

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ



**Porovnání možností zjišťování základních taxačních
veličin prostřednictvím moderních nástrojů pro sběr a
zpracování taxačních dat**

Václav Zaunmüller

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vilém Urbánek

2009

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma:
„Porovnání možností zjišťování základních taxačních veličin prostřednictvím
moderních nástrojů pro sběr a zpracování taxačních dat“
jsem vypracoval samostatně.
Použitou literaturu uvádím v přiloženém seznamu.

V Praze dne 12 května 2009

.....

Podpis

P o d ě k o v á n í

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Vilému Urbánkovi za odborné vedení při jejím zpracování. Dále děkuji lesníku Pavlovi Miesbauerovi, který mi pomohl s výběrem vhodného porostu a poskytl mi o něm základní údaje.

Porovnání možností zjišťování základních taxačních veličin prostřednictvím moderních nástrojů pro sběr a zpracování taxačních dat.

Abstrakt

Bakalářská práce porovnává taxační parametry porostu 448 B 10, který je majetkem LZ Boubín a nachází se v katastru obce Jáma. Měření bylo v porostu prováděno na přelomu let 2008 a 2009. Data byla pořízena v digitální podobě pomocí elektronické registrační průměrky a elektronického výškoměru. Taxační veličiny zjištěné pomocí kruhových zkusných ploch vykázaly oproti průměrkování naplno velkou odchylku, ta se již v menší míře promítla i do metody transektu. Rozdíl byl způsoben výraznou heterogenitou části porostu.

New tools and methods of forest stands mensuration – comparison of efficiency and accuracy.

Abstact

The Bachelor thesis compares 448 B 10 stand cruising parameters. This stand is property of forest enterprise Boubín and is situated at Jáma municipal territory. Measurement has been realized at the turn of years 2008 and 2009. Data have been collected in a digital form. Electronic recording caliper and electronic hypsometer have been used for data collection. Great deviation has been found between measurement on circular sample plots and full measurement with calliper when compared. This deviation has been displayed in transect method too but in lower extent. Difference has been caused by a strong heterogeneity of stand.

Obsah:

1 Úvod a cíl práce	- 6 -
2 Popis porostu a měřících přístrojů	- 7 -
2.1 Popis porostu.....	- 7 -
2.2 Konstrukce a funkce výškoměru Vertex III.....	- 8 -
2.2.1 Funkce ovládacích tlačítek.....	- 9 -
2.2.2 Kalibrace	- 9 -
2.3 Transponder T3, (aktivní odrazka)	- 10 -
2.3.1 Měření výšek s transponderem	- 10 -
2.4 Konstrukce a funkce elektronické registrační průměrky MANTAX DigiTech ...	- 10 -
2.4.1 Oddělování datových souborů v průměrce	- 11 -
2.4.2 Přenos změřených výšek z vertexu do průměrky pomocí IR portu.....	- 12 -
2.4.3 Transport naměřených dat do počítače	- 12 -
3 Popis metod pro zjišťování zásob porostů	- 13 -
3.1 Celoplošné průměrkování	- 13 -
3.1.1 Zásady správného měření tloušťek.....	- 13 -
3.1.2 Měření výšek.....	- 15 -
3.2 Kruhové zkusné plochy	- 15 -
3.2.1 Výpočet vytyčovacího údajů.....	- 15 -
3.2.1.1 Matematicko statistická metoda.....	- 16 -
3.2.1.2 Nomogram	- 17 -
3.2.2 Rozmístění zkusných ploch	- 17 -
3.2.3 Vytyčování kruhových zkusných ploch.....	- 18 -
3.3 Průměrkování prostřednictvím transektu.....	- 18 -
4 Vlastní měření a výsledky.....	- 19 -
4.1 Průměrkování naplno	- 19 -
4.1.1 Tloušťková struktura.....	- 19 -
4.1.2 Výšková struktura	- 19 -
4.1.3 Výpočet porostní zásoby.....	- 20 -
4.1.4 Objem středního kmene	- 20 -
4.1.5 Časová náročnost	- 21 -
4.2 Kruhové zkusné plochy	- 21 -
4.2.1 Tloušťková struktura.....	- 21 -
4.2.2 Výšková struktura	- 22 -
4.2.3 Výpočet porostní zásoby.....	- 22 -
4.2.4 Objem středního kmene	- 23 -

4.2.5 Časová náročnost	- 23 -
4.3 Transekt	- 23 -
4.3.1 Tloušťková struktura.....	- 23 -
4.3.2 Výšková struktura	- 24 -
4.3.3 Výpočet porostní zásoby.....	- 24 -
4.3.4 Objem středního kmene	- 24 -
4.3.5 Časová náročnost	- 24 -
5 Porovnání přesnosti a časové náročnosti	- 25 -
6 Závěr	- 26 -
Seznam použité literatury:	- 27 -
Přílohy.....	- 28 -

1 Úvod a cíl práce

Úvod

Zjišťování porostních zásob je nezbytné pro tvorbu lesního hospodářského plánu. Zásoba se nejčastěji zjišťuje v mýtních a předmýtních porostech, kde poskytuje nezbytné informace pro vývoj hospodaření. Metoda zjišťování zásoby záleží na požadované přesnosti. Nejpřesnější je změření všech výčetních tloušťek a určitého počtu výšek metodou průměrkování naplno. Ostatní metody se uskutečňují na různých zkusných plochách. Těmito metodami jsou kruhové zkusné plochy, pásové zkusné plochy, relaskop a další. Všechny metody zjišťování objemu porostu jsou zatíženy chybami. Některým je možno se jednoduše vyhnout, jiným nikoliv. S příchodem elektronických pomůcek do lesnictví se snižuje časová náročnost venkovního sběru taxačních dat a zároveň se zvyšuje přesnost měření a efektivita práce.

Cíl bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce bylo určit porostní zásobu a základní taxační veličiny vybraného porostu metodami průměrkování naplno, kruhové zkusné plochy a transektem. Dalším požadavkem bylo zhodnotit přesnost a časovou náročnost těchto metod. Data pro výpočet porostní zásoby bylo zapotřebí pořídit v digitální podobě pomocí elektronické taxační průměrky a elektronického výškoměru.

2 Popis porostu a měřících přístrojů

2.1 Popis porostu

Porost 448 B 10 se nachází v katastrálním území obce Jáma v okrese Prachatice (příloha č. 1). Majitelem je lesní závod Boubín.

Charakteristika LZ: Katastrální výměra 94457 ha

Výměra PUPFL 23651 ha

Les hospodářský 66,4%

Les ochranný 2,3%

Les zvl. určení 31,3%

Zastoupení dřevin: Jehličnaté 79,14 %

Listnaté 20,86 %

(Data převzata z LHP)

Plocha porostu je dle hospodářské knihy 5,42 ha a tvoří ji smrková kmenovina s příměsí jedle. Zastoupení dřevin je následující: 97 % smrk ztepilý (*Picea abies*) a 3 % jedle bělokoré (*Abies alba*). Věk porostu je 100 let.

Lokalita spadá do přírodní lesní oblasti číslo 12 Předhoří Šumavy a Novohradských hor. Přírodní lesní oblast je nejvyšší jednotka přírodního členění lesního prostředí. Území ČR je rozčleněno na 41 stabilně vymezených lesních oblastí zahrnujících území přírodně, produkčně a hospodářsky jednotná. Lesní oblasti byly vylišeny na základě hledisek geologických, klimatologických, orografických, fyto geografických – typologických. Tvoří rámce pro vymezení nejvyšších jednotek rozdělení lesa a jsou pomocným rámcem pro vypracování oblastních plánů rozvoje lesů (Simon, Vacek 2008). Údaje o přírodní lesní oblasti:

Rozloha 280917 ha

Lesnatost 35,2 %

Zastoupení dřevin: Jehličnaté 92,3 %

Listnaté 7,7 %

Přírůsty: Celkový běžný 6,7 m³ hroubí bez kůry / ha

Celkový průměrný 6,3 m³ hroubí bez kůry / ha

Průměrný mýtní 3,6 m³ hroubí bez kůry / ha

Očekávané těžební možnosti za průřezový rok 2011:

Mýtní 3756971 m³ bez kůry

Předmýtní 859398 m³ bez kůry

Těžby celkové (TC) 4616369 m³ bez kůry

Roční výše TC/ha 4,81 m³ bez kůry

(Údaje převzaty z OPRL)

Reliéf krajiny je vrchovinný a nachází se v nadmořské výšce kolem 700 metrů nad mořem. Geologickou stavbu oblasti tvoří moldanubikum, ve kterém převládají přeměněné horniny (ruly, krystalické břidlice, svory) a hlubinné vyvřeliny (žuly, granodiority). Přebírají zde půdy lehké, hlinitopísčité. Klima oblasti je mírně teplé, mírně vlhké až vlhké. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 5,8 a 7,2 °C. Roční úhrn srážek dosahuje 570 až 730 mm.

Hospodářským souborem je 551 smrkové hospodářství živných stanovišť vyšších poloh. Lesním typem vyskytujícím se na celé ploše prostu je 5B bohatá jedlová bučina (příloha č. 2). Půda je zde čerstvě vlhká, propustná, hluboká a mírně šterkovitá. Přirozenou dřevinou skladbu tvořil buk lesní (*Fagus sylvatica*) a jedle bělokorá (*Abies alba*) s příměsí cenných listnáčů.

