



FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra hospodářské úpravy lesů

specializace: Ekonomika a řízení lesního hospodářství

Efektivní způsoby sběru dendrometrických dat

Bakalářská práce

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

Autor práce: Milan Šíbal

Praha 2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Milan Šíbal

Lesnictví
Ekonomika a řízení lesního hospodářství

Název práce

Efektivní způsoby sběru dendrometrických dat

Název anglicky

Effective methods of forest mensuration data collection

Cíle práce

Cílem práce je zmapovat a popsat moderní efektivní způsoby, metody a nástroje sběru dendrometrických dat a zhodnotit jejich využití ve vztahu ke stanovení odvozených dendrometrických veličin jako je objem stromu, porostní zásoba, zakmenění apod. Práce se rovněž zaměří na zhodnocení praktické využitelnosti jednotlivých způsobů sběru dat.

Harmonogram práce:

duben 2022 – leden 2023 – studium literatury, popis dendrometrických dat, zpracování literární rešerše metod sběru dendrometrických dat (tloušťka, výška, kruhová základna, ...)

únor 2022 – předložení literární rešerše a analýz ke kontrole

prosinec 2022 – únor 2023 – zhodnocení možností využití metod sběru dendrometrických dat v lesnickém provozu a odvození závěrů pro praxi

březen 2023 – předložení diskuze práce ke kontrole

Metodika

1. Popis dendrometrických dat
2. Rešerše metod sběru dendrometrických dat (tloušťka, výška, kruhová základna, ...)
3. Popis stanovení odvozených dendrometrických veličin (objem, zásoba, zakmenění, bonita, ...)
4. Zhodnocení možností využití jednotlivých metod v lesnickém provozu
5. Odvození závěrů pro praxi

Harmonogram práce:

duben 2022 – leden 2023 – studium literatury, zpracování literární rešerše

únor 2022 – předložení literární rešerše a analýz ke kontrole

prosinec 2022 – únor 2023 – zhodnocení možností využití metod sběru dendrometrických dat v lesnickém provozu a odvození závěrů pro praxi

březen 2023 – předložení diskuze práce ke kontrole



Doporučený rozsah práce

40 normostran

Klíčová slova

dendrometrie, hospodářská úprava lesů, zásoba porostu, dendrometrické veličiny

Doporučené zdroje informací

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

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

MARUŠÁK, R., URBÁNEK, V., ŠEBŇ, V. *Dendrometrické přístroje a pomůcky pre efektívne meranie lesa*. NLC Zvolen, 2009

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

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

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

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra hospodářské úpravy lesů

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2023

doc. Ing. Peter Surový, PhD.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 01. 04. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Efektivní způsoby sběru dendrometrických dat“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Róbertem Marušákem, PhD. a použil jsem pouze literární prameny nebo publikace v seznamu použité literatury.

V Ústí nad Labem dne: 1. 4. 2023

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Róbertu Marušákovi, PhD. za odborné vedení, rady a trpělivý přístup při vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval celé své rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu mého studia podporovali a pomáhali mi.

V Ústí nad Labem dne: 1. 4. 2023

Abstrakt

Tématem této bakalářské práce je přehled a popis způsobu sběru dendrometrických dat, jichž se využívá především v oblasti lesního hospodářství a při zpracování údajů pro hospodářskou úpravu lesa. Sběr dendrometrických dat v praxi znamená přímé či nepřímé měření, které se dále využívá například pro odvození porostní zásoby, kontrolu stavu lesa nebo plánování v lesním hospodářství. Úvodu práce popisuje historii oboru dendrometrie a její celkovou provázanost s lesnictvím. V rozsáhlé rešerši, která je stěžejní částí této práce, se věnuji popisu dendrometrických dat, způsoby jejich sběru a jejich následným využitím. Závěr této práce je zaměřen na zhodnocení prezentovaných metod.

Klíčová slova:

dendrometrie, hospodářská úprava lesů, zásoba porostu, dendrometrické veličiny

The Abstract

Theme of this thesis is an overview and description of forest mensuration methods which are being used especially in forest economy and in data processing for forestry management. Forest mensuration means either direct or indirect measurements which in next step lead to deriving of standing volumes, supervision of forest condition or setting up plans for forest economy. Beginning of the thesis describes history of the dendrometry science and its general connection with forestry. Main part of this thesis consists of extensive research dedicated to deep description of forest mensuration, tools, methods and their use in practice. Conclusion of thesis is focused on evaluation of presented methods.

Keywords:

dendrometry, forest management, standing volume, forest mensuration

Obsah bakalářské práce

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE A METODIKA	6
3. REŠERŠE K TÉMATU	8
3.1. Člověk a les	8
3.2. Lesnictví a hospodářská úprava lesů	9
3.2.1 Lesnictví	9
3.2.2 Hospodářská úprava lesů	10
3.2.3. Hospodářské úpravy	11
3.2.4. Kategorizace lesa a hospodářské soubory	14
3.2.5. Hospodářské způsoby a tvary lesa	16
3.2.6. Tvorba LHP a LHO	17
3.2.7. OPRL a inventarizace lesů	18
3.3. Dendrologie	18
3.4. Dendrometrie	19
3.5. Základní dendrometrické veličiny	20
3.5.1. Stromové veličiny	21
3.5.2. Porostní veličiny	27
3.5.3. Struktura lesních porostů	29
4. SBĚR DENDROMETRICKÝCH DAT	31
4.1. Způsoby zjišťování dendrometrických veličin	31
4.2. Metody celoplošného šetření	33
4.3. Reprezentativní metody	33
4.3.1. Metoda zkusných ploch	34
4.3.2 Relaskopická metoda	35
4.4. Metody zjišťování veličin jednotlivých stromů	37
4.4.1. Stanovení věku stromu	37
4.4.2. Měření tloušťky stromu	37
4.4.3. Měření výšky stromu	39
4.4.4. Měření objemu stromu	40
4.4.5. Měření přírůstků	42
4.5. Metody zjišťování porostních veličin	43
4.5.1. Zásoba porostu	43
4.5.2. Zakmenění	44
4.5.3. Zastoupení dřevin	44

4.5.4. Bonita	44
4.5.5. Celkový běžný přírůst porostu	44
4.6. Bezpilotní technologie	45
4.7. Měření pozic stromů	50
5. DISKUZE	52
6. ZÁVĚR	52
7. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
8. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ	58
TABULKY	58
OBRÁZKY	59

Seznam zkratk

LHP	lesní hospodářský plán
LHO	lesní hospodářské osnovy
HÚL	hospodářská úprava lesů
HS	hospodářský soubor
CHS	cílový hospodářský soubor
HZ	hospodářský způsob
PUPFL	pozemek určený k plnění funkce lesa
OPRL	oblastní plán rozvoje lesů
NIL	národní inventarizace lesů
JPRL	jednotka prostorového rozdělení lesa
GPS	globální polohový systém
ČR	Česká republika
ÚLT	Územní lesnické tabulky
JOK	jednotné objemové křivky
JVK	jednotné výškové křivky
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
UAV	Unnamed Aerial Vehicles (bezpilotní letadla)
EU	Evropská unie
USA	Spojené státy americké
RPAs	Remotely piloted aerial systems (dálkově řízené vzdušné systémy)
RGB	red, green, blue (červená, zelená, modrá)
SfM	Structure from Motion
LiDAR	Light Detection and Ranging (detekce a měření světla)

1. ÚVOD

Sběr dendrometrických dat, což v praxi znamená měření, respektive zjišťování dendrometrických veličin. Dendrometrické veličiny jsou předmětem měření lesa a dřeva a vztahují se buď na jednotlivé stromy a jejich části nebo na soubory stromů (lesní porosty). Podle toho, jaké vlastnosti (charakteristiky) vyjadřují, se jedná buď o veličiny, které jsou neměřitelné, a proto se dají vyjádřit jen slovním popisem. V tomto případě se mluví o veličinách kvalitativních neboli hodnotových (např. druh dřeviny nebo zdravotní stav porostu, popřípadě rozsah jeho poškození). Druhým typem dendrometrických veličin, jsou veličiny, které se dají změřit případně na základě předcházejících měření určit výpočtem. V tomto případě se jedná o veličiny kvantitativní tedy vyčíslitelné tedy udávající počet, respektive množství (např. tloušťka a výška stromu nebo výměra porostu či zásoba dřeva). [7]

Les je svým významem nepostradatelným prvkem životního prostoru člověka. Od nepaměti je les pokládán za národní přírodní bohatství. Jeho složitý ekosystém je tvořen složkou živočišnou a složkou rostlinnou. Souhrnně se tyto složky nazývají složkou biotickou, která zahrnuje v souvislosti s lesem veškerou lesní faunu a flóru. Biotická složka je úzce propojena s abiotickým prostředím. Abiotické prostředí zahrnuje všechny neživé prvky a faktory, které tvoří ekosystém lesa. Les je obecně vnímán jako území hustě porostlé stromy. Z hlediska práva jsou do lesů zahrnuty i mýtiny a území vymezená pro růst lesa. Obecná lesnická definice považuje les za porost, ve kterém stromy dosahují výšky minimálně 5 m se zápoji korun (vzájemný dotyk a prolínání větví stromů) alespoň 25 %. [9]

Již od prvopočátku spoluexistence člověka a lesa, bylo na les pohlíženo jako na výrobního činitele a obnovitelný přírodní zdroj surovin. Hlavní surovinou je dřevní hmota, jejíž produkce je nepostradatelná pro další hospodářská odvětví (např. hutnictví a stavebnictví) a průmysl, především se jedná o zpracování dřeva (dřevozpracující průmysl) a celulózy (papírenský průmysl) a neodmyslitelnou funkci zastává jako zdroj dříví a biomasy pro energetické účely. Kromě produkční funkce lesa si v současné době zrychlené životní tempo a civilizační vývoj, což jsou hlavní faktory změn životního stylu, vyžadují na trhu nerealizovatelné, ale pro člověka důležité, funkce mimoprodukční. Z hlediska ochrany životního prostředí můžeme mluvit o funkci vodohospodářské a půdoochranné (přírodní zdroje a zásobárny vody a zabránění eroze půdy). Lesy rovněž slouží jako vysoce účinná protipovodňová ochrana. Klimatická funkce má zabezpečit snižování množství oxidu uhličitého v atmosféře a stabilizovat klima (ochrana proti větrům, vytvoření specifického mikroklima příznivě působícího na výkyvy teplot, které určují výši vlhkosti vzduchu). Kladný přínos z hlediska ekologie má udržení rozmanitosti biodiverzity (různorodost života). Významnou funkcí lesa pro bytí člověka je fakt, že pobyt v lese blahodárně působí na lidskou psychiku, proto je hojně využíván k rekreaci (rekreační funkce). Les je rovněž cenným estetickým krajinným prvkem a tím je plněna jeho krajinnotvorná funkce. [8, 10]

Různé funkce lesa jsou využívány s různou intenzitou. V historii bylo lesní prostředí využíváno především k lovu zvěře. Rozvoj společnosti a hospodářských oborů jako např. stavebnictví a hutnictví zapříčinil převahu dřevoprodukční funkce nad funkcemi ostatními. Tento fakt a rozsah využívání lesů jako zdroje dřeva, které bylo v historii získáváno neregulovanou těžbou, dospěl až do stavu značné degradace lesů.

Tato situace a obava ze situace, že zásoby dřeva budou nenávratně vyčerpány, vedly z počátku k různým omezováním těžby dříví a následně bylo započato s racionálním hospodařením v lesích. To vedlo ke vzniku lesnického oboru hospodářská úprava lesů, který se zabývá zjišťováním stavu lesů, z čehož vychází plánování v lesním hospodářství. [6]

Hospodářská úprava lesa, jak už sám název napovídá, upravuje les na základě požadovaných funkcí tak, aby les tyto funkce plnil nepřetržitě, vyrovnaně a trvale. Vyrovnanost a nepřetržitost jsou základními požadavky, které tedy hospodářská úprava řeší. Nemusí se jednat jen o funkce produkční, i když funkce produkční byla motorem vzniku hospodářské úpravy, ale les poskytuje více funkcí a jejich vyrovnané a trvalé plnění je v zájmu celé lidské společnosti. [6]

Lesnictví je dle výkladu v Lesnickém naučném slovníku název pro "široký obor lidské působnosti, která se zabývá udržením a zvelebením lesů a plným využitím jejich užitek ve prospěch vlastníků i společnosti." (LASÁK 1994)

Z výkladu slovníkového hesla se dá vyvodit, že lesnictví (lesní hospodářství) je hospodářská činnost, která je realizována udržitelným způsobem a zaměřuje se na hmotné i nehmotné užítky. Posláním lesního hospodářství je prostřednictvím trvale udržitelného hospodaření udržet všechny funkce lesa v rovnováze a zachovat les jako obnovitelný zdroj pro další generace. Přesto ale nekompromisní zastánci ochrany životního prostředí namítají, že lesnictví upřednostňuje produkční funkci lesů a oproti tomu nedostatečně usiluje o ochranu přírody a ostatní užitečné funkce lesů. [12]

Lesní hospodářství se jako velmi specifické odvětví národního hospodářství odlišuje od ostatních odvětví svými zvláštnostmi. Protože se skládá z velkého množství ve své podstatě nesourodých činností, které ale vyžadují úzkou návaznost a vzájemně se podmiňují, je nutné všechny tyto činnosti vykonávat v určitém pořadí. Náročnost na realizaci činností v lesním hospodářství umocňuje fakt, že jsou často prováděny v náročném prostředí přímo v terénu. To vyžaduje přísné dodržování všech bezpečnostních zásad pro ochranu nejen životního prostředí, fauny a flóry, ale i ochranu zdraví a života pracovníků. Významnými specifiky hospodaření v lesích oproti ostatním hospodářským odvětvím je kromě jiných především mimořádně dlouhá výrobní doba (počítáno v řádech desítek let), velká prostorová rozptýlenost a sezónnost.

Základní podmínkou pro optimální fungování lesního hospodářství je podrobný přehled o stavu lesa, který je dle potřeb pravidelně aktualizován. Šetření a sběr dat potřebných pro sestavení takového přehledu se nazývá inventarizace lesa. Cílem inventarizace je vypracovat soupis údajů vypovídajících o stavu a vývoji lesních ekosystémů nejen z pohledu životního prostředí, ale i pro účely jejich hospodářského využití. [6]

Národní inventarizace lesů v ČR je od zahájení prvního cyklu v roce 2001 zdrojem spolehlivých informací o stavu a vývoji lesů na území ČR. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem provedl sběr dat třetího cyklu Národní inventarizace lesů v České republice (NIL3) mezi lety 2016 až 2020. Během tohoto období probíhala v ČR rozsáhlá kůrovcová kalamita, která stav našich lesů významně

ovlivnila. Při terénním šetření byly navštíveny inventarizační plochy založené v předchozím inventarizačním cyklu (NIL2, 2011–2015). Na těchto plochách byl zaznamenán současný stav a změny vzhledem k předchozí inventarizaci. [14]

Souhrnným termínem pro stanovení cílů a postupů pro odvětví lesního hospodářství, kterých je v daném časovém horizontu možno docílit, je lesnické plánování. Klíčovou pozici v této oblasti zaujímá vědní obor hospodářské úpravy lesů. Stěžejním dílem lesnického plánování je sestavení lesního hospodářského plánu (střednědobý plán s platností na 10 let) a oblastního plánu rozvoje lesů (dlouhodobý plán s platností na 20 let).

