

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



**Posouzení časové efektivity technologií zaměřených
na určení polohy jednotlivých stromů**

Diplomová práce

Autor: Petr Nymburský

Vedoucí práce: Ing. Jan Kašpar Ph.D.

Konzultant: Ing. Vilém Urbánek

2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Petr Nymburský

Lesní inženýrství

Název práce

Posouzení časové efektivity technologií zaměřených na určení polohy jednotlivých stromů

Název anglicky

Assessing the time effectiveness of technologies to determine the location of individual trees

Cíle práce

Cílem diplomové práce je posoudit časovou náročnost dvou v ČR dostupných technologií určených pro zaměřování přesných pozic stromů v porostech či na zkusných, monitorovacích a inventarizačních plochách. K posouzení budou využity technologie Field-Map a DP Postex.

Metodika

- 1) Pro účely diplomové práce budou vybrány porosty s rozdílnou hustotou tak, aby byly rovnoměrně zastoupeny porosty s věkem od 60 do 100 let.
- 2) Ve vybraných porostech budou založeny soustředné zkusné plochy s velikostí 3, 5 a 10 arů.
- 3) Na těchto porostech budou následně zaměřovány pozice jednotlivých stromů pomocí dvou technologií – Field-Map a DP Postex.
- 4) U obou technologií bude měřen čas potřebný od založení plochy danou technologií až po ukončení měření na posledním stromu dané zkusné plochy.
- 5) Bude porovnána časová náročnost použití obou technologií a přesnost zaměření pozice stromu oběma technologiemi.

Doporučený rozsah práce

40-50

Klíčová slova

zkusné plochy; pozice stromů; inventarizace

Doporučené zdroje informací

ŠMELKO, Š. – TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE. *Dendrometria : vysokoškolská učebnica*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2000. ISBN 80-228-0962-4.

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

Ing. Vilém Urbánek

Elektronicky schváleno dne 29. 4. 2018

Ing. Peter Surový, PhD.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Posouzení časové efektivity technologií zaměřených na určení polohy jednotlivých stromů** vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Kašpara Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze 19. 4. 2019

Podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Janu Kašparovi Ph.D. za cenné rady při psaní diplomové práce, Ing. Vilému Urbánkovi za informace potřebné při sběru dat v terénu a panu Petru Nymburskému st., revírníkovi LČR s. p., lesní správa Pelhřimov za asistenci při sběru dat a cenné informace z praxe. Dále bych rád poděkoval Bc. Anetě Brabcové za podporu při psaní diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá porovnáváním technologií určených k zaměřování pozic stromů na kruhových zkusných plochách. Při sběru dat proběhlo měření oběma technologiemi na 3 a 5 arových kruhových zkusných plochách. Sledované technologie byly porovnávány především z hlediska časové náročnosti. Z dosažených výsledků byly vypočteny zásoby pro porosty, ve kterých měření probíhalo a došlo také k vyhodnocení závislosti délky měření a počtu zaměřovaných kmenů na kruhových zkusných plochách. Z hlediska časové náročnosti byla technologie DP Postex výrazně výhodnější oproti technologii Field-Map, při které bylo navíc zapotřebí dvou osob.

Po měření došlo k vyhodnocení jednotlivých technologií z hlediska jejich funkčnosti. V závěru bylo nastíněno řešení problémů, které se vyskytly u technologie Field-Map vztažených k použití laserového dálkoměru. Rovněž bylo také zhodnoceno použití technologie DP Postex, u které je omezení na velikosti kruhových zkusných ploch dosahem ultrazvuku při měření vzdáleností.

Klíčová slova: zkusné plochy, pozice stromů, inventarizace, DP Postex, Field-Map, zaměřování, výška, tloušťka, zásoba lesních porostů.

Abstract

The thesis deals with a comparison of technologies for targeting of tree positions in circular sample plots. During the data gathering the mensuration was done with both technologies in 3- and 5-acre circular sample plots. Observed technologies were compared especially in a time-consuming aspect. From the obtained results there were calculated stand volume for forest stands in which the mensuration took place and was also evaluated relation between the mensuration time and the number of targeted trunks in the circular sample plots. From the view of time-consumption was DP Postex technology more convenient than Field-Map technology which needed two persons for execution.

There was evaluation of both particular technologies in functional aspect after the measuring was done. At the end there were pointed out solutions for problems that arose during mensuration with Field-Map technology in relation to application of a laser rangefinder. There was also evaluated application of DP Postex technology which is limited in size of circular sample plots by the range of ultrasound during distance mensuration.

Keywords: sample plots, tree position, stocktaking, DP Postex, Field-Map, targeting, height, diameter, stand volume.

OBSAH

1.	ÚVOD	13
2.	CÍLE PRÁCE	15
3.	LITERÁRNÍ ŘEŠERŠE	16
3.1.	Dendrometrické veličiny	16
3.1.1.	Zjišťování dendrometrických veličin	16
3.1.1.1.	Pozorování	16
3.1.1.2.	Spočítání	17
3.1.1.3.	Měření a vážení	17
3.1.1.4.	Výpočet	17
3.1.1.5.	Odhad	17
3.2.	Dendrometrické pomůcky a přístroje	17
3.2.1.	Moderní pomůcky na měření tlouštěk	17
3.2.1.1.	Průměrky od výrobce Haglöf Sweden AB	18
3.2.2.	Moderní pomůcky na měření výšek	18
3.2.2.1.	Výškoměry Vertex	18
3.2.2.2.	Výškoměry TruPulse	19
3.2.3.	Přístroje a soustavy na měření pozic stromů	19
3.2.3.1.	Technologie Field-Map	20
3.2.3.1.1.	Hardware Field-Map	21
3.2.3.1.2.	Software Field-Map	21
3.2.3.2.	Soustava DP Postex	22
3.2.3.2.1.	Software Postax	23
3.2.3.2.2.	Měření s DP Postex	24
4.	METODIKA	25
4.1.	Zkusné plochy	25
4.2.	Rozdělení operací pro účel stanovení časové náročnosti sledovaných technologií 25	
4.3.	Měření výšek	26
4.4.	Měření technologií DP Postex	26
4.5.	Měření technologií Field-Map	27
4.6.	Výpočty	29
4.6.1.	Počet stromů	29
4.6.2.	Naměřené tloušťky	29
4.6.3.	Naměřené výšky	29

4.6.4. Zásoba na zkusných plochách a v jednotlivých porostech	29
4.6.5. Porovnání zasazení ploch v terénu	29
5. PŘÍPADOVÁ STUDIE	31
5.1. Lesní správa Pelhřimov – revír Černovice	31
5.1.1. Kategorizace lesa za LHC Pelhřimov	32
5.1.2. Kategorizace lesa za LHC Čeřínek	32
5.1.3. Závazná ustanovení plánu LHC Pelhřimov	32
5.2. Sledované porosty	32
5.2.1. Lesní porost 350 C 10.....	32
5.2.2. Lesní porost 351 C 9.....	33
5.2.3. Lesní porost 364 B 8.....	33
5.2.4. Lesní porost 319 C 7.....	34
6. VÝSLEDKY	35
6.1. Vyhodnocení zásob lesních porostů	35
6.1.1. Lesní porost 350 C 10.....	35
6.1.2. Lesní porost 351 C 9.....	36
6.1.3. Lesní porost 364 B 8.....	37
6.1.4. Lesní porost 319 C 7.....	38
6.2. Vyhodnocení časové náročnosti podle lesních porostů	39
6.2.1. Lesní porost 350 C 10.....	39
6.2.2. Lesní porost 351 C 9.....	40
6.2.3. Lesní porost 364 B 8.....	41
6.2.4. Lesní porost 319 C 7.....	42
6.3. Počty stromů na sledovaných zkusných plochách.....	43
6.4. Vyhodnocení časové náročnosti podle velikosti zkusných ploch	45
6.4.1. Zkusné plochy o velikosti 3 arů	45
6.4.2. Zkusné plochy o velikosti 5 arů	47
6.5. Vyhodnocení časové náročnosti v závislosti na lesních porostech	48
6.6. Vyhodnocení časové náročnosti v závislosti na počtu stromů na zkusných plochách.....	49
6.6.1. 3 arové plochy.....	49
6.6.2. 5 arové plochy.....	50
6.7. Tloušťkové rozdělení ve sledovaných porostech.....	50
6.8. Polohy stromů na zkusné ploše	55
6.9. Celkové zhodnocení	57
6.9.1. Časová náročnost.....	57

6.9.1.1.	Příprava stanoviště	58
6.9.1.2.	Měření	58
6.9.1.3.	Výšky	59
6.9.2.	Počet zaměřených stromů	59
6.9.3.	Zásoba	60
6.9.4.	Statistické porovnání sledovaných ploch	61
7.	DISKUZE.....	62
7.1.	Zásoba	62
7.2.	Časová náročnost a počty kusů na zkusných plochách	62
7.3.	Tloušťka v porostech.....	63
7.4.	Funkčnost.....	63
7.5.	Použití a praktičnost	64
8.	ZÁVĚR.....	66
9.	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	68

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Zásoba v porostu 350 C 10.....</i>	<i>36</i>
<i>Graf 2 Zásoba v porostu 351 C 9.....</i>	<i>37</i>
<i>Graf 3 Zásoba v porostu 364 B 8.....</i>	<i>38</i>
<i>Graf 4 Zásoba v porostu 319 C 7.....</i>	<i>39</i>
<i>Graf 5 Porovnání časové náročnosti měření v porostu 350 C 10.....</i>	<i>40</i>
<i>Graf 6 Porovnání časové náročnosti měření v porostu 351 C 9.....</i>	<i>41</i>
<i>Graf 7 Porovnání časové náročnosti měření v porostu 364 B 8.....</i>	<i>42</i>
<i>Graf 8 Porovnání časové náročnosti měření v porostu 319 C 7.....</i>	<i>43</i>
<i>Graf 9 Počty stromů zaměřených na 3 arových zkusných plochách</i>	<i>43</i>
<i>Graf 10 Počty stromů zaměřených na 5 arových zkusných plochách</i>	<i>44</i>
<i>Graf 11 Čas potřebný na měření na 3 arových zkusných plochách</i>	<i>46</i>
<i>Graf 12 Čas potřebný na měření na 5 arových zkusných plochách</i>	<i>47</i>
<i>Graf 13 Závislosti času na počtu měřených kmenů na 3 arových zkusných plochách</i>	<i>49</i>
<i>Graf 14 Závislost času na počtu měřených kmenů na 5 arových zkusných plochách.....</i>	<i>50</i>
<i>Graf 15 Histogram četností v porostu 350 C 10.....</i>	<i>51</i>
<i>Graf 16 Histogram četností v porostu 351 C 9.....</i>	<i>52</i>
<i>Graf 17 Histogram četností v porostu 364 B 8.....</i>	<i>53</i>
<i>Graf 18 Histogram četností v porostu 319 C 7.....</i>	<i>54</i>
<i>Graf 19 Porovnání pozic zaměřených stromů na zkusné ploše 001.....</i>	<i>56</i>
<i>Graf 20 Porovnání pozic zaměřených stromů na zkusné ploše 302.....</i>	<i>57</i>
<i>Graf 21 Porovnání zásob v jednotlivých porostech.....</i>	<i>60</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Průměrné počty kusů vypočtené ze zkusných ploch.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 2 Základní statistika pro 3 arové zkusné plochy</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 3 Základní statistika pro 5 arové zkusné plochy (čas v minutách).....</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 4 Čas v minutách potřebný na měření a přípravu na 3 arových zkusných plochách</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 5 Čas v minutách potřebný na měření a přípravu na 5 arových zkusných plochách</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 6 Základní statistika pro tloušťky (cm) v porostu 350 C 10.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 7 Základní statistika pro tloušťky (cm) v porostu 351 C 9.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 8 Základní statistika pro tloušťky (cm) v porostu 364 B 8.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabulka 9 Základní statistika pro tloušťky (cm) v porostu 319 C 7.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 10 Časová náročnost v hodinách na přípravu a měření.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 11 Počet zaměřených stromů.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 12 Rozsah zásob se spolehlivostí 95% (m³/ha)</i>	<i>61</i>

1. ÚVOD

Dendrometrie je jednou z nejdůležitějších lesnických disciplín, která se zabývá zjišťováním či odvozením důležitých porostních a stromových veličin a jejich vzájemnými vztahy [Korf, 1953]. Za nejdůležitější veličinu lze jak v dendrometrii, tak v lesnictví samotném považovat stanovení objemu stromu či jeho částí, popřípadě zásobu celých porostů. Dendrometrie se snaží stanovit objem nejen již pokácených stromů, avšak i stromů stojících, které jsou určeny k těžbě [Korf et al., 1972].

Dalšími často lesníky opomíjenými vědními disciplínami, ze kterých dendrometrie čerpá, či je na nich přímo závislá, jsou matematika, matematická statistika a fyzika [Grünwald, 1959]. Všechny tyto disciplíny lze pak využít v hospodářské úpravě lesů, která se zabývá řešením produkčních, ekonomických i technických problémů v lesnictví [Philip, 1994].

Dendrometrie reflektuje hospodářský a technologický rozvoj společnosti a podobně jako ostatní lesnické obory se rozvíjí a mění. Kromě všeobecného rozvoje využívání přístrojů na zpracování dat a modelování dendrometrických veličin (přírůst, ...) je vývoj pozorovatelný zejména na využívání moderních měřících zařízení na sběr dendrometrických veličin jako je výška, tloušťka a z nich vycházející objem, popřípadě přírůst. I přes to, že většina tradičních principů na zjišťování dendrometrických veličin se nemění, metody a postupy se přizpůsobují novým možnostem a nástrojům [Kuželka et al., 2014].

Lesnictví je v současné době v České republice velmi diskutované téma, a to především kvůli stále narůstajícímu problému s Lýkožroutem smrkovým *Ips typhographus* (L.) [MZE, 2018; MZE, 2017]. I v těchto, pro lesníky, velmi náročných časech je nutné neopomíjet důležitosti zavádění moderních technologií a metod pro sběr a vyhodnocování dendrometrických veličin [Kuželka et al., 2014].

V posledních letech je v lesnictví vkládáno dost prostředků na rozvoj metod k zaměřování stromů v porostech a určení jejich souřadnic GPS, popřípadě dalších dendrometrických veličin. K velkému pokroku dochází při různých modelacích porostů podle zaměřených pozic jednotlivých stromů [Miller et al., 2015].

Jednou z technologií zaměřených na určení pozice stromu byla provedena i Národní inventarizace lesů, konkrétně s přístrojem Field-Map. V současnosti je k dispozici i další technologie – DP Postex, která by v některých směrech měla konkurovat přístroji Field-Map.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce je porovnání časové náročnosti technologií určených ke stanovení pozic stromů v porostu. Měření s technologiemi Field-Map a DP Postex bude rozděleno na jednotlivé, přesně definované operace, ze kterých bude vyhodnocena a vzájemně porovnána časová náročnost. Pro účely diplomové práce bylo zvoleno měření na 3, 5 a 10 arových kruhových zkusných plochách, ze kterého dosáhneme výsledků pro zhodnocení časové náročnosti ve vztahu k velikosti zkusné plochy, popřípadě počtu zaměřovaných stromů na dané ploše. Diplomová práce by měla poukázat na odlišné použití technologií v rámci různě starých porostů.

Tyto výsledky nám mohou posloužit při rozhodování, kterou technologií by bylo vhodné zvolit pro daný projekt.

Z hlediska zpracování časové náročnosti bude ve výsledcích zahrnuta i časová náročnost na měření výšek potřebných pro výpočet zásob ve sledovaných porostech.

V rozsahu diplomové práce bude stanovena zásoba ve sledovaných porostech z kruhových zkusných ploch a porovnání zaměření jednotlivých stromů na zkusných plochách oběma technologiemi.

3. LITERÁRNÍ ŘEŠERŠE

3.1. Dendrometrické veličiny

Dendrometrie je komplexním vědním oborem. Na vyjádření sledovaných, měřených, či odvozených charakteristik výřezu, stromu, popřípadě celého porostu se využívá různých veličin. Dendrometrické veličiny, které vyjadřují skutečnost v daných jednotkách, jsou nazývány veličinami *kvantitativními* (např.: objem – m³, výška – m, ...) [Van Laar and Akca, 2007]. Naopak veličiny, jež jsou bez jednotek, jsou tzv. „bezrozměrné“, sloužící zpravidla na vyjádření kvality či druhu, jsou nazývány veličinami *kvalitativními* (bonita, druh dřeviny, ...) [Šmelko, 2000].

Z hlediska počtu stromů, o kterých daná veličina pojednává lze dendrometrické veličiny rozdělit na veličiny *stromové* a veličiny *porostní*. Stromové veličiny jsou veličinami, které se zabývají a charakterizují pouze jednotlivý strom. Mezi stromové veličiny patří objem, výška, atd. Lze je získat měřením, výpočtem, popřípadě odhadem. Porostní veličiny jsou vztaženy na celé porosty, a to bez závislosti na jejich velikosti. Lze je vztáhnout na celou plochu porostu, také je můžeme přepočítat na námi zvolenou plochu (ar, ha, km²), či vyjádřit jako průměrný strom neboli *vzorník*. Mezi porostní veličiny je zařazeno například zakmenění, zastoupení dřevin, či zásoba celého porostu, atd. [Burket, 1926].

3.1.1. Zjišťování dendrometrických veličin

Údaje dendrometrických veličin lze stanovit několika možnými způsoby. Každý z těchto způsobů je od ostatních velmi odlišný a má své klady i zápory. Nelze však říci, že všechny dendrometrické veličiny lze stanovit všemi možnými způsoby, spíše naopak. Některé z kvalitativních dendrometrických veličin lze určit pouze jedním způsobem [Kangas and Maltamo, 2006].

3.1.1.1. Pozorování

Pozorování je typické pro kvalitativní veličiny, jejichž výsledkem je zpravidla slovní vyjádření o dané skutečnosti (dřevina: smrk), popřípadě zařazení do předem definované stupnice sledovaného předmětu (stupeň poškození) [Šmelko, 2000].

3.1.1.2. Spočítání

Spočítáním lze určit jak kvalitativní tak kvantitativní veličiny. Do této kategorie lze zařadit výpočet věku podle počtu letokruhů či poškození podle počtu poškozených stromů.

3.1.1.3. Měření a vážení

Je typické pro kvantitativní veličiny, které lze tímto způsobem stanovit s určitou přesností a spolehlivostí. Hodnota pro danou veličinu je zpravidla odečtena ze stupnice či měřicího zařízení. Typické pro tento způsob je měření tlouštěk či stanovení hmotnosti.

3.1.1.4. Výpočet

Výpočtem lze stanovit sledovanou veličinu, a to na základě matematických modelů, pomocí dendrometrických tabulek či vzorců díky jedné či více vstupních veličin. Tento způsob je v dendrometrii velmi často používaný [Šmelko, 2000].

