopady změny klimatu (Millar et al., 2007).

3.2 Biotické faktory a stresory

Lesní škůdci jsou významnými činiteli velké skupiny procesů probíhajících v lese. Na obranná opatření se vynakládá značná částka peněžních prostředků. Nedílnou součástí lesního hospodářství je pochopení vývoje lesního hmyzu a případně zvěří. Tento přístup umožní ušetřit čas, finance a způsobit efektivnější účinek zásahů. V této kapitole je pozornost věnována faktorům, které byly v zájmovém území identifikovány nebo se zde pravděpodobně vyskytují.

3.2.1 Lesní hmyz

3.2.1.1 Bekyně velkohlavá (Lymantria dispar)

Areál rozšíření tohoto druhu zahrnuje celou Evropu s výjimkou severských států a Irska, severní Afriky a rozprostírá se napříč Asií až k Japonsku a východní Číně. V roce 1869 byl tento druh introdukován do USA poblíž Bostonu, odkud se jeho areál výskytu neustále rozšiřuje. Housenice tohoto druhu jsou širokými polyfágy. V našich podmínkách mezi nejvíce poškozované druhy patří: Quercus cerris L., Quercus petraea Matt., Quercus robur L., Quercus rubra L., Tilia cordata Mill., Populus spp. a Salix spp (Zúbrik et al., 2019). Populace tohoto druhu je charakterizována velmi radikálními mezigeneračními změnami neboli populační dynamikou. První zmínky o výskytu populačních explozí z našeho území sahají až do minulého století. Škůdce způsobuje defoliaci stromů v období od konce května do června. Tato poškození mohou mít negativní dopad na stabilitu lesních porostů (Zúbrik et al., 2019). Preventivní opatření proti bekyni velkohlavé jsou obdobná jako u jiných listožravých druhů, takže zahrnují např. zvyšování rozmanitosti lesních společenstev vhodnou prostorovou a porostní skladbou, respektování stanovištní vhodnosti jednotlivých druhů dubů (Novák, Dušek, 2022).

3.2.1.2 Chroust maďalový (Melolontha hippocastani)

Areál výskytu pokrývá většinu Evropy s výjimkou nejsevernějších a nejjižnějších oblastí. Hmyzí brouk lesní se vyskytuje zejména v rozsáhlé oblasti sahající až do Mongolska, částí Střední Asie a Sibiře a je vázán na lesní prostředí, na rozdíl od chrousta obecného (Melolontha melolontha), který se vyskytuje v různorodějších prostředích (Niemczyk et al., 2024). V závislosti na místním klimatu trvá životní cyklus druhu obvykle 3–4(5) roky, s krátkým obdobím dospělého vylétání od poloviny dubna do konce května. Během svého životního cyklu procházejí brouci dokonalou proměnou, která je charakterizována významnými morfologickými a behaviorálními rozdíly mezi larválními a dospělými formami. Dospělí brouci jsou polyfágové, ale preferují listnaté stromy, například dub (Quercus spp.), buk (Fagus spp.) nebo břízu (Betula spp.), které defoliují a snižují jejich fotosyntetickou kapacitu (Niemczyk et al., 2024). Larvy jsou pro lesnictví mnohem nebezpečnější, protože žijí v půdě a způsobují významné poškození kořenových systémů bylinných rostlin a mladých stromů. Ochrana proti ponravám a imagům chroustů spočívá v provádění preventivních opatření, která jsou zaměřená na vytvoření optimálních podmínek pro růst sazenic, jako např. kvalitní příprava půdy, výběr sadebního materiálu s dobře rozvinutým kořenovým systémem, pečlivá výsadba, vyšší počet sazenic, zakládat kultury v roce rojení, ponechávat bučeň v kulturách v maximální možné míře a využívat podrostní způsob hospodaření (Novák, Dušek, 2022).

3.2.1.3 Lýkožrout smrkový (Ips typographus)

Lýkožrout smrkový je jedním z nejdůležitějších lesních škůdců v Evropě. Působí zejména ve starších smrkových porostech ve věku nad 60 let s tloušťkou kůry 4-10 mm a je zaměřen na osluněné oblasti podél hranici lesa, která byla vytvořená v důsledku těžební činnosti, poškození větrem nebo napadá stromy v blízkosti předchozích infestací (Jakuš et al., 2024). Jeho aktivita trvá od dubna do září a je závislá na klimatických podmínkách. V oblastích nižších poloh tvoří 2 generace do roka, přitom první rojení probíhá v dubnu-květnu a druhé v polovině června až počátkem srpna. Na jaře preferuje část kmene ve výšce do asimilačních orgánů, zatímco v leté volba spadá do stinné části kmene pod dolními větvemi koruny.

Existuje několik strategií k ochraně smrkových porostů včetně porostů se zastoupením smrku nad 20 %. Nejznámější jsou opatření s použitím feromonových lapačů nebo lapáků, syntetických insekticidů, antiatraktantů a jejich kombinací. Z ekologického hlediska je používání lapačů přijatelnější, ovšem biologická a ekonomická účinnost této metody je zpochybněná. Jedním z omezení je efekt šíření neboli “spillover” efekt, který spočívá v tom, že obchodní feromonové

odparníky mohou lákat více brouků, než mohou zachytit, což vede k útokům na okolní stromy (Jakuš et al., 2024).

S ohledem na výše uvedené metody je třeba zmínit, že nejúčinnějším způsobem opatření je intenzivní odstranění a asanace napadených stromů a preventivní odvoz a odkorňování veškerého atraktivního pro kůrovce dříví. Tato činnost je povinností vlastníka lesa a je zmíněná v (ČESKO. § 32 odst. 1 písm. b) zákona č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon) - znění od 1. 1. 2024.).

3.2.2 Zvěř

3.2.2.1 Prase divoké (Sus scrofa)

Divoká prasata jsou původním druhem, který může způsobovat škody na lesních dřevinách od poškozování sazenic nebo přirozené obnovy do rozrývání půdního povrchu při tvorbě kališť. Nicméně existuje rovněž i příznivý dopad, například konzumace škodlivých pro hospodaření larev a brouků nebo kypření půdy. Pohled na obnovu lesa není jednoznačný, ve případě velkého zastoupení dubu a buku pravděpodobně může dojit k omezení v důsledku likvidace semen (Drimaj et al., 2015). Kromě toho, nelze úplně zhodnotit dopad na otěrové stromy. Jednak to vede ke zvýšení druhové rozmanitosti dřevin kolem otěrových stromů, kam přinášejí semena (Lee, Lee, 2014), ale zároveň se snižuje životnost těchto stromů.

Obr.2. Otěrový strom

3.2.3 Houbové patogeny

3.2.3.1 Štěrbinatka smrková (Lirula makrospora)

Štěrbinatka smrková je houba patřící do skupiny vřeckovýtrusných hub (Ascomycota). Charakteristickým příznakem napadení je hnědnutí jehlic na podzim s následujícím vývojem plodnic na jaře. Nejprve se vyvíjejí pyknidy anamorfního stádia, a poté i plodnice teleomorfního

stádia, nazývané hysterothecia, které infikují nové jehličí. Plodnice teleomorfního stádia se tvoří na spodní straně jehlic a často jsou napadeny všechny jehlice téhož ročníku. Nejběžnější hostitelskou dřevinou této houby je smrk ztepilý (Picea abies). Symptomy poškození zahrnují hnědnutí a rychlý opad jehlic jednoho ročníku, společně s vytvářením černých hysterothecií obsahujících vřecka s askosporami na rubu jehlic. Tyto hysterothecia mohou dosahovat délky až 10 mm. V počáteční fázi infekce může dojít k záměně s jinými druhy hub způsobujícími opad jehlic, ale po vytvoření plodnic je napadení sypavkou prakticky nezaměnitelné. Lirula macrospora napadá především stinné ploché jehličí a je častější v čistých, přehoustlých a odrostlých kulturách nebo mlazinách (Cannon, Minter, 1984), a někdy i ve školkách. Pro infekci je příznivá relativně vysoká vzdušná vlhkost, ale nezbytně deštivé a chladné počasí. Pro obranu proti této houbě se doporučuji prořezávky přehoustlých kultur a mlazin, a výsadby v maximálním možném sponu (PEŠKOVÁ, Vítězslava. Choroby asimilačního aparátu. Praha, 18.10.2023).

Obr.3. Hysterothecia na smrku ztepilém na zájmové lokalitě

3.2.3.2 Sypavka jedlová (Hypodermella nervisequia)

Houba se řadí do hub vřeckovýtrusných (Ascomycota). Napadá jedlové jehličí. V nižších polohách, napadené jehlice začínají v červenci hnědnout, za měsíc se začnou tvořit plodnice. Plodnice houby jsou zanořené v hnědnoucích jehlicích typicky pouze na spodní straně, kde tvoří lineární struktury podél střední části jehlic a dosahují délky cca 10 mm. V horských polohách se objeví nejprve pyknidy konidiového stádia, která jsou obvykle nalezena pouze na horní straně

jehlic, mají hnědou barvu jako jehlice nebo mírně světlejší a mohou mít tvar eliptický až protáhle eliptický (Cannon, Minter, 1984). V nížinách se obvykle pyknidy netvoří. Plodnice jsou tvaru Hysterothecium dozrávají koncem roku a žijí až do června příštího roku. Otevírají se jednou podélnou štěrbinou. Hlavní hostitelskou dřevinou je jedle bělokorá (Abies alba), výjimečně i další druhy jedlí (Abies spp.). Vnějším vzhledem se houba podobá druhu Lirula macrospora na smrku. Napadené jehlice často zůstávají na větvích. Choroba postihuje především spodní větve. Nejvíce bývají poškozovány husté mlaziny na chudých půdách. V horách mohou být napadeny i koruny dospělých stromů, záleží především na vlhkosti vzduchu. Hypodermella nervisequia je lokálně vážným problémem v Evropě (Cannon, Minter, 1984). "Správnými pěstebními zásahy lze zamezit vzniku přehoustlých porostů. Proředěním porostů se změní mikroklimatické podmínky na podstatně méně příznivé pro další šíření infekce v následujících letech.

Obr.4. Sypavka jedlová

Při zakládání porostů je vhodné se vyhnout dlouhodobě zamokřeným lokalitám a mrazovým kotlinám. Odstraňování silně poškozených jedinců z porostu je důležité. Chemický zásah se doporučuje tehdy, když se v předchozím období objevil silnější výskyt. Provádí se preventivně během infekčního období, tj. od doby rašení pupenů a začátku vývoje jehlic až do ukončení jejich růstu" (PEŠKOVÁ, Vítězslava. Choroby asimilačního aparátu. Praha, 18.10.2023).

4 Metodika

4.1 Charakteristika zájmového území

4.1.1 Základní charakteristiky

Středočeská pahorkatina, třetí největší přírodní lesní oblast v České republice, má podprůměrnou lesnatost území, která činí 30 %. Celková rozloha této přírodní lesní oblasti (PLO) činí 660 146 ha, což představuje 8,4 % celkové rozlohy ČR. PLO 10 je charakterizována jako souvislé území s obdobnými přírodními podmínkami, které umožnily definovat lesy s podobnými charakteristikami. Geologické podloží tvoří převážně prachovce, spraše a hlubinné vyvřeliny v různých částech oblasti. Tato geologie ovlivňuje typy půd, které se zde vyskytují, převážně středně těžké, oligo-mezotrofní a mezotrofní půdy. Na povlovných svazích a v terénních úpadech jsou pak přítomny hydromorfní půdy. V oblasti se nacházejí různé cílové hospodářské soubory (CHS), které odpovídají specifickým podmínkám stanovišť. Nejčastěji se zde vyskytuje CHS 43 – kyselá stanoviště středních poloh (30 %), pak CHS 45 – živná stanoviště středních poloh (27 %), CHS 47 – oglejená stanoviště středních poloh (14 %) a CHS 23 – kyselá stanoviště nižších poloh (9 %) (OPRL, 2022).

Ve PLO 10 dominují lesní vegetační stupně (dále LVS) dubo-bukový (50 %), buko-dubový (23 %) a bukový lesní vegetační stupeň, který zaujímá 21 % plochy. V původní dřevinné skladbě převažoval buk, s menším zastoupením dubu, dál zde byly zastoupeny jedle, habr, lípa, javor a další druhy dřevin. Většina území byla přeměněna z původního smíšeného porostu buku a dubu na monokultury smrku a borovice. Listnaté dřeviny nyní zabírají pouze 20 % celkové lesní plochy v této oblasti (Strnadová, 2011).

4.1.2 Kategorizace

Většinu území lesů ve Středočeské pahorkatině tvoří lesy hospodářské, které zabírají 83,5 %. Menší část, 15,1 %, připadá na lesy zvláštního určení, mezi něž patří lesy v uznaných oborách a samostatných bažantnicích, lesy sloužící lesnickému výzkumu a výuce a také lesy s rekreační funkcí, jako jsou příměstské lesy. Lesy ochranné zde zaujímají pouze 1,4 % celkového lesního plošného rozsahu (OPRL, 2022).

Výzkum byl prováděn v kategorii 32d – Lesy zvláštního určení: lesy sloužící lesnickému výzkumu a lesnické výuce.

4.1.3 Majetkové poměry

V roce 2006 byl podíl lesů ve vlastnictví fyzických osob a lesů ve vlastnictví státu vyrovnaný. V současné době největší podíl ve Středočeské pahorkatině zaujímají lesy ve vlastnictví fyzických osob (38 %). 28 % porostní půdy obhospodařuje stát, z čehož největší podíl spravují LČR s. p., lesní závod Konopiště. Vojenským lesům a statkům ČR, s. p. připadá 2 % lesů v oblasti. Církevní lesy v PLO 10 zaujímají 6,7 % (OPRL, 2022).

