

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



**Efektivnost kruhových zkusných ploch při
zjišťování porostní zásoby**

Bakalářská práce

Autor: František Čepický

Vedoucí práce: prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

František Čepický

Lesnictví
Lesnictví

Název práce

Efektivnost kruhových zkusných ploch při zjišťování porostní zásoby

Název anglicky

Efficiency of circular sample plots for forest stand volume determination

Cíle práce

Cílem práce je na vybraném souboru porostů použít kruhové zkusné plochy různých výměr (1 – 16 arů), vyhodnotit jejich přesnost a efektivnost a ověřit pravidlo optimálního počtu 15-25 stromů na zkusné ploše.

Metodika

- Výběr porostů pro měření (podobné struktury v různém věku)
- Stanovení požadovaného minimálního počtu zkusných ploch
- Vlastní založení a měření na kruhových zkusných plochách. V každém porostu použití kruhových zkusných ploch o velikosti 1, 2, 4, 8 a 16 arů.
- Odvození zásoby na plochách a v celém porostu, odvození přesnosti zjištěné zásoby
- Vyhodnocení časové a technické náročnosti použitých velikostí kruhových zkusných ploch
- Porovnání vypočítaných zásob s hodnotami zjištěnými při obnově lesního hospodářského plánu
- Odvození závěrů pro praxi

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

dendrometrie, porostní zásoba, zkušné plochy

Doporučené zdroje informací

KUŽELKA, K., MARUŠÁK, R., URBÁNEK, V. Dendrometrie. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. ISBN 978-80-213-2673-6.

MALTAMO, M. – KANGAS, A. *Forest inventory : methodology and applications*. Dordrecht: Springer, 2006. ISBN 1402043791.

MARUŠÁK, R., URBÁNEK, V., ŠEBEŇ, V. Dendrometrické prístroje a pomôcky pre efektívne meranie lesa. NLC Zvolen, 2009.

ŠMELKO, Š. *Dendrometria – vysokoškolská učebnica*. Zvolen: TU, 2000.

ŠMELKO, Š. *Meranie lesa a dreva*. Zvolen: ÚVVP LVH, 2003. ISBN 80-89100-14-7.

VAN LAAR, A. – AKÇA, A. *Forest mensuration*. Dordrecht: Springer, 2007. ISBN 978-1-4020-5990-2.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra hospodářské úpravy lesů

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

Ing. Peter Surový, PhD.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Efektivnost kruhových zkusných ploch při zjišťování porostní zásoby vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Róberta Marušáka, PhD. 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 Klatovech dne 24.5.2020

František Čepický

Mé poděkování patří vedoucímu této bakalářské práce prof. Ing. Róbertu Marušákovi, PhD. za cenné rady, připomínky, poskytnuté materiály a pomoc po celou dobu vzniku této práce.

Abstrakt

Zásoba porostu je jednou z nejdůležitějších dendrometrických veličin, která vstupuje do tvorby lesních hospodářských plánů a lesních hospodářských osnov a zásadním způsobem ovlivňuje hospodaření na daných majetcích. Z tohoto důvodu je důležitá přesnost jejího stanovení, ale s ohledem na praktickou použitelnost také efektivnost metody použité k jejímu zjišťování. Tato práce se zabývá kruhovými zkusnými plochami, konkrétně ověřením ideální velikosti kruhové zkusné plochy reprezentované 15 až 25 stromy na jedné ploše. Ověření bylo provedeno měřením vybraných porostů a vyhodnocením přesnosti zjištění zásoby a časové náročnosti měření v závislosti na počtu stromů na kruhové zkusné ploše. Pro další ověření byly na stejném principu provedeny i počítačové simulace. Ideální počet stromů mezi 15 a 25 byl potvrzen pouze v některých případech a bylo by vhodné provést další ověření. Vedlejším cílem bylo porovnání naměřených dat s údaji z lesních hospodářských plánů a lesních hospodářských osnov, kde byly v některých případech zjištěny významné rozdíly.

Klíčová slova

Dendrometrie, porostní zásoba, zkusné plochy

Abstract

Standing volume is one of the most important dendrometric quantity which enters into the creation of forest management plans and significantly affects the management of the forests. For this reason, the accuracy of its determination is essential but with regard to its practical applicability, the efectivity, of the metod used to determine it, is also important. This thesis deals with circular sample plots, specifically with the verification of the ideal size of a circular plot represented by between 15 to 25 trees on one plot. The verification was performed by measuring selected stands and by evaluating the accuracy of determining the standing volume as well as the time spent by measuring depending on the number of trees on a circular plot. For further verification computer simulations were performed on the same principle as the measuration. The ideal number of trees between 15 to 25 has been confirmed only in some cases and further verification would be desirable. The secondary aim was to compare the measured data with data from forest management plans where significant differences were found in some cases.

Keywords

Dendrometry, standing volume, sample plots

Obsah

1.	Úvod.....	16
2.	Cíle práce	17
3.	Rozbor problematiky	18
3.1	Měření dendrometrických veličin stojících stromů.....	18
3.2	Dendrometrické přístroje	19
3.2.1	Průměrky	19
3.2.2	Výškoměry	22
3.3	Určení objemu stojícího stromu	25
3.4	Metody zjišťování zásoby a struktury lesních porostů	27
3.4.1	Měření na celé ploše porostu (celoplošné průměrkování).....	28
3.4.2	Reprezentativní metody.....	28
3.5	Výpočet zásoby porostu	37
3.6	Porostní charakteristiky.....	37
4.	Metodika	40
4.1	Výběr porostů.....	40
4.2	Stanovení kritérií pro měření kruhovými zkusnými plochami	41
4.3	Měření	42
4.3.1	Měření porostů	42
4.3.2	Časové měření	45
4.4	Zpracování dat a výpočty	45
4.5	Simulace.....	47
5.	Výsledky	49
5.1	Vybrané porosty	49
5.2	Kritéria pro měření kruhovými zkusnými plochami.....	52

5.3	Zásoby porostů a přesnosti jejich určení	52
5.4	Časová náročnost měření	58
5.4.1	Průměrné časy	58
5.4.2	Celkové časy.....	60
5.5	Vyhodnocení optimálního počtu stromů na KZP na základě měření ...	62
5.6	Vyhodnocení optimálního počtu stromů na KZP na základě simulací .	66
5.7	Porovnání naměřených údajů s LHP/LHO	69
6.	Diskuze	74
6.1	Výběr porostů a kritéria pro měření kruhovými zkusnými plochami ...	74
6.2	Zásoby porostů a přesnosti jejich určení.....	74
6.3	Porovnání zjištěných údajů s LHP/LHO.....	75
6.4	Optimální počet stromů na KHP	76
7.	Závěr	77
8.	Seznam literatury a použitých zdrojů	79

Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Rozdělení metod sloužících k zjišťování zásoby a struktury porostů.	28
Tabulka 3.2: Pravděpodobnost výskytu skutečné chyby v rámci stanoveném pomocí teoretické chyby. Šmelko (2007)	34
Tabulka 4.1: Použité česko-slovenské objemové rovnice. (Petráš & Pajčík, 1991)	46
Tabulka 5.1: Vybrané porosty. (Hospodářská kniha - Obecní lesy Hejná, 2014), (Hospodářská kniha - revír Stará Ves, 2014), (Lesní hospodářské osnovy, 2020).....	49
Tabulka 5.2: Kritéria pro měření kruhovými zkusnými plochami. (I – intenzita výběru; S – odstupová vzdálenost).....	52
Tabulka 5.3: Zásoby měřených porostů zjištěné na základě použití pěti velikostí kruhových zkusných ploch.	53
Tabulka 5.4: Statistické údaje o zásobách na jednotlivých KZP v rámci jednotlivých velikostí v porostu 955H6.....	54
Tabulka 5.5: Statistické údaje o zásobách na jednotlivých KZP v rámci jednotlivých velikostí v porostu 6B7.	54
Tabulka 5.6: Statistické údaje o zásobách na jednotlivých KZP v rámci jednotlivých velikostí v porostu 448D10.....	55
Tabulka 5.7: Statistické údaje o zásobách na jednotlivých KZP v rámci jednotlivých velikostí v porostu 6A12.....	55
Tabulka 5.8: Průměrné časy jednotlivých úkonů měření v porostu 955H6.....	58
Tabulka 5.9: Průměrné časy jednotlivých úkonů měření v porostu 6B7.....	58
Tabulka 5.10: Průměrné časy jednotlivých úkonů měření v porostu 448D10.....	59
Tabulka 5.11: Průměrné časy jednotlivých úkonů měření v porostu 6A12.....	59
Tabulka 5.12: Celkové časy jednotlivých úkonů měření v porostu 955H6.....	60
Tabulka 5.13: Celkové časy jednotlivých úkonů měření v porostu 6B7.....	60
Tabulka 5.14: Celkové časy jednotlivých úkonů měření v porostu 448D10.....	61
Tabulka 5.15: Celkové časy jednotlivých úkonů měření v porostu 6A12.....	61
Tabulka 5.16: Závislost střední relativní chyby a času měření na počtu stromů na KZP v porostu 955H6.....	65
Tabulka 5.17: Závislost střední relativní chyby a času měření na počtu stromů na KZP v porostu 6B7.....	65
Tabulka 5.18: Závislost střední relativní chyby a času měření na počtu stromů na KZP v porostu 448D10.....	65

Tabulka 5.19: Závislost střední relativní chyby a času měření na počtu stromů na KZP v porostu 6A12.....	66
Tabulka 5.20: Optimální velikost KZP.....	66
Tabulka 5.21: Porostní charakteristiky porostu 955H6 zjištěné z LHP. (Hospodářská kniha - revír Stará Ves, 2014).....	70
Tabulka 5.22: Porostní charakteristiky porostu 955H6 zjištěné na základě měření.	70
Tabulka 5.23: Porostní charakteristiky porostu 6B7 zjištěné z LHP. (Hospodářská kniha - Obecní lesy Hejná, 2014)	70
Tabulka 5.24: Porostní charakteristiky porostu 6B7 zjištěné na základě měření.	71
Tabulka 5.25: Porostní charakteristiky porostu 448D10 zjištěné z LHO. (Lesní hospodářské osnovy, 2020).....	71
Tabulka 5.26: Porostní charakteristiky porostu 448D10 zjištěné na základě měření.	71
Tabulka 5.27: Porostní charakteristiky porostu 6A12 zjištěné z LHP. (Hospodářská kniha - Obecní lesy Hejná, 2014)	72
Tabulka 5.28: Porostní charakteristiky porostu 6A12 zjištěné na základě měření.	72
Tabulka 5.29: Porovnání zásob porostů zjištěných z LHP/LHO na základě měření pomocí KZP o velikosti 0,01 ha.	73

Seznam obrázků

Obrázek 3.1: Popis průměrky Mantax Digitech (Marušák et al., 2009), upraveno.	22
Obrázek 3.2: Výškoměr Vertex IV (Haglöf, 2016)	24
Obrázek 3.1: Změna střední chyby a času potřebného na měření v závislosti na počtu stromů na zkusné ploše a vymezení optimální velikosti zkusné plochy. (Šmelko, 2007)	31
Obrázek 3.2: Schéma rozložení kruhových zkusných ploch v porostu a) s použitím sítě b) bez použití sítě. Šmelko (2007) - překresleno	36
Obrázek 3.3: Schéma průměrkování kruhové zkusné plochy.....	36
Obrázek 4.3: Způsob postupu měřiče porostem při měření zásoby pomocí kruhových zkusných ploch.	43
Obrázek 5.1: Výřez z porostní mapy – porost 955H6 v měřítku 1:2000 (Geoportál Lesy České republiky, 2020).....	50
Obrázek 5.2: Výřez z porostní mapy – porost 6B7 (neznámé měřítko). (Obecní lesy Hejná, 2014).....	50
Obrázek 5.3: Výřez z porostní mapy – porost 6A12 (neznámé měřítko). (Obecní lesy Hejná, 2014).....	51
Obrázek 5.4: Výřez z porostní mapy – porost 448D10 (porostní skupiny f, g, h). (Lesní hospodářské osnovy, 2020).....	51

Seznam grafů

Graf 5.1: Zásoby na 1 ha v měřených porostech zjištěné pomocí pěti velikostí KZP....	53
Graf 5.2: Celkové zásoby v měřených porostech zjištěné pomocí pěti velikostí KZP...	54
Graf 5.3: Vztah aritmetického průměru zásob na KZP a velikosti KZP.	56
Graf 5.4: Vztah směrodatné odchylky zásob na KZP a velikosti KZP.....	56
Graf 5.5: Vztah variačního koeficientu zásob na KZP a velikosti KZP.	57
Graf 5.6: Vztah střední relativní chyby určení zásob na KZP a velikosti KZP.....	57
Graf 5.7: Vztah celkového průměrného času potřebného na změření jedné KZP a velikosti KZP.....	59
Graf 5.8: Vztah celkových časů měření porostů a velikosti KZP.....	61
Graf 5.9: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v porostu 955H6....	63
Graf 5.10: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v porostu 6B7.....	63
Graf 5.11: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v porostu 448D10..	64
Graf 5.12: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v porostu 6A12.....	64
Graf 5.13: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP simulovaném porostu pro 3000 stromů.	67
Graf 5.14: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v simulovaném porostu pro 6000 stromů.	67
Graf 5.15: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v simulovaném porostu pro 9000 stromů.	68
Graf 5.16: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v simulovaném porostu pro 6000 stromů a dvojnásobnou intenzitu výběru.....	68
Graf 5.17: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v simulovaném porostu pro 6000 stromů a totožnými středy ploch.	69

Graf 5.18: Absolutní zásoba měřených porostů zjištěná z LHP/LHO a na základě měření.
..... 73

Seznam použitých zkratk

ČSOT – česko-slovenské objemové tabulky

KZP – kruhové zkusné plochy

LHO – lesní hospodářské osnovy

LHP – lesní hospodářský plán

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

1. Úvod

Lesy plní pro společnost řadu nenahraditelných funkcí ať už se jedná o funkce produkční nebo mimoprodukční. V historii byly různé funkce lesa využívány s různou intenzitou, přičemž se jednalo především o prostředí k provádění lovu, a později s rozvojem společnosti a oborů jako stavebnictví a hutnictví začala převažovat dřevoprodukční funkce lesa. Intenzita využívání lesů se v průběhu času měnila v závislosti na historických událostech a rychlosti rozvoje společnosti, ovšem i přes určité poklesy intenzity využívání lesů například v období významných válek nakonec situace dospěla do stavu značné degradace lesů. Tato situace vedla nejprve k různým omezením těžby dříví a později ke vzniku racionálního hospodaření v lesích, z čehož se postupně zformovala hospodářská úprava lesů, jakožto obor, který se zabývá zjišťováním stavu lesů a následným plánováním zaměřením lesního hospodářství. Tato problematika se stává stále aktuálnější vlivem zvyšování významu i ostatních, dříve přehlížených funkcí lesa, což se odráží například v nově vytvořené Koncepci státní lesnické politiky do roku 2035, kde je prvním definovaným cílem zajištění vyrovnaného plnohodnotného plnění všech funkcí lesa pro budoucí generace. Kvalitnímu plánování ovšem musí předcházet kvalitní zjišťování stavu porostů. V tomto směru se vyčlenil obor dendrometrie, která se zabývá měřením a následným stanovením různých parametrů jednotlivých stromů i celých porostů od tloušťky a výšky stromu až po zásobu celého porostu. V rámci měření lesních porostů jsou používány různé metody, přičemž se vylisuje měření všech jedinců v porostu – tzv. celoplošné průměrkování a měření pouze určité části – metody zkusných ploch. Metody zkusných ploch se používají především za účelem úspory času a s tím spojených nákladů. V rámci těchto metod existují různé varianty, které se zcela odlišují principem použití nebo například jen tvarem. Jedním z nejčastěji používaných druhů zkusných ploch jsou kruhové zkusné plochy, které vynikají svými vlastnostmi před ostatními druhy zkusných ploch. Pro použití kruhových zkusných ploch je nutné znát určité vytyčovací parametry, z nichž je důležitá hlavně velikost. Podle Šmelka (2007) by velikost těchto ploch měla být taková, aby bylo zajištěno dostatečně přesné zjištění údajů o měřeném porostu, ale zároveň se stále jednalo o úsporu ve srovnání s celoplošným průměrkováním. Tuto velikost stanovil na základě měření jednoho porostu a vyjádřil prostřednictvím počtu stromů na jedné kruhové zkusné ploše, který by podle něj měl optimálně být 15–25 stromů. Tato práce si stanovuje za cíl ověřit tento optimální počet stromů měřením ve více porostech a s použitím moderních dendrometrických pomůcek.

2. Cíle práce

Cílem práce je stanovit zásobu vybraných porostů pomocí kruhových zkusných ploch o pěti různých výměrách od 0,01 do 0,16 ha za účelem vyhodnocení efektivnosti a přesnosti jednotlivých velikostí zkusných ploch a ověřit pravidlo optimálního počtu 15–25 stromů na zkusné ploše. Vedlejším cílem je porovnání naměřených dat s lesním hospodářským plánem nebo lesní hospodářskou osnovou.

3. Rozbor problematiky

3.1 Měření dendrometrických veličin stojících stromů

Měření stojících stromů se provádí za účelem zjištění zásoby porostu a měří se především tloušťka a výška stromů. Na rozdíl od měření pokácených stromů je v tomto případě možné měřit jen určité veličiny přímo a ostatní jsou měřeny nepřímou, nebo odvozenou matematicky. Z tohoto hlediska je měření stojících stromů do jisté míry komplikovanější.

Tloušťka příčného průřezu kmene je definována jako kolmá vzdálenost mezi dvěma tečnami vedenými rovnoběžně v protilehlých bodech obvodu průřezu. Vzhledem k nepravidelnosti tvaru kmene je možné změřit mnoho různých tlouštěk pohybujících se v určitém intervalu. Ideální je změřit takovou tloušťku, ze které by se plocha příčného průřezu kmene (tzv. kruhová základna) vypočítala podle vzorce pro plochu kruhu a zároveň se co nejvíce přibližovala skutečné kruhové základně (Šmelko, 2007). Ve většině zemí je nejčastěji měřena tloušťka $d_{1,3}$, která je definována v tzv. prsní výšce 1,3 m od země. V případě měření na svahu se měří z horní strany, při výskytu nepravidelnosti na kmene se měří nad a pod touto nerovností a vypočítá se jako aritmetický průměr těchto dvou měření a například dvojáky jsou měřeny jako jednotlivé stromy (Van Laar & Akça, 2007). Pro měření tlouštěk se používají především průměrky nebo pásmo v případě stromů velkých rozměrů. K měření tlouštěk ve vyšších částech kmene se používají speciální přístroje jako například optická průměrka nebo různé typy dendrometrů.

Výška stromu je definována odlišně různými autory. Je možné se setkat se definováním výšky stromu jako kolmé vzdálenosti mezi dvěma rovnoběžnými rovinami procházejícími vrcholem a patou stromu. Takto definovaná výška stromu není vždy stejná jako délka kmene, k tomu dochází pouze v případě, že je kmen perfektně rovný a strom roste vertikálně (Van Laar & Akça, 2007). Šmelko (2007) definuje výšku stromu jako kolmou vzdálenost dvou rovin procházejících patou a vrcholem stromu kolmo na osu kmene. Tato definice platí i pro stromy, které nejsou úplně svislé, což je poměrně častý jev. Výška stromu je přímo neměřitelná a k jejímu zjišťování se používají nejrůznější typy výškoměrů, které jsou popsány v kapitole 3.2.

Při měření obou dvou veličin na stojících stromech je důležité dodržovat správný postup a snažit se předcházet výskytu případných chyb. Při měření tloušťky průměrkou může docházet například k nedodržení stanovené výšky měření, různě silnému přitlačení průměrky ke stromu, šikmému přiložení průměrky ke stromu nebo použití vadného přístroje. Při měření výšky stromu často dochází k chybám způsobeným vychýlením stromu ze svislé polohy, jejich hodnoty jsou kladné nebo záporné v závislosti na směru vychýlení. Zejména u listnatých stromů může docházet k zacílení výškoměrem mimo vrchol stromu, což je důsledek tvaru koruny listnatých dřevin.

3.2 Dendrometrické přístroje

V minulosti bylo vyvinuto mnoho různých typů dendrometrických přístrojů, ale dnes jsou využívány jen některé. Často se jedná o přístroje využívající moderní technologie, což významně ulehčuje práci. Z přístrojů k přímému měření tloušťky jsou nejčastěji používány průměrky s jedním pevným a jedním posuvným ramenem, k měření výšky se používají především elektronické výškoměry.

3.2.1 Průměrky

Průměrky byly vyráběny nejprve dřevěné, později ocelové a dnes jsou nejčastěji hliníkové. Vývoj registračních průměrek vyvrcholil s nástupem elektroniky v devadesátých letech dvacátého století, kdy se začaly objevovat průměrky, které byly schopné nejen ukládat měřené hodnoty, ale i například vypočítat zásobu měřených porostů. Dnes jsou průměrky doplněny o mnohé další funkce, jako například možnost přenášení změřených výšek z výškoměru nebo údajů o poloze z GPS zařízení do paměti průměrky (Marušák et al., 2009). Vyráběny jsou také nejrůznější doplňky, mezi které patří laserové zaměřovače pro měření tlouštěk v nedostupných výškách nebo pásmo připevnitelné na průměrku sloužící k měření pokácených stromů (Haglöf – Calipers, 2019). Hlavní výhodou digitálních průměrek je efektivnost měření. Na měření porostu s digitální průměrkou stačí jeden člověk, zatímco dříve bylo prováděno měření s klasickými průměrkami ve tříčlenných skupinách. Rychlost měření je v těchto dvou variantách přibližně stejná, což ale znamená výraznou úsporu nákladů vynaložených na práci při použití digitální průměrky (Linhart, 2011). Podmínkou správného měření je

správná funkčnost průměrky. Důležitá je zejména kolmost ramen, dále pak například dobrá čitelnost stupnice nebo pohyblivost ramene.