2.2 Konstrukce a funkce výškoměru Vertex III

Vertex III je přístroj určený k měření výšek a vzdáleností. Změřené hodnoty mohou být přeneseny do elektronické registrační průměrky Mantax k dalším kalkulacím prostřednictvím vestavěného IR portu. Vertex může pro jeden objekt změřit a zobrazit až 6 výšek. Z důvodů jednoduchosti má Vertex III pouze tři ovládací tlačítka. Dvě šipky a jedno kulaté označené ON.



Elektronický výškoměr Vertex III (www.forestrytools.com.au)

Pro zjišťování vzdáleností je používán ultrazvukový signál. Podmínky prostředí mohou ovlivňovat šíření akustického signálu a tím i změřené hodnoty. Přístroj má vestavěný teplotní senzor umožňující automatickou tepelnou kompenzaci přístroje.

Přístroj je vybaven záměrným křížem v průhledu přístroje a je konstruován tak, aby zajistil velmi přesné snímání úhlů a pomáhá i k jeho kolmému držení. To je důležité k minimalizaci chyb při měření. Výšky jsou vypočteny na základě trigonometrických funkcí změřených vzdáleností a úhlů.

2.2.1 Funkce ovládacích tlačítek

Šipky se používají k pohybu v menu a změnám v nastavení. Levou šipkou (DME) ovládáme dálkoměrné funkce a z vertexu se pak stává přesný ultrazvukový dálkoměr. Současným stisknutím obou šipek přístroj vypneme. Pokud tak neučiníme, po cca 10-15 vteřinách se přístroj vypne sám. Tlačítkem ON přístroj zapínáme a dále potvrzujeme zvolené funkce. Jeho další důležitou funkcí je tzv. „trigger“, tedy tlačítko, jímž potvrzujeme zaměření objektu, jehož výšku zjišťujeme (Haglöf Sweden AB, Silvi Nova CS a.s. 2003). Vertex lze použít i jako dálkoměr (funkce DME) vhodný pro vytyčování zkusných ploch. K měření vzdáleností je vždy nutno použít transponder. Zapnutí přístroje pro měření vzdáleností provádíme stisknutím levé šipky. Vertex se tím automaticky přepne do modu měření vzdáleností. Na displeji se objeví skutečná, přímá vzdálenost k transponderu.

2.2.2 Kalibrace

Pro přesné měření by měla být pravidelně prováděna kalibrace. Při kalibraci je velmi důležitá vyrovnání okolní a vnitřní teploty přístroje. Vyrovnání může, v závislosti na velikosti rozdílu, trvat i deset a více minut. Chyba měření vyplývající z teplotního rozdílu je přibližně 2cm/°C. Chyba měření se může stát systematickou pokud přístroj zkalibrujeme bez předchozího teplotního vyrovnání.

2.3 Transponder T3, (aktivní odrazka)

Transponder je vysílač i přijímač ultrazvukového signálu, komunikující s výškoměrem vertex. Pro vytyčování kruhových zkusných ploch je transponder upevněn na teleskopické výtyčce, která se umísťuje do středu vytyčované kruhové plochy. Odrazka vydává rovněž slyšitelný signál, který oznamuje jestli je aktivována nebo není. K aktivaci a deaktivaci odrazky se používá signál výškoměru.



Transponder T3 (<http://keisokuotaku.up.seesaa.net/image/T3Bat2VTXWF.jpg>)

2.3.1 Měření výšek s transponderem

- Zapneme transponder a umístíme jej na měřený strom ve výčetní výšce. Odstoupíme od objektu, abychom dobře viděli na měřený vrchol i na transponder.
- Vertexem zaměříme na transponder umístěný na měřeném objektu a držíme tlačítko ON dokud záměrný kříž nezmizí.
- Záměrným křížem, který nyní bliká, zaměříme na vrchol měřeného stromu. Stiskneme ON a držíme jej dokud kříž nezhasne. Výsledná výška se zobrazí na displeji.

2.4 Konstrukce a funkce elektronické registrační průměrky

MANTAX DigiTech

Je to registrační průměrka s pamětí, uzpůsobená pro hromadný sběr taxačních dat i ve složitých provozních podmínkách. Průměrkou lze měřit a ukládat do paměti stromové tloušťky až pro 7 různých dřevin. Pod kódem 8 se ukládají výšky změřené elektronickým

výškoměrem vertex. Tyto výšky jsou přenášeny infraportem. Naměřené údaje jsou ke zpracování posílány prostřednictvím radiového signálu do počítače.



Elektronická registrační průměrka MANTAX DigiTech od firmy Haglöf
(http://www.tecnomarket.it/tecnis/usati/c/Mantax_Digitech.jpg)

Funkce průměrky spočívají v jednoduchém menu zobrazovaném na LCD displeji a třech ovládacích tlačítkách. Dvě šipková tlačítka (L+R) slouží k pohybu v menu a k volbě dřeviny. Stisknutím obou šipek naráz opouštíte vybranou funkci a vrátíte se do menu, opětovným stisknutím přístroj vypneme. Třetí tlačítko (E, ENTER) slouží k potvrzení vybrané funkce, k uložení příslušné změřené hodnoty a k zapnutí přístroje.

Jednou z funkcí je i duplicitní hodnota stupnice. Tuto funkci použijeme pokud je průměr kmene větší než rozsah ramen průměrky. Při měření naplno roztáhneme ramena průměrky podržíme tlačítko E a posuneme ramena průměrky k sobě, tím dojde ke znásobení stupnice. Na kmeni si označíme místo kam nám průměrka svými hodnotami postačila a doměříme zbytek.

2.4.1 Oddělování datových souborů v průměrce

Vzhledem k možnostem průměrky uložit naměřená data z více porostů, je zapotřebí jednotlivé soubory dat a jejich části oddělovat. Dělení se provádí pomocí vložení nulových

hodnot mezi změřené hodnoty. Program pro následné zpracování dat v počítači převádí tyto nulové hodnoty podle nastavení. Např. každé dvě po sobě jdoucí nulové tloušťky jako novou plochu a každé tři nulové tloušťky jako nový porost. V jednom porostu lze proto pořizovat libovolné množství zkusných.

2.4.2 Přenos změřených výšek z vertexu do průměrky pomocí IR portu.

- Změříme průměrkou výčetní tloušťku a následně pro stejný strom výšku stromu vertexem.
- V průměrce nastavíme načítání výšek delším stisknutím pravé šipky. Na displeji se objeví „IR“ a průměrka je připravena přijímat data z výškoměru.
- Oba přístroje přiložíme k sobě komunikačními porty. Data z Vertexu pošleme stisknutím tlačítka IR.
- Výšky se v průměrce automaticky ukládají pod kódem 8.

2.4.3 Transport naměřených dat do počítače

Přenos uložených dat k dalšímu zpracování do počítače je umožněn funkcí PC. V počítači je nezbytné mít některý z programů pro zpracování například DigiCom. Data lze v počítači třídit nebo dále zpracovávat podle programového vybavení. DigiCom například umožňuje export ve formě TXT nebo XLS souborů (příloha č. 3). Mezi základní funkce programů patří možnost přiřadit názvy dřevin pro jednotlivé číselné kódy. V uložených souborech jsou pak tyto názvy uvedeny u jednotlivých stromů.

3 Popis metod pro zjišťování zásob porostů

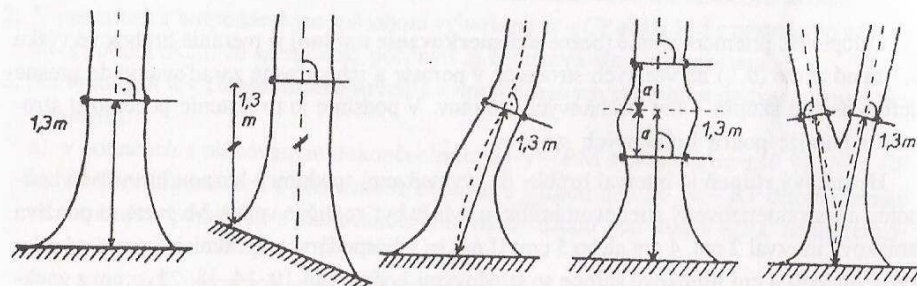
3.1 Celoplošné průměrkování

Průměrkování naplno spočívá v měření výčetní tloušťky všech stromů v daném porostu ve výšce 1,3 metru od země.

Výčetní tloušťka je dána vzdáleností rovnoběžných tečen k obvodu kmene v průřezu kolmém na osu kmene. Zjišťuje se ve výšce 1,3 m od paty kmene (http://www.uhul.cz/il/metodika/metodika6/kap_3_6_0.pdf). Tato taxační veličina se používá pro výpočet zásob porostů, štlhlostního koeficientu a dalších ukazatelů. Je měřena taxačními průměrkami různých typů. Některé mají stupnici tvořenou milimetrovými dílkami se zvýrazněnými hodnotami celých centimetrů. Jiné mají zjednodušenou stupnici tvořenou již jednotlivými tloušťkovými stupni. Jednotlivé tloušťkové stupně jsou definovány určitým intervalem hodnot. Nejčastěji se používají 2 a 4 centimetrové stupně. Nejnižším stupněm je 10 s hranicemi intervalu 8,1 cm – 12 cm. Výsledkem je zjištění četnosti stromů v jednotlivých tloušťkových intervalech. Nejmodernějším typem průměrek jsou elektronické, které měřené hodnoty ukládají v digitální podobě. Data jsou dále zpracovávána na počítači specializovaným softwarem.