4.1.4 Doporučení podle OPRL ÚHÚL

Celkové hodnocení produkčního pilíře vychází mírně podprůměrně, což naznačuje potřebu zvýšení bezpečnosti produkce. S ohledem na možné následky klimatických změn a s cílem zvýšit stabilitu lesních porostů je doporučeno zvýšit podíl listnatých dřevin, zejména zpevňujících a melioračních. Změna druhové skladby, která zajišťuje větší druhovou pestrost a odolnost porostů, je již úspěšně realizována, což je patrné z vyššího podílu listnatých dřevin v mladších věkových stupních porostů. Důležité je také podporovat kvalitní místní ekotypy smrku a dalších dřevin. Pro zajištění dlouhodobé reprodukční funkce lesů se doporučuje postupně vytvářet podmínky pro založení nových genových základen a udržovat nebo zvyšovat dostupnost kvalitního reprodukčního materiálu. K dosažení vnitřního zpevnění lesních porostů je nezbytná důsledná a kvalitní výchova porostů, začínající již v mlazinách (OPRL, 2022).

4.2 Lokalizace studovaného porostu a výzkumných ploch

Zkoumaná lokalita patří do oddělení 510 dílce A na území lesů ČZU a je rozdělena na 7 porostních skupin. Převážnou většinu plochy obsahuje porostní skupina 10, která představuje dvouetážový porost (viz příloha 1.), ve kterém horní etáž je věkem 81-100 let a dolní představuje podrost 1-20 let, což ve skutečnosti je přirozenou obnovou.

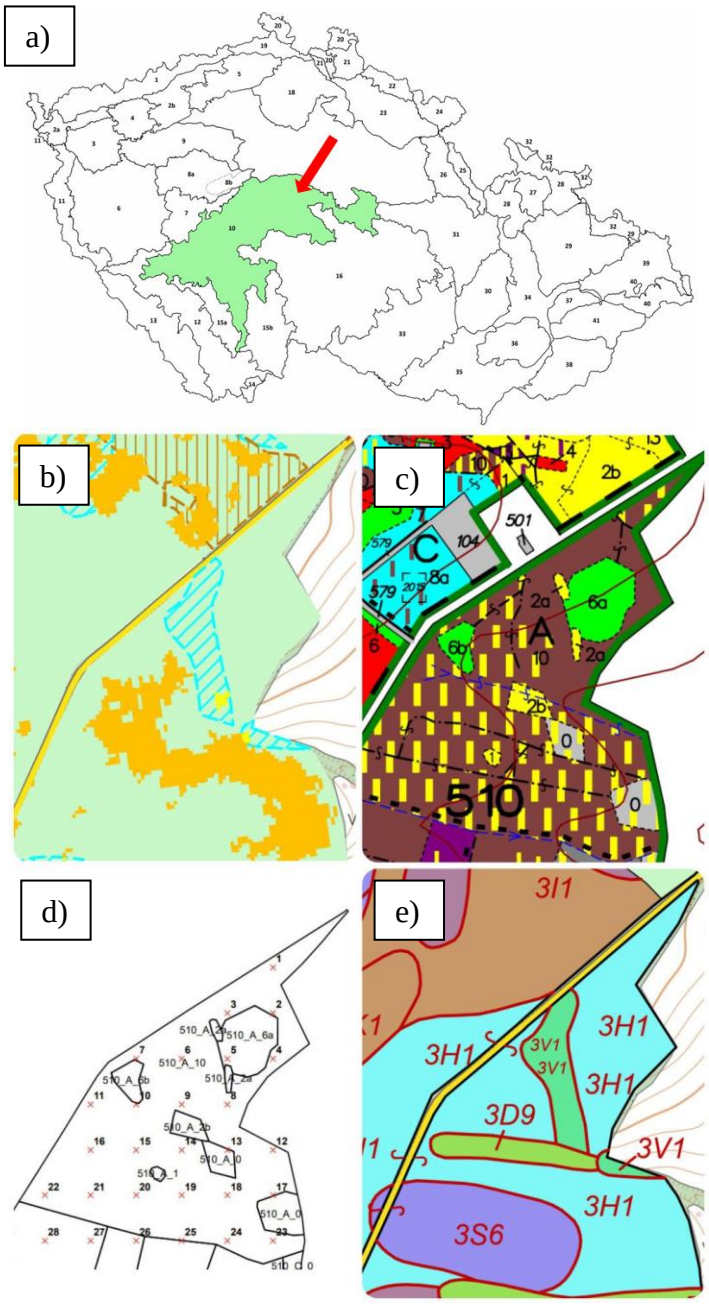
Z hlediska lesnické typologie je studovaná lokalita (nadmořská výška cca 400 m) zcela zařazena do 3. LVS, který se vyskytuje na stanovištích

Porostní skupina	*Plocha (ha)*	*%*
0	0,64	5%
1	0,04	0%
2a	0,1	1%
2b	0,19	1%
6a	0,84	6%
6b	0,23	2%
10	11,8	85%
Celkem	13,84	100%

Tab.1. Plošní podíl jednotlivých skupin na celkové výměře dílce

s průměrnou roční teplotou 6,5-7,5 °C, ročním úhrnem srážek 650-700 mm a délkou vegetační doby 150-160 dní. V přirozené skladbě převažuje buk lesní, nicméně produkční optimum zde mají také dub zimní a habr obecný, přičemž habr může potlačovat buk a dub při výmladkovém způsobu hospodaření. Společenstva jsou charakterizována silně travnatou povahou. Dub letní a jedle bělokorá zaujímá vodou ovlivněné půdy, když chudší stanoviště jsou obsazeny borovicí lesní. 3. LVS pokrývá 18,41 % plochy lesů.

4.2.1 Analýza mapových dat

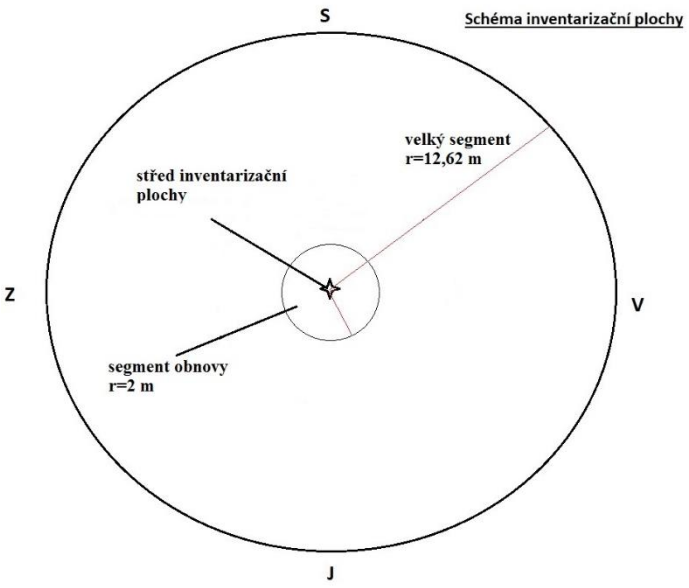


Obr.5. a) PLO 10 na mapě ČR, kde červenou šipkou je označené orientační rozmístění výzkumné lokality (podrobněji viz souřadnice ploch v příloze 3.); b) Modré šrafovaná oblast označuje podmáčenou lokalitu. Oranžová oblast – lesní porosty, ve kterých se doporučuje postupovat podle porostního typu – smrk ohrožený změnou klimatu (HS s indexem "i"). Žlutá oblast – lesní porosty, ve kterých se doporučuje postupovat podle porostního typu - smrk běžné kvality (JDO) nebo (DG), v případě zhoršení zdravotního stavu lze uplatnit předchozí opatření; c) Mapa věkových tříd (viz příloha 1.); d) Rozmístění zkusných ploch (viz příloha 2.); e) Typologická mapa: 3H1 – hlinitá dbBK modální; 3V1 – vlhká dbBK modální; 3D9 – obohacená dbBK specifická – roklinová; 3S6 – svěží dbBK hlinitější.

Data jsou převzata z ÚHÚL (https://geoportal.uhul.cz)(a,b,e) a některé z nich jsou vypracovány Lesprojekt Stará Boleslav s.r.o (c,d)

4.2.2 Vytyčení zkusných ploch

Pro zjišťování taxačních charakteristik byla použita metoda kruhových zkusných ploch. Její nutným požadavkem je dobrá porostní reprezentace, což dává možnost následně přepočítat naměřené hodnoty na celý porost. Kruhové zkusné plochy byly určeny rozmístěním geodetických bodů (viz obr. 6.) v porostu. Pro každý bod jsou zjištěné GPS souřadnice. Takto zformována mříže měla rozestupy 75 m mezi centry jednotlivých ploch (viz příloha 2.). tyto plochy byly již stabilizovány (KHÚL) a následně využity při řešení této bakalářské práce. Na každé z nich byly měřeny všechny stromy s výčetní tloušťkou od 7 cm v poloměru 12,62 m od centra a posouzeno obnovu v poloměru 2 m s následujícím rozdělením do třech výškových tříd: 10-50 cm, 50-130 cm a 130+ cm.



Obr. 6. Schéma inventarizační plochy.

4.2.3 Sběr dat

Výšky byly měřeny při použití digitálního výškoměru Vertex III s ultrazvukovým dálkoměrem a aktivním transpondérem T3. Pro stanovení kruhové plochy byl použit vytyčovací adaptér TRP360PL a tentýž transpondér, výčetní tloušťka se měřila pomocí průměrky Haglöf Mantax. Nejprve bylo třeba vyhledat geodetický bod a rozmístit vytyčovací adaptér, potom probíhalo označení každého stromu splňujícího požadavky (minimální tloušťka a vzdálenost od centra) pomocí křídy, a bylo přiděleno pořadové číslo, změřena tloušťka v cm s přesností na 1 desetinné místo, výška v m s př. na 1 desetinné místo, výška nasazení koruny a určen druh dřeviny. Stejným postupem byl vytyčen segment obnovy a měřena výška každého jedince při použití svinovacího metru. Navíc při změně povětrnostních podmínek bylo nutně provést kalibraci dálkoměru podle návodu.

4.2.4 Analýza

Výšky byly vyrovnány pomocí výškové křivky, která využívá statisticko-regresní metody regresní analýzy. Při použití Michajlovy funkce, kterou je možné charakterizovat jako nelineární a výpočetně složitou funkci. Do ní vstupují dva parametry, označené dále jako a, b, výčetní tloušťka (dále $d_{1,3}$) a střední výška (dále $\hat{h}$). Vyrovnání probíhalo s použitím metody nejmenších čtverců, která je k dispozici v softwaru Microsoft Excel (Soubor » Možnosti » Doplňky » Spravovat » Doplněk Solver). Tímto způsobem byly určeny hodnoty parametrů a i b (tab.2.)

Objem je vypočítán rovnicemi podle Soustavy česko-slovenských objemových tabulek (Petráš, Pajtík, 1991). Objemové rovnice v průběhu zpracování byly převedeny do digitální podoby (viz příloha 3.) a použity ve tvaru funkce v Microsoft Excel. Nicméně je třeba upozornit, že pro některé málo zastoupené a nepodstatné druhy dřevin neexistuje rovnice podle výše uvedených autorů, v tomto případě bylo rozhodnuto použit rovnice jiných morfologicky podobných dřevin. Nalezená zásoba byla následně přepočtena na hektar. Výpočet zastoupení a zakmenění byl prováděn pomocí Taxačních tabulek (1990). Přesnost výsledků zásoby byla analyzována s použitím směrodatné odchylky, variačního koeficientu a vyjádřená formou relativní střední chyby a střední chyby zásoby porostu.

	A	B
BO	35.21163	9.035921
BK	35.82156	12.23879
BŘB	17.8056	5.920528
DBČ	18.13722	5.965154
DBL	34.0631	15.03545
DBZ	28.75151	8.991775
DG	37.71658	16.34026
HB	30.49379	11.93962
JD	43.42303	20.06163
JDO	40.50736	20.96868
JŘP	15.56699	7.536554
JS	29.39159	5.790029
JVK	36.12183	14.23273
JVM	74.60683	30.13833
LPM	22.12103	6.021418
MD	39.39942	9.284275
OL	35.61042	17.72193
SM	45.27737	17.25336
TOS	51.40439	28.59291

Tab.2. Parametry a, b pro vyrovnání výškové funkce.

V softwaru Tibco Statistica 14 byla hledána souvislost mezi dimenzemi stromů přirozené obnovy a hodnotami horní etáže. Bylo vyhodnoceno korelaci mezi počtem stromů, kruhovou základnou, zásobou a střední tloušťkou na jedné straně a počtem obnovy, rozdělené do třech výškových tříd.