Průměrka Mantax Digitech:

Při měření dat pro tuto práci byla použita průměrka Mantax Digitech. Tato průměrka patří k jednodušším elektronickým průměrkám. Průměrka se již nevyrábí, nicméně je stále hojně využívána. Vyniká svou odolností a jednoduchostí ovládání. Důvodem pro její vývoj byla nižší cena pro koncového uživatele, ale zároveň také poskytnutí možnosti ukládání dat do paměti průměrky a jejich následný přenos do počítače pro další zpracování. Vzhledem ke snaze výrobce o co nejnižší cenu bylo přistoupeno k několika kompromisům. Prvním z nich je vybavení průměrky malým displejem, který umožňuje pouze omezenou komunikaci s uživatelem pomocí jednoúrovňového menu. Další nevýhodou je neměnná struktura utvářeného souboru dat a nutnost oddělování souborů dat nulovými hodnotami. Tato omezení ale nemají vliv na průběh samotného měření. Možnosti menu jsou dostačující pro běžné zjišťování porostní zásoby a vytvořený soubor dat lze snadno upravit v prostředí Microsoft Excel. Výhodou průměrky je velmi nízká spotřeba baterie, pro celé měření byla použita pouze jedna AA baterie. I při vybití baterie jsou data zachována. (Marušák et al., 2009)

Ukládání dat a možnost následného přenosu do počítače bylo hlavním důvodem použití této průměrky, jelikož ve srovnání s klasickými manuálními průměrkami to přináší významné urychlení práce. Ačkoliv například průměrka Digitech Profesional poskytuje širší možnosti, základní princip důležitý pro účel práce zůstává stejný, a proto byla průměrka Mantax Digitech dostačující.

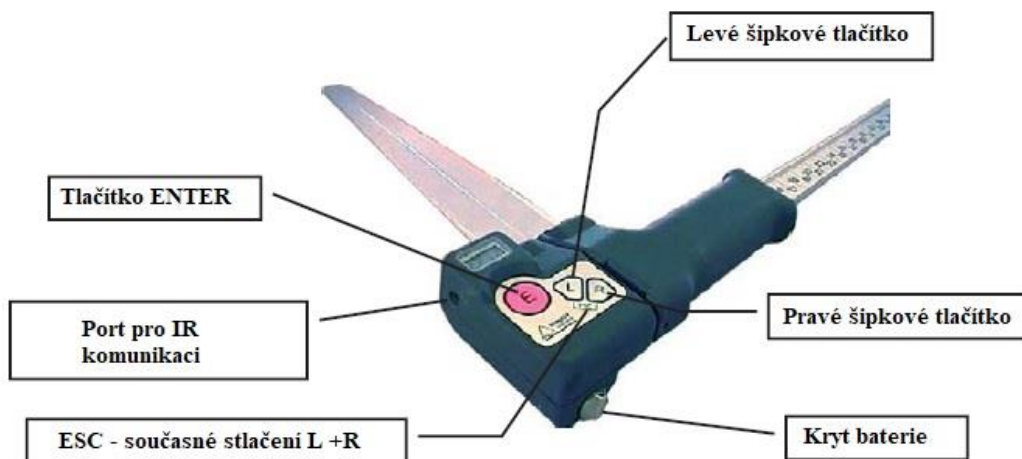
Měření s průměrkou je velmi jednoduché a rychlé. Průměrka se ovládá pomocí tří tlačítek (E, L, R) popsanych na obrázku 3.1. Měření tlouštěk spočívá ve zvolení měřené dřeviny, následného přiložení průměrky ke stromu a potvrzení měřené tloušťky tlačítkem ENTER. Pro měření stromů tlustších, než je rozsah průměrky slouží kód „d“. Při nastavení tohoto kódu a stálého držení tlačítka ENTER se posune posuvným ramenem na nulovou hodnotu, přičemž se objeví hodnota 500. Následně se za stálého držení tlačítka ENTER může naměřit potřebná tloušťka, vybrat dřevina a potvrdit. Pro tyto postupy měření tlouštěk slouží funkce „uLoZ“ nacházející se v menu průměrky. Je možné měřit až sedm druhů dřevin značených kódy 1 až 7, průměrka nabízí ještě kód 8 pro vložení

změřené výšky k danému stromu, který ale nebyl využíván, jak bude popsáno dále. Konkrétní dřeviny se ke kódům přiřazují až po přesunu dat do počítače v programu DigiCom. Volba dřeviny probíhá buďto šipkami, anebo počtem zmáčknutí tlačítka ENTER. Před započítím měření byl v menu pomocí funkce „Set“ nastaven způsob ukládání hodnot „3but“, který umožňuje volit dřeviny pomocí šipek L a R. Tento způsob volby dřevin je výhodný pro porosty s převahou jedné dřeviny a občasným výskytem jiných dřevin. Dále byly pomyslně přiřazeny kódy k jednotlivým dřevinám, kód 1 byl použit vždy pro hlavní dřevinu a ostatní kódy pro další dřeviny vyskytující se v porostu. Informace o dřevinách byla ke kódům reálně přiřazena až při přenosu dat do počítače.

K přenosu dat z průměrky do počítače slouží program DigiCom dodávaný s průměrkou, nezbytný je také kabel s IR konektorem. Za účelem přenosu dat pomocí IR portu byla nastavena v průměrce možnost „Ir“ ihned po nastavení způsobu zadávání dat.

K oddělování dat v průměrce slouží nulové hodnoty, které následně program DigiCom interpretuje na základě nastavení. Při měření byly dvěma nulami oddělovány jednotlivé zkusné plochy a každé další měření daného porostu (další velikostí KZP) bylo odděleno třemi nulami. Při měření dalšího porostu byla původní data z průměrky odstraněna pomocí funkce „SMAZ“.

Pro přenos dat pomocí IR je potřeba nastavit v programu DigiCom možnost „PC“. Následně stačí pouze přiložit IR port kabelu k portu na průměrce a v menu průměrky zvolit funkci „PC“. Program přijme data, u kterých jsou obsluhou následně zadány příslušné dřeviny a další identifikační hodnoty. Soubor může být uložen ve formátu „dig“ pro opětovné upravování, nebo jako textový dokument.



Obrázek 3.1: Popis průměrky Mantax Digitech (Marušák et al., 2009), upraveno.

3.2.2 Výškoměry

Také přístrojů na měření výšek stromu existuje velké množství, od jednoduchých pomůcek až po moderní multifunkční elektronické výškoměry. Výškoměry můžeme dělit do několika skupin. Z hlediska principu, na kterém fungují se dělí na výškoměry založené na trigonometrickém principu a výškoměry založené na geometrickém principu. Na geometrickém principu funguje například konstrukčně jednoduchý Christenův výškoměr využívající podobnosti trojúhelníků. Většina ostatních výškoměrů funguje na trigonometrickém principu, přičemž se měří úhly mezi vodorovnou rovinou procházející úrovní očí měřiče a vrcholem a patou stromu a také odstupová vzdálenost měřiče od stromu. Dále se výškoměry liší podle toho, jak je při měření určována odstupová vzdálenost. U starších výškoměrů je vzdálenost určována opticky za použití dalších pomůcek, přičemž je možné měřit jen z určitých konstantních odstupových vzdáleností. Mezi takové výškoměry patří například přístroje Blume-Leiss, Haga nebo Suunto. Modernější výškoměry umožňují měřit z libovolné odstupové vzdálenosti velmi rychle a jednoduše, díky laserové nebo ultrazvukové technologii, která slouží k měření odstupové vzdálenosti od stromu.

Mezi laserové výškoměry patří například TruPulse nebo Nikon Forestry 550, na principu ultrazvuku pracuje Vertex IV nebo výškoměr Haglöf EC. Moderní přístroje poskytují ale mnohem širší možnosti než pouze měření výšek. Například přístroj Vertex

Laser GEO umožňuje i zjišťování výměr plošných útvarů, zjišťování objemů uskladněných materiálů, zaměřování průmětů stromových korun a mnoho dalšího (Haglöf - The Vertex Laser Geo, 2017). Při použití výškoměrů řady Vertex s příslušenstvím lze také efektivně vytyčovat kruhové zkusné plochy (Urbánek, 2011).

Výškoměr Vertex IV:

Elektronický výškoměr Vertex slouží k měření výšek, vzdáleností a úhlů. Pracuje na principu ultrazvuku, což umožňuje použití i v komplikovaném terénu nebo v přítomnosti hustého podrostu. Výškoměr byl použit k měření výšek stromů a vytyčování KZP.

Přístroj je ovládán třemi tlačítky, jak je vidět na obrázku 3.2. Šipky slouží k pohybu v menu a šipka „DME“ se zároveň používá i k ovládní dálkoměru. Tlačítkem „ON“ se přístroj zapíná a potvrzují se jím jednotlivé úkony. Výškoměr pracuje ve spojení s odrazkou, která pracuje jako generátor a receptor ultrazvukového signálu.

Před započítím měření je potřeba provést několik základních nastavení, která se vykonávají v menu „SETUP“. Nastaveny byly délkové a úhlové jednotky – metry a grady, vzdálenost průsečíku záměrných os (0,3 m) a výška umístění transpondéru na stromě (1,3 m). Transpondér nemá vlastní tlačítko na zapnutí a zapíná se tak, že se přiloží výškoměr do vzdálenosti asi 1 cm od transpondéru a následně se přidrží tlačítko „DME“, ozve se dvojité pípnutí a odrazka je zapnuta. Stejným způsobem se i vypíná. Pravidelně se provádí také kalibrace výškoměru. Ta byla prováděna v průběhu měření několikrát, zejména při změně podmínek prostředí nebo po delší době nečinnosti. Ke kalibraci přístroje slouží funkce „CALIBRATE“. Kalibrace se dělá na 10 m pomocí pásma, na jehož konci je umístěna odrazka. Výškoměr je přiložen na hodnotu 10 m a za stálého držení tlačítka „ON“ se provede kalibrace, načež se přístroj sám vypne. Při kalibraci i měření je důležité, aby byla teplota výškoměru shodná s teplotou prostředí, jinak může v závislosti na okolních podmínkách vzniknout chyba až 0,5 m (Marušák et al., 2009).

Při sběru dat v porostech bylo využíváno dvou funkcí výškoměru – měření vzdálenosti při vytyčování KZP a měření výšky stromu. Vzdálenost se zjišťuje jednoduchým namířením přístroje na odrazku umístěnou v adaptéru na výtyčce a následným stisknutím tlačítka DME. Naměřená vzdálenost se v tomto případě nevztahuje

k okraji výškoměru, ale k horní hraně displeje, protože signál prochází o 2,5 cm větší dráhu při průchodu od adaptéru k transpondéru. Ve svahu se navíc měří ještě hodnota úhlu, aby mohla být změřená šikmá vzdálenost přepočtena na vodorovnou. K měření úhlu slouží funkce „ANGLE“. Nejprve se zacílí na transpondér a drží se tlačítko ON, po zhasnutí záměrného kříže se tlačítkem DME změří šikmá vzdálenost a přístroj zobrazí i vodorovnou vzdálenost s popiskem „HDIST“. K měření výšek slouží funkce „HEIGHT“. V případě použití transpondéru umístěného na stromě v nastavené výšce není potřeba dodržovat stejnou odstupovou vzdálenost. I přesto je ale potřeba, aby byla odstupová vzdálenost alespoň přibližně taková, jako je výška měřeného stromu. Po zapnutí přístroje se tlačítkem ON potvrdí funkce „HEIGHT“, zamíří se na odrazku, která nemusí být nutně dokonale viditelná, a za stálého držení tlačítka ON přístroj změří šikmou vzdálenost a vertikální úhel. Následně se záměrný kříž rozblíká a je možné zamířit na vrchol stromu a přidržet tlačítko ON změřit jeho výšku. Tento poslední krok je možné opakovat podle potřeby.



Obrázek 3.2: Výškoměr Vertex IV (Haglöf, 2016)

3.3 Určení objemu stojícího stromu

V historii dendrometrie byla na zjišťování objemů stojících stromů vyvinuta řada metod různých přesností, přičemž Van Laar & Akça (2007) uvádí, že obvykle je objem jednotlivých stromů získáván z rovnice (3.1).

$$v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot f \quad (3.1)$$

kde: d – tloušťka kmene ve výšce 1,3 m
 h – výška stromu
 f – redukční číslo (tzv. výtvarnice) vyjadřující odlišnost tvaru kmene od válce

Za relativně nejpresnější metody sloužící k určení objemu stojícího stromu lze považovat metody založené na podchycení individuální morfologické křivky. Uskutečňují se ve dvou variantách, buďto měření tlouštěk d_i v pravidelných výškových intervalech h_i (absolutních nebo relativních), anebo měření tlouštěk d_i v libovolných výškách h_i na kmeni. První způsob je méně vhodný, protože je obtížné dodržet pravidelné výškové intervaly, ale druhý způsob je použitelný jak pro výzkum, tak i pro praxi například jako náhrada za kácení vzorníků.

Další metoda je založená na měření Presslerovy úměrné výšky a spočívá v měření výšky v místě, kde se tloušťka příčného průřezu rovná jedné polovině tloušťky ve výšce 1,3 m. S kmenem se počítá jako s dvěma částmi pomyslně rozdělenými ve výšce 1,3 m. Přesnost metody je odhadována na ± 5 –10 %. Ze vztahu (3.1) vychází metoda výtvarnic a výtvarnicových výšek, při které se používá empiricky zjištěná výtvarnice. Výtvarnice je zjišťována na základě jiných veličin vyjadřujících tvar kmene, které jsou ale do jisté míry specifické pro určitou oblast růstu stromů, a proto závisí přesnost stanovení objemu na stanovené hodnotě výtvarnice (Šmelko, 2007).

Nejpoužívanější metoda určení objemu stojícího stromu je metoda objemových rovnic a tabulek, která je používána od počátku 19. století. „*Objemové tabulky jsou užitečné, když není dostupné žádné počítačové vybavení, ale objemové rovnice mohou být uloženy do paměti počítače a znovu načteny, když je to potřeba.*“ (Van Laar & Akça, 2007). Objemové tabulky a rovnice jsou konstruovány na základě měření několika stovek

až tisíců stromů, a proto jejich výstupem není objem konkrétního stromu, ale objem průměrného stromu s danými parametry (Kuželka et al., 2014).

Objemové rovnice a tabulky mohou být děleny podle počtu vstupních veličin charakterizujících tvar kmene na jednoargumentové, dvojargumentové a trojargumentové. Jednoargumentová varianta vyjadřuje objem stromu pouze v závislosti na výčetní tloušťce stromu ($d_{1,3}$). Standardně jsou používány dvojargumentové objemové rovnice a tabulky využívající výčetní tloušťku ($d_{1,3}$) a výšku stromu. Znamé jsou například Grunder-Schwappachovy objemové tabulky vytvořené v polovině dvacátého století na základě měření mnoha pokácených vzorníků. Nicméně vytvořeny byly i mnohé regionální tabulky respektující lokální podmínky. Na rozdíl od jednoargumentových rovnic a tabulek mohou mít dvojargumentové tabulky širší regionální platnost a umožňují odhad objemu kmene s prakticky postačující přesností se střední chybou ± 7 – 12 %. V případě trojargumentových rovnic a tabulek by se měla střední chyba určení objemu podstatně zmenšit (Šmelko, 2007). „*Několik studií ukazuje, že přidaná třetí vstupní veličina, například výška nasazení koruny nebo tloušťka v 30% výšky stromu nebo ve výšce 7 metrů, redukuje množství nevysvětlených variací a umožňuje odhadnout objem kmene přesněji*“ (Van Laar & Akça, 2007). Ovšem Van Laar & Akça (2007) dále uvádí, že některé studie ukázaly, že přidání tloušťky ve vyšších polohách na kmeni významně nezlepšilo přesnost odhadu objemu kmene.

V současnosti se u nás tloušťky stromů měří s kůrou, ale jejich objem se vyjadřuje v hroubí bez kůry. Vyhláška Ministerstva zemědělství o lesním hospodářském plánování (1996) uvádí koeficient pro přepočítání objemu hmoty s kůrou na objem hmoty bez kůry pro jehličnaté dřeviny 0,90909 a pro listnaté dřeviny 0,86956. V minulosti byla ovšem prokázána závislost objemu kůry na dimenzích stromu, z čehož plyne nevhodnost použití jednotných redukčních koeficientů. Z tohoto a dalších důvodů byly vytvořeny česko-slovenské objemové rovnice (ČSOT) pro naše hlavní dřeviny, které jsou v současnosti používány a byly použity například i k vytvoření taxačních tabulek (Černý et al., 2006).

Česko-slovenské objemové tabulky byly konstruovány na základě měření vytěžených stromů na území Česka i Slovenska v počtech kolem tisíce až dvou tisíc kusů pro jednotlivé dřeviny. Pokácené stromy (vzorníky) byly měřeny po dvoumetrových sekcích. Různí autoři během druhé poloviny dvacátého století vytvořili tabulky pro 4 jehličnaté dřeviny (smrk, borovice, modřín a jedle) a 7 listnatých dřevin (dub, buk, habr,

bříza, jasan, olše a topol). Tabulky všech dřevin jsou dvojargumentové. I když je používán pojem „objemové tabulky“, pro dnešní použití je praktičtější forma matematických rovnic, a proto byla publikována i tato forma. (Petráš & Pajtík, 1991) Znamější jsou tabulky ÚLT, které ale mají oproti ČSOT řadu nevýhod. Tabulky ÚLT uvádějí objem hroubí pouze v kůře, vznikly na základě měření vzorníků mimo Českou republiku, jsou k dispozici v tabelární podobě a není tedy možné určit objemy stromů přesahující uvedené parametry. Naproti tomu ČSOT umožňují počítat s nezaokrouhlenými vstupními veličinami díky jejich formulaci v podobě rovnic nebo také dopočet dalších veličin jako je například objem hroubí větví u listnáčů. Z těchto důvodů je začal od roku 2016 využívat i státní podnik Lesy ČR, který ještě doplnil rovnice pro akát a douglasku, ovšem ne na základě empirického měření (Valenta & Šešulka, 2015).

3.4 Metody zjišťování zásoby a struktury lesních porostů

Lesní porost je definován jako společenstvo stromů, které má po celé ploše přibližně stejný charakter. Charakter může být proměnlivý například z hlediska věku stromů, horizontálního nebo vertikálního uspořádání. Zároveň se jedná o nejmenší prostorovou jednotkou uspořádání lesa. (Šmelko, 2007) Porost také představuje jednotku, pro kterou je používán jednotný pěstební postup, a proto se i informace o porostu přímo vztahuje k hospodářským rozhodnutím (Van Laar & Akça, 2007). Informace o porostech se zjišťují pro různé účely praxe i vědy, zejména pro účel tvorby lesních hospodářských plánů (LHP) nebo lesních hospodářských osnov (LHO). Vyhláška Ministerstva zemědělství o lesním hospodářském plánování (1996) udává, že se pro potřeby LHP a LHO se zjišťuje plocha a výměra porostu, věk, zakmenění, zastoupení dřevin, střední porostní výška, střední výčetní tloušťka, bonita a porostní zásoby.

K určení zásoby a struktury lesních porostů existují různé metody, které se dají členit do dvou základních skupin, jak je znázorněno v tabulce 3.1 Tabulka 3.1: Rozdělení metod sloužících k zjišťování zásoby a struktury porostů.. Rozvoj technik dálkového průzkumu země a příslušného hardwaru a softwaru umožnil také zjišťování porostních charakteristik tímto způsobem (Surový & Kuželka, 2019).

Tabulka 3.1: Rozdělení metod sloužících k zjišťování zásoby a struktury porostů.

Metody přímého měření		Metody odhadu		Dálkový průzkum
Na celé ploše porostu	Reprezentativní metody (na zkusných plochách)	Pomocí růstových tabulek, Pomocí modelů	Okulárně na základě zkušeností	

Při volbě metody je rozhodující požadovaná přesnost ve vztahu s časovou náročností. Měření na celé ploše porostu (tzv. celoplošné průměrkování) poskytuje relativně nejpřesnější výsledky, ale je časově a tím pádem i finančně nejnáročnější. Metody odhadů vyžadují nejméně nákladů, ale jejich přesnost je nejnižší a významný je také subjektivní vliv. Reprezentativní metody tedy představují průměr mezi dvěma předchozími variantami, co se týče finanční a časové náročnosti i přesnosti zjištění zásoby porostu. (Šmelko, 2007) Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství o lesním hospodářském plánování (1996) se porostní zásoby zjišťují zpravidla měřením pro porosty starší 80 let a pro mladší porosty měřením nebo odhadem pomocí taxačních tabulek.

3.4.1 Měření na celé ploše porostu (celoplošné průměrkování)

Metoda spočívá v měření tloušťek všech stromů v porostu a měření výšek určitého počtu stromů. Výšky jsou obvykle měřeny po změření tloušťek a jejich počet závisí na požadované přesnosti a spolehlivosti výsledku. S ohledem na časovou a finanční náročnost je tato metoda používána pouze v hospodářsky nejvýznamnějších porostech, kde je potřeba určit zásobu s vysokou přesností, anebo v rozrůzněných porostech, kde by jiné metody neposkytovaly dostatečnou přesnost (Kučelka at al., 2017). Celková přesnost určení zásoby porostu dosahuje $\pm 4\text{--}5\%$ s 95 % pravděpodobností jejího výskytu (Šmelko, 2007).

3.4.2 Reprezentativní metody

Použití reprezentativních metod je založeno na měření pouze určité části porostu a následném přepočítání zjištěných údajů na celou plochu, a proto vyžaduje podstatně

méně času a finančních nákladů. Existuje mnoho druhů reprezentativních metod, kromě dále uvedených lze jmenovat ještě například relaskopickou metodu nebo metodu stromových rozestupů.

Použití zkusných ploch předchází určení vytyčovacích údajů, kterými jsou počet, velikost, intenzita výběru a rozmístění zkusných ploch v porostu. Tyto údaje mohou být stanoveny buďto subjektivním odhadem, což je ale nevýhodné z hlediska zatížení subjektivními vlivy, anebo objektivním matematicko-statistickým způsobem. Matematicko-statistické metody umožňují stanovit vytyčovací údaje s ohledem na konkrétní vlastnosti porostu a požadovanou přesnost a také provést následné kontrolní výpočty.