3.1.1 Zásady správného měření tloušťek

Při měření tloušťky musíme průměrku správně přiložit kolmo na osu kmene tak, aby se ho dotýkala třemi body: pravítkem a pevným a pohyblivým ramenem. U jednoramenné průměrky se musí dotýkat ramenem a pravítkem. Naměřené hodnoty se musí správně odečítat, zejména když tloušťka je na rozhraní jednotlivých intervalů (Štipl 2000). V porostech se setkáváme i se zvláštními tvary kmenů.



Normální a zvláštní způsoby měření tloušťky $d_{1,3}$

(Korf 1972)

Každý změřený strom je po změření výčetního průměru ihned označen buď křídou nebo črtákem, u stromů se silnější borkou (borovice, modřín, dub), nebo křídou, u stromů, které borku vůbec nemají nebo jen slabou (smrk, buk, jedle). Změřené stromy označujeme vždy na straně dalšího pásu, v němž bude dále průměrkováno (Korf 1953).

Ale jako při každém měření dochází k chybám, nevyhneme se jim ani v případě měření výčetní tloušťky. Lze je zařadit do těchto skupin:

Chyby odstranitelné

- Chyba z nesprávné průměrky. Tato chyba nastává při vychýlení ramene průměrky od kolmého směru o úhel α . Dosahuje chyby 0,5 – 5 %. Podle toho kam je rameno vychýleno se mění znaménko chyby. Při vychýlení ramene doprava je záporná a naopak.
- Další může být chyba z nesprávného místa měření. Dochází při tom k změření veličiny v jiném místě než je požadována. Podle toho, jestli se průměrkuje soustavně pod anebo nad výškou 1,3 m je kladná nebo záporná a v závislosti od velikosti posunu místa měření, druhu dřeviny a tloušťky stromu nabývá hodnot od 0,6 do 4,5% (Šmelko 2000)

Chyby neodstranitelné zaviněné náhodnými okolnostmi

- Chyba z nepravidelného tvaru příčného průřezu. K této chybě dochází v důsledku nepravidelnosti průřezu kmene, ten má nejčastěji tvar elipsy nebo hvězdice. Tyto odlišnosti jsou způsobeny nepravidelným přírůstkem dřevní hmoty. Nepravidelný přírůst zapříčiňuje mnoho činitelů, například druh dřeviny, převládající směr větru, nepravidelná koruna a další vlivy prostředí. Rozdíl mezi nejmenší a největší hodnotou tloušťky může dosáhnou i několika centimetrů. Tyto vady tvaru kmene ovlivňují přesnost měření, ale s přibývajícím počtem měření se chyby redukují. Chyby můžeme eliminovat také tím, že budeme neustále měnit směr ze kterého měříme.
- Subjektivní chyby vznikají:
 - Šikmým přiložením průměrky, tato chyba je vždy kladná a velikost je dána vztahem: $e_d \% = (1 / \cos \alpha - 1) * 100$

- různě silným přitlačením průměrky ke kmeni stromu
- vynecháním nebo opakovaným změřením stromu
- špatným odečítáním hodnot, chybou zapisovatele. Těmto dvěma chybám se při použití elektronické průměrky zcela vyhneme.

3.1.2 Měření výšek

Výška stromu (h) je svislá vzdálenost dvou vodorovných rovin, kolmých na osu kmene, z nichž dolní jde patou stromu a horní prochází nejvzdálenějším místem vegetačního orgánu daného stromu (Štipl 2000).

Potřebný počet výšek v případě, že se výšky zjišťují pro celý porost, postačuje řádově změřit 30 – 100 stromů, avšak po tloušťkových stupních musí být rozdělené úměrně k zastoupení zásoby (respektive k hodnotám $n_j * d_j^2$), t.j. nejvíc v prostředních tloušťkových stupních, kde je soustředěno až 60 % celkové zásoby, méně v krajních tloušťkových stupních, ale s upřednostněním tlustějších stromů (Šmelko 2000).

Stromy k měření se vybírají po celé ploše porostu, aby reprezentovaly celou rozrůzněnost výšek. Netypickým výškám, jako jsou stromy s poškozenými korunami nebo stromy rostoucí na okraji lesa, bychom se měli vyhýbat.

3.2 Kruhové zkusné plochy

Zkusné plochy jsou dočasně nebo trvale vymezené části porostu, které slouží ke zjišťování porostních veličin. Zkusné plochy musí být v porostu umístěny tak, aby po všech stránkách reprezentovali celý porost (Štipl 2000).

3.2.1 Výpočet vytyčovacích údajů

Důležitým faktorem při výpočtech je rozrůzněnost porostu, která charakterizuje variabilitu zásoby. Odhaduje se podle zkamenění, smíšení dřevin, tloušťkové a výškové struktury a členitosti porostu. Stupně lze charakterizovat následovně:

1 stupeň – velmi malá rozrůzněnost. Označuje velmi malé kolísání zásoby po ploše porostu. Při tom vůbec nezáleží na tom, či jde o porost stejnorodý nebo smíšený, mladý

nebo starý, stejnověký nebo nestejnověký, plně zapojený nebo rovnoměrně prosvětlený. Záleží jen na tom, že se veličiny struktury porostu mění velmi málo. Patří sem porosty s rovnoměrným zakmeněním, smíšením dřevin a stejnou střední tloušťkou po celé ploše porostu, také nerovnověké porosty s rovnoměrně po celé ploše se střídající tloušťkovou a výškovou diferenciací (Šmelko 2000).

3 stupeň – velmi velká rozrůzněnost. Označuje velmi velké kolísání zásoby porostu. Patří sem porosty, ve kterých se velmi nepravidelně střídají husté partie s řídkými, zastoupené dřeviny tvoří po ploše nepravidelně rozmístněné skupiny, anebo se nacházejí jen v některých částech porostu, silnější partie se nepravidelně střídají s tenkými, starší s mladšími, po ploše se vyskytují velké bonitní rozdíly apod. (Šmelko 2000).

2 stupeň – představuje střed mezi stupni 1 a 3 (Šmelko 2000).

3.2.1.1 Matematicko statistická metoda.

Úlohou této metody je určit zásobu měřením jen určitého malého počtu zkusných ploch, pomocí tzv. výběrového souboru. Podmínkou přitom je, aby chyba odhadu zásoby nepřekročila rámec přípustné chyby s pravděpodobností P%. pro splnění této úlohy je zapotřebí stanovit potřebný počet zkusných ploch a intenzitu výběru (Šmelko 2000).

$$\text{Minimální počet zkusných} \quad n = \frac{t_{\alpha}^2 * \sigma_x \%^2}{\Delta_{\bar{x}} \%^2}$$

kde: $\sigma_x \%$ - variační koeficient charakterizující rozrůzněnost po ploše porostu

$\Delta_{\bar{x}} \%^2$ - požadovaná přesnost

t_{α}^2 - koeficient spolehlivosti. Zaručuje, že skutečná chyba nepřekročí požadovanou přesnost se zvolenou pravděpodobností.

$$\text{Intenzita výběru} \quad i\% = \frac{\sum p_i}{P} * 100$$

kde: $\sum p_i$ - výměra všech zkusných ploch v [ha]

P - plocha porostu [ha]

$$\text{Odstupová vzdálenost} \quad s = 100 * \sqrt{\frac{P}{n}}$$

kde: P - plocha porostu [ha]
n - počet zkusných ploch

Pokud jde o velikost zkusných ploch, dokázalo se, že je účelnější a teoreticky správnější nepoužívat konstantní velikost kruhů pro všechny porosty, ale kruhy různé velikosti 1-10 arové podle hustoty porostu, tak aby se na kruhu nacházelo průměrně 15-25 stromů. Takové kruhy jsou optimální, neboť zaručují při minimální spotřebě času na vytyčování největší přesnost výsledků a tím, že jsou dané počtem stromů se automaticky přizpůsobují konkrétní struktuře porostu. Pro různé porosty jsou optimální různě velké kruhy (Šmelko 2000).

Optimální výměra kruhu:

$$p = \text{optimální počet stromů na kruhu} / \text{počet stromů na 1 ha}$$

3.2.1.2 Nomogram

Mimo početního postupu kalkulace kruhových zkusných ploch byl pro potřeby praxe v hospodářské úpravě vypracovaný jednodušší způsob ve formě nomogramu (příloha č. 4). Ten umožňuje na základě známé výměry porostu a stupně rozrůznění zásoby přímo bez jakýchkoliv výpočtů odčítat všechny potřebné optimální vytyčovací údaje zkusných ploch pro požadovanou přesnost inventarizace (Šmelko 2000).

