

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra hospodářské úpravy lesa



**Zhodnocení správnosti relaskopické metody v probírkových
porostech staršího věku pomocí mobilní aplikace MOTI**

Bakalářská práce

Autor: Jaroslav Pylyp

Vedoucí práce: Ing. Jan Kašpar, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaroslav Pylyp

Lesnictví

Lesnictví

Název práce

Zhodnocení správnosti relaskopické metody v probírkových porostech staršího věku pomocí mobilní aplikace MOTI

Název anglicky

Evaluation the angle-count sampling method accuracy in the older thinning forest stands using MOTI mobile application

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnotit možnosti využití mobilní aplikace MOTI pro určení porostní kruhové základny pomocí relaskopické metody v probírkových porostech (60-80 let). Součástí zhodnocení bude především ověření deklarované přesnosti určení kruhové základny při použití této aplikace.

Metodika

- 1) Bakalářská práce bude vypracovávána ve spolupráci s Bern University of Applied Science
- 2) V min. 10 vybraných lesních porostech ve věku 60–80 let bude určena kruhová základna porostu pomocí průměrkování naplno.
- 3) Následně bude v každém porostu budou založeny relaskopické zkusné plochy dle zásad stanovení vytyčovací údajů zkusných relaskopických ploch
- 4) Na každé ze zkusných ploch bude pomocí aplikace určena porostní kruhová základna a následně z těchto údajů bude vypočítána průměrná hodnota za celý porost
- 5) Zhodnotí se dosažená správnost určení kruhové základny porostu k hodnotě získané celoplošným průměrkováním

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

zkusné plochy; relaskopická metoda; porostní charakteristiky

Doporučené zdroje informací

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

URBÁNEK, V. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA, – KUŽELKA, K. – MARUŠÁK, R. *Dendrometrie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. ISBN 978-80-213-2673-6.

URBÁNEK, V. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA, – MARUŠÁK, R. – KUŽELKA, K. *Dendrometrie*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2015. ISBN 978-80-213-2600-2.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Kašpar, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra hospodářské úpravy lesů

Konzultant

Michaela Voleková

Elektronicky schváleno dne 30. 4. 2018

Ing. Peter Surový, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 17. 02. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Zhodnocení správnosti relaskopické metody v probírkových porostech staršího věku pomocí mobilní aplikace MOTI“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.05.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Kašparovi, Ph.D., za rady a připomínky týkající se této práce. Dále bych chtěl poděkovat Lesům Líšno a.s. za umožnění výzkumu na jejich lesním hospodářském celku. Poté velké poděkování patří mým rodičům za podporu během celého studia na České zemědělské univerzitě v Praze.

Abstrakt

V této bakalářské práci se řeší použitelnost mobilní aplikace v praxi. Mobilní aplikace jsou v posledních desetiletích velice populární, zvláště pro jejich všestranné využití v různých oborech. Ani obor s lesní tematikou nezaostává za ostatními obory a nalézá celou škálu využití jako například mapy, evidence dat, měření zásoby porostu a podobně. Aplikace MOTI pochází ze Švýcarska a je hojně využívána lesníky pro její přesnost v tamních podmínkách. Cílem práce bylo zhodnotit, zda je aplikace MOTI využitelná i v podmínkách České republiky. Pro tento cíl bylo vybráno deset probírkových lesních porostů ve věku 60–80 let a zde se zjišťovaly hodnoty kruhové výčetní základny, a to nejdříve metodou průměrkování naplno a poté pomocí aplikace MOTI. Na základě porovnání těchto údajů byl stanoven rozdíl dosažených hodnot. V závěru byly naměřené hodnoty pomocí mobilní aplikace MOTI systematicky podhodnoceny v 7 případech z 10.

Klíčová slova: výčetní kruhová základna, relaskopická metoda, aplikace MOTI

Abstract

This Bachelor thesis is focused on the usability of MOTI mobile application in practice. Mobile applications have shown a significant increase in popularity in recent decades, particularly for their versatility and the use in various fields. The forest industry makes no exception and found its way to applications utilization in many ways, such as: digital maps, data registration, cover measurement etc. MOTI is a simple smartphone app, that was developed in Switzerland and local forestry professionals use it mainly for its accuracy in capturing the key dendrometric variables. The main objective of this thesis was to find out whether MOTI application was suitable to be used also in the conditions of Czech Republic's forestry. For the purpose of testing, ten examples of thinning forest stand in the age from sixty to eighty years old have been selected, focusing on the variable of basal area value. The measurement was firstly done by the fill caliper method, and then with the help of the MOTI application. Based on the data comparison, the difference in achieved values was determined. In conclusion, the measured values using the MOTI mobile application were systematically undervalued in 7 out of 10 cases.

Keywords: basal area, relascope method, MOTI application

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek.....	11
Úvod.....	13
1 Cíl práce a metodika.....	14
1.1 Cíl práce.....	14
2 Rozbor problematiky.....	15
2.1 Vznik relaskopické metody	15
2.2 Vysvětlení a použití relaskopické metody.....	15
2.3 Pomůcky	17
2.3.1 Relaskopická hůl.....	17
2.3.2 Optický klín	18
2.3.3 Řetízkový relaskop.....	18
2.3.4 Relaskop se standardní škálou	19
2.3.5 Relaskop se širokou škálou.....	22
2.3.6 Relaskop s CP-škálou.....	22
2.3.7 Tele-relaskop	22
2.3.8 Cejchování relaskopických pomůcek.....	22
2.3.9 Mobilní aplikace MOTI.....	23
3 Metodika	Chyba! Záložka není definována.
3.1 Aplikace MOTI.....	24
3.1.1 Návod k aplikaci	24
3.2 Lokalita použité metodiky	30
3.3 Měření.....	30
3.3.1 Organizace práce.....	30
3.3.2 Průměrkování naplno	31
3.3.3 Samotné relaskopování pomocí MOTI	32
3.3.4 Stanovení příslušných vytyčovacích údajů	32
3.4 Výpočet výčetní kruhové základny.....	34
3.4.1 Průměrkování naplno	34
3.4.2 Relaskop	34
3.5 Studentův párový t-test.....	34

4	Výsledky	36
4.1	Porostní skupiny	36
4.2	Studentův párový t-test	50
5	Diskuze	53
	Závěr	55
	Seznam literatury a použitých zdrojů	56
	Seznam příloh	59
	Přílohy	60

Seznam obrázků

Obrázek 1. Zleva – Relaskopická hůl, 1 – strom zaujatý, 2 – strom polozaujatý a 3 – strom nezaujatý	17
Obrázek 2. Základní princip relaskopické zkusné plochy	18
Obrázek 3. 1 – strom zaujatý, 2 – strom hraniční, 3 – strom nezaujatý	18
Obrázek 4. Standardní metrická stupnice zrcadlového relaskopu	20
Obrázek 5. Hlavní nabídka	24
Obrázek 6. Ikony z pravého horního rohu v hlavní nabídce.....	25
Obrázek 7. Nastavení	25
Obrázek 8. Volby	26
Obrázek 9. Měření výčetní kruhové základny	27
Obrázek 10. Kalibrace telefonu	28
Obrázek 11. Kalibrace telefonu pomocí čar	29
Obrázek 12. Správné měření kmenů průměrkou	32

Seznam tabulek

Tabulka 1. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 15 A 6.....	36
Tabulka 2. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 15 A 6	36
Tabulka 3. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 15 A 6	37
Tabulka 4. Výsledky naměřené MOTI, porost 15 A 6.....	37
Tabulka 5. Kontrola požadované přesnosti, porost 15 A 6	37
Tabulka 6. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 2 A 8.....	38
Tabulka 7. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 2 A 8	38
Tabulka 8. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 2 A 8	38
Tabulka 9. Výsledky naměřené MOTI, porost 2 A 2.....	38
Tabulka 10. Kontrola požadované přesnosti, porost 2 A 8	39
Tabulka 11. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 5 B 8	39
Tabulka 12. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 5 B 8.....	39
Tabulka 13. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 5 B 8	39
Tabulka 14. Výsledky naměřené MOTI, porost 5 B 8	40
Tabulka 15. Kontrola požadované přesnosti.....	40
Tabulka 16. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 6 E 8a.....	40
Tabulka 17. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 6 E 8a	40
Tabulka 18. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 6 E 8a.....	41
Tabulka 19. Výsledky naměřené MOTI, porost 6 E 8a.....	41
Tabulka 20. Kontrola požadované přesnosti 6 E 8a.....	41
Tabulka 21. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 12 D 7.....	42
Tabulka 22. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 12 D 7	42
Tabulka 23. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 12 D 7	42
Tabulka 24. Výsledky naměřené MOTI, porost 12 D 7.....	42
Tabulka 25. Kontrola požadované přesnosti, porost 12 D 7.....	43
Tabulka 26. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 14 A 7.....	43
Tabulka 27. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 14 A 7	43
Tabulka 28. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 14 A 7	43
Tabulka 29. Výsledky naměřené MOTI, porost 14 A 7	44
Tabulka 30. Kontrola požadované přesnosti, porost 14 A 7.....	44
Tabulka 31. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 14 C 8b	44

Tabulka 32. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 14 C 8b.....	45
Tabulka 33. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 14 C 8b	45
Tabulka 34. Výsledky naměřené MOTI, porost 14 C 8b	45
Tabulka 35. Kontrola požadované přesnosti, porost 14 C 8b.....	45
Tabulka 36. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 17 A 7a	46
Tabulka 37. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 17 A 7a.....	46
Tabulka 38. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 17 A 7a	46
Tabulka 39. Výsledky naměřené MOTI, porost 17 A 7a	47
Tabulka 40. Kontrola požadované přesnosti, porost 17 A 7a.....	47
Tabulka 41. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 19 F 6.....	47
Tabulka 42. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 19 F 6	47
Tabulka 43. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 19 F 6.....	48
Tabulka 44. Výsledky naměřené MOTI, porost 19 F 6.....	48
Tabulka 45. Kontrola požadované přesnosti, porost 19 F 6	48
Tabulka 46. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 28 C 7	49
Tabulka 47. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 28 C 7.....	49
Tabulka 48. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 28 C 7	49
Tabulka 49. Výsledky naměřené MOTI, porost 28 C 7	50
Tabulka 50. Kontrola požadované přesnosti, porost 28 C 7.....	50
Tabulka 51. Výpočet rozdílů hodnot VKZ	51

Úvod

Svět se nachází v neustálém vývoji technologií, jež nám ulehčují život v práci, doma, ve zdravotnictví, v dopravě a v dalších činnostech. Co se týče lesa a hospodaření v něm, zde také dochází k velké modernizaci a vývoji nových technologií.

S nástupem mobilních telefonů dochází ke zboření komunikační bariéry a urychlení cyklu výroby a prodeje mezi kupujícími a dodavatelem. Z přenosných tlačítkových telefonů se vyvinuly chytré mobilní telefony s dotykovým displejem, které využívají operační systém a umožňují instalaci programů. K velkým nevýhodám chytrých telefonů ale bohužel patří malá výdrž baterie a cena. Za kvalitnější model telefonu si lze připlatit i v řádech 10 000 korun. Velkou výhodou chytrého telefonu je jeho univerzálnost užívání, je skladný, přenosný, má dostatečné úložiště a je možné do něj stáhnout aplikace placené i bezplatné. Lesník zde má možnost využití elektronické hospodářské knihy, evidence, plateb, lesnické mapy a funkci GPS. Aplikace vyvíjené pro lesníky přinášejí velký pokrok do lesnictví, stále se zdokonalují a jednou mohou zcela nahradit velmi drahé přístroje a pomůcky lesníka.