Potřebný minimální počet zkusných ploch se stanovuje podle vzorce

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot \sigma_x \%^2}{\Delta_{\bar{x}} \%^2} \quad (3.2)$$

kde: $\sigma_x \%^2$ – variační koeficient charakterizující relativní variabilitu zásoby po ploše porostu

$\Delta_{\bar{x}} \%^2$ – přípustná chyba (požadovaná přesnost) určení zásoby, používá se $\Delta_{\bar{x}} \%^2 = \pm 10 \%$ nebo $\pm 15 \%$

t_{α}^2 – koeficient spolehlivosti, zaručující, že skutečná chyba nepřekročí rámec požadované přesnosti se stanovenou pravděpodobností (obvykle $P = 95 \%$)

Z uvedených veličin není předem známý pouze variační koeficient zásoby $\sigma_x \%^2$, který je nutné odhadnout, což se provádí například změřením menšího počtu ploch nebo na základě empirického měření formulovaného v podobě tabulky nebo nomogramu. Ze vzorce vyplývá, že počet zkusných ploch je přímo úměrný variabilitě zásoby a nepřímo úměrný přípustné chybě, ale nezávisí na velikosti porostu. Na velikosti porostu ovšem závisí intenzita výběru vyjádřená vzorcem 3.3.

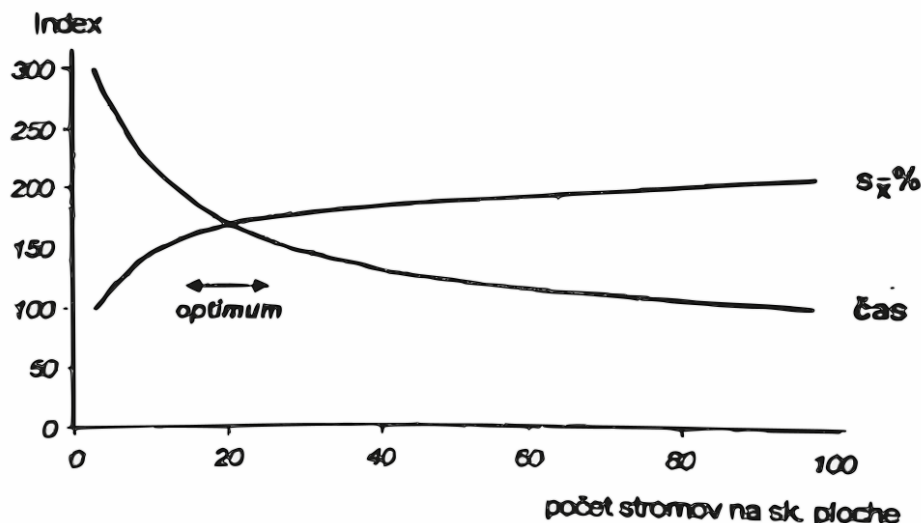
$$i\% = \frac{n}{N} \cdot 100 = \frac{\sum p_i}{P} \cdot 100 \quad (3.3)$$

kde: $\sum p_i$ – celková výměra zkusných ploch (ha)

P – výměra porostu (ha)

Z tohoto vzorce je vidět, že s rostoucí výměrou porostu a klesajícím počtem zkusných ploch intenzita výběru klesá, což znamená, že je potřeba relativně menší počet zkusných ploch na 1 ha (metoda je hospodárnější), čím je porost více homogenní a větší. Šmelko (2007) uvádí, že intenzita výběru je vhodnou mírou výhodnosti použití KZP ve srovnání s celoplošným průměrkováním a neměla by překročit hranici 25–30 %, protože náklady na měření už by ve vztahu k dosažené přesnosti byly příliš vysoké.

Při stanovení velikosti ploch je důležité, aby byla stanovena v souvislosti se zjištěným počtem ploch. Ačkoliv měření velkých ploch je časově náročnější, jejich počet je při dané výměře nižší, než počet malých ploch se stejnou celkovou výměrou (Kangas & Maltamo, 2006). Jak dále uvádí Kangas & Maltamo (2006), variabilita zásoby mezi plochami klesá se zvětšující se velikostí ploch. Ovšem variační koeficient zásoby na plochách je ovlivněn také charakterem porostu a v případě relativně homogenních porostů (např. plantáží) je nižší než v případě přírodních lesů (Van Laar & Akça, 2007). Šmelko (2007) uvádí, že při stejné intenzitě výběru se získá přesnější výsledek použitím většího počtu menších ploch, než při použití menšího počtu velkých ploch, ale většími plochami se stejná celková výměra vytyčí za kratší čas, a proto jsou hospodárnější. Z toho vyplývá, že je potřeba hledat optimální výměru zkusných ploch, která umožní získat dostatečně přesný výsledek za co nejkratší čas. Způsob nalezení optimální výměry plochy znázorňuje Šmelko (2007) na grafu znázorněném na obrázku 3.3, kde je vyjádřen čas potřebný na měření a střední relativní chyba (oboje reprezentováno indexem) v závislosti na počtu stromů na ploše. Počet stromů odpovídající úzkému intervalu okolo průsečíku obou křivek považuje za ideální počet stromů na zkusné ploše, čímž je vyjádřena její optimální velikost.



Obrázek 3.3: Změna střední chyby a času potřebného na měření v závislosti na počtu stromů na zkusné ploše a vymezení optimální velikosti zkusné plochy. (Šmelko, 2007)

Optimální velikost plochy se odvíjí od typu lesa, struktury porostu, umístění porostu a geometrických parametrů. Z hlediska extrémů lze uvést velmi nehomogenní tropické lesy, ve kterých jsou potřeba velké plochy k dostatečnému podchycení jejich charakteristik a naproti tomu plantáže klonů, kde stačí malé plochy k dosažení přesných výsledků. Vliv mají i další faktory, jako například charakter terénu a podrostní vegetace, které mohou znesnadňovat přesun mezi jednotlivými plochami. V takovém případě by použití malých ploch znamenalo výrazné zvýšení časových nákladů a větší plochy jsou tedy vhodnější vzhledem k jejich menšímu počtu. (Van Laar & Akça, 2007)

Zeide (1980) navrhl matematické odvození optimální velikosti zkusné plochy vycházející ze vzorce:

$$P = p \cdot \left(\frac{t}{m}\right)^2 \quad (3.4)$$

kde: P – optimální velikost plochy

p – zvolená velikost zkusné plochy

t – čas potřebný na přesun mezi dvěma sousedními plochami o velikosti p

m – čas potřebný na měření plochy o velikosti p .

Tento vztah je odvozen na základě náhodného výběru uskutečněného podle čtvercové sítě, přičemž odstupová vzdálenost mezi plochami a velikost zkusných ploch odpovídá požadované přesnosti.

Šmelko (2007) uvádí, že rozmístění ploch v porostu by mělo probíhat na základě objektivního výběru, aby nedošlo k ovlivnění výsledku systematickými změnami ve struktuře porostu a aby byly plochy rovnoměrně rozloženy po celé ploše porostu. Tomuto požadavku odpovídá systematický výběr uskutečněný podle pravidelné sítě. Může být rovnoměrný, anebo nerovnoměrný. V případě rovnoměrného systematického výběru jsou odstupové vzdálenosti mezi plochami stejné v obou směrech a vypočítají se podle vzorce (3.5). V případě nerovnoměrného výběru jsou vzdálenosti mezi plochami v jednom směru menší a v druhém větší. V tomto případě se odstupová vzdálenost v jednom směru předem stanoví a v druhém se vypočte podle vzorce (3.6).

$$s = 100 \cdot \sqrt{\frac{P}{n}} \quad (3.5)$$

kde: s – odstupová vzdálenost v metrech

P – plocha porostu v hektarech

n – počet zkusných ploch

$$s_1 = 100 \cdot \frac{P}{n \cdot s_2} \quad (3.6)$$

kde: s_1 – odstupová vzdálenost v jednom směru

s_2 – odstupová vzdálenost v druhém směru

Výhodou systematického výběru je to, že rovnoměrně pokrývá celou plochu porostu, a proto poskytuje přesnější výsledky než úplně náhodný výběr. Kromě toho je jeho uskutečnění v terénu poměrně snadné. Rovnoměrný výběr vystihuje charakter porostu lépe než nerovnoměrný, který je ale časově úspornější. Pro dodržení objektivnosti měření

je důležité, aby byly plochy umístovány přesně do míst, kam je jejich poloha vyměřena, a nebyly subjektivně posouvány. Při dodržení výše uvedených zásad může dojít k závažným systematickým chybám pouze v případě, že by se umístění ploch shodovalo s určitou amplitudou změn ve struktuře porostu. Tomu je možné předejít vhodným posunutím celé sítě ploch. (Šmelko, 2007)

Šmelko (2007) uvádí, že se dosáhnutá přesnost odhadu zásoby porostu může vypočítat na základě zásob vypočítaných pro každou plochu zvlášť. Z takto získaných n údajů o zásobě zkusných ploch $x_1, x_2 \dots x_n$ se vypočítají základní statistické charakteristiky výběrového souboru:

aritmetický průměr

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n x_i}{n} \quad (3.7)$$

směrodatná odchylka výběrového souboru

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n x_i^2 - \bar{x} \sum_1^n x_i}{n - 1}} \quad (3.8)$$

variační koeficient

$$s_x \% = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (3.9)$$

a střední relativní chyba výběrového průměru

$$s_{\bar{x}} \% = \frac{s_x \%}{\sqrt{n}} \sqrt{1 - 0,0i} \quad (3.10)$$

Jak vyplývá ze vzorce (3.10), chyba $s_{\bar{x}}\%$ je tím menší, čím menší je variační koeficient zásoby $s_x\%$ a čím větší je počet ploch a intenzita výběru $i\%$. Neudává skutečnou chybu určení zásoby porostu, ale teoretický rámec, ve kterém se skutečná chyba $\Delta\%$ vyskytuje s určitou pravděpodobností, jak je uvedeno v tabulce 3.2.

Tabulka 3.2: Pravděpodobnost výskytu skutečné chyby v rámci stanoveném pomocí teoretické chyby. Šmelko (2007)

Teoretický rámec výskytu chyby $\Delta\%$	Pravděpodobnost výskytu chyby v daném rámci
V rámci $\pm 1 \cdot s_{\bar{x}}\%$	68 %
V rámci $\pm 2 \cdot s_{\bar{x}}\%$	95 %
Mimo rámec $\pm 2 \cdot s_{\bar{x}}\%$	5 %

V praxi jsou používány nejčastěji zkusné plochy ve tvaru kruhu, čtverců nebo obdélníku. Obdélníkové a čtvercové plochy jsou vytyčovány na základě délek stran a pravých úhlů, což může vést k závažným chybám. Například zvětšení úhlů na prvních dvou rozích o 5 stupňů má za následek zvětšení plochy o 8,3 % (Kangas & Maltamo, 2006). Někdy jsou používány také pásové zkusné plochy, jakožto speciální forma obdélníkových ploch, které ale nejsou v současnosti moc používané, ačkoliv jsou efektivní, ale je při nich měřeno málo stromů (Kangas & Mltamo, 2006). Výhodou pásových zkusných ploch je kromě efektivity také vhodný poměr mezi časem chůze a změřenou plochou, což je vhodné zejména ve špatně průchodných porostech. Nevýhody pásů spočívají například v závislosti délky (a tím pádem i plochy) pásu na tvaru porostu nebo omezení aplikace náhodného výběru. Tyto a další nevýhody vedou k nahrazování pásových zkusných ploch jinými typy, zejména kruhovými zkusnými plochami.

Kruhové zkusné plochy (KZP)

Kruhové zkusné plochy mají velmi dobré vlastnosti z hlediska praktického použití i následných výpočtů. Jejich vytyčení je v terénu poměrně snadné, obzvláště za použití moderních přístrojů. Kruhový tvar má také za následek menší obvod ve srovnání s čtvercovými nebo obdélníkovými plochami při stejné výměře, což snižuje počet problematických hraničních stromů. Dalšími výhodami jsou možnosti uplatnění matematicko-statistických metod, přesné vystižení změn struktury porostu a možnost

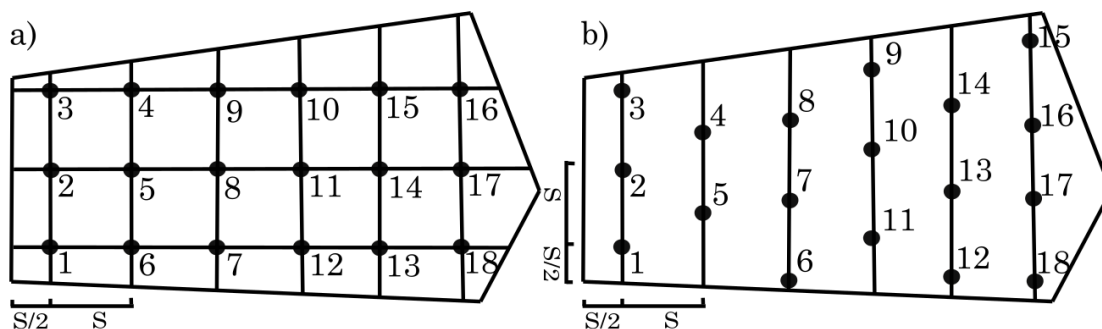
snadného nastavení intenzity výběru podle charakteru porostu. Za nevýhodu se dá považovat obtížné vytyčování v porostech s podrostem a na svahu, kdy mohou být vhodnější pásové zkusné plochy. (Šmelko, 2007)

Vytyčovací údaje pro kruhové zkusné plochy jsou velikost, počet, intenzita výběru a odstupová vzdálenost, jak bylo popsáno výše, ale vyskytují se určitá specifika. Šmelko (2007) uvádí, že z hlediska velikosti je vhodnější používat kruhy o různé velikosti v závislosti na charakteru porostu. Tato velikost byla vyjádřena prostřednictvím počtu stromů na ploše, který by měl být 15 až 25 stromů, což vyplývá z obrázku 3.3. Geometrická velikost kruhu se vyjádří podle následujícího vzorce.

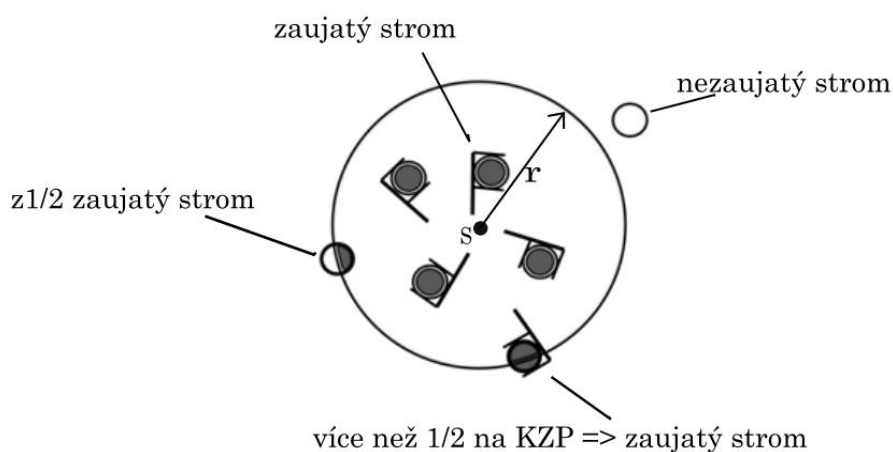
$$p = \frac{\text{optimální počet stromů na ploše}}{\text{počet stromů porostu na 1 ha}} \quad (3.11)$$

Ze vzorce 3.11 vyplývá, že v hustých a mladších porostech jsou vhodné menší plochy, zatímco ve starších a řidších porostech jsou potřeba větší plochy. V případě menších ploch se v praxi používají standardní velikosti 1, 2 a 3 ary, u velkých ploch je to 5 nebo 10 arů.

Vytyčování kruhových zkusných ploch se uskutečňuje buďto s použitím pravidelné sítě nebo bez sítě, jak je znázorněno na obrázku 3.4. Při použití metody bez sítě se může stát, že bude plocha umístěna na okraji porostu, a v takovém případě se plocha buďto posouvá dále po linii, nebo se uplatňuje tzv. princip zrcadlení. Tento princip spočívá ve vytyčení části plochy přesahující hranice porostu dovnitř porostu, část plochy je tedy měřena dvakrát. Vytyčení plochy spočívá v určení stromů patřících na plochu, stromů hraničních a stromů, které již na plochu nepatří, jak je znázorněno na obrázku 3.5. Měření tloušťek se provádí po směru hodinových ručiček tak, aby směřovalo pravítko průměrky ke středu plochy, čímž se vyrovnávají nepravidelnosti ve tvarech kmenů.



Obrázek 3.4: Schéma rozložení kruhových zkusných ploch v porostu a) s použitím sítě b) bez použití sítě. Šmelko (2007) - překresleno



Obrázek 3.5: Schéma průměrkování kruhové zkusné plochy.

Podle Šmelka (2007) je čas potřebný na vytyčení a průměrkování jedné kruhové zkusné plochy od 2 do 19 minut, což platí pro tříčlennou pracovní skupinu a průměrné terénní a porostní podmínky. S rostoucí velikostí ploch se čas zvyšuje a s rostoucí intenzitou klesá, jelikož dochází ke zkracování odstupových vzdáleností. Intenzita by ale neměla překračovat hodnotu 25–30 %, protože náklady na měření už by byly příliš vysoké a přesnost výsledku nižší.

3.5 Výpočet zásoby porostu

Výpočet zásoby navazuje na přímé měření a lze ho uskutečnit několika metodami. Z nejpoužívanějších metod jsou to metoda objemových tabulek, metoda jednotných objemových křivek a jednotných výškových křivek a například vzorníkové metody.

Metoda objemových tabulek je popsána v kapitole 3.3. Využitelná je v případě, že jsou k dispozici údaje o výškách a počtech stromů v jednotlivých výškových stupních. Na základě změřených výšek se sestrojí výšková křivka a následně se vypočtou vyrovnané výšky pro jednotlivé tloušťkové stupně. Vyrovnání výšek se provádí buďto graficky podle principu nejmenších čtverců nebo matematicky. Matematické vyrovnání spočívá ve vyjádření výšky jako funkce tloušťky formou regresní rovnice, což lze provést například v programu Excel, přičemž je důležité zvolit vhodný typ vyrovnávací funkce. Výhodou matematického vyrovnání je také to, že se může vycházet ze všech jednotlivě naměřených hodnot.

Metoda jednotných objemových křivek a jednotných výškových křivek je hospodárnější, jelikož nevyžaduje měření tak velkého počtu výšek, jako metoda objemových tabulek. Spočívá ve zjištění střední tloušťky a střední výšky porostu, na základě čehož se stanoví výšková křivka daného porostu. Není tedy potřeba ani konstrukce výškové křivky a celková úspora času je asi 15 % času potřebného na zjištění zásoby porostu metodou objemových tabulek. (Šmelko, 2007) Vzorníkové metody určují zásobu porostu pomocí tzv. vzorníků, což jsou stromy, které svými parametry reprezentují celý porost. Předpokládá se, že vzorník reprezentuje porost i svým objemem, a proto je zásoba porostu zjišťována jako objem vzorníku násobený počtem stromů v porostu. (Kuželka et al., 2017)

3.6 Porostní charakteristiky

Pro zpracování lesních hospodářských plánů a lesních hospodářských osnov se využívá řada údajů uváděných pro různé úrovně členění lesa (porost, porostní skupina, etáž, dřevina). Pro dřeviny se z dendrometrických charakteristik uvádí zastoupení dřevin, střední výšky, střední tloušťky, bonity a zásoby. Pro porostní skupinu je uváděn věk a zakmenění. (Vyhláška Ministerstva zemědělství o lesním hospodářském plánování, 1996)

K výpočtu střední tloušťky se nejčastěji používá kvadratický průměr, který představuje tloušťku kmene se střední kruhovou základnou. Vypočte se podle následujícího vzorce.

$$d_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}} \quad (3.12)$$

Střední výška udává výšku stromu, který má průměrnou tloušťku, kruhovou základnu nebo objem a obvykle se určuje z výškové křivky porostu odečtením z grafu anebo výpočtem z její regresní rovnice (Kučelka et al., 2017). Zastoupení dřevin by se dalo vyjádřit na základě počtu stromů, kruhové základny nebo objemu, ale v praxi se používá vyjádření relativního plošného podílu, kterým se dřevina svou redukovanou plochou podílí na redukované ploše porostu. Redukovaná plocha se vypočítá podle vzorce 3.13.

$$P_{red} = \frac{V_{sk}}{V_{rt}} \quad (3.13)$$

kde: V_{sk} – zjištěná (skutečná) zásoba

V_{rt} – zásoba zjištěná z růstových tabulek, která odpovídá střední tloušťce a střední výšce

Zastoupení dřeviny (j) se potom vypočítá jako

$$Zast(j) = \frac{P_{red,j}}{P_{red}} \cdot 100 \quad (3.14)$$

Bonita je ukazatelem produkční schopnosti prostředí a posuzuje se na základě věku dřeviny a její střední výšky v daném porostu. Rozlišuje se absolutní výšková bonita, která vyjadřuje, jaké výšky dosáhne daný porost ve věku 100 let a relativní výšková bonita, která vyjadřuje produkční schopnost dřeviny na daném stanovišti zařazením do bonitního stupně. Ke stanovení bonity se v praxi používají růstové tabulky.

Zakmenění porostu udává relativní míru využití produkčního prostoru. Je definováno jako podíl skutečné porostní veličiny (počet stromů, kruhová základna, objem) na 1 ha a normované hodnoty stejné porostní veličiny uvedené v růstových tabulkách. V hospodářsko-úpravnické praxi se také používá výpočet na základě

redukované plochy dělené skutečnou plochou porostu, jak je vyjádřeno v následujícím vzorci.

$$\rho = \frac{P_{red}}{P} \quad (3.15)$$

Věk se u porostů zjišťuje nejčastěji z lesní hospodářské evidence, přičemž je třeba počítat s tím, že v rámci porostu může být určitá variabilita ve věku jednotlivých stromů a také je důležité si ověřit správnost uvedeného údaje.