Oblastní plány rozvoje lesů jsou metodickým nástrojem státní lesnické politiky a doporučují zásady hospodaření v lesích. Zpracování oblastních plánů rozvoje lesů zadává a návrhy oblastních plánů rozvoje lesů schvaluje ministerstvo. Oblastní plány rozvoje lesů zpracovává Ústav pro hospodářskou úpravu lesů a účelně vynaložené náklady na jejich zpracování hradí stát.

Lesní hospodářské plány jsou nástrojem vlastníka lesa a právnické a fyzické osoby, pro které byly schváleny, jsou povinny dodržovat jejich závazná ustanovení. Lesní hospodářské plány mohou zpracovávat pouze právnické nebo fyzické osoby, které mají k této činnosti licenci a náklady na jejich zpracování hradí vlastník lesa. Lesní hospodářské plány se zpracovávají pro vlastníky lesa s výměrou nad 50 ha. Náklady vzniklé s jejich pořízením hradí vlastník.

Pro všechny lesy o výměře menší než 50 ha ve vlastnictví fyzických a právnických osob, pro které nebyl zpracován lesní hospodářský plán, se zpracovávají lesní hospodářské osnovy. Osnovy jsou obvykle zpracovány na dobu 10 let. Jejich zpracování zadává orgán státní zprávy lesů a každý vlastník lesa ji obdrží bezplatně.

[13, 16]

Kvalitnímu a efektivnímu plánování musí předcházet stejně kvalitní a efektivní zjišťování stavu porostů. K tomuto účelu byl vyčleněn obor dendrometrie. Dendrometrie je nauka o veškerých veličinách, které se používají v lesnictví. Zabývá se lesnickými důležitými taxačními veličinami (odhad, ohodnocení) jednotlivých stromů i celých porostů, jejich vzájemnými vztahy a metodami jejich zjišťování.

Stěžejní úlohou dendrometrie je kvantifikace objemů jednotlivých stromů a zásob porostů. Zjišťování zásoby dřevní hmoty je nezbytným procesem, který by měl být vlastní každému lesnímu hospodáři. Důležitost zjišťování výše zásoby, jak na stojícím, tak na ležícím dříví, je dána faktem, že její znalost je nepostradatelnou informací nejen při obchodování s tímto materiálem, ale např. i při vědeckých pracích a monitoringu vývoje lesa. Dendrometrie pomáhá vytvořit představu o lesním porostu ve skutečných číselně vyjádřených hodnotách, s nimiž se následně snáze pracuje. Umožní to vytvořit si představu o porostu i lidem, kteří v předmětném lese reálně dosud ani nebyli. Výsledky dendrometrických šetření a měření jsou v úzkém propojení s dalšími lesnickými obory a činnostmi s nimi souvisejícími. Tvoří základ pro hospodářskou úpravu lesů a jejich inventarizaci, vytvoření lesního hospodářského plánu a nastavení těžební regulace.

Jednou z nejpodstatnějších dendrometrických veličin je zásoba porostu. Tím, že vstupuje do procesu sestavování lesních hospodářských plánů a osnov, významně ovlivňuje hospodaření na daných lesních majetcích. Důraz na stanovení její přesnosti je dán s ohledem na význam jejího použití a efektivnost metody, která bude použita na její zjištění.

Taxační veličiny, kterých se používá při popisu lesních porostů, je potřeba vlastnoručně změřit a zhodnotit. Často se jedná o složitý postup, který nelze použít po celé ploše měřeného porostu. V tom případě se na základě znalostí z dendrometrie, která využívá statistických metod, provede popis lesního porostu pomocí zkusných reprezentativních ploch, ze kterých se zbytek porostu dopočítá.

[1, 3]

Postupy určené pro sběr dendrometrických dat se dělí podle způsobu využití získaných dat na metody pro pořizování vstupních venkovních dat nebo na metody zpracování dat výpočtem. Při pořizování vstupních venkovních dat se provádí buď přímé měření v porostu nebo se provede kvalifikovaný odhad. Při přímém zjišťování hodnot je nutností volba mezi rychlostí a efektivností prováděných měření nebo přesností a věrohodností získaných dat. Pro získání potřebných dat je možné rovněž využít již existujících dat převzetím z příslušné databáze.

Většina již dávno zavedených pravidel provádění sběru dendrometrických dat se v podstatě nemění. Jen se postupy a metody přizpůsobují novým vylepšeným možnostem a propracovanějším nástrojům a technologiím. Moderní technologie se vyznačují snadnou manipulací v terénu a významnou úsporou času při měření. V současné situaci se překvapivě může zdát, že překážkou v zavádění nových věcí do systému je lidský faktor. Vzhledem k tomu, že další obory navazující nebo úzce související s lesní výrobou procházejí rychlým vývojem, může neochota zavádět moderní přístroje a postupy vlastníky a správce lesů znevýhodňovat. Teprve používání sofistikovanějších nástrojů, mezi které se dají zařadit i moderní prostředky pro získávání taxačních dat, dává možnost zprostředkovat propojení finančních a biologických hledisek hospodaření. Proto by podklady měly být ve vzájemné souvislosti s výkonností moderní lesnické mechanizace a marketingu. Jednou z možností, jak toho dosáhnout, je používání moderních pokrokových nástrojů. [5, 11]

Tak jako existují různé způsoby sběru dendrometrických dat, tak existují i různé přístroje pro jejich sběr. Od jednoduchých manuálních průměrek a výškoměrů, které vznikaly již v 19. století, nás vývoj technologií přenesl až k elektronickým registračním průměrkám a elektronickým výškoměrům se zabudovaným ultrazvukovým či dokonce laserovým dálkoměrem. Práce s těmito přístroji se zjednodušila, urychlila a výstupy z měření se zpřesnily. Pokrok v možnostech počítačových technologií je zřetelný hlavně ve zpracovávání, přenášení a uchovávání dat a modelování. Moderní propojení měřičských přístrojů dokáže nejen zmenšit počet potřebných zaměstnanců při taxačním měření, ale také zrychluje předávání dat mezi jednotlivými uživateli.

V současné době se do popředí zájmu v oblasti sběru dendrometrických dat dostává použití metod dálkového průzkumu Země a bezkontaktního měření. Jedná se o snímání digitálního obrazu družicemi, letadly nebo drony, které je doplněno automatickým vyhodnocením takto získaných dat. Data neslouží jen k modelování

terénu, ale dají se použít i k získání informací o zdravotním stavu porostu a dřevinné skladbě porostu. Dokonce se z dat dá vyčíst výška porostu a zásoba dřeva.

Zjednodušení a urychlení práce v terénu, zpřesnění výstupů měření a zrychlení zpracovávání dat, které moderní přístroje, zařízení a technologie nabízejí, je ovšem vykoupeno vyššími pořizovacími náklady, což není pro každého tím nejlepším řešením. Protože ale rychlost vykonané práce je nejefektivnější stránkou věci, která i do budoucna bude mít větší prioritu, je potřeba, aby nejmodernější přístroje a technologie co nejvíce usnadnily taxátorům práci. Proto je nutností sjednotit výkonnost těchto zařízení s jejich cenou tak, aby to vyhovovalo podmínkám a požadavkům zákazníka a zároveň to nekladlo na něj neúměrnou finanční zátěž. [5]

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřil na metody sběru dendrometrických dat a využití v současné době dostupných a nejvíce používaných měřících přístrojů a technologií, které jsou využitelné při sběru těchto dat. Na základě shrnutí všech informací, které jsem získal při zpracovávání své bakalářské práce, předkládám shrnutí o náročnosti, ovladatelnosti, rychlosti, přesnosti a efektivnosti nejen způsobů provádění dendrometrických měření, ale i prezentovaných zařízení z hlediska jejich využití při měřičských pracích. Při posouzení efektivnosti je neopomenutelným faktorem, kromě jiných, i důležitost, jaká je kladena na výstupy z prováděných dendrometrických měření.

2. CÍLE PRÁCE A METODIKA

Cílem mé bakalářské práce na téma "**Efektivní způsoby sběru dendrometrických dat**" je předložit souhrnný přehled základních informací o jednotlivých způsobech získávání dendrometrických dat, které jsou v současné době v rámci lesnických činností používány, a zhodnotit tyto způsoby po stránce jejich efektivity v souvislosti na následné využití těchto dat.

Svou bakalářskou práci jsem zpracoval jako rozsáhlou rešerši k danému tématu, která obsahuje popis a výklad základních dendrometrických veličin a metod jejich získávání. K popisu metod měření některých veličin ve své práci nabízím i stručný náhled na pomůcky a přístroje, které jsou používány při terénních dendrometrických měřeních. Kromě popisu přímých měření základních dendrometrických veličin, příkládám v závěru rešeršní části své práce základní informace o možnostech bezkontaktních způsobů získávání požadovaných dat, a to metodou laserového skenování nebo pomocí fotogrametrie. Práce rovněž nepostrádá stručný náhled na historický vývoj vztahu člověka a lesa a lesního hospodářství a popis vědních oborů a nauk, které jsou s lesním hospodářstvím v úzkém propojení.

Metodika

V úvodu své bakalářské práce seznamuji stručným popisem čtenáře s problematikou jednotlivých okruhů daného tématu práce, které blíže rozebírám v následujících částech.

Úvod rešeršní části, která tvoří stěžejní kapitolu této práce, věnuji krátce popisu prostředí, ve kterém se měření pro získání dendrometrických dat provádí, což je především les. Na les se zaměřuji nejen z hlediska pouhé definice charakteru určitého území, ale i z hlediska využitelnosti jeho funkcí ve prospěch člověka a životního prostředí. Na stručném popisu historie vývoje vztahu mezi člověkem a lesem představuji podněty, které vedly ke vzniku lesnictví jako k prostředku pro trvale udržitelné hospodaření v lesích. Zhoršující se stav lesů vedl rovněž ke vzniku vědního oboru dendrologie, jež se zabývá dřevinami ve smyslu jejich druhových charakteristik a jejich úloh v ekosystému. V návaznosti na rozvíjející se lesní hospodářství vznikl vědní obor dendrometrie, který se zabývá lesnickými taxačními veličinami a způsoby a prostředky k jejich získávání. V souvislosti s tématem lesnictví se zmiňuji o poslání a historii oboru hospodářské úpravy lesů.

V navazujících částech rešerše uvádím stručný výklad rozdělení a definic základních dendrometrických veličin. Popis veličin jsem rozdělil na samostatné části, které pojednávají buď o veličinách stromových nebo o veličinách týkajících se porostů. V části o porostních veličinách se zmiňuji i o struktuře lesních porostů.

Popisu způsobů sběru dendrometrických dat se věnuji v kapitole, která navazuje na rešerši. Kapitolu jsem rozdělil na jednotlivé části, ve kterých prezentuji používané způsoby zjišťování dendrometrických veličin a zavedené metody šetření v terénu. Rovněž v této kapitole představuji způsoby přímého měření nejdůležitějších veličin, jak na stromu ležícím, tak hlavně na stromu stojícím, a rovněž zásady zjišťování některých veličin vztahujících se k porostu. Opět jsem popis této problematiky zpracoval odděleně pro měření veličin stromových a porostních. K popisu metod

měření přikládám i prezentaci některých používaných pomůcek a přístrojů. Závěrečné části této kapitoly jsem pojal jako prezentaci metod bezkontaktních způsobů sběru dendrometrických dat. Rozsáhleji se zmiňuji o leteckém skenování. Poslední část této kapitoly věnuji popisu způsobu měření pozic stromů a prezentaci v současné době nejpoužívanější technologie pro terénní mapování, měření a sběr dat Field-Map.

V diskuzi předkládám poznatky a informace týkající se tématu této bakalářské práce, které jsem získal v průběhu jejího zpracovávání, a prezentuji vlastní náhled na danou problematiku., co se týče využití moderních technologií a postupů, které nevyžadují přímou účast měřiče.

Závěr své práce věnuji zhodnocení přínosu bakalářské práce k dosažení cíle práce. Využitelnost výsledků práce a poznatků vyplývajících ze zpracovávaných podkladů je směřována především na nezaujatého čtenáře-laika. Práce je zpracována rešeršním způsobem s obecným spíše popisným výkladem pojmů vztahujících se k tématu zpracovávané problematiky a to, jak obsahově, tak jazykem takovému čtenáři srozumitelným. Čtenáři nabízí všeobecný pohled na stěžejní informace z dendrometrie jakožto nauky, která je základním pilířem hospodářské úpravy lesů v rámci lesního hospodářství.

Pro vypracování své bakalářské práce jsem použil knižní publikace a učební texty dostupné v univerzitní knihovně (Knihovna ČZU) popř. v Národní technické knihovně. Dalšími zdroji informací a podkladů pro zpracování této práce byly články a pojednání dostupné na internetu (především lesnické portály). Nermalou pomocí a zdrojem informací byly i vlastní poznatky a znalosti nabyté během mého studia.

3. REŠERŠE K TÉMATU

3.1. Člověk a les

K poznání lesa nestačí jen znalost jeho přirozených dějin, znalost vývoje nerušeného a přírodního lesa, nýbrž je nezbytné znát k tomu i dějiny práce člověka ...

(Pravdomil Svoboda, 1952)

Les, od samých počátků spolubytí s člověkem, sloužil člověku jako zdroj potravy, materiálu na stavbu obydlí a výrobu náradí. Poskytoval mu úkryt před nepřáteli a byl využíván pro pastvu hospodářských zvířat. Z toho je zřejmé, že člověk svou činností významně ovlivňuje les a naproti tomu zase les svou existencí v blízkosti člověka ovlivňuje jeho počínání. V současnosti již v naší malé zemi stěží najdeme les neovlivněný lidským hospodařením, ať už přímo nebo nepřímo.

V základní rovině dělíme lesy dle druhu převládajících dřevin na jehličnaté, listnaté a smíšené.

Z hlediska převládajících funkcí, které lesy plní, rozlišujeme tři kategorie lesů, a to lesy ochranné, zvláštního určení a hospodářské.

Prostředí a ekosystém lesa, zrovna tak jako jeho funkce, které les plní nejen vzhledem k životnímu prostředí, ale i ve smyslu koexistence s lidským faktorem a za účelem hospodářského využití jeho zdrojů a možností, jsem již popsal v úvodní kapitole této práce. Zákonná forma definice lesů dle jejich funkce je uvedena v odstavci 3.2.4) této kapitoly.

Průřez historií lesa zahájím obdobím po poslední době ledové. V té době se na našem území střídavě vyskytovalo různé klima s kolísavou průměrnou teplotou i vlhkostí. Šířící se dřeviny musely, kromě tohoto, překonávat ještě různost geologického podloží a vývoj půd. Spolu se vzdáleností, kterou musely dřeviny při svém šíření překonávat, všechny tyto faktory zadávaly směr vývoje vegetace a vzhledu krajiny. Stupňovitost vegetace v současné podobě se ustálila zhruba na přelomu letopočtu.