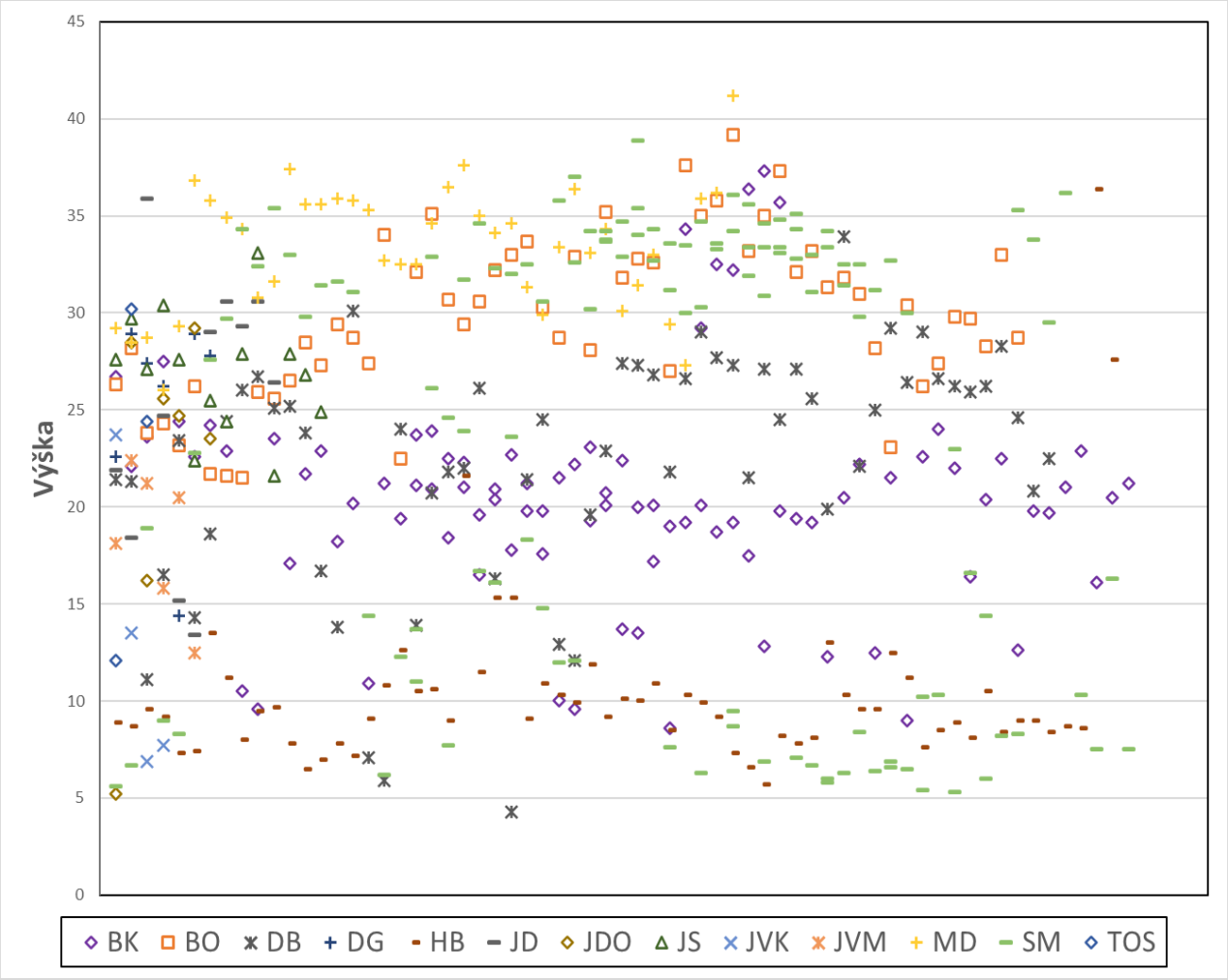
Pro výpočet střední tloušťky byl použit součet z kruhové základny každé dřeviny vyděleny četností. Střední výška nejrozšířenějších druhu (BK, BO, DB, HB, MD a SM) byla vypočtena

dosazením dg do Michajlovove funkce, zatímco ostatní výšky jsou nalezeny pomocí četnosti jako kruhová základna. Pro zakmenění byla potřeba vědět referenční model, kterým v tomto případě posloužily Taxační tabulky z roku 1990 a následně získáno zastoupení.

Objem byl vypočten v Microsoft Excel c použitím makro v Microsoft Visual Basic (příloha 3.). Postup byl zjednodušen kvůli tomu, že autoři používali Basic pro původní programování těchto rovnic (Petráš, Pajtík, 1991). Objemové rovnice jsou přesnější model, než Taxační tabulky nebo Jednotné hmotové křivky, protože nemusíme zaokrouhlovat hodnoty, aby odpovídaly diskrétním hodnotám v tabulkách a data získané v porostu jsou dosazeny ve tvaru, kterém byly naměřeny.

5 Výsledky a návrh managmentu

5.1 Porostní struktura



Obr. 7. Grafické znázornění výšek jednotlivých druhů (data nejsou uspořádaná podél vodorovné osy).

Převahu má horizontální spíše dvouetážový zápoj. Na okrajích porostu může být i vertikální. Horní vrstvu tvoří smrk, modřín, borovice a jedle. Spodní etáž je obsazena různými dřevinami v závislosti na zápoji korun a vzdálenosti od okraje. Vnitřní část porostu ve blízkosti zkusných ploch č. 18-21 obsahuje smrkovou mlazinu, kterou lze popsat jako plně zapojený, těžce prostupný porost mladých stromků, jejichž větve sahají téměř k půdnímu povrchu a částečně se proplétají. Vedle plochy č. 15 je postaven krmelec, kolem kterého je menší zápoj a vyšlapaná veškera vegetace.

Ve východně části nad plochou č. 23 vzniklá holina po kůrovci plochou 0,64 ha, která byla zalesněna smrkem a bukem. Cílovou dřevinou je zde zřejmě smrk se zastoupením 65 %, kdežto buk plní funkci MZD (meliorační a zpevňující dřeviny) a zastoupí 35 %, což je minimální podíl (ČESKO. Příloha č. 2 vyhlášky č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů - znění od 1. 1. 2019.). Vyskytuje se zde také přirozené zmlazení smrku na 30 % plochy a výstavky dubu, borovice a modřínu pro zlepšení přirozené obnovy.

Mezi plochami č. 19 a 20 se nachází převážně jedlobuková mlazina s podílem zastoupení těchto dřevin 80/20 %.

Ze západu na východ lokalitou tečou dva nejspíše sezonní potoky, které ovlivňují vegetaci. Na svazích roste jasan, javor, osika a několik mohutných buků. Jeden z potoků končí u plochy č.12 - vlhké dubové bučiny, obsazené jasanem vyšších věkových tříd.

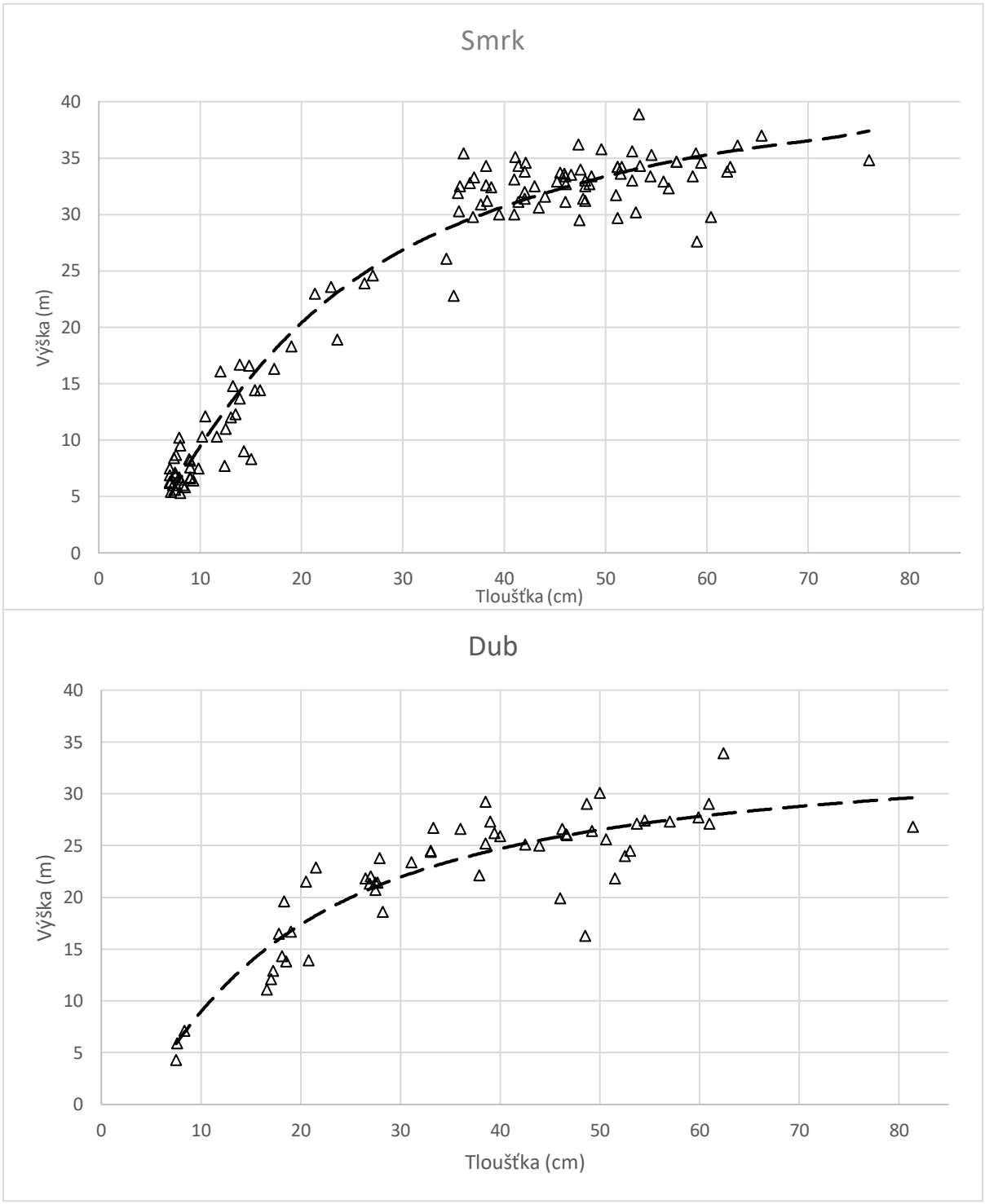
Severní část porostu (plocha č. 1) lze popsat jako habrovou kmenovinu v dolní etáži a dub s borovicí v horní etáži. Trochu níže je bukový porost 3. věkové třídy bez přirozené obnovy a s plným korunovým zápojem. Na severním okraji podél silnice II/108 jsou vidět znaky pobytu zvěře, například kaliště, otěrové stromy a jiná poškození kmenu.

Celkem je v porostu velká rozmanitost vtroušených dřevin se zastoupením pod 10 % (viz tab. 3.).

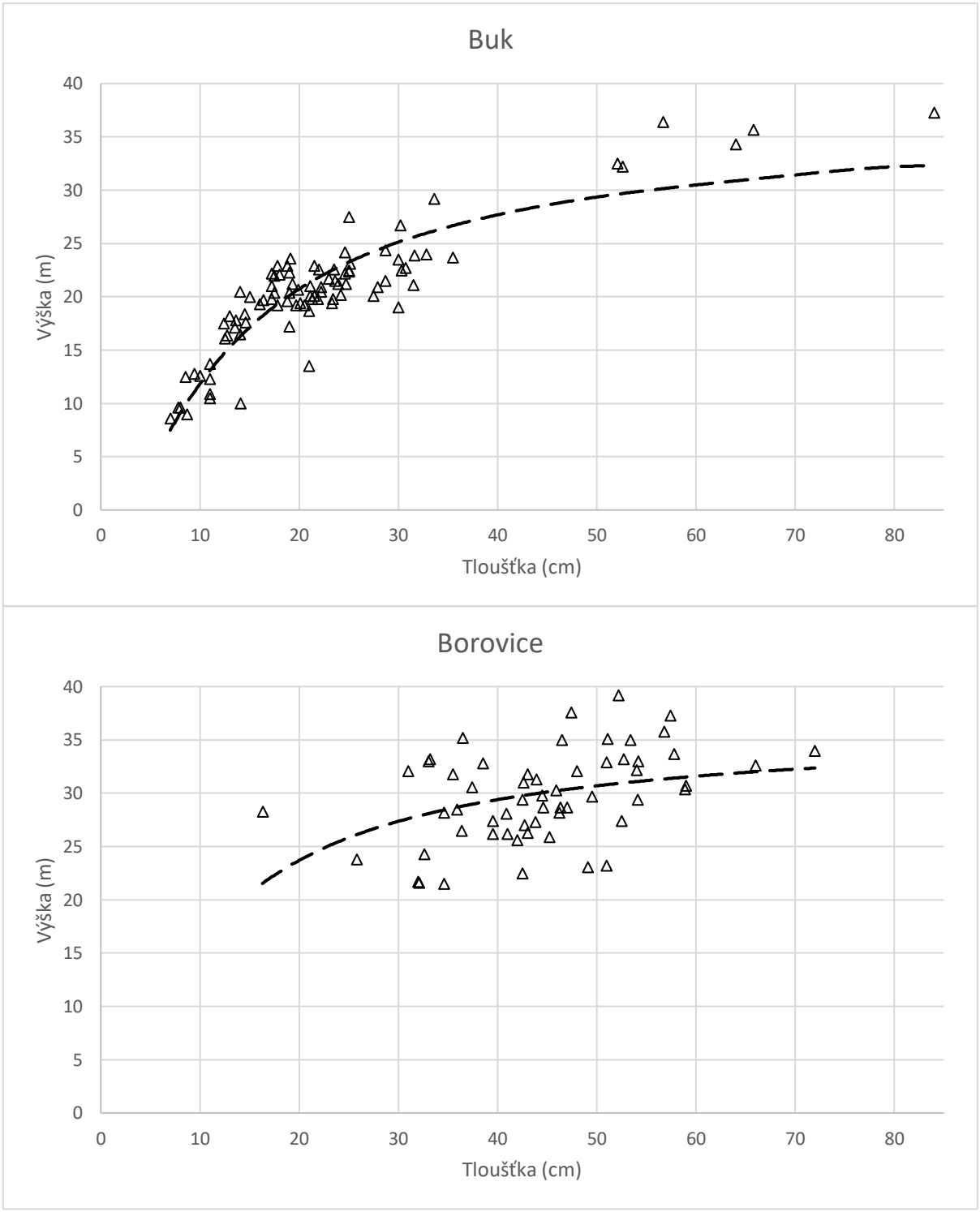
Kromě obrázků zmíněných v literární rešerši, které prokazovaly přítomnost patogenů na jehličnatých dřevinách, byly také pozorovány požerky tesaříků. Velká rozmanitost hub byla ve většině saprofytická a symbiotická. Pozornost byla také věnována souším a pařezům, které byly napadány houbami a dřevokazným hmyzem a mohli posloužit zdrojem infekce.

Snadno bylo najít různé vady dřeva, jako jsou boulovitost, zbytnění oddenku, křivost, točivost, zásušek atd.

5.1.1 Výškové křivky



Obr.8 a 9. Smrk vykazuje největší shodu s vyrovnanou výškou pomoci Michajlovove funkce a je vidět, že se těžiště dospělých stromů nachází mezi tloušťkou 40–60 cm a výškou 30–35 m, zatímco smrková tyčovina je patrná na začátku grafa. Dub rozložen rovnoměrněji, ale s absencí tyčkoviny.