4. Metodika

Pomocí kruhových zkusných ploch různých velikostí byla určena zásoba čtyř porostů podobné struktury a rozdílného stáří. V každém porostu byly použity plochy o velikosti 1, 2, 4, 8 a 16 arů. V průběhu celého měření byl zaznamenáván také čas potřebný na provedení jednotlivých úkonů.

4.1 Výběr porostů

Porosty byly vybírány na základě několika požadavků, které musely být splněny současně. Základní informace o porostech byly zjišťovány z LHP poskytnutých správci lesů nebo z LHO dostupných na webových stránkách Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (ÚHÚL) a také vizuálně přímo v terénu. Vzhledem k předpokládané časové náročnosti měření byly vybírány porosty časově relativně dostupné.

Základním požadavkem byla dostatečná velikost porostu. Aby intenzita výběru vypočtená podle vzorce (3.3) nedosahovala příliš vysokých hodnot a zároveň se mohl použít dostatečný počet zkusných ploch, byly vybírány porosty o minimální velikosti 3 ha. Maximální velikost porostu nebyla při výběru nijak omezena. Informace o velikosti porostu byla zjišťována z LHP nebo LHO. Tato podmínka souvisí i s použitím největších ploch o velikosti 16 arů, popřípadě 8 arů, jelikož v malém porostu by se velké plochy mohly překrývat nebo by se vůbec nedaly do porostu umístit. Předpokladem pro použití velkých zkusných ploch je také příznivý tvar porostu, který byl posuzován na základě porostních map. Porosty mající komplikované tvary, tvary znemožňující použití velkých kruhových zkusných ploch (protáhlé a úzké porosty) nebo porosty rozčleněné na více malých částí byly posuzovány jako nevhodné. Upřednostňovány byly porosty pravidelných a co nejjednodušších tvarů.

Pro měření bylo důležité vybrat porosty podobné svou strukturou a také stavem porostu a reliéfem terénu. Za předpokladu, že porosty s převahou určité dřeviny budou mít podobnější strukturu než porosty s různým dřevinným složením, byly vybírány porosty, ve kterých byla zastoupena alespoň ze 70 % jedna hlavní dřevina. Při výběru bylo přihlíženo také k zakmenění porostu, přičemž byly vybírány porosty se stejným,

nebo maximálně o jeden stupeň odlišným zakmeněním. Informace o dřevinném složení a zakmenění porostu byla zjištěna z LHP/LHO. Stav porostu, daný výskytem bylinného a keřového patra, kamenitého terénu, přítomností mrtvého dřeva apod. byl zjišťován vizuálně přímo v porostech, stejně tak i reliéf terénu. V rámci možností byla snaha vybrat porosty v podobných podmínkách prostředí.

Podle výše uvedených kritérií byly vybírány porosty různého stáří. Byl vybírán vždy jeden porost ze třetí, čtvrté, páté a šesté věkové třídy.

4.2 Stanovení kritérií pro měření kruhovými zkusnými plochami

Před započítím měření bylo nutné stanovit základní charakteristické veličiny a kritéria. Byla to velikosti zkusných ploch, celková výměra zkusných ploch, intenzita výběru, počty zkusných ploch daných velikostí a způsob rozmístění ploch v porostu a s tím spojené odstupové vzdálenosti mezi jednotlivými plochami.

Pro účel práce bylo potřeba, aby byla největší výměra dělitelná ostatními výměrami, a proto byly zvoleny velikosti 1, 2, 4, 8 a 16 arů. Byla stanovena celková výměra kruhových zkusných ploch. Ta musela být bezzbytku dělitelná velikostmi ploch, aby bylo možné měřit pomocí ploch všech zvolených velikostí, a proto byla zvolena hodnota 0,64 ha. Tato hodnota byla zvolena s ohledem na velikosti porostů a s tím spojenou intenzitu výběru. Hodnota intenzity výběru nesměla přesáhnout hodnotu 30 %. To bylo ověřeno pomocí vzorce (3.3).

Počty zkusných ploch byly stanoveny podle vzorce

$$n = \frac{\sum p_i}{p_i} \quad (4.1)$$

kde: $\sum p_i$ – celková výměra KZP

p_i je konkrétní velikost zkusné plochy (1–16 arů)

Pro rozmístění ploch v porostu byl zvolen systematický výběr, jelikož podle Šmelka (2007) tento způsob rozmístění ploch nejlépe splňuje podmínky objektivity a rovnoměrného rozložení ploch po celém porostu. Konkrétně byl zvolen rovnoměrný systematický výběr, z důvodu snadného uskutečnění v porostech. Odstupové vzdálenosti

byly vypočteny podle vzorce (3.5), přičemž vstupní údaj o ploše porostu byl přejat z LHP/LHO.

4.3 Měření

Měření se skládalo ze dvou částí, které probíhaly současně. Základem bylo samotné měření porostů digitálními dendrometrickými přístroji pomocí kruhových zkusných ploch. Druhou částí bylo měření času potřebného k provedení jednotlivých úkonů v postupu měření porostů. Oba postupy probíhaly obdobně při všech velikostech KZP ve všech měřených porostech. V každém porostu byly nejprve použity nejmenší KZP a následně se porost měřil postupně dalšími velikostmi ploch.

4.3.1 Měření porostů

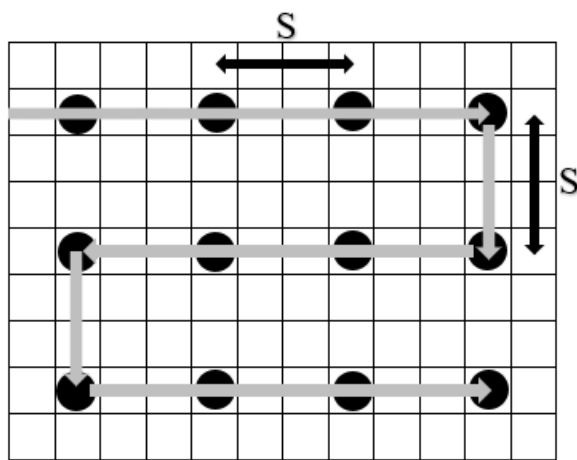
Měření porostů se skládalo ze čtyř úkonů jdoucích po sobě vždy ve stejném pořadí. Tyto úkony byly: přesun, vytyčení, měření tlouštěk a měření výšek. V této kapitole jsou podrobně rozebrány.

Před začátkem měření bylo potřebné se nejprve seznámit s hranicemi porostu. To bylo provedeno za pomoci porostní mapy poskytnuté správcem lesů nebo v případě lesa v soukromém vlastnictví dostupné na webových stránkách ÚHÚL. V některých případech, zejména v přítomnosti podrostu nebo v místech komplikovanějšího tvaru hranice porostu, byla pro kontrolu použita i mobilní mapová aplikace. Tato aplikace umožnila přibližně určit polohu měřiče pomocí GPS a na základě ortofoto snímku bylo možné poměrně snadno identifikovat hranice porostu. Hranice byly pečlivě vyznačeny lesnickým značkovacím sprejem, aby se v průběhu měření předešlo umístění zkusné plochy za hranice porostu.

Přesun:

Prvním úkonem v postupu měření byl přesun z jedné plochy na druhou. V případě začátku měření danou velikostí KZP se za přesun považovalo přemístění měřiče z okraje porostu na místo vytyčení první plochy. Již při vytyčování hranic porostu byl sledován charakter terénu a bylo stanoveno, jak bude do porostu umístěna síť ploch uskutečňovaná

podle rovnoměrného systematického výběru. Při přesunu se měřič přemísťoval v rámci této sítě po vrstevnici, nikoliv ve směru spádu svahu. Přesuny byly uskutečňovány tak, jak je znázorněno na obrázku 4.1. Délky jednotlivých přesunů (S) se řídily odstupovými vzdálenostmi vypočtenými podle vzorce 3.5. Tyto vzdálenosti byly odměřeny krokováním, což umožnilo rychle a pohodlně odměřit vzdálenost a zároveň byla přesnost odměření dostačující pro účel práce. Pro zpřesnění odměření odstupové vzdálenosti v porostu bylo počítáno s průměrnou délkou kroku 0,75 m. Touto hodnotou byly vynásobeny odstupové vzdálenosti, čímž byl zjištěn přibližně odpovídající počet kroků. Tento počet kroků byl pak uplatňován při přesunech.



Obrázek 4.1: Způsob postupu měřiče porostem při měření zásoby pomocí kruhových zkusných ploch.

Vytyčení:

Po přesunu následovalo vytyčení KZP. To bylo provedeno pomocí výškoměru Vertex IV, transpondéru a speciálního adaptéru pro kruhový rozptyl signálu umístěného na výtyčce. Výtyčka s adaptérem a transpondérem, byla umístěna do bodu, do kterého byla odměřena odstupová vzdálenost od předchozí plochy. V případě měření první plochy byla plocha umístěna do dostatečné vzdálenosti od okraje porostu, aby byl omezen vliv okrajových částí porostu, obvykle se jednalo o vzdálenost od okraje porostu o polovině délky odstupové vzdálenosti. Následně byly vyměřovány hranice plochy, které byly značeny na zemi lesnickými spreji. Postupováno bylo po obvodu kruhu v přibližné vzdálenosti od výtyčky a výškoměrem Vertex IV byla měřena přesná vzdálenost pro určení zaujatých, nezaujatých a hraničních stromů. V případě vytyčování velkých KZP

bylo někdy nutné odstoupit tak, aby mohl projít signál podrostem. Při vytyčování plochy ve svažitém terénu a v přítomnosti podrostu bylo měření někdy problematické a často ho bylo nutné několikrát opakovat, což se projevilo na výsledném času. V průběhu měření jednoho porostu více různými velikostmi ploch byly na vyznačení hranic ploch používány různé barvy sprejů, aby se předešlo záměně značek použitých při předchozí velikosti ploch se značkami platnými pro aktuální plochu.

Měření tloušťek:

Po vytyčení zkusné plochy následovalo měření tloušťek prováděné průměrkou Mantax Digitech podle zásad správného měření popsanych v kapitole 3.1. Tloušťky byly měřeny od středu ve směru kruhu až k okrajům plochy. V případě ploch o velikosti 1, 2 a 4 ary nebyly změřené stromy nijak značeny. U 8 a 16 arových ploch již bylo potřeba stromy značit křídou kvůli velké rozloze plochy a s tím spojené horší orientaci, aby nedošlo ke změření jednoho stromu dvakrát nebo naopak vynechání stromu. Při měření osmiarových ploch byly stromy značeny jednou čarou a v případě šestnáctiarových křížkem, aby se předešlo záměně se stromy označenými v předchozím měření. Použití digitální průměrky umožnilo ukládání dat do její paměti, a proto nemusely být hodnoty zapisovány ručně. Zapisovány byly pouze tloušťkové stupně vyskytující se na ploše, jelikož s nimi bylo pracováno při následném měření výšek.

Měření výšek:

Posledním úkonem bylo měření výšek. Použit byl výškoměr Vertex IV v kombinaci s transpondérem. Podle postupu, který je popsán v kapitole 3.2.2, byly měřeny výšky stromů tak, že pro každý tloušťkový stupeň vyskytující se na ploše byla měřena jedna výška. V případě, že se v určitém tloušťkovém stupni vyskytlo více dřevin, byla měřena výška také pro každou dřevinu. Hodnoty výšek se zapisovaly k tloušťkovým stupňům do desek zavěšených přes rameno, což umožňuje nejen pohodlnější práci, ale i významné urychlení, ačkoliv se jedná o velmi jednoduchou pomůcku. Někdy byla dostatečná odstupová vzdálenost od stromu dodržována v omezené míře, zejména v přítomnosti hustého podrostu.

4.3.2 Časové měření

U jednotlivých úkonů (přesun, vytyčení, měření tloušťek, měření výšek) byla zjišťována i jejich časová náročnost. K měření času byla použita mobilní aplikace běžně instalovaná v mobilních telefonech a hodnoty byly zapisovány ručně. Časy čtyř úkonů byly zjišťovány odděleně, aby byla z dat patrná časová náročnost jednotlivých součástí měření. Hraničním okamžikem, kdy bylo měření času jednoho úkonu ukončeno a započato měření druhého času, byla manipulace s výtyčkou, respektive manipulace s přístroji v blízkosti výtyčky. V případě přesunu byl čas měřen od posbírání věci a vytažení výtyčky ze země až k zapíchnutí výtyčky v místě další plochy. Při vytyčení KZP se čas počítal od ustoupení od výtyčky až po odložení spreje a výškoměru opět u výtyčky. Obdobně tomu bylo i při měření tloušťek a při měření výšek. Čas nebyl měřen při identifikaci hranic porostu, při pauze, údržbě pomůcek apod.

4.4 Zpracování dat a výpočty

Po ukončení měření byla získaná data přenesena do počítače za účelem dalšího zpracování. V případě tloušťek byla data přenesena pomocí programu DigiCom, jak je popsáno v kapitole 3.2.1, v případě výšek a časů musela být data přepsána ručně. Následovaly výpočty vyrovnaných výšek, objemů jednotlivých stromů a zásob jednotlivých ploch. V závěru výpočtů byla pro každou velikost KZP zjištěna míra přesnosti odhadu zásoby porostu, která byla vynesena do grafu v závislosti na počtu stromů na kruhové zkusné ploše. Do tohoto grafu byl vnesen i čas potřebný na měření ploch použitých výměr a byl sledován bod průniku křivky času a přesnosti.

Data byla přenesena do programu Microsoft Excel a po upravení do přehledné podoby byly provedeny veškeré výpočty. Nejprve byly vypočteny vyrovnané výšky pro každou dřevinu v rámci každé velikosti zkusných ploch. Hodnoty změřených výšek byly vyneseny do bodového grafu v závislosti na tloušťkách. Do grafu byla vložena logaritmická spojnice trendu, z jejíž rovnice byly následně vypočteny vyrovnané výšky.

Výpočet objemů jednotlivých stromů byl proveden pomocí dvouargumentových objemových rovnic, jelikož představují nejvhodnější a nejpřesnější možnost určení objemů stromů s ohledem na charakter měřených údajů. Jednotlivé použité rovnice uvádí tabulka 4.1. Ne pro každou dřevinu je vytvořena samostatná rovnice, proto byly pro

některé dřeviny použity rovnice jiných dřevin. Jednalo se o jilm, jehož objem byl vypočítán rovnicí pro dub a o javor klen a javor mlč, jejichž objemy byly počítány rovnicí pro buk.

Tabulka 4.1: Použité česko-slovenské objemové rovnice. (Petráš & Pajtk, 1991)

Zkratky: d – tloušťka kmene, h – vyrovnaná výška

Dřevina	Rovnice
borovice	$v = 0,000022575 \cdot (d + 1)^{(2,115334 - 0,012722 \cdot \log(d+1))} \cdot h^{0,979596} - 0,064263613848 \cdot (d + 1)^{-2,12448503} \cdot h^{1,37259082}$
smrk	$v = 0,000031989 \cdot (d + 1)^{1,8465} \cdot h^{1,1474} - 0,00829054252 \cdot (d + 1)^{-1,02037409} \cdot h^{0,896100664}$
jedle	$v = 0,000034922 \cdot (d + 1)^{1,8665} \cdot h^{1,122} - 0,0267458917 \cdot (d + 1)^{-1,30154794} \cdot h^{0,739959292}$
douglaska	$v = (0,0000448581 \cdot (d + 1)^{1,8401} \cdot h^{1,10613} - 0,0299553985 \cdot (d + 1)^{-1,30154794} \cdot h^{0,739959292}) \cdot 0,8467$
modřín	$v = h^{1,244054} \cdot (0,000008524 + 0,000030907 \cdot d^{1,73649}) - 0,01234247 \cdot h^{1,209406} \cdot (d + 1)^{-1,590811}$
dub	$v = (0,452724601 + 2,1553367/h + 9,10487721/h^2 - 12,0542387/d + 0,180590883 \cdot h/d - 0,00401143165 \cdot h^2/d) \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h/40000 + (-6,82529655/d^2 + 9,43795573 \cdot h/d^2 - 0,0244460966 \cdot h^2/d^2 + 33,6921784/d^3 - 9,09993782 \cdot h/d^3 - 2,15772652 \cdot h^2/d^3) \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h/40000$
buk	$v = (0,542013151 - 3,11830069/d + 44,3274566/d^2 - 235,972716/d^3 - 0,00107177084 \cdot h - 0,0000186003884 \cdot d \cdot h + 0,000000880627782 \cdot d^2 \cdot h - 0,00000000599567437 \cdot d^3 \cdot h) \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h/40000$
jasan	$v = -0,0002 + 0,0000354843329 \cdot (h - 2) \cdot (d - 1)^2 + 0,000000864984059 \cdot (h - 2)^2 \cdot (d - 1)^2 - 0,0000000667500906 \cdot (h - 2) \cdot (d - 1)^3$
bříza	$v = (h - 4,5)^{1,08471} \cdot (-0,00115 + 31152,28 \cdot e^{(-23,18602 \cdot (d+5,5)^{-0,1425706})}) \cdot (1 - 0,01 \cdot (17,25996107 \cdot e^{(0,00505467839 \cdot ((h-4,5)^{1,08471} \cdot (-0,00115 + 31152,28 \cdot e^{(-23,18602 \cdot (d+5,5)^{-0,1425706})}) + 0,1)^{-2,057607473})}))$

Následně byly spočteny zásoby jednotlivých ploch součtem objemů stromů na plochách. Pro zjištění údaje o zásobách zkusných ploch jednotlivých velikostí v daném porostu byly vypočteny statistické charakteristiky podle vzorců 3.7, 3.8, 3.9 a 3.10.

Hodnoty středních relativních chyb ploch jednotlivých velikostí byly uspořádány do tabulky a byly k nim dopočteny indexy. Nejmenší hodnotě byl vždy přiřazen index 100 a pro ostatní hodnoty byly indexy dopočteny podle vztahu

$$index_{s_{\bar{x}}\%_i} = \frac{s_{\bar{x}}\%_i}{s_{\bar{x}}\%_{01}} \cdot 100 \quad (4.2)$$

, kde $s_{\bar{x}}\%_i$ je hodnota střední relativní chyby ploch jedné velikosti, pro které je index počítán a $s_{\bar{x}}\%_{01}$ je nejmenší hodnota střední relativní chyby v rámci pěti použitých velikostí ploch v daném porostu. Jednotlivé naměřené časy úkonů byly sečteny a celkové časy potřebné na měření porostu danou velikostí ploch byly indexovány stejně, jako střední relativní chyby, jak je znázorněno v následujícím vzorci.

$$index_{t_i} = \frac{t_i}{t_1} \cdot 100 \quad (4.3)$$

Vypočteny byly také průměrné hodnoty počtu stromů vyskytujících se na kruhových zkusných plochách určité výměry v daném porostu.

Hodnoty indexů střední relativní chyby a indexů celkových časů byly vyneseny do bodového grafu s vyhlazenými spojnicemi v závislosti na počtu stromů na plochách daných velikostí. Sledován byl bod průniku obou křivek, který by měl znázorňovat ideální počet stromů na kruhové zkusné ploše pro daný porost, jak je popsáno v kapitole 3.4.2 a znázorněno na obrázku 3.3.

Za účelem porovnání naměřených údajů s daty LHP/LHO byly dopočteny i další porostní charakteristiky, kterými jsou zastoupení, střední výšky, střední tloušťky, zásoby a zakmenění. Pro porovnání byla využita data naměřená pomocí KZP o velikosti 1 ar, na základě předpokladu dosažení přesnějšího výsledku pomocí většího počtu malých zkusných ploch než pomocí menšího počtu velkých zkusných ploch při stejné intenzitě výběru, jak uvádí Šmelko (2007). Postup výpočtu těchto veličin je uveden v kapitole 3.6.

4.5 Simulace

Zjišťování prováděné na základě měření bylo doplněno několika simulacemi provedenými pomocí modelu, který vytvořila Katedra hospodářské úpravy lesů – Fakulta

lesnická a dřevařská ČZU v Praze. Tento model je vytvořen v prostředí aplikace Microsoft Excel a umožňuje modelovat KZP. Simulace probíhala způsobem totožným s reálným měřením pro plochy o velikostech 2, 4 a 8 arů.

Celkem bylo provedeno 5 simulací s porostem o velikosti 9 ha s různými počty stromů. Za účelem zjednodušení simulace byl simulovaný porost tvořen pouze smrkem. Jako vstupní parametr modelu byla zadávána také střední tloušťka, která byla stanovena na základě taxačních tabulek odpovídající danému počtu stromů. Tři simulace byly provedeny s počty ploch odpovídajícími reálnému měření a tím pádem s malou intenzitou výběru (7,1 %) při počtech stromů 3000, 6000 a 9000 v celém porostu, přičemž byly dodržovány vypočtené odstupové vzdálenosti KZP. Jedna simulace byla provedena s dvojnásobnou intenzitou výběru (dvojnásobným počtem KZP) pro 6000 stromů s použitím odstupových vzdáleností a poslední simulace byla totožná, ale nebyly použity odstupové vzdálenosti. Namísto toho byly plochy menších velikostí umísťovány do středů totožných se středy ploch předchozí velikosti, a proto bylo vzájemné uspořádání ploch nepravidelné s výjimkou největších ploch.