3.2.2 Rozmístnění zkusných ploch

Plochy se mohou po porostu rozmístit více způsoby, důležitá je však objektivnost. Plochy musejí být rozmístněny rovnoměrně po celé ploše a volbu nesmí ovlivňovat ani změny struktury porostu. Jednou z metod je náhodný výběr, v tomto případě se plochy umístí náhodně. Je časově méně náročný, protože se neměří odstupové vzdálenosti. Výsledky jsou, ale méně přesné než při systematickém výběru. Systematický výběr je určen bodovou sítí tvořenou odstupovými vzdálenostmi.

Z hlediska objektivnosti je důležité, aby se zkusná plocha založila v porostu přesně v místě určeném odstupovou vzdáleností i když padne do řídkých partií, resp. na holinu a aby se neposouvala do partií, které se zdají být pro porost reprezentativnější. Stromy se zařazují do zkusné plochy podle zásady: do zkusné plochy patří všechny stromy, jejichž vegetační osa se nachází uvnitř plochy; stromy, kterým hranice plochy probíhá přesně vegetační osou se berou $\frac{1}{2}$ (Šmelko 2000).

3.2.3 Vytyčování kruhových zkusných ploch

Plochy se mohou v porostech vytyčovat dvěma způsoby, první způsob spočívá ve vykreslení čtvercové sítě na celé ploše. Při druhém způsobu jde o linii volenou po vrstevnici nebo vytyčenou pomocí buzoly. V obou případech je pro vytyčení první plochy odstupová vzdálenost od obou okrajů porostu rovna $\frac{1}{2}$. Další plochy jsou vzdáleny o plnou hodnotu odstupové vzdálenosti. Pokud nepoužijeme rozmístění podle sítě, můžeme postupovat vždy od kraje porostu o $\frac{1}{2}$ odstupové vzdálenosti, nebo ve vzdálenosti doplňku z předchozí linie.

Pokud plocha zkusné plochy padne na hranici porostu, můžeme tento problém vyřešit dvěma způsoby. První způsob spočívá v posunutí plochy směrem do porostu, tak aby byla celá v porostu. Druhá metoda používá tzv. zrcadlení. Při této metodě se část zkusné plochy která přesahuje hranice porostu překlápí zpět do porostu a stromy se změří znovu.

3.3 Průměrkování prostřednictvím transektu

Metoda transektu je hojně využívána v severských zemích, je spojena s využitím elektronických pomůcek pro měření základních taxačních veličin. Transektem je určitá vymezená linie pocházející porostem. Po obou stranách linie se pak v určité vzdálenosti průměrkují všechny stromy. Na této linii jsou navíc ještě vytyčeny kruhové plochy, na kterých se počítá počet zaujatých stromů a měří se zde i potřebné výšky. Výhodou je rychlé vyhodnocení výsledků ihned po změření již v porostu.

4 Vlastní měření a výsledky

Porostní data byla pořízena v digitální podobě pomocí elektronické registrační průměrky, elektronického výškoměru a ultrazvukové vytyčovací sady (příloha č. 5).

4.1 Průměrkování naplno

4.1.1 Tloušťková struktura

Po vyprůměrkování porostu bylo zjištěno, že se v porostu nachází 2387 smrků a 53 jedlí. Data zbyla zařazena do jednotlivých tloušťkových stupňů. Tím se vyjádřila četnost stromů v jednotlivých intervalech. Následně byl vytvořen graf četností pro smrk ztepilý (příloha č. 6). Nejvyšší zastoupení má smrk v tloušťkovém intervalu 33. Tyto hodnoty jsou základem pro určení kvadratického váženého průměru tloušťky (d_g) dle vzorce:

$$d_g = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k n_j \times d_j^2}{\sum_{j=1}^k n_j}} = \sqrt{\frac{3693804}{2387}} = 39,3 \text{ cm pro smrk}$$

$$d_g = 43,7 \text{ cm pro jedli}$$

4.1.2 Výšková struktura

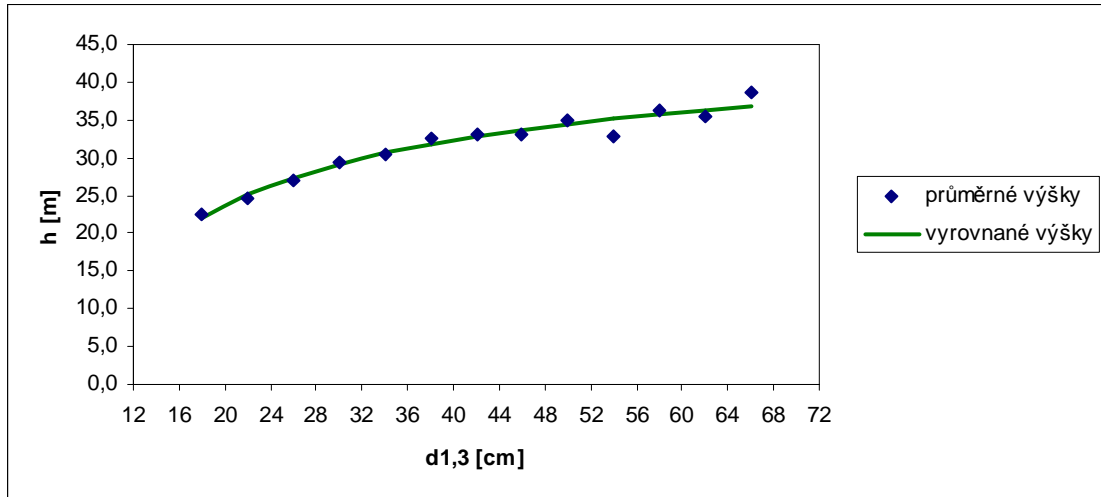
Zapotřebí bylo změřit i dostatečný počet výšek pro každý tloušťkový stupeň. Změřeny byly úměrně podle počtu stromů v jednotlivých tloušťkových intervalech až po celoplošném průměrkování. Pro smrk bylo změřeno 114 výšek a pro jedli 30. Průměrná výška byla vypočtena následovně:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j}{n} = \frac{36076}{114} = 31,6 \text{ m pro smrk}$$

$$\bar{h} = 29,8 \text{ m pro jedli}$$

Dalším krokem bylo vytvoření výškového grafikonu a jeho vyrovnání pomocí

Michajlovovy funkce $h = 1,3 + a * e^{\frac{b}{d}}$



Výškový grafikon pro smrk vyrovnaný Michajlovovou funkcí

4.1.3 Výpočet porostní zásoby

Hodnoty pro výpočet zásoby byly získány na základě přímého měření stromových výšek a výčetních tloušťek v porostu. Pro výpočet byly použity Objemové tabulky. Podle tloušťkového stupně a jeho vyrovnané střední výšky byly nalezeny jednotlivé objemy, které byly poté vynásobeny počtem stromů v jednotlivých intervalech. Součtem zásob jednotlivých tloušťkových stupňů byla získána celková zásoba porostu v m³. Pro smrk 4211 m³ a pro jedli 117 m². Celková zásoba porostu 4328 m².

4.1.4 Objem středního kmene

Objem středního kmene byl stanoven jako podíl celkové zásoby porostu a celkového počtu stromů.

$$\bar{v} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j}{n} = \frac{4231}{2387} = 1,77 \text{ m}^3 \text{ pro smrk}$$

$$\bar{v} = 2,21 \text{ m}^3 \text{ pro jedli}$$

4.1.5 Časová náročnost

Vyprůměrkování porostu bylo pro jednoho měřiče zdlouhavé a trvalo 12 hodin. Změření výšek pak 7 hodin, celkem 19 hodin.

4.2 Kruhové zkusné plochy

Pro potřebnou optimální velikost kruhových zkusných ploch byl převzat celkový počet stromů z průměrkování naplno. Počet stromů na jeden hektar by vypočten podělením počtu stromů v porostu plochou porotu. Výpočtem vyšlo průměrně 450 stromů na hektar. Pro základní charakteristiku kruhových zkusných plochy byl použit nomogram (příloha č. 4). Pro výsledný počet stromů na hektar vycházejí plochy o výměře 5 arů, jejich poloměr je 12,62 m. Dle rozlohy porostu 5,42 ha a odhadnuté rozrůzněnosti stupeň 2 byly odvozeny tyto hodnoty: 3 zkusné plochy na 1 ha, odstupová vzdálenost 60 m a intenzita výběru 16%.

V celém porostu pak bylo vytyčeno 16 zkusných ploch o celkové výměře 0,8 ha. Zkusné plochy byly umístěny v porostu podle čtvercové sítě. Odstupová vzdálenost byla měřena pomocí ultrazvukové vytyčovací sady. Vlastní kruhové plochy byly rovněž vytyčovány ultrazvukovou sadou (příloha č.5).