Dokud se člověk živil hlavně sběrem plodů a lovem zvěře, se les stíhal vyvíjet téměř nerušeně v přirozených cyklech. Ke změně došlo, když se objevil člověk-zemědělec a také pastevec. Do podoby krajiny citelněji zasáhl při osídlování bezlesých ploch v nížinách. V závislosti na tom, jak houstlo osídlování krajiny, zvyšovala se spotřeba dřeva. Lidé využívali dřevo nejen na stavbu svých obydlí a zemědělsky využívaných objektů, ale i na stavbu obranných prvků okolo nově vznikajících sídel. Z jejich okolí odstraňovali lesní i křovinaté porosty, které bránily ostraze v rozhledu. Vysoká byla i spotřeba užitkového dříví a paliva. Les byl využíván k pastvě dobytka a musel rovněž bojovat s častými požáry. Obranná funkce lesa se začala vytrácet v době budování pevných hradů. Kromě sídlišť začal les ustupovat i polím a pastvinám. Lidské činnosti, jako např. uhlířství, dehtářství a smolaření, popelářství, šindelaření, sklizeň letniny (letorosty dřevin sklizené na začátku léta a používané jako krmivo pro zvířata), pastva dobytka, toulavá seč (neregulovaná těžba), rozvoj hutnictví a hornictví, byly příčinou zhoršování stavu lesa v období od poloviny 13. století. V 15.-16. století se přidal i rozvoz sklářství. V 17. století byly lesy na základě jejich intenzivního využívání, značně zredukovány a ve velmi špatném stavu. Nejhuře

tomu tak bylo v době Marie Terezie a ještě v průběhu mapování josefínského katastru (1790-1792). Neutěšený stav lesů, který by mohl v důsledku ohrozit hospodářství a rozvoj země na základě nedostatku dříví do budoucna, zadal impuls k vydání císařského patentu na sjednocení zásad hospodaření v lese. V zájmu udržení zachovalého stavu lesa a dosažení trvalého výnosu dříví byl vydán Tereziánský lesní řád (1754). [8]

V období, kdy člověk přestal pohlížet na les jen jako na továrnu na dřevo, ale začal ho vnímat pohledem ekologa jako neoddelitelnou součást přírody se silnými vazbami a vlivy na životní prostředí a pohledem zodpovědného hospodáře, který dbá mimo hospodářských výnosů i o účinnou obnovu lesa, byly položeny základy nových vědních oborů jako jsou lesnictví, dendrologie a dendrometrie. Činnosti, kterými se tyto obory zabývají, jsou v silné vazbě a jejich výsledky se prolínají.

3.2. Lesnictví a hospodářská úprava lesů

3.2.1. Lesnictví

V návaznosti na předešlou kapitolu se dá vznik lesnictví datovat do poloviny 18. století. Výpisem hlavních atributů tohoto odvětví národního hospodářství jsem se zabýval v úvodu této práce. Tak na tomto místě uvedu něco málo k historii lesnictví.

Správa a ochrana lesa byla v minulosti vlastníky majetku svěřena do rukou myslivců, kteří se stali, jak by se dalo říci, historickými předchůdci lesníků. Tito panští lovčí se však ještě nevěnovali cílevědomě, odborně a dlouhodobě s výhledem do budoucna péči o les z hlediska zachování jeho hospodářských výnosů a udržitelného stavu. Náplní jejich práce bylo jen udržet stavy lovné zvěře ve výši vyhovující představám svých pánů. Až teprve nedostatek dříví na konci 16. století vyvolalo potřebu zavést alespoň jednoduchou pěstební péči v podobě ponechávání výstavků (solitérní strom ponechaný na pasece), ohrazování pasek, prořezávky a urychlené zpracování a odvoz polomového a výratového dříví. Obnova lesa se zpočátku omezovala na výsadbu stromů přímo na pasekách a holinách rozhozem šišek a sebraných semen, později se přikročilo k zakládání lesních školek. Probírky a lesní polaření (dočasné využití lesní půdy k pěstování zemědělských kultur) byly snahy, které směřovaly ke zvýšení výnosu lesů. Toulavá seč byla nahrazena pasečením, což usnadňovalo odvoz dříví z lesa a minimalizovalo poškození mlazin, podrostu a pasek.

Z důvodu zajištění nepřetržité a vyrovnané těžby se do popředí zájmu dostala hospodářská úprava lesů (viz. níže). Kladný vliv na lesní hospodářství mělo využití černého a hnědého uhlí jako paliva. Pěstební péče byla od poloviny 19. století zaměřena na produkci hlavně užitkového dříví. Umělá obnova lesa, která byla vyvolána nedostatkem zásob užitkového dříví, byla od konce 18. století navyšována a od počátku 19. století se ještě více rozšiřovala. Ubývání lesů se zastavilo ba dokonce došlo k jejich rozšíření na základě zalesňování neplodné půdy. Odborný státní dozor měl vliv na výrazné zlepšení pěstební péče o les, k čemuž došlo ve druhé polovině 19. století. Stav lesů se zlepšil a výnosy se navýšily. Problémem se však jevil vysoký export dřeva z českých zemí, což se projevovalo nedostatečnou podporou domácího dřevozpracujícího průmyslu.

Zvýšený tlak na těžbu dřeva, a to i ze strany vlastníků lesů, vyvolaný nedostatkem dříví v poválečné době první republiky byl impulzem pro vydání zákona č. 82/1918 Sb. o prozatímní ochraně lesů, na který navazoval zákon č. 37/1928 Sb. o zatímní ochraně lesů. Tímto zákonem se upravily ukazatele pro stanovení těžeb tak, aby byla vyrovnána výše mýtních zásob. Vlastníci velkých lesních celků (nad 50 ha) byli povinni hospodařit podle lesních hospodářských plánů. Problémy vyvolané pozemkovou reformou, klimatickými kalamitami (1929 a 1930) a hospodářskou krizí vedly k omezení těžby, které skončilo až v roce 1936. Omezení těžby mělo za následek útlum pěstební péče o les a zpomalení lesní produkce. Během 2. světové války se těžba zase navýšila.

Lesní hospodářství v letech 1948-1990 poznamenáno prakticky úplným zestátněním soukromých, obecních a církevních lesů, což umožnilo pomyslné sjednocení lesního prostoru bez ohledu na původní hranice jednotlivých vlastnických celků. To umožnilo vytvoření a zavedení systémového plánování a rozhodování (lesní typy, hospodářské soubory s rámcovými směrnici pro hospodaření, souhrnné hospodářské plány, vybudování lesní sítě, nové růstové tabulky), ale podporovalo schematický a výkaznický přístup k lesu.

V současné době je na lesní hospodářství kladen požadavek na zavedení přírodně blízkého lesního hospodářství, což by mělo vést nejen k plnění ekologických představ, ale i k vyššímu praktickému využití lesního ekosystému. Do popředí zájmu lesního hospodářství se dostává plné využití možností přirozené obnovy lesa. [10]

3.2.2. Hospodářská úprava lesů

Jak už sám název napovídá, hlavním posláním hospodářské úpravy lesů je nepřetržité, vyrovnané a trvalé plnění všech funkcí lesa, produkčních i mimoprodukčních. Je nutno podotknout, že funkce produkční byly stěžejním podnětem ke vzniku hospodářských úprav. O funkcích lesa se zmiňuji v úvodní části této práce.

V českých zemích je vznik hospodářských úprav lesů datován do poloviny 18. století a je spjat se vznikem lesního hospodářství, v podstatě se dá říci, že je jeho součástí. Zubožený stav českých lesů, který zapříčinila neregulovaná těžba dříví a jeho vzrůstající spotřeba, vyvolala nutnost zavést do hospodaření s lesy takový nástroj, jaký zajistí i do budoucna trvalou produkci dřeva bez výkyvů. Jednalo se o stanovení doby obmýetí (plánovaná produkční doba v hospodářských lesích) a vytvoření modelu těžeb zajišťujícího nepřetěžování porostů v souvislosti s vytvořením systému lesních hospodářských plánů a určitou úpravu lesa v rámci jeho rozdělení.

Plněním jen jedné funkce lesa, a to té produkční, se české země sice staly v produkci dříví soběstačné, ale bylo to na úkor plnění funkcí ostatních, což vyvolalo ekologickou a statickou nestabilitu porostů. Proto je v současnosti kladen důraz na tvorbu multifunkčních lesů, které udržují všechny jejich funkce v rovnováze. Sestavování lesních hospodářských plánů je vzhledem k dlouhé produkční době nutností (průměrné obmýetí v České republice k roku 2010 je 115 roků). [6]

Legislativa:

- Zákon 289/1995 Sb. Zákon o lesích a změně některých zákonů (lesní zákon):
 - kategorizace lesů §6
 - oblastní plán rozvoje lesů §23
 - lesní hospodářské plány a lesní hospodářské osnovy §24-27
 - inventarizace lesa §28
- Vyhláška č. 298/2018 Sb. Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů
- Vyhláška č. 84/1996 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství o lesním hospodářském plánování
- Zákon č. 114/2016 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 247/1995 Sb., o volbách do Parlamentu České republiky a o změně a doplnění některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a ostatní volební zákony
- Vyhláška č. 395/1992 Sb. Vyhláška ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

3.2.3. Hospodářské úpravy

Územní rámce	
pro lesní hospodářský plán (LHP)	pro lesní hospodářskou osnovu (LHO)
lesní hospodářský celek (LHC) zákonný limit 20.000 ha zpravidla celý majetek segment majetku u majetků nad 20.000 ha	zařizovací obvod (ZO) zákonný limit do 50 ha zahrnuje jeden či více katastrálních území (KÚ)
Prostorová úprava	
soubor poznatků a opatření, která vedou k účelnému a cílenému prostorovému uspořádání lesů a úpravě prostorových vztahů v jednotlivých částech lesa a vzájemné mezi nimi	
vnější	vnitřní
rozdělení lesa na určité jednotky z hlediska orientace a hospodaření	řeší odolnost porostních skupin vůči větru (zvyšuje statickou odolnost porostů)
čtyřstupňové rozdělení lesa:	
1. oddělení nejvyšší jednotka rozdělení lesa max. velikost 150 ha (vyhl. č. 84/1996 Sb.) trvalé a neměnné hranice	2. dílec trvalá jednotka rozdělení lesa max. velikost 30 ha (vyhl. č. 84/1996 Sb.) trvalé a neměnné hranice
3. porost základní a jediná povinná jednotka základního rozdělení lesa min. velikost 0,2 ha (vyhl. č. 84/1996 Sb.) trvalé a neměnné hranice v LHP splývá s dílcem v LHO označení jednotlivých majetků ve stejném dílci	4. porostní skupina základní jednotka lesnického detailu vylišuje se podle věku (interval 10 let) výhradně v lese věkových tříd hranice se během vývoje mění min. velikost 0,4 ha v jednom KÚ obsahuje min. 1 etáž

(prostorová úprava)	
	etáž základní lesnická plánovací jednotka vizuálně odlišné vertikální patro (většinou odlišné i věkově) výhradně v lese věkových tříd
vnější prostorová úprava	vnitřní prostorová úprava
základ pro tvorbu lesnických map typy map: porostní obrysové typologické těžební speciální v rámci OPRL	řeší odolnost v rámci dílce, porostu nebo porostní skupiny v rámci této úpravy rozeznáváme:
	rozluka vykácený úzký pás v porostní skupině ve věku 20-50 let
	odluka vykácený úzký pás na rozhraní dvou porostních skupin provedení ve věku 20-40 let mladší skupiny
	závora proředěný úzký pás v porostní skupině ve věku 20-40 let
	porostní plášť okraj lesa na hranici různých kultur
	zpevňovací pruh pruh stabilizujících dřevin v rámci porostní skupiny nebo jejího segmentu

Časová úprava	
důležitá v HÚL i ve výběrném hospodářském způsobu cílem je co nejdříve a bez ztrát dosáhnout max. hodnotové a objemové produkce při zachování všech funkcí lesa pro vyrovnané hospodaření vytvořeny věkové třídy v rozmezí 20 let	
zpevňovací pruh pruh stabilizujících dřevin v rámci porostní skupiny nebo jejího segmentu	
1. mýtní zralost stromů a porostů stav stromů a porostů, při kterém dosáhly vlastností určených cílem hospodaření a jsou vhodné k vytěžení mýtní zralost dle kategorií lesa:	2. obmýtí plánovaná rámcová ustálená produkční doba lesních porostů v rámci HS, udaná počtem let zaokrouhleným na desítky (vyhl. č. 298/2018 Sb.) určuje se pro HS, s ohledem na kategorii lesa a porostní typ průměrný věk mýtní zralosti porostů v HS je dána intervalem 20-40 let
les hospodářský pasečný věk odpovídá kulminaci celkového průměrného přírůstku (CPP _h)	
les hospodářský výběrný dimenze mýtního typu (cílová tloušťka)	
les ochranný věk, kdy přestává les plnit svou ochrannou funkci	
les zvláštního určení věk, kdy přestává les optimálně plnit svoji specifickou funkci	
	obmýtí v lesích ochranných totožné s věkem mýtní zralosti lesy přestávají plnit svoji funkci (fyzická zralost porostu)
	obmýtí v lesích zvláštního určení doba mezi mýtní a fyzickou zralostí (závisí na specifické funkci lesa)

(časová úprava)	
<p>další typy mýtní zralosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> technická hodnotová ekonomická kombinovaná zkrácená mimoprodukční komplexní 	<p>3. obnovní doba</p> <p>plánovaná průměrná doba od zahájení do ukončení úmyslné obnovy souboru porostů sdružených do HS stanovuje se samostatně pro každý HS je dána počtem let zaokrouhleným na desítky (vyhl. č. 298/2018 Sb.)</p> <p>je dána:</p> <ul style="list-style-type: none"> počátkem dobou návratnou délkou trvání závisí na: kategorii lesa druhu dřeviny hospodářském způsobu hospodářském tvaru stanovišti stavu lesa <p>cílové druhové skladbě následného porostu</p> <p>délka obnovní doby</p> <ul style="list-style-type: none"> v lesích hospodářských 10-40 let v lesích ochranných >40 let nebo je nepřetržitá