Velký pokrok zde učinila aplikace MOTI, s jejíž pomocí lze stanovit výčetní kruhovou základnu, výšky stromů, počet stromů na hektar a zásobu porostu. Na jejím vývoji se podíleli odborníci ze švýcarské univerzity Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) ve spolupráci s Berner Fachhochschule (BFH).

U této aplikace získáváme naměřená data pomocí fotoaparátu velmi snadno během chvíle, protože disponuje přehledným uspořádáním dat v úložišti s GPS lokací. Víceúčelová aplikace má i dost praktických vychytávek, např. automatickou korekci na sklon terénu a zvolení libovolné velikosti záměrné úsečky s funkcí zoom pro lepší posuzování hraničních kmenů. MOTI lze používat i bez internetového připojení.

1 Cíl práce a metodika

1.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit možnosti využití mobilní aplikace MOTI pro stanovení porostní kruhové základny prostřednictvím relaskopické metody v probírkových porostech ve věku 60-80 let. Součástí zhodnocení bude v první řadě ověření deklarované přesnosti určení výčetní kruhové základny během používání této aplikace. V deseti vybraných probírkových lesních porostech bude stanovena výčetní kruhová základna porostu pomocí průměrkování naplno. Následně se v každém porostu použije mobilní aplikace MOTI a stanoví se také kruhová výčetní základna. Tyto dvě metody posléze budou mezi sebou porovnány a zhodnoceny, zda bylo dosaženo správnosti určení kruhové základny porostu k hodnotě získané celoplošným průměrkováním. Dále v této práci bude zjištěno, jestli tuto aplikaci lze použít i v běžném provozu a zda se může lesník spolehnout na naměřené hodnoty, či nikoliv.

2 Rozbor problematiky

2.1 Vznik relaskopické metody

Relaskopická metoda je založená na úhlovém sčítání kmenů. Princip objevil rakouský prof. Walter Bitterlich už více než před 70 lety a v současnosti je známá a po celém světě velmi rozšířená jako „relaskopická metoda“. W. Bitterlich postupně sestrojil celou sérii stále dokonalejších přístrojů na realizaci tohoto úplně nového měřicího systému v lesnictví (Bitterlich 1984).

Relaskopická metoda je považována za jeden z nejdůležitějších úspěchů vědy v lesnické taxaci. Pod termínem relaskopická taxace se rozumí definice odhadu plošné zásoby porostu pomocí úhlových měřicích pomůcek – sklíčko, relaskop a telerelaskop navržený W. B.

Domácí i zahraniční vědci oceňují tuto metodu jako největší objev, jaký dal počátek novému, stále důležitějšímu směru ve vývoji taxační techniky.

2.2 Vysvětlení a použití relaskopické metody

Relaskopická metoda je reprezentativní metoda založená na porovnání pozorovacího úhlu, pod nímž měřič z relaskopického stanoviště pozoruje výčetní tloušťku stromu s definovaným záměrným úhlem, nebo ekvivalentně na porovnání výčetní tloušťky stromu se zdánlivou délkou záměrné úsečky (Kuželka a kol. 2016).

Slouží k rychlému určení hektarové výčetní kruhové základny porostu ($G \cdot \text{ha}^{-1}$), resp. následně k výpočtu jeho hektarové zásoby ($V \cdot \text{ha}^{-1}$), aniž by bylo nutno tento porost pracně průměrkovat (Štícha 2015).

Pro stanovení příkladu relaskopické metody si je možno představit relaskopickou hůl, kde poměr šířky výřezu na konci hole (a) a délky hole (b) vytvoří záměrný úhel (α). Z vybraného místa v porostu sečteme všechny kmeny, jejichž výčetní tloušťka se zdá větší než šířka výřezu na holi. Uvažujeme-li pak pouze kmeny o výčetní tloušťce d_1 , vytyčíme tak pro ně tímto způsobem kruh o poloměru r_1 , přičemž platí

$$r_1 = \frac{b}{a} d_1 \quad (1)$$

Kruhovou základnu k_1 stromů o výčetní tloušťce d_1 , jejichž počet v daném kruhu je m_1 , získáme pak podle vztahu

$$k_1 = m_1 \cdot \frac{\pi}{4} d_1^2 \quad (2)$$

A plocha tohoto kruhu p_1 je pak

$$P_1 = \pi \cdot r_1^2 = \left(\frac{b}{a}\right)^2 d_1^2 \quad (3)$$

Z poměru $k_1 : p_1$ je možné odvodit přímo kruhovou výčetní základnu čítaných stromů na 1 ha, tj. na 10 000 m² porostu (K_1/ha) podle úměry

$$\frac{k_1 / \text{ha}}{10000} = \frac{k_1}{P_1} = \frac{m_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2}{\pi \left(\frac{b}{a}\right)^2 \cdot d_1^2} = \frac{m_1}{4 \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2} \quad (4)$$

$$K_1 / \text{ha} = 10000 \cdot \frac{m_1}{4 \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2} = 2500 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2 \cdot m_1 = f_c \cdot m_1 \quad (5)$$

Tatáž úvaha platí i pro ostatní výčetní tloušťky stromů d_2, d_3, \dots, d_n .

Sečtení všech výčetních tlouštěk d_n dostaneme kruhovou výčetní základnu porostu, která se stanovuje přímo na plochu 1 ha (K/ha).

$$K / \text{ha} = 2500 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2 M \quad (6)$$

$$k / \text{ha} = f_c \cdot M ; f_c = 2500 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2 \quad (7)$$

Kde: f_c ... násobný koeficient

$M = \sum_{i=1}^n m_i$... počet všech kmenů, jejichž výčetní tloušťka $d_{1,3}$ přesahuje záměrnou úsečku (a)

Pro výpočet hraničních kmenů (m_1) se používá zpravidla tento vzorec:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i + \sum_{i=1}^n \frac{m_1}{2} \quad (8)$$

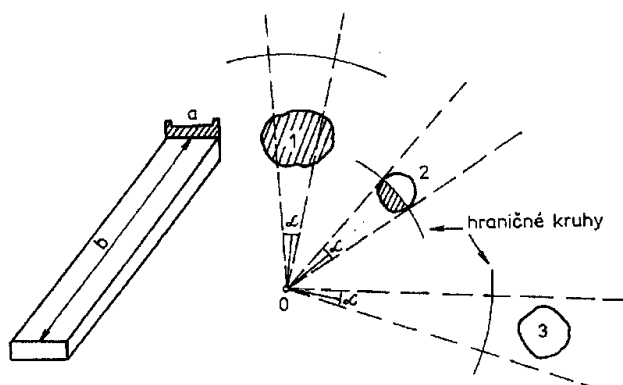
2.3 Pomůcky

Relaskopickou pomůckou se může stát jakýkoliv předmět pevně definující pozorovací úhel a umožňující porovnat záměrnou úsečku s tloušťkou pozorovaného stromu (Kučelka a kol. 2016). U relaskopického klínu, hole a řetízkového relaskopu se musí ve sklonitém terénu provádět korekce na sklon, kterou vypočítáme násobným koeficientem β :

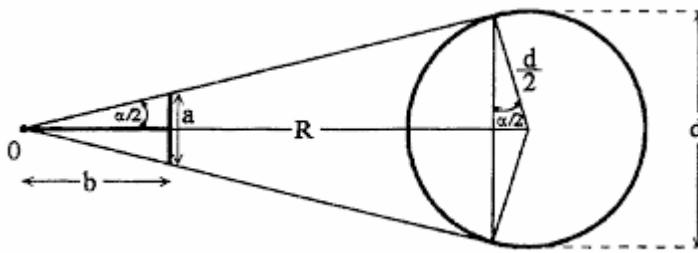
$$k = \frac{1}{\cos\beta} = \sec\beta \quad (9)$$

2.3.1 Relaskopická hůl

Je historicky první a nejjednodušší relaskopická pomůcka. Představíme si ji jako tyčku o délce (b), na konci tyčky je připevněný oplechovaný výřez (a) – obr. č. 1. Poměr $a : b$ vytváří záměrný úhel α . Z určitého místa v porostu zaměříme na všechny okolní stromy ve výšce 1,3 m. Vytyčí se opticky pro každý strom relaskopická plocha, kde poloměr R se rovná C násobku tloušťky d dotyčného stromu – obr. č. 2 (Šmelko 2000).



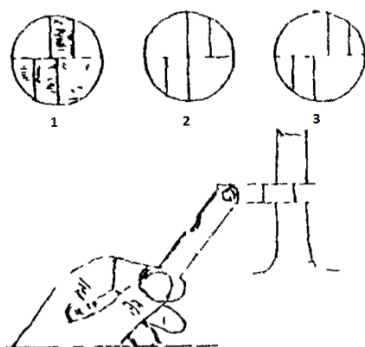
Obrázek 1. Zleva – Relaskopická hůl, 1 – strom zaujatý, 2 – strom polozaujatý a 3 – strom nezaujatý (Šmelko 2000)



Obrázek 2. Základní princip relaskopické zkusné plochy (Šmelko 2000)

2.3.2 Optický klín

Přístroj sloužící pro měření kmenů v porostu a vypočtení plošné zásoby v porostu pomocí lomu světla ve sklíčku (Šutov, Kožurin 2011). Používání optického klínu je jednoduché. Při jeho používání se sklíčko přiloží před oko a v prsní výšce se pozorují okolní kmeny. Pokud se kmeny překrývají, počítáme ho jako strom zaujatý a zapíšeme s hodnotou 1. V opačné situaci nastane, že se kmeny nepřekrývají a kmen počítáme jako nezaujatý s hodnotou 0. Jestliže se kmeny dotýkají hranou, jde o kmen hraniční s hodnotou $\frac{1}{2}$ (Federalnaja služba lisnogo chozjajstva rossii 1993).



Obrázek 3. 1 – strom zaujatý, 2 – strom hraniční, 3 – strom nezaujatý (Federalnaja služba lesnogo chozjajstva Rossii)

2.3.3 Řetízkový relaskop

Hojně využívaná pomůcka z dendrometrických pomůcek je řetízkový relaskop. Tento relaskop vyobrazuje čtyři různé záměrné úsečky ($c = \frac{1}{2}, 1, 2, 4$), a jsou tedy univerzálně využitelné ve všech porostech v našich podmínkách. Je to jednoduchá, snadno přenosná a odolná pomůcka (Kuželka, Marušák, Urbánek 2016).

2.3.4 Relaskop se standardní škálou

Další pomůcka, s kterou jde provádět relaskopickou metodu, se nazývá zrcadlový relaskop.

Je to velmi přesný a univerzální optický přístroj zkonstruovaný samotným autorem W. Bitterlichem (Atroščenko 2015). Zahrnuje měřicí škálu, která umožňuje měřit celou řadu různých veličin:

- Kruhovou základnu s použitím různých hodnot násobného a distančního koeficientu ($f_c = 1,2$ a 4).
- Vzdálenost kmene.
- Výška stromu (z odstupových vzdáleností 15, 20, 25 a 30 m).
- Sklon terénu.
- Tloušťku kmene v jakékoliv výšce stromu.

Měření je s ním náročné a vyžaduje zkušenou osobu s odpovídajícími schopnostmi tohoto přístroje. Bohužel je poměrně drahý, ale má zase velkou výhodu oproti předchozím pomůckám na relaskopování, a tou je automatická úprava na sklon terénu (Anučin 1982).