3.1.1.5. Odhad

Posledním způsobem je zároveň způsob nahrazující exaktní způsoby avšak s velkým rizikem z hlediska přesnosti a spolehlivosti. Přesnost odhadu je zpravidla závislá na zkušenostech, které lesník či taxátor získal v průběhu let své praxe.

3.2. Dendrometrické pomůcky a přístroje

Všeobecně je na měření potřeba celá řada pomůcek a v dendrometrii tomu není jinak. Postupem času byla vyvinuta celá řada pomůcek a přístrojů pro měření, které byly více či méně přesné, spolehlivé či praktické.

3.2.1. Moderní pomůcky na měření tlouštěk

V současnosti jsou pravděpodobně nejpoužívanějšími nástroji na měření tlouštěk různé druhy průměrek. Z historického pohledu to byly průměrky s nepohyblivými rameny, neboli parabolické průměrky. Se stále se zvyšujícími nároky na přesnost byly postupně nahrazeny průměrkami, které mají jedno rameno pevně spojené se stupnicí, druhé rameno se pak po již zmiňované stupnici pohybuje a určuje vzdálenost dvou rovnoběžných tečen k danému průřezu měřeného kmene, tedy tloušťku [Kershaw et al., 2017].

3.2.1.1. Průměrky od výrobce Haglöf Sweden AB

Průměrky od výrobce *Haglöf Sweden AB* jsou dnes v České republice bez pochyby nejpoužívanější. Neznámější a pravděpodobně nejpoužívanější analogovou průměrkou je *Mantax Blue*. Vylepšenou verzí je pak *Mantax Black*, jež má sklopná ramena pro lepší skladování či přepravu [Kuželka et al, 2016].

Z digitálních průměrek se výrobce Haglöf Sweden AB prezentuje průměrkami *Mantax Digitech*, které jsou hojně používané právě díky cenové dostupnosti. Tato průměrka disponuje terminálem, který je pevně připojen ke stupnici, ale dnes se již nevyrábí. Nástupcem této průměrky je *Mantax Digitech II*, která má již odnímatelný terminál a disponuje víceřádkovým displejem. Jednoduchý operační systém umožňuje vytváření vlastních názvů dřevin, prohlížení či mazání jednotlivých záznamů. MDII je také schopna naměřená data odeslat do jiných zařízení (mobilní telefon, tablet) pomocí funkce Bluetooth či SMS [Forestry Instruments, 2016].

Další z řady průměrek je *Digitech Professional*, jež je v našich podmínkách nejrozšířenější právě díky LČR, s.p. Její terminál je připevněn na levém rameni průměrky, což může být do jisté míry nevýhodou z hlediska těžiště, je plně programovatelný. Mimo jiné je schopen již v porostu ukázat, po zadání potřebných taxačních veličin, zjišťovanou zásobu porostu. *Digitech Professional II* se na první pohled od předchozí verze liší především umístěním terminálu na pohyblivém rameni, tudíž i lepší manipulovatelností, navíc bylo přidáno tlačítko pro potvrzení přímo na pohyblivé rameno, což každý uživatel jistě ocení.

3.2.2. Moderní pomůcky na měření výšek

Moderní přístroje na měření výšek jsou zpravidla založeny buď na principu *laseru*, či *ultrazvuku*. Při měření s ultrazvukovými dálkoměry je potřeba navíc transpondéru, který signál odráží zpět k přístroji. Ultrazvukové výškoměry jsou limitovány svým dosahem, který se pohybuje mezi třiceti až padesáti metry.

3.2.2.1. Výškoměry Vertex

Pravděpodobně neznámějším výškoměrem je *Vertex IV*, který měří vzdálenost pomocí ultrazvuku a výšky jsou vypočteny pomocí goniometrických funkcí. Tento výškoměr

disponuje mimo jiné i schopností měřit aktuální teplotu a také dokáže komunikovat s jinými zařízeními pomocí funkce Bluetooth.

Vertex Laser je vyšším modelem a jak již název napovídá, disponuje také laserem, díky němuž lze měřit vzdálenosti i na několik stovek metrů. [Forestry Instruments, 2018].

V současnosti nejnovějším přístrojem od společnosti Haglöf Sweden AB je *Vertex Laser Geo*, který navíc od přechozích přístrojů disponuje GPS a je schopen při použití nemagnetického stavu měřit jak horizontální, tak i vertikální úhly [Haglöf Sweden AB, 2017].

3.2.2.2. Výškoměry TruPulse

Výškoměr *TruPulse 200 B* je výrobkem americké společnosti *Laser Technology Inc.* Měří šikmé vzdálenosti a úhly, ze vstupních dat umí vypočítat výšku a vodorovnou vzdálenost. V současnosti je používán revírníky u LČR, s.p. *TruPulse 360°* má navíc zabudován elektronický kompas, se kterým lze měřit horizontální úhly, popřípadě azimut. Oproti předchozím modelům je mimořádně odolný, co se týče nepříznivých terénů, tak i extrémního počasí. [Kuželka et al., 2016]. *TruPulse 360°R* je vylepšeným modelem, který dokáže ve spojení s GPS přijímačem určit zeměpisné souřadnice zaměřovaného bodu, díky čemuž lze bod promítnout i do různých GIS softwarů [Laser Technology, 2018].

3.2.3. Přístroje a soustavy na měření pozic stromů

V současné době je vedle zjišťování jednoduchých dendrometrických veličin trend pozorovat i rozmístění stromů v porostu a jejich vzájemný vztah. Prostorová struktura lesa je velmi náročná na sběr dat a jejich vypovídající přesnost. Pozice jednotlivých stromů v porostu jsou využívány spíše ve vědeckovýzkumné činnosti či při používání různých modelů, než v prakticky orientované provozní činnosti. Podle pozic stromů lze pomocí náhodnosti rozmístění stanovit vznik porostu, popřípadě je možné vymodelovat konkurenční vztahy mezi jednotlivými stromy či predikovat vytvořenou biomasu. Nyní na našem území je pravděpodobně nejznámějším projektem, zaměřeným na stanovení pozic stromů a dalších dendrometrických veličin, Národní inventarizace lesů.

Jednoduchá metoda na určení pozic stromů je polární zaměřování pozic stromů ze středu plochy pomocí kompasu a dálkoměru. Souřadnice Kartézské soustavy jsou pak určeny transformací azimutu a vzdáleností. Na tomto principu je založeno mnoho zařízení na získávání pozice objektů používaných jak v lesnictví tak i mimo něj. Přístroje používané v lesnictví se od sebe navzájem velmi liší. Některé z nich jsou schopny ukládat do paměti velké množství různých dat, jiné pak osloví uživatele svou jednoduchostí a časovou i uživatelskou nenáročností [Kuželka et al., 2014].

3.2.3.1. Technologie Field-Map

Nejnámější pomůckou na určování pozic stromů a jejich dalších charakteristik je sestava *Field-Map*. Systém *Field-Map* byl vyvinut především pro potřeby inventarizací lesů, jeho variabilita je dána hlavně rozdílnými metodikami národních inventarizací po celém světě. Inventarizace lesů podle § 28 zákona č. 289/1995 Sb. Lesní zákon, je proces zjišťování skutečného stavu lesů na území státu. V České republice je tato technologie známá především ve spojení s Národní inventarizací lesů, která byla provedena podle § 2 nařízení vlády č. 247/2009 Sb. nařízení vlády, kterým se vyhlašuje provedení inventarizace lesů v letech 2011 - 2015 a při které byla používána.

Field-Map je technologie disponující celou řadou způsobů sběru, zpracování a vyhodnocení dendrometrických dat a veličin. Tato technologie vzniká spojením jedinečného software a hardware, je to otevřený systém, který může být samotným uživatelem snadno přizpůsoben k různým měřičským či inventarizačním úkolům (zjišťování škod zvěří, hospodářská úprava lesů, fytoecologické snímkování, tvorba 3D modelů stromů či porostů, ...). V softwaru *Field-Map* lze upravit dle konkrétního projektu strukturu databáze, návrh systému venkovního sběru dat, klasifikaci leteckých snímků, sběr dat v terénu, či vyhodnocení výstupních dat. [IFER,2016].

Technologie *Field-Map* má celou řadu využití při měření v lese, jako je například mapování prostorových objektů, stromů, ležícího dřeva, ukládání pozic, měření výšek a další. *Field-Map* využívá pro určení pozic jednotlivých bodů úhel (měřený kompasem) a vzdálenost (měřená laserem). Na obsluhu celé soustavy jsou zapotřebí dva pracovníci, kdy jeden obsluhuje přístroj a druhý měřič se pohybuje v porostu s výtyčkou a odrazkou. [Marušák et al., 2009].

3.2.3.1.1. Hardware Field-Map

Hardwarová soustava Field-Map je velmi různorodá v závislosti na způsobu měření a náročnosti terénu, popřípadě požadovaných výstupech. Hardware lze všeobecně rozdělit do několika kategorií – terénní tablety, laserové dálkoměry se sklonoměrem, elektronické kompas, GPS a další přístroje a příslušenství.

Zpravidla nejčastější soustavu tvoří terénní tablet, který je připevněn k monopodu s laserovým dálkoměrem a sklonoměrem, elektronickým kompasem a GPS přijímačem. Soustavy lze různými způsoby kombinovat, a to i včetně stativů, kde je na výběr z tripodu, monopodu či speciálního stativu, který má měřič zavěšen na těle, pro lepší manipulaci s tabletem i ve složitých terénech. GPS přijímač je spojen s odolným tabletem přes kabel a stejně tak i laserový či ultrazvukový dálkoměr. U novějších soustav je laserový dálkoměr a sklonoměr spojen i s elektronickým kompasem, což ulehčuje jak manipulaci, tak i logicky snižuje počet zařízení v soustavě. V současné době je soustava Field-Map dodávána právě s již zmiňovaným laserovým dálkoměrem TruPulse 360 R, který disponuje i sklonoměrem či elektronickým kompasem. Komunikace je zajištěna přes sériový port popřípadě přes Bluetooth [IFER, 2016].

3.2.3.1.2. Software Field-Map

Field-Map software je podobně jako hardware poměrně finančně náročný. Samotný software se skládá ze dvou základních částí. *Field-Map Project Manager* je určen pro přípravu projektů, podkladových map či manipulaci s daty. Pro sběr dat v terénu a proces mapování je určen modul *Field-Map Data Collector*. Oba tyto moduly mohou pracovat nezávisle na sobě, a tudíž nemusí být ani nainstalovány na jednom zařízení [Kuželka et al., 2014]. K *Field-Map Data Collectoru* je přidáván *Field-Map Project Assistant*, který uživateli zpřístupní některé funkce *Field-Map Project Manageru*, které využijí terénní pracovníci. Jedná se především o přípravu podkladových map či zálohování dat. Ve *Field-Map Project Assistantu* není umožněno terénním pracovníkům zasahovat do struktury projektu [Marušák et al., 2009].

Field-Map Project Manager: Je hlavní a základní aplikací, přes kterou je daný projekt založen, vytvořen a dále specifikován. Při zakládání projektu ve *Field-Map Project Manager* je nejprve velmi jednoduše definována základní uživatelská struktura

databáze. Tato databáze je k dispozici ve standardních formátech podle výběru uživatele – Paradox, MS Access, MS SQL. Specifické úkoly, jako je kontrola dat popřípadě určení funkce na stanovení objemu dřeva či biomasy, je k dispozici skriptovací prostředí. V intuitivním prostředí této části softwaru je schopen i uživatel bez programátorských schopností velmi rychle založit poměrně komplikovanou databázovou strukturu [IFER, 2016].

Field-Map Data Collector: Po založení databázové struktury může uživatel započít s terénními pracemi, a to právě ve Field-Map Data Collectoru, který nastavuje automaticky vlastní rozhraní podle typu projektu. Tento softwarový program přímo podporuje elektronická měřící zařízení (GPS, dálkoměr, sklonoměr, kompas, průměrku), od kterých je schopen přijímat naměřená data a ukládat je do databáze. Základní princip měření je, že uživatel získá svou pozici, ze které měří, ta je uložena a od ní jsou následně všechny stromy, body, či linie pomocí sklonoměru, dálkoměru a kompasu odvozeny. Pokud nemá uživatel k dispozici GPS, může pozici odvodit z mapy či zaměřením na známý referenční bod. Naměřené linie může uživatel přetransformovat na polygony, které jakožto i ostatní naměřené objekty mohou být popsány různými atributy [IFER, 2016].

Field-Map Stem Analyst: Je programem, který umožňuje parametrizaci zobecněných modelů profilu kmene a jejich nasazení pro výpočet objemu stromů. Aplikace dokáže na základě modelu sortimentace vypočítat procentuální zastoupení jednotlivých sortimentů a odvodit tak i finanční hodnotu zásoby dřeva na daném území. Aby byl možné takto učinit, je nezbytné nahrát do aplikace modely tvaru kmene, vady kmene, nezbytná data LHP, popřípadě data statistické inventarizace lesa [IFER, 2016].

Field-Map Inventory Analyst: Umožňuje uživateli různá statistická zpracování dat, a to prakticky hned po ukončení terénních prací. Aplikace provádí výpočty veličin z naměřených dat (objem, výšky, ...). Výsledky jsou prezentovány okamžitě formou grafů, tabulek či doprovodných textů. [IFER, 2016].

3.2.3.2. Soustava DP Postex

Digitech Professional Postex je další soustavou na měření pozic stromů v porostu na zkusných plochách, kterým jsou navíc přiřazovány i další dendrometrické veličiny.

DP Postex od švédského výrobce Haglöf Sweden AB je složena z několika na sobě závislých částí, které dohromady vytváří komplexní soustavu určenou ke sběru dat, jako je pozice stromu, výška, tloušťka, atd. [Haglöf Sweden AB, 2015].

Samotnou soustavu tvoří elektronická registrační průměrka, ke které je připevněn přístroj Postex, GPS lokátor, tři transpondéry a aluminiový stativ (trojnožka). Soustava může být navíc doplněna o výškoměr, kterým lze měřit výšky a pomocí Bluetooth či infraport je převést do terminálu registrační průměrky [Lämås, 2010].

Elektronická registrační průměrka DP II: Právě nejnovější elektronická průměrka je nejvhodnější pro použití v soustavě DP Postex. Její nespornou výhodou oproti předešlým modelům je především přesun terminálu na posuvné rameno a přidání potvrzovacího tlačítka ke stupnici, což umožňuje potvrzení měření pravým ukazovákem. Celkově je tento model i oproti předešlým výrazně lehčí. Po připojení terminálu k PC již není potřeba speciálního programu ke stažení naměřených dat, avšak terminál se načte jako úložiště typu SD-card s kapacitou více než 1 Gb, ze kterého lze snadno naměřená data přesunout do úložiště PC [Silvi Nova CS, 2017].

DP Postex: Je malým zařízením, které je připojeno k terminálu DP II a snímá vzdálenost od všech transpondérů, na jejichž základech je poté stanovena poloha stromu na zkusné ploše.

GPS lokátor: Nezbytnou součástí celé soustavy je GPS lokátor, jež určí polohu středu dané plochy, od kterého se následně odvíjí všechny pozice stromů na zkusné ploše. Chyba v určení polohy středu plochy je určená chybou ze zaměření pozice GPS lokátoru.

Transpondéry s tripodem: Celá soustava je založena na principu určení vzdálenosti pomocí ultrazvuku. Transpondéry, které jsou označeny a každý musí být umístěn předem daným směrem, jsou připojeny k tripodu, kde se uprostřed nachází rozptylka, která odráží ultrazvuk k měřiči.

3.2.3.2.1. Software Postax

Software průměrky Digitech Professional pro získávání pozic stromů od středu plochy a následné vypočtení souřadnic GPS, je nazván *Postax*. Jednoduchá struktura celého

softwaru je bezpochyby výhodou. Uživatel nadefinuje identifikační číslo a poloměr plochy, souřadnicový systém, druh dřeviny a měřením získá tloušťku, výšku a vzdálenost od středu plochy. Výšky lze pomocí funkce Bluetooth přeposlat přímo při měření z výškoměru do registrační průměrky, anebo je lze doplnit po ukončení měření, jelikož manuální zadávání je poměrně časově náročné.

3.2.3.2.2. Měření s DP Postex

Princip DP Postex je založen na ultrazvukovém měření vzdáleností a úhlů. Měření probíhá na zkušných plochách, kde je v jejich středu umístěn hliníkový stativ s transpondéry a vodováhou. Transpondéry jsou označeny barvami (černý, zelený, bílý). Pro správné fungování celé soustavy musí být dodrženy správné směry transpondérů. Černý transpondér musí být nasměrován k severu, zelený je pak od něj umístěn na pravé straně pod úhlem 120° a bílý naopak na straně levé. Po vyplnění předdefinované databáze a založení zkušné plochy v softwaru Postax, lze přistoupit k samotnému měření jednotlivých stromů [Haglöf Sweden, 2014].

Měření se vztahuje k momentu, kdy měřič potvrdí u měřeného stromu na elektronické průměrce jeho tloušťku. Poloha stromu je vypočtena na základě vzdáleností od jednotlivých transpondérů, ze kterých přijímá měřicí jednotka Postex informaci o vzdálenosti. Tato informace je následně zpracována v terminálu průměrky softwarem Postax, kde jsou získané vzdálenosti přetransformovány na souřadnice GPS každého stromu.

Nespornou výhodou DP Postex je především měření vzdáleností pomocí ultrazvuku. Díky tomuto je možné měřit i ve velmi členitém terénu a není nutné, aby byl měřený strom přímo viditelný ze středu zkušné plochy popřípadě, aby byly transpondéry přímo viditelné od měřeného stromu.

4. METODIKA

4.1. Zkusné plochy

Ve výše zmíněných porostech byly zvoleny zkusné plochy, které byly pro daný porost reprezentativní a měly by jej společně co nejlépe charakterizovat. Zkusné plochy byly v porostu vybrány vždy až po prozkoumání celé plochy a vytipování nejcharakterističtějších míst. V každém porostu bylo vybráno 6 středů ploch, právě v charakteristických plochách, ze kterých následně probíhalo měření. Středů ploch byly označeny sprejem a daným zkusným plochám vždy bylo přiřazeno pořadové číslo. Z každého středu byly měřeny vždy 3 a 5 arové zkusné plochy, a to nejprve technologií DP Postex a následně Field-Map.

4.2. Rozdělení operací pro účel stanovení časové náročnosti sledovaných technologií

Pro stanovení časové náročnosti obou technologií byly rozděleny činnosti spojené s danou technologií na jednotlivé operace s přesně daným počátkem a ukončením. Zvláště byl měřen čas nutný na získání potřebného počtu výšek pro každý porost. Tento údaj představuje čas od vstupu do porostu až po poslední zaměřenou výšku v daném porostu.