Těžební úprava	
<p>metodika určená k odvození těžby na plánovací období pro lesní majetek pro těžbu obnovní (mýtní úmyslná) pro těžbu výchovnou (předmýtní úmyslná) cílem je regulace těžeb za účelem <u>zabránit</u>: přetěžování lesa</p> <p>využití max. hmotové a kvalitativní produkce (produkce trvalá i vyrovnaná)</p>	
metody těžební úpravy:	
<p>1. induktivní</p> <p>výše těžeb stanovená pro plánovací období součet těžeb navržených v porostních skupinách u majetků do 50 ha v lesích ochranných v I. zónách chráněného území výpočet etátu předmýtní těžby</p>	<p>2. deduktivní</p> <p>výše těžeb stanovená vzorcovými metodami u majetků nad 50 ha základní metoda výpočtu výše mýtních úmyslných těžeb</p>
<p>3. kombinovaná</p> <p>kombinace induktivní a deduktivní metody</p>	
<p>etát</p> <p>základní těžební regulace souhrn těžby mýtní a předmýtní v období platnosti LHP nesmí být překročen úmyslnými zásahy uvádí se v m³ bez kůry pro období 10 let</p> <p>pro LHP pro majetky nad 50 ha v kat. les hospodářský a zvláštního určení při podrobném, násečném nebo holosečném způsobu se stanoví dle ukazatelů těžební procento a normální paseka výjimka je pouze u I. zón národních parků, CHKO a přírodních rezervací, kdy se výše těžeb řídí plánem péče</p> <p>součástí etátu je také těžba předmýtní neboli výchovná v předmýtních porostech za účelem úpravy dřevinného složení, rozestupu a hustoty stromů a dosažení požadované kvality dříví</p> <p>odvozeno induktivně součtem plánovaných předmýtních těžeb nebo deduktivně z tabulky procent intezity předmýtní těžby v souvislosti na věku, dřevině a zakmenění</p>	

(těžební úprava)	
(etát) dle zákona č. 289/2018 Sb. nesmí během výchovy klesnout zakmenění pod hranici 0,7 (70 % z optimální zásoby) výši těžby lze zvýšit o očekávaný podíl těžby nahodilé, max. 20 %	
těžební ukazatelé dle vyhl. č. 84/1996 Sb. údaj o těžebních možnostech hospodářského souboru pro odvození a určení etátu	
<p>1. ukazatel těžby mýtní dle dílcích těžebních procent (těžební procento) hlavní ukazatel odvozeno od obmýtí a obnovní doby pro jednotlivé HS pasečný a podrovní hospodářský způsob odchylka od mýtní těžby dle LHP max. 10 %</p>	<p>2. normální paseka korekční ukazatel odvozeno z plochy majetku a průměrného obmýtí udává se v m³ (s kůrou nebo bez kůry) u majetků nad 500 ha pasečný a podrovní hospodářský způsob odchylka od mýtní těžby dle LHP max. 20 %</p>
<p>3. ukazatel celkové výše těžeb lesy výběrné výběrný hospodářský způsob</p>	<p>4. ukazatel decenálních výchovných těžeb součet předmýtních těžeb v porostech pasečný a podrovní hospodářský způsob</p>
<p>5. maximální celková výše těžeb závazné ustanovení LHP a LHO definováno v §8 zákona č. 289/1995 Sb. souhrn těžeb mýtních úmyslných, předmýtních a nahodilých pasečný hospodářský způsob</p>	
ustanovení zákona č. 289/1995 Sb.	
§ 33 Těžba dříví <i>(5) Provádět těžbu mýtní úmyslnou v lesních porostech lesa vysokého mladších než 80 let nebo lesa nízkého a středního mladších než 20 let je zakázáno. V odůvodněných případech, jako jsou zejména ohrožené lesní porosty, lesní porosty přípravných nebo rychle rostoucích dřevin, může orgán státní správy lesů při schvalování plánu nebo při zpracování osnovy nebo na žádost vlastníka lesa povolit výjimku z tohoto zákazu.</i>	

[6, 14, 15]

3.2.4. Kategorizace lesa a hospodářské soubory

Rozdělení lesů do kategorií dle jejich převažujících funkcí je dáno zákonem.

1) Kategorizace lesů (zákon č. 289/1995 Sb.)

§ 6

Kategorie lesů

Lesy se člení podle převažujících funkcí do tří kategorií, a to na lesy ochranné, lesy zvláštního určení a lesy hospodářské.

§ 7

Lesy ochranné

(1) Do kategorie lesů ochranných se zařazují

- a) lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích (sutě, kamenná moře, prudké svahy, strže, nestabilizované náplavy a písky, rašeliniště, odvaly a výsyvky apod.),*
- b) vysokohorské lesy pod hranicí stromové vegetace chránící níže položené lesy a lesy na exponovaných hřebenech,*
- c) lesy v klečovém lesním vegetačním stupni.*

(2) O zařazení lesů do kategorie lesů ochranných a o vyřazení z této kategorie rozhoduje orgán státní správy lesů na návrh vlastníka lesa nebo z vlastního podnětu.

§ 8

Lesy zvláštního určení

(1) Lesy zvláštního určení jsou lesy, které nejsou lesy ochrannými a nacházejí se

- a) v pásmech hygienické ochrany vodních zdrojů I. stupně,
- b) v ochranných pásmech zdrojů přírodních léčivých a stolních minerálních vod,
- c) na území národních parků a národních přírodních rezervací.

(2) Do kategorie lesů zvláštního určení lze dále zařadit lesy, u kterých veřejný zájem na zlepšení a ochraně životního prostředí nebo jiný oprávněný zájem na plnění mimoprodukčních funkcí lesa je nadřazen funkcím produkčním. Jde o lesy

- a) v prvních zónách chráněných krajinných oblastí a lesy v přírodních rezervacích, národních přírodních památkách a přírodních památkách,
- b) lázeňské,
- c) příměstské a další lesy se zvýšenou rekreační funkcí,
- d) sloužící lesnickému výzkumu a lesnické výuce,
- e) se zvýšenou funkcí půdoochrannou, vodochrannou, klimatickou nebo krajinnotvornou,
- f) potřebné pro zachování biologické různorodosti,
- g) v uznaných oborách a v samostatných bažantnicích,
- h) v nichž jiný důležitý veřejný zájem vyžaduje odlišný způsob hospodaření.

(3) O zařazení lesů do kategorie lesů zvláštního určení podle odstavce 2 a o vyřazení z této kategorie rozhoduje orgán státní správy lesů na návrh vlastníka lesa nebo z vlastního podnětu.

§ 9

Lesy hospodářské

Lesy hospodářské jsou lesy, které nejsou zařazeny v kategorii lesů ochranných nebo lesů zvláštního určení.

§ 10

Lesy pod vlivem imisí

Lesy pod vlivem imisí se zařazují do čtyř pásem ohrožení. Pásmo ohrožení stanoví ministerstvo právním předpisem. [13]

2) Hospodářské soubory

Hospodářský soubor (HS) je základní hospodářsko-pěstební jednotkou zavedenou v lesním hospodářství ČR jako nástroj rámcového plánování. Hospodaření v lesích se liší dle přírodních podmínek a stavu lesních porostů, které jsou, společně s porostními poměry a funkčním zaměřením, v rámci jednoho HS stejné, resp. podobné. To je podmínka pro stejný způsob hospodaření uvnitř HS i pro vlastní rozlišení jednotlivých HS.

Přírodní podmínky jsou popsány v systému lesních typů. Lesní typy jsou řazeny do skupin, na základě, kterých byly vytvořeny tzv. cílové hospodářské soubory (CHS). CHS se od sebe liší cílovou dřevinnou skladbou a různými zákonnými a závaznými ustanoveními a jsou pro ně vymezena různá základní hospodářská doporučení (např. max. celková výše těžby nebo min. podíl melioračních a zpevňujících dřevin).

V současné úpravě systému HS je celkem 24 cílových hospodářských souborů (CHS) pro lesy hospodářské příp. zvláštního určení a 3 CHS pro lesy ochranné příp. zvláštního určení.

V rámci CHS se na základě převažující dřeviny vyskytují různé porostní typy, které se odlišují různým obmýtím a obnovní dobou, volitelnou cílovou duhovou skladbou a obnovními a výchovnými metodami.

Všechny HS mají vytvořeny rámcové směrnice hospodaření. Tyto směrnice jsou důležitým podkladem pro tvorbu LHP a LHO. [6, 14]

3.2.5. Hospodářské způsoby a tvary lesa

Na základě způsobů vzniku lesa, rozeznáváme v rámci hospodářských úprav lesů hospodářské způsoby (HZ), které charakterizují způsoby obnovy lesa a tvary lesa.

Hospodářské způsoby	
<p>1. holosečný základní podmínkou je holá plocha (původní porost odstraněn a plocha znovu zalesněna) zalesnění je převážně umělé, ale připouští se za určitých podmínek přirozené výměra holoseče je omezena zákonem na 1 ha šířka se rovná dvojnásobku výšky těžného porostu výjimky se připouští (povoluje orgán státní správy lesů)</p>	<p>2. násečný holá plocha (viz. HZ holosečný) šířka je omezena pouze na jednu výšku těžného porostu max. výměra 1 ha bez výjimek</p>
<p>3. podrostní základní podmínkou je existence je zmlazení pod ochranou těžného porostu zmlazení přirozené nebo umělé (podsadby) nejsou zákonná omezení výměry a šířky</p>	<p>4. výběrný základní podmínkou je porušení zápoje (rozptýlená těžba stromů s cílovými tloušťkami) základním parametrem je tloušťka ne věk stromů omezen na hospodaření v ochranných lesích (popř. v některých jedlových porostech) nejsou zákonná omezení výměry a šířky</p>

Tvar lesa je výsledkem způsobu hospodaření. Hlavní vliv na tvar lesa má způsob vzniku porostů, zda les vznikl generativně (ze semen) nebo vegetativně (z výmladků).

Tvary lesa	
<p>1. vysoký les (semenný) generativně</p>	<p>2. nízký les (výmladkový) vegetativně z pařezových nebo kořenových výmladků věk porostu je věkem jeho nadzemní části</p>
<p>3. střední les (sdružený) část generativně, část vegetativně</p>	

[6, 14, 15]

3.2.6. Tvorba lesních hospodářských plánů a lesních hospodářských osnov

Vědní obor hospodářské úpravy lesů (HÚL) zaujímá hlavní postavení v odvětví lesního hospodářství. Stanovení cílů a postupů, které vedou k jejich dosažení v určitém časovém úseku, se v rámci HÚL věnuje tzv. lesnické plánování. K jednomu z hlavních děl lesnického plánování se řadí lesní hospodářský plán (LHP), který na základě závazných a doporučujících ustanovení upravuje veškeré nakládání s lesními pozemky.

Písemným materiálem, ve kterém je popsán stav lesních porostů v rámci PUPFL a navržena hospodářská opatření týkající se těchto porostů, je lesní hospodářská osnova (LHO).

Poznámka: PUPFL znamená pozemek určený k plnění funkce lesa.

LHP a LHO jsou definovány v zákoně č. 289/1995 Sb. (§24 a 25) a jsou v něm legislativně zakotveny. Zpracovávají mohou být pouze firmami, popř. jedinci, s licencí k tvorbě těchto děl HÚL. Zpracování podléhá pokynům vyhl. 84/1996 Sb..

LHP	LHO
jsou nástrojem vlastníka lesa střednědobý plán s platností obvykle 10 let náklady na pořízení hradí vlastník lesa pro majetky nad 50 ha pro majetky pod 50 ha na žádost vlastníka údaje jsou pro vlastníka lesa doporučující výjimka u tří ustanovení, která jsou pro různé typy majetků závazné (kontrolované a postihovatelné):	pro majetky pod 50 ha pořizují orgány státní správy a jsou jejím nástrojem nástrojem vlastníka lesa se stávají v případě, že si je převezme potom je pro něj závazná a je povinen dle ní hospodařit pokud si LHO nepřevzme, je vázán ustanoveními lesního zákona při převzetí jsou pro vlastníka závazné:
1. etát platí pro všechny majetky bez rozdílu (odlišnost výpočtu se připouští) pro výměru pod 50 ha stanoven inductivně pro výměru nad 50 ha stanoven dle těžebních ukazatelů	1. etát je součtem plánovaných těžeb v porostních skupinách
2. min. podíl melioračních a zpevňujících dřevin (MZD) při obnově porostů stanoven vyhláškou pro jednotlivé HS závazný pro všechny majetky nad 3 ha	2. podíl MZD
3. min. podíl výchovných těžeb v porostech do věku 40 let vykazuje se na základě plochy zásahu závazný i pro prořezávky závazný pro státní a obecní majetky není omezen výměrou	3. min. podíl výchovných těžeb (pouze obecní majetky) LHO se neschvalují, ale předávají se zadavateli (orgán státní správy lesů) platnost obvykle 10 let
LHP obsahuje: textovou část hospodářskou knihu lesnické mapy schvalují orgány státní správy lesů	

[6, 14]

3.2.7. Oblastní plány rozvoje lesů a inventarizace lesů

Dalším z hlavních děl lesnického plánování je oblastní plán rozvoje lesů (OPRL). Jejich cílem je kromě toho, že doporučují zásady hospodaření v lesích, vytvářet předpoklady k tomu, aby se minimalizoval střet veřejných zájmů v lesích se zájmy vlastnickými. Dalšími cíli OPRL je nalezení odpovídajících proporcí podpory jednotlivých funkcí lesa a doporučení různých zásad hospodaření vzhledem k dosažení cílového stavu.

Stěžejním dílem z hlediska hodnocení stavu lesů, jejich porostních zásob a popisu jejich dalších charakterizujících znaků v rámci celé ČR je národní inventarizace lesů (NIL). Výsledky NIL jsou významným zdrojem informací pro odbornou i laickou veřejnost. Z důvodu neustále probíhajícího vývoje stavu lesů je nutností data NIL neustále aktualizovat.

OPRL a NIL jsou dalšími hlavními díly HÚL. Legislativně je OPRL zakotven v zákoně č. 289/1995 Sb.. Zpracování OPRL podléhá pokynům vyhl. 298/2018 Sb.. Provedení NIL vyhláší vláda nařízením, ve kterém určí rozsah a způsob inventarizace lesů.

OPRL	NIL
nástroj státní lesnické politiky doporučené zásady HÚL pro tvorbu LHP a LHO zpracován jednotlivě pro každou přírodní lesní oblast (PLO) v ČR celkem 41 PLO zpracovatel Ústav pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem (ÚHÚL) dlouhodobý plán s platností 20 let první zpracování OPRL v letech 1997-2001 základní typy map v rámci OPRL: ochrany lesa typologické funkcí lesa dopravního průzkumu	zjištění stavu lesů v ČR pro potřeby státní správy statistická metoda sběru dat na kruhových plochách výsledky veřejně dostupné na ÚHÚL (www.uhul.cz) zpracovává a zveřejňuje Ústav pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem (ÚHÚL) NIL 1 v letech 2000-2004 NIL 2 v letech 2010-2015 NIL 3 v letech 2016-2020

[6, 14]

3.3. Dendrologie

Termín dendrologie je odvozen z řeckých slov dendron (v překladu strom) a logie (v překladu nauka). Z toho vyplývá, že dendrologie je nauka o stromech, respektive o dřevinách.

Ale co přesně je dřevina? Všeobecně je vnímáno, že dřevina je hlavně velký strom. Je nutno ale podotknout, že mezi dřeviny patří i stromy menší ba dokonce i ty docela malé a zrovna tak je to i s keři, popř. s dřevnatými liánami. Proto ke specifikaci dřeviny použiji zjednodušenou dendrologickou definici, že dřevina je rostlina, která má alespoň částečně zdřevnatělou nadzemní část, tedy stonek, a je rostlinou vytrvalou.