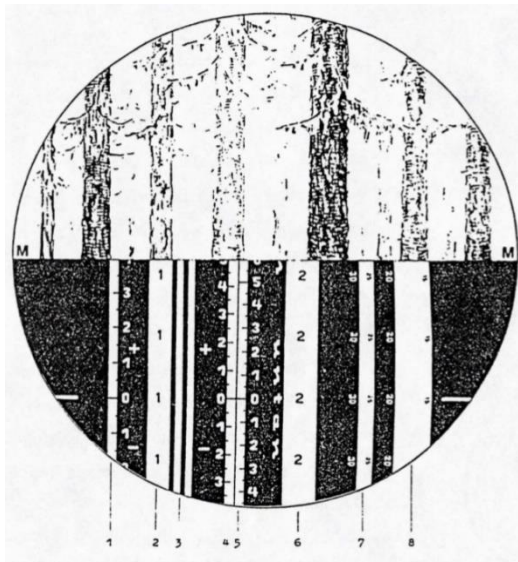
V přístroji můžou být použity čtyři typy stupnic:

- Metrická standardní stupnice;
- „Široká“ stupnice – pro měření mimořádně silných stromů, korun atd.;
- Metrická CP stupnice – pro měření horizontálních a vertikálních úhlů v %;
- Americká stupnice – pro měření v palcích a stopách.

Metrická standardní stupnice se skládá ze střídavě černých a bílých proužků různé šířky:

1. Stupnice pro měření výšky z odstupové vzdálenosti 20 m.
2. Proužek pro měření kruhové výčetní základny $f_c = 1$.
3. Úzké proužky zobrazující násobky a zlomky f_c .
4. Stupnice pro měření výšky z odstupové vzdálenosti 25 m.
5. Stupnice pro měření výšky z odstupové vzdálenosti 30 m.

6. Pruh pro měření kruhové výčetní základny pro $f_c = 2$.
7. Stupnice pro měření odstupové vzdálenosti.
8. Stupnice pro měření odstupové vzdálenosti.



Obrázek 4. Standardní metrická stupnice zrcadlového relaskopu (Šmelko 2000)

Měření kruhové výčetní základny:

Pro měření se využívají bílé proužky označené jako 1 a 2, pokud je bílý proužek užší než měřený kmen, jedná se o kmen zaujatý s hodnotou 1 m^2 kruhové výčetní základny. Jestliže se okraje proužku kryjí s hranou kmene, počítá se jako kmen hraniční, a pokud je proužek širší než kmen, zapisuje se jako kmen nezaujatý. Vše se měří ve výšce 1,3 m (Simon, Kadlec 2014).

Měření tloušťek v nepřístupných výškách:

Zde se znovu použije proužek 1. Pro měření platí, že polovina proužku 1 je stejná jako tloušťka v cm, jako je odstupová vzdálenost v m (Simon, Kadlec 2014).

Měření výšky

Pro měření výšek se používají tři výškové stupně: první je odstupová vzdálenost ve 20 m a je umístěna na škále úplně vlevo, druhá a třetí se nachází ve středu pole s odstupovou vzdáleností 25 m a 30 m. Pro odměření výšky jsou potřeba dva body – na vrchol a na patu stromu. Při volbě 15m odstupové vzdálenosti se použije 30m výšková stupnice a výsledky se vydělí dvěma (Šmelko 2000).

Měření sklonu terénu v %

Škála relaskopu nemá pro tento účel samostatnou stupnici, ale jako náhrada se používá výškové stupnice. Převýšení terénu na 100 m (sklon v %) dostaneme tak, že hodnota převýšení 20 m vynásobíme 5 nebo hodnota převýšení na stupnici 25 vynásobíme 4 (Šmelko 2000).

Optické měření odstupové vzdálenosti od stromu

Tato metoda má následující postup:

- Používá se dvoumetrová lať ve vzdálenostech 15 m, 20 m, 25 m a 30 m.
- Lať se zavěsí na strom.
- Zvolí se odstupová vzdálenost a odpovídající stupnice v zorném poli relaskopu.
- Zacílí se relaskopem na prostředek latě a zajistí se.
- Relaskop se obrátí o 90 stupňů do vodorovné polohy, zacílí se na lať a pohybuje se pomalu ke stromu nebo od něj, dokud se nedostaneme na shodu délky latě s příslušnou úsečkou v zorném poli (Šmelko 2000).

Měření výtvarnicové výšky

Vychází se z teorie Presslerovy úměrné výšky, tzv. úměrný bod je třeba najít na stromě, kde tloušťka příčného průřezu kmene se rovná polovině tloušťky stromu $d_{1,3}$. Pomocí relaskopu je řešen postup takto:

- Používá se záměrná úsečka 4.
- Měřič se od stromu vzdaluje tak, dokud se úsečka 4 nepřekryje s tloušťkou $d_{1,3}$.
- Poté se hledá místo na kmeni, kde se jeho tloušťka přesně kryje se záměrnou úsečkou 1.
- Na výškové stupnici 25 m se zjistí výška úměrného bodu.
- Pokud se použije záměrný úhel 1 + dva $\frac{1}{4}$ proužků, tloušťka v úměrném bodě musí odpovídat šířce tří $\frac{1}{4}$ proužků.
- Jestliže se použije záměrný úhel 1, tloušťka v úměrném bodě musí odpovídat šířce dvou $\frac{1}{4}$ proužků (Šmelko 2000).

2.3.5 Relaskop se širokou škálou

Konstrukčně je stejný jako zrcadlový relaskop, jen namísto standardní metrické škály (vhodný pro evropské poměry) má jinou – širokou stupnici (nem. Breitskala, angl. Wide Scale). Je určený pro měření silnějších stromů, a to především v tropických podmínkách (Šmelko 2000).

2.3.6 Relaskop s CP-škálou

U této stupnice se setkáváme s kombinací standardní a široké škály. Jako jediná má nastavitelnou kruhovou výčetní základnu s hodnotou 3. Záměrné úsečky 4, 3, 2 a 1 mají usnadňovat určování hraničních stromů. Má také korekční stupnici CP vodorovné vzdálenosti (Bitterlich 1990).

2.3.7 Tele-relaskop

Tele-relaskop je dendrometrická pomůcka, která získává relativním a nedestruktivním měřicím způsobem horní výšku a šířku kmene z větší vzdálenosti.

Tyto naměřené hodnoty mohou být použity k vytvoření kmenového profilu a k výpočtu objemu lokálních stojících stromů. Tele-relaskop je užitečným nástrojem pro každého lesníka (Haywood 1999).

Tele-relaskop má relativně dobré vnitřní osvětlení přístroje a jeho osminásobné zvětšení umožňuje uživateli vidět kmen i v horších světelných podmínkách (Hansen, Burk 1998).

K relaskopování slouží 7 záměrných úseček s hodnotami $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, $\frac{9}{4}$, 3 a 4 (Šmelko 2000).

2.3.8 Cejchování relaskopických pomůcek

Cejchování relaskopických pomůcek je zjištění hodnoty násobného faktoru u optického klínu. Jde o zjištění správné vychylovací schopnosti světelných paprsků klínem.

Při cejchování pomůcek se vezme terč umístěný ve vzdálenosti r a šířce d . Pokud se měří např. s relaskopickým klínem, který má z výroby zpravidla $f_c = 1$, a zvolí se odstupová vzdálenost $r = 500$ cm, tloušťka terče $d = 10$ cm, vezme se jedna

z hodnot (r , d) a změří se přesně, poté se druhá určí relaskopickým klínem ($r \pm \Delta$, $d \pm \Delta d$).

$$\text{Kde: } \frac{r}{a} = \frac{b}{a}$$

Následně se vypočte skutečný násobný koeficient f_c , jenž se porovná s údajem výrobce pro relaskopický klín a stanoví se odchylka.

Tyto údaje jsou distribuovány s těmito parametry:

c – distanční koeficient

f_c – násobný koeficient

$\Delta K\%$ – Chyba, jíž je zatížen výsledek v důsledku nepřesnosti požadovaných vlastností pomůcky (Simon and Zach 1990).

2.3.9 Mobilní aplikace MOTI

Tato švýcarská aplikace je volně dostupná zdarma na podporovaných zařízeních Android v Obchodu Play a také nově na zařízení iOS v App Store. Dalšími výhodami se spojitostmi aplikace a chytrého telefonu je relativně jasná optika, jasná obrazovka, funkce zoomu a automatická korekce na sklon terénu a díky integrovaným sensorům může aplikace zjednodušit a vyhodnotit okamžitě výsledky na obrazovku. MOTI je aplikace pro chytré telefony, která umožňuje zaznamenat data porostu v krátkém čase během pár kliknutí na obrazovku – zásobu, výšku stromů, výčetní kruhovou základnu a počet kmenů na hektar. MOTI je výsledkem výzkumného a vývojového projektu, který provádí Univerzita zemědělských, lesnických a potravinářských věd (HAFL) ve spolupráci s katedrou technologie a informatiky na Bernské univerzitě aplikovaných věd (BFH). Projekt byl financován a podporován fondem pro výzkum lesa a dřeva – Bundesamt für Umwelt (BAFU) a sedmi vyššími územními správními jednotkami s určitou samosprávou ve Švýcarsku (Freiburg, Graubünden, Luzern, Tessin, Wallis, Waadt a Zürich), tzv. kantony (Rosset et al. 2015).

Aplikace je disponována úložištěm pro měřená data včetně GPS souřadnic a jejich vyhodnocení výsledků pomocí přehledného grafu.

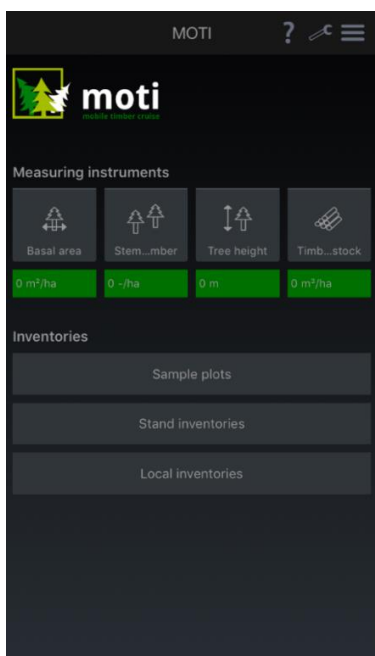
2.4 Aplikace MOTI

Aplikace MOTI je mobilní aplikace na chytrých telefonech pro snadné a pohodlné zachycení všech klíčových proměnných týkajících se stavu lesů. Aplikace pro Android a App Store je speciálně navržena pro lesníky, aby jednoduchým, nákladově efektivním a spolehlivým způsobem zachytila klíčové dendrometrické proměnné, jako je kruhová výčetní základna, počet stromů na ha, výška stromů a zásoba. Internetové připojení není vyžadováno (s výjimkou přístupu na stránku *Nápověda*). Uživatelský návod je k dispozici v němčině, francouzštině, italštině a angličtině.

2.4.1 Návod k aplikaci

Po spuštění aplikace se zobrazí okénko s textem „Vítejte v MOTI“ a číslo její verze.

Zde je zobrazeno, co aplikace umí, a vyzve uživatele ke kalibraci, bez níž je nemožné plnohodnotně pracovat dál. Dále je zobrazen odkaz na webovou stránku MOTI, kde je možné najít nápovědu k použití aplikace. Po zavření uvítacího okénka se zobrazí hlavní nabídka.