Při zaznamenávání času potřebného pro měření s jednotlivými technologiemi byl rozdělen celý úkon na tři operace. První operací je příprava dané technologie respektive všech přístrojů před vstupem do porostu. Tento proces zahrnuje zapnutí přístrojů, rozložení stativu atd. Nepatří sem čas strávený založením zkusné plochy v přístroji či fyzicky.

Druhou operací je pak tzv. „příprava před měřením“, což představuje určení středu zkusné plochy rozložení a stabilizace přístroje na daném místě a založení zkusné plochy v terminálu průměrky či terénním počítači. Počátek této operace je nastaven na moment, kdy je určen střed plochy a ukončení připadá na moment, kdy měřič začíná měřit první strom na dané zkusné ploše.

Třetí fází je pak samotné měření, které začíná v momentě, kdy měřič začne s měřením prvního stromu a je ukončeno v momentě uložení posledního stromu na dané zkusné ploše.

4.3. Měření výšek

Zvláště byl sledován čas potřebný na měření výšek. V každém porostu bylo naměřeno padesát výšek napříč celým porostem a následně vytvořen vyrovnaný výškový grafikon, ze kterého byly použity výšky při měření oběma technologiemi, aby nedošlo ke zkreslení dat získaných různými měřeními.

Samotné měření bylo provedeno přístrojem TruPulse, na kterém byla před měřením ověřena správnost měření. S výškoměrem bylo měřeno pomocí laseru, kde je zaměřena nejdříve vzdálenost k měřenému stromu, poté na jeho špičku a nakonec k patě stromu.

4.4. Měření technologií DP Postex

Při měření s technologií DP Postex byl použit speciální aluminiový stojan s vodováhou, ke kterému byly připevněny tři transpondéry. Uprostřed stojanu byl umístěn GPS lokátor, od kterého přijímal signál pomocí funkce Bluetooth terminál průměrky Digitech Professional II. K terminálu byl připojen i přístroj DP DME Postex, který s terminálem komunikuje přes infraport.

Před samotným měřením byl rozestavěn speciální stativ, na který byly umístěny transpondéry – černý na sever, zelený napravo od černého a bílý ve zbývajícím směru. Stativ s transpondéry se umístil na střed zkusné plochy a s ním i GPS lokátor, který určí polohu GPS.

V terminálu průměrky DP II byla založena nová plocha s třímístným ID kódem, dále byl vybrán souřadnicový systém (Kartézský) poloměr plochy – pro 3 arovou plochu odpovídá 9,77 metru a pro 5 arovou plochu 12,62 metru.

Po založení plochy bylo provedeno převzetí souřadnic GPS od GPS lokátoru pomocí funkce Bluetooth a následoval samotný proces měření. Měřič s registrační průměrkou Digitech Professional II obcházel jednotlivé stromy na zkusné ploše a měřil jejich výčetní tloušťku. Před samotným měřením tloušťky je vždy nutné potvrdit ID měřeného stromu

a následně i druh dřeviny stisknutím potvrzovacího tlačítka na terminálu průměrky či na stupnici. Následuje potvrzení měřené tloušťky, přičemž proběhne přijetí ultrazvuku od transpondérů přes DP DME Postex, který musí během měření směřovat vždy do středu plochy. Poté dojde k vyhodnocení vzdálenosti měřeného stromu v terminálu DP II. Opětovným potvrzením jsou naměřená data uložena do paměti terminálu k příslušnému ID stromu. Pokud je vzdálenost naměřená od středu plochy po střed měřeného stromu větší než poloměr plochy, terminál průměrky vznese dotaz, zda si uživatel přeje strom do měřené plochy zařadit či nikoliv.

Po dokončení měření na zkusné ploše bylo v terminálu průměrky ukončeno měření na dané ploše a následovalo založení další zkusné plochy. Výšky mohou být vkládány přes terminál průměrky pomocí jednotlivých tlačítek již při měření či po jeho dokončení. Výšky však lze i doplnit v počítači po přesunutí naměřených dat z terminálu průměrky.

V případě měření pro účely diplomové práce byly výšky dodány právě pomocí počítače po přesunu naměřených dat. Čas potřebný na zadávání výšek byl připočten k celkovému času měření pro jednotlivé plochy.

4.5. Měření technologií Field-Map

Při měření s technologií Field-Map byla použita sestava několika přístrojů. Měřič obsluhoval laserový dálkoměr se sklonoměrem, elektrický kompas a GPS, které byly propojeny přímo s terénním počítačem *Getac T800*. Přístroje, které obsluhoval měřič, byly připojené k jednoduchému aluminiovému monopodu pro snadnější manipulaci. Druhý pracovník pracoval s odrazkou, výtyčkami, průměrkou a popřípadě výškoměrem.

Před samotným měřením bylo nutné v terénním počítači v programu Field-Map Project Manager založit projekt a utvořit správnou strukturu databáze vhodnou pro měření této diplomové práce. Pro tyto účely byla využita již předdefinovaná databáze z předešlých projektů. Na zkusných plochách byly zaměřovány pozice stromů, druh dřeviny, výška a tloušťka. Vytvořená databáze však nabízela vložení dalších charakteristik pro měřený objekt (nasazení, šířka koruny, ...).

Softwarový program Field-Map Data Collector je následně určen již k samotnému měření v terénu a v terénním počítači se otevírá pod jinou ikonou než Field-Map Project

Manager. V Collectoru bylo uživatelem před měřením nastaveno ID plochy, název zkusné plochy, její velikost (3 popřípadě 5 arů), magnetická deklinace, výška přístroje, výška odrazky a její pozice u měřeného stromu (před, vedle vlevo či vpravo).

Aluminiový monopod s přístroji byl umístěn do středu plochy odkud měřič pomocí přidaného monokuláru cílil na výtyčku s odrazkou, kterou pomocník přidržoval u měřených stromů. Po stisknutí potvrzovacího tlačítka na dálkoměru byla změřena vzdálenost, úhel (azimut), pod kterým byl měřený strom zachycen. V terénním počítači bylo měření vyhodnoceno a na obrazovce zobrazena vzdálenost stromu od středu plochy. Potvrzením byl strom následně přijat do databáze.

U stromů které se nacházejí na hranici plochy, vznesl počítač poznámku o maximální velikosti výčetní tloušťky, která je limitní pro zařazení měřeného stromu do plochy. Při potvrzení dojde k uložení stromu do databáze naopak při odmítnutí je daný strom vymazán.

Po uložení naměřeného stromu byly přidávány jeho dendrometrické veličiny. Výčetní tloušťku měřil pomocník analogovou průměrkou a měřič stojící ve středu plochy ji následně manuálně zadal a uložil do terénního počítače k příslušnému stromu. Výška pak byla odečtena z výškového grafikonu na základě tloušťky a rovněž manuálně zadána k příslušnému stromu. Následným potvrzením došlo k uložení informací a bylo provedeno zaměření dalšího stromu.

Na každé ploše byly vytvořeny a zaměřeny dva referenční body. Tyto referenční body byly dány výtyčkou s odrazkou a ze středu zkusné plochy byla zaměřena jejich pozice. V případě kdy při měření došlo k situaci, že měřič neviděl na zaměřovaný strom skrze jiný strom popřípadě jinou překážku, posunul se s přístrojem mimo střed plochy tak, aby z daného místa bylo možné zacílit na referenční body i zaměřovaný strom. Přesun v samotném programu se provedl opětovným zacílením a potvrzením referenčních bodů. Následně se pokračovalo zaměřením na již viditelný strom.

4.6. Výpočty

V diplomové práci byly sledovány mimo času potřebného na jednotlivé operace při měření potažmo časová náročnost obou technologií, i jiné veličiny. Z těchto veličin lze do určité míry vyvodit různé souvislosti, které se ve sledovaných porostech naskytly.

4.6.1. Počet stromů

Na sledovaných porostech byly měřeny jednotlivé stromy dvěma technologiemi. V každém z porostů bylo vytvořeno celkem šest středů ploch, přičemž z každého středu byly měřeny dvě velikosti ploch, a to oběma technologiemi. Z dosaženého měření byly vyhodnoceny počty měřených stromů na daných plochách a následně byly vypočteny celkové počty stromů v porostu vycházejících z měření na zkusných plochách. Následně došlo k porovnání dosažených počtů v závislosti na technologii, ze které výpočet vycházel a velikosti zkusné plochy. Nakonec došlo i k porovnání počtu kmenů v jednotlivých porostech mezi sebou.

4.6.2. Naměřené tloušťky

Vyhodnocení průměrné tloušťky proběhlo především ve vztahu k jednotlivým lesním porostům. Sekundárně však byly vyhodnoceny i tloušťky dosažené při měření analogovou a digitální průměrkou.

4.6.3. Naměřené výšky

Výšky získané z měření laserovým výškoměrem TruPulse byly vyhodnoceny pouze ve vztahu k daným lesním porostům.

4.6.4. Zásoba na zkusných plochách a v jednotlivých porostech

Zásoba byla vyhodnocena na jednotlivých 3 a 5 arových zkusných plochách, a to pro obě technologie. Přepočtem na celou plochu porostu bylo pak dosaženo zásoby celého porostu s danou přesností a spolehlivostí.

4.6.5. Porovnání zasazení ploch v terénu

Dosažené výsledky v podobě mapových vrstev, které byly mimo jiné výstupem z obou technologií, byly navzájem porovnány. Stejně tak došlo i k porovnání zkusných ploch

vytvořených na jednom středu jednou technologií, což by mělo poukázat na možné nedostatky v GPS lokátoru.

5. PŘÍPADOVÁ STUDIE

5.1. Lesní správa Pelhřimov – revír Černovice

LČR obhospodařují zhruba 1,3 mil. ha lesního majetku ve vlastnictví státu (téměř 86 % rozlohy všech státních lesů) a téměř 40 tis. km vodních toků a bystřin [LČR, 2014]. Roční těžby se pohybují v běžných letech průměrně okolo 7 – 8 mil. m³ dřeva, což představuje zhruba 72 % celkového průměrného přírůstu [LČR, 2018].

Lesní správa Pelhřimov patří mezi 72 lesních správ LČR s.p., spadá pod Krajské Ředitelství Jihlava, které zaštiťuje celkem 5 lesních správ [LČR, 2018].

Lesní správa Pelhřimov se rozkládá na katastrální výměře 155 000 ha, na území bývalých okresů Pelhřimov, Jindřichův Hradec, Tábor, Benešov a Jihlava. Obhospodařuje 14 520 ha lesní půdy. Tato oblast je významnou produkční oblastí dřevní hmoty, především smrku. Území s vyšší nadmořskou výškou na LS Pelhřimov jsou typické výskytem autochtonních smrkových porostů [Úradníček et al., 2001].

LS tvoří LHC Pelhřimov s výměrou 11 282 ha a LHC Čeřínek s výměrou 3 238 ha, oba LHC jsou celé součástí přírodní lesní oblasti č. 16 – Českomoravská vrchovina [ÚHÚL, 2001].

Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 7 - 8 °C. Průměrný roční úhrn srážek je v rozmezí 630 až 800 mm. Častý výskyt vlhkého sněhu způsobuje vrcholové zlomy. Jih a východ je oblastí námraz s častým výskytem mlh. Nadmořská výška se pohybuje v rozpětí 306 – 765 m n. m. [Švec, Souček, 2014]. Faktory jako nadmořská výška a vlhký sníh, ovlivňují obnovu a výchovu porostů již od prvních výchovných zásahů [Poleno, Vacek, et al., 2009].

Nejrozšířenější z edafických kategorií je kyselá řada kategorie K – kyselá, a živná řada kategorie S – středně bohatá. Následuje řada oglejená kategorie O – středně bohatá. Nejrozšířenějším souborem lesních typů je 5K a 5S. Z lesních vegetačních stupňů naprosto převažuje 5. lesní vegetační stupeň [ÚHÚL, 2003; Plíva, 1987].

5.1.1. Kategorizace lesa za LHC Pelhřimov

Les hospodářský zaujímá plochu 7 378 ha, les ochranný 4 ha a les zvláštního určení 3 879 ha (z toho genová základna tvoří 3 753 ha – pro smrk). Obmýtí pro SM porosty je 120 let, respektive v genových základnách 140 let. Obnovní doba je 40 let.

5.1.2. Kategorizace lesa za LHC Čerřínek

Les hospodářský – 3 090 ha, NPR Špičák – 46 ha, lesy zvláštního určení 206 ha (z toho genová základna 63 ha – pro buk a dub).

5.1.3. Závazná ustanovení plánu LHC Pelhřimov

Maximální celková výše těžeb pro LHC Pelhřimov úhrnem je 940 000 m³. Z uvedeného tvoří celková výše mýtní těžby 694 000 m³ a předmýtní těžby 246 000 m³. Minimální plošný rozsah výchovy v porostech do 40 let věku je 802 ha prořezávek a 999 ha probírek. Roční skutečnost se pohybuje okolo 115 %.

Minimální procento melioračních a zpevňujících dřevin dle jednotlivých hospodářských souborů za celé LHC stanovené vyhláškou je 25,13 %, v LHP je vyšší, a to 26,45 %. Vyhláškovému procentu nebylo vyhověno v případě rozsáhlého přirozeného zmlazení smrku nebo nevhodnosti umístění MZD při domýcení porostů. [Švec, Souček, 2012].

5.2. Sledované porosty

K měření diplomové práce byly vybrány čtyři lesní porosty, a to právě na již zmiňované Lesní správě Pelhřimov, revír Černovice. Odlišné hospodaření na každém z porostů bylo odvislé především v důsledku různých přírodních podmínek, které porosty při jejich růstu ovlivňovaly. Vybrané lesní porosty byly rozděleny do různých věkových stupňů pro lepší porovnání sledovaných měřičských metod. Porosty byly zastoupeny ve věkových stupních 7, 8, 9 a 10.

5.2.1. Lesní porost 350 C 10

Lesní porost 350 C 10 byl vybrán jako reprezentativní porost na revíru Černovice pro věkový stupeň 10. Skutečný věk porostu byl v době měření 109 let, jelikož je daný lesní hospodářský plán téměř u konce se svou plaností, tento lesní porost náleží ještě

do věkového stupně 10. Podle údajů z hospodářské knihy je porost 5,15 ha velký. Lesní typ odpovídá 6P1 – kyselá smrková jedlina třtinová na střídavě zamokřených půdách, na plošinách a mírných svazích. Porost je monokulturní se stoprocentním zastoupením smrku ztepilého. Pro tento porost je také uvedena střední tloušťka, která odpovídá 33 centimetrů a střední výška, která byla určena pro zřizování lesního hospodářského plánu na 30 metrů. Na základě těchto hodnot byl stanoven objem středního kmene na 1,1 m³ bez kůry. Zásoba porostu pak odpovídala 605 m³/ha bez kůry respektive 3117 m³ bez kůry na celou plochu porostu při plném zakmenění. Absolutní bonita, jelikož v době tvorby lesního hospodářského plánu byl porost 100 let starý, odpovídá výšce porostu. Porost je veden jako genová základna, což zapříčinilo prodloužené obmýetí na 140 let při obnovní době 40 let.

5.2.2. Lesní porost 351 C 9

Porost 351 C 9, který byl vybrán pro charakterizování věkového stupně 9, se nachází na stanovišti s lesním typem 5K2 – kyselá jedlová bučina s ostřicí kulkonosnou. Tento lesní typ je typický pro chudé půdy na svazích, plošinách a vyvýšeninách. Věk porostu při zřízení lesního hospodářského plánu byl 82 let, tudíž v době měření byl porost 91 let starý. Porostní skupina zaujímá 7,39 hektaru. Porost je opět monokulturní s jedinou dřevinou – smrkem ztepilým. Obmýetí pro tuto dřevinu bylo stanoveno na 120 let při obnovní době 40 let. Objem středního kmene byl při zřizování lesního hospodářského plánu vypočten na 0,81 m³ bez kůry při výšce středního kmene 28 metrů a tloušťce 29 centimetrů. Celková zásoba porostu pak odpovídá 574 m³/ha bez kůry respektive 4244 m³ bez kůry na celou plochu porostu při plném zakmenění.

5.2.3. Lesní porost 364 B 8

Pro charakteristiku věkového stupně 8 byl vybrán lesní porost 364 B 8. Dílec B oddělení 364 je opět genovou základnou, a tak pro daný porost platí prodloužená doba obmýetí na 140 let a doba obnovní pak 40 let, při které se počítá s podrobným způsobem hospodaření. Převládajícím lesním typem je 5S1 – svěží jedlová bučina šťavelová vyskytující se na středně živných půdách na svazích a plošinách. Porost zaujímá svou rozlohou 4,55 hektaru, kde se vyskytuje pouze jedna dřevina, a tou je smrk ztepilý. Ten svým průměrným kmenem o objemu 0,84 m³ bez kůry s výškou 29 metrů a tloušťkou

29 centimetrů podle měření v době tvorby lesního hospodářského plánu tvoří v porostu zásobu 532 m³/ha bez kůry čili 2423 m³ bez kůry na celé ploše porostu při plném zakmenění.

5.2.4. Lesní porost 319 C 7

Pro charakteristiku věkového stupně 7 v diplomové práci byl vybrán porost 319 C 7. Tento lesní porost zaujímá svou výměrou 6,14 hektaru. Převládajícím lesním typem na daném stanovišti je 5K2 – kyselá jedlová bučina s ostřicí kulkonosnou. Lesní typ 5K2 se vyskytuje na chudých půdách na svazích, plošinách a vyvýšeninách. Porost, který byl 69 let starý v době zařazení lesního hospodářského plánu (78 let v současnosti) je smrkovou monokulturou, kde byl střední kmen vypočten na 0,55 m³ bez kůry. Výška středního kmene odpovídá 25 metrům a tloušťka pak 25 centimetrům. Celková zásoba porostu pak byla vypočtena na 426 m³ bez kůry respektive 2616 m³ bez kůry na celou plochu porostu při plném zakmenění. Obmýtí u porostu 319 C 7 je plánováno na 120 let a obnovní doba na 40 let, což opět vzhledem k okolním dobře se přirozeně zmlazujícím porostům předepisuje použití podrostního hospodářského způsobu.