Dendrologie se v současné době zabývá výzkumem všech dřevin bez ohledu na jejich rozdílnost a zařazení v rostlinném systému. Ale i přes jistou odlišnost dřevin, která víceméně popírá jejich příbuznost, je dendrologie samostatnou součástí systematické botaniky. Její vznik se datuje do poloviny 19. století v návaznosti na rozvoj tehdejšího především německého lesnictví. V rámci výuky pěstění lesů se součástí učebnic staly i první dendrologické texty.

Postupem času, jak se rozšiřovaly vědomosti o dřevinách, se základní dendrologie začala dělit na jednotlivé aplikované vědecké disciplíny. Lesnímu prostředí je nejbližší dendrologie lesnická, která poskytuje informace pro pěstování lesů. Dále se jedná o dendrologie sadovnickou nebo ovocnářskou, které se zabývají ovocnými dřevinami. Z těchto oborů je odvozená dendrologie dřevařská a dendrologie krajinářská. Meliorační dendrologie zkoumá dřeviny, které se dají využít pro zlepšování životního prostředí. Neodmyslitelnou disciplínou dendrologie je arboristika zabývající se přímo péčí o stromy, pěstováním dřevin v arboretech (speciální botanická zahrada zaměřená na výzkum a pěstění dřevin) a zkoumáním podmínek potřebných pro aklimatizaci nepůvodních dřevin.

Na rozdíl od lesního hospodářství, které se věnuje především dřevinám domácím a těm cizím jen okrajově, je dendrologie zaměřená z hlediska sadovnických potřeb častěji na dřeviny cizího původu, popř. na kultivary (vyšlechtěná odrůda) dřevin, jak domácích, tak i cizích. Lesnická dendrologie se neomezuje jen na botanickou charakteristiku jednotlivých druhů, ale snaží se pochopit dřevinu jako celek i jako součást jejího přírodního prostředí. Proto součástí tohoto oboru je sbírání informací o stanovištích jednotlivých druhů (taxonů) stromů a keřů a o územích jejich výskytu a přirozeného rozšiřování (o areálech) včetně informací o klimatu, který na těchto územích panuje.

Poznatky a informace získané při dendrologických průzkumech a měřeních jsou stěžejními podklady pro všechny obory ekologie a ochrany životního prostředí. Ale vzhledem k provázanosti dendrologie, a to hlavně té lesnické, s lesním prostředím, a potažmo i s lesním hospodářstvím, jsou výstupy z těchto průzkumů a měření cennými zdroji pro lesní hospodářství využitelných dat. [9]

3.4. Dendrometrie

Jak jsem již uvedl v předešlém odstavci dendron v překladu z řečtiny znamená strom a výraz metro se dá přeložit jako měřím. Z toho vyplývá, že termín dendrometrie v překladu znamená nauku o měření stromů z hlediska určení věku, přírůstku nebo objemu dřevní hmoty vzhledem k jejímu využití. V přeneseném slova smyslu jde tedy o měření dřeva. Dendrometrie patří mezi nejstarší lesnické disciplíny a v současné době tvoří základní pilíř hospodářské úpravy lesa. Zabývá se veškerými veličinami, které se v lesnictví používají a vyjadřují kvantitativní i kvalitativní parametry stromů, nejen stojících, ale i ležících, celých porostů nebo jen jejich částí. Hledá vhodné metody, přístroje a technologie určené k měření těchto veličin a ověřuje jejich vhodnost a efektivitu pro získání potřebných dat. Dendrometrické veličiny, metody sběru dat a výpočtů, rovněž jako pomůcky, přístroje a technologie používané při dendrometrických měřeních, popisují v následujících kapitolách. O úloze dendrometrie v lesním hospodářství a hospodářské úpravě lesa jsem se zmínil již v úvodu této práce.

Z historického hlediska je dendrometrie od svého počátku spjata s lesním hospodářstvím. Již od samého zrodu lesnictví se řešila otázka zjišťování množství těžného a z lesa odváženého dřeva a stanovení jeho ceny. Se snahou o promyšlené a hospodárné řízení správy lesních majetků narůstal význam dendrometrických měření a na nich navazujících kvalifikovaných propočtů a odhadů, které byly stěžejní pro obchodní aktivity nejen majitelů těchto majetků, ale i zpracovatelů dříví. Produkční a těžební možnosti jednotlivých porostů i celých lesních majetků začaly být stanoveny dle celé řady zásad, pravidel a metodických postupů, které v podstatě platí dodnes. Až do 18. století se dříví dělilo jen na palivové nebo užitkové a jeho objem byl určován jen metodou optického odhadu. Rozvoj dendrometrie a první zmínky o výpočtových metodách pro určení objemu dříví je datován do 2. poloviny 18. století. Kästner - metoda střední kruhové plochy (1785), Huberův vzorec (1828), Beckman - objemové třídy (1769), Oettel - zásady taxace lesů (1769), Paulsen - výtvarnice (1800), Cotta - hmotové tabulky (1804), bavorské hmotové tabulky (1846), Grundner-Schwappachovy hmotové tabulky (1898), Paulsenovy výnosové tabulky (1787), Schwappachovy výnosové tabulky (1896), to je výčet hlavních milníků v počátcích rozvoje dendrometrie. Do stejného období je datováno položení základů vzorníkových metod (Drau, Hartig, Urich 1857-1860). Po 2. světové válce se začaly v dendrometrii používat matematicko-statistické metody, regresní rovnice a statistický výběr. Významným krokem vpřed v celosvětovém měřítku se stala myšlenka relativního měření (relaskopická metoda) a sestavení prvního relaskopu (Bitterlich 1931-1948-1952). Mezi historicky významné počiny v rozvoji výpočtových metod v dendrometrii řadím i sestavení Korfovy růstové funkce (Václav Korf 1939). Po 2. světové válce dochází rovněž k rychlému vývoji výpočetní techniky, která umožnila přejít při tvorbě tabulek na graficko-počítařské postupy měření a na matematické modelování. Vývoj výpočetní techniky, který pokračuje i v současné době a má vliv na vývoj v dendrometrii, umožňuje využití principů fungování této techniky i při měření v terénu. To nejen ulehčuje, ale i zrychluje, a tím i zefektivňuje, získávání přesných informací o měřeném prostoru. [1, 2]

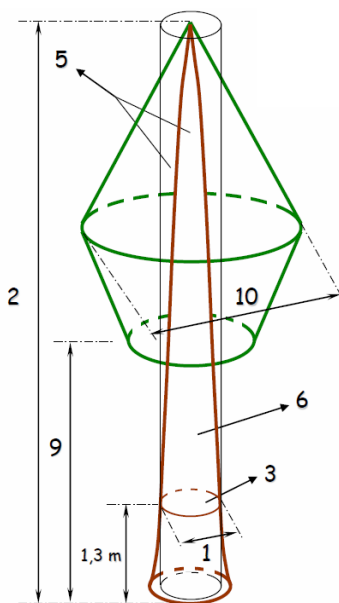
3.5. Základní dendrometrické veličiny

Základními činnostmi v lesnictví, a to z hlediska praxe i výzkumu, je šetření a měření dřevní biomasy (biomasa ze stromů, keřů a křovin). V rámci dendrometrie se uvažuje o biomase ze stromů, tedy o šetření a měření objemu dřeva buďto kompletně z celého stromu, z jeho nadzemní i podzemní části souhrnně, nebo jednotlivě, z každé části stromu odděleně. Pro stanovení tohoto objemu je potřebné získat komplexní informace o stromu, jako o solitéru, nebo o stromech, ve významu stromového porostu. Zjišťované charakteristiky stromů i porostů se nazývají dendrometrické veličiny. Z hlediska vlastností stromů i porostů uvažujeme veličiny kvalitativní, které jsou neměřitelné, ale pouze popisné, nebo kvantitativní, měřitelné. Z pohledu, jestli se veličiny zjišťují na jednotlivých stromech nebo na souboru stromů (stromových porostech), rozeznáváme veličiny stromové nebo porostní. [1, 7]

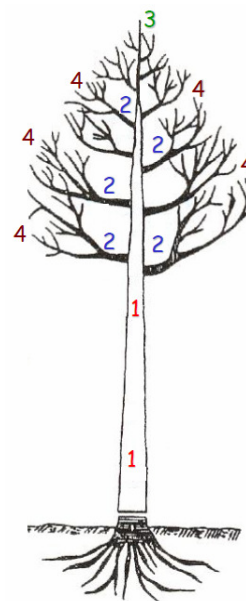
3.5.1. Stromové veličiny

V případě těchto veličin se jedná o veličiny zjišťované na jednom stromu. Z hlediska přesnosti měřených veličin jsou přesnější výsledky při měřeních prováděných na pokáceném, tedy ležícím stromu, než při měřeních prováděných na stromu stojícím. Strom je tvořen částí podzemní, což jsou kořeny, a částí nadzemní, která je tvořena kmenem a korunou (rozvětvená část stromu tvořená systémem tzv. kosterních větví a větví vedlejších).

Základní dendrometrické veličiny stromové		
veličina	symbol	jednotka
1. tloušťka (výčetní)	d ($d_{1,3}$)	cm
2. výška	h	m
3. kruhová základna (výčetní)	g ($g_{1,3}$)	m^2
4. obvod	o	cm
5. výtvarnice	f ($f_{1,3}$)	-
6. objem	v	m^3
7. věk (počet letokruhů)	t	rok
8. přírůst	i ($i_d; i_h; i_v$)	(cm; m; m^3). t^{-1}
9. výška nasazení koruny	h_c	m
10. průměr koruny	d_c	m
11. biomasa	B	t; kg (sušiny)



nadzemní část		s kůrou (s.k.) HSK KSK SSK bez kůry (b.k.) HBK KBK
1. hroubí kmene	hroubí ≥ 7 cm	
2. hroubí větví		
3. nehroubí kmene	nehroubí < 7 cm	
4. nehroubí větví		
objem kmene	objem stromu	
objem větví		
podzemní část		
	objem kořenů	
biomasa (dendromasa)		
objem stromů	objem asimilačních orgánů	objem kořenů
hmotnost sušiny		



[1, 2, 6, 7]

1) Tloušťka stromu

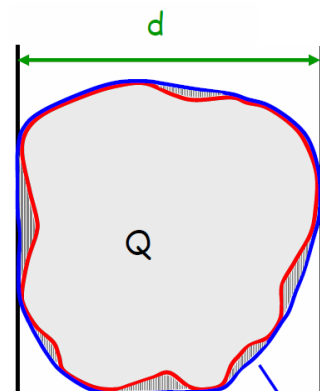
Tloušťkou příčného průřezu kmene (d) se rozumí vzdálenost dvou rovnoběžných tečen vedených protilehlými body na obvodu průřezu kmene. [1]

Pokud si představíme tvar průřezu kmenem stromu ve směru kolmém k svislé ose kmene, zjistíme, že má charakter kruhu, je ale značně nepravidelný. Přesto se dá hypoteticky uvažovat, že tloušťka je za určitých podmínek průměr kmene. Vzhledem k jeho nepravidelnosti není tedy neobvyklé, že při měření tloušťky narazíme na jednom průřezu v různých směrech na nespočet různých tlouštěk. Jejich měřené hodnoty se pohybují mezi minimem a maximem (d_{\min} a d_{\max}). Tato veličina je výchozí pro určení plochy příčného průřezu, která je výchozí veličinou pro výpočet objemu kmene. Pro výpočet plochy příčného průřezu je potřeba vybrat takovou tloušťku, která nejlépe vystihne skutečnou průřezovou plochu, tzv. kruhovou základnu.

Kruhová základna stromu (g) je plocha příčného průřezu kmene. [1]

Lze ji vyjádřit jako plochu kruhu o průměru d , případně jako plochu vypočtenou za použití vzorce pro elipsu, kdy se uvažují dvě na sebe kolmé tloušťky, z nichž jedna je d_{\max} . Další metodou výpočtu plochy příčného průřezu je odvození plochy z obvodu průřezu na základě vztahu obvodu kruhu a jeho průměru.

Obvod příčného průřezu kmene (o) je délka křivky, která tvoří konvexní obálku příčného průřezu kmene.



[1]
 Γ – příčný průřez kmene
 o – obvod příč. průřezu
 d – tloušťka příč. průřezu
 Q – kruho. základna stromu

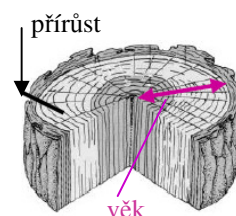
Na stojících stromech je běžně měřenou tloušťkou tzv. tloušťka výčetní.

Výčetní tloušťka, tedy tloušťka ve výčetní výšce, nebo také tloušťka v prsní výšce, ($d_{1,3}$) je tloušťka příčného průřezu kmene ve výšce 1,3 m nad patou kmene. Výčetní kruhová základna je plocha příčného průřezu kmene ve výšce 1,3 m nad patou kmene. [1]

V praxi se méně často můžeme setkat s metodou měření tloušťky v absolutním či relativně přesně určeném měřišti, např. v horní části kmene či na bázi kmene.

Vlivem asimilace, což je aktivní bilance látkové přeměny, dochází k nárůstu živého systému. Tento proces se nazývá růst. V dendrometrii je definován jako zvětšování hodnot růstových veličin, které vede k růstu taxačních veličin. Rychlost růstu taxačních veličin se nazývá přírůst. V praxi se určuje přírůst na tloušťce průřezu, na výšce stromu a na objemu. V rámci vývoje celého stromu se realizuje rovněž růst bočními výhony (prodloužení větví = změna šířky, resp. průměru, koruny strom), což je definováno jako růst boční.

V souvislosti s tloušťkou se jedná o přírůst tloušťkový. Jestliže se věk stromu určuje dle počtu letokruhů, potom přírůst na tloušťce se sleduje v šířce mezikruží letokruhů.



Tloušťkový přírůst (i_d) je definován jako rozdíl tlouštěk na konci (v čase t_2) a na začátku (v čase t_1) sledované periody. [1]

Délka sledovaného časového intervalu (periody), tedy $t_2 - t_1$, pro nejběžněji určovaný přírůst je jeden rok, mluvíme tedy o ročním přírůstu.

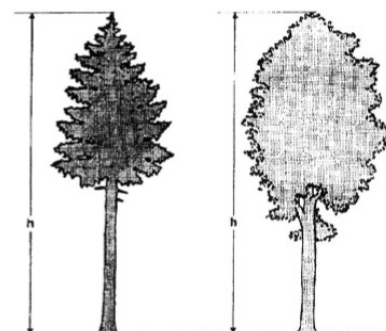
[1, 2, 6, 7, 15]

2) Výška stromu

Velmi důležitou taxační veličinou pro stanovení nejen objemu jednotlivých stromů, ale i objemu dřevní hmoty celého porostu je výška stromu. Mimo již zmíněných objemů je výška stromu nezbytnou veličinou potřebnou k sestavení výškového grafikonu (grafické znázornění průběhu výšek stromů mezi jednotlivými tloušťkovými stupni) či bonitaci dřevin.