4.2.1 Tloušťková struktura

Po vyprůměrkování všech zkusných ploch, byly tloušťky zařazeny do jednotlivých tloušťkových stupňů. Dále byl vytvořen graf, který vyjadřuje počet stromů v jednotlivých tloušťkových intervalech (příloha č. 7). Na zkusných plochách bylo zachyceno 323 smrků a 13 jedlí. Nejpočetněji se smrk vyskytuje v tloušťkovém stupni 34. Střední kvadratická tloušťka byla vypočtena následovně:

$$d_g = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k n_j \times d_j^2}{\sum_{j=1}^k n_j}} = \sqrt{\frac{449196}{323}} = 37,3 \text{ cm pro smrk}$$

$$d_g = 38 \text{ cm pro jedli}$$

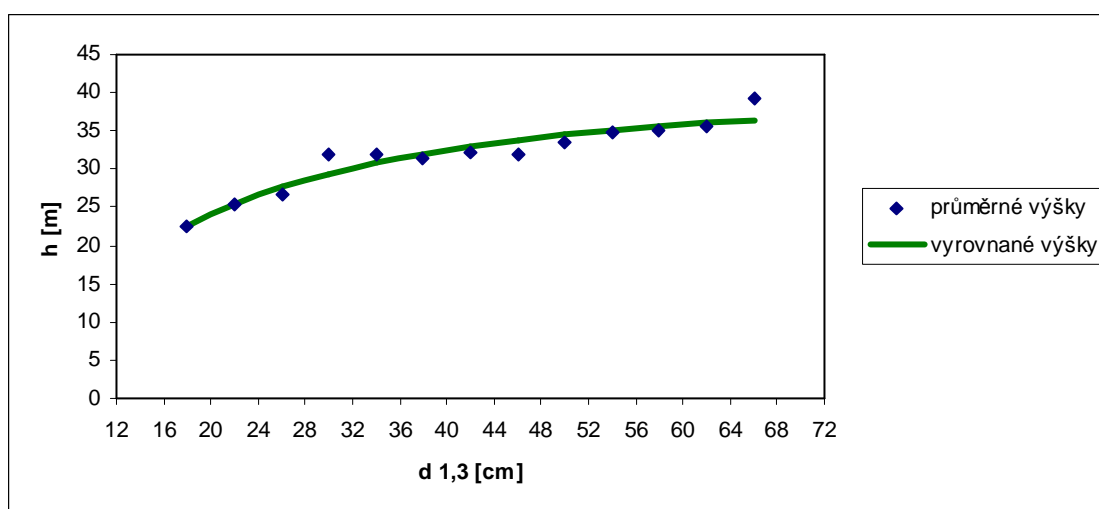
4.2.2 Výšková struktura

Výšky byly změřeny pro každý tloušťkový stupeň. Jejich počet byl úměrný počtu stromů v tloušťkových intervalech. Pro smrk bylo změřeno 39 výšek a pro jedli 8.

$$\bar{h} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j}{n} = \frac{12314}{39} = 31,6 \text{ m pro smrk}$$

$$\bar{h} = 30,4 \text{ m pro jedli}$$

Z průměrných výšek pro tloušťkové stupně byl vytvořen výškový grafikon, který byl následně vyrovnán pomocí Michajlovovy funkce.



Výškový grafikon pro smrk ztepilý vyrovnaný Michajlovovou funkcí

4.2.3 Výpočet porostní zásoby

Pro výpočet zásoby porostu byly použity Objemové tabulky. Objem v těchto tabulkách najdeme podle tloušťkového stupně a příslušné výšky. Jednotlivé hmotnosti byly pronásobeny počtem stromů v tloušťkových stupních. Tím byla vypočtena zásoba smrku 514 m^3 a jedle 23 m^3 na ploše $0,8 \text{ ha}$. Po přepočtu na celou plochu porostu vyšla zásoba pro smrk ztepilý 3485 m^3 a pro jedli bělokorou 154 m^3 . Celková porostní zásoba 3639 m^3 .

4.2.4 Objem středního kmene

Změřené počty stromů byly přepočteny na celou plochu porostu a použity pro výpočet objemu středního kmene. Objem středního kmene byl získán podílem jednotlivých zásob dřevin a počtu stromů.

$$\bar{v} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j}{n} = \frac{3485}{2188} = 1,59 \text{ m}^3 \text{ pro smrk}$$

$$\bar{v} = 1,75 \text{ m}^3 \text{ pro jedli}$$

4.2.5 Časová náročnost

Vytyčování kruhových zkusných ploch, průměrkování a měření výšek trvalo celkem 7 hodin.

4.3 Transekt

Pro zjednodušení a úsporu času byly převzaty počty stromů a výšky z kruhových zkusných ploch. Linie byly zvoleny tak, aby procházely kolem kruhových zkusných ploch. Od stanoveného směru byly měřeny stromy ve vzdálenosti 2 metry napravo i nalevo.

4.3.1 Tloušťková struktura

Na transektech bylo vyprůměrkováno celkem 254 stromů, z toho 248 smrků a 6 jedlí. Z naměřených hodnot byl vytvořen graf zachycující počty stromů v tloušťkových intervalech (příloha č. 8). Nejpočetněji se vyskytovala tloušťka ve intervalu 36,1 – 40 cm. Střední kvadratická tloušťka pro jednotlivé dřeviny:

$$d_g = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k n_j \times d_j^2}{\sum_{j=1}^k n_j}} = \sqrt{\frac{375424}{248}} = 38,9 \text{ cm pro smrk}$$

$$d_g = 38,6 \text{ cm pro jedli}$$

4.3.2 Výšková struktura

Výšková struktura převzata z kruhových zkusných ploch (kapitola 4.2.2).

4.3.3 Výpočet porostní zásoby

Pro stanovení zásoby bylo zapotřebí zjistit počet stromů v porostu, k tomu posloužily kruhové plochy. Výpočtem bylo zjištěno, že se v porostu nachází celkem 2276 stromů. Dalším krokem bylo zjištění objemu středního kmene pro každou dřevinu dle střední výšky a střední tloušťky. Tyto hodnoty byly pronásobeny počtem kmenů. Pro smrk byla získána hodnota 3884 m³ a pro jedli 68 m³, celková zásoba pak 3953 m³.

4.3.4 Objem středního kmene

Objem středního kmene byl získán pomocí střední výšky a tloušťky. Podle těchto hodnot byl nalezen objem v Objemových tabulkách. Pro smrk i jedli byla vyinterpolována hodnota 1,775 m³.

4.3.5 Časová náročnost

Vytyčení transektů a vyprůměrkování trvalo 2 hodiny. Nutné bylo připočítat čas potřebný na spočítání stromů a měření výšek na kruhových plochách – cca 3 hodiny. Celkový potřebný čas na tuto metodu činil 5 hodin.

5 Porovnání přesnosti a časové náročnosti

Procentická přesnost byla odvozena od nejpřesnější metody, kterou je průměrkování naplno.

	Celková zásoba porostu m ³		Časová náročnost v hodinách
Průměrkování naplno	4327	100%	19
Kruhové zkusné plochy	3639	84%	7
Transekt	3953	91%	5

U kruhových zkusných ploch, jejichž parametry byly odvozeny pomocí grafikonu byla překročena maximální požadovaná přesnost $\pm 15\%$ o 1%. Tato chyba byla způsobena proředěním části porostu po nahodilé těžbě způsobené větrem.

6 Závěr

Parametry porostu jsou uvedeny v příloze č. 9. Časově nejnáročnější metodou bylo průměrkování naplno. Tato metoda však vykazuje nejpřesnější výsledky. Transekt byl nejméně časově náročnou metodou a vykázal přijatelnou odchylku 9 % od průměrkování naplno.

Chyba v celkové zásobě, která se projevila u metody kruhových zkusných ploch, vznikla v důsledku podcenění skutečné nehomogenity porostu. Nejvíce se projevila v počtu stromů na ploše porostu a ve střední tloušťce. Zajímavé je že, přestože byla tato chyba přenesena přes počet stromů na ploše do metody transektu, neprojevila se u něj tak výrazně. To mohlo být způsobeno tím že, zjišťování porostní struktury porostu bylo přesnější než u metody kruhových zkusných ploch. Odstranit tuto chybu by znamenalo zvýšit intenzitu výběru a tím zvýšit i počet zkusných ploch.

Rozdílnou zásobu u jedle způsobil její ostrůvkovitý výskyt. Při tomto druhu smíšení a tak nízkém zastoupení zásoba u kruhových zkusných ploch a transektu značně kolísá. Mění se podle toho, kam se na plochu zkusná plocha nebo transekt umístí.

Seznam použité literatury:

Šmelko Š.: Dendrometria. Technická univerzita vo Zvolene 2000, 399 s.

Simon J., Vacek S.: Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů. Mendlova zemědělská univerzita v Brně 2008, 126 s.

Korf V. et al.: Dendrometrie. Státní zemědělské nakladatelství Praha 1972, 371 s.

Korf V.: Dendrometrie. Státní zemědělské nakladatelství Praha 1953, 328 s.

Textová část LHP: Boubín s platností od 01.01.2005 do 31.12.2014, Lesinfo CZ, a.s.

Štípl P.: Hospodářská úprava lesa - dendrometrie. Střední lesnická škola Hranice 2000, 204 s.