Obrázek 5. Hlavní nabídka (Vlastní zpracování)

V hlavní nabídce se zobrazí Measuring instruments (měřicí pomůcky), ikony: Basal area factor (kruhová výčetní základna), Stem number (počet kmenů na ha), Tree height (výška stromu), Timber stock (zásoba).

Pod nimi je zobrazena Inventories (Inventarizace) pro Sample plots (Zkusné plochy), Stand inventories (Porostní inventarizace) a Local inventories (Lokální inventarizace). Zde si uživatel může vybrat variantu, s kterou právě chce měřit.



Obrázek 6. Ikony z pravého horního rohu v hlavní nabídce (Vlastní zpracování)

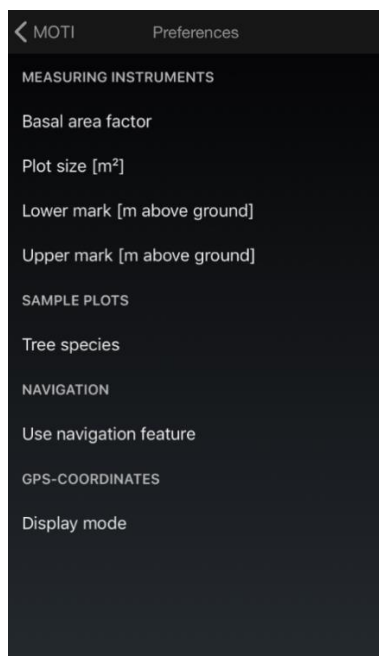
V pravém horním rohu jsou 3 ikony, které slouží k:

zleva → Náповěda → uživatel je přesměrován na stránky MOTI

uprostřed → Nastavení → uživateli je zde nabídnuta změna parametrů

měřicích pomůcek viz (Obr. č. 7)

zprava → Volby → viz (Obr. č. 8)



Obrázek 7. Nastavení (Vlastní zpracování)

Nastavení se skládá z Measuring instruments (Měřičské pomůcky):

- Basal area factor (Násobný faktor).
- Plot size (Velikost zkusní plochy v m²).
- Lower mark (Dolní značka na výtyčce v m nad zemí).
- Upper mark (Horní značka v m nad zemí).

Sample plots (Zkusné plochy):

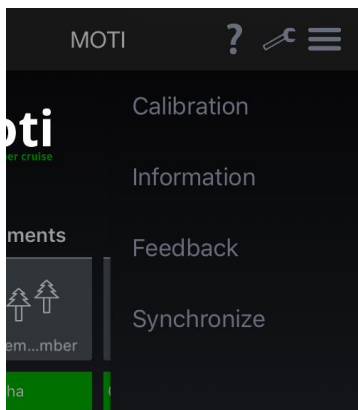
- Tree species (Dřeviny).

Navigation (Navigace):

- Use navigation feature (Využití funkce pro navigaci vyp/zap).

GPS-COORDINATES (Souřadnicový systém):

- Display mode (Zobrazovací mód – WGS 84 nebo švýcarské souřadnice).



Obrázek 8. Volby (Vlastní zpracování)

Volby jsou rozdělené do 4 kolonek.

- a) Calibration (Kalibrace) – v této kolonce si lze přenastavit kalibrované hodnoty jednotlivě, nebo zvolit novou kalibraci.
- b) Information (Informace) – základní informace o aplikaci MOTI, financování a projektová organizace.
- c) Feedback (Zpětná vazba) – zde uživatel může poslat svoji zpětnou vazbu přes.

d) E-mail.

e) Synchronize (Synchronizace) – omezený přístup, jen pro prémiové zákazníky.



Obrázek 9. Měření výčetní kruhové základny (Vlastní zpracování)

Na tomto obrázku je vidět měřený porost pomocí měřičské pomůcky Basal area facor.

Po stranách obrazovky jsou vidět dvě hodnoty, kladná +1 a záporná -1, které slouží k přičtení nebo odečtení zaujatých kmenů.

Uprostřed obrazovky se nacházejí dva zelené rovnostranné trojúhelníky, jež udávají záměrnou úsečku, u které byl předem nastavený násobný faktor.

Nad záměrnou úsečkou se nachází bílá tabulka s hodnotami:

- k – násobný faktor.
- n – počet zaujatých stromů.
- G – hodnota výčetní kruhové základny na ha.

Pod bílou tabulkou se nacházejí dvě tlačítka se vzhledem lupy + a -, sloužící k přiblížení nebo oddálení zoomu.

Ikony *New* a *Finish* po stranách znamenají:

New – vymazání aktuálně měřených dat a pokračování měření v dalším pokusu

Finish – ukončení měření dat, která se uloží uživateli do *Inventories – Sample plots*.

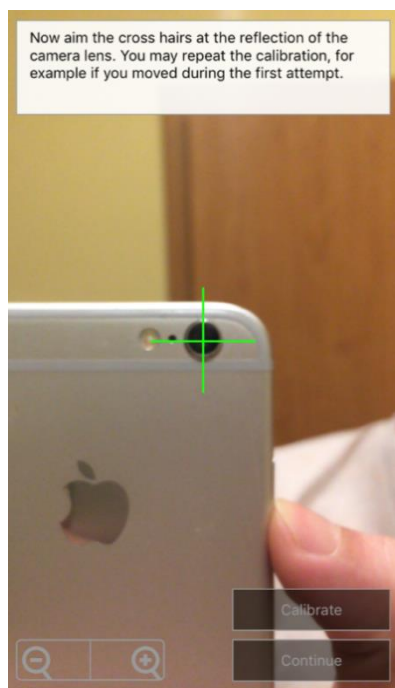
U této aplikace je obrovská výhoda nastavení jakékoliv hodnoty záměrné úsečky, jejíž výsledek se automaticky přepočte na zásobu G v ha.

Kalibrace

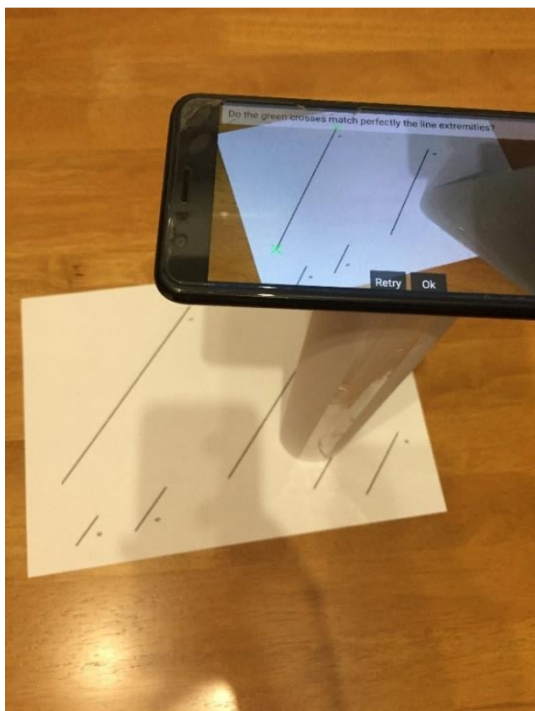
Kalibrace je nezbytnou nutností, a tudíž se tento krok nedoporučuje přeskočit kvůli správnosti měření. Zkalibrovat zařízení je možno hned na začátku po prvním spuštění aplikace nebo až potom v hlavní nabídce *Kalibrace*.

Při samotné kalibraci se zobrazí pomůcky ke kalibraci (zrcadlo, 2× A3 listy papíru o rozměrech 2× A3 nebo 3× A4, lepicí pásku). Kalibrace zabere cca 15 min. a je apelován důraz na to, aby budoucí uživatel dbal pokynů doporučeného návodu a tipů (viz nezaměnit objektiv fotoaparátu s bleskem).

Uživatel přistoupí k zrcadlu a zaměří záměrný kříž na odraz objektivu fotoaparátu v zrcadle a zkalibruje, poté se telefon otočí o 90° proti směru hodinových ručiček a znovu zkalibruje. Kalibraci je možno opakovat, např. pokud se omylem pohnulo telefonem během měření (Obr. č. 9).



Obrázek 10. Kalibrace telefonu (Vlastní zpracování)



Obrázek 11. Kalibrace telefonu pomocí čar (Vlastní zpracování)

Dále aplikace vybízí k dalšímu kroku, a tím je určení záměrného úhlu fotoaparátu.

Při tomto kroku se použije vytisknutý papír ze stránky (www.moti.ch) vzor čar. Je nutné si dát pozor při výtisku, aby vzor byl ve skutečné velikosti v nastavení tisku.

Na vytištěný vzor se položí na výšku válec z $2 \times A4$ slepený izolepou nebo A3.

(Obr. č. 10). Na válec z papíru se položí telefon, aby foťák směřoval směrem dolů na záměrné čáry, stiskne se tlačítko kalibrovat a aplikace zobrazí, jakou čáru si uživatel vybral (čáry jsou očíslované 1 až 6). Potom se aplikace zeptá, jestli jsou zelené kříže přesně na koncích čáry viz (obr. č. 10), a podle toho, jestli je, nebo není, se pokus buď potvrdí, nebo znovu zopakuje. Po skončení kalibrace se objeví, aby si uživatel zapsal zkalibrované údaje a předešel tak k případné ztrátě dat během další možné aktualizace.

Jestli je kalibrace správná, se zjistí tak, že se vezme kreditní karta o standardních rozměrech, svisle se připevní ke zdi a spustí se měření výčetní kruhové základny v aplikaci.

Při měření se kreditní karta musí dotýkat hran záměrné úsečky v těchto vzdálenostech:

- Při násobném faktoru 1 – vodorovné vzdálenosti 2,70 m.
- Při násobném faktoru 2 – vodorovné vzdálenosti 1,91 m.
- Při násobném faktoru 3 – vodorovné vzdálenosti 1,35 m.

3 Metodika

3.1 Lokalita výzkumu

Pro stanovení zásoby porostů průměrkováním a odhadu porostní zásoby pomocí mobilní aplikace MOTI byly použity lokality lesy Líšna a.s., které se nacházejí ve Středočeském kraji, okres Benešov. Lesní hospodářský celek Líšno leží v přírodní oblasti č. 10 – Středočeská pahorkatina a v přírodní lesní oblasti č. 16 – Českomoravská vrchovina. Do LHC Líšno zasahuje přírodní park Džbány (688 m. n. m.) – Žebrák (585 m. n. m.), jejichž území je velmi významné díky své rozmanitosti, zachovalosti, proto se zde vyskytuje také celá řada zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů. V lesním hospodářském celku Líšno je hlavní dřevinou smrk, jehož zastoupení činí 73 %, dále je to sestupně dub 8 %, buk 5 %, borovice 4 % a ostatní dřeviny – jedle, modřín, javor, jasan, douglaska atd.

3.2 Měření

Pro účely bakalářské práce bylo vybráno 10 probírkových porostů staršího věku, kde hlavním kritériem byl výběr mezi 60-80 lety. Samotné měření v porostních skupinách probíhalo nejdříve vyprůměrkováním porostu naplno a následným změřením pomocí mobilní aplikace MOTI. U obou těchto metod se zjišťovala výčetní kruhová základna.