Výška stromu je definována jako vzdálenost dvou rovnoběžných rovin vedených kolmo na osu kmene, z nichž jedna prochází patou kmene a druhá vrcholem stromu. [1]

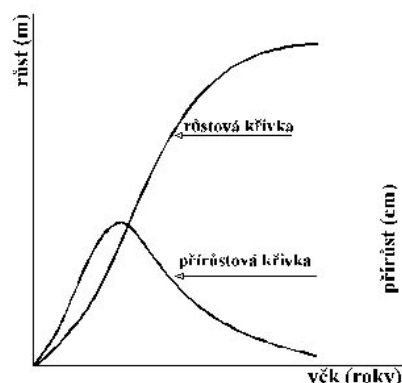
Místo, kde kořenové náběhy mizí v půdě, se nazývá pata stromu. Nejvzdálenější vegetační orgán stromu od paty kmene je vrchol stromu.



Na základě výkladu pojmu růst stromu, kterému jsem se věnoval v předešlé části, se dá odvodit, že v souvislosti s výškou stromu a jejími změnami, přesněji řečeno nárůstem výšky během určitého časového úseku, mluvíme o výškovém přírůstu.

Pokud graficky, křivkou, znázorníme průběh vývoje výšky stromu a průběh výškových přírůstků během celého života stromu a tyto křivky následně porovnáme, zjistíme, že, zatímco výšková křivka má po celou dobu růstu stromu tendenci vzrůstající, tak přírůstková křivka vzrůstá pouze po určitou dobu růstu stromu a poté, v souvislosti s narůstajícím věkem stromu, klesá.

[1, 2, 6, 7, 15]



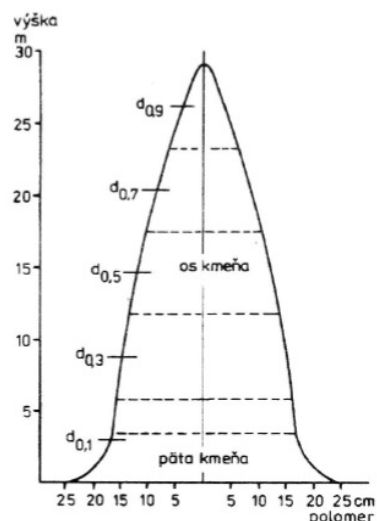
3) Podélný tvar kmene

Tvar stromu závisí na postavení stromu v porostu a dalších podmiňujících faktorech prostředí, které na něj během jeho růstu působí. Z těchto podmiňujících faktorů jmenuji např. zakmenění porostu, typ probírek, dostatečná či nedostatečná vláha a v neposledním případě musím zmínit i vliv genetických faktorů. Z toho se dá odvodit, že různé stromy mají i různý charakteristický tvar, a tím se různí i tvary kmenů stromů. Vzhledem k tomu, že výše uvedené faktory prostředí působí na stromy průběžně po celý jejich život, ovšem s rozdílnou intenzitou, což způsobuje rozdílné tloušťkové přírůsty, dochází během života stromu i ke změnám tvaru jeho kmene.

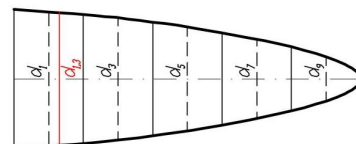
Z dendrometrického hlediska je tvar kmene posuzován ve dvou směrech, a to v příčném (příčný průřez zmíněný v předešlé části) a podélném.

Podélný tvar kmene může být popsán vícerymi způsoby: spojitě pomocí modelů morfologické křivky, nebo diskrétně pomocí kmenových profilů, tvarových kvocientů a tvarových řad. [1]

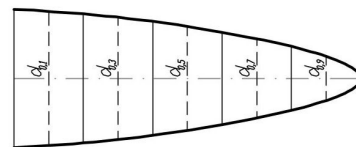
Morfologická, což z významu slova znamená tvarová, křivka vyjadřuje závislost tloušťky kmene na jeho výšce. Na základě této závislosti morfologická křivka pomocí spojitě funkce popisuje podélný tvar kmene, který odpovídá podélnému osovému řezu povrchem kmene. Svou rotací kolem podélné osy kmene tvaruje povrch kmene jako rotační těleso. Odvozením ploch příčného průřezu v libovolných výškách na základě vyjádření tvaru kmene morfologickou křivkou je možné získat poměrně přesný objem celého kmene, popř. jeho libovolných částí (výřezů). Z obrázku je zřejmé, že tvar morfologické křivky je zpočátku, cca do $1/10$ výšky kmene, konvexní (vypouklý), do úrovně nasazení koruny konkávní (dutý) a ve vrcholové části kmene lineární (přímočarý). Tvar křivky se různí dle druhu dřeviny, postavení stromu v porostu a podmiňujících aspektů prostředí.



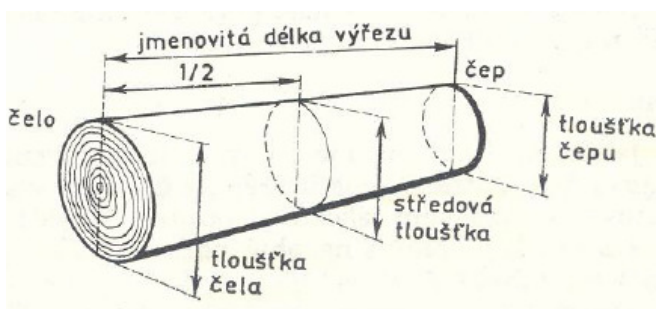
Další možností popisu tvaru kmene je kmenový profil, který je vyjádřen ucelenou řadou párových hodnot, výšky kmene a tloušťky kmene v dané výšce. Kmenové profily jsou podkladem pro sestavení morfologické křivky. Tloušťky kmene jsou měřeny v pevně daných vzdálenostech od paty kmene, např. po 2 m, nebo v relativních výškách kmene, např. po 10 % výšky kmene. Na stojících stromech je obtížné dodržet pravidelné rozestupy mezi měřeními tloušťkami, proto jsou v kmenovém profilu uváděny tloušťky v různých výškách.



Rozdělení kmene na sekce o stejných absolutních délkách



Rozdělení kmene na sekce o stejných relativních délkách



Určující rozměry výřezů

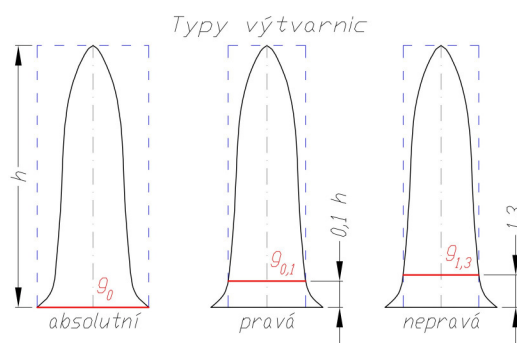
Čísla udávající poměry tlouštěk měřených v určitých vzdálenostech od paty stromu vzhledem k tloušťce měřené ve výšce absolutní (nejčastěji výčetní tloušťka $d_{1,3}$) nebo k tloušťce měřené v relativní výšce (např. $d_{0,1}$, což je tloušťka měřená v $1/10$ výšky) jsou tzv. tvarové kvocienty. V případě tloušťky výčetní se jedná o kvocient nepravý, ve druhém případě při relativní srovnávací výšce se jedná o kvocient pravý.

Tvarová řada je řada tvarových kvocientů v jednotných vzdálenostech v celé délce kmene, tedy od paty kmene po jeho vrchol. Na základě výkladu termínu řadový kvocient se dá přesněji definovat tvarovou řadou jako číselnou řadu hodnot tlouštěk v různých výškách na kmeni stromu vyjádřenou v procentech vzhledem ke srovnávací tloušťce ($d_{1,3}$ nebo např. $d_{0,1}$), přičemž srovnávací tloušťka je brána jako 100 %. Tak jako tvarové kvocienty se i tvarové řady dělí na pravé (srovnávací tloušťka v relativní výšce) a nepravé (srovnávací tloušťka v absolutní výšce).

Nerovnoměrnost tvaru kmene stromu je vyjadřována dalšími ukazateli a koeficienty, jako je např. sbíhavost kmene nebo štíhlostní koeficient. Sbíhavost je přirozený jev viditelný u všech stromů, kmen stromu není ve tvaru válce, ale tvoří spíše jehlan. Ukazatel sbíhavosti vyjadřuje rozdíl mezi dvěma tloušťkami různě dlouhých částí kmene. Udává se v cm/m. Poměr mezi výškou stromu a jeho výčetní tloušťkou, což je často používaným ukazatelem stability stromu, charakterizuje štíhlostní koeficient. Udává se v m/cm, ale pokud se tloušťka vyjádří ve stejných jednotkách jako výška, tedy v metrech, mluvíme o štíhlostním poměru. Význam obou veličin je stejný.

Mezi základní dendrometrické veličiny úzce související s tvarem kmene patří výtvarnice. Výtvarnice je bezrozměrná veličina, která charakterizuje plnodřevnost (tvar) kmene a je důležitou veličinou pro výpočet stromových objemů, neboť ve výpočtu slouží k redukci objemu ideálního válce vypočteného z plochy kruhové

základny a výšky stromu. Výtvarnice je číselně vyjádřený vztah mezi skutečným objemem stromu a objemem ideálního válce, který má kruhovou základnu a výšku totožnou s kruhovou základnou a výškou daného stromu. V souvislosti s tím, která základna se zvolí jako srovnávací, rozeznáváme tři druhy výtvarnic, a to absolutní pro g_0 , pravou pro $g_{0,1}$ a nepravou pro $g_{1,3}$ (g_0 základna v patě stromu, $g_{0,1}$ základna v relativní výšce např. v $1/10$ a $g_{1,3}$ základna ve výšce výčetní).



Podle objemové jednotky, ve které je vyjádřen skutečný objem stromu, rozeznáváme dále výtvarnici stromovou, kmenovou, hroubí, porostní apod. Převážně pro stanovení objemu celých porostů a velmi silných kmenů jsou významné výtvarnicové výšky, které jsou vyjádřeny součinem výtvarnice a výšky stromu.

[1, 2, 6, 7]

4) Objem

Objem je neměřitelná veličina. Určuje se výpočtem. Výjimku tvoří fyzikální způsoby stanovení objemu ležícího stromu (viz. následující kapitola). Pro výpočet objemu je základním předpokladem, že máme již zjištěny hodnoty veličin, které jsem popsal v předchozích částech, a které jsou potřebné k sestavení různých výpočtových vzorců, rovnic nebo funkcí a jejich grafů, popř. tabulek. A zpětně jsou prostřednictvím objemu zase definovány některé již zmíněné veličiny. Vzhledem k tomu, že se pohybují stále v části věnované veličinám stromovým, budu popisovat objem stromu a jeho částí. Objem, resp. objemy, týkající se porostu, budu zmiňovat v následujících částech této práce. Pokud se jedná o objem stromu, tak je v praxi rozuměno objem hroubí, a nejčastěji je měření lesa cíleno na objem kmene.

Hroubí je dřevní hmota nadzemní části stromu s tloušťkou větší než 7 cm včetně kůry. [1]

Z této definice vyplývá, že nehroubí je dřevní hmota nadzemní části stromu s tloušťkou do 7 cm.

Vzhledem k tomu, že nadzemní část stromu je rozdělena na různé části, rozlišujeme i různé druhy objemu.

Druhy objemů		
<p>objem kmene průběžný kmen – objem od paty po vrchol neprůběžný kmen – objem hlavní osy kmene</p>	<p>stromový objem objem dřevní hmoty celé nadzemní části</p>	<p>objem větví rozdíl po odečtení objemu kmene od objemu stromového</p>

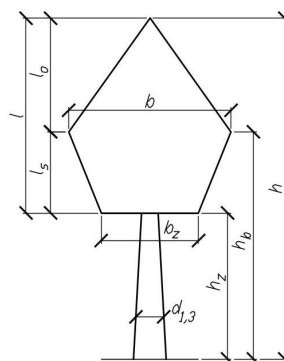
(druhy objemů)		
objem hroubí	objem nehroubí rozdíl po odečtení objemu hroubí od objemu stromového	objem biomasy objem dřevní hmoty celé nadzemní části včetně asimilační orgánů
zmíněné objemy, s výjimkou objemu biomasy, se uvádějí s kůrou nebo bez kůry		

Pro doplnění definice pro objem větví uvádím, že je složen z objemu větví primárních (vychází z osy kmene) a z objemu větví vedlejších.

Výpočet objemu se provádí na základě principu výpočtu objemu rotačních těles, nejčastěji je uvažován válec. Do výpočtů jsou vkládány redukční veličiny, které zohledňují různé aspekty asymetrie či zakřivení tvaru stromu nebo jeho dané části.

A jako jsem se v částech o tloušťce a výšce stromu zmiňoval o tloušťkovém a výškovém přírůstu, na tomto místě musím zmínit přírůst na objemu, tedy objemový přírůst. Růstem všech složek objemu stromu (tloušťka, výška, změna tvaru) dochází i k nárůstu objemu. A stejně tak, jako jsou tloušťkový a výškový přírůst definovány jako rozdíl tlouštěk, resp. výšek na začátku a na konci určitého časového intervalu, je objemový přírůst definován rozdílem počáteční a koncové hodnoty objemu za určitý čas (nejběžněji za jeden rok).

V souvislosti s výčtem základních dendrometrických veličin bych se na tomto místě ještě krátce zmínil o veličinách, které se týkají koruny stromu. Veličiny, jako je výška stromu (h) a výčetní tloušťka ($d_{1,3}$), jsou významné především ve vztahu ke kmeni stromu. Korunu stromu určují veličiny: h_b – výška nejširší části koruny, h_z – výška nasazení živé části koruny, b – šířka koruny, b_z – šířka koruny v místě nasazení, l – délka koruny, l_o – délka slunné části koruny, l_s – délka stinné části koruny.



[1, 2, 6, 7, 15]

3.5.2. Porostní veličiny

Porost je v lesnictví definován jako základní (vyšší) jednotka rozdělení lesa. Představuje určitou část lesa většinou o velikosti několika hektarů. Z toho se dá odvodit, že porostní veličiny se týkají většího počtu stromů (souboru stromů), které se nacházejí na příslušné jednotce prostorového rozdělení lesa (JPRL). Takovou jednotkou může být, kromě porostu, také porostní skupina nebo etáž (nižší jednotky rozdělení lesa). Porostní veličiny se mohou vztahovat na celou výměru porostu, na jednotku plochy (1 ha) nebo na průměrný strom v porostu (tzv. vzorník). Lesnickým termínem vzorník je označován průměrný strom s určitými dendrometrickými vlastnostmi daného souboru stromů. Stanovení a výběr vzorníků je základem vzorníkových metod. Z hlediska hospodářských úprav je nejdůležitější vzorník zásoby porostu, tzv. střední kmen. Objem středního kmene je definován v tabulce (viz. níže). Z hlediska hospodářských úprav je rovněž důležitý vzorník přírůstový, což je kmen s přírůstem, který je roven aritmetickému průměru přírůstů všech stromů v porostu.