6. VÝSLEDKY

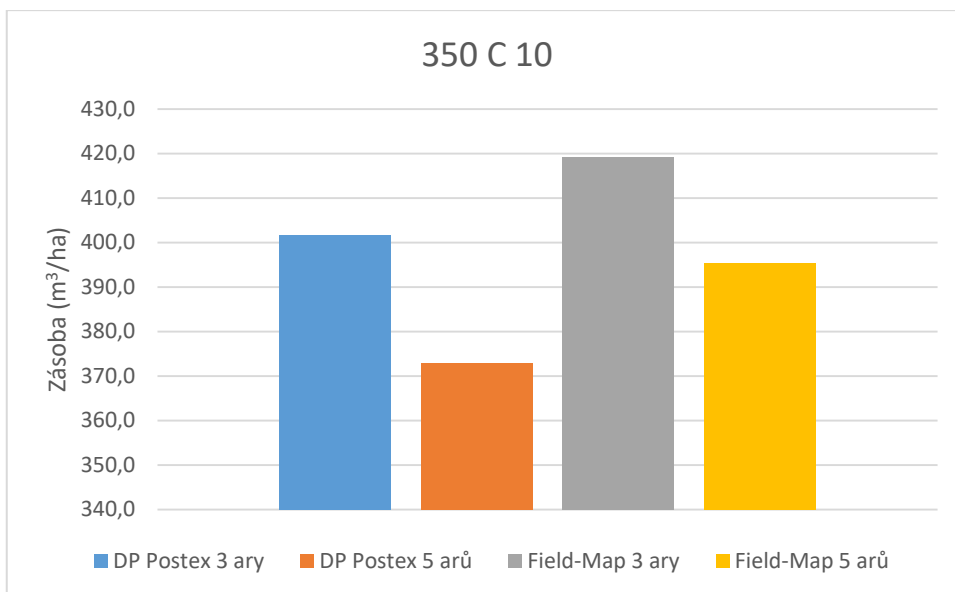
Měření proběhlo dvěma technologiemi ve čtyřech lesních porostech. Všechny tyto porosty byly bez jakýchkoliv podrostů či zmlazení. Ve všech porostech byla zastoupena pouze jedna dřevina, a to smrk, jednalo se tedy o monokulturní porosty. V každém z porostů bylo umístěno celkem 6 středů zkusných ploch, a to v místech pro nejlepší reprezentaci daného porostu, ze kterých probíhalo měření zkusných ploch. Zkusné plochy byly vždy o velikosti 3 a 5 arů respektive o poloměru 9,77 metrů, či 12,62 metrů u větší zkusné plochy. Na kruhových zkusných plochách o velikosti 10 arů nebylo měření provedeno v důsledku omezeného dosahu ultrazvuku s technologií DP Postex.

6.1. Vyhodnocení zásob lesních porostů

Pro výpočet zásob byly použity data z měření oběma technologiemi, a to jak na menších – 3 arových zkusných plochách, tak i na větších – 5 arových zkusných plochách. Tyto zásoby byly následně přepočteny na 1 ha a porovnány pro dané lesní porosty s LHP. Informace o takto vypočtených zásobách lesních porostů jsou určeny především k dokreslení celkového stavu. Vypočtené zásoby jsou pouze orientační, jelikož počet zkusných ploch nebyl zvolen tak, aby byly dosažené výsledky týkající se zásob porostů statisticky významné.

6.1.1. Lesní porost 350 C 10

Zásoba v tomto porostu byla podle různých metod stanovena v blízkosti 400 m³/ha bez kůry, přičemž je z níže uvedeného grafu patrné, že zásoba vypočtena z dat naměřených na 3 arových zkusných plochách oběma technologiemi dosahovala vyšších hodnot oproti zásobám vypočteným z následného měření na 5 arových zkusných plochách. Zásoba uvedená v hospodářské knize odpovídá 594 m³/ha bez kůry, což je téměř o 50 procent více než průměr ze zkusných ploch.

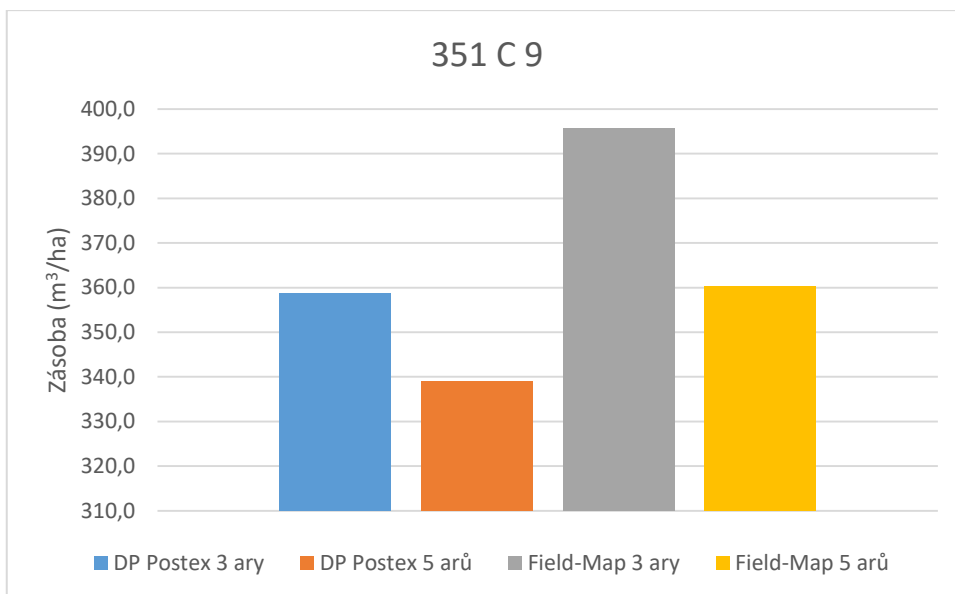


Graf 1 Zásoba v porostu 350 C 10

Nejnižších hodnot zásoby bylo dosaženo z měření s technologií DP Postex na 5 arových zkusných plochách, a to 372,9 m³/ha bez kůry. Naopak nejvyšší hodnoty byly vypočteny na 3 arových zkusných plochách s technologií Field-Map, konkrétně tedy 419,1 m³/ha bez kůry.

6.1.2. Lesní porost 351 C 9

V porostu 351 C 9 byly rozdíly mezi zásobou stanovenou z různých technologií a různých velikostí kruhových zkusných ploch více jak 55 m³. Průměrná hodnota zásoby v tomto porostu odpovídá 363,4 m³/ha bez kůry. Oproti tomu v hospodářské knize je uvedena hodnota 567 m³/ha bez kůry. V tomto případě je zásoba v hospodářské knize dokonce o 56 procent vyšší než průměr zásob ze zkusných ploch.

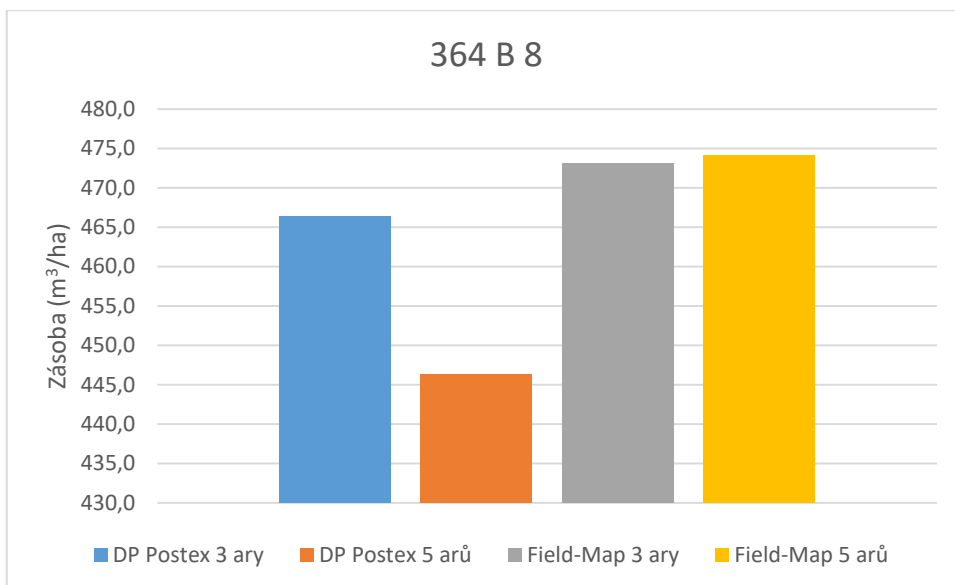


Graf 2 Zásoba v porostu 351 C 9

Stejně jako v předešlém porostu bylo stanovena i nejvyšší zásoba technologií Field-Map na 3 arových zkusných plochách a naopak nejnižší zásoba byla pak vypočtena z 5 arových zkusných ploch měřených s při technologii DP Postex.

6.1.3. Lesní porost 364 B 8

V lesním porostu zastupujícím věkový stupeň 8 byla naměřena zásoba kolem 460 m³/ha bez kůry. Rozdíl zásoby vypočtené z obou technologií na zkusných plochách byl méně než 30 m³, což je výrazně méně v porovnání se staršími porosty. V hospodářské knize je uvedena zásoba 528 m³/ha bez kůry, která opět výrazně převyšuje naměřené hodnoty. Procentuálně představuje zásoba v hospodářské knize hodnotu o 13,5 procent vyšší než průměr ze zkusných ploch.

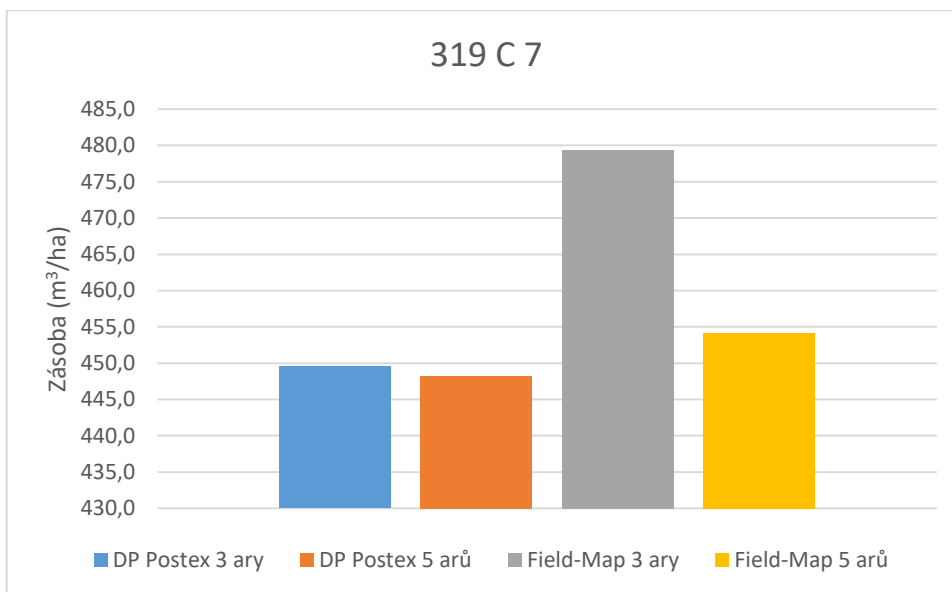


Graf 3 Zásoba v porostu 364 B 8

V porostu 364 B 8 jako v jediném byla stanovena zásoba na 5 arových zkusných plochách vyšší než na 3 arových a to však pouze s technologií Field-Map. S technologií DP Postex byla naopak z 5 arových zkusných ploch vypočtena nejnižší zásoba porostu, a to 446,3 m³/ha bez kůry.

6.1.4. Lesní porost 319 C 7

V nemladším sledovaném porostu byla zásoba vypočtena na velmi podobné hodnoty kolem 450 m³/ha bez kůry pouze s Technologií Field-Map na menších zkusných plochách byly dosaženy výsledky blížíící se 480 m³/ha bez kůry. V hospodářské knize je uvedena zásoba 423 m³/ha bez kůry, což představuje o 7,6 procent méně než je průměr ze zkusných ploch.



Graf 4 Zásoba v porostu 319 C 7

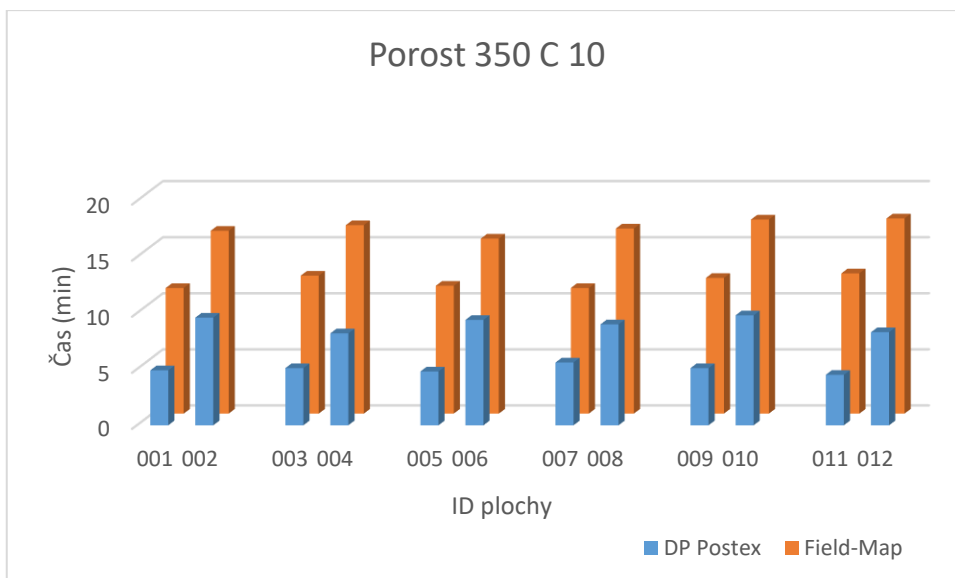
6.2. Vyhodnocení časové náročnosti podle lesních porostů

Na získání všech dat k diplomové práci bylo zapotřebí 24 hodin 3 minut a 24 sekund, přičemž při některých operacích byly přítomni dva pracovníci. Většina operací však byla zvládnuta pouze jedním pracovníkem, který vykonával všechny potřebné operace pro zaměřování stromů danou technologií.

6.2.1. Lesní porost 350 C 10

Měření v porostu 350 C 10 bylo provedeno jako první v pořadí. V tomto porostu při měření a přípravě bylo zapotřebí na sběr všech dat pomocí technologie DP Postex 2 hodiny 6 minut a 54 sekund, přičemž na přípravu přístroje a plochy před měřením bylo zapotřebí právě 42 minut a 36 sekund. Oproti tomu na samotné měření pak 1 hodina 24 minut a 18 sekund. Příprava tedy zabrala téměř 34 procent z celkového času.

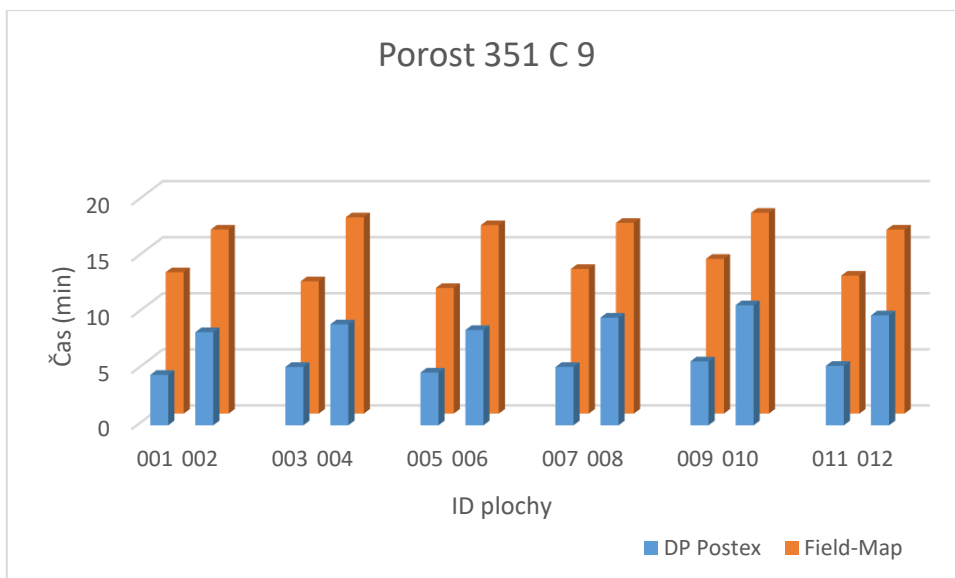
Technologií Field-Map měření trvalo celkem 3 hodiny 40 minut a 30 sekund, a bylo zapotřebí dvou pracovníků. Tudíž pro porovnání s druhou technologií DP Postex odpovídá sledovaný čas dvojnásobku (7:21:00). Příprava zabrala celkem pouhých 39 minut a 54 sekund, což je o téměř 3 minuty méně, avšak samotné měření s 2 hodinami 50 minutami a 36 sekundami výrazně převyšuje čas strávený měřením technologií DP Postex.



Graf 5 Porovnání časové náročnosti měření v porostu 350 C 10

6.2.2. Lesní porost 351 C 9

Při porovnání obou technologií v lesním porostu věkového stupně 9 došlo k většímu rozdílu v přípravě před měřením. Ta s technologií DP Postex trvala 40 minut a 12 sekund oproti tomu s technologií Field-Map pak pouze 34 minut a 42 sekund. V měření následně nastal velký rozdíl, avšak ve prospěch první technologie s 1 hodinou 26 minutami a 30 sekundami oproti 2 hodinám 56 minutám a 36 sekundám při měření technologií Field-Map. Navíc k měření s druhou technologií bylo zapotřebí dvou pracovníků. Celkem tedy bylo nutné pro změření dat v tomto porostu s technologií Field-Map o téměř 67 procent více času než při použití technologie DP Postex.



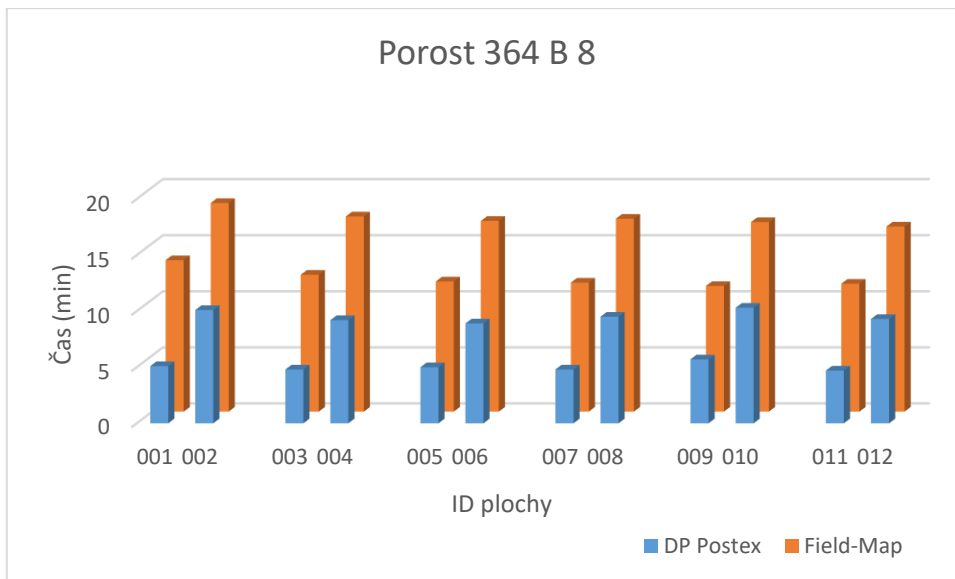
Graf 6 Porovnání časové náročnosti měření v porostu 351 C 9

6.2.3. Lesní porost 364 B 8

Stejně jako v předchozím porostu byl čas potřebný k přípravě před měřením technologií DP Postex vyšší než příprava před měřením druhou technologií, a to téměř 42 minut oproti 36 minutám a 12 sekundám s Field-Map.