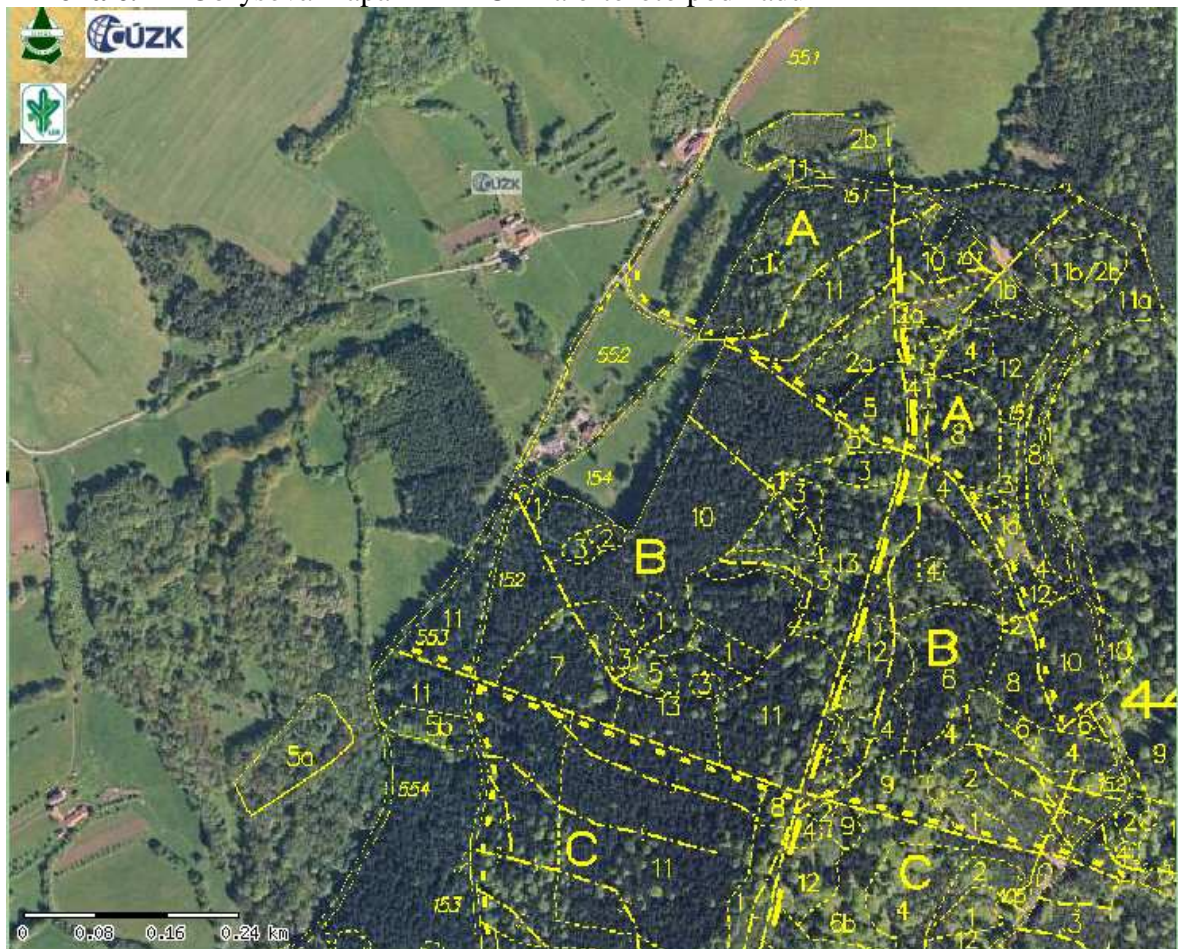
Haglöf Sweden AB, Silvi Nova CS a.s.: Elektronické přístroje pro zjišťování zásob. 2003, firemní materiály, prospekty, návody.

Oblastní plán rozvoje lesa: OPRL Předhoří Šumavy a Novohradských hor s platností od roku 2001 do 2020, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs n.L. pobočka: České Budějovice.

Internetový zdroj: www.uhul.cz

Přílohy

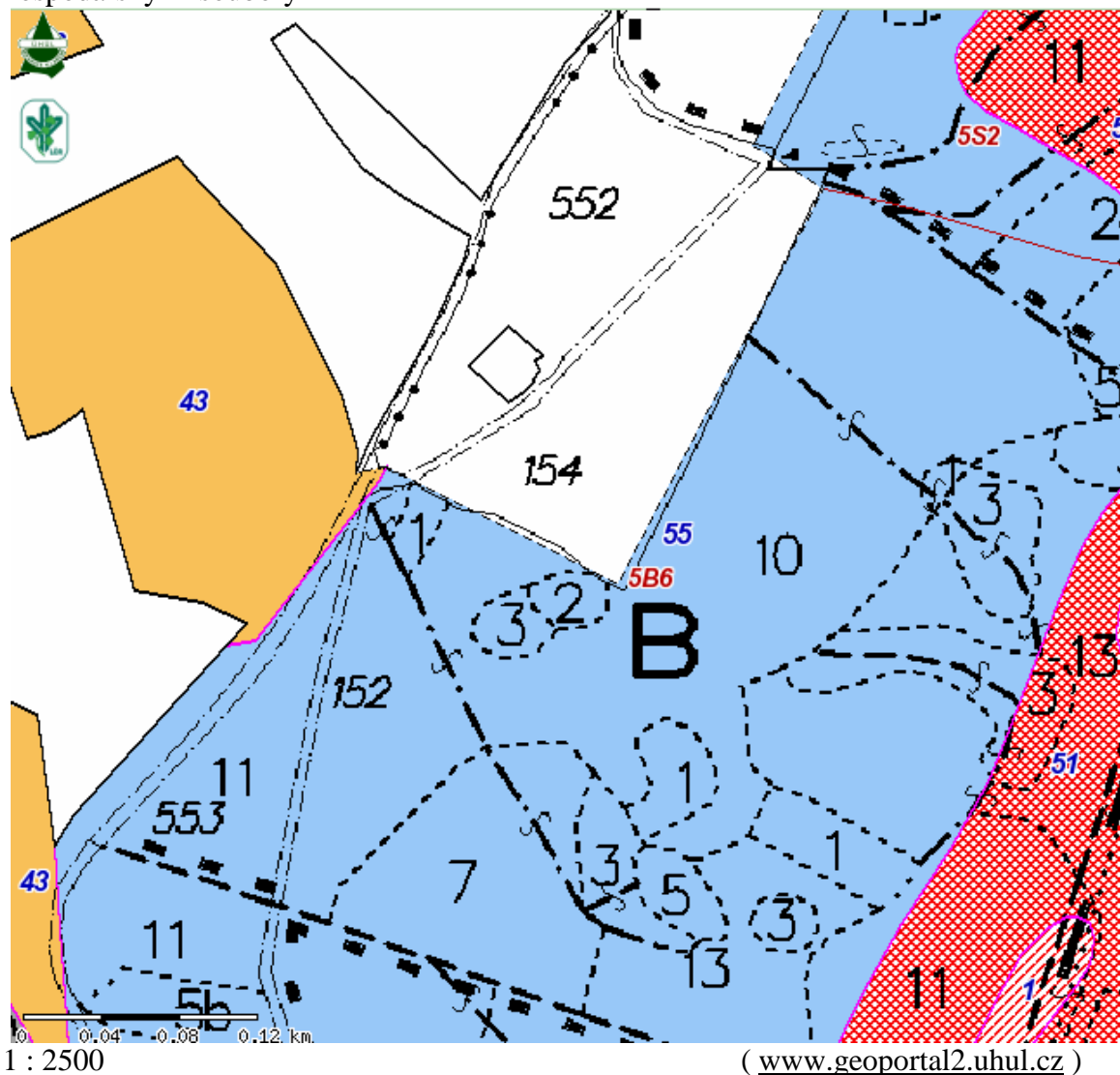
Příloha č. 1 - Obrysová mapa LHP LČR na ortofoto podkladu



1 : 5000

(www.geoportal2.uhul.cz)

Příloha č.2 - Obrysová mapa LHP LČR s hranicemi lesních typů a cílovými hospodářskými soubory



Příloha číslo 3 - Ukázka výstupního souboru z programu DigiCom

LIST 2
 STAND tloušťky a vysky 2 cm
 PART OF STAND 2
 Extra 2
 TYPE OF INVENTORY TOTAL INVENTORY
 Number of plots 1
 Number of trees 146
 Number of sampletrees 145