Základní dendrometrické veličiny porostní			
veličina	symbol	jednotka	definice
1. výměra	P, S	ha, m ²	P – v. celého porostu S – v. porostní skupiny číselný údaj o velikosti části lesa zjištěný na podkladě katastru nemovitostí (KN) podmínečně se dá nahradit plochou, pokud je údaj zjištěný měřením podmínka - rozdíl mezi plochou a výměrou překračuje stanovenou mez (mez stanovena výpočtem)
2. počet stromů	N (N.ha ⁻¹)	ks (ks.ha ⁻¹)	počet jedinců na celé ploše nebo na 1 ha
3. kruhová základna	G (G.ha ⁻¹)	m ² (m ² .ha ⁻¹)	součet kruhových základen všech N stromů v porostu
4. zásoba	V (V.ha ⁻¹)	m ³ (m ³ .ha ⁻¹)	součet objemů všech N stromů v porostu celková z. se dále člení podle dřevin a podle tloušťkových stupňů
5.přírůst (na zásobě)	I (I _v , I _v .ha ⁻¹) CBP, CPP	m ³ .t ⁻¹ , m ³ .ha ⁻¹ .t ⁻¹	změna zásoby za určité období, nejčastěji za rok
6. zakmenění	ρ	(0,1-1,0, 1-10)	míra relativní hustoty porostu
7. zastoupení dřevin	Zast.	%	relativní podíly, kterými se jednotlivé dřeviny podílejí na celkové redukované (plně zakmeněné) ploše smíšeného porostu
8. bonita	Q	(1-9, 10-32)	míra kvality stanoviště vyjádřená produkčním výkonem
9. střední tloušťka	d _s , d _g	cm	průměrná hodnota z tlouštěk všech stromů v porostu
10. střední výška	h _s	m	průměrná hodnota z výšek všech stromů v porostu
11. kruhová základna středního kmene	\bar{g}	m ²	průměrná hodnota z kruhových základen všech stromů v porostu
12. objem středního kmene	\bar{v}	m ³	průměrná hodnota z objemů všech stromů v porostu
13. přírůst středního kmene	i _d , i _h , i _v	(cm, m, m ³).t ⁻¹	změna na tloušťce, výšce a objemu středního kmene za určité období, nejčastěji za rok
14. horní tloušťka, horní výška	d _{10%} , d ₁₀₀ h _{10%} , h ₁₀₀	cm, m	h. tl. - tloušťková vyspělost nejsilnějších stromů v porostu, počet stromů bývá relativní (%) nebo absolutní (100) h. v. – odpovídá průměrné tloušťce určitého relativního (%), resp. absolutního (100) počtu nejsilnějších stromů v porostu
15. celková objemová produkce	COP	m ³	úhrnný běžný přírůst v určitém věku porostu

zdravotní stav	stupně poškození kmene, koruny, podíl škodlivých činitelů
poškození porostu	
tloušťková struktura	tloušťkové stupně (třídy)
výšková struktura	výškové stupně (třídy)
kvalitativní struktura	A, B, C, D
sortimentační struktura	I, II, IIIA, IIIB, ...

[1, 2, 7]

3.5.3. Struktura lesních porostů (skladba porostu)

Lesní porost je v celkovém pojetí v souvislosti s pěstováním lesa chápán jako základní růstově i vývojově vymezená část lesního ekosystému. Je tvořena jednotlivými složkami, a to dřevinnými, bylinnými, půdními, živočišnými, hydrologickými i vzdušnými. Ačkoli se činnosti v rámci pěstování lesa zaměřují převážně na složku dřevinnou, jsou navázané na celý lesní ekosystém. Proto jde v pěstebních činnostech hlavně o skladbu porostu se všemi jeho vnějšími i vnitřními znaky, které charakterizují lesní porost nejen po stránce druhové, věkové a prostorové, ale i po stránce hospodářsky funkční (produkční nebo mimoprodukční). V souladu s hospodářskými cíli, které jsou zaměřeny na jeho plné funkční využití, je lesní porost posuzován z praktického hlediska podle původu a druhové, věkové a prostorové skladby. Je ze stránky ohodnocení základní jednotkou prostorového rozdělení lesa, která se promítá do plánování, realizace a evidence hospodářských opatření. Každému porostu jako celku je věnována zvláštní péče korespondující s jeho porostní skladbou a funkčním zaměřením.

Znaky porostu (charakteristiky) jsou primárně kvantitativní a kvalitativní veličiny, které popisují a posuzují stav dřevinné složky lesního porostu (skladby porostu). Tyto veličiny předurčují volbu metod a způsobů v rámci plánování a realizace činností při pěstování a péči o les.

Souhrn vnějších a vnitřních znaků lesního porostu, dokumentujících jeho vnitřní uspořádání, je definován jako skladba neboli struktura, v některých případech je použitelný i pojem složení, porostu. V praxi jsou vylišeny skladby dřevinná (druhová), věková, prostorová a porostní cílová. Dále se do výčtu struktur lesních porostů řadí i textura porostu a typ porostu (porostní typ).

Skladba dřevinná (druhová)	
výčet druhů dřevin a jejich zastoupení ve skladbě porostu	
porosty nesmíšené (stejnorodé)	porosty smíšené (různorodé)
dřeviny listnaté nebo jehličnaté	kombinace dřevin zastoupení dřevin: hlavní (základní) >30% přimíšené 10-30% vtroušené <10%

(skladba dřevinná)	
	(porosty smíšené)
	typy smíšení: vztahují se především k uměle zakládaným porostům rozdílujeme smíšení: jednotlivé hloučkovité skupinové řadové

Skladba věková	
věkové členění porostu (rozdíl ve věku stromů jednoho nebo více druhů dřevin věkové členění na stupně nebo třídy v rozpětí 10 nebo 20 let	
porosty stejnověké	porosty různověké

Skladba prostorová	
horizontální (vodorovná)	vertikální (svislá)
sleduje se: hustota porostu (počet stromů na jednotku plochy) zakmenění (stupeň využití růstového prostředí porostu) zápoj (vzájemný dotyk a prolínání větví)	je tvořena jedním nebo více patry soubor rostlin v porostu stejného popř. podobného výškového vzrůstu v rámci pater je tvořena porostními vrstvami vrstvy jsou výškově výrazně rozlišitelné části patra, tzv. podpatra vrstva tvořena ve dvou a více úrovních

Skladba porostní cílová
druhá skladba na konci vývoje porostu, které je dosaženo během vytváření a vyspívání porostu různými hospodářskými opatřeními vyjadřuje zastoupení dřevin v mýtném věku v rámci hospodářského souboru, popř. v souboru lesních typů z hospodářského hlediska je cílem provozním

Textura porostu
uskupení a uspořádání jednotlivých stromů vzhledem k ostatním ve vodorovném rozložení porostu ve větším rozsahu forma a rozloha plošného rozmístění a střídání částí lesa s rozdílnou porostní strukturou v případě přírodních nebo přirozených lesů zobrazuje mozaiku vývojových fází na rozdíl od skladby porostu je výsledkem celého předešlého vývoje porostu

Typ porostu
typizační jednotka lesních porostů charakterizovaná znaky porostů ve vztahu k jejich: dřevinné skladbě prostorovému rozložení porostních složek (skladba, textura) zdravotnímu a hospodářskému stavu jedno ze tří kritérií rozlišení hospodářských souborů k typu porostu se vztahuje jednotná pěstební technika

[6, 15]

4. SBĚR DENDROMETRICKÝCH DAT

4.1. Způsoby zjišťování dendrometrických veličin

Ještě, než začneme cokoliv měřit, měli bychom znát několik důležitých zásad, které bychom při měření dendrometrických veličin měli dodržovat. Tyto zásady jsou:

- znát definici té určité konkrétní veličiny,
- rozeznat zvláštnosti měřeného objektu, které by mohly ovlivňovat měření,
- určit rámec požadované přesnosti (přípustné chyby) měření,
- zvolit si vhodné pomůcky a přístroje a před jejich použitím si zkontrolovat, zda správně fungují a zda nevykazují systematické chyby,
- samotné měření, zápis údajů a následné výpočty provádět s maximální přesností, zodpovědností a za dodržení předepsaného pracovního postupu.

Měření veličin a zpracování měření probíhá obvykle ve třech etapách. Příprava měření – vlastní měření – zpracování dat měřením získaných. Pro provádění měření jsou v praxi zavedeny různé metody. Přímá metoda spočívá v měření hodnoty sledované veličiny založeném na definici měřené veličiny (porovnávání s měřidlem se stejnou vlastností). Nepřímá metoda zjišťuje hodnotu sledované veličiny výpočtem, pomocí grafů, popř. převodních grafů funkcí, nebo dle tabulek. Tato metoda vyžaduje provedení přímého měření hodnot pomocných veličin. Absolutní metoda je měřicí metoda, kterou se zjišťuje prostá hodnota měřené veličiny v příslušných jednotkách, aniž se přitom musí znát její hodnota v některém zvláštním případě. V tomto případě ukáže měřidlo hodnotu veličiny přímo. Relativní metoda měření porovnává změnu měřené veličiny vzhledem ke zvolené výchozí hodnotě nebo srovnává příslušnou vlastnost měřeného tělesa s jednotkovými tělesy.

Dendrometrické veličiny můžeme měřit buď přímo (terestricky), nepřímo (bezkontaktně), výpočtem nebo odhadem, a nebo převzetím již existujících údajů. Všechny tyto způsoby měření se dají praktikovat buď celoplošně nebo výběrem.

1) Přímé měření (terestrické, pozemní)

Je prováděno v přímém kontaktu s měřeným objektem, a to na základě pozorování, spočítáním, měřením nebo vážením. Pozorováním se dají posoudit především kvalitativní veličiny. Výsledkem pozorování je slovní vyjádření, příkladem může být třeba popis druhů dřevin nebo zařazení do klasifikační stupnice. Pozorování se dá definovat jako okulární odhad zjišťovaných charakteristik. Spočítání může být použito pro kvantitativní i kvalitativní veličiny, například při odpočtu letokruhů na příčném průřezu kmenu pro stanovení věku stromů. Pro kvantitativní veličiny je převládajícím způsobem jejich zjišťování měření a vážení. Kvantitativní veličiny vyjadřujeme pomocí základních jednotek fyzikálních veličin SI soustavy, například délka (m), objem (m³), čas(roky).

2) Nepřímé měření (bezkontaktní)

Je prováděno mimo přímý kontakt s měřeným objektem, dalo by se říci „na dálku“. Některé dendrometrické veličiny jinak než tímto způsobem změřit nelze. Typickým příkladem takové veličiny je třeba výška stromů, která je po dosažení jejich dospělosti značná. U jiných veličin je naopak tento způsob měření účelný a

hospodárný a skýtá při měření jistou míru objektivitu. Při tomto postupu se uplatňují moderní technologie, jako jsou optiky, lasery, ultrazvuková technika nebo letecké či kosmické snímkování. Nicméně je třeba říci, že ačkoliv už máme k dispozici spoustu moderních přístrojů na poli bezkontaktního měření dendrometrických veličin, tak se stále na ně nemůžeme plně spolehnout a je třeba je dále doplňovat ve většině případů přímým způsobem měření.

3) Zjišťování dendrometrických veličin výpočtem

Tento způsob měření je velice častý a je používán ke stanovení takových dendrometrických veličin, kde by bylo měření přímo neefektivní buď z ekonomického hlediska nebo časového, dokonce v některých případech by bylo nerealizovatelné. Pro výpočet se používají veličiny, které jsme získali měřením. Výpočet se provádí za pomoci vzorců, matematických modelů nebo dendrometrických tabulek.

4) Zjišťování dendrometrických veličin okulárním odhadem

Okulární odhad je rychlý, jednoduchý a pokud ho provádí osoba, která už má zkušenosti a potřebné znalosti, tak i dostatečně kvalifikovaný. Často se využívá namísto přímého a nepřímého měření. Je zde však velký prostor pro výskyt chyb. Využívá se tam, kde není zapotřebí maximální přesnost měření, například při určování zastoupení dřevin v porostu. Okulární odhad je rovněž využitelný pro předběžné určení veličin později upřesněných na základě přímého měření.

5) Převzetí již existujících údajů

V některých případech, například pro jednoduché cvičné úkoly nebo pro informativní účely, dostatečně postačuje, když se dendrometrické veličiny převezmou z již v minulosti vytvořených zdrojů, jako jsou například lesní hospodářské plány a osnovy, oblastní plány rozvoje lesů nebo inventarizace lesů. Nicméně před použitím těchto zdrojů je vhodné si alespoň ověřit jejich správnost a aktuálnost.

Pro porostní veličiny, jako jsou počet stromů, střední tloušťka a výška, kruhová základna, porostní zásoba, v postatě platí, že k jejich zjištění vedou jen dvě cesty. Nejpřesnějším a přímočarým způsobem je měření žádaných veličin na každém stromu v porostu, přičemž se hodnoty takto měřených veličin použijí pro získání přesné hodnoty související porostní veličiny. Druhou možností, jak provádět měření při vynaložení minimální námahy a nákladů na šetření, je realizovat měření na vybraném vzorku stromů, který co možná nejlépe svými vlastnostmi odpovídá charakteru celého porostu, a tyto jeho vlastnosti vztáhnout na celý porost. Vzhledem k tomu, že tento způsob měření vykazuje u výsledku jistou míru nejistoty, je třeba tuto míru nejistoty vyjádřit, čehož se dá dosáhnout na základě znalostí statistických postupů.

[2, 7]

4.2. Metoda celoplošného šetření

Celoplošné měření je takový způsob měření, při kterém se měří dendrometrické veličiny u každého jednoho stromu na celé ploše lesního porostu. Z praktického hlediska se jedná o nejpřesnější způsob zjišťování veličin, i tak se zde ale musí brát v potaz výskyt chyb a to v samotném měření, kde velmi záleží na pečlivém přístupu osoby, která měření provádí a také na použitých pomůckách a metodách měření. Vysoká přesnost měření je však vykoupena vysokou časovou a ekonomickou náročností, která se úměrně zvyšuje s velikostí měřeného porostu. Proto se tento způsob používá buď na malých plochách lesního porostu nebo tam, kde je málo stromů.

Při tomto způsobu měření není potřeba vždy měřit na všech stromech v měřeném porostu všechny veličiny. Obvykle se pro zjištění porostní zásoby používá způsob celoplošného průměrkování, při kterém se měří tloušťky všech stromů v porostu, ale výšky jsou měřeny pouze na vybraném, takzvaném reprezentativním vzorku stromů. Tento způsob se využívá především při zjišťování zásob dřeva před mýtní těžbou v hospodářsky nejvýznamnějším porostu.

Při celoplošném průměrkování se měří a zaznamenávají výčetní tloušťky všech stromů v porostu, které dosáhly registrační hranice (obvykle $d_{1,3} > 7$ cm). [1]

Změřené tloušťky se třídí do předem přesně určených intervalů, tzv. tloušťkových stupňů.

Tloušťkový stupeň je interval definovaný spodní a horní hraniční hodnotou; je označen středovou hodnotou intervalu. [1]

Metoda tloušťkových stupňů má svoje využití při stanovení objemů pomocí tabulek.