Samotné měření s oběma technologiemi je opět velmi podobné s porostem 351 C 9. Čas nutný pro měření s DP Postex odpovídá 1hodině 27 minutám a 24 sekundám, oproti tomu s druhou technologií bylo zapotřebí 2 hodin a 55 minut.

Při součtu obou časů pro dané technologie dochází znovu k podobnému výsledku a to, že s technologií Field-Map je zapotřebí o 63 procent více času na přípravu a sběr dat. To vše navíc při nutnosti dvou pracovníků.



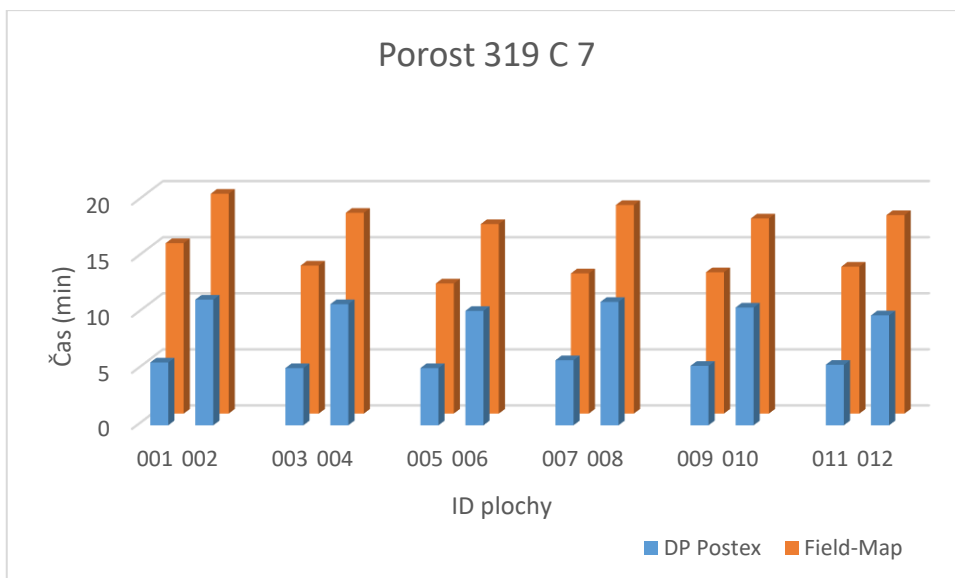
Graf 7 Porovnání časové náročnosti měření v porostu 364 B 8

6.2.4. Lesní porost 319 C 7

V posledním ze sledovaných porostů nedošlo vzhledem k předešlým k nijak překvapivým výsledkům Příprava před měřením pro technologii DP Postex zabrala 43 minut oproti tomu technologie Field-Map 36 minut a 42 sekund.

Při porovnávání samotného měření bylo zapotřebí pro první technologii 1 hodiny 35 minut a 48 sekund oproti tomu s technologií Field-Map pak 3 hodin 6 minut a 18 sekund.

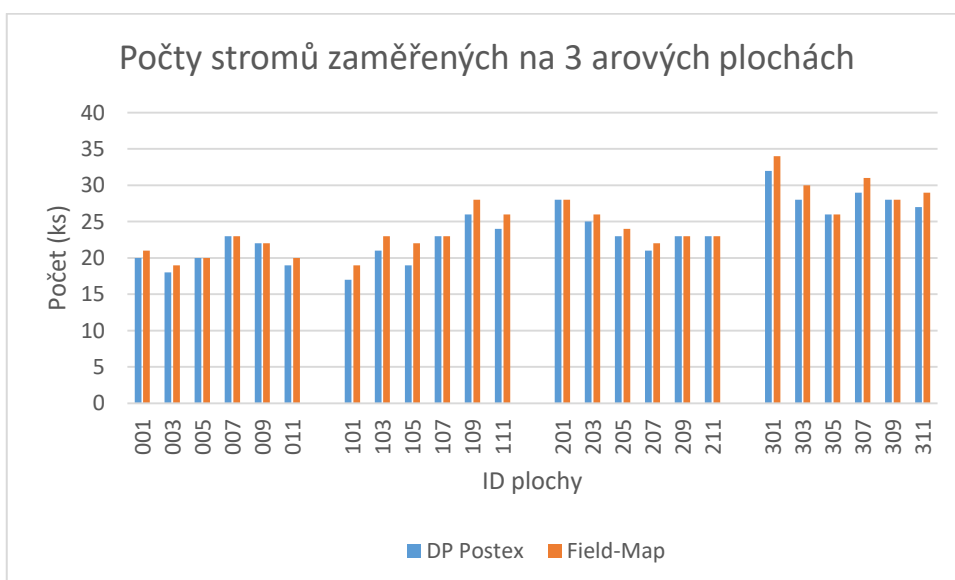
Celková suma času nutná ke sběru dat je s technologií Field-Map o 61 procent vyšší.



Graf 8 Porovnání časové náročnosti měření v porostu 319 C 7

6.3. Počty stromů na sledovaných zkusných plochách

Jak již bylo výše zmíněno, měření proběhlo na plochách o velikosti 3 a 5 arů. Při měření byly zaznamenávány počty stromů náležících do zkusné plochy podle dané technologie. Tyto počty jsou vyobrazeny v následujícím grafu podle ID plochy. V každém porostu bylo vždy 6 ploch o velikosti 3 ary a 6 ploch o velikosti 5 arů. V níže vyobrazených grafech jsou plochy z nejstaršího porostu vlevo a směrem doprava jsou plochy z mladších porostů.

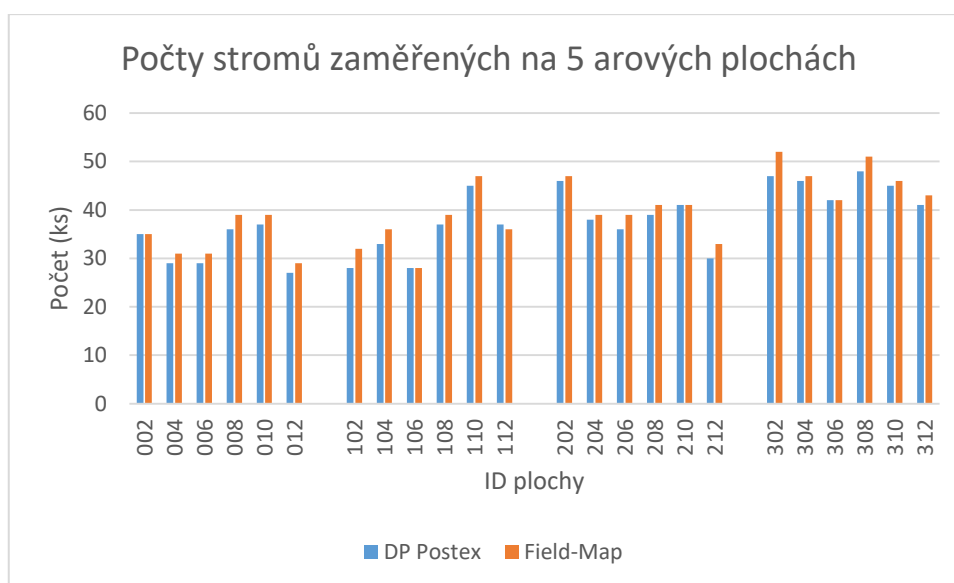


Graf 9 Počty stromů zaměřených na 3 arových zkusných plochách

Z výše vyobrazeného grafu je na první pohled patrné, že se počty stromů zaměřených na jedné ploše oběma technologiemi velmi často liší. Většinou došlo k zaměření většího

počtu stromů technologií Field-Map. Na 3 arových zkusných plochách bylo nejvíce stromů zaměřeno na ploše 301, která byla umístěna v porostu 319 C 7, tedy nejmladším ze sledovaných.

Naopak nejméně stromů bylo zaměřeno na plochách 003 v porostu 350 C 10 a 101 v porostu 351 C 9, kde se tento počet pohyboval kolem 18 stromů, což představuje přibližně 600 stromů na hektar. Oproti tomu na již zmiňované ploše 301 bylo naměřeno 32 respektive 34 stromů, což představuje kolem 1100 stromů na hektar.



Graf 10 Počty stromů zaměřených na 5 arových zkusných plochách

Z grafu č. 10 je patrné, že bylo naměřeno nejméně stromů na ploše 012 z porostu 350 C 10 a na ploše 106 z porostu 351 C 9. Zde bylo zaměřeno kolem 28 stromů, což odpovídá 560 stromům na hektar. Naopak nejvyšších hodnot bylo dosaženo opět v porostu 319 C 7 a to na plochách 302 a 308, kde se hodnoty pohybovaly kolem 50 stromů na zkusné ploše, což odpovídá 1000 stromům na hektar.

Tabulka 1 Průměrné počty kusů vypočtené ze zkusných ploch

Porost	3 ary	1 ha	5 arů	1 ha
350 C 10	20,58	686	33,08	662
351 C 9	22,58	753	35,50	710
364 B 8	24,08	803	39,17	783
319 C 7	29,00	967	45,83	917

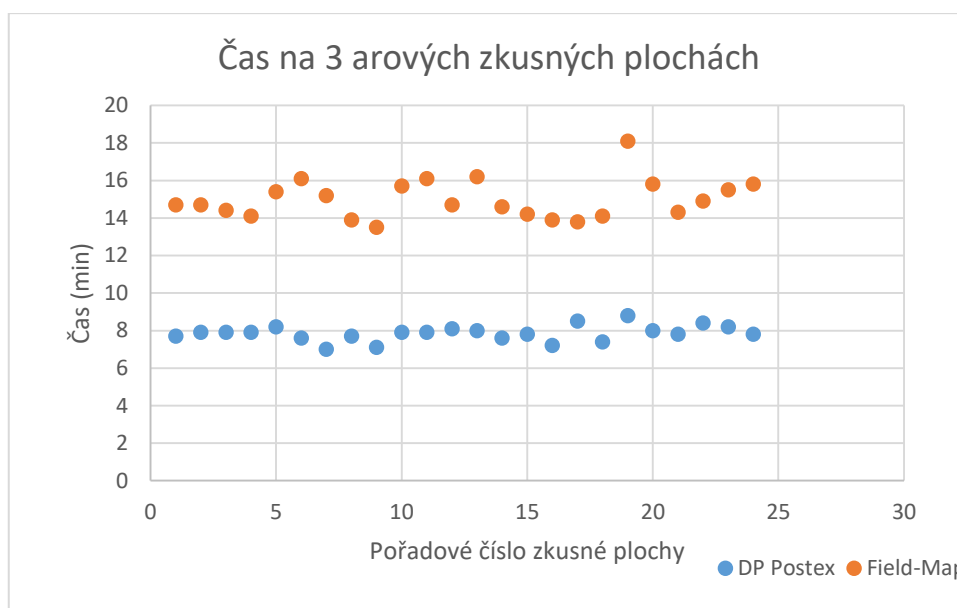
Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že přepočty z průměrných počtů zaměřených stromů na hektar jsou z 5 arových zkusných ploch vždy nižší než z 3 arových. Právě nejvyššího rozdílu bylo dosaženo v nejmladším porostu 319 C 7. Z tabulky lze také vyčíst, že podle naměřených dat odvozené počty stromů na hektar mají s rostoucím věkem klesající tendenci.

6.4. Vyhodnocení časové náročnosti podle velikosti zkusných ploch

V diplomové práci byl vyhodnocen čas potřebný na přípravu a měření podle velikosti zkusných ploch bez rozdělení podle lesních porostů. V tomto případě do vyhodnocení nebyl započten čas potřebný na sestavení přístroje před vstupem do porostu, jeho zapnutí a příprava.

6.4.1. Zkusné plochy o velikosti 3 arů

Časová náročnost na 3 arových zkusných plochách je vyobrazena na v grafu níže, ve kterém jsou promítnuty sumy všech měření a jim předcházejících příprav na 3 arových zkusných plochách oběma technologiemi. Z grafu je na první pohled zřejmé, že časová náročnost technologie Field-Map se pohybuje kolem dvojnásobku časové náročnosti technologie DP Postex. Z grafu je rovněž patrné, že při měření s technologií DP Postex je čas potřebný k přípravě a měření celkově vyrovnanější a rozdíl mezi minimem a maximem je pouze 1,8 minuty. S technologií Field-Map je pak z grafu zřejmý větší rozdíl, který činí dokonce 4,6 minuty.



Graf 11 Čas potřebný na měření na 3 arových zkusných plochách

Na 3 arových zkusných plochách byl pro technologii DP Postex čas potřebný na naměření dat průměrně 7 minut a 51 sekund a oproti tomu s druhou technologií pak téměř 15 minut. Modus i medián byl pro obě technologie na 3 arových zkusných plochách stejný, a to 7 minut a 54 sekund pro DP Postex a 14 minut 42 sekund pro Field-Map.

Směrodatná odchylka stejně jako rozptyl dosáhly pro technologií DP Postex velmi nízkých hodnot, a to především v důsledku velmi podobných časů získaných měření na 3 arových zkusných plochách s touto technologií i přes různé lesní porosty.

Celkový čas potřebný na získání dat na 3 arových zkusných plochách byl s technologií Field-Map o téměř 91 procent vyšší než s technologií DP Postex.

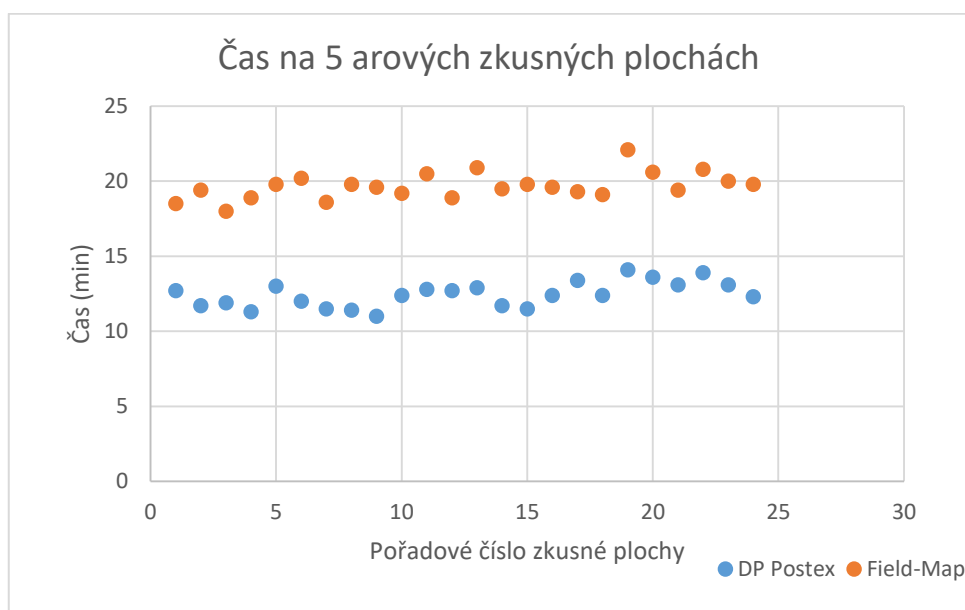
Tabulka 2 Základní statistika pro 3 arové zkusné plochy

3 arové plochy	DP Postex	Fiedl-Map
Průměr	7,85	14,99
Chyba střední hodnoty	0,09	0,21
Medián	7,90	14,70
Modus	7,90	14,70
Směrodatná odchylka	0,42	1,05
Rozptyl	0,18	1,10
Rozdíl max - min	1,80	4,60
Minimum	7	13,5
Maximum	8,8	18,1
Součet	188,4	359,7
Rozdíl v %	0	+90,92

6.4.2. Zkusné plochy o velikosti 5 arů

Z níže umístěného grafu je na první pohled zřejmé prodloužení doby potřebné k přípravě a měření oproti menším zkusným plochám, a to pro obě technologie. Je také patrné, že došlo i k větším rozdílům v časech oproti menším plochám.

Stejně jako na menších zkusných plochách v grafu není patrný přechod mezi porosty (vždy po 6 plochách, počátek v nejstarší), avšak ke konci – nejmladší porost s největším množstvím měřených stromů, je vidět nepatrný nárůst času potřebného na přípravu a měření.



Graf 12 Čas potřebný na měření na 5 arových zkusných plochách

Na větších zkusných plochách byl čas potřebný ke sběru dat s technologií DP Postex průměrně 12 minut a 27 sekund, což je stále méně, než bylo zapotřebí s technologií Field-Map na menších plochách. S tou bylo zapotřebí na větších plochách průměrně bez mála 19,5 minuty. Medián pro technologii DP Postex je vyšší než modus, obě charakteristiky však nedaleko od 12 minut. U technologie Field-Map je tomu přesně opačně a hodnoty se blíží 20 minutám. Obě dvě tyto hodnoty navíc překonaly průměr vypočtený pro tuto technologii. Naopak U technologie DP Postex byl vyšší právě průměr.

Rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou se pro obě technologie pohybuje kolem 3 minut. Avšak procentuální rozdíl v sumě všech časů na přípravu a měření ukazuje, že s technologií Field-Map bylo zapotřebí více jak 56,5 procent času navíc.

Tabulka 3 Základní statistika pro 5 arové zkusné plochy (čas v minutách)

5 arové plochy	DP Postex	Fiedl-Map
Průměr	12,45	19,49
Chyba střední hodnoty	0,17	0,14
Medián	12,40	19,50
Modus	11,70	19,80
Směrodatná odchylka	0,85	0,69
Rozptyl	0,72	0,48
Rozdíl max - min	3,10	2,90
Minimum	11	18
Maximum	14,1	20,9
Součet	298,8	467,8
Rozdíl v %	0	+56,56

6.5. Vyhodnocení časové náročnosti v závislosti na lesních porostech

Pro zhodnocení časové náročnosti podle lesních porostů byla nutná sumarizace dat pro jednotlivé porosty a výsledky poté promítnuty do níže vyobrazených tabulek podle velikosti zkusných ploch a použité technologie.