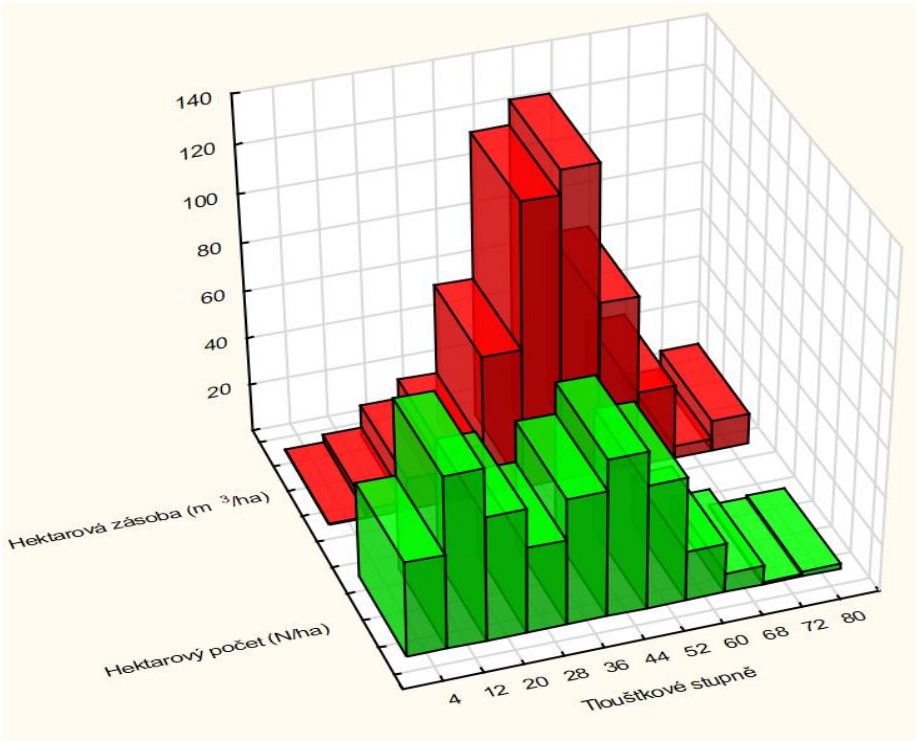
Obr. 10 a 11. Převážná většina buku je ve stadiu tyčoviny a tenké kmenoviny, jenom několik stromů je odlišných a rostou na relativně velké vzdálenosti od ostatních (cca 300 m). Podle grafu borovice nelze sledovat průběžnou křivku, protože borovice zde tvoří pouze vyspělou kmenovinu..

5.1.2 Hodnocení zásoby a dalších ukazatelů

Druh	*V (m^3/1,25 ha)*	*Četnost*	*ĝ*	*G (m^2/ha)*	*dg*	*hs*	*V (m^3/ha)*	*Zakmenění*	*V (m^3)*	*Zastoupení (%)*
BK	58,15	89	0,054	3,83	26	24	46,5	0,13	643,4	14 %
BO	116,00	58	0,164	7,59	46	30	92,7	0,17	1283,5	18 %
BŘB	0,01	1	0,004	0,00	7	9	0,0	0,00	0,1	0 %
DBČ	0,01	1	0,004	0,00	7	17	0,0	0,00	0,1	0 %
DBL	74,75	55	0,126	5,53	40	25	59,8	0,14	827,0	16 %
DBZ	7,88	5	0,151	0,60	44	24	6,3	0,02	87,2	2 %
DG	9,84	7	0,125	0,70	40	25	7,9	0,02	108,9	2 %
HB	7,66	64	0,015	0,76	14	14	6,1	0,04	84,7	5 %
JD	18,43	11	0,137	1,20	42	25	14,7	0,03	204,0	3 %
JDO	8,93	7	0,117	0,66	39	22	7,1	0,01	98,8	2 %
JŘP	0,02	1	0,007	0,01	10	8	0,0	0,00	0,2	0 %
JS	23,33	14	0,157	1,76	45	27	18,7	0,05	258,2	5 %
JVK	0,87	4	0,023	0,07	17	13	0,7	0,01	9,6	1 %
JVM	1,83	6	0,035	0,17	21	19	1,5	0,01	20,3	1 %
LPM	0,11	1	0,019	0,02	16	16	0,1	0,00	1,2	0 %
MD	78,66	40	0,175	5,59	47	34	62,9	0,09	870,3	9 %
OL	1,46	3	0,054	0,13	26	19	1,2	0,01	16,1	1 %
SM	173,75	120	0,115	11,01	38	30	138,9	0,20	1922,4	22 %
TOS	3,51	3	0,106	0,25	37	22	2,8	0,01	38,8	1 %
Celkový součet	585,18	490		39,89			467,8	0,92	**6474,7**	100 %

Tab. 3. Ve prvním sloupci jsou popsány všechny druhy stromů vyskytující na lokalitě, jsou tam evidovány i druhy, které mají zastoupení menší než 1 % a nemají tak vliv na í hospodářské postupy. Zásoba v tabulce je uvedena ve třech hodnotách: celkem na výzkumných plochách, hektarová a porostní (oddělení 510 A). Na sloupci četnost se podílely veškeré změřené jedince (výška a výčetní tloušťka).

5.1.3 Početnost a hektarová zásoba podle tloušťkových stupňů



Obr. 12. Na grafu je uvedeno rozdělení dvou významných hodnot pro posuzování vyspělosti porostu a soustředění zásoby. Je vidět, že se tloušťkový stupeň 52 nevyznačuje nejvyšším hektarovým počtem (je trochu nadprůměrným), ale obsahuje skoro 28 % zásoby (viz tab. 4.) Nejpočetnějším je t.s. 12 – porost středního věku, na který je třeba klást důraz při výchově, studovat jeho složení a kontrolovat stav.

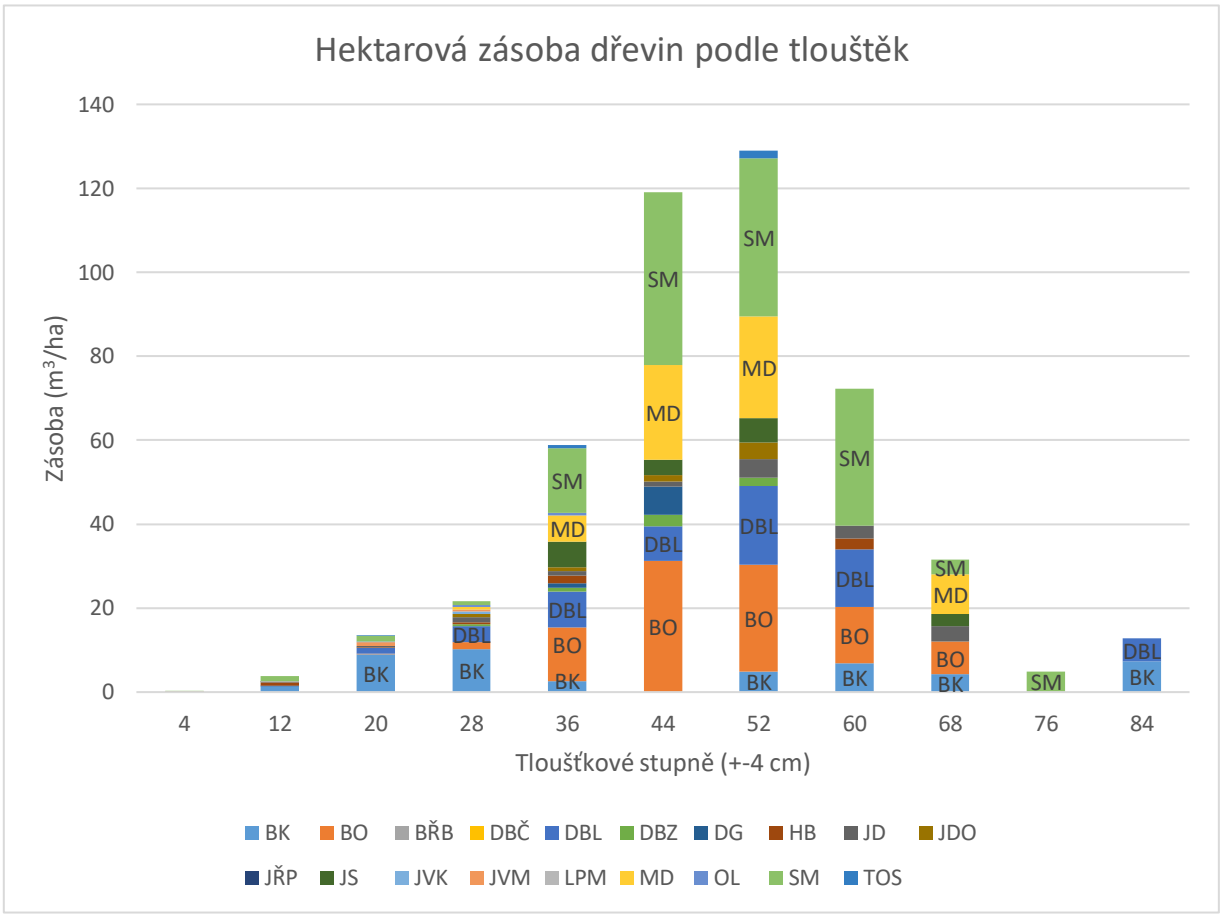
V dospělém porostu největší podíl na zásobě prokazuje smrk, borovice a modřín (obr. 13.) v tloušťkových stupních 44, 52 a 60. Je to v shodě s hospodářskou knihou, která ukazuje věk odpovídající porostní skupiny 98 let s navrženým obmytím ve věku 90 let.

Je třeba zmínit, že pod vysokým lesem byl pozorován nálet jedle, který sobou představoval ostrůvky, neměl celoplošný charakter a nebyl přítomný

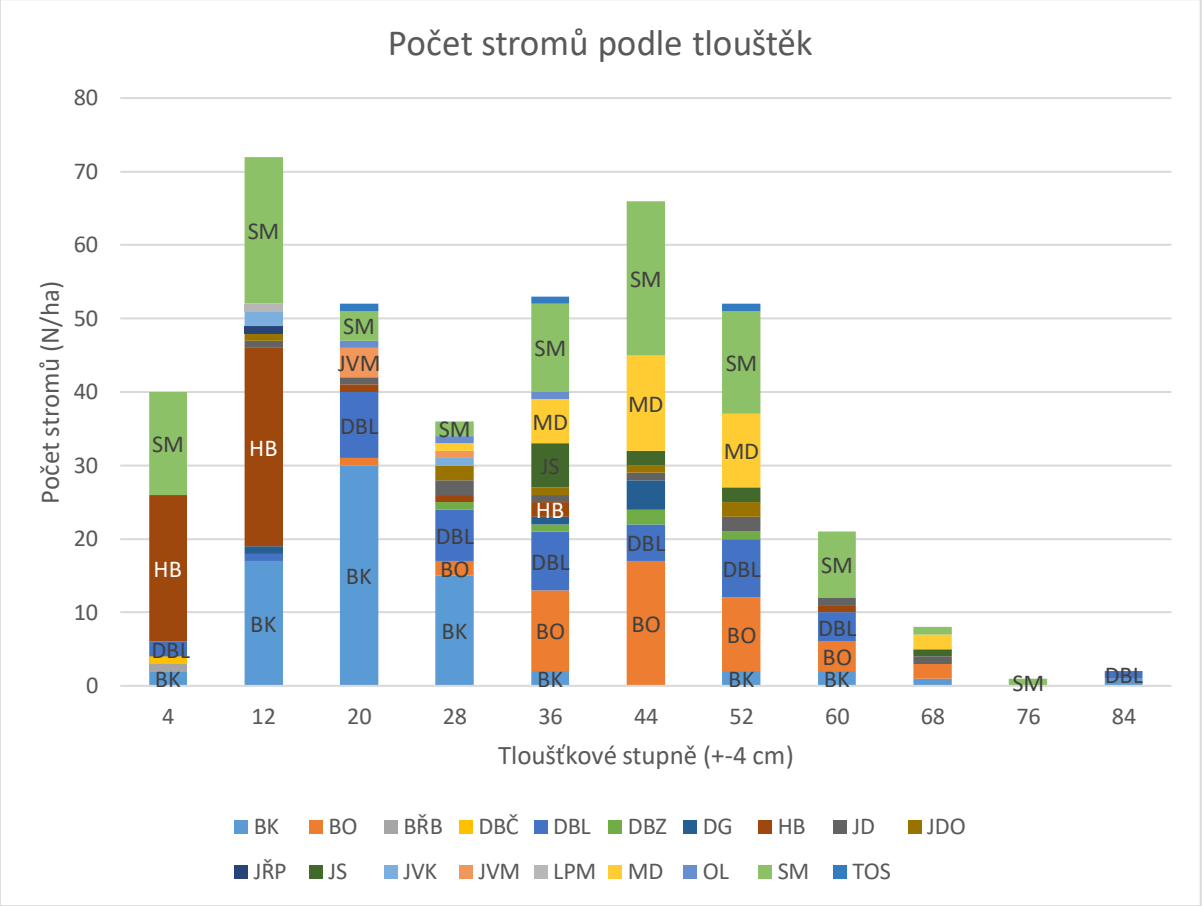
T.s.	*Počet*	*Zásoba*	*Rozdíl*
4	10%	0%	39,7
12	18%	1%	68,2
20	13%	3%	38,6
28	9%	5%	14,3
36	13%	13%	5,9
44	16%	25%	53,1
52	13%	28%	77,0
60	5%	15%	51,3
68	2%	7%	23,6
76	0%	1%	4,0
84	0%	3%	10,8

Tab. 4. Podíl tloušťkových stupňů na hektarovém počtu a zásobě.

ve většině zkusných ploch. Detailní popis této záležitosti bude popsán v podkapitole Chyby měření.



Obr. 13. Podrobné rozložení ukazující zastoupení dřevin v každém tloušťkovém stupni.