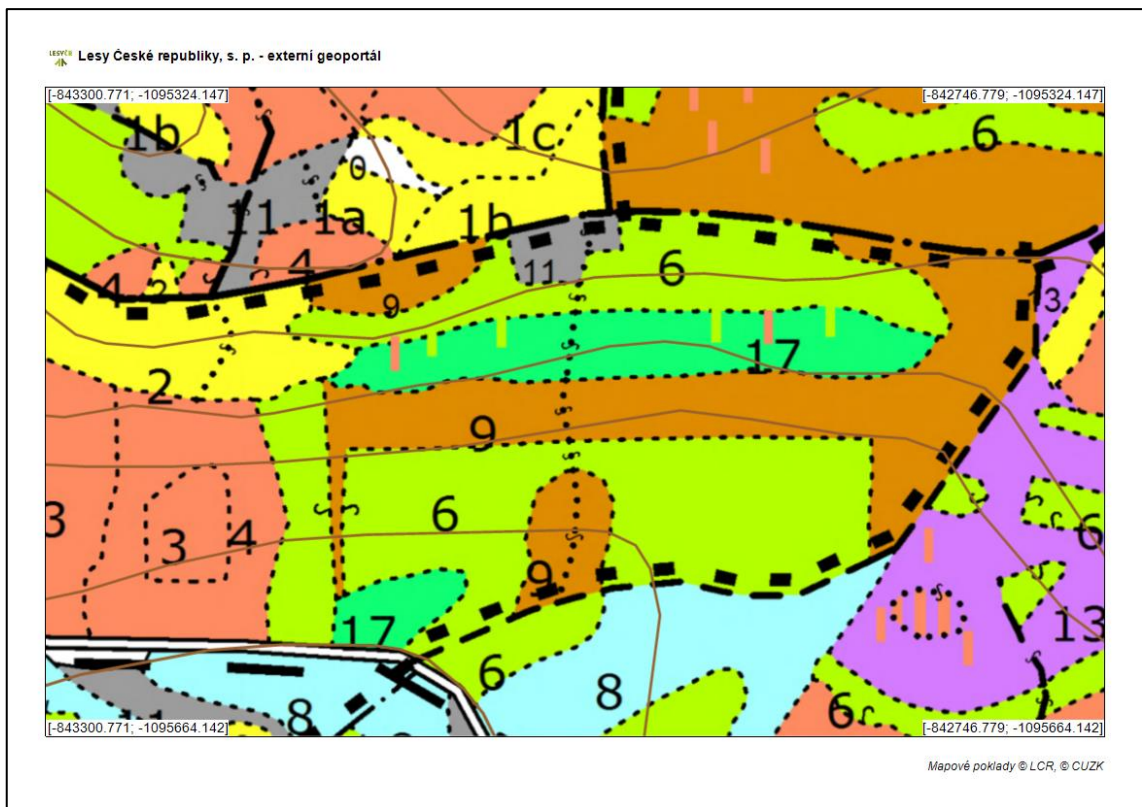
5. Výsledky

5.1 Vybrané porosty

Na základě kritérií uvedených v kapitole 4.1 byly vybrány 4 porosty, jejichž specifikace je souhrnně uvedena v tabulce 5.1. Jednalo se o borové porosty s minimálním zastoupením borovice 70 %. Věkově byl zastoupen vždy jeden porost ze třetí, čtvrté, páté a šesté věkové třídy, plocha porostů byla ve třech případech v rozmezí tří až čtyř hektarů a v jednom případě přesahovala 6,5 hektaru. Tři porosty se nacházely v přírodní lesní oblasti (PLO) 12 a jeden v PLO 6. Z hlediska vlastnictví byly porosty státní, obecní i soukromé. Tvar porostů je patrný z výřezů z lesnických map na obrázcích 5.1, 5.2, 5.3 a 5.4.

Tabulka 5.1: Vybrané porosty. (Hospodářská kniha - Obecní lesy Hejtná, 2014), (Hospodářská kniha - revír Stará Ves, 2014), (Lesní hospodářské osnovy, 2020)

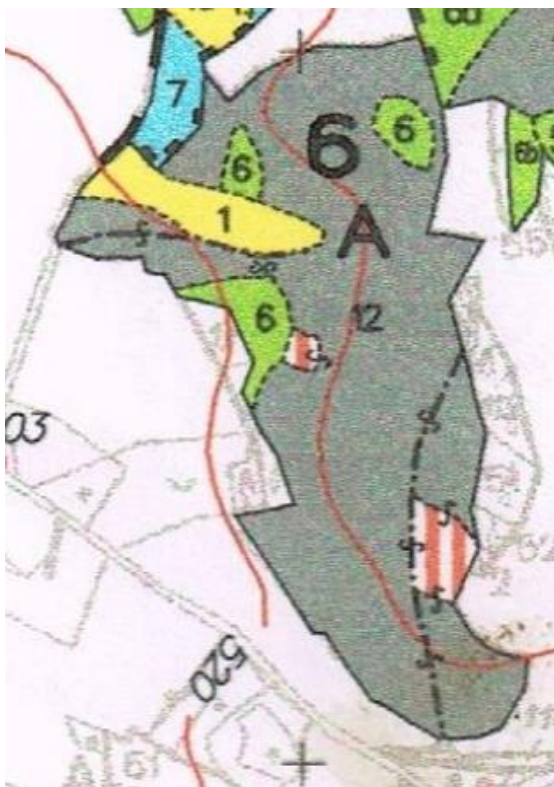
Pracovní označení porostu	Vlastnictví	Přírodní lesní oblast	Plocha (ha)	Věk	Zakmenění	Dřevinné složení
955H6	státní	6	3,42	53	9	BO 75 % SM 15 % MD 5 % JD 3 % DG 2 %
6B7	obecní	12	3,59	65	8	BO 100 %
448D10	soukromé	12	3,23	98	9	BO 70 % SM 30 %
6A12	obecní	12	6,65	112	8	BO 90 % MD 10 %



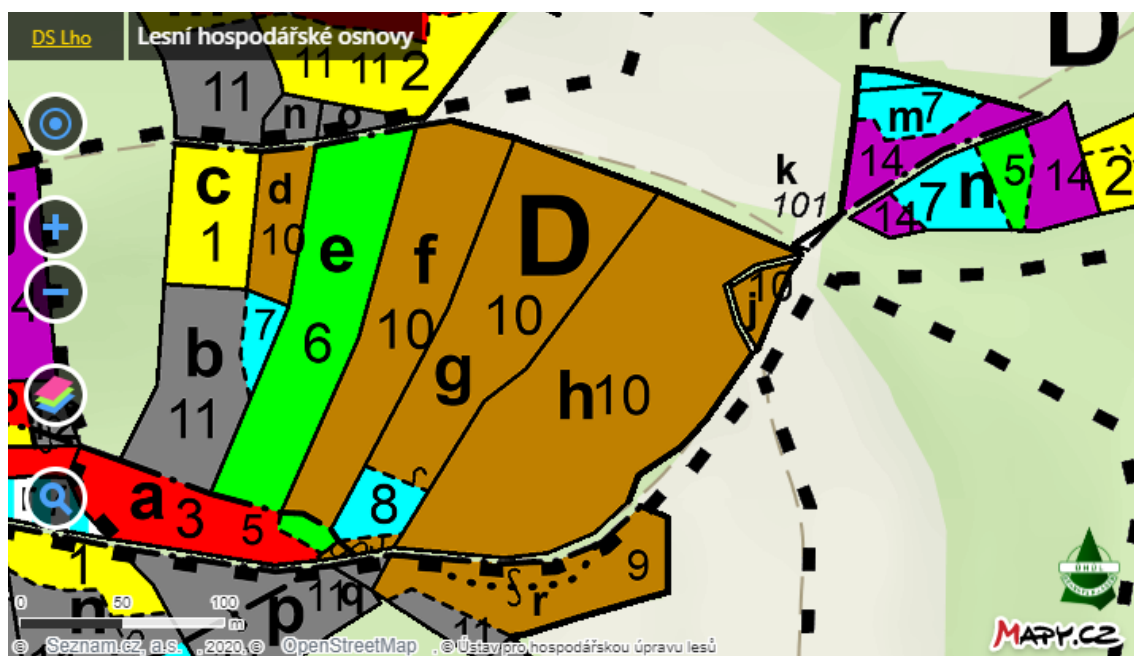
Obrázek 5.1: Výřez z porostní mapy – porost 955H6 v měřítku 1:2000 (Geoportál Lesy České republiky, 2020)



Obrázek 5.2: Výřez z porostní mapy – porost 6B7 (neznámé měřítko). (Obecní lesy Hejtná, 2014)



Obrázek 5.3: Výřez z porostní mapy – porost 6A12 (neznámé měřítko). (Obecní lesy Hejtná, 2014)



Obrázek 5.4: Výřez z porostní mapy – porost 448D10 (porostní skupiny f, g, h). (Lesní hospodářské osnovy, 2020)

5.2 Kritéria pro měření kruhovými zkusnými plochami

Způsobem popsaným v kapitole 4.2 byla stanovena kritéria pro měření. Velikosti i počty ploch byly stejné ve všech porostech a v závislosti na velikosti porostu se měnily intenzity výběru a odstupové vzdálenosti. Výrazněji menší intenzita výběru a větší odstupové vzdálenosti byly v případě porostu 6A12, což je následek jeho větší rozlohy, jinak hodnota intenzity výběru nepřesáhla 20 %. Hodnoty kritérií pro jednotlivé porosty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5.2: Kritéria pro měření kruhovými zkusnými plochami. (I – intenzita výběru; S – odstupová vzdálenost)

Porost:		955H6		6B7		448D10		6A12	
Velikost KZP (ha)	Počet KZP	I (%)	S (m)	I (%)	S (m)	I (%)	S (m)	I (%)	S (m)
0,16	4	19	92	18	87	20	90	10	129
0,08	8		65		61		64		91
0,04	16		46		43		45		64
0,02	32		33		31		32		46
0,01	64		23		22		22		32

5.3 Zásoby porostů a přesnosti jejich určení

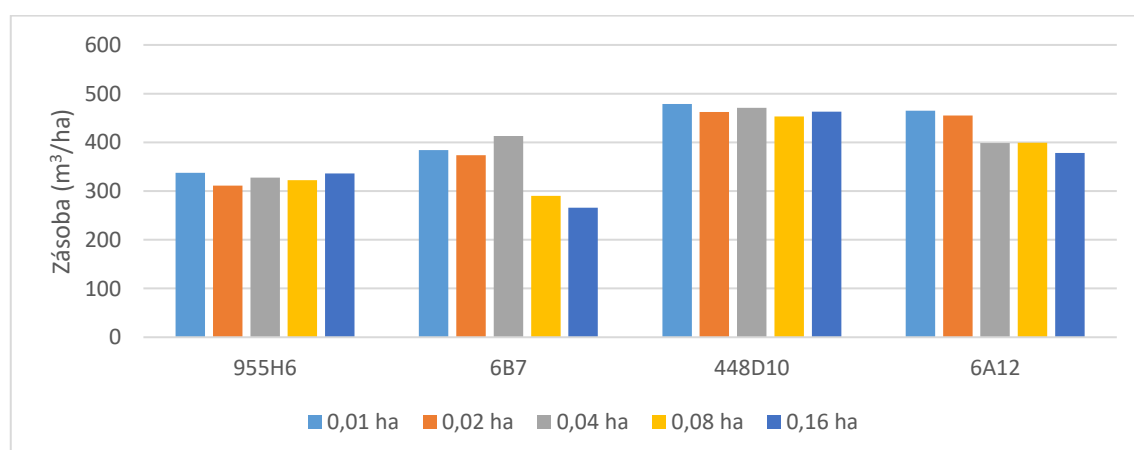
Tabulka 5.3 obsahuje údaje o zásobách jednotlivých porostů, které byly vypočteny způsobem popsaným v kapitole 4.4. Údaje zjištěné na základě různých velikostí KZP se do jisté míry liší, což ukazuje směrodatná odchylka, která je nejmenší u porostu 448D10 a největší u porostu 6B7. U porostu 6B7 se odlišují zejména údaje zjištěné pomocí KZP o velikosti 8 a 16 arů, ale vzájemně jsou si podobné. Podobně je tomu i v porostu 6A12, kde se hodnoty zásoby na 1 ha podle arových a dvouarových ploch liší pouze o 1 m³, ale další hodnoty už se od nich výrazně odlišují, přičemž vzájemně jsou si bližší.

Velikost celkové zásoby se v průměrných hodnotách zvyšuje od nejmladšího porostu k nejstaršímu, ovšem větší zásoba u nejstaršího porostu (6A12) je dána jeho větší plochou, což je patrné z průměrného údaje o zásobě vztažené k jednomu hektaru, která je u tohoto porostu menší než u mladšího porostu 448D10. V případě ostatních porostů ale platí, že zásoba na 1 ha je větší u starších porostů. Graficky jsou tato data znázorněna na

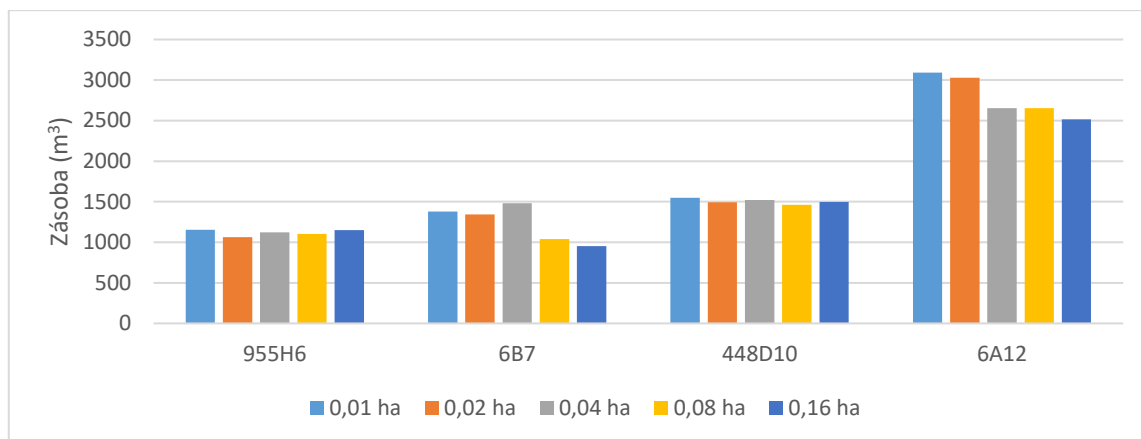
grafech 5.1 a 5.2. Největší rozdíl mezi nejmenší a největší zjištěnou hodnotou je v porostu 6B7, kde je největší hodnota větší o 55 % než nejmenší. Tento rozdíl je naopak nejmenší v porostu 448D10.

Tabulka 5.3: Zásoby měřených porostů zjištěné na základě použití pěti velikostí kruhových zkušných ploch.

velikost KZP (ha)	Zásoba porostu							
	955H6		6B7		448D10		6A12	
	m ³ /ha	Celkem m ³	m ³ /ha	Celkem m ³	m ³ /ha	Celkem m ³	m ³ /ha	Celkem m ³
0,01	338	1155	384	1378	479	1547	465	3091
0,02	311	1064	374	1341	463	1494	455	3027
0,04	328	1121	413	1482	471	1521	399	2652
0,08	323	1104	290	1041	453	1463	399	2655
0,16	336	1150	266	954	463	1496	378	2516
aritmetický průměr (m ³)	327	1119	345	1239	466	1504	419	2788
směrodatná odchylka (m ³)	11	37	64	229	10	31	38	255
Relativní rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou v % nejmenší hodnoty	9		55		6		23	



Graf 5.1: Zásoby na 1 ha v měřených porostech zjištěné pomocí pěti velikostí KZP.



Graf 5.2: Celkové zásoby v měřených porostech zjištěné pomocí pěti velikostí KZP.

V tabulkách 5.4, 5.5, 5.6 a 5.7 jsou obsaženy statistické údaje vypočtené na základě zásob na jednotlivých plochách v rámci jednotlivých velikostí ploch a jednotlivých porostů. Vlastnosti dat uvedených v tabulkách jsou zpracovány v grafech 5.3, 5.4, 5.5 a 5.6.

Tabulka 5.4: Statistické údaje o zásobách na jednotlivých KZP v rámci jednotlivých velikostí v porostu 955H6.

955H6				
velikost KZP (ha)	aritmetický průměr (m ³)	směrodatná odchylka (m ³)	variační koeficient (%)	relativní střední chyba (%)
0,01	3,38	1,14	33,74	4,18
0,02	6,22	1,98	31,83	5,57
0,04	13,11	3,50	26,70	6,61
0,08	25,82	5,48	21,23	7,43
0,16	53,78	8,76	16,29	8,07

Tabulka 5.5: Statistické údaje o zásobách na jednotlivých KZP v rámci jednotlivých velikostí v porostu 6B7.

6B7				
velikost KZP (ha)	aritmetický průměr (m ³)	směrodatná odchylka (m ³)	variační koeficient (%)	relativní střední chyba (%)
0,01	3,84	1,94	50,53	6,26
0,02	7,47	2,42	32,33	5,66
0,04	16,51	8,10	49,08	12,16
0,08	23,20	4,51	19,42	6,80
0,16	42,53	14,75	34,69	17,19

Tabulka 5.6: Statistické údaje o zásobách na jednotlivých KZP v rámci jednotlivých velikostí v porostu 448D10

448D10				
velikost KZP (ha)	aritmetický průměr (m ³)	směrodatná odchylka (m ³)	variační koeficient (%)	relativní střední chyba (%)
0,01	4,79	1,64	34,19	4,23
0,02	9,25	2,81	30,39	5,32
0,04	18,84	4,24	22,53	5,58
0,08	36,24	9,78	26,97	9,44
0,16	74,11	14,89	20,09	7,03

Tabulka 5.7: Statistické údaje o zásobách na jednotlivých KZP v rámci jednotlivých velikostí v porostu 6A12.

6A12				
velikost KZP (ha)	aritmetický průměr (m ³)	směrodatná odchylka (m ³)	variační koeficient (%)	relativní střední chyba (%)
0,01	4,65	1,54	33,06	4,11
0,02	9,10	2,88	31,69	5,57
0,04	15,95	3,81	23,90	5,95
0,08	31,94	6,25	19,56	6,88
0,16	60,53	8,93	14,76	7,34

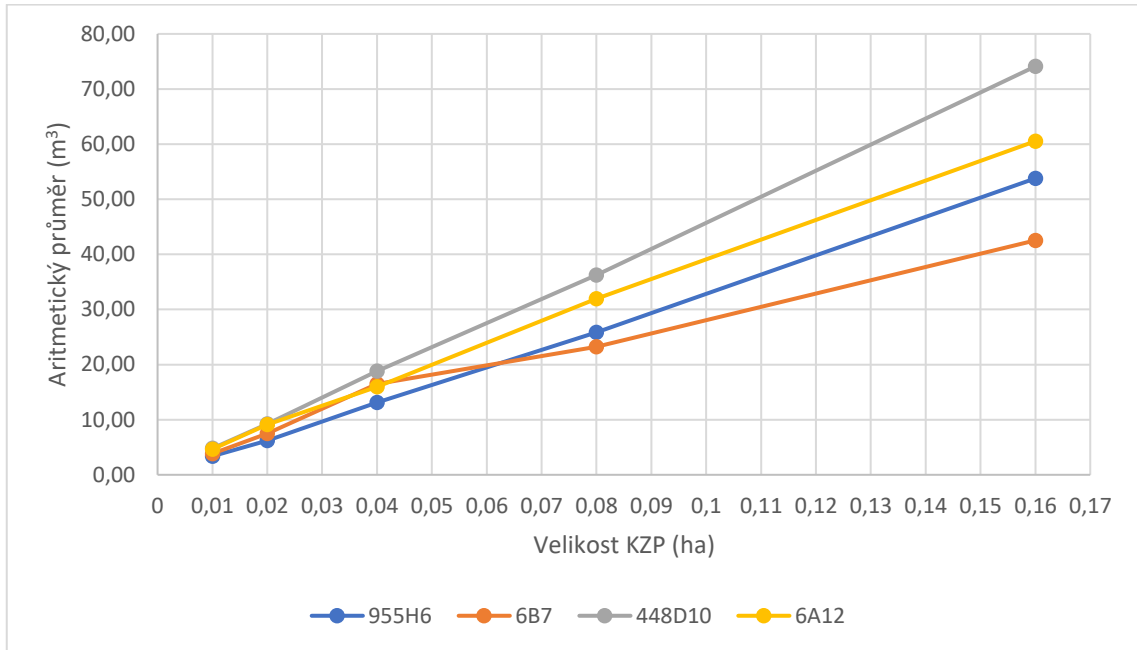
Z grafu 5.3 je patrný téměř lineární nárůst průměrné zásoby na KZP s rostoucí velikostí KZP, pouze v případě porostu 6B7 lze pozorovat výkyv z lineárního trendu v případě dvou největších velikostí ploch.

Směrodatná odchylka je s rostoucí velikostí plochy rostoucí u všech porostů, s výjimkou porostu 6B7, kde v případě čtyřarových ploch prudce roste a poté u osmiarových ploch klesá (viz graf 5.4).

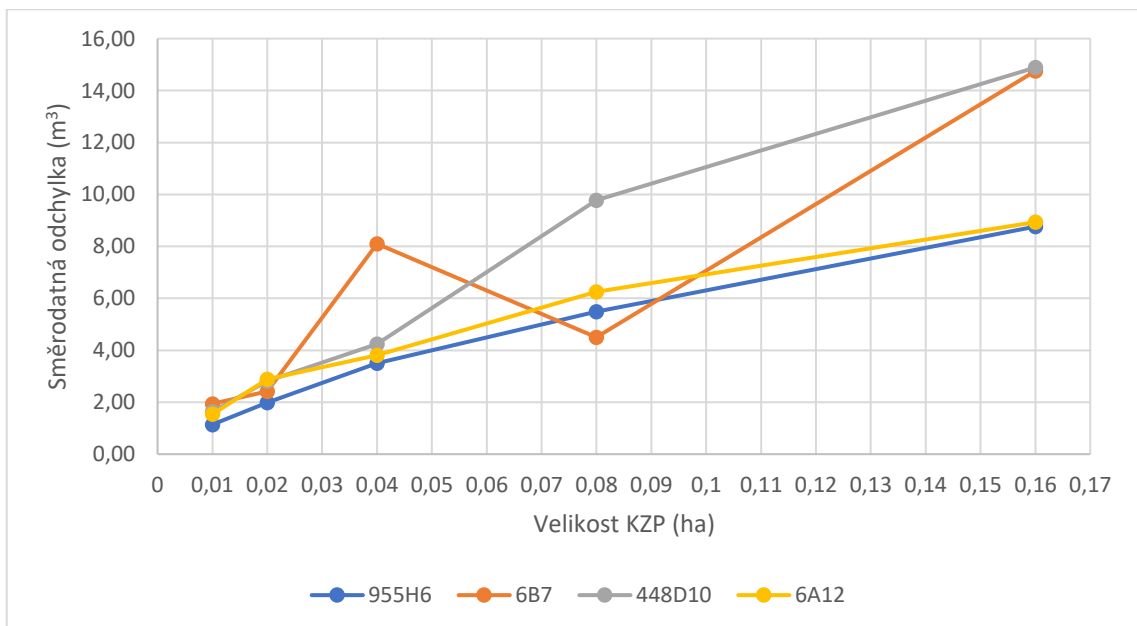
Graf 5.5 znázorňuje variační koeficient, který klesá v celém průběhu v případě porostů 955H6 a 6A12, ale v případě porostu 448D10 se u osmiarových ploch zvyšuje oproti hodnotě u čtyřarových ploch, načež opět klesá. V případě porostu 6B7 variační koeficient v porovnání s ostatními porosty dvakrát prudce klesá a roste.