	SAMPLETREE	DIA mm	HEIGHT dm				
1	SMRK	334	302	59	SMRK	501	303
2	SMRK	298	309	60	SMRK	381	311
3	SMRK	532	354	61	SMRK	271	269
4	SMRK	494	319	62	SMRK	266	259
5	SMRK	357	287	63	SMRK	511	348
6	SMRK	284	304	64	SMRK	317	313
7	SMRK	383	309	65	SMRK	281	226
8	SMRK	319	282	66	SMRK	232	212
9	SMRK	407	311	67	SMRK	510	322
10	SMRK	331	271	68	SMRK	400	225
11	SMRK	285	286	69	SMRK	374	329
12	SMRK	235	257	70	SMRK	472	357
13	SMRK	312	288	71	SMRK	374	311
14	SMRK	306	274	72	SMRK	270	267
15	SMRK	371	273	73	SMRK	438	310
16	SMRK	260	258	74	SMRK	395	310
17	SMRK	310	298	75	SMRK	352	290
18	SMRK	184	222	76	SMRK	322	271
19	SMRK	324	280	77	SMRK	410	320
20	SMRK	522	333	78	SMRK	393	360
21	SMRK	472	314	79	SMRK	468	370
22	SMRK	254	275	80	SMRK	397	343
23	SMRK	265	296	81	SMRK	326	315
24	SMRK	323	289	82	SMRK	277	256
25	SMRK	540	409	83	JEDLE	376	306
26	SMRK	208	259	84	JEDLE	249	264
27	SMRK	295	316	85	JEDLE	403	275
28	SMRK	379	329	86	JEDLE	572	346
29	SMRK	312	314	87	JEDLE	323	260
30	SMRK	347	342	88	JEDLE	383	294
31	SMRK	325	292	89	JEDLE	450	307
32	SMRK	317	331	90	JEDLE	475	331
33	SMRK	446	340	91	JEDLE	484	334
34	SMRK	363	334	92	JEDLE	645	312
35	JEDLE	607	329	93	JEDLE	355	250
36	SMRK	363	330	94	JEDLE	344	251
37	SMRK	521	362	95	JEDLE	524	284
38	SMRK	652	400	96	JEDLE	565	312
39	JEDLE	367	312	97	SMRK	394	343
40	JEDLE	277	274	98	SMRK	596	369
41	SMRK	374	311	99	SMRK	421	342
42	JEDLE	869	418	100	JEDLE	500	284
43	SMRK	371	348	101	SMRK	485	256
44	SMRK	383	336	102	JEDLE	405	298
45	SMRK	488	350	103	JEDLE	383	294
46	JEDLE	409	308	104	SMRK	335	359
47	JEDLE	275	298	105	SMRK	653	372
48	SMRK	311	265	106	SMRK	323	286
49	SMRK	341	309	107	SMRK	492	379
50	SMRK	251	286	108	SMRK	405	329
51	SMRK	340	313	109	SMRK	344	337
52	SMRK	478	337	110	SMRK	467	338
53	SMRK	312	299	111	SMRK	420	326
54	SMRK	445	387	112	SMRK	407	331
55	SMRK	366	363	113	SMRK	476	368
56	SMRK	546	354	114	SMRK	345	326
57	SMRK	370	311	115	SMRK	566	376
58	SMRK	389	322	116	SMRK	405	377
				117	SMRK	442	320

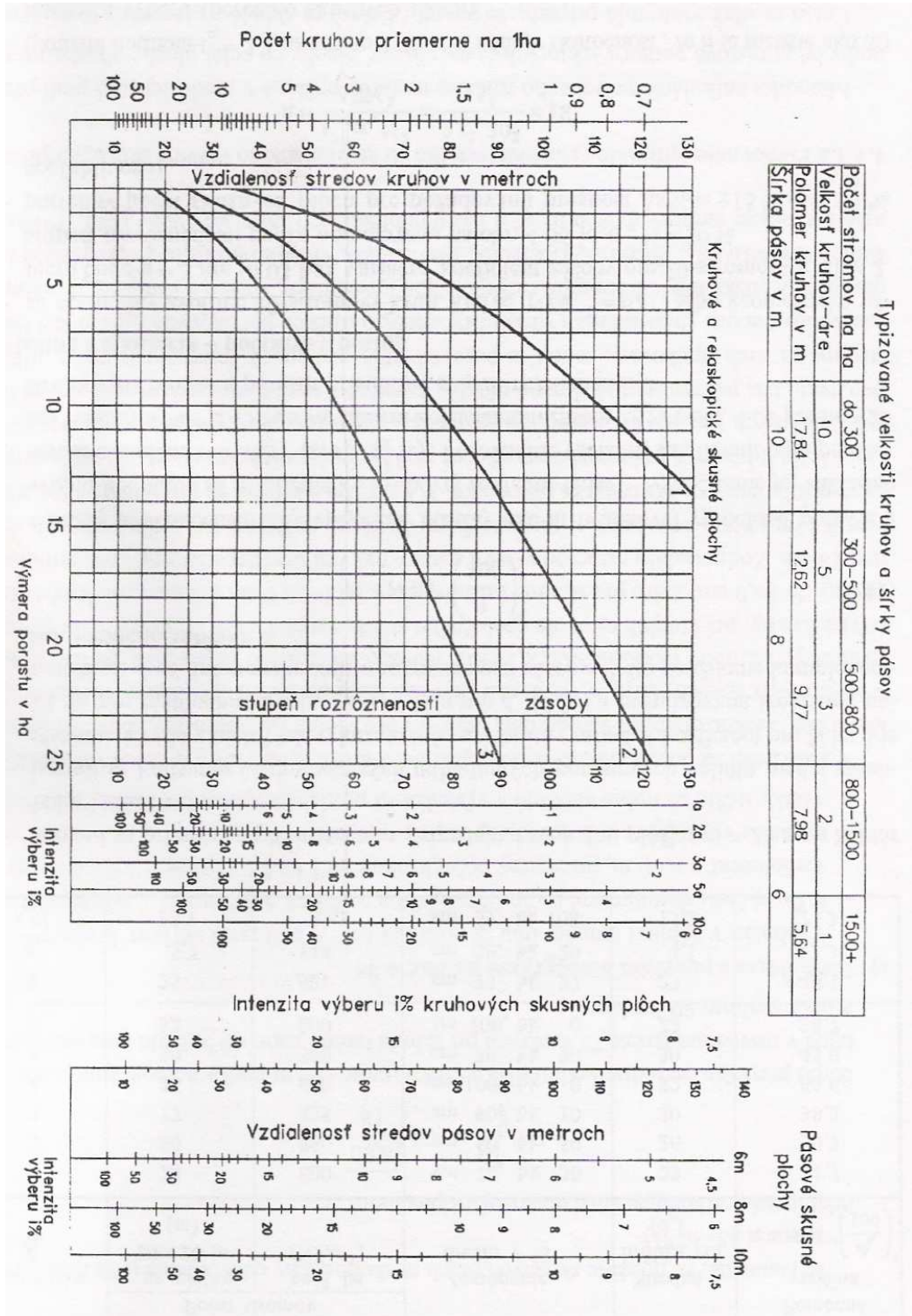
118	SMRK	211	258
119	SMRK	431	365
120	SMRK	582	346
121	SMRK	195	245
122	SMRK	407	326
123	SMRK	516	344
124	SMRK	424	359
125	SMRK	448	357
126	SMRK	358	303
127	SMRK	175	237
128	SMRK	426	362
129	SMRK	405	344
130	SMRK	458	374
131	SMRK	442	340

132	SMRK	425	322
133	SMRK	170	193
134	JEDLE	532	374
135	JEDLE	545	357
136	JEDLE	354	282
137	SMRK	311	296
138	JEDLE	295	261
139	JEDLE	488	306
140	JEDLE	439	287
141	JEDLE	238	196
142	SMRK	653	375
143	SMRK	653	403
144	SMRK	637	356
145	JEDLE	606	347

STANDTABLE

CLASS	CM	SMRK	JEDLE	TOT
16-18	2			2
18-20	2			2
20-22	2			2
22-24	3		1	4
24-26	2		1	3
26-28	6		2	8
28-30	5		1	6
30-32	10			10
32-34	9		1	10
34-36	8		3	11
36-38	10		2	12
38-40	8		2	10
40-42	8		3	11
42-44	7		1	8
44-46	6		1	7
46-48	6		1	7
48-50	4		2	6
50-52	4		1	5
52-54	3		2	5
54-56	2		1	3
56-58	1		2	3
58-60	2			2
60-62			2	2
62-64	1			1
64-66	4		1	5
SUM	114		30	144
Aver.Dia	38.7		44.3	39.9
Aver2Dia	40.1		46.3	41.5
Aver3Dia	44.5		52.8	46.7
A.Heigh	31.6		30.2	31.3
Num	115		31	146
F.qvote	0.400		0.400	0.400
m3	193.9		67.4	261.3

Příloha č. 4 - Grafikon pro určení základních vytyčovacíh údajů kruhových, relaskopických a pásových zkusných ploch pro požadovanou přesnost $\Delta \bar{x} \% = \pm 15\%$ a spolehlivost 95 %