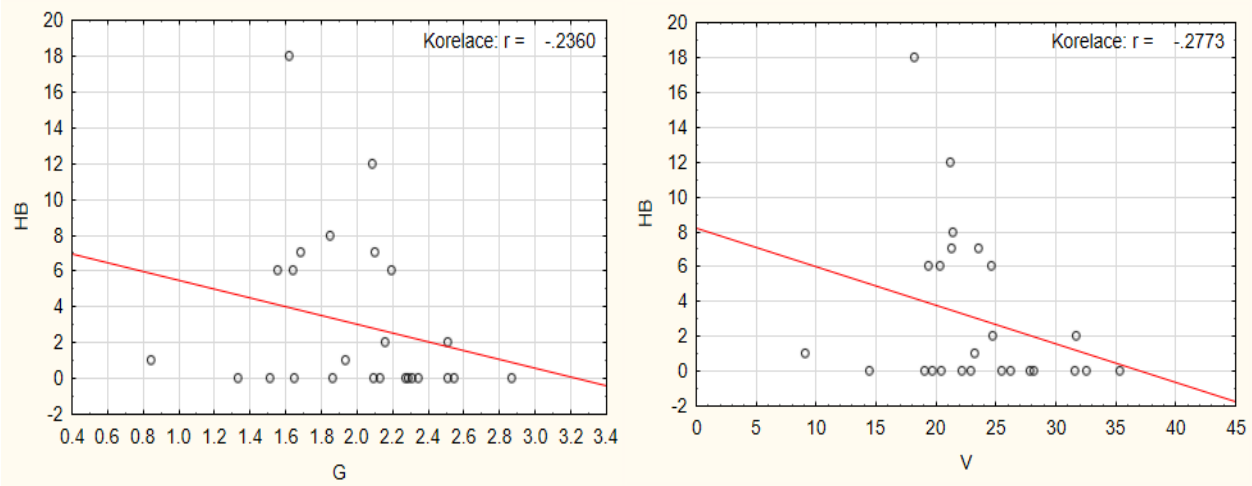


Obr. 14. Počet stromů podle tloušťkových stupňů.

Mladý porost je tvořen smrkem, habrem, a bukem, přičemž buk těchto dimenzí chybí na bukových lokalitách s nastávající fází kmenoviny. Obnova buku je zvlášť důležitá pro LVS 3. a v CHS 45 (podle hospodářské knihy) může plnit funkci jak cílové dřeviny, tak i MZD.

Graf (obr. 14.) je zároveň histogramem četnosti a ukazuje na heterogenitu porostu a rozdělení do dvou etáže.

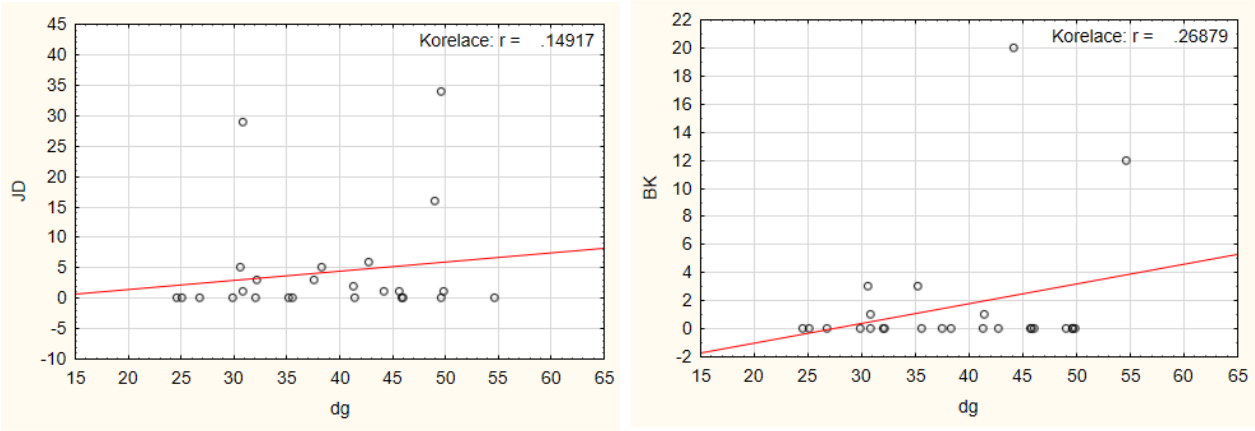
5.2 Korelace mezi horní etáži a obnovou



Obr. 15. Závislost mezi celkovou kruhovou základnou a zásobou zkusné plochy a obnovou habru .

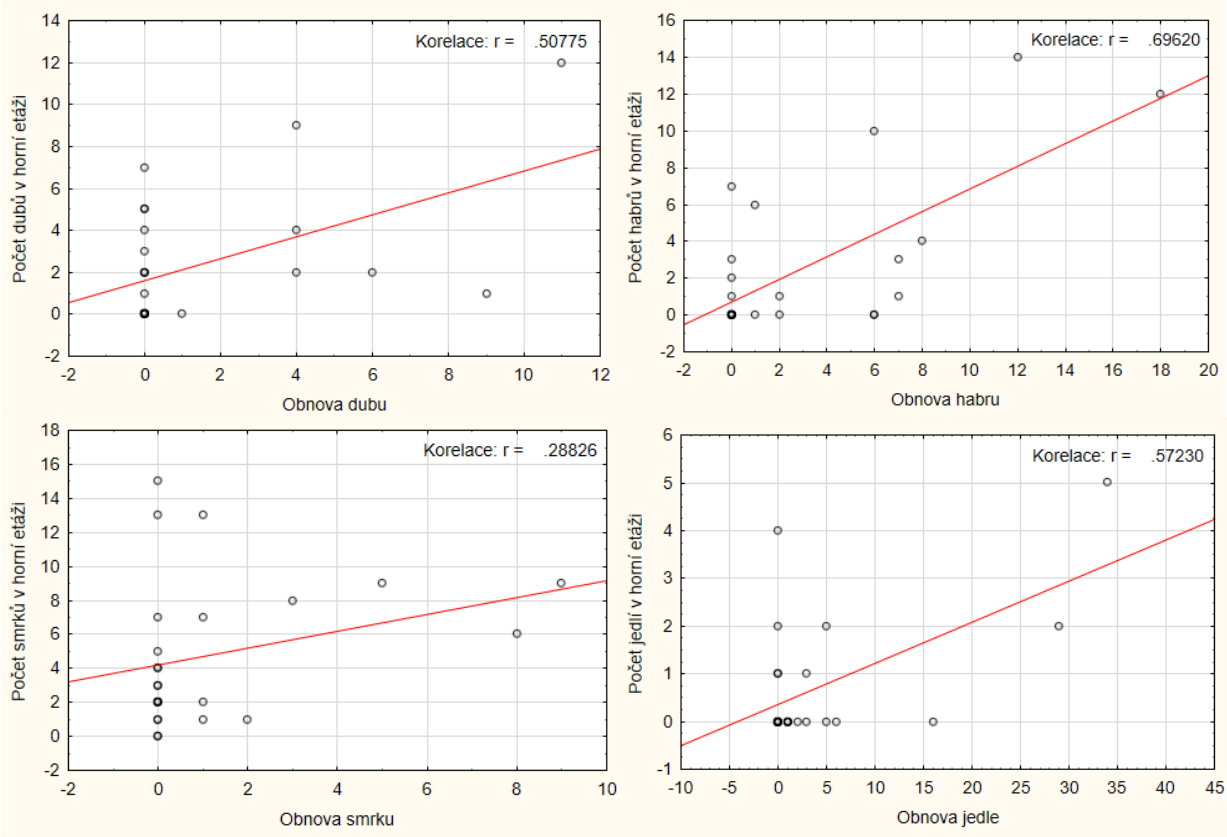
V této podkapitole budou popsány grafy s největší vazbou, ostatní jsou zveřejněny v příloze č. 4.

Habr je nejvíce zastoupen na okrajových zkusných plochách a tuto korelaci je možně vysvětlit tím, že v dospělém porostu se zastoupením podle obr. 14. se nevyskytují dospělce tohoto druhu, zároveň platí, že největší podíl kruhové základny vytvářejí smrk, modřín a borovice. V důsledku lze říct, že čím vyšší je kruhová základna, tím je zde větší zastoupení výše zmíněných dřevin a tím méně habru a jeho obnovy. Ke stejnému úsudku se lze dostat i se závislosti na objemu. Stejnou odezvu poskytuje dub (viz příloha 4.).



Obr. 16. Závislost mezi střední tloušťkou na zkusné ploše a obnovou jedle a buku.

Jedle a buk disponují menšími nároky na světlo, zvlášť jedle ve mladém věku. Dospělé stromy jedle jsou vtroušené povahy a nacházejí se mezi jinými vysokými a mohutnými stromy podobných dimenzí, hojná obnova jedle byla pozorována jenom ve vyspělé kmenovině. Situace s bukem je zajímavější, neboť jeho obnova pochází výhradně z 24 a 25 zkusné plochy, v jaké jsou popsány největší buky v porostu s tloušťkou 64, 66 a 84 cm, což s velkou pravděpodobností ovlivnilo výsledky.



Obr. 17. Závislost obnovy dřeviny na přítomnosti jejího zástupce v horní etáži.

Na obrázku 17. nelze prostudovat rozdíl v strategii šíření druhů. Zde nejspíše platí teorie, že každá dřevina obsahuje svou ekologickou niku a porost je ve stadiu klimaxu.

5.3 Chyby měření

Jedná ze systematických chyb mohla vyskytnout v měření obnovy, která teoreticky může spočívat v rozmístění zkusných ploch. Na začátku bylo řečeno, že zkusné plochy byly vytyčeny s centry na geodetických bodech zapuštěných do země. Lze předpokládat, že pracovníci, kteří tuto

činnost prováděli, mohli vybírat lepší místa pro rozmístění bodu a současně poškodit přirozenou obnovu v okolí, což by mohlo výrazně zkreslit výsledky.

Směrodatná odchylka ukazuje nakolik se liší hektarové zásoby vypočtené v různých zkoumaných plochách.

Střední chyba hektarové zásoby charakterizuje přesnost hektarové zásoby. Jinými slovy, skutečná hektarová zásoba může být v rozsahu +-23,26 m^3 od střední hektarové zásoby. Stejně to platí pro porostní zásobu.

Interval spolehlivosti ukazuje hodnoty, mezi jakými se nachází porostní zásoba s pravděpodobností 95 %.

Variabilita absolutní		*Variabilita relativní*	
Směrodatná odchylka hektarové zásoby (m^3/ha)	116,28	*Variační koeficient*	25 %
Střední chyba hektarové zásoby (m^3)	23,26	*Relativní střední chyba*	5 %
Střední chyba porostní zásoby (m^3)	321,86		
Koeficient spolehlivosti	2,06		
Mezní chyba (m^3)	664,28		
Mezní chyba	10 %		
95 % interval spolehlivosti dolní (m^3)	**5810,39**		
95 % interval spolehlivosti horní (m^3)	**7138,95**		

Tab. 5. Ukazatele variability

6 Diskuze

6.1 Hodnocení vlivu umístění kruhových ploch na přesnost měření

Rozmístění zkusných ploch je klíčovým prvkem při analýze porostu v lesních ekosystémech. Zkusná plocha reprezentuje daný porost a udává informace o druhové skladbě, věku dřevin, kvalitě porostu a prostorovém uspořádání. Plochy by měly být rozmístěny tak, aby charakterizovaly variabilitu celého porostu. Nevhodně rozmístěné zkusné plochy, které se soustředí pouze na specifické části porostu (např. okraje, světliny) mohou vést ke zkresleným výsledkům a nesprávným závěrům o stavu porostu.

V rámci této bakalářské práce kruhové plochy byly definovány rozmístěním geodetických bodů. Při srovnaní s jinými studii, lze říct, že každý autor vybírá rozmístění zkusných ploch na základě konkrétních cílů analýzy a vlastností porostu. Ve své studii Strnadová (2011) zkoumala reakce smrku ztepilého na vliv přírodních a lidských stresových faktorů, a proto měření probíhalo na 30 zkusných plochách, které pokrývaly oblast odumírání smrku. Dalším příkladem může být diplomová práce (Provazníková, 2017), kde 18 kruhových ploch byly určeny umístěním kalamitních holin. V tomto případě šlo o pravidelné pokrytí daného dílce pravidelnou sítí inventarizačních ploch.

6.2 Posouzení časové náročnosti

Provádění měření v porostu je značně časově náročné. Nejvíce času bylo zabráno vyhledáváním geodetických bodu pro správné určení středu zkusné plochy. Tyto body byly zakresleny na mapě zajímavého území, kromě toho každý z nich měl GPS souřadnice. Během měření byl objeven problém, spočívající v tom, že přesnost souřadnic neumožňovala rychlé nalezení bodů v porostu. Vzhledem k rozrůzněnosti terénu, bylo náročné najit tyto body na lokalitách s vysokou vegetaci nebo svahem. Viditelnost bodu taky mohla být snížená velkým množstvím opadanky nebo větví.

6.3 Přirozená obnova

Obnova hraje klíčovou roli v dynamice a fungování smíšených porostů. S časem původní dřeviny odumírají v důsledku působení škodlivých činitelů nebo lidského zásahu, a proto je

důležité provádět činnosti s ohledem na zmlazení. Ve studovaném porostu nebyla zaznamenána výrazná variabilita druhů v přirozené obnově. Na většině ploch dominantní dřevinou byla jedle, pak následoval smrk, dub letní, habr a jasan. Kromě toho, se v porostu roztroušeně vyskytují javor mléč a klen a modřín. Druhová diverzita v obnově lesního porostu je ukazatelem přírodních podmínek daného prostředí a způsobů hospodaření. Jedle je dřevina, která může růst ve stínu, ale obnova ale není vyloučena i na osluněných stanovištích, pokud se vyvíjela v takových podmínkách od vyklíčení (Korpeľ, 1965; Bíšek, 2016). Jak uvádí (Eichler, 2004) přírodní zmlazení jedle v místech dlouhodobého stínu může být napadené sekundárními škůdci, které vedou k předčasnému opadu jehlic. Jedinci, které rostou na slunných místech jsou náchylné k výskytu korovnice kavkazské (Dreyfusia nordmannianae). Napadení přirozeného zmlazení patogeny, může vest k snížení biodiverzity v lesním ekosystému.