Střední relativní chyba má podobný průběh u porostů 955H6 a 6A12, kdy nejprve strměji a následně mírněji roste. Oproti tomu v porostu 448D10 u osmiarových ploch vykazuje strmější nárůst a poté klesá a v porostu 6B7 jsou zřejmé dva poklesy následované nárůsty hodnoty střední relativní chyby, jak je zobrazeno na grafu 5.6.

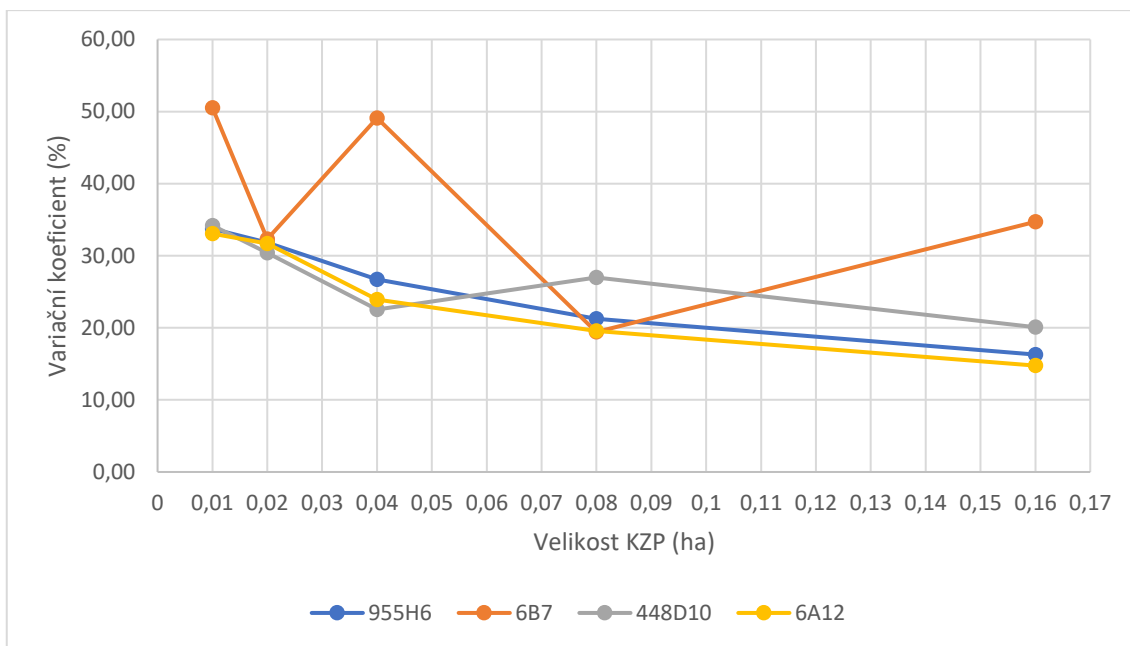
I přes výkyvy hodnot v některých porostech lze konstatovat, že variační koeficient je ve všech porostech největší u nejmenších ploch a nejmenší u největších ploch a v případě střední relativní chyby je tomu většinou naopak. Střední relativní chyba dosáhla minima v porostu 6A12, kde při použití nejmenších ploch byla 4,11 %. Ve všech porostech byla nižší než 10 %, pouze v porostu 6B7 tuto hodnotu dvakrát překročila.



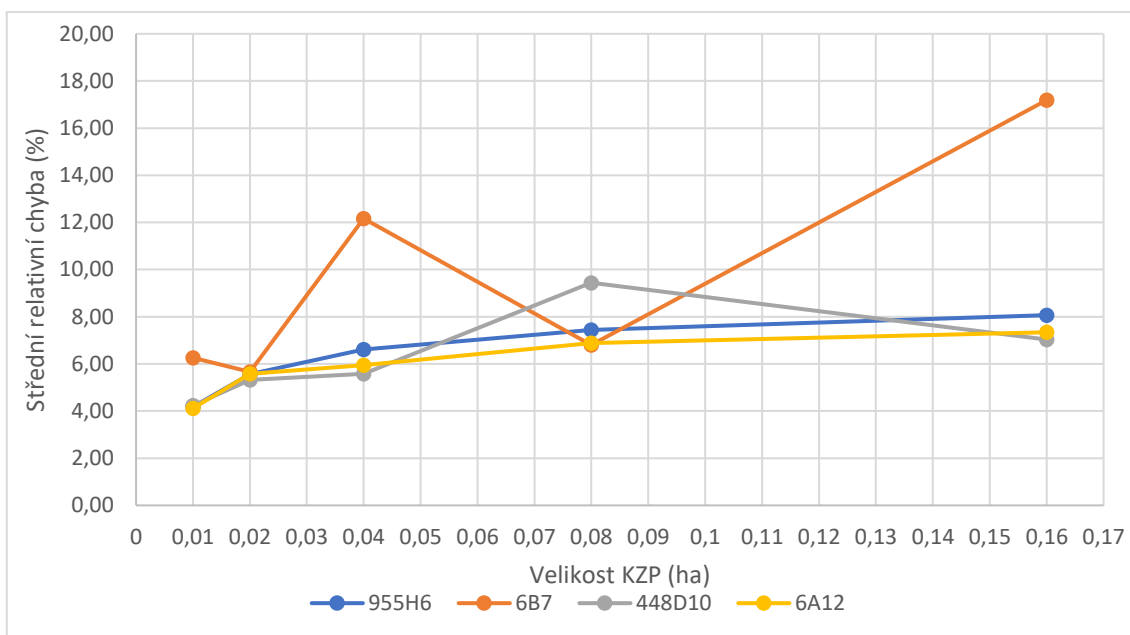
Graf 5.3: Vztah aritmetického průměru zásob na KZP a velikosti KZP.



Graf 5.4: Vztah směrodatné odchylky zásob na KZP a velikosti KZP.



Graf 5.5: Vztah variačního koeficientu zásob na KZP a velikosti KZP.



Graf 5.6: Vztah střední relativní chyby určení zásob na KZP a velikosti KZP.

5.4 Časová náročnost měření

5.4.1 Průměrné časy

V následujících tabulkách jsou obsaženy průměrné časy potřebné k provedení jednotlivých úkonů v rámci měření KZP daných pěti velikostí. Mezi průměrnými časy měření v uvedených porostech se ve většině případů nevyskytují výrazné rozdíly. Rozdíl lze pozorovat v průměrných časech potřebných na přesun v porostu 6A12 (tabulka 5.11), ve kterém byly zároveň větší odstupové vzdálenosti mezi jednotlivými plochami (viz tabulka 5.2), což se projevilo i v celkových průměrných časech, nicméně mezi celkovými průměrnými časy ve všech porostech se nevyskytovaly významné rozdíly, jak je patrné z grafu 5.7. Zároveň ve všech případech jsou časy potřebné k provedení jednotlivých úkonů i celkové průměrné časy vyšší než u nejbližší nižší velikosti kruhových zkusných ploch.

Tabulka 5.8: Průměrné časy jednotlivých úkonů měření v porostu 955H6.

955H6					
velikost KZP (ha)	přesun	vytyčení	měření tloušťek	měření výšek	celkem
0,01	0:00:38	0:01:28	0:01:21	0:04:12	0:07:38
0,02	0:00:42	0:02:12	0:02:29	0:07:09	0:12:33
0,04	0:01:05	0:04:03	0:05:16	0:10:00	0:20:24
0,08	0:01:35	0:06:30	0:10:37	0:13:04	0:31:47
0,16	0:02:51	0:12:44	0:21:38	0:20:20	0:57:32

Tabulka 5.9: Průměrné časy jednotlivých úkonů měření v porostu 6B7.

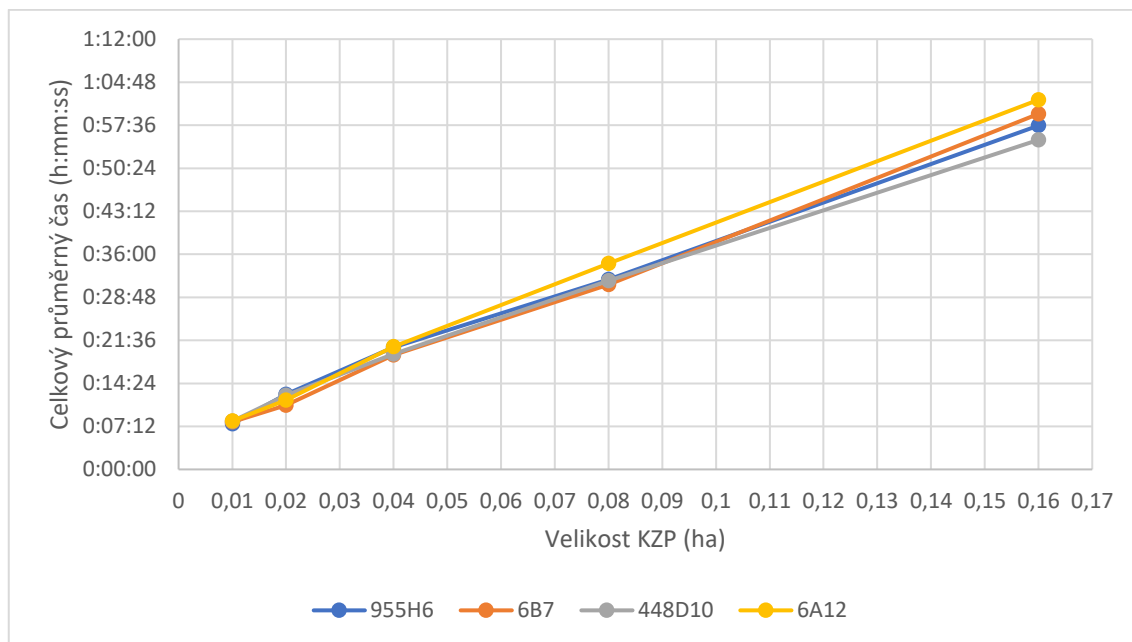
6B7					
velikost KZP (ha)	přesun	vytyčení	měření tloušťek	měření výšek	celkem
0,01	0:00:50	0:01:29	0:01:39	0:03:58	0:07:56
0,02	0:00:56	0:02:13	0:02:34	0:05:10	0:10:42
0,04	0:01:21	0:03:52	0:05:23	0:08:33	0:19:09
0,08	0:01:32	0:06:31	0:08:47	0:14:07	0:30:57
0,16	0:02:00	0:14:21	0:16:40	0:26:28	0:59:30

Tabulka 5.10: Průměrné časy jednotlivých úkonů měření v porostu 448D10.

448D10					
velikost KZP (ha)	přesun	vytyčení	měření tloušťek	měření výšek	celkem
0,01	0:00:39	0:01:34	0:01:18	0:04:32	0:08:03
0,02	0:00:48	0:02:49	0:02:40	0:06:06	0:12:22
0,04	0:01:07	0:04:01	0:05:05	0:09:03	0:19:17
0,08	0:01:31	0:06:27	0:12:29	0:11:07	0:31:34
0,16	0:02:00	0:12:51	0:25:17	0:15:01	0:55:09

Tabulka 5.11: Průměrné časy jednotlivých úkonů měření v porostu 6A12.

6A12					
velikost KZP (ha)	přesun	vytyčení	měření tloušťek	měření výšek	celkem
0,01	0:00:59	0:01:40	0:01:22	0:04:06	0:08:06
0,02	0:01:06	0:02:30	0:02:27	0:05:32	0:11:34
0,04	0:01:41	0:04:35	0:04:57	0:09:18	0:20:31
0,08	0:02:27	0:07:23	0:11:16	0:13:24	0:34:29
0,16	0:04:37	0:14:15	0:25:29	0:17:31	1:01:51



Graf 5.7: Vztah celkového průměrného času potřebného na změření jedné KZP a velikosti KZP.

5.4.2 Celkové časy

Celkové časy se zvětšující se velikostí KZP klesají na rozdíl od průměrných časů, které se zvětšující se výměrou ploch rostou. Tuto skutečnost lze pozorovat jak u časů celých měření (viz graf 5.8), tak i u jednotlivých úkonů s výjimkou měření tloušťek, při kterém se neprojevují faktory, jako je například počet KZP, jejich velikost nebo odstupové vzdálenosti. Při každé velikosti plochy jsou totiž měřeny tloušťky všech stromů na ploše, ale výšky jsou měřeny vždy jen pro každý tloušťkový stupeň jedna, a proto se výrazně snižuje čas na měření výšek s rostoucí výměrou plochy. Pokles času potřebného na vytyčení ploch s rostoucí výměrou ploch odpovídá tomu, že v případě jednoarových KZP je součet obvodu 64 ploch 2269 m, zatímco u pro 4 šestnáctiarové plochy je to pouze 567 m.

Například časy potřebné na měření ploch o velikosti 0,01 ha přesahují ve všech porostech osm hodin a časy potřebné na měření ploch o velikosti 0,16 ha přesahují vždy tři a půl hodiny, přičemž pokles času s rostoucí velikostí ploch probíhá podobným způsobem ve všech porostech, jak ukazuje graf 5.8.

Tabulka 5.12: Celkové časy jednotlivých úkonů měření v porostu 955H6.

955H6					
velikost KZP (ha)	přesun	vytyčení	měření tloušťek	měření výšek	celkem
0,01	0:40:31	1:33:42	1:25:59	4:28:45	8:08:57
0,02	0:22:36	1:10:38	1:19:40	3:48:50	6:41:44
0,04	0:17:25	1:04:43	1:24:20	2:40:00	5:26:29
0,08	0:12:41	0:52:04	1:24:59	1:44:33	4:14:17
0,16	0:11:22	0:50:58	1:26:31	1:21:18	3:50:08

Tabulka 5.13: Celkové časy jednotlivých úkonů měření v porostu 6B7.

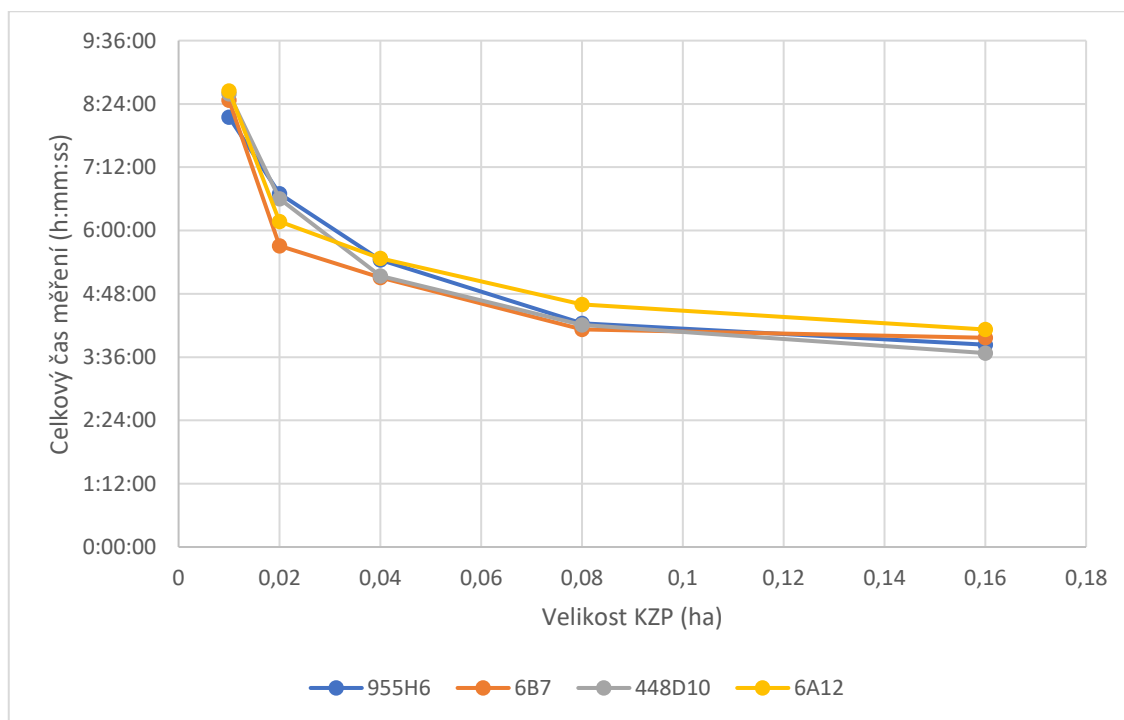
6B7					
velikost KZP (ha)	přesun	vytyčení	měření tloušťek	měření výšek	celkem
0,01	0:53:23	1:35:27	1:45:53	4:13:27	8:28:10
0,02	0:29:42	1:10:59	1:22:20	2:45:24	5:48:25
0,04	0:21:43	1:01:59	1:26:00	2:16:41	5:06:23
0,08	0:12:13	0:52:11	1:10:14	1:52:56	4:07:34
0,16	0:08:00	0:57:26	1:06:42	1:45:52	3:58:00

Tabulka 5.14: Celkové časy jednotlivých úkonů měření v porostu 448D10.

448D10					
velikost KZP (ha)	přesun	vytyčení	měření tloušťek	měření výšek	celkem
0,01	0:41:58	1:40:08	1:23:13	4:50:13	8:35:32
0,02	0:25:30	1:30:03	1:25:11	3:15:11	6:35:55
0,04	0:17:47	1:04:22	1:21:23	2:24:56	5:08:28
0,08	0:12:07	0:51:38	1:39:52	1:28:57	4:12:34
0,16	0:07:58	0:51:25	1:41:09	1:00:02	3:40:34

Tabulka 5.15: Celkové časy jednotlivých úkonů měření v porostu 6A12.

6A12					
velikost KZP (ha)	přesun	vytyčení	měření tloušťek	měření výšek	celkem
0,01	1:02:40	1:46:13	1:27:06	4:22:53	8:38:52
0,02	0:34:58	1:20:04	1:18:24	2:56:51	6:10:17
0,04	0:26:57	1:13:22	1:19:12	2:28:48	5:28:19
0,08	0:19:37	0:59:01	1:30:08	1:47:09	4:35:55
0,16	0:18:26	0:56:58	1:41:55	1:10:05	4:07:24

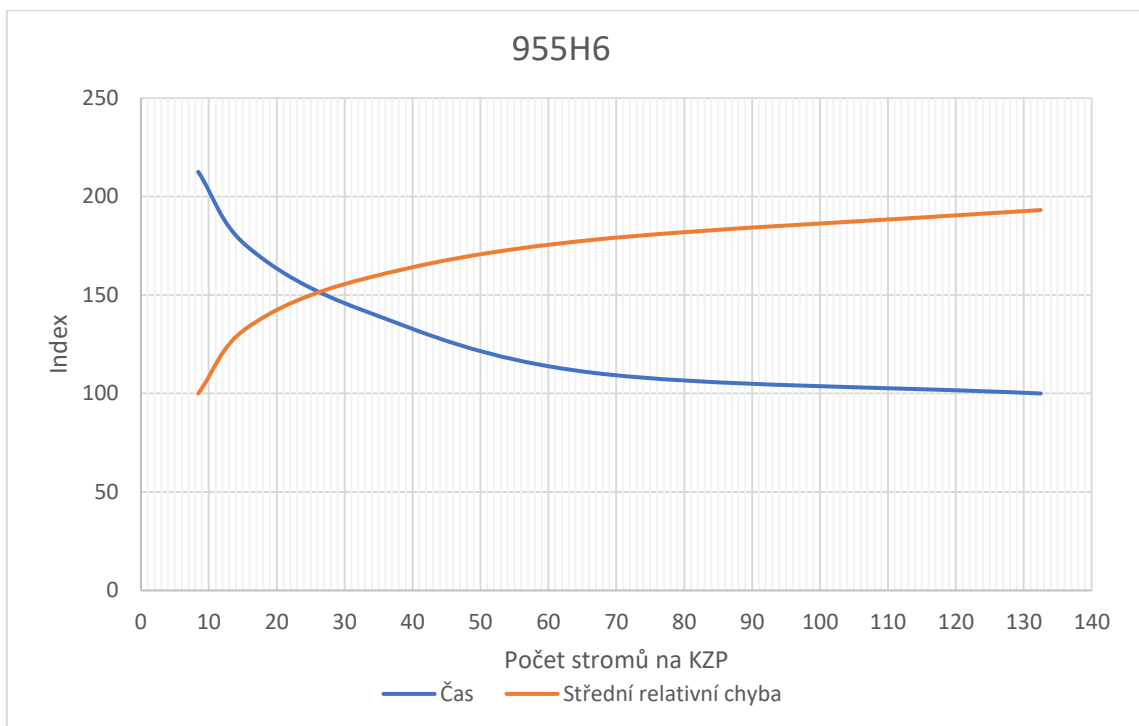


Graf 5.8: Vztah celkových časů měření porostů a velikosti KZP.