Tabulka 4 Čas v minutách potřebný na měření a přípravu na 3 arových zkusných plochách

3 arové plochy	350 C 10	351 C 9	364 B 8	319 C 7
DP Postex	54,3	54,9	55	58,7
Fiedl-Map	95,7	94,7	93	100,3

Z výše uvedené tabulky je patrné, že především v porostu 319 C 7 došlo ke zřejmému nárůstu času potřebného na přípravu a samotné měření na 3 arových zkusných plochách oproti přechozím porostům. Nejpravděpodobnějším důvodem tohoto faktu je nárůst počtu měřených stromů v tomto porostu oproti předchozím.

Překvapivého výsledku bylo dosaženo s technologií Field-Map v porostu 364 B 8 na 3 arových zkusných plochách, kde bylo zapotřebí nejméně času na získání dat a to i přes vyšší počet měřených stromů než ve starších porostech.

Tabulka 5 Čas v minutách potřebný na měření a přípravu na 5 arových zkusných plochách

5 arové plochy	350 C 10	351 C 9	364 B 8	319 C 7
DP Postex	79,7	81	82,8	89,8
Fiedl-Map	121,1	122,2	124,4	128,6

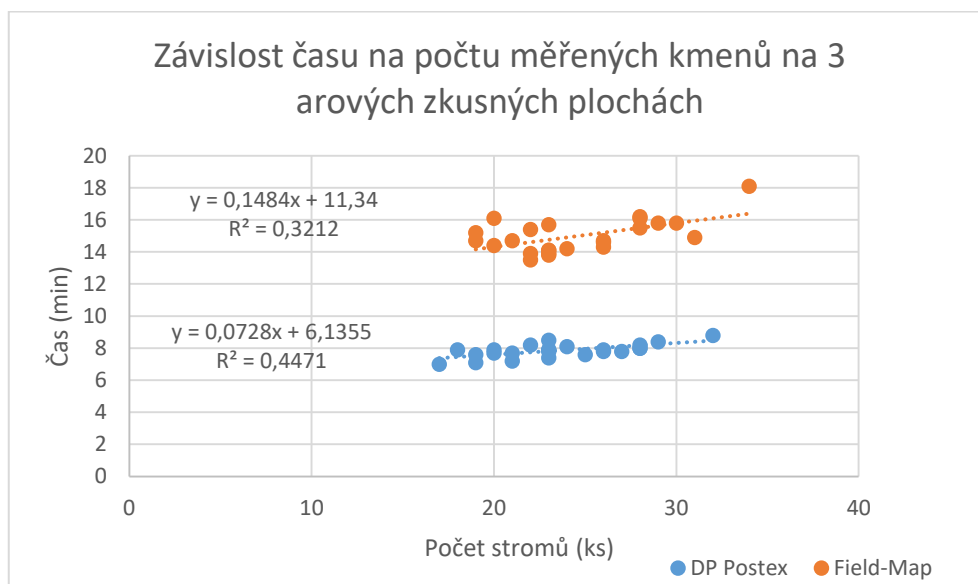
Na 5 arových zkusných plochách je z tabulky na první pohled zřejmé, že s klesajícím věkem a pravděpodobně tím pádem rostoucím počtem zaměřovaných stromů, stoupala časová náročnost na přípravu a měření dat, a to s oběma technologiemi velmi podobným způsobem.

Stejně jako na menších zkusných plochách byly naměřeny nejvyšší hodnoty právě v nejmladším lesním porostu, a to 319 C 7.

6.6. Vyhodnocení časové náročnosti v závislosti na počtu stromů na zkusných plochách

Jedním z dalších cílů diplomové práce bylo zhodnocení závislosti délky měření na počtu měřených stromů na kruhových zkusných plochách oběma technologiemi.

6.6.1. 3 arové plochy

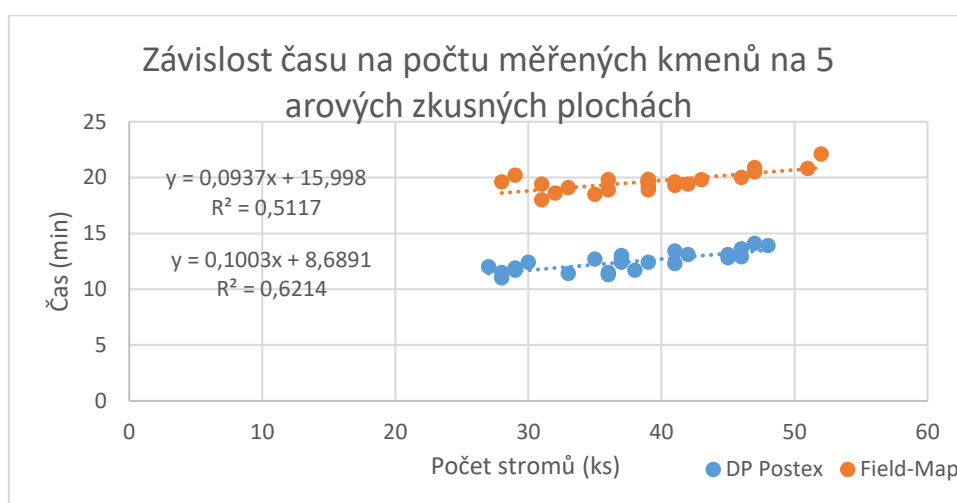


Graf 13 Závislosti času na počtu měřených kmenů na 3 arových zkusných plochách

Ve výše uvedeném grafu jsou zaneseny počty stromů zaměřených na zkusných plochách technologií DP Postex a Field-Map v závislosti na čase. Z grafu je patrné, že na 3 arových

zkusných plochách při použití technologie DP Postex s rostoucím počtem stromů velmi pozvolna stoupá i čas potřebný na jejich zaměření. S technologií Field-Map pak byly zaznamenány větší rozdíly v čase potřebném na zaměření stejného počtu stromů. Stejně jako u technologie DP Postex však dochází k pozvolnému nárůstu potřebného času vzhledem k počtu zaměřovaných stromů. Pro technologii DP Postex byl stanoven korelační koeficient na 0,669, a pro technologii Field-Map pak na 0,567. Kritická hodnota korelačního koeficientu pak pro 24 prvků s 95% spolehlivostí odpovídá 0,4044.

6.6.2. 5 arové plochy

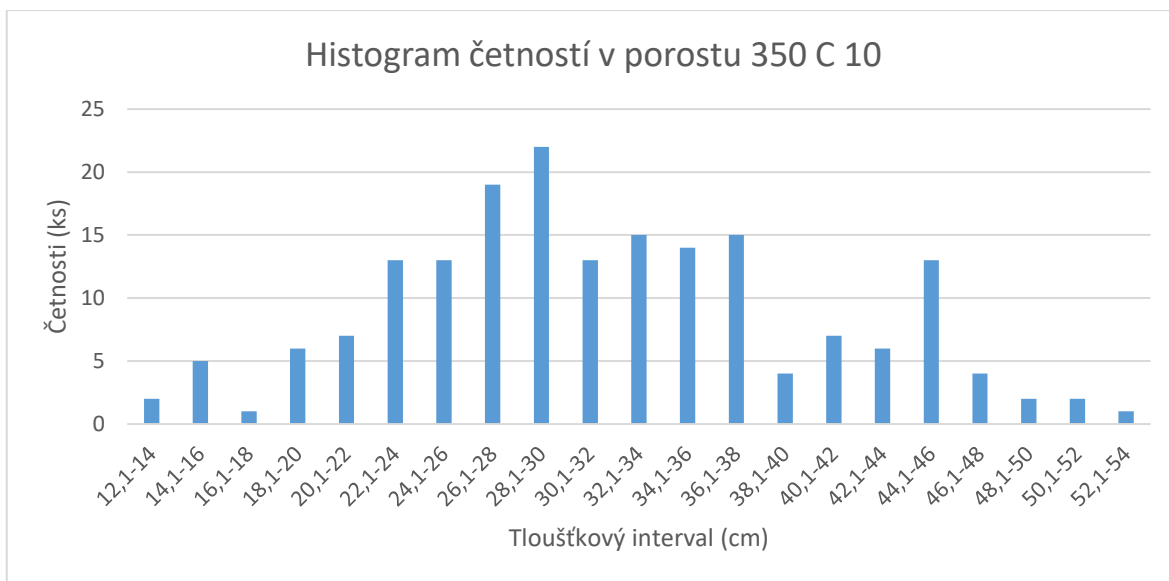


Graf 14 Závislost času na počtu měřených kmenů na 5 arových zkusných plochách

Na 5 arových zkusných plochách bylo dosaženo z hlediska závislosti vyčtené z grafu velmi podobných závěrů. V obou případech s rostoucím počtem zaměřovaných stromů roste čas potřebný na zaměření těchto stromů. Pro technologii DP Postex byla stanovena závislost pomocí korelačního koeficientu na 0,788 a pro technologii Field-Map pak na 0,506. Kritická hodnota korelačního koeficientu pak pro 24 prvků s 95% spolehlivostí odpovídá 0,4044.

6.7. Tloušťkové rozdělení ve sledovaných porostech

Z dat získaných technologií DP Postex na 5 arových zkusných plochách byly vytvořeny histogramy četností pro každý lesní porost zvlášť. Naměřené tloušťky byly pro tento účel zařazeny do tloušťkových intervalů po dvou centimetrech a následně přeneseny do grafů.



Graf 15 Histogram četností v porostu 350 C 10

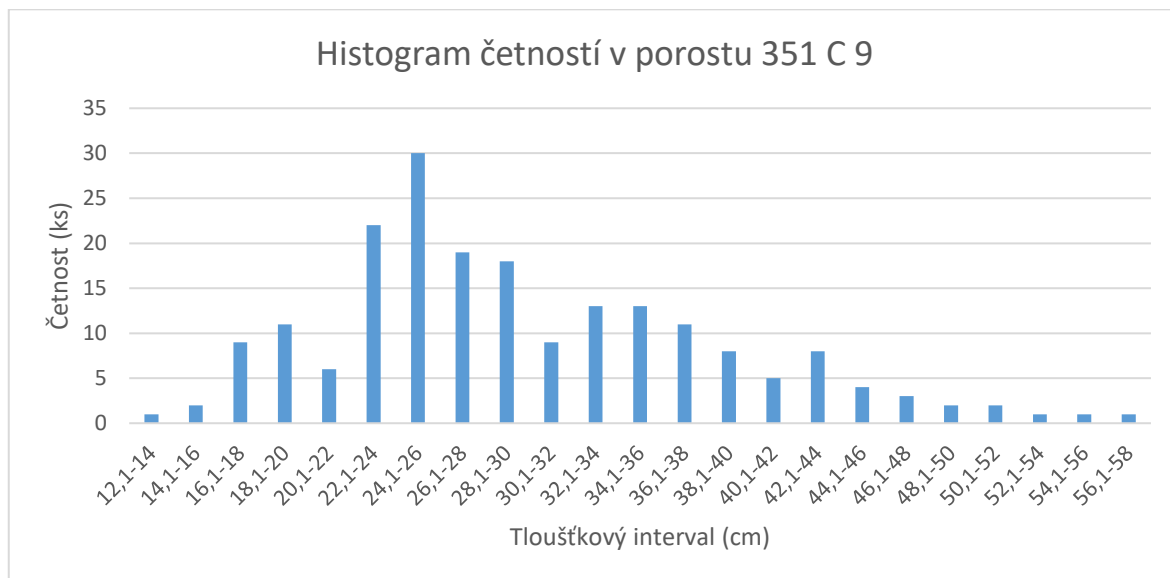
Z dat pořízených v nejstarším ze sledovaných porostů je po zařazení do tloušťkových intervalů patrné, že zde byly zaměřeny stromy s výčetní tloušťkou zařazenou v intervalu 12,1 – 14 centimetrů, ale oproti tomu i stromy, které byly zařazeny do tloušťkového intervalu 52,1 – 54 centimetrů. Celkem byly zaměřeny stromy zařazené do 21 tloušťkových intervalů po dvou centimetrech. Nejvíce stromů bylo zachyceno v intervalu od 28,1 do 30 centimetrů, a to 22 stromů. Při celkovém pohledu na graf je patrné, že tloušťky jsou rozděleny téměř symetricky, avšak po detailnější analýze lze konstatovat, že graf má levostranné rozdělení tlouštěk.

Tabulka 6 Základní statistika pro tloušťky (cm) v porostu 350 C 10

350 C 10	
Střední hodnota	31,9
Chyba střední hodnoty	0,62
Medián	31,3
Modus	27,8
Směrodatná odchylka	8,57
Rozptyl	73,37
Rozdíl maxima a minima	40,4
Minimum	12,8
Maximum	53,2
Počet stromů	193

Střední hodnota výčetní tloušťky ze 193 zaměřených stromů odpovídá 31,9 centimetrům, což v porovnání s grafem není hodnota, která by byla zařazena

do tloušťkového intervalu s nejvyšší četností. Medián výčetních tlouštěk pro lesní porost 350 C 10 měřených technologií DP Postex na 5 arových zkušných plochách je 31,3 centimetrů a modus pak 27,8 centimetrů.



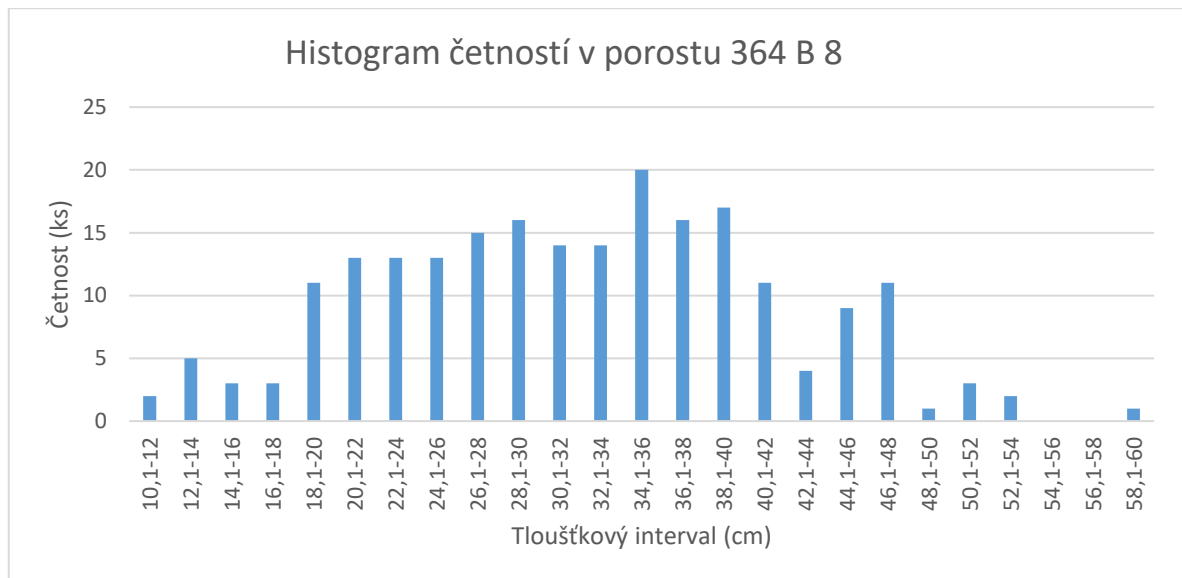
Graf 16 Histogram četností v porostu 351 C 9

Histogram z porostu 351 C 9 má jednoznačně vyšší četnosti v intervalech na levé straně. Stejně jako v přechozím porostu byl i zde zachycen jeden strom svou tloušťkou v intervalu 12,1 – 14 centimetrů, což není na tomto území a v těchto věkových stupních zcela běžné. Naopak poslední interval, ve kterém byl zachycen některý ze stromů je 56,1 – 58 centimetrů. 30 stromů, což je nejvíce v tomto porostu, spadá do intervalu 24,1 – 26 centimetrů.

Tabulka 7 Základní statistika pro tloušťky (cm) v porostu 351 C 9

351 C 9	
Střední hodnota	29,76
Chyba střední hodnoty	0,60
Medián	27,85
Modus	25,6
Směrodatná odchylka	8,61
Rozptyl	74,17
Rozdíl maxima a minima	44
Minimum	12,2
Maximum	56,2
Počet stromů	208

Na 5 arových zkusných plochách v porostu 351 C 9 technologií DP Postex bylo zaměřeno celkem 208 stromů se střední hodnotou 29,76 centimetrů. Medián byl vypočten na 27,85 centimetrů a modus pak 25,6 centimetrů. Směrodatná odchylka dosáhla vyšších hodnot, než v porostu 350 C 10 a logicky vyšších hodnot dosáhl i rozptyl, ze kterého tato odchylka vychází. Zvýšil se i rozdíl mezi maximální a minimální naměřenou hodnotou, a to na 44 centimetrů.



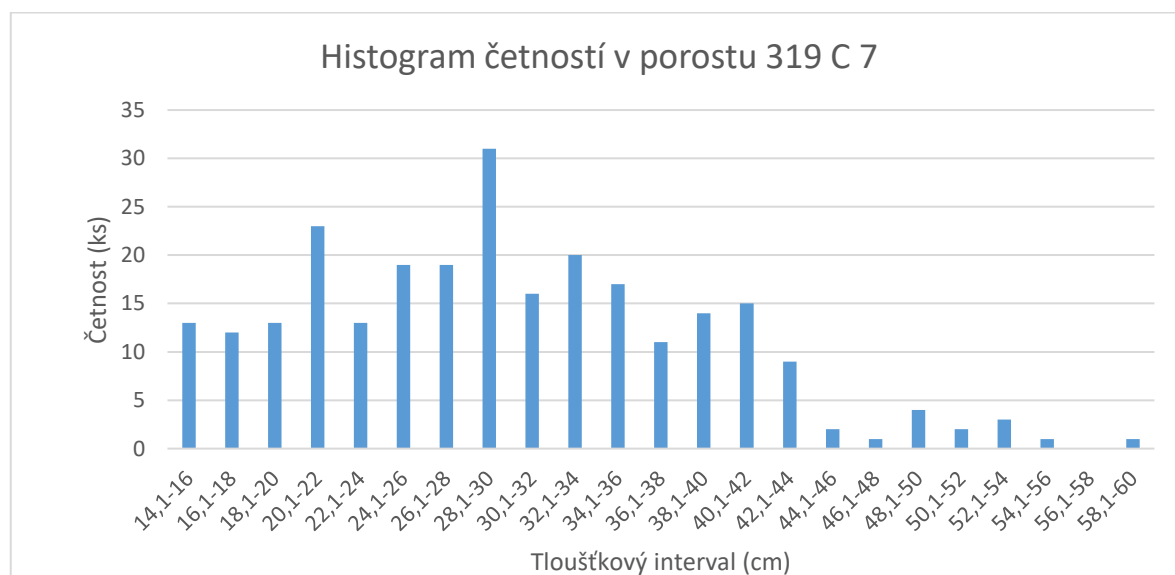
Graf 17 Histogram četností v porostu 364 B 8

V porostu 364 B 8 byly stromy rozděleny do intervalů po dvou centimetrech tak, že histogram vypadá na první pohled poměrně symetricky. Je z něho také patrné, že nejvíce stromů bylo zachyceno v tloušťkovém intervalu 34,1 – 36 centimetrů. V porovnání s ostatními porosty byly právě v porostu 364 B 8 zaměřeny na zkusných plochách stromy o větší tloušťce.