6.4 Vliv změny klimatu na ekonomický aspekt lesního hospodářství

Změna klimatu ovlivňuje nejenom lesy, ale také hospodářský přístup k řešení této otázky. Nepříznivý vliv na adaptační schopnost lesních ekosystémů spočívá v nárůstu střední teploty a nedostatku srážek. Jedním ze zásadních opatření je změna druhové skladby porostu.

Studie provedené (Remeš et al., 2020) vyznačují, že cílem úpravy skladby je zvýšení podílu dřevin s vysokým adaptačním potenciálem. Dřívější introdukce nepůvodních druhů stromů do střední Evropy byla motivována jejich cenným dřívím a vysokou produkcí nebo zachováním funkčnosti a ekosystémových služeb lesů, ale v dnešní době jsou některé druhy považovány také za odolné vůči negativním účinkům klimatické změny. Ačkoliv smrk ztepilý je stále hlavní produkční druh, však už není považován za ekologický udržitelný ve velkoplošných monokulturních porostech v nižších a středních nadmořských výškách v České republice (Remeš et al., 2020).

Hodnota surového smrkového dříví mezi roky 2016 a 2019 poklesla v důsledku kůrovcové kalamity. Novák a Dušek uvádějí (2022)(Novák, Dušek, 2022): „*Ceny smrkových sortimentů dramaticky poklesly a staly se i obtížně prodejné. Naproti tomu se ceny sortimentů listnatých dřevin v tomto období zvýšily. Při započítání obou proti sobě jdoucích trendů do modelových výpočtů se hodnota produkce smrku a buku téměř vyrovnala. U buku došlo k nárůstu hodnoty produkce o jednu čtvrtinu (+ ca 200 tis. Kč ve 100 letech věku porostu), naproti tomu u smrku došlo k poklesu hodnoty produkce o více než 30 % (- ca 430 tis Kč ve 100 letech věku porostu). Rozdíl mezi*

hodnotou produkce smrku a buku tak v cenách roku 2019 činil pouze ca 12 tis. Kč ve prospěch smrku. Tento fakt potvrzuje předpoklad, že smíšené porosty přispívají k větší ekonomické stabilitě lesních podniků, protože dochází ke kompenzaci při výkyvech trhu se dřívím způsobených např. velkými kalamitami".

Tuto myšlenku podporuje také vyjádření vyhlášky 298/2018: „*Pěstováni smrku ztepilého na stanovištích 4. LVS je rizikové a 3. LVS velmi rizikové, a proto je jeho obnova přípustná jenom na stanovištích odpovídajících jeho ekologickým nárokům*."

Je plánované postupné snížení podílu smrku na celkové ploše lesa v těchto polohách na 15 %, avšak ztráta jeho produkce by měla být kompenzována mimo jiné i douglaskou tisolistou, která je považována za druh s vyšší odolnosti vůči suchu a vyšším produkčním potenciálem než smrk ztepilý. Pěstování douglasky má být ve směsích s její podílem cca 20 % s ohledem na rizika invazního chování (Remeš et al., 2020).

Podmínky lokality významně ovlivňují růst douglasky a vyšší růst (Remeš et al., 2020) byl zaznamenán na místech ovlivněných vodou, přitom modelová hodnota produkce douglasky ve věku 100 let (cca 115 tis. eur) překročila hodnotu smrku (cca 60 tis. eur) o více než 56 tisíc eur (49 %) (tab.6.). V práci (Remeš et al., 2020) lokalita spadala do oglejené edafické kategorie, což je velmi podobnou půdou s výzkumnou lokalitou v této práci. Na některých inventarizačních plochách je řada obohacená vodou V – vlhká (viz obr. 5.), do které patří hnědozem oglejená, kambizem oglejená (glejová), kryptopodzol oglejený (glejový), pseudoglej, glej kambický podle SLT (soubor lesních typů ÚHÚL). Táto shoda dává možnost aplikovat výsledky studie (Remeš et al., 2020) k budoucímu návrhu hospodaření.

	Smrk		**Douglaska**	
Průměrná výška ve 100 letech (m)	29		39,3	
Hektarová zásoba ve 100 letech (m3/ha)	654		906	
Běžný roční přirůst dosáhl kulminace	14 let (57 cm)		17 let (88 cm)	
Střední přirůst dosáhl kulminace	30 let (43 cm)		34 let (60 cm)	
Běžný nárůst objemu dřeva dosahuje maxima	29 let (12,1 m3/ha)		22 let (17 m3/ha)	
Střední nárůst objemu dřeva dosahuje maxima	55 let (7,7 m3/ha)		45 let (11,5 m3/ha)	
Průměrný roční výnos (eur/ha/rok)	599		1160	
Běžný roční výnos (eur/ha/rok)	V 67 let (661 eur/ha/rok)		V 52 let (1046 eur/ha/rok)	
Celkový výnos ve 100 letech (eur/ha)	**Smrk**	**Douglaska**	**Buk**	Směrodatná odchylka
Čerstvé půdy (edafická kategorie S, K)	56580	86424	31003	27738
Půdy ovlivněné podzemní vodou (edafická kategorie O)	59862	115987	24074	46330

Tab.6. Podle (Remeš et al., 2020) je vidět, že na stanovištích ovlivněných vodou jsou markantní rozdíly v hodnotě dřeva ve prospěch douglasky.

6.5 Návrh managmentu

Cílový hospodářský soubor 45 zaujímá 98 % zkoumaného porostu.

Druhovou diverzitu lze podporovat využitím domácích a introdukovaných dřevin. Z domácích druhu je třeba zachovat buk a navýšit zastoupení jedle a modřínu. Do budoucna je s ohledem na očekávané pokračování oteplování vysoce perspektivní i dub. Alternativní introdukovanou dřevinou může být douglaska. Je doporučena úprava dřevinné skladby s upřednostňováním hlouběji kořenících druhů pro zvýšení odolnosti vůči suchu. Na většině plochy mimo okrajů lesu je třeba provést výchovní zásah s redukci smrkové mlaziny (horní výška 10 m) na 1200 stromů/ha a vybrat cílové jedince (kvalitní, předrůstavé nebo úrovňové) v pravidelném rozestupu, případně provést výběr i pro další dřeviny (Hlásny et al., 2016). V případě poklesu zdravotního stavu smrku je možně provést přeměnu a upřednostnit jiné dřeviny ve směsi.

Ve porostní skupině 6a, kterou reprezentovala zkusná plocha 5, je kvalitní bukový porost. Je třeba vybrat 300–400 (na ha) jakostních jedinců a uvolnit jejich koruny, přičemž vybírat se musí podle kvality kmene a koruny, dimenze a rozestupu (4-5 m na konci růstové periody) (Remeš et al., 2016).

Na ploše 2 je rozšířena douglaska, což lze využít pro přirozenou obnovu. Obvykle semenný rok má periodicitu 5-7 let, ale současné změny klimatu mohou zkrátit interval do 2-3 let. Nejvhodnější je použít clonnou seč a snížit zakmenění na 0,7 až 0,9. Dospěle jedince douglasky jsou vtroušené povahy a nacházejí se mezi buky, odkud vyplývá, že opatření nacílené na prospěch buku zároveň přispějí k obnově douglasky. Důležitou podmínkou úspěšné obnovy je provádění zásahu v nárostech a odstranění buřeně, která může být vážným problémem na živných stanovištích (Novák et al., 2018).

Sezonní potoky proudící na lokalitě někde mohou nabývat povahy strže, proto zpevňující vlastnosti douglasky a především jedle lze uplatnit v této části hloučkovým způsobem smíchaní a současně uvolnit zápoj odstraněním přestárlých buku ponechávajíc jeden jako výstavek.

Nelze také zapomenout na včasné odstranění i asanace kůrovcového dříví včetně souše, které mohou vést ke zvýšení stavu lesních škůdců.

7 Závěr

Tato bakalářská práce má inventarizační charakter, kdy byl detailně analyzován převážně smíšený porost v oddělení 510 dílci A na území lesů ČZU. Práce přispívá k usnadnění pochopení procesů probíhajících v lesní směsi. Práce byla rozšířena i o poznatky v oblasti chorob asimilačních orgánů dřevin a poškození způsobených zvěří, v tomto případě prasetem divokým.

Vertikální a horizontální porostní struktura je jedním z rozhodujících činitelů ovlivňujících přirozenou obnovu. Velké množství difuzního světla a polostín jsou svérázným inkubátorem jedle bělokoré, která se hojně vyskytovala převážně v podobě náletu a buku dosahujícího stádia nárostu. Náhlá změna porostního složení byla sledována podél sezonních toku, kolem jakých se nachází obohacená edafická kategorie. Jenom tam byly tam nalezeny jeřáb, javor, jasan a olše.

Práce také přispívá k pochopení vlivu klimatu na postupy hospodaření. Bylo konstatováno možné využití douglasky, která přináší 2-3krát více výnosu v porovnání z bukem na ovlivněných vodou stanovištích. Pěstování domácích druhů je samozřejmostí, ale aktivní adaptace některých stanovišť může redukovat škody v budoucnu. Diferenciace lesních porostů pravděpodobně bude vést ke snížení tlaku ze strany hmyzích škůdců včetně kůrovce.

Tuto práci je možně zařadit do širšího rámce a použít pro vytvoření metaanalýz. Další průzkumy mohou být zacílené na měření fotosynteticky aktivního záření a vliv jeho množství na jednotlivé druhy dřevin. Je také nezbytné provedení složitějších korelačních analýz s větším počtem proměnných pro odhalení přesvědčivějších vztahů mezi obnovou a horní etáži.

8 Literatura

BINKLEY, Dan a SANKARAN, K.V., 1997. Stand Development and Productivity. In: NAMBIAR, Sadanandan a BROWN, Alan G. (ed.). *Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests*. 43. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, s. 419-442. ISBN 1 86320 198 X.

BINKLEY, Dan, 2003. Seven decades of stand development in mixed and pure stands of conifers and nitrogen-fixing red alder. Online. *Canadian Journal of Forest Research*. Roč. 33, č. 33, s. 2274-2279. Dostupné z: https://doi.org/10.1139/X03-158. [cit. 2024-03-10].

BÍŠEK, Tomáš, 2016. *Struktura a dynamika přirozené obnovy po skupinové seči ve smíšeném lese na ŠLP Křtiny*. Online, Diplomová práce, vedoucí Ing. Lumír Dobrovolný, Ph.D. Brno: Mendelova univerzita v Brně. Dostupné z: https://theses.cz/id/e4uocr/18019138. [cit. 2024-04-02].

BOLTE, Andreas; AMMER, Christian; LÖF, Magnus; MADSEN, Palle; NABUURS, Gert-Jan et al., 2009. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. Online. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Roč. 24, č. 6, s. 473-482. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02827580903418224. [cit. 2024-02-20].

CANNON, P. F. a MINTER, D. W., 1984. LIRULA NERVISEQUIA. Online. In: *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria*. 79. Wallingford: CAB International. ISBN 20056400794. Dostupné z: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20056400794. [cit. 2024-03-24].

CANNON, P. F. a MINTER, D. W., 1984. Lirula macrospora. Online. In: *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria*. 80. Wallingford: CAB International. ISBN 20056400794. Dostupné z: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20056400794. [cit. 2024-04-03].

ČESKO. § 32 odst. 1 písm. b) zákona č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon) - znění od 1. 1. 2024. In: *Zákony pro lidi.cz [online]*. © AION CS 2010–2024. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289#p32-1-b. [cit. 2024-03.-23].

ČESKO. Příloha č. 2 vyhlášky č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů - znění od 1. 1. 2019. In: *Zákony pro lidi.cz [online]*. AION CS 2010–2024. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-298#f6339906. [cit. 2024-03.-29].

DIELER, Jochen a PRETZSCH, Hans, 2013. Morphological plasticity of European beech (Fagus sylvatica L.) in pure and mixed-species stands. Online. *Forest Ecology and Management*. Roč. 295, č. 295, s. 97-108. ISSN 0378-1127. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.049. [cit. 2024-03-04].

DRIMAJ, Jakub; PLHAL, Radim a KOLIBÁČ, Pavel, 2015. Prase divoké a jeho životní projevy v kulturní krajině. Online. *Ochrana přírody*. Roč. 3, s. 6-10. Dostupné z: https://www.casopis.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/prase-divoke-a-jeho-zivotni-projevy-v-kulturni-krajine/. [cit. 2024-03-23].

EICHLER, Jiří, 2004. Přirozená obnova jedle bělokoré v genové základně Svatý Kopeček. Online. *Lesnická práce*. Roč. 83, č. 10/04. Dostupné z: https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-83-2004/lesnicka-prace-c-10-04/prirozena-obnova-jedle-belokore-v-genove-zakladne-svaty-kopecek. [cit. 2024-04-02].

FORRESTER, David I., 2014. The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: From pattern to process. Online. *Forest Ecology and Management*. Roč. 312, č. 312, s. 282-292. ISSN 0378-1127. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.003.. [cit. 2024-02-19].

FORRESTER, David I.; BAUHUS, Jürgen a COWIE, Annette L., 2006. Carbon allocation in a mixed-species plantation of Eucalyptus globulus and Acacia mearnsii. Online. *Forest Ecology and Management*. Roč. 233, č. 2-3, s. 275-284. ISSN 0378-1127. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.018. [cit. 2024-03-10].

FORRESTER, David I.; KOHNLE, Ulrich; ALBRECHT, Axel T. a BAUHUS, Jürgen, 2013. Complementarity in mixed-species stands of Abies alba and Picea abies varies with climate, site quality and stand density. Online. Roč. 304, č. 304, s. 233-242. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.038.. [cit. 2024-03-05].

HLÁSNY, Tomáš; MARUŠÁK, Róbert a NOVÁK, Jiří, 2016. *Adaptace hospodaření ve smrkových porostech České republiky na změnu klimatu s důrazem na produkci lesa*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-122-2. ISSN 0862-7657.

IPCC, 2023. Online. 1. Cambridge University Press. ISBN 9781009325844. Dostupné z: https://doi.org/doi.org/10.1017/9781009325844. [cit. 2024-03-11].