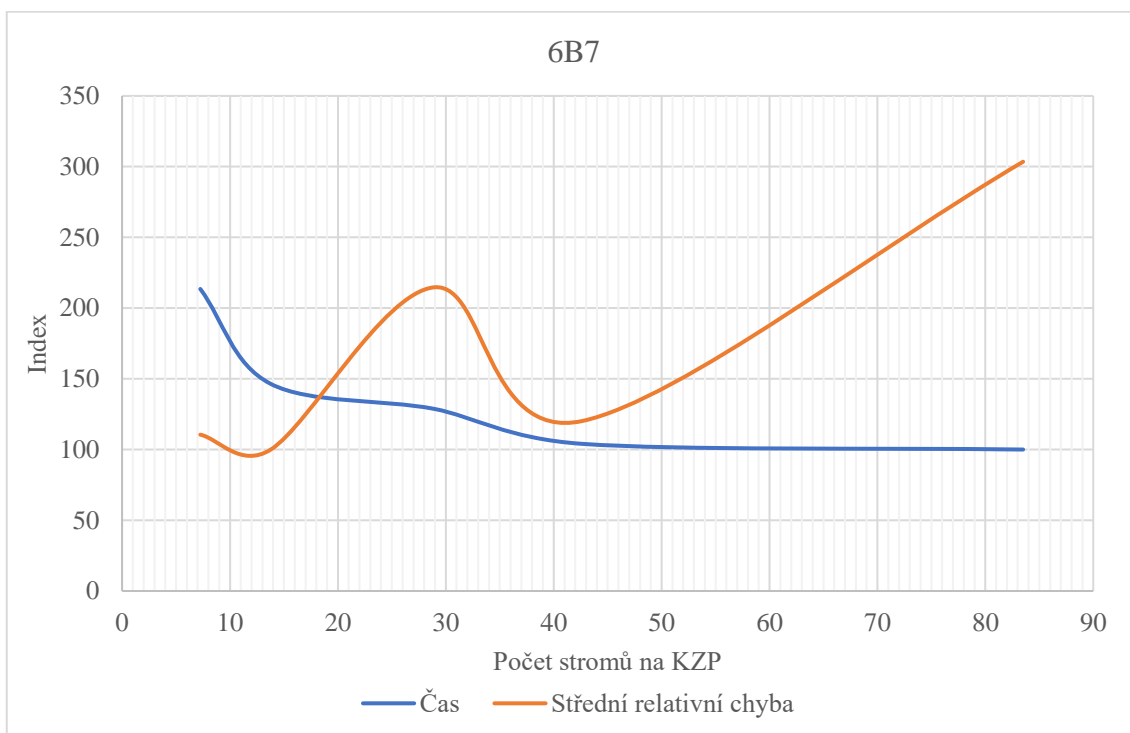
5.5 Vyhodnocení optimálního počtu stromů na KZP na základě měření

V kapitole 3.4.2 (a na obrázku 3.3) je popsán ideální počet stromů jako oblast v grafu v blízkosti průsečíku křivky reprezentující časy měření a křivky znázorňující střední relativní chybu v závislosti na počtu stromů na ploše. Následující grafy znázorňují tuto závislost prostřednictvím indexu, jak je popsáno v kapitole 4.4, pro data zjištěná v měřených porostech.

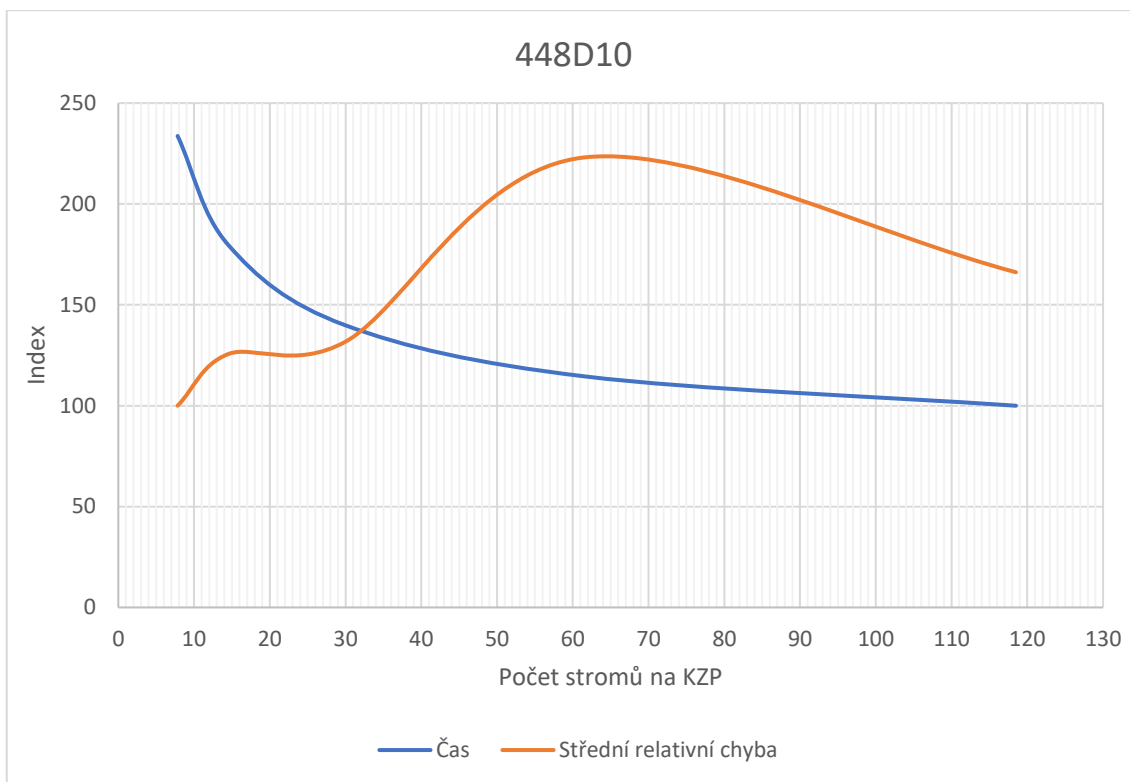
Na grafu 5.9 je zobrazen průnik křivek pro porost 955H6. V tomto grafu se křivky protínají v bodě odpovídajícím 26 stromům na KZP. Graf 5.10 obsahuje vztah pro porost 6B7. Průnik křivek odpovídá 18 stromům, ovšem průběh křivky střední relativní chyby je značně nepravidelný. Také v porostu 448D10 je průběh křivky střední relativní chyby poměrně nepravidelný a bod protnutí křivek odpovídá 32 stromům na KZP (viz graf 5.11 Graf 5.11). V případě porostu 6A12 je průběh křivky střední relativní chyby příznivější a k průniku křivek dochází v hodnotě 15 stromů (viz graf 5.12). V číselné podobě jsou data zobrazená na grafech uvedena v tabulkách 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, kde je možné pozorovat, jak se mění počet stromů se zvětšující se ploše KZP. V porostech 955H6 a 448D10 přibližně odpovídá nárůst počtu stromů na KZP dvojnásobnému zvětšování KZP oproti předchozí velikosti, ovšem u porostů 6B7 a 6A12 lze pozorovat odlišnosti. V porostu 6B7 tomuto trendu neodpovídají počty stromů na plochách o velikosti 0,08 ha a 0,16 ha, ale při vzájemném porovnání těchto dvou ploch je nárůst počtu stromů na větší ploše přibližně odpovídající její výměře. Obdobná situace nastává v porostu 6A12, kde se od dvou nejmenších velikostí KZP odlišují další tři velikosti, přičemž i zde je poměr stromů k velikosti plochy odpovídající v rámci tří větších velikostí KZP.



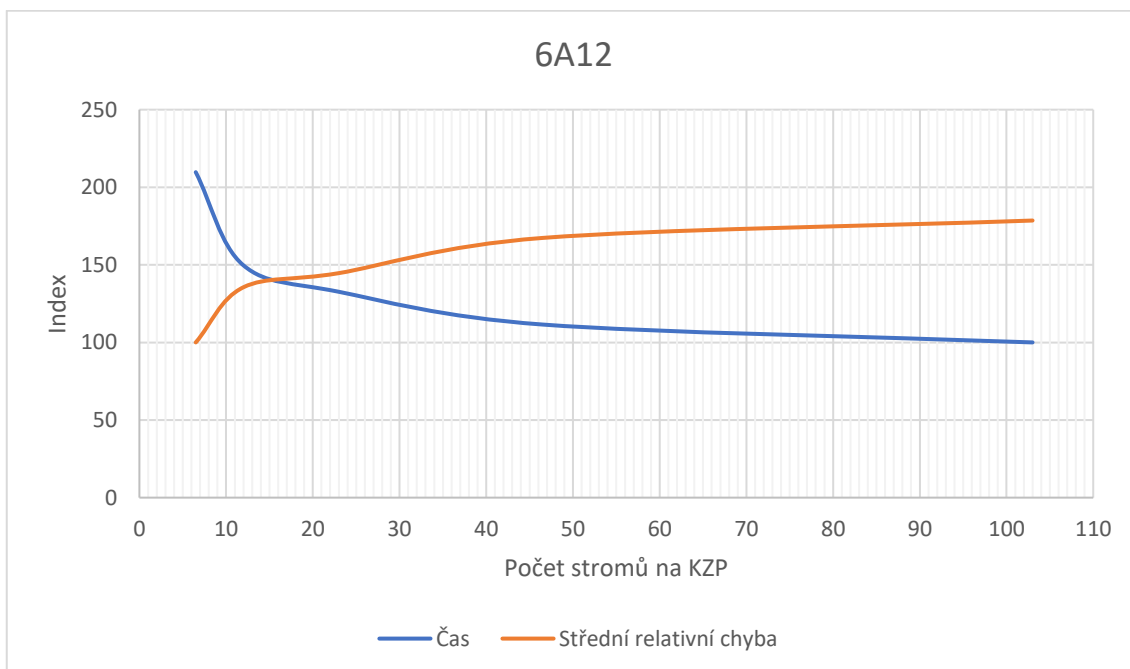
Graf 5.9: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v porostu 955H6.



Graf 5.10: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v porostu 6B7.



Graf 5.11: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v porostu 448D10.



Graf 5.12: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v porostu 6A12.

Tabulka 5.16: Závislost střední relativní chyby a času měření na počtu stromů na KZP v porostu 955H6.

955H6						
Velikost KZP		Počet KZP	Střední relativní chyba		Čas měření	
ha	počet stromů		%	index	h:mm:ss	index
0,01	8	64	4,18	100	8:08:57	213
0,02	16	32	5,57	133	6:41:44	175
0,04	33	16	6,61	158	5:26:29	142
0,08	67	8	7,43	178	4:14:17	111
0,16	133	4	8,07	193	3:50:00	100

Tabulka 5.17: Závislost střední relativní chyby a času měření na počtu stromů na KZP v porostu 6B7.

6B7						
Velikost KZP		Počet KZP	Střední relativní chyba		Čas měření	
ha	počet stromů		%	index	h:mm:ss	index
0,01	7	64	6,3	111	8:28:10	214
0,02	14	32	5,7	100	5:48:25	146
0,04	29	16	12,2	215	5:06:23	129
0,08	43	8	6,8	120	4:07:34	104
0,16	84	4	17,2	303	3:58:00	100

Tabulka 5.18: Závislost střední relativní chyby a času měření na počtu stromů na KZP v porostu 448D10.

448D10						
Velikost KZP		Počet KZP	Střední relativní chyba		Čas měření	
ha	počet stromů		%	index	h:mm:ss	index
0,01	8	64	4,23	100	8:35:32	234
0,02	15	32	5,32	126	6:35:55	179
0,04	30	16	5,58	132	5:08:28	140
0,08	62	8	9,44	223	4:12:34	115
0,16	119	4	7,03	166	3:40:34	100

Tabulka 5.19: Závislost střední relativní chyby a času měření na počtu stromů na KZP v porostu 6A12.

6A12						
Velikost KZP		Počet KZP	Střední relativní chyba		Čas měření	
ha	počet stromů		%	index	h:mm:ss	index
0,01	5	64	4,11	100	8:38:52	210
0,02	9	32	5,57	136	6:10:17	150
0,04	16	16	5,95	145	5:28:19	133
0,08	32	8	6,88	167	4:35:55	112
0,16	64	4	7,34	179	4:07:24	100

Následující tabulka 5.20 obsahuje optimální velikosti KZP v plošných jednotkách vypočtené podle vzorce 3.11. Z uvedených údajů je možné vidět, že ve starších porostech je potřeba větší výměra KZP.

Tabulka 5.20: Optimální velikost KZP.

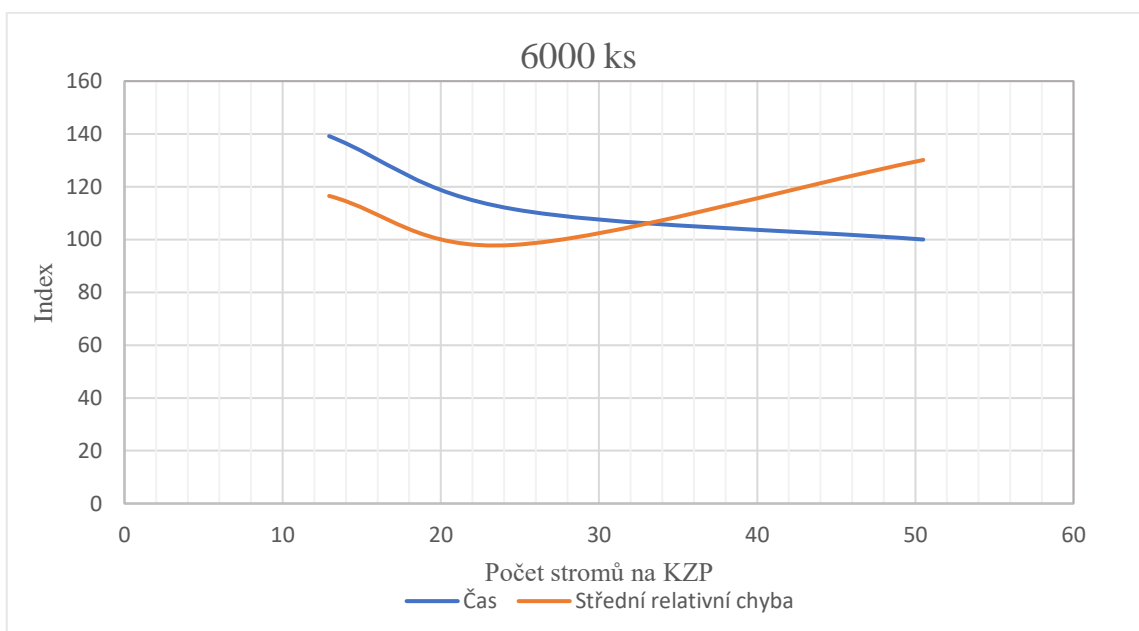
Porost	955H6	6B7	448D10	6A12
Velikost KZP (ha)	0,03	0,03	0,04	0,04

5.6 Vyhodnocení optimálního počtu stromů na KZP na základě simulací

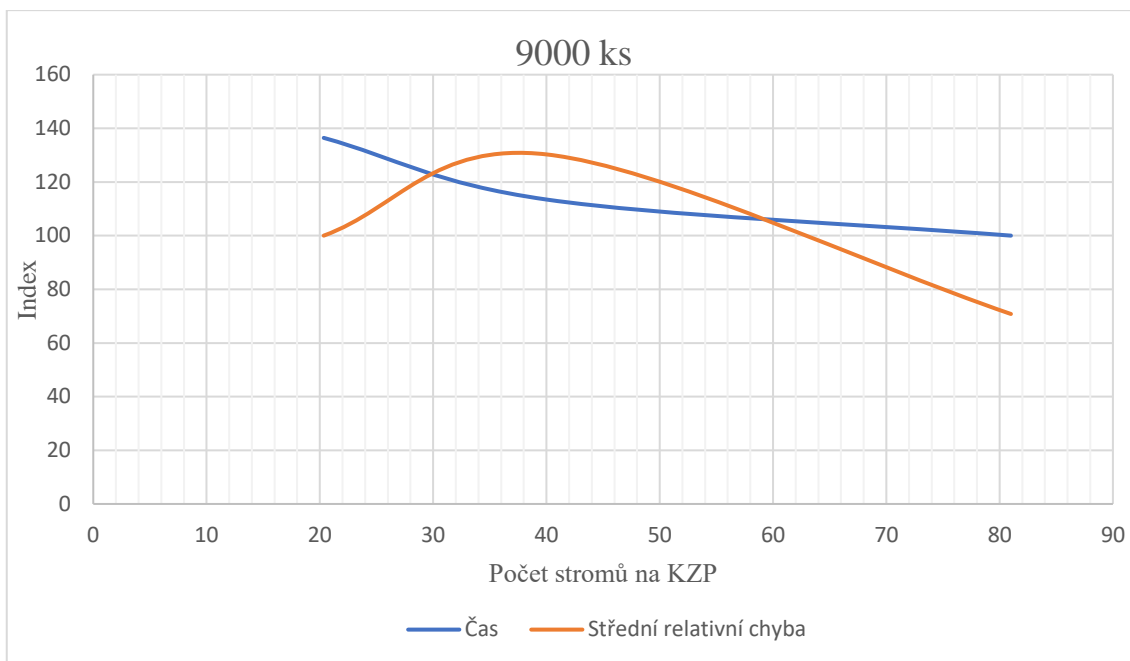
Na základě provedených simulací byly vyhodnoceny výsledky zobrazené na grafech 5.13, 5.14, 5.15, 5.17. Na grafu 5.13 dochází k protnutí křivek již na hodnotě cca 9 stromů, na grafu 5.14 na 33 stromech a na grafu 5.15 je uvažováno první protnutí na hodnotě 30 stromů. Varianta s dvojnásobnou intenzitou výběru zobrazená na grafu 5.16 ukazuje protnutí na přibližně 28 stromech a varianta s totožnými středy KZP na grafu 5.17 na 22 stromech. Průměrná hodnota ze všech těchto hodnot je tedy po zaokrouhlení 24 stromů na KZP.



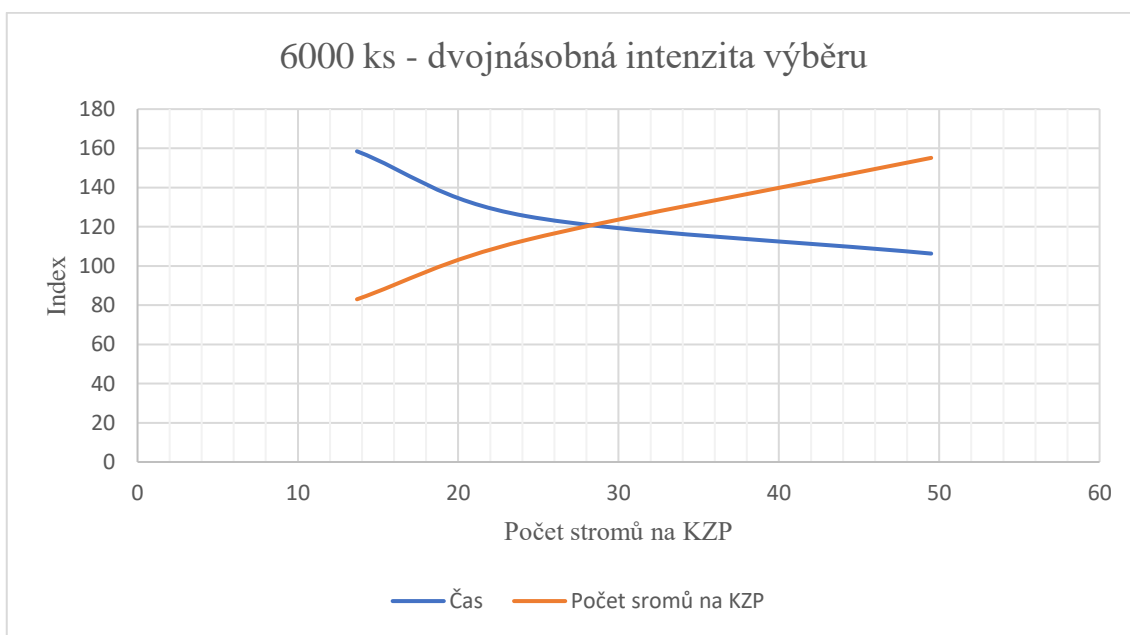
Graf 5.13: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP simulovaném porostu pro 3000 stromů.



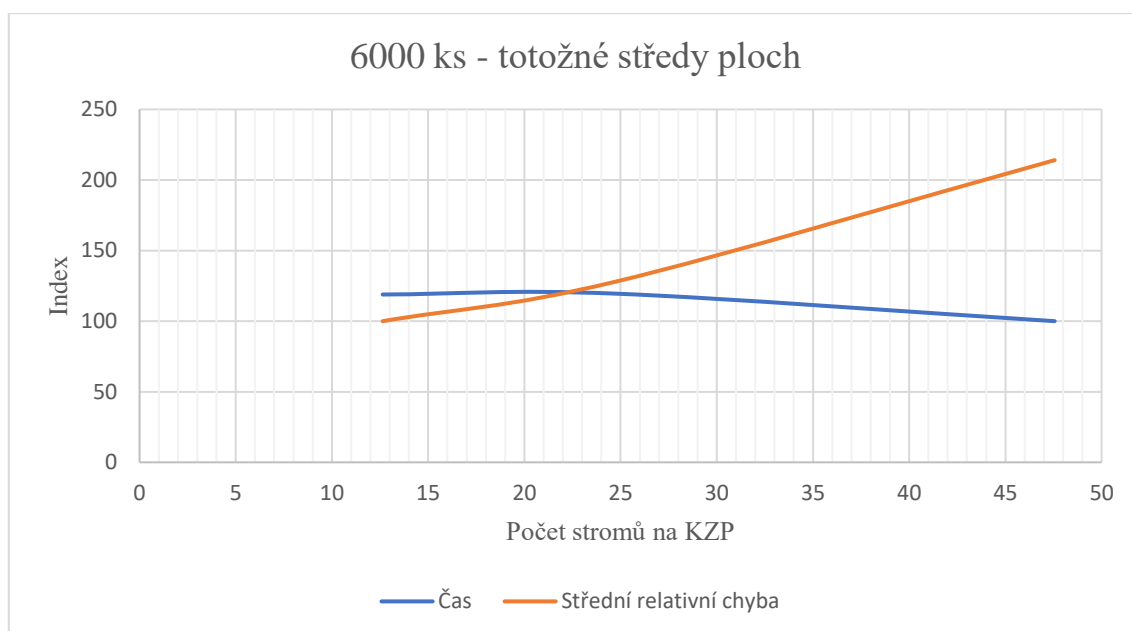
Graf 5.14: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v simulovaném porostu pro 6000 stromů.