3.2.1 Organizace práce

Nezbytnými věcmi, bez kterých se měřič neobejde a jež je nutné si vždy připravit předem, jsou: průměrka, mobilní telefon, porostní mapa, křída, zápisník, tužka, kalkulačka, stužky nebo provázky, pásmo, (notebook) a sezónní oblečení podle počasí. Každý porost je třeba si kolem dokola obejít a vyznačit jeho hranici.

3.2.2 Průměrkování naplno

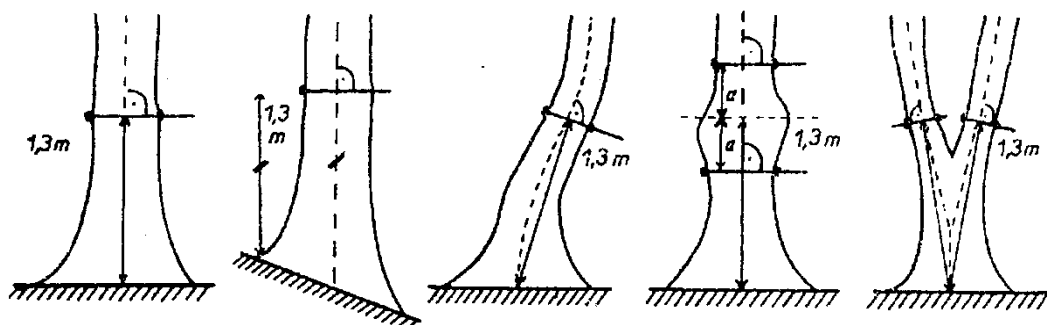
Při použití průměrkování naplno se použila elektronická průměrka Mantax Digitech od švédské firmy Haglöf.

Průměrkování se použije v těch situacích, kdy není možné nebo účelné relaskopování, tzn. porosty malé, úzké, členité, s podrostem, s cennými sortimenty apod. (Štipl 1997).

Průměrka se přiloží kolmo ke kmeni tak, aby s ní nešlo volně pohybovat a aby se dotýkala kmene ve třech bodech na měřicí liště a v ramenou průměrky (Sergeev 1953). Elektronické měření průměrkou zvyšuje efektivnost práce díky přesnému automatickému čtení hodnot z ramen průměrky, které se zobrazují na displeji. Tyto údaje je možné přenést do kapesního počítače (Sevko 2009). Velkou výhodou tohoto přístroje je automatické změření celkové tloušťky větší, než je samotná průměrka, tzn. změření max. tloušťky na průměrce + doměrek = celkový průměr kmene.

Při průměrkování je důležité si stromy značit křídou, aby nedošlo ke změření dvakrát toho samého kmene. Měřič postupuje směrem zleva doprava nebo zprava doleva v porostu po vrstevnicích, vždy směrem tak, aby označený strom viděl před sebou a postupoval směrem dozadu. Označený strom by měl být ve výši očí nebo v prsní výšce, ne příliš dole u paty kmene, tak aby byl viditelný pro samotného měřiče. Během průměrkování se u každého kmene pro všechny dřeviny měří zvlášť výčetní tloušťka v 1,3 m. Naměřené hodnoty se zařazují do tloušťkových intervalů tzv. stupňů po 4 cm a zanesou se do zápisníku. Souše a zlomené stromy se neměří (Simon, Kadlec 2014).

Korf (1972) uvádí, že přesnost výsledků může ovlivnit chyby odstranitelné (např. vyviklané rameno průměrky), neodstranitelné (např. nepravidelný průřez kmene) a úmyslné (např. špatné zařazení tloušťkových stupňů).



Obrázek 12. Správné měření kmenů průměrkou (Šmelko 2000)

3.2.3 Samotné relaskopování pomocí MOTI

Celý tento výzkum se relaskopoval s modelem telefonu Iphone 6 se zadním fotoaparátém 8 MPix (3264×2448), operačním systémem iOS a procesorem A8 od výrobce Apple.

3.2.4 Stanovení příslušných vytyčovacíh údajů

Praktické použití relaskopické metody vyžaduje stejně jako při jakékoliv jiné reprezentativní metodě – stanovení příslušných vytyčovacíh údajů, jimiž jsou: velikost záměrné úsečky (ZU), počet relaskopických stanovisek a odstupovou vzdálenost (Šmelko 2003).

Při stanovení vytyčovacíh údajů je postup následovný:

- V každém porostu bude vytyčeno 4–6 rovnoměrně rozmístěných zkusných ploch o velikosti $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$.
- Změří se všechny stromy, jejichž výčetní tloušťka je větší než 7 cm.
- Uprostřed zkusné plochy se změní výčetní tloušťka 10 nejbližších stromů a stanoví se odhad střední tloušťky pomocí Weisseho procenta.

Poté se záměrnou úsečkou zvolilo pro každý porost individuálně podle hustoty ($N \cdot \text{ha}^{-1}$) a střední tloušťky d_s pomocí nomogramu (Šmelko 2003). Taková záměrná úsečka je optimální a mělo by se v ní nacházet průměrně 15–25 stromů (Myronjuk, Svinčuk and Ljalin 2019).

Stanovení počtu stanovisek a odstupové vzdálenosti X , kde je tato hodnota ovlivněna hustotou porostu.

$$X = N \cdot h_a^{-1} \cdot \left(\frac{d_s}{100} \right)^2 \quad (10)$$

Potřebný minimální počet zkusných ploch (rozsah výběru) se určí podle vzorce:

$$n = \frac{t_\alpha^2 \cdot \sigma_x \%2}{\Delta_{\bar{x}} \%2} \quad (11)$$

$$n = \frac{t_\alpha^2 \cdot \sigma_x \%2}{\Delta_{\bar{x}} \%2} \text{ kde:}$$

- $\Delta_{\bar{x}} \%2$ – přípustná chyba, resp. požadovaná přesnost určení zásoby porostu v %,

kde $\Delta_{\bar{x}} \%2 = \pm 10 \%$, resp. $\pm 15 \%$

- t_α – koeficient spolehlivosti zaručující, že skutečná chyba odhadu nepřekročí rámeček $\Delta_{\bar{x}} \%2$ se zvolenou pravděpodobností P% (výměra zásoby porostu). Při zjišťování zásoby porostu se všeobecně používá spolehlivost P = 95 % (nespolehlivost $\alpha = 5 \%$), pro který $t_{0,05} \doteq 2,0$, jestliže n je větší než 30, při n = 25–15–10 je $t_{0,05} \doteq 2,1$ –2,1–2,3

A odstupová vzdálenost pro systematické rovnoměrné rozmístění zkusných ploch S se vypočítá ze vzorce:

$$S (v m) = 100 \sqrt{\frac{p(v h_a)}{n}} \quad (12)$$

Kontrola požadované přesnosti

Když se celý porost vyrelaskopuje, spočítají se statistické metody, které napomáhají odhadnout minimální počet stanovisek a stanovit přesnost zásoby porostu.

Postup je následující:

- Aritmetický průměr $\bar{x} = \frac{\sum_1^n x_i}{n} \quad (13)$

- Směrodatná odchylka $s_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n x_i^2 - \bar{x} \sum_1^n x_i}{n-1}} \quad (14)$

- Variační koeficient $s_x 0/0 = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (15)$

Míra přesnosti odhadu μ pomocí \bar{x} je relativní střední chyba výběrového průměru.

$$s_{\bar{x}}^0/0 = \frac{Sx \%}{\sqrt{n}} \quad (16)$$

Skutečná chyba nesmí překročit pravděpodobnost 68 %, která se vyjádří jako.

$$s_x^0/0 \cdot 2,3 \quad (17)$$

Pokud nastane situace, kde skutečná chyba překročí hranici 15 %, tak se měřič musí vydat do porostu a stanovit znovu relaskopická stanoviště do té chvíle, než skutečná chyba bude menší než ta předchozí (Šmelko 2000).

3.3 Výpočet výčetní kruhové základny

V této práci se vypočítala výčetní kruhová základna jak pro metodu průměrkování naplno, tak i pro metodu relaskopickou.

3.3.1 Průměrkování naplno

Měření se provádí v 1,3 m, kde d_{cp} – je průměr dvou naměřených hodnot na kmeni neboli kruhová výčetní základna jednoho stromu.

$$g = \frac{\pi d_{cp}^2}{4} \quad (18)$$

Pro každou dřevinu se počítá kruhová výčetní základna zvlášť. Suma všech naměřených hodnot se přepočte na ha (Sevko 2009).

3.3.2 Relaskop

Při relaskopování se zjistí průměrný počet zaujatých stromů na daný porost a vynásobí se záměrnou úsečkou, např. 1, 1.5, 2, 2.5, 3 atd. Výsledná hodnota se přepočítá na ha.

3.4 Studentův párový t-test

Párový t-test nachází své uplatnění v situaci, kde složky jednoho výběru mají jasný párový vztah k prvkům v druhém souboru. Jedná se o měření dvou hodnot na tom samém místě, zjištění efektu zásahu nebo ověření metody zjišťování dat. Použitý párový t-test vyniká oproti jiným např. dvouvýběrovým t-testu tím, že dokáže odhalit malé rozdíly i při velké variabilitě v porostu (Kuželka, Surový 2018).

Při porovnávání výčetní kruhové základny budou použity dvě hodnoty, a to VKZ z průměrkování a VKZ z relaskopování. Pro tyto dvě hodnoty se použije studentův párový t-test. Jde o zjištění, zda tato aplikace vyhodnocuje odhad zásoby v porostu co nejpřesněji vzhledem k realitě, nebo svoje výpočty nadhodnocuje, či podhodnocuje.

Párový t-test byl převzat z webové stránky (www.mathstat.econ.muni.cz).

1. Hodnota VKZ x je získaná relaskopováním a hodnota VKZ y je získaná průměrkováním. Počet porostních skupin je n .
2. Bude vypočten rozdíl Z_i mezi dvěma metodami pro každý pár.

$$z_i = y_i - x_i \quad (19)$$

3. Poté bude vypočten průměr rozdílů m_z .
4. Dále se vypočítá směrodatná odchylka rozdílů S_z .
5. Načež se vypočte směrodatná odchylka průměrů rozdílů SE.

$$SE(m_z) = \frac{S_z}{\sqrt{n}} \quad (20)$$

6. Vypočte se testovací statistika pomocí vzorce.

$$T = \frac{m_z}{SEM_z} \quad (21)$$

7. Hodnota T bude porovnána s kritickými hodnotami.

4 Výsledky

Naměřená data byla změřena v deseti porostech ve věku 60–80 let nejdříve průměrkováním naplno a poté mobilní aplikací MOTI. Zprvu budou představeny základní údaje o porostu z hospodářské knihy roku 2014. Hodnoty VKZ zde budou vyobrazeny v tabulkách a dojde k jejich porovnání. U průměrkování naplno byla změřena kruhová výčetní základna pro každou dřevinu zvlášť. Během relaskopování s aplikací byly započteny všechny zaujaté dřeviny bez ohledu na druh dřeviny.

4.1 Porostní skupiny

15 A 6

Porost se nachází na kamenitém vrcholku v severovýchodní části. Hlavní dřevinnou skladbu tvoří smrk s příměsí borovice a modřínu. Porostní skupina se vyskytuje v nadmořské výšce 550 m n.m., a to nedaleko nejvyššího lokálního vrcholu Žebrák (585 m n.m.).