JAKUŠ, Rastislav; TRUBIN, Aleksei; SINGH, Vivek Vikram; ZABIHI, Khodabakhsh; JIROŠOVÁ, Anna et al., 2024. Spruce Protection against Ips typographus with Anti-Attractant

Blend of Tree-Based Semiochemicals: From Small Experimental Plots to Stand Scales. Online. *Forests*. Roč. 15, č. 356, s. 1-18. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/f15020356. [cit. 2024-03-24].

KELTY, Matthew J., 1992. Comparative productivity of monocultures and mixed-species stands. Online. *The Ecology and Silviculture of Mixed-Species Forests: A Festschrift for David M. Smith*. Roč. 40, s. 125--141. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-94-015-8052-6_8. [cit. 2024-04-02].

LEE, Seong-Min a LEE, Woo-Shin, 2014. Selection of the Rubbing Trees by Wild Boar (Sus scrofa) and its Ecological Role in a Mixed Forest, Korea. Online. *Journal Of Korean Forest Society*. Roč. 103, č. 3, s. 510-518. ISSN 2289-0904. Dostupné z: https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14578/jkfs.2014.103.3.510. [cit. 2024-03-23].

MILLAR, Constance I.; STEPHENSON, Nathan L. a STEPHENS, Scott L., 2007. CLIMATE CHANGE AND FORESTS OF THE FUTURE: MANAGING IN THE FACE OF UNCERTAINTY. Online. *Ecological Applications.* Roč. 17, č. 8, s. 2145-2151. ISSN 1051-0761. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1890/06-1715.1. [cit. 2024-03-15].

NABUURS, G.J.; PUSSINEN, A. a VAN BRUSSELEN,, J., 2007. Future harvesting pressure on European forests. Online. *European Journal of Forest Research*. Roč. 126, č. 126, s. 391–400. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s10342-006-0158-y. [cit. 2024-03-11].

NIEMCZYK, Marzena; TEREBA, Anna; SKRZECZ, Iwona a KAJTOCH, Łukasz, 2024. The weak genetic structure of Melolontha melolontha (L.) and Melolontha hippocastani (Fabr.), two important forest pests, indicates their large population sizes and effective gene flow. Online. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. S. 1-11. ISSN 0015-752X. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1093/forestry/cpae004. [cit. 2024-03-23].

NOVÁK, Jiří a DUŠEK, David (ed.), 2022. *Postupy hospodaření v malolesích III*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-235-9.

NOVÁK, Jiří; KACÁLEK, Dušan; DUŠEK, David; LEUGNER, Jan; SLODIČÁK, Marian et al., 2018. *Tvorba směsí s douglaskou*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-178-9. ISSN 0862-7657.

OPRL: Oblastní plán rozvoje lesů. Souhrnná zpráva. Podklad k základnímu šetření, 2022. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Stará Boleslav. Dostupné také z: https://www.uhul.cz/wp-content/uploads/2021_SZ_PLO_10.pdf.

PETRÁŠ, Rudolf a PAJTÍK, Jozef, 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Online. *Lesnícky časopis*. Roč. 37, č. 1, s. 49-56. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/290827865_Sustava_cesko-slovenskych_objemovych_tabuliek_drevin. [cit. 2024-03-27].

POORTER, Hendrik; NIKLAS, Karl J.; REICH, Peter B.; OLEKSYN, Jacek; POOT, Pieter et al., 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. Online. *New Phytologist*. Roč. 193, č. 1, s. 30-50. ISSN 0028-646X. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x. [cit. 2024-03-05].

PRETZSCH, Hans; BIELAK, Kamil; BLOCK, Joachim; BRUCHWALD, Arkadiusz; DIELER, Jochen et al., 2013. Productivity of mixed versus pure stands of oak (Quercus petraea (Matt.) Liebl. and Quercus robur L.) and European beech (Fagus sylvatica L.) along an ecological gradient. Online. *European Journal of Forest Research*. Roč. 132, č. 2, s. 263–280. ISSN 1612-4677. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10342-012-0673-y. [cit. 2024-03-05].

PROVAZNÍKOVÁ, Pavla, 2017. *Obnova lesa na kalamitních holinách VLS, s. p., divize Lipník nad Bečvou, LS Hlubočky*. Online, Diplomová práce, vedoucí Ing. Petr Čermák, Ph.D. Brno: Mendelova univerzita v Brně. Dostupné z: https://theses.cz/id/ax7vo0/21099420. [cit. 2024-04-02].

REMEŠ, Jiří; NOVÁK, Jiří; ŠTEFANČÍK, Igor; DUŠEK, David; SLODIČÁK, Marian et al., 2016. *Postupy výchovy k dosažení pěstebně-ekologického a ekonomického optima v bukových porostech na CHS 43 a 45*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-123-9. ISSN 0862-7657.

REMEŠ, Jiří; PULKRAB, Karel; BÍLEK, Lukáš a PODRÁZSKÝ, Vilém, 2020. Economic and Production Effect of Tree Species Change as a Result of Adaptation to Climate Change. Online. *Forests*. Roč. 11, č. 4. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/f11040431. [cit. 2024-03-31].

ROTHE, Andreas a BINKLEY, Dan, 2001. Nutritional interactions in mixed species forests: A synthesis. Online. *Canadian Journal of Forest Research*. Roč. 31, č. 11, s. 1855-1870. Dostupné z: https://doi.org/10.1139/cjfr-31-11-1855. [cit. 2024-03-11].

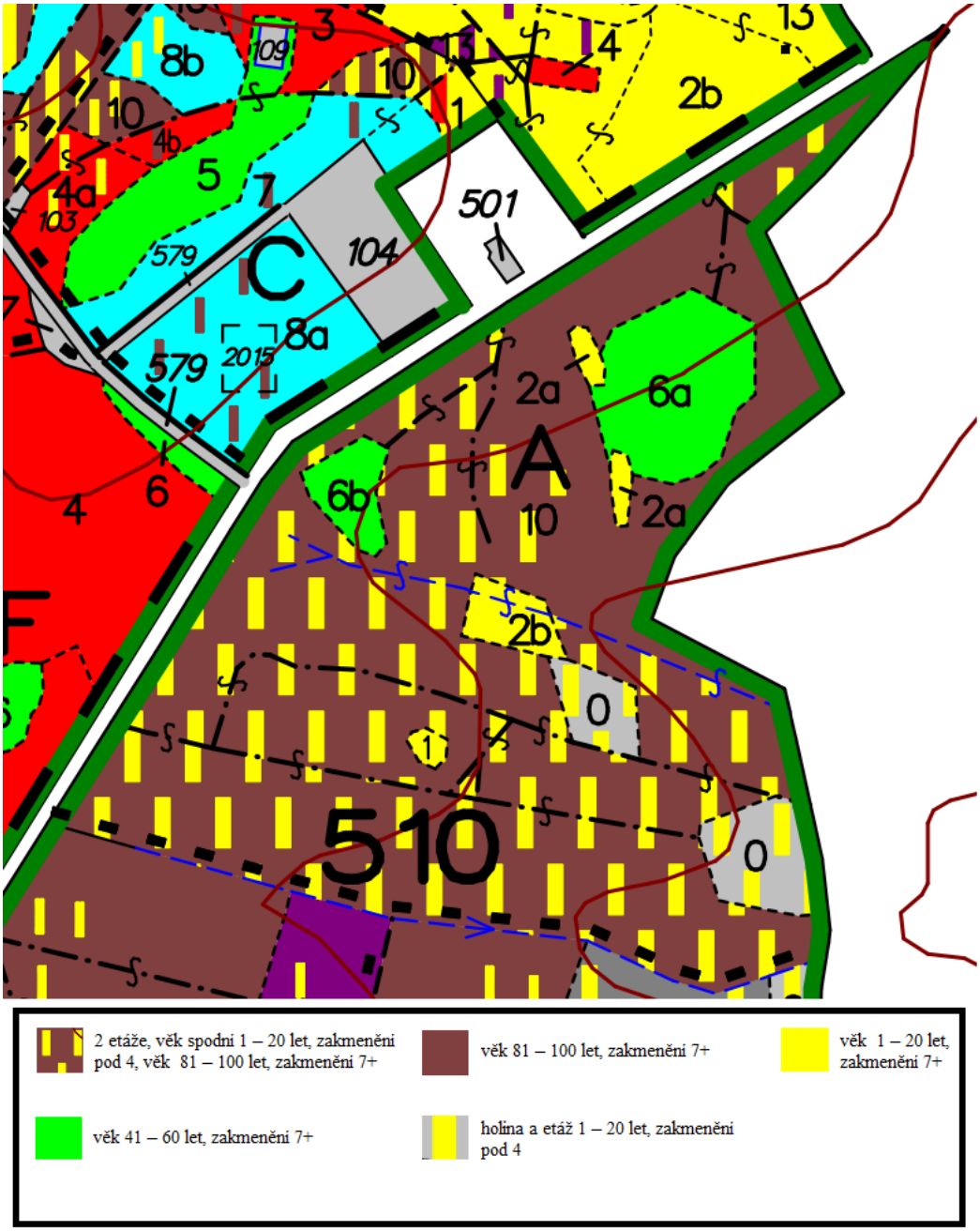
STRNADOVÁ, Marta, 2011. *Rizika rozpadu a regenerační potenciál smrkových porostů pod vlivem abiotických a biotických stresorů v revíru Štěkeň*. Online, Diplomová práce, vedoucí Doc. RNDr. Pavel Cudlín, CSc. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Dostupné z: https://theses.cz/id/srreyv/diplomka.pdf. [cit. 2024-03-24].

ZÚBRIK, Milan; ŠPILDA, Ivan; BARTA, Marek; VAKULA, Jozef; GALKO, Juraj et al., 2019. Integrovaná ochrana lesa proti mníške veľkohlavej, zahrňujúca využitie hubového patogéna Entomophaga maimaiga. Online. *Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen*.

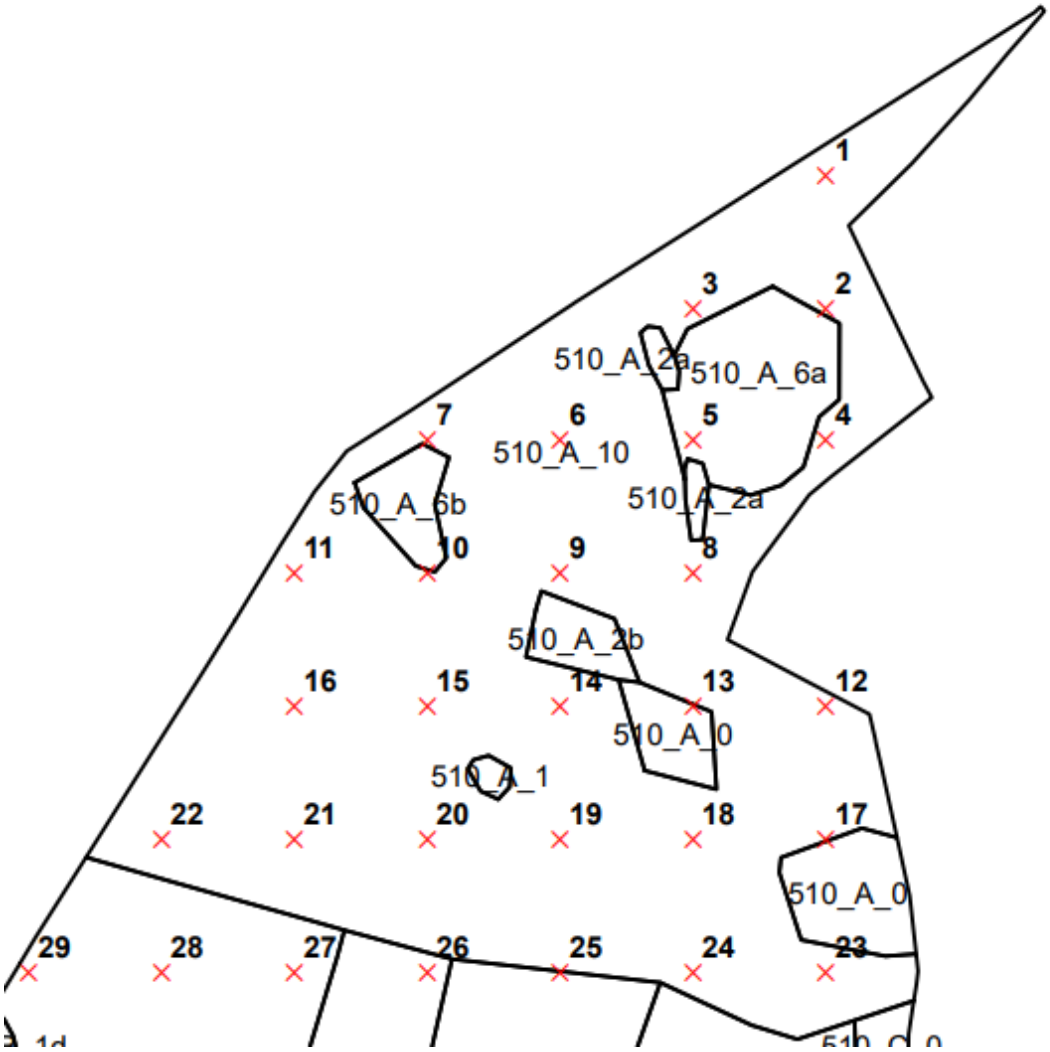
Roč. 28, č. 28, s. 63-67. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/340203814. [cit. 2024-03-22].