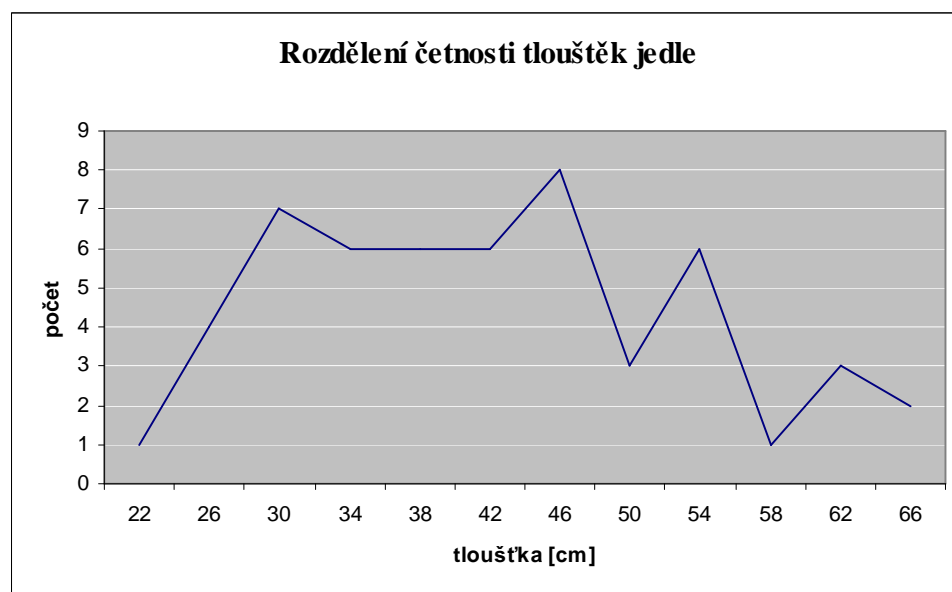
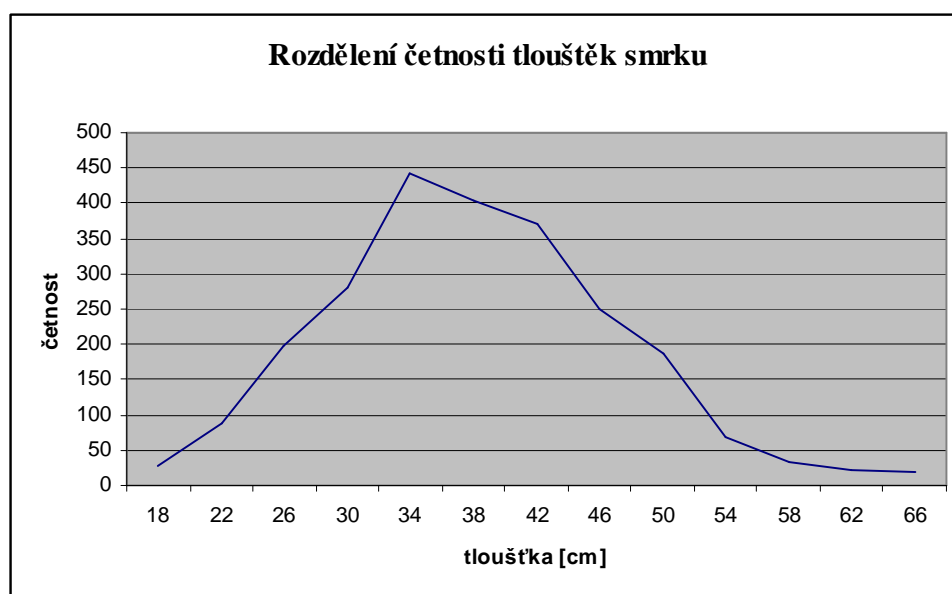


(Šmelko 2000)

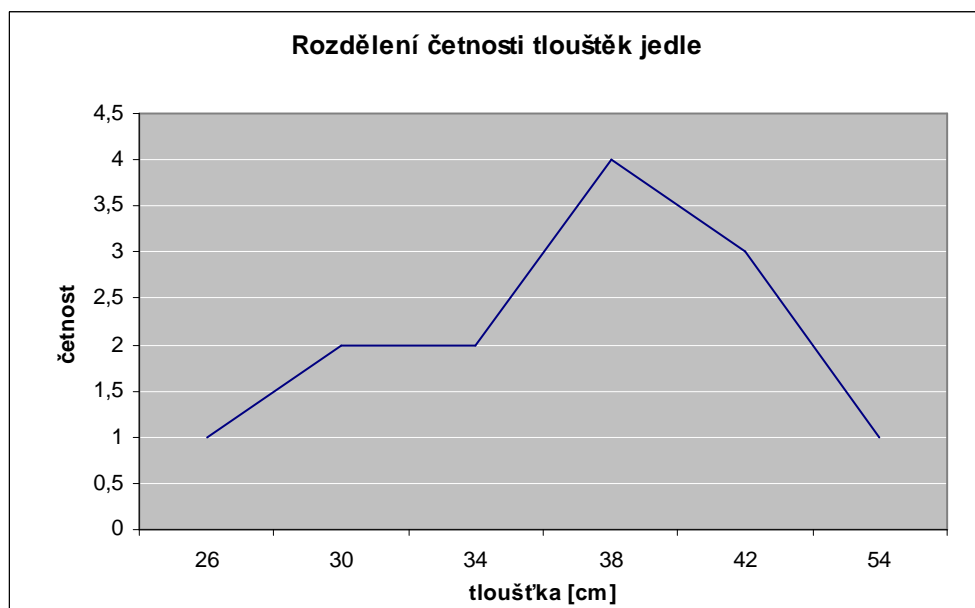
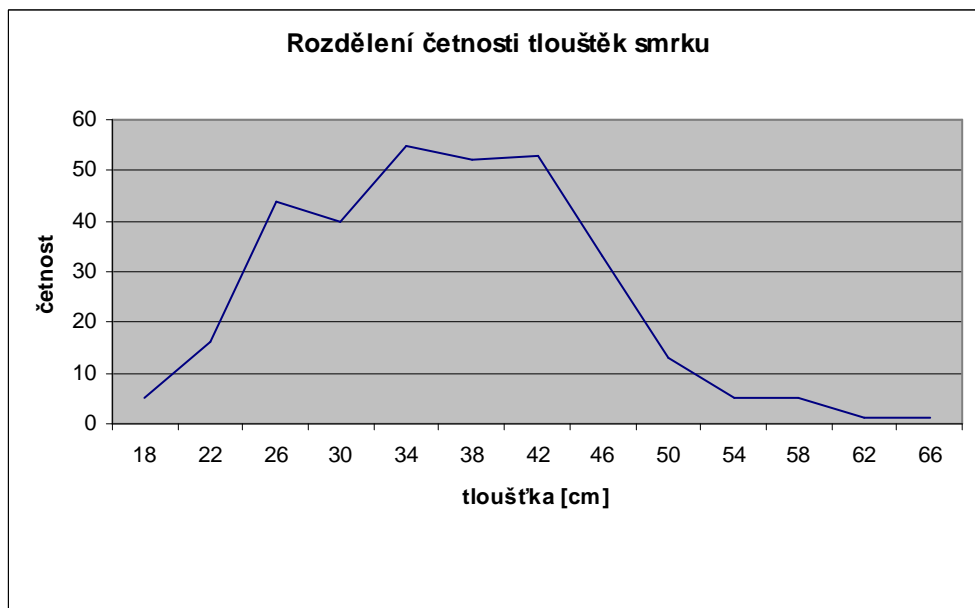
Příloha č. 5 – Ultrazvuková vytyčovací sada



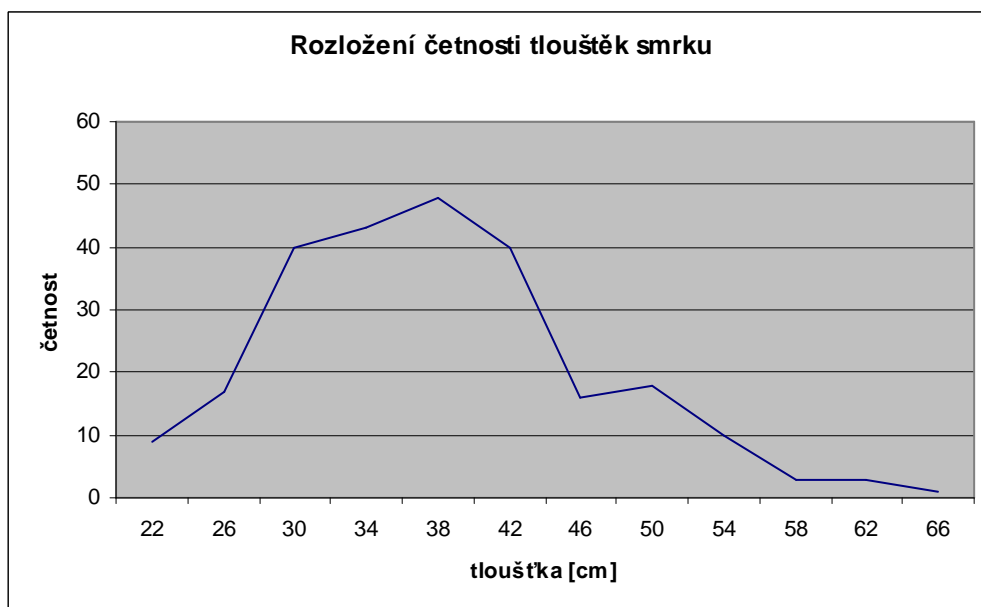
Příloha č. 6 - Rozdělení četnosti tloušťek naměřených při průměrkování naplno na celé ploše porostu



Příloha č. 7 - Rozdělení četnosti tloušťek při kruhových zkusných plochách 0,8 ha



Příloha č. 8 - Rozdělení četnosti tloušťek při transektu



Příloha č. 9 – Výsledky

	Počet stromů		Střední hodnoty						Zásoba [m ³]		
			Tloušťka [cm]		Výška [m]		Objem [m ³]				
	SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD	Celkem
Průměrování naplno	2387	53	39,1	43,7	31,6	29,8	1,76	2,21	4211	117	4327
Kruhové zkusné plochy	2188	88	37,3	38,0	31,6	30,4	1,59	1,75	3485	154	3639
Transekt	2188	88	38,9	38,6	31,6	30,4	1,775	1,775	3884	68	3953