Tabulka 1. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 15 A 6 (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
0,68	3K2	431	63	10	SM	70	22
					BO	20	28
					MD	10	30

Tabulka 2. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 15 A 6 (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
SM	13,8	20,6
BO	3,9	5,9
MD	2,6	3,9
Celkem	20,3	30,4

Tabulka 3. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 15 A 6 (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	1167
Průměrná tloušťka v mm	266
Směrodatná odchylka	12,4
Variační koeficient v %	14,9
Minimální počet stanovisek	4
Odstupová vzdálenost v m	41
Záměrná úsečka	1

Tabulka 4. Výsledky naměřené MOTI, porost 15 A 6 (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	4
Průměrný počet zaujatých stromů	23
VKZ v m ² /ha	23

Tabulka 5. Kontrola požadované přesnosti, porost 15 A 6 (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	23
Směrodatná odchylka	2
Variační koeficient v %	9
Střední chyba průměru v %	5,4
Skutečná chyba v %	12,4

2 A 8

V tomto porostu, kde je převážně rovinatý terén, se nachází smrková monokultura doplněná borovicí lesní, kterou hospodářská kniha neuvádí.

Tabulka 6. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 2 A 8 (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
1,26	3S3	431	80	10	SM	100	30

Tabulka 7. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 2 A 8 (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
SM	50,1	39,8

Tabulka 8. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 2 A 8 (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	617
Průměrná tloušťka v mm	368
Směrodatná odchylka	15,4
Variační koeficient v %	18,4
Minimální počet stanovisek	6
Odstupová vzdálenost v m	46
Záměrná úsečka	2

Tabulka 9. Výsledky naměřené MOTI, porost 2 A 2 (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	6
Průměrný počet zaujatých stromů	18
VKZ v m ² /ha	36,7

Tabulka 10. Kontrola požadované přesnosti, porost 2 A 8 (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	18
Směrodatná odchylka	3,7
Variační koeficient v %	10,2
Střední chyba průměru v %	5,9
Skutečná chyba v %	13,5

5 B 8

Tento porost se nachází ve velmi svažitém terénu se smrkovou monokulturou, doplněnou vtroušenou břízou a borovicí.

Tabulka 11. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 5 B 8 (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
0,70	3S9	411	80	8	SM	100	28

Tabulka 12. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 5 B 8 (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
SM	63,8	91,2

Tabulka 13. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 5 B 8 (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	881
Průměrná tloušťka v mm	288
Směrodatná odchylka	12
Variační koeficient v %	16
Minimální počet stanovisek	5
Odstupová vzdálenost v m	37
Záměrná úsečka	2

Tabulka 14. Výsledky naměřené MOTI, porost 5 B 8 (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	5
Průměrný počet zaujatých stromů	25
VKZ v m ² /ha	49,6

Tabulka 15. Kontrola požadované přesnosti, porost 5 B 8 (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	25
Směrodatná odchylka	1
Variační koeficient v %	2
Střední chyba průměru v %	1
Skutečná chyba v %	2,4

6 E 8a

Tenhle porost se nachází v mírně svažitém terénu se 100% zastoupením smrku ztepilého s několika vtroušenými jedinci javoru klenu a buku lesního.

Tabulka 16. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 6 E 8a (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
0,8	3H5	451	69	9	SM	100	28

Tabulka 17. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 6 E 8a (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
SM	34,5	43,1

Tabulka 18. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 6 E 8a (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	733
Průměrná tloušťka v mm	244
Směrodatná odchylka	5
Variační koeficient v %	13
Minimální počet stanovisek	3
Odstupová vzdálenost v m	52
Záměrná úsečka	1

Tabulka 19. Výsledky naměřené MOTI, porost 6 E 8a (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	3
Průměrný počet zaujatých stromů	21
VKZ v m ² /ha	21,3

Tabulka 20. Kontrola požadované přesnosti 6 E 8a (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	21
Směrodatná odchylka	3
Variační koeficient v %	15
Střední chyba průměru v %	6
Skutečná chyba v %	13,9

12 D 7

Porostní skupina, která se nachází u hlavní asfaltové silnice v rovinatém terénu, se zde nachází porost, jehož hlavní a jedinou dřevinou je dub zimní.

Tabulka 21. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 12 D 7 (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
0,74	3H1	455	70	8	DB	100	26

Tabulka 22. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 12 D 7 (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
DB	24,6	33,2

Tabulka 23. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 12 D 7 (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	494
Průměrná tloušťka v mm	272
Směrodatná odchylka	3
Variační koeficient v %	9
Minimální počet stanovisek	1
Odstupová vzdálenost v m	50
Záměrná úsečka	2

Tabulka 24. Výsledky naměřené MOTI, porost 12 D 7 (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	3
Průměrný počet zaujatých stromů	17
VKZ v m ² /ha	34,7

Tabulka 25. Kontrola požadované přesnosti, porost 12 D 7 (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	17
Směrodatná odchylka	3
Variační koeficient v %	8,8
Střední chyba průměru v %	5,1
Skutečná chyba v %	11,7

14 A 7

Porostní skupina se nachází v mírné rovině ve 440 m n.m. na kraji hospodářského celku obklopeného polem, se 100% zastoupením dubu letního. V jižním okraji je mladší hlouček jedle bělokoré.

Tabulka 26. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 14 A 7 (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
1,61	3S2	455	73	8	DB	100	28

Tabulka 27. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 14 A 7 (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
DB	24,6	33,2

Tabulka 28. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 14 A 7 (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	625
Průměrná tloušťka v mm	355,6
Směrodatná odchylka	19,4
Variační koeficient v %	24,6
Minimální počet stanovisek	11
Odstupová vzdálenost v m	38
Záměrná úsečka	2

Tabulka 29. Výsledky naměřené MOTI, porost 14 A 7 (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	11
Průměrný počet zaujatých stromů	19
VKZ v m ² /ha	37,8

Tabulka 30. Kontrola požadované přesnosti, porost 14 A 7 (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	19
Směrodatná odchylka	4,2
Variační koeficient v %	11,2
Střední chyba průměru v %	6,5
Skutečná chyba v %	14,9

14 C 8b

Porost se nachází v rovinném terénu, jehož částí protéká malý potůček. Hlavní dřevinou je zde smrk ztepilý, doplňuje ho douglaska tisolistá s jasanem ztepilým. V porostu na téměř celé ploše se nachází ostružník maliník.

Tabulka 31. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 14 C 8b (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
0,65	4O1	471	80	9	SM	55	33
					DG	35	52
					JS	10	33

Tabulka 32. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 14 C 8b (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
SM	16,9	26
DG	19,4	30
JS	0,70	1
Celkem	37	57

Tabulka 33. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 14 C 8b (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	483
Průměrná tloušťka v mm	433,3
Směrodatná odchylka	9,8
Variační koeficient v %	10,8
Minimální počet stanovisek	2
Odstupová vzdálenost v m	47
Záměrná úsečka	2

Tabulka 34. Výsledky naměřené MOTI, porost 14 C 8b (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	3
Průměrný počet zaujatých stromů	23
VKZ v m ² /ha	45,3

Tabulka 35. Kontrola požadované přesnosti, porost 14 C 8b (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	23
Směrodatná odchylka	5
Variační koeficient v %	11,1
Střední chyba průměru v %	6,4
Skutečná chyba v %	14,7

17 A 7a

Tato porostní skupina se nachází na jižním okraji lesa. Terén je mírně svažité, obklopený polem a z druhé strany lesní cestou. Převažuje zde smrk ztepilý a na severovýchodním okraji s příměsí borovice lesní. Vtroušené dřeviny jsou zde modřín, dub a bříza.

Tabulka 36. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 17 A 7a (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
0,67	3K1	431	72	9	SM	95	26
					BO	5	34

Tabulka 37. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 17 A 7a (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
SM	53,6	79,3
BO	13,8	20,6
Celkem	67,4	99,9

Tabulka 38. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 17 A 7a (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	1055
Průměrná tloušťka v mm	256
Směrodatná odchylka	7,4
Variační koeficient v %	10,8
Minimální počet stanovisek	2
Odstupová vzdálenost v m	41
Záměrná úsečka	4

Tabulka 39. Výsledky naměřené MOTI, porost 17 A 7a (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	4
Průměrný počet zaujatých stromů	21
VKZ v m ² /ha	85

Tabulka 40. Kontrola požadované přesnosti, porost 17 A 7a (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	21
Směrodatná odchylka	2,2
Variační koeficient v %	14,4
Střední chyba průměru v %	6
Skutečná chyba v %	13,8

19 F 6

Tento porost se nachází ve svažitém terénu u traktorové cesty. Jedinou dřevinnou skladbou je smrk ztepilý. Touto monokulturou prochází příbližovací linka, která rozděluje porost do dvou částí. V severní části se nacházejí starší jedinci smrku s volnějším zápojem.

Tabulka 41. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 19 F 6 (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
1,19	3S1	451	63	9	SM	100	23

Tabulka 42. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 19 F 6 (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
DB	24,6	33,2

Tabulka 43. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 19 F 6 (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	931
Průměrná tloušťka v mm	304,8
Směrodatná odchylka	9,6
Variační koeficient v %	11
Minimální počet stanovišek	2
Odstupová vzdálenost v m	55
Záměrná úsečka	2

Tabulka 44. Výsledky naměřené MOTI, porost 19 F 6 (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovišek	4
Průměrný počet zaujatých stromů	18
VKZ v m ² /ha	36,8

Tabulka 45. Kontrola požadované přesnosti, porost 19 F 6 (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	18
Směrodatná odchylka	4,1
Variační koeficient v %	11,2
Střední chyba průměru v %	6,5
Skutečná chyba v %	14,9

28 C 7

Porost se nachází u hlavní pozemní komunikace v rovinatém terénu. Skladba dřevin je značně nehomogenní. Nejzastoupenějšími dřevinami jsou zde podle hospodářské knihy smrk ztepilý, jasan ztepilý a dub zimní. Reálně sem patří také velké procento buku lesního a borovice lesní. Také se zde nachází v malé míře vtroušené dřeviny, modřín, douglasky, břízy a další LT 3H1.

Tabulka 46. Základní údaje z hospodářské knihy, porost 28 C 7 (Vlastní zpracování)

Plocha v ha	Lesní typ	HS	Věk	Zakmenění	Dřevina	Zastoupení v %	Výčetní tloušťka v cm
1,31	3O6	471	66	9	SM	60	25
					JS	30	25
					DB	10	29

Tabulka 47. Hodnoty naměřené z průměrkování naplno, porost 28 C 7 (Vlastní zpracování)

VKZ z průměrkování		
Dřevina	m ²	m ² /ha
SM	57,5	43,9
JS	5	3,8
DB	21,6	16,5
BK	33,2	25,4
BO	23,2	17,7
Celkem	140,5	107,3

Tabulka 48. Předodhad veličin a stanovení vytyčovacích údajů, porost 28 C 7 (Vlastní zpracování)

Předodhad taxačních veličin a stanovení vytyčovacích údajů	
Počet stromů na ha	1010
Průměrná tloušťka v mm	261,8
Směrodatná odchylka	17
Variační koeficient v %	24,6
Minimální počet stanovišek	11
Odstupová vzdálenost v m	35
Záměrná úsečka	4

Tabulka 49. Výsledky naměřené MOTI, porost 28 C 7 (Vlastní zpracování)

Relaskopování MOTI	
Skutečný počet stanovisek	11
Průměrný počet zaujatých stromů	15
VKZ v m ² /ha	58,5

Tabulka 50. Kontrola požadované přesnosti, porost 28 C 7 (Vlastní zpracování)

Kontrola přesnosti	
Průměrný počet zaujatých stromů	15
Směrodatná odchylka	6
Variační koeficient v %	10,3
Střední chyba průměru v %	5,9
Skutečná chyba v %	13,6

4.2 Studentův párový t-test

Na základě nulové hypotézy H_0 , se vypočte rozdíl středních hodnot získaných z relaskopování a průměrkování. Tento rozdíl by měl být nulový.

$$H_0: X - Y = 0$$

Hodnota X = z relaskopování

Hodnota Y = z průměrkování naplno

V (Tabulce 51) byl vypočten rozdíl výčetní kruhové základny mezi získanými údaji z relaskopování a průměrkování naplno. Poté se vypočítala odchylka vyjádřená v procentech ze získaných porovnávaných hodnot VKZ průměrkování naplno.