Graf 5.15: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v simulovaném porostu pro 9000 stromů.



Graf 5.16: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v simulovaném porostu pro 6000 stromů a dvojnásobnou intenzitu výběru.



Graf 5.17: Křivka času a křivka střední relativní chyby vyjádřené indexem v závislosti na počtu stromů na KZP – stanovení ideálního počtu stromů na KZP v simulovaném porostu pro 6000 stromů a totožnými středy ploch.

5.7 Porovnání naměřených údajů s LHP/LHO

Data popsaná v této kapitole obsahují porostní charakteristiky zjištěné z LHP (porost 955H6, 6B7 a 6A12) nebo LHO (porost 448D10) a ty samé porostní charakteristiky vypočtené na základě měření.

Tabulky 5.21 a 5.22 zobrazují údaje o porostu 955H6. V tomto porostu bylo zjištěno stejné druhové složení, jaké uvádí LHP, ovšem zastoupení dřevin se mírně lišilo. V případě BO bylo zjištěno zastoupení o 5 % nižší a u modřínu o 4 % vyšší. Výčetní tloušťky a výšky středního kmene všech dřevin byly na základě měření zjištěny větší, než je uvedeno v LHP a také zásoba byla ve všech případech větší. Zakmenění 9 uváděné LHP bylo měřením potvrzeno.

Tabulka 5.21: Porostní charakteristiky porostu 955H6 zjištěné z LHP. (Hospodářská kniha - revír Stará Ves, 2014)

955H6 podle LHP						
Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba (m ³)
53	9	BO	75	24	21	715
		SM	15	23	21	169
		MD	5	24	22	55
		JD	3	21	17	28
		DG	2	29	24	26
Celkem			100			993

Tabulka 5.22: Porostní charakteristiky porostu 955H6 zjištěné na základě měření.

955H6 podle měření						
Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba (m ³)
59	9	BO	70	27	24	774
		SM	16	25	24	201
		MD	9	26	24	105
		JD	3	28	25	41
		DG	2	35	27	34
Celkem			100			1155

Porost 6B7 podle LHP obsahuje pouze borovici s celkovou zásobou 722 m³ (viz tabulka 5.23) ovšem měřením byly zjištěny zásadně rozdílné údaje (tabulka 5.24). Převažující dřevinou je podle měření borovice (82 %), ovšem zbylých 16 % tvoří dalších 6 dřevin se zastoupením od 6 % do 1 %. Výčetní tloušťka a výška středního kmene byly u BO zjištěny větší, než uvádí LHP a celková zásoba porostu je podle měření o 91 % větší než podle LHP. Také zakmenění porostu se značně odlišuje.

Tabulka 5.23: Porostní charakteristiky porostu 6B7 zjištěné z LHP. (Hospodářská kniha - Obecní lesy Hejná, 2014)

6B7 podle LHP						
Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba (m ³)
65	7	BO	100	24	20	722
Celkem			100			722

Tabulka 5.24: Porostní charakteristiky porostu 6B7 zjištěné na základě měření.

6B7 podle měření						
Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba (m ³)
71	11	BO	82	28	22	1172
		JV	6	22	19	63
		SM	5	28	22	92
		KL	3	21	17	24
		DB	2	24	20	15
		JL	1	14	13	6
		JS	1	16	14	6
Celkem			100			1378

Měřením porostu 448D10 byla potvrzena druhová skladba porostu uváděná v LHO, ale zastoupení dřevin se liší. Rozměry borovice byly zjištěny větší a u smrku naopak výrazně menší. Obdobné jsou i rozdíly z hlediska zásoby, přičemž celková zásoba porostu zjištěná měřením je o 511 m³ větší a výrazně větší vyšlo také zakmenění, jak ukazují následující tabulky.

Tabulka 5.25: Porostní charakteristiky porostu 448D10 zjištěné z LHO. (Lesní hospodářské osnova, 2020)

448D10 podle LHP						
Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba (m ³)
98	9	BO	70	25	24	676
		SM	30	22	23	360
Celkem			100			1036

Tabulka 5.26: Porostní charakteristiky porostu 448D10 zjištěné na základě měření.

448D10 podle měření						
Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba (m ³)
104	12	BO	93	31	24	1485
		SM	7	16	15	62
Celkem			100			1547

V případě nejstaršího porostu se druhové složení lišilo jen drobnou příměsí smrku a dubu a v zastoupení borovice a modřínu nebyly zjištěny významné rozdíly. U borovice a modřínu byly zjištěny na základě měření menší rozměry středního kmene, ale navzdory tomu je zjištěná zásoba borovice výrazně větší. Zásoba modřínu je oproti LHP větší, nicméně celková zásoba porostu je podle měření o více než 50 % větší, než uvádí LHP.

Tabulka 5.27: Porostní charakteristiky porostu 6A12 zjištěné z LHP. (Hospodářská kniha - Obecní lesy Hejná, 2014)

6A12 podle LHP						
Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba (m ³)
112	8	BO	90	34	24	1777
		MD	10	36	26	242
Celkem			100			2019

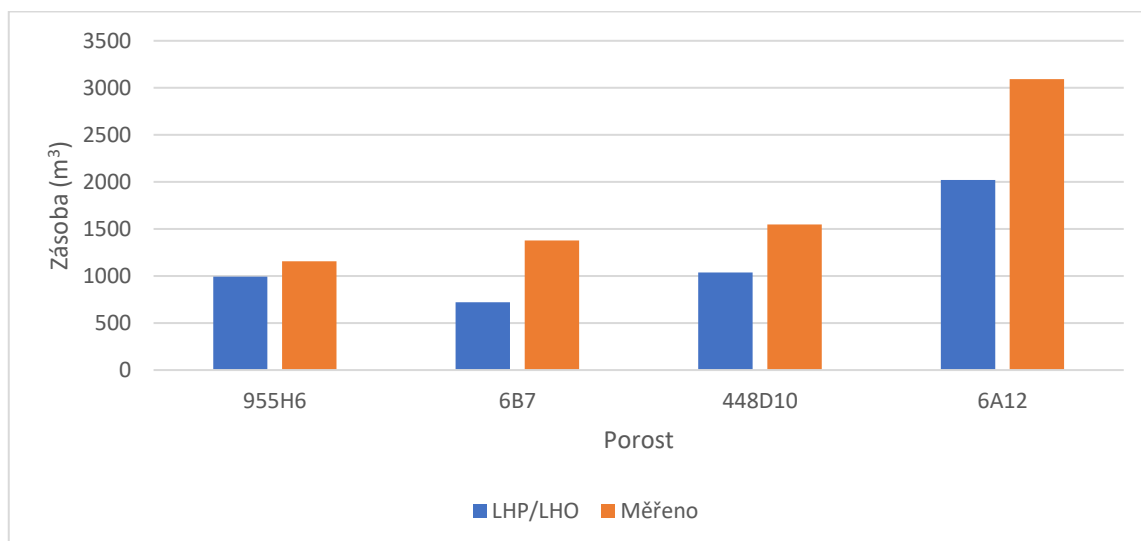
Tabulka 5.28: Porostní charakteristiky porostu 6A12 zjištěné na základě měření.

6A12 podle měření						
Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba (m ³)
118	12	BO	92	32	23	2860
		MD	6	29	23	202
		SM	1	22	17	22
		DB	1	13	13	7
Celkem			100			3091

Tabulka 5.29 obsahuje porovnání zásob v jednotlivých porostech zjištěných z LHP nebo LHO a zjištěných pomocí měření. Průměrný relativní rozdíl zjištěný váženým průměrem s použitím plochy porostu je 53 %. Největšího relativního rozdílu zásob je dosaženo v případě porostu 6B7, následně pak u druhého porostu ve vlastnictví obce (6A12). Nejmenší rozdíl byl zjištěn u nejmladšího porostu vlastněného státem (955H6). V grafické podobě zobrazuje absolutní rozdíly graf 5.18.

Tabulka 5.29: Porovnání zásob porostů zjištěných z LHP/LHO na základě měření pomocí KZP o velikosti 0,01 ha.

Porost	955H6	6B7	448D10	6A12
Podle LHP/LHO (m ³)	993	722	1036	2019
Zjištěná (m ³)	1155	1378	1547	3091
Absolutní rozdíl (m ³)	162	656	511	1072
Relativní rozdíl v % menší hodnoty	16	91	49	53
Průměrný relativní rozdíl (%)	53			



Graf 5.18: Absolutní zásoba měřených porostů zjištěná z LHP/LHO a na základě měření.

6. Diskuze

6.1 Výběr porostů a kritéria pro měření kruhovými zkusnými plochami

Výběr vhodných porostů byl pro tuto práci důležitý z několika hledisek. Van Laar & Akça (2007) uvádí, že variační koeficient (a tím pádem také střední relativní chyba) je ovlivněn kromě parametrů ploch i charakterem porostu, což pro účely práce vyžadovalo porosty podobného charakteru. Tento požadavek ve spojení s dalšími byl poměrně obtížný a nepodařilo se najít ideální porosty, což mělo zřejmě některé negativní důsledky, jak bude uvedeno dále. Kromě podobného charakteru porostů bylo obtížné najít porosty o dostatečně velké výměře zabezpečující možnost použití velkých KZP, což bylo nakonec asi hlavním limitujícím faktorem při výběru porostů spolu s dřevinným složením. Upřednostnění těchto kritérií mělo za následek například výběr některých porostů s nepřilíš pravidelným tvarem, což mělo vliv na možnosti umístění KZP různých velikostí, z čehož pravděpodobně plynuly další skutečnosti ovlivňující výsledek.

Dokladem obtížnosti výběru vhodných porostů je i to, že ani na celém území obhospodařovaném Školním lesním podnikem v Kostelci nad Černými lesy se nepodařilo najít čtyři porosty, které by splňovaly kritéria uvedená v kapitole 4.1. Každopádně nelze předpokládat, že při použití KZP v praxi budou mít porosty geometricky ideální tvar, a proto se dá z tohoto pohledu považovat provedený výběr za opodstatněný.

6.2 Zásoby porostů a přesnosti jejich určení

Rozdíly v zásobách porostů určených různými velikostmi ploch vycházejí zřejmě jednak z charakteru porostu a jednak také z velikosti KZP, jelikož různé velikosti ploch zachycují různé části porostu. I když se do jisté míry plochy různých velikostí překrývají, tak nikdy nejsou zachyceny jednou velikostí ploch ty samé stromy jako jinou velikostí.

S rostoucí velikostí KZP vždy neroste počet stromů dvojnásobně, jak by se dalo předpokládat (viz tabulky v kapitole 5.5), ale v případě porostů 6B7 a 6A12 je v relativním vyjádření na větších plochách menší než na menších plochách. To může být způsobeno tím, že větší KZP (0,08 a 0,16 ha) bylo obtížné umístit do úzkých částí porostů a tím pádem nebyly zachyceny stromy v těchto částech, což mohlo vést k nesrovnalostem

vůči plochám menších velikostí. Ovšem i porost 955H6 má tvarově problematické části a tento trend se v něm neprojevil, ale na základě vizuálního posouzení byla rozrůzněnost tohoto porostu podstatně menší než porostů 6B7 a 6A12, což dokládají i hodnoty směrodatných odchylek v tabulce 5.4.

Šmelko (2007) definuje na základě měření jednoho porostu pomocí různých velikostí KZP (stejným způsobem jako v této práci) následující závěry:

1. *„Variační koeficient zásoby porostu závisí významně na velikosti zkusných ploch, s růstem které se zmenšuje podle hyperboly, protože na větších plochách se vyskytuje větší počet stromů a lépe se vyrovnávají rozdílnosti ve struktuře porostu“*
2. *„Při stejné úhrnné výměře zkusných ploch a stejné intenzitě výběru se větším počtem malých zkusných ploch získá přesnější výsledek než menším počtem velkých než menším počtem velkých zkusných ploch“*
3. *„Větší zkusné plochy jsou hospodárnější, stejná celková výměra se jimi vytyčí za kratší čas, než menšími zkusnými plochami“*

Tvrzení č. 1 se v této práci částečně potvrdilo, jak je vidět z grafu 5.5, protože variační koeficient byl ve všech porostech nižší u největších ploch než u nejmenších. Ovšem je potřeba dotat, že velmi záleží na charakteru porostu, počtu použitých ploch a dalších faktorech, jelikož průběh poklesu např. v porostu 6B7 rozhodně není hyperbolického tvaru. Tvrzení č. 2 lze na základě této práce potvrdit opět pouze částečně, a to ze setejného důvodu jako u předchozího tvrzení. Střední relativní chyba byla sice ve všech případech větší u největších ploch než u nejmenších, ale ne vždy byla větší u dané velikosti plochy než u nejbližší menší (viz graf 5.6). Tvrzení č. 3 lze jednoznačně potvrdit, jelikož ve všech případech byl celkový čas potřebný na měření porostu pomocí větších ploch menší než u nejbližších menších ploch, jak je možné vidět na grafu 5.8. Čas potřebný na měření klesá nejvíce od nejmenších ploch po čtyřarové plochy a poté už není rozdíl tak významný.

6.3 Porovnání zjištěných údajů s LHP/LHO

Nesoulad při porovnání naměřených a vypočtených údajů s údaji uváděnými v LHP nebo LHO může být způsoben použitím různých metod s různou přesností, chybou při zjišťování údajů při tvorbě LHP/LHO nebo i chybou při prováděném měření. Ovšem

pětinásobné měření porostů v rámci této práce umožňuje posoudit, zda se nevyskytlo naprosto odlišné měření. Je potřeba zmínit, že v rámci měření daného porostu se údaje o zásobě nejvíce lišily v porostu 6B7, kde byl největší údaj o 55 % větší než nejmenší. U ostatních porostů byl tento údaj podstatně menší (viz tabulka 5.3), kdežto při porovnání zásoby zjištěné měřením a z LHP/LHO se hodnoty lišily až o 91 %. Odlišnosti v určení zásoby ale nejsou výjimečné, což dokládá i výstup z Národní inventarizace lesů (2016), která uvádí, že celková zásoba dříví v České republice je zaokrouhleně 936 milionů m³ hroubí bez kůry, zatímco Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky (2016) udává po zaokrouhlení hodnotu 696 milionů m³ hroubí bez kůry. Ovšem informace o zásobě porostu je důležitá pro zpracování LHP, odvození závazného ustanovení maximální výše těžeb a případné návrhy hospodářských opatření. Správnost zjištění zásoby se tedy projevuje v kvalitě LHP a v konečném důsledku také v úrovni hospodaření na daném majetku. V případě porostů měřených v rámci této práce byly zjištěny většinou významné rozdíly mezi údajem uváděným v LHP/LHO a naměřenou hodnotou, a proto lze očekávat možné negativní dopady.

6.4 Optimální počet stromů na KHP

Podobný průběh jako na obrázku publikovaném Šmelkem (2007) (obrázek 3.3) mají křivky na grafech 5.9 a 5.12, kdy průnik křivek odpovídá 26 stromům respektive 15 stromům, což je těsně za hranicí, respektive na hranici intervalu 15 až 25 stromů, který udává Šmelko (2007) jako optimální počet stromů na KZP. Průnik na hodnotě 18 stromů v porostu 6B7 sice spadá do intervalu, ale průběh křivky střední relativní chyby je značně odlišný od obrázku 3.3, a proto se tento výsledek nedá považovat za průkazný z hlediska ověření ideálního počtu stromů na KZP. Podobně je tomu i v případě porostu 448D10, kde navíc dochází k průniku křivky zcela mimo interval uváděný Šmelkem (2007). Šmelko (2007) ovšem tento pokus prováděl v porostu o velikosti 15 ha a použil plochy o celkové výměře 1,28 ha z čehož mohou plynout rozdíly. Při provedených simulacích došlo k protnutí křivek v několika případech mimo interval 15-25 stromů, ovšem průměrná hodnota vychází na 24 stromů na KZP.

7. Závěr

Pomocí KZP pěti velikostí (0,01 až 0,16 ha) byly stanoveny zásoby čtyř porostů vybraných na základě určité podobnosti porostních charakteristik. Porosty byly různého věku, vždy jeden ze třetí, čtvrté, páté a šesté věkové třídy a také různého vlastnictví – soukromé, obecní i státní. Kromě zásob byla zjišťována také časová náročnost měření.

Zásoby stanovené různými velikostmi KZP v rámci porostu se do jisté míry lišily, v některých případech poměrně významně. Rozdílnosti byly způsobeny pravděpodobně tvarem porostů a možností umístění různých velikostí ploch do okrajových částí porostů. Z toho vyplývá že z hlediska přesnosti určení zásoby je důležité zvolit vhodnou velikost KZP. Ještě více se lišily naměřené hodnoty při porovnání s údaji z LHP/LHO. Pokud by k takovýmto nepřesnostem docházelo ve více případech, může to mít negativní vliv i na kvalitu zpracování LHP a v konečném důsledku i na úroveň hospodaření na daném majetku. Z tohoto důvodu je důležité zvolit v první řadě vhodnou metodu zjišťování porostní zásoby a potom také vhodné parametry dané metody, což je v případě KZP hlavně jejich velikost.

Pro zásoby na jednotlivých KZP v rámci daných velikostí v daném porostu byly vypočteny statistické charakteristiky a sledován jejich průběh s měnící se velikostí KZP. Sledována byla především střední relativní chyba, jejíž průběh byl v některých porostech poměrně nepravidelný, ale ve všech případech byla její hodnota větší u největších ploch než u nejmenších.

Z hlediska časové náročnosti měření bylo zjištěno, že průměrný čas potřebný na změření jedné plochy s rostoucí velikostí plochy také roste, zatímco celkový čas potřebný na měření celého porostu danou velikostí KZP s rostoucí velikostí ploch klesá. Tento pokles je nejvýraznější u malých ploch a u největších ploch už je minimální.

Z tvaru křivek střední relativní chyby a času potřebného na měření byl identifikován jejich protichůdný charakter a místo jejich protnutí vyjádřené počtem stromů bylo posuzováno jako ideální počet stromů na KZP. Zjištěné hodnoty v měřených porostech byly 18, 26, 32 a 15 stromů, což je v průměru po zaokrouhlení 23 stromů na KZP. Pro další ověření byly provedeny simulace, které ukázaly hodnoty 9, 33, 30, 28 a 22 stromů, což je v průměru 24 stromů na KZP. Pro porovnání byla použita studie, kterou provedl Šmelko (2007), ve které byl stanoven ideální počet stromů na KZP v intervalu 15

až 25 stromů. Tento interval byl potvrzen pouze částečně, i když průměrné hodnoty stanovené ze změřených i simulovaných dat do tohoto intervalu spadají. Některé hodnoty jsou mimo tento interval a z toho důvodu by bylo žádoucí provést další ověření na větším počtu různých porostů, což ovšem rozsahem přesahuje tuto práci.

8. Seznam literatury a použitých zdrojů

Geoportál Lesy České republiky, 2020. *Lesy České republiky, s. p.* [online]. Hradec Králové: Lesy ČR [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: <https://geoportal.lesy-cr.cz/itc/?serverconf=default&wmcid=882#ipsQueue>

Haglöf - The Vertex Laser Geo, 2017. In: *Haglöf* [online]. Haglöf [cit. 2019-11-04]. Dostupné z: <http://www.haglofsweden.com/index.php/en/support-news/download/software/en/leaflets/85-the-vertex-laser-geo/file>

Hospodářská kniha - Obecní lesy Hejná, 2014.

Hospodářská kniha - revír Stará Ves, 2014.

KANGAS, Annika a Matti MLTAMO, 2006. *Forest Inventory: Methodology and Applications*. Netherlands: Springer. ISBN 1-4020-4381-9.

KUŽELKA, Karel et al., 2014. *Měření lesa: moderní metody sběru a zpracování dat*. 1. vydání. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská. ISBN 978-80-213-2498-5.

KUŽELKA, Karel, Róbert MARUŠÁK a Vilém URBÁNEK, 2017. *Dendrometrie*. Vydání třetí. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2789-4.

Lesní hospodářské osnovy, 2020. *ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ BRANDÝS NAD LABEM* [online]. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem [cit. 2020-02-05]. Dostupné z: <http://geoportal.uhul.cz/mapy/mapylho.html>

LINHART, Zbyněk, 2011. Digitální průměrky a klasická metoda svěrkování porostů. *Lesnická práce: časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi*. **90**(4), 26-27. ISSN 0322-9254.

MARUŠÁK, Róbert, Vilém URBÁNEK a Vladimír ŠEBEŇ, 2009. *Dendrometrické prístroje a pomôcky pre efektívne meranie lesa*. Prvé vydanie. Zvolen: Národné lesnícke centrum. ISBN 978-80-8093-097-4.

Národní inventarizace lesů, 2016. *ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ BRANDÝS NAD LABEM* [online]. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem [cit. 2020-02-23].

PETRÁŠ, Rudolf a Jozef PAJTÍK, 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*. Zvolen, **37**(1), 49-56.

ŠMELKO, Štefan, 2007. *Dendrometria: [vysokoškolská učebnica]*. Vyd. 2. Vo Zvolene: Technická univerzita. ISBN 978-80-228-1828-5.

URBÁNEK, Vilém, 2011. Moderní nástroje efektivního zjišťování porostních charakteristik. In: MARUŠÁK, Róbert et al. *Metody inventarizace a hodnocení biodiverzity stromové složky: Methods for inventory and biodiversity evaluation of tree layer*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, s. 101-109. ISBN 978-80-213-2244-8.

VAN LAAR, Anthonie a Alparslan AKÇA, 2007. *Forest mensuration*. Dordrecht: Springer. ISBN 978-1-4020-5990-2.

Vyhláška Ministerstva zemědělství o lesním hospodářském plánování, 1996. In: . Praha: Ministerstvo zemědělství, ročník 1996, číslo 84.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k .., 2016. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-389-6.