9 Samostatné přílohy

9.1 Příloha 1



9.2 Příloha 2



9.3 Příloha 3

SMhbk

```
Function OBJEM_SMRK(D, H)
OBJEM_SMRK = 0.000031989 * (D + 1) ^ 1.8465 * H ^ 1.1474 - 0.00829054252 * (D + 1) ^ -1.02037409 * H ^ 0.896100664
End Function
```

JDhbk

```
Function OBJEM_JEDLE(D, H)
OBJEM_JEDLE = 0.000034922 * (D + 1) ^ 1.8665 * H ^ 1.122 - 0.0267458917 * (D + 1) ^ -1.30154794 * H ^ 0.739959292
End Function
```

BOhbk

```
Function OBJEM_BOROVICE(D, H)
OBJEM_BOROVICE = 0.000022575 * (D + 1) ^ (2.115334 - 0.012722 * Log(D + 1) / Log(10)) * H ^ 0.979596 - 0.064263613848 * (D + 1) ^ -2.12448503 * H ^ 1.37259082
End Function
```

MDhbk

```
Function OBJEM_MODRIN(D, H)
OBJEM_MODRIN = H ^ 1.244054 * (0.000008524 + 0.000030907 * D ^ 1.73649) - 0.01234247 * H ^ 1.209406 * (D + 1) ^ -1.590811
End Function
```

DBhbk

```
Function OBJEM_DUB(D, H)
OBJEM_DUB = ((0.452724601 + 2.1553367 / H + 9.10487721 / H ^ 2 + -12.0542387 / D + 0.180590883 * H / D + -0.00401143165 * H ^ 2 / D) * WorksheetFunction.Pi() * D ^ 2 * H / 40000) + ((-6.82529655 / D ^ 2 + 9.43795573 * H / D ^ 2 + -0.0244460966 * H ^ 2 / D ^ 2 + 33.6921784 / D ^ 3 + -9.09993782 * H / D ^ 3 + -2.15772652 * H ^ 2 / D ^ 3) * WorksheetFunction.Pi() * D ^ 2 * H / 40000)
End Function
```

BKhbk

```
Function OBJEM_BUK(D, H)
OBJEM_BUK = (0.542013151 - 3.11830069 / D + 44.3274566 / D ^ 2 - 235.972716 / D ^ 3 - 0.00107177084 * H - 0.0000186003884 * D * H + 0.000000880627782 * D ^ 2 * H - 5.99567437E-09 * D ^ 3 * H) * WorksheetFunction.Pi() * D ^ 2 * H / 40000
End Function
```

HBhbk

```
Function OBJEM_HABR(D, H)
Dim U As Double
U = (H - 3) ^ 1 * (-0.0025 + 1948936330 * Math.Exp(3.2654487 / (1 - 1.09480205) * (D + 6) ^ (1 - 1.09480205)))
OBJEM_HABR = U * (1 - 0.01 * (6.43257636 * U ^ -0.0863612668))
End Function
```

BRhbk

```
Function OBJEM_BRIZA(D, H)
Dim U As Double
U = (H - 4.5) ^ 1.08471 * (-0.00115 + 31152.28 * Math.Exp(-23.18602 * (D + 5.5) ^ -0.1425706))
OBJEM_BRIZA = U * (1 - 0.01 * (17.25996107 * Math.Exp(0.00505467839 * (U + 0.1) ^ -2.057607473)))
End Function
```

JShbk

```
Function OBJEM_JASAN(D, H)
OBJEM_JASAN = -0.0002 + 0.0000354843329 * (H - 2) * (D - 1) ^ 2 + 8.64984059E-08 * (H - 2) ^ 2 * (D - 1) ^ 2 - 6.67500906E-08 * (H - 2) * (D - 1) ^ 3
End Function
```

TOhsk

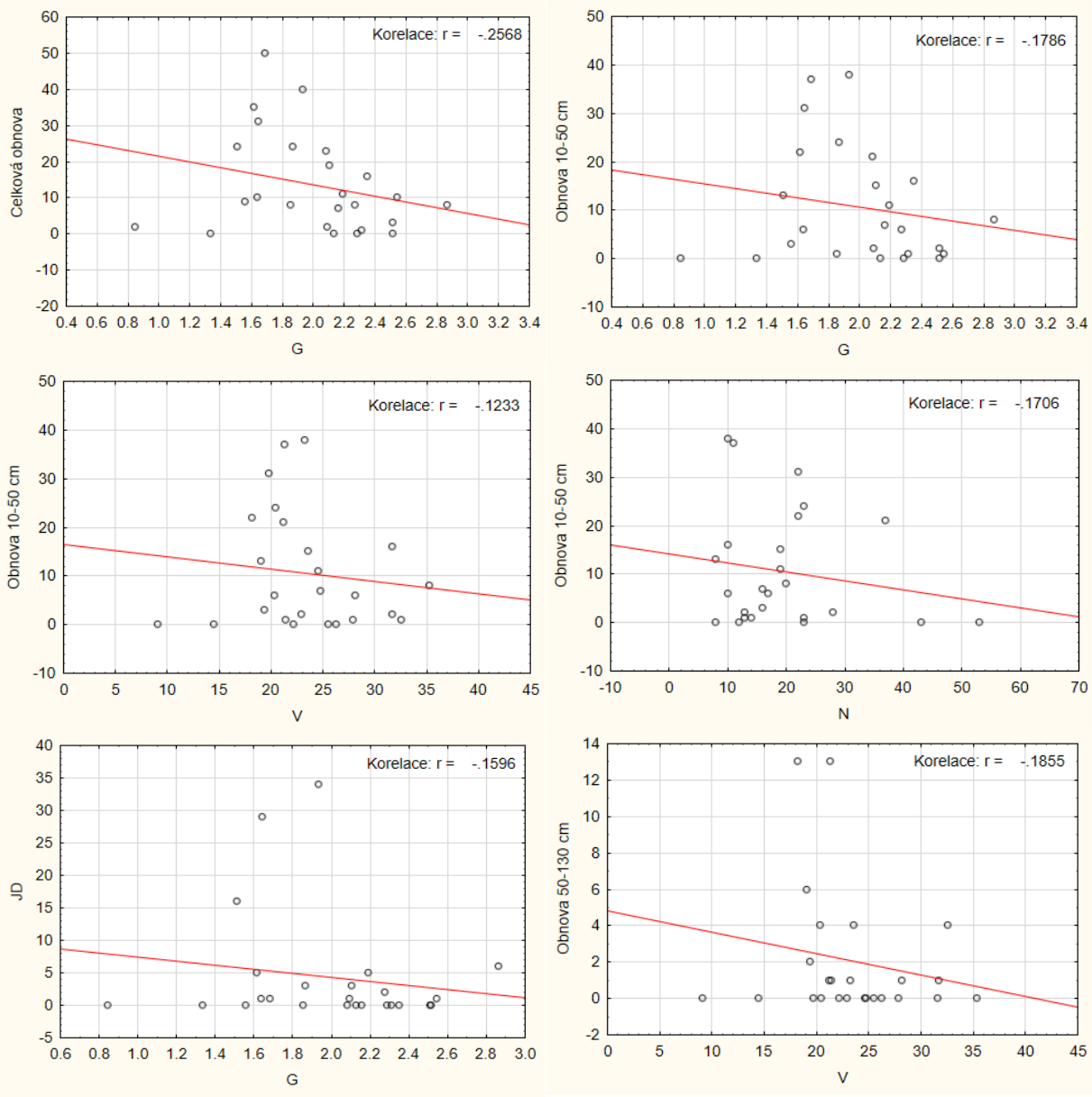
```
Function OBJEM_TOPOL(D, H)
Dim U As Double
```

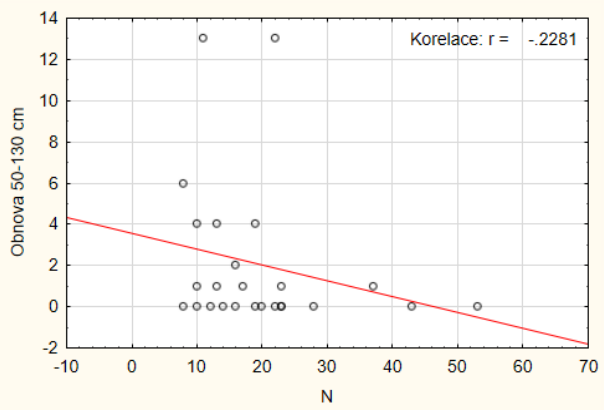
```
U = 0.000023284 * (D + 1) ^ (1.8703 - 0.0068 * Log(D + 1) / Log(10)) * H ^ (1.1769 + 0.0346 * Log(H) / Log(10))
OBJEM_TOPOL = 1.066333 * (U - 0.01) ^ 1.027266
End Function
```

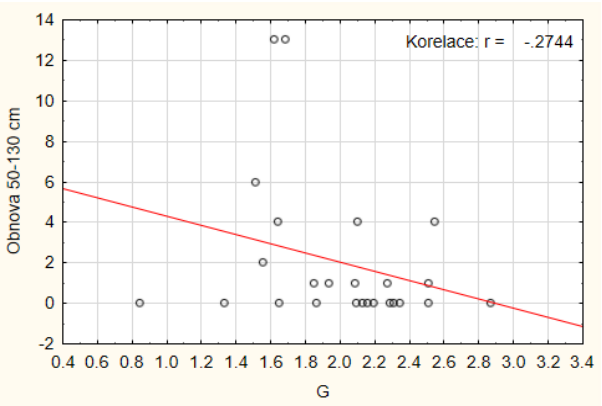
OLhsk

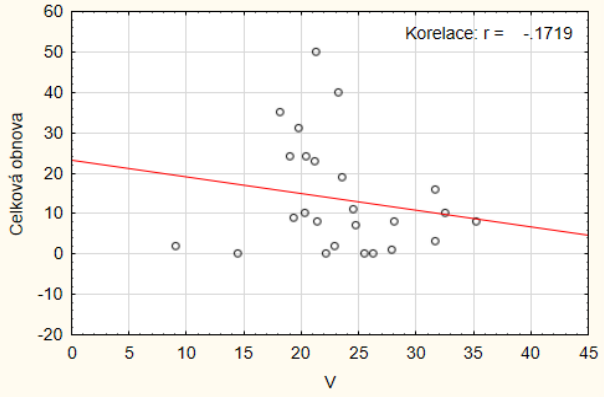
```
Function OBJEM_OLSE(D, H)
Dim U As Double
U = 0.0000298786491 * (D + 1) ^ (2.25569529 - 0.064301769 * Log(D + 1) / Log(10)) * H ^ (0.771934004 + 0.063258505 * Log(H) / Log(10))
OBJEM_OLSE = 1.00849912 * (U - 0.011) ^ 0.992841601
End Function
```

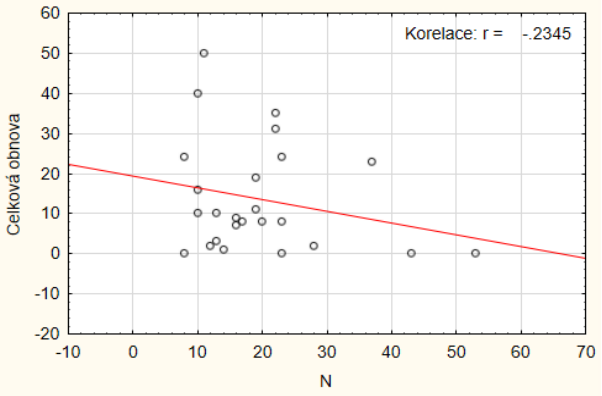
9.4 Příloha 4

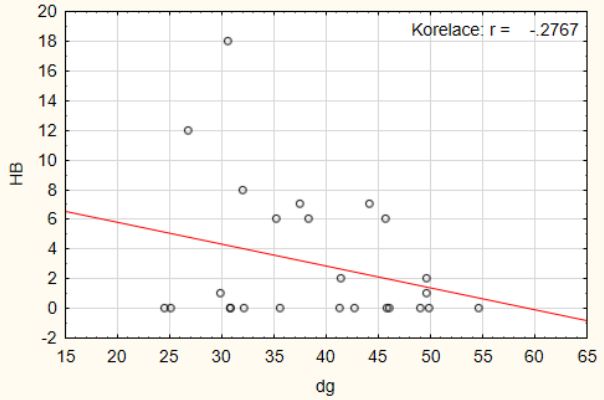

Korelace: r = -.2568
Celková obnova
G
Korelace: r = -.1786
Obnova 10-50 cm
G
Korelace: r = -.1233
Obnova 10-50 cm
V
Korelace: r = -.1706
Obnova 10-50 cm
N
Korelace: r = -.1596
JD
G
Korelace: r = -.1855
Obnova 50-130 cm
V

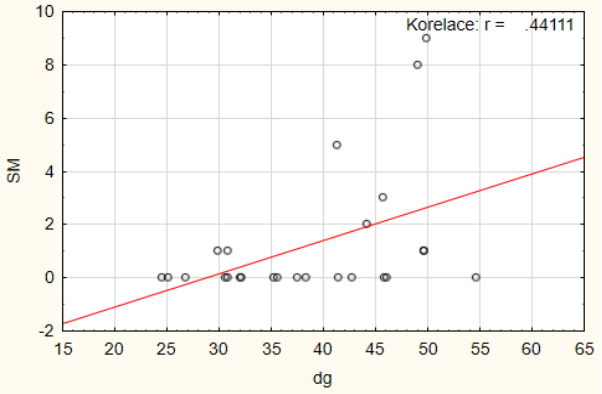

Korelace: r = -.2281
Obnova 50-130 cm
N

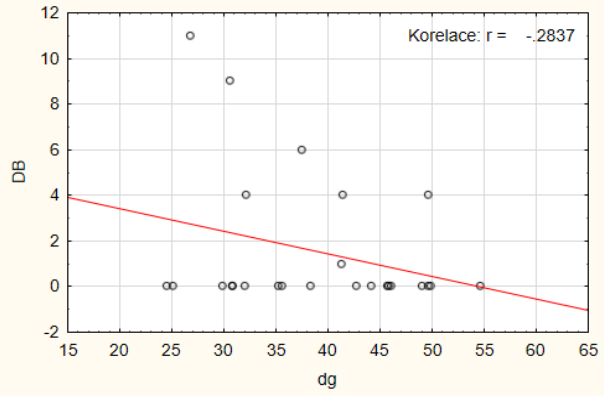

Korelace: r = -.2744
Obnova 50-130 cm
G


Korelace: r = -.1719
Celková obnova
V


Korelace: r = -.2345
Celková obnova
N


Korelace: r = -.2767
HB
dg


Korelace: r = .44111
SM
dg


Korelace: r = -.2837
DB
dg