Tabulka 51. Výpočet rozdílů hodnot VKZ (Vlastní zpracování)

Porostní skupina	VKZ získaná relaskopováním (X) (m ² /ha)	VKZ získaná průměrkováním (Y) (m ² /ha)	Rozdíl (X-Y) (m ² /ha)	Odchylka v %
15 A 6	23	30,4	-7,4	-24,3
2 A 8	36,7	39,8	-3,1	-7,8
5 B 8	49,6	91,2	-41,6	-45,6
6 E 8a	21,3	27,4	-6,1	-22,1
12 D 7	34,7	33,2	1,4	4,5
14 A 7	23	35	2,8	8
14 C 8b	46,5	56,4	-9,9	-17,6
17 A 7a	85	99,9	-14,9	-14,9
19 F 6	37	30,2	6,8	22,5
28 C 7	58,5	107,3	-48,7	-45,5

Z výše zobrazené tabulky byl provedený výpočet aritmetického průměru rozdílů m_z
 $= -12,058$

Následně se vypočítala směrodatná odchylka rozdílů

$$S_z = 18,633$$

Poté se vypočetla směrodatná chyba rozdílů

$$SE_{mz} = 5,89$$

Dále pak byla vypočtena testovací statistika T.

$$T = -2,046$$

Posléze se hodnota T srovnávala s kritickými hodnotami Studentova t rozdělení.

Vypočtená statistika T se porovnávala s tabulkovou kritickou hodnotou $t - \alpha/2(v)$, kde $v = n - 1$ a hodnota α byla zvolena jako 0,05 pro měřená biologická data (při 95% spolehlivosti), $t = 1,833$. Kritická hodnota = 1,608.

Testovací statistika T je menší než kritická hodnota, z tohoto důvodu se hypotéza H_0 zamítá. Z toho vyplývá, že rozdíl středních hodnot není totožný, protože hodnota průměru rozdílů je záporná. Z toho vyplývá, že relaskopická pomůcka MOTI vyhodnocuje podhodnocené výsledky.

Všechny tyto porosty byly podhodnoceny (15 A 6, 2 A 8, 5 B 8, 6 E 8a, 14 C 8b, 17 A 7a a 28 C 7), kde porosty (5 B 8 a 28 C 7) vykazovaly největší odchylku ze všech naměřených hodnot a to až téměř o polovinu. Ostatní porostní skupiny (12 D 7, 14 A 7 a 19 F 6) aplikace nadhodnotila.

5 Diskuze

Význam této bakalářské práce je zhodnotit využití a ověření deklarované přesnosti určení výčetní kruhové základny s mobilní aplikací MOTI v probírkových porostech pomocí relaskopické metody. Výzkum, který uvádí Par Rosset et al. (2015), že výčetní kruhová základna, která je naměřená mobilní aplikací MOTI, poskytuje přesnější výsledky v měření než zrcadlový relaskop sestrojený W. Bitterlichem. U tohoto výzkumu bylo změřeno 96 zkusných ploch, a to v listnatém lese, jehličnatém lese, v tyčovině a kmenovině. U těchto ploch byla také změřena výška stromů pomocí aplikace a výškoměru Vertex. Aplikace zde ale nebyla tolik úspěšná jako výškoměr, ale přece v 75 % situací byla odchylka výšek menší než 6 %.

Aplikace MOTI byla zmíněna i v bakalářské práci (Majkus, 2019), kde autor provádí výzkum využití mobilních aplikací v lesnictví. Studie měření s aplikací MOTI byla použita u měření výšek stromů, zjištění počtu stromů na hektar a zjištění výčetní kruhové základny, kde všechny výsledky byly vyhodnocené kladně až na měření výšek, u kterých byl výsledek podhodnocený až o 5 m ze stromu vysokého 30 m.

Taktéž (Krutský, 2019) v bakalářské práci provádí průzkum zhodnocení možnosti využití mobilní aplikace MOTI pro určení VKZ pomocí relaskopické metody v mýtních porostech. Jeho výzkum dokazuje, že polovina případů aplikace podala přijatelné výsledky a druhá polovina nikoliv. Tyto výsledky byly systematicky nadhodnoceny.

V souvislosti s naměřenými daty lze vyčíst, že výsledky jsou celkově podhodnoceny. Ani jeden z výše citovaných autorů neměl podobné výsledky. V této bakalářské práci si lze položit otázku, proč tomu tak je. Hypotéz může být hned několik a zkusíme si je vysvětlit na měřených porostech. Smrková monokultura (5 B 8) se nachází ve velmi svažitém terénu a jeho odchylka VKZ z průměrkování naplno a z aplikace MOTI činí obrovských -45,6 %. Rosset et al. (2015) uvádí, že tato aplikace nebyla ještě testovaná ve svažitéjším terénu, i když disponuje autokorekcí na sklon terénu. Porost (28 C 7) se sice nachází na rovinatém terénu, ale vyskytuje se zde více než 7 druhů dřevin a rovněž znázorňuje ohromnou odchylku -45,5 %.

Dalším příkladem je porost (19 F 6), kde se nachází pouze smrk ve svažitéjším terénu. Touto smrkovou monokulturou prochází přibližovací linka, která rozděluje porost do dvou částí, v jehož první části vyrůstají kmeny v silnějším zápoji se slabšími kmeny a v té druhé části se silnějšími kmeny s volnějším zápojem. Ve stejném případě se nachází i porost (14 C 8b). V tomto porostu je tloušťkový rozdíl vidět hned na první pohled z tab. č. 31, kde douglaska tisolistá nabírá větších rozměrů než u smrku a jasanu. Naopak jako nejlepší hodnoty s odchylkou menší než 15 % jsou porosty (2 A 8, 12 D 7 a 14 A 7), kde rostou monokultury v relativně rovném terénu. Z toho všeho lze usoudit, že strmější svah, různorodost a tloušťková diferenciacie má vliv na kvalitu výsledků. Nelze to však říci jednoznačně a vynést verdikt pouze z deseti ploch, a proto je potřeba dalšího výzkumu pro potvrzení této teorie, na niž může v budoucnu navázat diplomová práce.

Chyba v měření může spočívat i v designu, kde postup práce mohl být ovlivněn špatným odhadem variability porostu nebo nesprávným rozmístěním zkusných ploch, a zde mohlo dojít k úmyslné chybě měřiče. Tomu lze předejít změřením více zkusných ploch, aby se této chybě v budoucnu vyvaroval.

Mezi výhody této aplikace patří dostupnost v obchodu Play a App store zadarmo. Dále pak stanovení hodnoty záměrné úsečky dle libosti měřiče a s nímž je spojena funkce zoom, kde měřič má na výběr až 4 funkce přiblížení na fotoaparátu pro posouzení zaujatých, nebo nezaujatých stromů. Další výhodou, kterou ocení především ti lesníci, kteří pracují v místech se slabším nebo žádným připojením k internetu, je to, že aplikace funguje zcela offline. Při zapnutém přístupu k internetu sama aplikace poskytuje synchronizaci se serverem a umožňuje tak měřiči znovuoobnovení zálohovaných dat, a to z toho důvodu, že může dojít k jejich ztrátě při aktualizaci nebo při ztrátě telefonu. Mezi nevýhody patří absence možnosti posouzení hraničního stromu, kde si měřič musí zapamatovat nebo zapsat údaj a dále ho zahrnout do výpočtu. Dále tato aplikace není kompatibilní s novějšími smartphony, které mají více než jeden fotoaparát. Tento problém byl zjištěn u modelu Samsung galaxy S20, který má 3 zadní fotoaparáty.

Závěr

Pokrok ve vývoji chytrých telefonů a aplikací představuje velký posup vpřed v praxi a může velmi pomoci také lesníkům. Postupem času jsou v lesnictví mobilní aplikace stále oblíbenější a žádanější. Švýcarská aplikace MOTI je velmi populární v mnoha zemích a především měření s ní v tamních podmínkách funguje! Tato bakalářská práce si klade za cíl zjistit, zda MOTI poskytuje správné výsledky při měření výčetní kruhové základny v našich českých podmínkách. V deseti probírkových porostech staršího věku byla určena kruhová výčetní základna napřed průměrkováním naplno a poté pomocí aplikace. Čtyři porosty z deseti vykazovaly přijatelné výsledky naměřené MOTI, kde odchylka hodnot nepřesáhla 15 % z porovnávané VKZ průměrkováním naplno. V ostatních případech byla odchylka vyšší, ve dvou případech dokonce téměř o polovinu. Analýzou zpracovaných dat se zjistilo, že mobilní aplikace MOTI průměrně podhodnocuje výsledky naměřené v probírkových porostech staršího věku. Zda je tato chyba způsobená špatnou korekcí na sklon ve svažitéjším terénu, nehomogenitou porostu nebo tloušťkovou diferenciací, nelze potvrdit jednoznačně, a proto by toto téma mohlo být předmětem navazujícího výzkumu v rámci diplomové práce.

Seznam literatury a použitých zdrojů

ANUČIN, N. P., 1982. *Lesnaja taksacija: Dopuščeno Ministerstvom viššego i srednego specialnogo obrazovanija SSSR a kačestve učebnika dlja studentov lesochozjajstvennich i lesoinženernich specialnostej vuzov*. Rusko: Moskva. 99 s.

ATROŠČENKO, O. A., 2015. Lesnaja taksacija: Kurs lekcij. In: *Studfile.net* [online]. 30. 4. 2015 [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://studfile.net/preview/2523941/>

BITTERLICH, W., 1990. *Metric Standard And Metric CP* [online]. Salzburg: Vertriebsges M.B.H [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/wiki/images/a/af/Spiegel-Relaskop_English_Metric_and_Metric_CP.pdf

BITTERLICH, W., 1984. *The Relascope Idea: Relative Measurements in Forestry*. UK: Farnham Royal. 256 s. ISBN 0-85198-539-4.

Federalnaja služba lesnogo chozjajstva Rossii pri učastii Vserossijskogo naučnogo-iccedovatelskogo instituta lesovodstva i mechanizacii lesnogo chozjajstva i Cankt-Peterburgskoj lesotečničeskoj adademii. Nastavlenie po otvodu i taksacii lesosek v lesach Rossijskoj Federacii. Moskva,1993. 155 s.

Masarykova univerzita, 2020. *Statistika 2* [online]. Brno: Masarykova univerzita v Brně [cit. 2020-02-26] Dostupné z: <https://mathstat.econ.muni.cz/media/12565/pairedtest.pdf>

HANSEN, M. and T. BURK, 1998. *Integrated Tools for Natural Resources Inventories in the 21st Century*. Boise: Idaho. 744 s.