Tabulka 8 Základní statistika pro tloušťky (cm) v porostu 364 B 8

364 B 8	
Střední hodnota	32,08
Chyba střední hodnoty	0,62
Medián	32,15
Modus	30,1
Směrodatná odchylka	9,37
Rozptyl	87,86
Rozdíl maxima a minima	47,8
Minimum	11,7
Maximum	59,5
Počet stromů	230

Nejvyšší střední hodnoty byly naměřeny na 230 stromech v porostu reprezentujícím věkový stupeň 8, a to 32,08 centimetru. Medián dokonce překonal i střední hodnotu a to s výsledkem 32,15 centimetru. Modus byl vypočten na 30,1 centimetru. Rozptyl pak s hodnotou 87,86 a jeho druhá odmocnina – směrodatná odchylka s hodnotou 9,37 napovídají vcelku velkému rozptýlení změřených tlouštěk, což potvrzuje i rozdíl mezi minimální a maximální naměřenou hodnotou, který odpovídá 47,8 centimetrům.



Graf 18 Histogram četností v porostu 319 C 7

V porostu 319 C 7, stejně jako ve dvou nejstarších porostech, jsou četnosti v tloušťkových intervalech na levé straně vyšší. Překvapivé je, že nejnižší interval se zastoupením alespoň jednoho stromu je v porovnání s ostatními porosty vyšší, a to právě v nejmladším porostu. Nejvyšší četnost byla zaznamenána v intervalu

28,1 – 30 centimetrů. Interval se zastoupením alespoň jednoho stromu, který reprezentuje nejširší stromy, byl v tomto porostu 58,1 – 60 centimetrů.

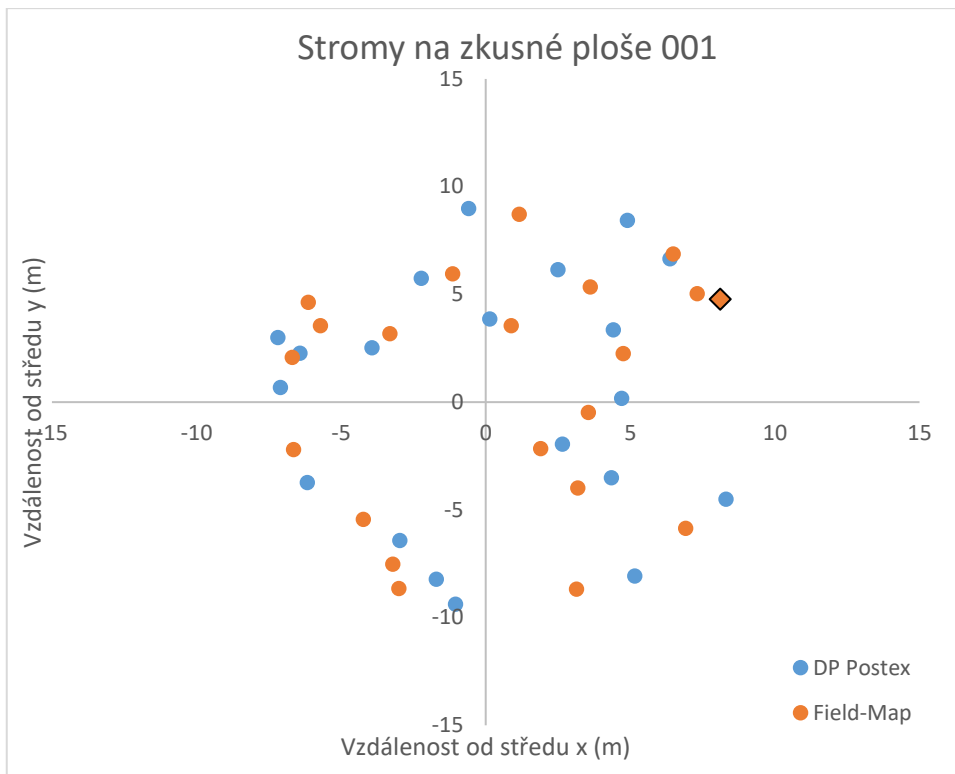
Tabulka 9 Základní statistika pro tloušťky (cm) v porostu 319 C 7

319 C 7	
Střední hodnota	30,11
Chyba střední hodnoty	0,56
Medián	29,4
Modus	33,6
Směrodatná odchylka	9,13
Rozptyl	83,43
Rozdíl maxima a minima	44,9
Minimum	14,5
Maximum	59,4
Počet stromů	269

Střední hodnota pro porost 319 C 7 byla vypočtena na 30,11 centimetru, medián pak odpovídá 29,4 centimetru a modus v tomto případě dosáhl vyšší hodnoty než medián i než střední hodnota, a to 33,6 centimetru. Rozptyl byl vypočten na 83,43 a směrodatná odchylka pak 9,13. Rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou představuje 44,9 centimetru, přičemž naměřeným minimem byl strom o průměru 14,5 centimetrů a nejširší strom pak měl výčetní tloušťku 59,4 centimetru. Celkem bylo v porostu 319 C 7 zaměřeno na 5 arových zkusných plochách technologií DP Postex 269 stromů.

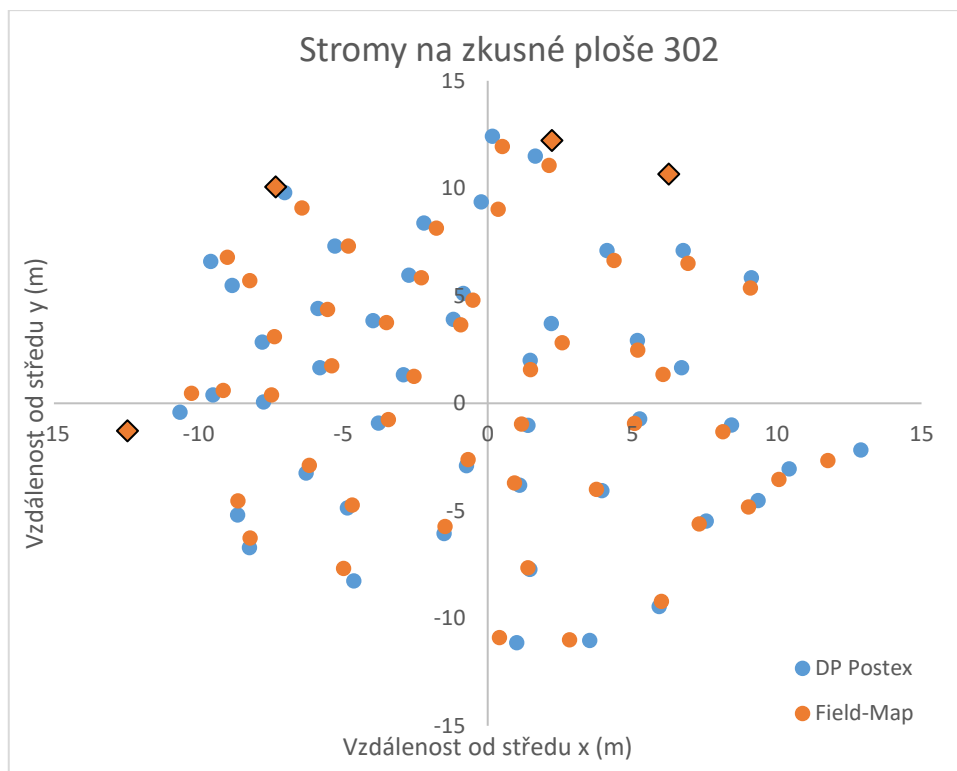
6.8. Polohy stromů na zkusné ploše

Při zaměřování na kruhových zkusných plochách došlo k rozdílným počtům zaměřených stromů na většině ploch. Většinou bylo technologií Field-Map zaměřeno více stromů, než s technologií DP Postex.



Graf 19 Porovnání pozic zaměřených stromů na zkusné ploše 001

Z výše umístěného grafu je patrné, že stromy zaměřené s technologií Field-Map jsou oproti zaměřeným stromům technologií DP Postex posunuty ve směru chodu hodinových ručiček. V jednom případě, na kruhové zkusné ploše číslo 001, nebyl zaměřen strom oběma technologiemi, nýbrž pouze technologií Field-Map. Tento strom je v grafu označen kosočtvercem s černým okrajem, z grafu je zřejmé, že se nachází na hraně kruhové zkusné plochy.



Graf 20 Porovnání pozic zaměřených stromů na zkušné ploše 302

Na kruhové zkušné ploše 302, která byla umístěna v porostu 319 C 7, bylo zaměřeno technologií DP Postex 47 stromů, druhou technologií pak o 4 stromy více. Stejně jako v předchozím grafu jsou i zde stromy zaměřené technologií Field-Map posunuty ve směru chodu hodinových ručiček. Stromy, které byly zaměřeny pouze technologií Field-Map jsou v grafu vyobrazeny kosočtvercem s černým lemováním a je zde opět patrné, že se jedná o stromy na okraji zkušné plochy.

6.9. Celkové zhodnocení

Celkem bylo měřeno z 24 středů 48 zkusných ploch, každá z ploch byla měřena oběma technologiemi, což zvyšuje celkový počet kruhových zkusných ploch na 96. Celkem bylo zaměřeno 2984 stromů, ke kterým byla vždy naměřena výčetní tloušťka a přiřazena odpovídající výška.

6.9.1. Časová náročnost

Celkový čas strávený získáním dat k diplomové práci v terénu byl 24 hodin 3 minuty a 24 sekund, přičemž pro technologii Field-Map byli zapotřebí dva pracovníci, tudíž čas přepočtený na jednu osobu odpovídá 38 hodinám 19 minutám a 24 sekundám.

Do celkové časové náročnosti nebyl započten přesun mezi jednotlivými porosty a plochami, avšak byl zde započten čas na přípravu zkusné plochy, označení středu a příprava přístrojů před zahájením měření na zkusné ploše.

6.9.1.1. Příprava stanoviště

Na přípravu stanoviště, která představuje rozbalení přístroje na daném stanovišti, následně jeho přípravu a označení středu plochy. Tato činnost samozřejmě zahrnuje i založení plochy v softwarovém programu přístroje pod příslušným ID, název a definice poloměru plochy, popřípadě způsob měření.

Celkový čas potřebný na přípravu všech 96 stanovišť představuje 5 hodin 15 minut 12 sekund, což odpovídá průměrně 3 minutám a 17 sekundám přípravy na jednu plochu. Nutno však podotknout, že pro Field-Map byli využiti dva pracovníci i při přípravě plochy. Tudiž výsledky přepočtené na jednu osobu představují 7 hodin 42 minut a 42 sekund. Technologií DP Postex bylo zapotřebí na přípravu plochy 2 hodiny 47 minut a 42 sekund, což představuje průměrně 3 minuty a 30 sekund. Oproti tomu u technologie Field-Map bylo zapotřebí celkem 2 hodiny 27 minut a 30 sekund, což představuje o více jak 20 minut méně, avšak při použití této technologie probíhala příprava za přítomnosti dvou pracovníků, u technologie Postex zvládl vše jen jeden pracovník.

6.9.1.2. Měření

Časová náročnost samotného měření byla započtena od dokončení přípravy stanoviště po uložení posledního měřeného stromu na zkusné ploše do terminálu průměrky či terénního počítače. Samotné měření celkem trvalo 17 hodin 42 minut a 30 sekund. Tento časový údaj odpovídá průměrně 11 minutám na jednu zkusnou plochu bez rozdílu velikosti. Po přepočtu celkového času na čas strávený jedním pracovníkem, v důsledku nutnosti dvou měřičů, při měření technologií Field-Map, pak samotné měření trvalo 29 hodin a 31 minut. Což sledovaný průměr času, potřebného na jednu plochu bez rozdílu velikosti posune až k 18 minutám a 27 sekundám. Což je téměř o 7,5 minuty více. Při porovnání obou technologií je jasně časově méně náročná technologie DP Postex, a to především díky rychlejšímu způsobu ukládání údajů a možnosti pracovat bez nutnosti druhého měřiče. Samotné měření technologií DP Postex zabralo 5 hodin

a 54 minut oproti tomu technologie Field-Map pak 11 hodin 48 minut a 30 sekund, respektive 23 hodin a 37 minut po přepočtu na jednoho pracovníka.

6.9.1.3. Výšky

Časová náročnost na měření výšek potřebných k sestavení výškového grafikonu a následného vyrovnání výšek pro další výpočty představuje 1 hodinu 5 minut a 42 sekund. Za tuto dobu byly naměřeny výšky ve všech porostech, a to vždy na 50 stromech napříč všemi zastoupenými tloušťkami v daném porostu. Tyto naměřené výšky byly následně použity pro charakterizování výškové struktury porostu pomocí výškového grafikonu.

Výšky nebyly měřeny přímo na zkusných plochách z důvodu hustého zápoje, díky němuž nebylo možné přesně zacílit na vršek stromu. Dalším z důvodů byla možnost získání různých výšek na jednom stromě, které by hrubě ovlivňovaly dosažené výsledky.

Tabulka 10 Časová náročnost v hodinách na přípravu a měření

	Postex		Field-Map		Výšky
	Příprava	Měření	Příprava	Měření	
Skutečnost	2:47:42	5:54:00	2:27:30	11:48:30	1:05:42
1 pracovník	2:47:42	5:54:00	4:55:00	23:37:00	1:05:42

6.9.2. Počet zaměřených stromů

Při měření v terénu bylo na zkusných plochách naměřeno celkem 2984 stromů, avšak některé stromy jsou v tomto čísle ve skutečnosti započteny čtyřikrát respektive dvakrát, v závislosti na velikosti zkusné plochy. Technologií DP Postex bylo zaměřeno na zkusných plochách o velikosti 3 ary 565 stromů, avšak technologií Field-Map 590 stromů. Na soustředných zkusných plochách o velikosti 5 arů pak došlo k zaměření 900 stromů pomocí technologie DP Postex, respektive 929 stromů technologií Field-Map. Celkem tedy bylo na menších zkusných plochách oběma technologiemi zaměřeno 1155 stromů, a na velkých zkusných plochách 1829 stromů, což je o 58 procent více, avšak větší zkusné plochy mají téměř o 67 procent větší rozlohu.

Při porovnání obou technologií došlo k překvapivému rozdílu v počtu zaměřených stromů na zkusných plochách. Technologií DP Postex bylo celkem zaměřeno 1465 stromů a oproti tomu technologií Field-Map 1519 stromů. Při porovnávání

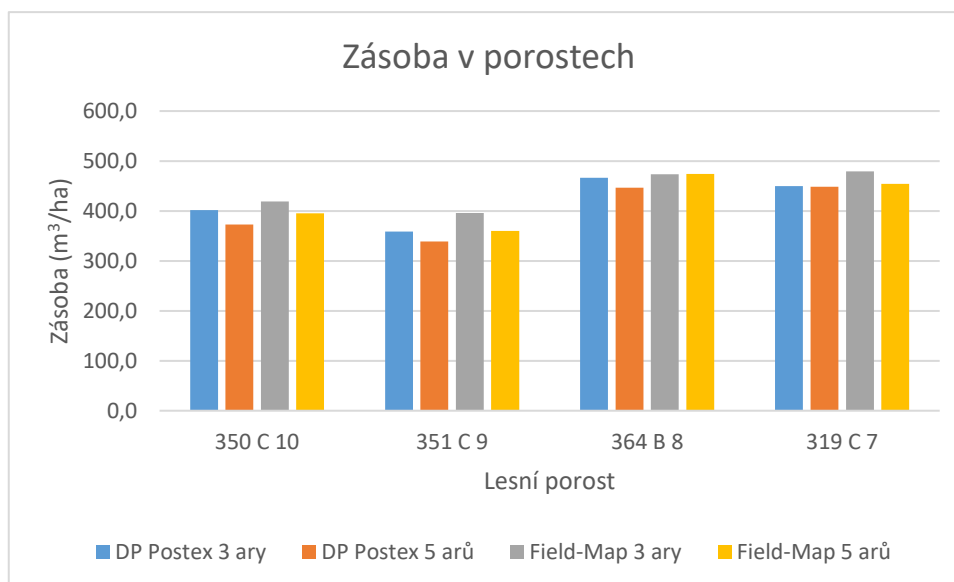
dosažených výsledků na úrovni jednotlivých ploch bylo dosaženo stejného počtu stromů při zaměřování oběma technologiemi pouze ve třinácti případech. V jednom případě bylo zaměřeno více stromů technologií DP Postex. Ve zbylých 34 porovnáních zaměřila více stromů technologie Field-Map. Při měření touto technologií došlo tedy k nárůstu počtu naměřených stromů téměř o 3,7 procent, což při celkovém počtu měřených stromů představuje 54 kusů.

Tabulka 11 Počet zaměřených stromů

	Postex		Field-Map	
	3 ary	5 arů	3 ary	5 arů
Počet (ks)	565	900	590	929
Suma (ks)	1465		1519	

6.9.3. Zásoba

Zásoba vypočtena z měření na kruhových zkusných plochách je vzhledem k jejich počtu zatížena chybou. Přesnost tohoto způsobu měření se tedy pohybuje v určitém intervalu, který je odvislý od počtu kruhových zkusných ploch na daný porost. Lze tedy říci, že pro daný porost je zásoba stanovena v určitém intervalu s určitou spolehlivostí.



Graf 21 Porovnání zásob v jednotlivých porostech

Na výše vyobrazeném grafu jsou vyneseny zásoby vypočtené pro každý porost zvlášť. Z grafu je na první pohled patrné, že nejvyšší zásoby byly vypočteny pro porost 364 B 8.

Naopak nejmenší zásoby byly vypočteny pro porost 351 C 9. Překvapivě vysoké zásoby byly vypočteny pro nejmladší porost 319 C 7, ve kterém se tyto hodnoty pohybovaly kolem 460 m³/ha bez kůry. Z grafu je rovněž patrné, že technologií Field-Map na 3 arových zkusných plochách dosáhly vždy vypočtené zásoby nejvyšších hodnot z porovnávaných technologií. Oproti tomu nejnižších hodnot bylo dosaženo vždy při měření na 5 arových zkusných plochách technologií DP Postex.