HAYWOOD, J. D., 1999. *Proceeding of the Tenth Biennial Southern Silvicultural Research Conference*. Shreveport: Louisiana. 618 s.

KORF, V., 1972. *Dendrometrie*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 371 s.

KRUTSKÝ, F., 2019. *Zhodnocení správnosti relaskopické metody v mýtních porostech pomocí mobilní aplikace MOTI*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 79 s.

- KUŽELKA, K. a P. SUROVÝ, 2018. *Statistika v R: zpracování dat závěrečných prací pro lesnické obory*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 172 s. ISBN 978-80-213-2921-8.
- KUŽELKA, K., R. MARUŠÁK a V. URBÁNEK, 2016. *Dendrometrie*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 123 s. ISBN 978-80-213-2673-6.
- MAJKUS, V., 2019. *Stanovení vybraných taxačních charakteristik lesních porostů pomocí aplikace pro mobilní telefony*. Brno: Mendelova univerzita. 53 s.
- MYRONJUK, V. V., V. A. SVYNČUK and O. I. LJALIN, 2017. Lisova taksacija: konspekt lekcij z navčalnoji discipliny [online]. Charkov: Univerzita Charkovskaya [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/95312659.pdf>
- PAR ROSSET, C. et al., 2015. Moti, les inventaries forestiers dans la poche. *Science et pratique*. 15(17), 15-17.
- SERGEEV, P. N., 1953. Lesnaja taksacija. Izdanye šestoe, pererabotannoe i dopolnennoe. In: *Studmed.ru* [online]. [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: https://www.studmed.ru/view/sergeev-pn-lesnaya-taksaciya_6a1334d6666.html
- SEVKO, O. A., 2009. *Landšaftnaja taksacija s osnovami parkolesoustrojstva: kurs lekcij po odnoimennoj discipline dlja studentov special'nosti*. Minsk: Běloruská státní technologická univerzita. 75 s. ISBN 978-985-434-884-1.
- SIMON, J. a J. KADLEC, 2014. *Zjišťování stavu lesa (klasické metody zjišťování zásob)* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Hospodarska_uprava_lesa-Stav_lesa.pdf
- SIMON, J. a J. ZACH, 1990. *Dendrometrie: cvičení*. Brno: Vysoká škola zemědělská. 116 s.
- ŠMELKO, Š., 2000. *Dendrometria: vysokoškolská učebnica*. Zvolen: Technická univerzita. 399 s. ISBN 80-228-0962-4.
- ŠMELKO, Š., 2003. *Meranie lesa a dreva*. Zvolen: ÚVVP LVH. 239 s. ISBN 80-89100-14-7.

ŠTÍCHA, V., 2015. *Lesní hospodářství*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 266 s. ISBN 978-80-213-2613-2.

ŠTIPL, P., 1997. *Hospodářská úprava lesa: učebnice pro 4. ročník středních lesnických škol*. Hranice na Moravě: SLŠ, 1997.

ŠUTOV, V. V. a S. I. KOŽURIN, 2011. *Slovar-spravočnik lesnogo inženera: učebnoe posobie*. Kostroma: Izd-vo Kostrom. 122 s.

Seznam příloh

Příloha 1. Zkusná plocha v porostní skupině 15 A 6	60
Příloha 2. Relaskopování v porostní skupině 15 A 6	60
Příloha 3. Zkusná plocha v porostní skupině 2 A 8	61
Příloha 4. Relaskopování v porostní skupině 2 A 8	61
Příloha 5. Zkusná plocha v porostní skupině 5 B 8.....	62
Příloha 6. Relaskopování v porostní skupině 5 B 8	62
Příloha 7. Zkusná plocha v porostní skupině 6 E 8a.....	63
Příloha 8. Relaskopování v porostní skupině 6 E 8a.....	63
Příloha 9. Zkusná plocha v porostní skupině 12 D 7	64
Příloha 10. Relaskopování v porostní skupině 12 D 7	64
Příloha 11. Zkusná plocha v porostní skupině 14 A 7.....	65
Příloha 12. Relaskopování v porostní skupině 14 A 7	65
Příloha 13. Zkusná plocha v porostní skupině 14 C 8b.....	66
Příloha 14. Relaskopování v porostní skupině 14 C 8b.....	66
Příloha 15. Zkusná plocha v porostní skupině 17 A 7a.....	67
Příloha 16. Relaskopování v porostní skupině 17 A 7a	67
Příloha 17. Zkusná plocha v porostní skupině 19 F 6.....	68
Příloha 18. Relaskopování v porostní skupině 17 A 7a	68
Příloha 19. Zkusná plocha v porostní skupině 28 C 7.....	69
Příloha 20. Relaskopování v porostní skupině 28 C 7	69

Přílohy

Příloha 1. Zkusná plocha v porostní skupině 15 A 6

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	47	1175	286	0,286	96,1
2.	45	1125	252	0,252	71,4
3.	48	1200	261	0,261	81,7
průměr	46,7	1166,7	266	0,266	83,1
Směrodatná odchylka S_x	12,4				
Variační koeficient S_x %	14,9				
Min. počet stanovisek	4				
Odst. Vzdálenost (m)	41				

Příloha 2. Relaskopování v porostní skupině 15 A 6

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	20	20
2.	25	25
3.	23	23
4.	24	24
průměr	23	23
Záměrná úsečka	1	

Příloha 3. Zkusná plocha v porostní skupině 2 A 8

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	27	675	364	0,364	89,4
2.	24	600	406	0,406	98,9
3.	23	575	330	0,330	62,6
4.	24	600	370	0,370	82,1
průměr	46,7	1166,7	266	0,368	83,7
Směrodatná odchylka S_x	15,4				
Variační koeficient S_x %	18,4				
Min. počet stanovisek	6				
Odst. Vzdálenost (m)	46				

Příloha 4. Relaskopování v porostní skupině 2 A 8

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	16	32
2.	18	36
3.	17	34
4.	18	36
5.	20	40
6.	21	42
průměr	18	36,7
Záměrná úsečka	2	

Příloha 5. Zkusná plocha v porostní skupině 5 B 8

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	26	650	302	0,302	59,3
2.	43	1075	258	0,258	71,6
3.	40	1000	296	0,296	87,6
4.	32	800	296	0,296	70,1
průměr	35	881	288	0,288	72,1
Směrodatná odchylka S_x	11,7				
Variační koeficient S_x %	16,2				
Min. počet stanovisek	5				
Odst. Vzdálenost (m)	37				

Příloha 6. Relaskopování v porostní skupině 5 B 8

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	25	50
2.	25	50
3.	25	50
4.	24	48
5.	25	50
průměr	24,8	49,6
Záměrná úsečka	2	

Příloha 7. Zkusná plocha v porostní skupině 6 E 8a

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	26	650	242	0,242	38
2.	27	675	269	0,269	48,8
3.	35	875	221	0,221	42,7
průměr	29	733	244	0,244	43,2
Směrodatná odchylka S_x	5,4				
Variační koeficient S_x %	12,5				
Min. počet stanovisek	3				
Odst. Vzdálenost (m)	52				

Příloha 8. Relaskopování v porostní skupině 6 E 8a

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	19	19
2.	20	20
3.	24	24
4.	22	22
průměr	21,25	21,25
Záměrná úsečka	1	

Příloha 9. Zkusná plocha v porostní skupině 12 D 7

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	18	450	277	0,277	34,5
2.	18	450	288	0,288	37,3
3.	23	575	264	0,264	40
4.	20	500	259	0,259	33,5
průměr	20	494	272	0,272	36,4
Směrodatná odchylka S_x	3,1				
Variační koeficient S_x %	8,5				
Min. počet stanovisek	1				
Odst. Vzdálenost (m)	50				

Příloha 10. Relaskopování v porostní skupině 12 D 7

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	17	34
2.	16	32
3.	19	38
průměr	17	34,7
Záměrná úsečka	2	

Příloha 11. Zkusná plocha v porostní skupině 14 A 7

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	29	725	398	0,398	114,8
2.	30	750	294	0,294	64,8
3.	25	625	350	0,350	76,6
4.	21	525	364	0,364	69,6
5.	20	500	372	0,372	69,2
průměr	25	625	355,6	0,355	78,9
Směrodatná odchylka S_x	19,4				
Variační koeficient S_x %	24,6				
Min. počet stanovisek	11				
Odst. Vzdálenost (m)	38				

Příloha 12. Relaskopování v porostní skupině 14 A 7

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	17	34
2.	17	34
3.	22	44
4.	21	42
5.	17	34
6.	20	40
7.	21	42
8.	16	32
9.	18	36
10.	18	36
11	21	42
průměr	19	37,8
Záměrná úsečka	2	

Příloha 13. Zkusná plocha v porostní skupině 14 C 8b

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	21	525	424	0,424	94,4
2.	19	475	455	0,455	98,3
3.	18	450	421	0,421	79,8
průměr	19	483	433,3	0,433	90,8
Směrodatná odchylka S_x	9,8				
Variační koeficient S_x %	10,8				
Min. počet stanovisek	2				
Odst. Vzdálenost (m)	47				

Příloha 14. Relaskopování v porostní skupině 14 C 8b

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	20	40
2.	25	50
3.	23	46
průměr	23	45,3
Záměrná úsečka	2	

Příloha 15. Zkusná plocha v porostní skupině 17 A 7a.

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	38	950	258	0,258	63,2
2.	39	975	273	0,273	72,7
3.	41	1025	250	0,250	64,1
4.	45	1125	240	0,240	64,8
5.	48	1200	259	0,259	80,5
průměr	42	1055	256	0,256	69,1
Směrodatná odchylka S_x	7,4				
Variační koeficient S_x %	10,8				
Min. počet stanovisek	2				
Odst. Vzdálenost (m)	41				

Příloha 16. Relaskopování v porostní skupině 17 A 7a

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	18	72
2.	22	88
3.	23	92
4.	22	88
průměr	21	85
Záměrná úsečka	4	

Příloha 17. Zkusná plocha v porostní skupině 19 F 6

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	42	1050	289	0,289	87,7
2.	35	875	292	0,292	74,6
3.	38	950	321	0,321	97,9
4.	34	850	317	0,317	85,4
průměr	42	913	304,8	0,304	86,4
Směrodatná odchylka S_x	9,6				
Variační koeficient S_x %	11,1				
Min. počet stanovisek	2				
Odst. Vzdálenost (m)	55				

Příloha 18. Relaskopování v porostní skupině 17 A 7a

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	21	42
2.	17	34
3.	19	38
4.	17	34
průměr	19	37
Záměrná úsečka	2	

Příloha 19. Zkusná plocha v porostní skupině 28 C 7

Zkusná plocha	N	N/ha	d (mm)	d (m)	X
1.	46	1150	287	0,287	94,7
2.	43	1075	240	0,240	61,9
3.	33	825	274	0,274	61,9
4.	47	1175	259	0,259	78,8
5.	33	825	249	0,249	51,2
průměr	40	1010	261,8	0,261	69,7
Směrodatná odchylka S_x	17,1				
Variační koeficient S_x %	24,6				
Min. počet stanovisek	11				
Odst. Vzdálenost (m)	35				

Příloha 20. Relaskopování v porostní skupině 28 C 7

Stanoviště	m^2	G/ha m^2/ha
1.	18	72
2.	15	60
3.	15	60
4.	15	60
5.	16	64
6.	15	60
7.	14	56
8.	14	56
9.	13	52
10.	13	52
11	13	52
průměr	15	58,5
Záměrná úsečka	4	