Tabulka 12 Rozsah zásob se spolehlivostí 95% (m³/ha)

	350 C 10	351 C 9	364 B 8	319 C 7
DP Postex 3 arů	379,1 - 424,6	309,6 - 407,7	430,2 - 502,7	412,0 - 487,0
DP Postex 5 arů	354,4 - 391,5	306,8 - 371,0	401,8 - 490,9	410,9 - 485,6
Field-Map 3 arů	388,5 - 449,7	333,3 - 458,0	428,8 - 517,5	458,2 - 500,6
Field-Map 5 arů	368,9 - 421,7	308,8 - 411,7	433,1 - 515,2	424,3 - 484,0

Ve výše vyobrazené tabulce jsou vypsány intervaly zásob, pro které platí, že s 95% pravděpodobností je skutečná chyba menší, a tudíž skutečná zásoba je pouze s 5% pravděpodobností vyšší či nižší, než zmíněné intervaly.

6.9.4. Statistické porovnání sledovaných ploch

Pomocí párového T testu byla porovnána naměřená data (zásoby) z jednotlivých kruhových zkusných ploch podle velikosti a pořadí. Pro účely statistického zhodnocení byla vznešena hypotéza, že střední hodnota rozdílu jednotlivých metod měření je nulová. Pro kruhové zkusné plochy o velikosti 3 arů byla tato hypotéza zamítnuta s p hodnotou testu 0,00046. Při součtu všech zásob zaměřených na 3 arových kruhových zkusných plochách bylo dosaženo zásob 502,92 m³ s technologií DP Postex a 530,19 m³ s technologií Field-Map. Pro větší kruhové zkusné plochy pak byla hypotéza rovněž zamítnuta, a to s p hodnotou testu 0,00039. Na těchto plochách pak byla suma zásob 803,20 m³ pro technologii DP Postex a 841,89 m³ pro technologii Field-Map.

7. DISKUZE

7.1. Zásoba

Při výpočtu zásoby byla z naměřených hodnot oběma technologiemi téměř ve všech případech zjištěna vyšší zásoba z 3 arových kruhových zkusných ploch oproti 5 arovým s oběma technologiemi.

Při pohledu na stanovení zásob ve všech porostech lze konstatovat, že zásoby dosáhly s různým věkem porostů vcelku překvapivě podobných hodnot. Nižší vypočtené zásoby ze starších porostů lze dát do souvislosti s provedeným těžebním zásahem během probíhajícího decenia. Naopak v mladších porostech byla vypočtená zásoba vyšší či podobná starším, což lze dát za důsledek neprovedenému zásahu v probíhajícím deceniu.

Při porovnávání zjištěných zásob s hospodářskou knihou – LesInfo (2010) lze konstatovat, že ve starších porostech zásoba uvedená v hospodářské knize značně převyšuje vypočtenou zásobu z kruhových zkusných ploch.

7.2. Časová náročnost a počty kusů na zkusných plochách

Technologie Fiedl-Map z hlediska časové náročnosti vychází více jak dvojnásobně časově náročná oproti technologii DP Postex na 3 arových kruhových zkusných plochách a téměř dvojnásobně pak na 5 arových.

Pro porovnání časové náročnosti je nutno však brát v potaz, že při měření s technologií Field-Map bylo zapotřebí dvou pracovníků, a tak pokud by byl čas potřebný při měření s technologií Fiedl-Map převeden na jednu osobu, představoval by tento čas více jak čtyřnásobek času potřebného s technologií DP Postex na menších kruhových plochách a více jak trojnásobek pak na 5 arových zkusných plochách.

Nejvíce časově náročné bylo měření v nejmladším porostu 319 C 7, což bylo pravděpodobně v důsledku vyšších počtů stromů v tomto porostu. Naopak překvapivě nejméně časově náročný se s technologií Fiedl-Map ukázal být porost 364 B 8 a s technologií DP Postex pak porost 350 C 10. Ze získaných dat diplomové práce byla

prokázána pozitivní závislost času potřebného na měření a počtu kusů, a to při použití obou technologií na 3 i 5 arových kruhových zkusných plochách.

Čas potřebný na přípravu před měřením je pro obě technologie velmi podobný, méně časově náročnou lze však v tomto případě považovat technologii Field-Map, avšak nutno podotknout, že za přítomnosti dvou osob.

Překvapivých výsledků bylo dosaženo při porovnávání počtu stromů zaměřených na stejných zkusných plochách oběma technologiemi. Zde bylo zjištěno, že s technologií Field-Map docházelo velmi často k zaměření krajních stromů v kruhové zkusné ploše, které podle technologie DP Postex do plochy nenáležely.

Při zhodnocení počtu stromů v závislosti na věku porostu bylo zjištěno, že v mladších porostech bylo zaměřeno více stromů než ve starších. Výrazně nejvíce stromů pak bylo zaměřeno právě v nejmladším porostu 319 C 7, což bylo potvrzeno při obou velikostech ploch. Počet stromů v tomto porostu odpovídá přibližně 950 ks/ha, Pařez a Chroust (1988) však dospěli k o 150 ks/ha vyšším počtům.

7.3. Tloušťka v porostech

Nejvyšší tloušťky byly naměřeny v porostu 364 B 8, což lze přičítat vhodným stanovištním podmínkám a pravděpodobně i jiné porostní výchově v porovnání s ostatními porosty. V ostatních porostech bylo rozdělení tlouštěk velmi podobné. Paradoxně nejvyšší hodnota nejnižší naměřené tloušťky byla zjištěna v nejmladším ze sledovaných porostů, a to i přes to, že v tomto porostu nebyl proveden těžební zásah během posledního decenia.

7.4. Funkčnost

Pro účely porovnání obou výše zmiňovaných technologií určených na stanovení pozic stromů na kruhových zkusných plochách bylo podle zadání diplomové práce potřeba měřit na 3, 5 a 10 arových kruhových zkusných plochách. Technologie DP Postex pracující na principu ultrazvuku nebyla při sběru dat schopna přijmout signál z transpondérů na okraji 10 arové kruhové zkusné plochy s poloměrem 17,84 metru, což ostatně predikuje i Haglof Sweden AB (2016), podle kterého je limitní poloměr kruhové zkusné

plochy 15 metrů. Z tohoto důvodu byly kruhové zkusné plochy o velikosti 10 arů z měření vynechány.

V důsledku použití ultrazvuku u technologie DP Postex docházelo při měření ve větru ke špatnému přijímání signálu i na menších kruhových plochách. Bylo též nutné pečlivě hlídat, aby elektronická průměrka směřovala vždy při měření přesně do středu kruhové zkusné plochy a nedošlo tak ke zkreslení výsledku.

Při použití technologie Field-Map často na bližších vzdálenostech docházelo k obtížnějšímu zacílení na odrazku a přijetí zpětného signálu laseru, což souvisí se vzdáleností a umístěním zaměřovacího zařízení a laseru.

7.5. Použití a praktičnost

Při měření s technologií DP Postex byla všechna potřebná data nasbírána pouze za přítomnosti jednoho měřiče. Měření s digitální elektronickou průměrkou Digitech Professional II, jak říká i Haglof Sweden AB či Silvi Nova (2017), je velmi jednoduché a praktické, zejména pak nové potvrzovací tlačítko připojené k posuvnému rameni výrazně usnadní měřiči práci. Software je na ovládání velmi intuitivní, avšak zadávání příslušných výšek manuálně je poměrně obtížné. Výšky však lze poslat z moderních výškoměrů pomocí funkce Bluetooth, či je zadat manuálně po stažení naměřených dat v počítači.

Technologie Field-Map disponuje celou řadou způsobů a možností která data, popřípadě jakým způsobem, sbírat a celkově je použití této technologie variabilnější, což říká i IFER (2016). Během měření je nutná přítomnost dvou osob. Při zadávání výšek a tloušťek do terénního počítače působí celý proces zbytečně složitě a zdlouhavě, což je pravděpodobně zapříčiněno složitou strukturou celého softwaru.

Nespornou výhodou technologie DP Postex byla skutečnost použití ultrazvuku na měření. Oproti technologii Field-Map pak nemuselo být nutně vidět ze středu plochy přímo na měřený strom, popřípadě se s terénním počítačem přesunout. Lze tedy předpokládat, s technologií DP Postex, snadnější použití ve zmlazení, popřípadě v hustších porostech oproti druhé technologii. Ke stejnému vyhodnocení dopěl i Lämås (2010).

Při práci s elektronickou průměrkou DP II s moderním typem úložiště v podobě SD-card a rychlou a snadnou komunikací přes USB port, jež popisuje Haglof Sweden AB (2017), byly zjištěny problémy při stahování většího množství dat do počítače současně. Bylo tedy nutné stahovat naměřená data jednotlivě pro každou kruhovou zkusnou plochu.

8. ZÁVĚR

Z porovnávání dvou technologií určených na zaměřování pozic stromů v porostu bylo dosaženo různých výsledků v různém smyslu porovnávání. Jednoznačně lepší z hlediska časové náročnosti se jevila technologie DP Postex, při které nebylo zapotřebí dvou pracovníků jako v případě technologie Field-Map. Tohoto závěru bylo dosaženo jak na menších – 3 arových plochách, tak i na větších – 5 arových kruhových zkusných plochách.

Ve výsledcích diplomové práce byla rovněž prokázána závislost mezi počtem měřených stromů na kruhové zkusné ploše a časem stráveným tímto měřením. Všeobecně s technologií Fiedl-Map byla příprava před měřením kratší, než s technologií DP Postex, avšak čas strávený samotným měřením byl vždy výrazně delší, a to navíc za přítomnosti dvou pracovníků.

Při měření v mladších a hustších porostech s technologií Fiedl-Map bylo mnohdy zapotřebí se s přístrojem posunout ze středu plochy, jelikož s touto technologií je nezbytné, aby bylo s přístrojem na zaměřovaný strom přímo vidět. Technologie DP Postex používá k zaměření pozic stromů ultrazvuk, tudíž není nezbytné přímo na měřený strom vidět. Při měření vzdáleností pomocí ultrazvuku je však u technologie DP Postex limitujícím faktorem dosah ultrazvuku a proto je značně omezena velikost zkusné plochy. Jak udává samotný výrobce, pro tuto technologii je reálné použití na kruhových zkusných plochách do poloměru 15 metrů.

Z hlediska zásob byly jednotlivé porosty vyhodnoceny oběma technologiemi a dosažené výsledky v mladších porostech odpovídaly zásobám zapsaným v hospodářské knize. Ve starších porostech byl proveden v tomto deceniu těžební zásah, a tudíž změřené zásoby dosahovaly nižších hodnot, než ty které byly uvedeny v hospodářské knize.

Technologie Field-Map má výrazně širší možnosti použití a vyhodnocení dosažených výsledků, avšak technologie DP Postex naopak převládá svou jednoduchostí, která může někdy být kontraproduktivní, jako například při manuálním zadávání výšek do terminálu průměrky DP II.

Pro tento typ měření vychází jednoznačně lépe technologie DP Postex, avšak při použití na složitějších projektech je její databáze příliš jednoduchá a nedovoluje zaznamenávat takové množství dat jako technologie Field-Map. Ideálním řešením by bylo obě technologie spojit v jednu, kdy by měl měřič možnost si vybrat, který způsob měření je v dané situaci lepší. Popřípadě by bylo vhodné alespoň propojit technologii Fiedl-Map s elektronickou průměrkou DP II, aby došlo k automatickému zaznamenávání tloušťek, a nemusely být tyto údaje do terénního počítače zadávány manuálně.

9. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

VAN LAAR, A.; AKCA, A. *Forest Mensuration*. Netherlands: Springer, 2007. 385 s. ISBN 978-1-4020-5990-2.

KANGAS, A.; MALTAMO, M. *Forest Inventory: Methodology and Applications*. Netherlands: Springer, 2006. 362 s. ISBN 1-4020-4379-1.

PHILIP, S. M. *Measuring Trees and Forests*. 2. vydání. UK: University Press Cambridge, 1994. 310 s. ISBN 0-85198-883-0.

MILLER, J.; MORGENROTH, J.; GOMEZ, C. *3D modelling of individual trees using a handheld camera: Accuracy of height, diameter and volume estimates*. Urban Forestry & Urban Greening, 2015. 20 s.

LAMAS, T. *The Haglöf PosTex ultrasound instrument for the positioning of objects on forest sample plots*. Umeå Sweden, 2010. [cit. 20. 1. 2019]. Dostupné z WWW: https://pub.epsilon.slu.se/5461/1/Lamas_t_101019.pdf.

Haglöf Sweden AB. *DP Postex: Product Sheet*. Sweden, 2015. . [cit. 23. 2. 2019]. Dostupné z WWW: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:uMZMfK2loMqJ:www.haglofca.com/index.php/en/files/leaflets/64-dp-postex-product-sheet-enu+&cd=3&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>.

Haglöf Sweden AB. *Vertex Laser Geo: Product Sheet*. Sweden, 2017. [cit. 25. 2. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.haglofca.com/index.php/en/products/instruments/height/541-the-vertex-laser-geo-all-you-need-in-a-range-finder-hypsometer>.

Haglöf Sweden AB. *The PosTax DP II: Product sheet*. Sweden, 2014. [cit. 22. 2. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.haglofsweden.com/index.php/en/products/instruments/height/340-postex>.

IFER. *Field-Map Catalogue*. IFER - Monitoring and Mapping Solutions. Jilove u Prahy Czech Republic, 2016. 51 s. [cit. 20. 1. 2019]. Dostupné z WWW:

<https://field-map.com/download/FM_Catalogue_en.pdf>.

KERSHAW, A. J. et al. *Forest Mensuration*, Fifth edition John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, UK, 2017. 630 s. ISBN 978-0471018506.

Laser Technology, *TruPulse 200: User's Manual*, sixth edition. Centennial, USA, 2018. [cit. 20. 12. 2018]. Dostupné z WWW:

<<https://www.lasertech.com/TruPulse-200-Rangefinder.aspx>>.

ČESKO. § 2 odst. 1 nařízení vlády č. 247/2009 Sb., nařízení vlády, kterým se vyhlašuje provedení inventarizace lesů v letech 2011 až 2015. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 23. 12. 2018]. Dostupné z WWW:

<<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-247#p2-1>>.

ČESKO. § 28 zákona č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2019 [cit. 27. 3. 2019]. Dostupné z WWW:

<<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289#p28>>.

KORF, Václav. *Taxace lesů 1. část – Dendrometrie*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1953. 328 s.

KORF, Václav. *Dendrometrie: učebnice pro lesnické fakulty*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1972. 371 s.

KUŽELKA, K. a kolektiv. *Měření lesa moderní metody sběru a zpracování dat*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2014. 164 s. ISBN 978-80-213-2498-5.

KUŽELKA, Karel, Róbert MARUŠÁK a Vilém URBÁNEK. *Dendrometrie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2015. ISBN 978-80-213-2600-2

GRÜNWARD, F. *Dendrometria*. 1. vydání. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1959. 372 s.

MARUŠÁK, R.; URBÁNEK, V.; ŠEBEŇ, V. *Dendromerické přístroje a pomocky pre efektívne meranie lesa*. 1. vydání. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2009. 98 s. ISBN 978-80-8093-097-4.

Vertex Laser Geo / Laser Geo. Praha: Forestry Instruments s. r. o., 2018. 8 s. [cit. 5. 1. 2019]. Dostupné z: WWW:

<<https://www.forestry-instruments.cz/prilohy/vertex-lasergeo-letak2018.pdf>>.

Laser Technology Inc. *TruPulse 360°R*. Colorado: Laser Technology Inc, 2018, 2 s. [cit. 15. 12. 2018]. Dostupné z: WWW:

<<http://www.lasertech.com/TruPulse-360-R-Laser-RangeFinder.aspx>>.

Silvi Nova CS, a.s. *Průměrka Mantax Digitech II. generace MD II*. Praha: Silvi Nova CS, a.s. – Haglöf Sweden AB, 2016. 2 s. [cit. 2. 12. 2018]. Dostupné z WWW:

<<http://www.silvinova.cz/prilohy/letak-mantax-digitech-ii-cz.pdf>>.

Silvi Nova CS, a.s. *Vertex Laser Geo / Laser Geo*. Praha: Uživatelská příručka, Silvi Nova CS, a.s. – Haglöf Sweden AB, 2018. 44 s.

Silvi Nova CS. *Elektronická registrační průměrka DP II*. Praha: Uživatelská příručka, Silvi Nova CS, a.s. – Haglöf Sweden AB, 2017. 20 s.

ŠMELKO, Š. *Dendrometria*. 1. vydání. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2000. 399 s. ISBN 978-80-228-0962-4.

ŠVEC, R.; SOUČEK, J. *Návrat buku do smrkového hospodářství – zabezpečení hospodářské jistoty přírodě bližšími způsoby hospodaření: Průvodce exkurzní trasou*. Pelhřimov : LS Pelhřimov, 2012. 16 s.

LesInfo CZ. *Hospodářská kniha LHP: Platnost: 1. 1. 2010 – 31. 12. 2019 pro LHC Pelhřimov – revír Černovice*. LesInfo CZ, a.s. 2009. 249 s.

LesInfo CZ. *Textová část LHP: Platnost: 1. 1. 2010 – 31. 12. 2019 pro LHC Černovice*. LesInfo CZ, a.s. 2009. 91 s.

ÚRADNÍČEK, L.; MADĚRA, P. a kolektiv. *Dřeviny České republiky*. 1. vydání. Písek: Matice lesnická, 2001. 333 s. ISBN 80-86271-09-9.

Lesy České republiky. *Výroční zpráva 2017*. Hradec Králové, 2018. 100 s.

Lesy České republiky. *Koncepce strategického rozvoje podniku Lesy České republiky, s. p. pro období let 2015 – 2019*. Hradec Králové, 2014. 52 s.

Lesy České republiky. *Zpráva o činnosti 2017*. Hradec Králové, 2018. 32 s.

BURKET, Miloš. *Dendrometrie dřevoměrství*. Praha: Unie, 1926. 294 s.

Ministerstvo zemědělství. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017*. Praha, 2018. 118 s. ISBN 978-80-7434-477-0.

Ministerstvo zemědělství. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016*. Praha, 2017. 132 s. ISBN 978-80-7434-389-6.

IFER. *Výroční zpráva 2015*. IFER Jílové u Prahy, 2016. 38 s.

POLENO, Z.; VACEK, S. a kolektiv. *Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů*. Lesnická práce, s.r.o. Kostelec nad Černými lesy, 2009. 952 s.

ÚHÚL. *Typologická tabulka*, ÚHÚL Brandýs nad Labem, 2003. 2 s.

PLÍVA, K. *Typologický klasifikační systém ÚHÚL*. ÚHÚL Brandýs nad Labem, 1987. 52 s.

ÚHÚL. *Oblastní plán rozvoje lesů: Přírodní lesní oblast 16 Českomoravská vrchovina*, Textová část. ÚHÚL Brandýs nad Labem, 2001. 1128 s.

PAŘEZ, J.; CHROUST, L. *Lesnický průvodce 4: Modely výchovy lesních porostů*. VÚLHM Jíloviště Strnady, 1988. 83 s.