4.3. Reprezentativní metody

Za účelem ušetření času a nákladů na měření dendrometrických veličin a tam, kde není zapotřebí získat co nejvyšší přesnost měření, se velice často používá metoda měření na malém, takzvaném reprezentativním vzorku lesního porostu, který má vlastnosti (druh dřeviny, tloušťky ...) jako zbytek celého porostu. Hodnoty z tohoto malého vzorku se potom za pomoci matematicko-statistických postupů aplikují na zbytek celého porostu.

Reprezentativní (výběrové, statistické) metody jsou založeny na odhadu porostních veličin z měření reprezentativního vzorku (výběru), tedy pouze části všech stromů zájmového území. Opírají se o metody matematické statistiky a o teorii výběru. [1]

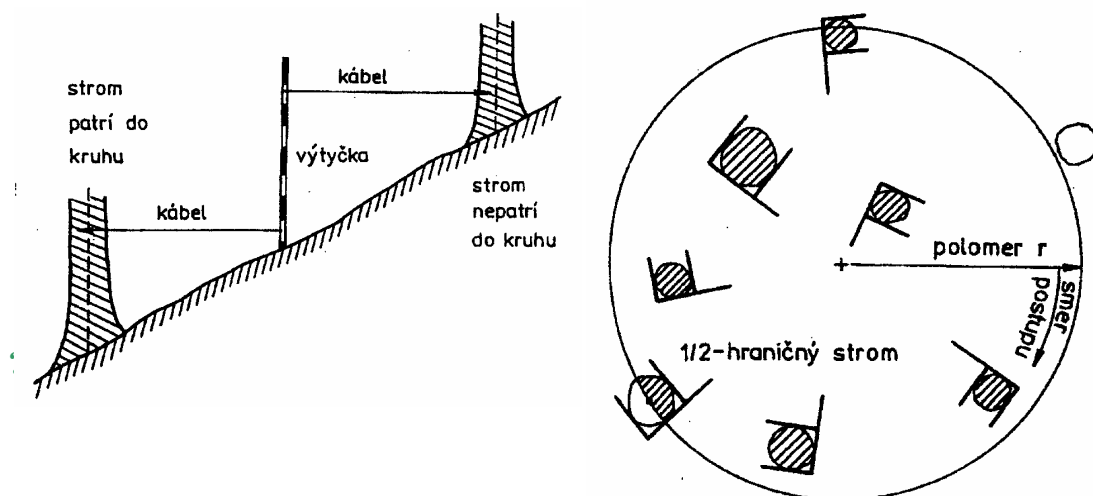
Reprezentativní metody nacházejí své využití nejen při sběru dendrometrických dat (porostních parametrů) v jednotlivých porostech, ale jsou dobře využitelné i pro velkoplošné inventarizace. Tyto metody mají řadu nesporných výhod. Vzhledem k tomu, že k dosažení poměrně přesných hodnot požadovaných veličin je postačující malý rozsah měření, jsou na šetření kladeny nižší finanční nároky. Vhodný rozsah měření je možno nastavit dle požadavků na přesnost výstupních dat. Další výhodou

je rychlost, jakou měření probíhá, neboť je aplikovatelná i na velkých plochách. Nespornou výhodou je rovněž podchycení zjišťovaných veličin k jedné časové hladině. Nejčastěji v provozní praxi využívanými reprezentativními metodami jsou metoda průměrkování na zkusných plochách a metoda relaskopická.

4.3.1. Metoda zkusných ploch

Zkusná plocha je dočasně nebo trvale vymezená část porostu o známé výměře, která slouží ke zjišťování požadovaných taxačních charakteristik. [1]

Jednoduchost myšlenky zjišťování porostních charakteristik pomocí zkusných ploch spočívá v tom, že hodnoty taxačních veličin zjištěných na zkusné ploše jsou po přepočtu přenosné na celý porost. Toto však platí pouze za předpokladu, že zkusná plocha dobře reprezentuje podmínky celého porostu. Standardizovaným tvarem zkusných ploch je v první řadě kruh (kruhové zkusné plochy), ale používány jsou také zkusné plochy čtvercové, obdélníkové, popř. pásové (v případě velmi obtížného terénu). Důvodem je dobře odvoditelná výměra ploch pravidelných tvarů, což je podmínkou pro uznání vymezené plochy za plochu zkusnou. Primární postavení kruhových zkusných ploch v celosvětovém měřítku je dáno jednoduchostí jejich vytyčení a jejich nejkratším obvodem, což snižuje pracnost při posuzování sporných hraničních stromů a eliminuje riziko chyb z nesprávného posouzení. Souřadnice středů zkusných ploch jsou vygenerovány v průběhu přípravných prací. V terénu jsou zaměřitelné pomocí GPS. Při menším rozsahu měření (např. zjišťování porostních zásob) je možné provádět umístování krokováním po taxačních liniích podle vypočítané odstupové vzdálenosti. Měření na zkusných plochách je prováděno průměrkováním všech stromů dle pravidel a zásad jako u průměrkování na plno. Při vytyčování hranice zkusné plochy, rozlišením stromů se vzdáleností od středu plochy menší než poloměr této plochy, se postupuje po obvodu kruhu a stromy těsně za hranicí zkusné plochy se viditelně označí. Při měření musí být dodržena vodorovná vzdálenost. Pokud je měření prováděno ve sklonitém terénu, kde vodorovnost nelze dodržet, měří se rovnoběžně s terénem. Šikmý poloměr zkusné plochy se navýší o vzdálenost potřebnou k dodržení definovaného vodorovného poloměru.



Vytyčení kruhové zkusné plochy

Pomůcky pro vytýčení zkusné plochy:

- dálkoměr. Univerzální ultrazvukové dálkoměry a výškoměry, s možností měřit vzdálenost s centimetrovou přesností. Jsou nabízeny se středovým vytyčovacím monopodem a adaptérem pro aktivní ultrazvukovou odrazku (transpondér).

univerzální měřič výšky, vzdáleností,
úhlů, s transpondérem (dálkoměr)
bezdrátový přenos dat
Haglöf Vertex 5



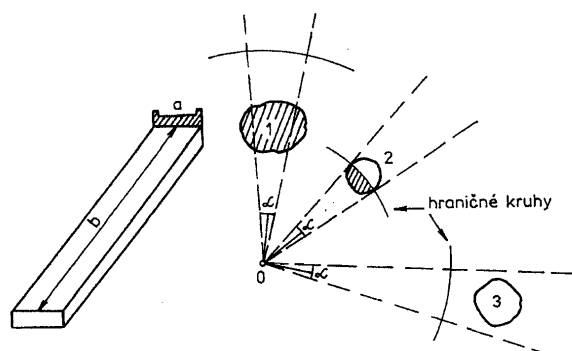
elektronický měřič
sklonu, výšky a vzdáleností
Haglöf, EC II-D



4.3.2. Relaskopická metoda

Relaskopická metoda je reprezentativní metoda založená na porovnání pozorovacího úhlu, pod nímž měřič z relaskopického stanoviště pozoruje výčetní tloušťku stromu, s definovaným záměrným úhlem, nebo ekvivalentně na porovnání výčetní tloušťky stromu se zdánlivou délkou záměrné úsečky. [1]

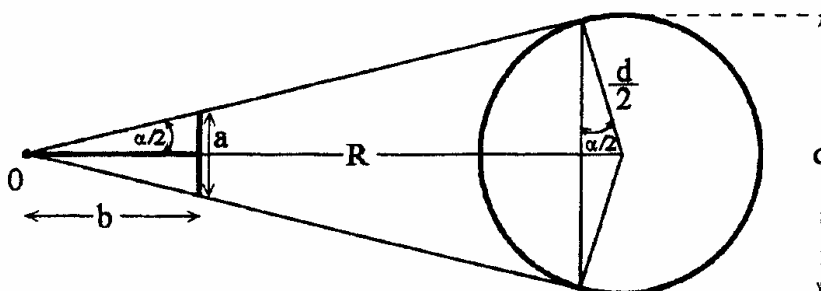
Pokud se výčetní tloušťka stromu při zaměření jeví širší než záměrná úsečka použité relaskopické pomůcky, potom pro každý jednotlivý strom s touto výčetní tloušťkou platí, že je započítán (je tzv. zaujatý).



strom: 1-zaujatý, 2-hraniční, 3-nezaujatý
(strom hraniční započítán 1/2)

Princip relaskopické metody:

- a – šířka výřezu na destičce
- b – délka tyčky (řetízky)
- α – záměrný úhel
- d – výčetní tloušťka stromu
- R – mezní vzdálenost měřiče od stromu
- O – relaskopické stanoviště



Při měření měření je třeba neustále kontrolovat, zda je oko měřiče, při použití relaskopické tyče nebo řetízkového relaskopu, či zda je optický klínek stále nad středem plochy. Při měření se výsledky zapisují do relaskopického zápisníku, který je rozdělen podle jednotlivých dřevin do sloupců a dle jednotlivých relaskopických ploch do řádků. Střední výška porostu určuje střední relaskopickou výšku, která se používá pro výpočet zásoby. Na každém relaskopickém stanovišti se změří výška několika vzorníků, jejichž tloušťka nejvíce odpovídá střední tloušťce.

Relaskopické pomůcky:

- výřez s distančním řetízkem (řetízkový relaskop). Destička má 4 výřezy (záměrné úsečky 1/2=0,71 cm, 1=1 cm, 2=1,41 cm, 4=2 cm). Nabízen samostatný nebo v kombinaci s výškoměrem, popř. vybaven + zároveň přepočten na kruhovou základnu porostu a odhad zásoby pomocí jedné výtvarnice.
- relaskopická tyč, stabilní vzdálenost výřezu od oka měřiče je definována a zabezpečena pevnou tyčí.
- relaskopický optický klínek (relaskopické sklíčko), zbrošený skleněný hranol, který láme světelné paprsky procházející klínkem. Lom světla na klínku způsobuje vychýlení obrazu pozorovaného kmene, což předurčuje započítání konkrétních stromů (větší pracnost při hodnocení hraničních stromů). Záměrná úsečka jen 1 cm. Není vhodný pro každý typ porostu.
- zrcadlový relaskop – univerzální optický přístroj pro dendrometrická měření. Větší nároky na obsluhu. Kompaktní optický přístroj vybavený hledáčkem a větším počtem stupnic. Umožňuje měřit kruhovou základnu porostu (relaskopická metoda), optické měření délek, výšek, tloušťek i v nedostupných výškách + sklonoměr.



lesnické
relaskopické
měřidlo



řetízkový
relaskop
Haglöh



zrcadlový relaskop
Dr. Bitterlich

Pomůcky pro měření tloušťek a výšek jsou prezentovány v následujících částech.

[1, 2, 17]

4.4. Metody zjišťování veličin jednotlivých stromů

4.4.1. Stanovení věku stromu

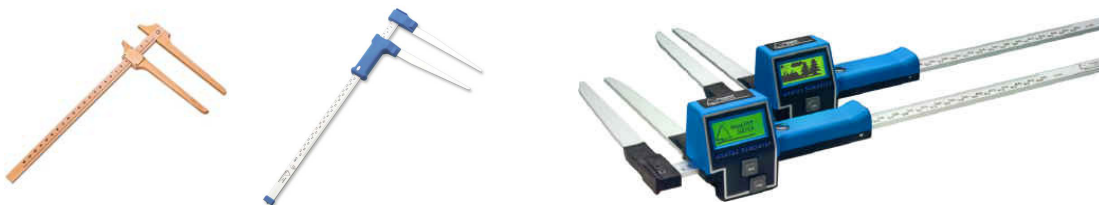
U ležícího stromu (kmene) se věk dá zjistit odpočtem letokruhů na pařezu. Věk ležícího i stojícího stromu se dá určit podle počtu větrových přeslenů (vyrůstání tří a více větví z jedné uzliny) nebo podle vývrtů přírůstovým nebozezem. U vývrtů je třeba připočítat 8-12 let (dle dřeviny a růstových podmínek) potřebných k dosažení výčetní tloušťky, ve které se vývrt provádí (1,3 m od paty stromu). Další metodou určení věku je zjištění z písemného záznamu o založení porostu.



přírůstový nebozez

4.4.2. Měření tloušťky stromu

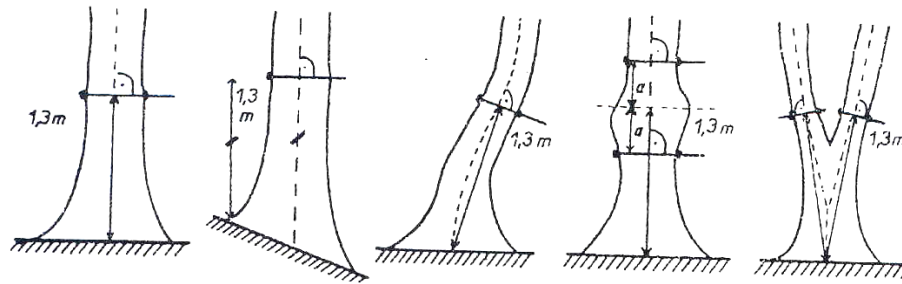
Tloušťka je jednou ze základních veličin pro určení objemu jednotlivých stromů. U ležících i stojících stromů se měří především výčetní tloušťky (tloušťky v příčných průřezích kmenů ve výčetní výšce 1,3 m od paty kmene), ale i ve větších výškách. Dostupné tloušťky se měří přímo průměrkami, nedostupné dendrometry nebo laserovými přístroji. Průměrky mohou být dřevěné, kovové, elektronické, registrační, s pohyblivými rameny nebo úhlové bez pohyblivé části. Stupnice jsou voleny dle požadované přesnosti.



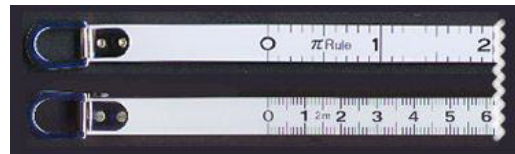
Průměrky: milimetrová (pro měření ležících stromů, vědecké účely, milimetrová stupnice), taxační (pro měření stojících stromů, stanovení zásob porostů, centimetrová stupnice, dělené na tloušťkové stupně), digitální průměrka je taxační milimetrová.

Zásady přímého měření tloušťky průměrkou: průměrka se přikládá kolmo k podélné ose kmene. Musí se kmene dotýkat ve třech bodech (na pravítku, na pevném i pohyblivém rameni). Při měření musí být dodržena výčetní výška 1,3 m od paty kmene. Pohyblivé rameno průměrky musí být v okamžiku odečítání přesně kolmé k pravítku. Průměrka musí mít správnou a čitelnou stupnici. Rameno průměrky musí být delší než polovina tloušťky kmene. Pohyblivé rameno musí po pravítku hladce klouzat.

Určení místa měřiče výčetní tloušťky v různých podmínkách



V taxační praxi se uplatňuje měření obvodu kmene obvodovým měřidlem, lesnická pásma se dvěma stupnicemi pro přímé odečtení, buď obvodu v běžných cm, nebo tzv. π stupnicí pro přímé odečtení tloušťky průřezu.

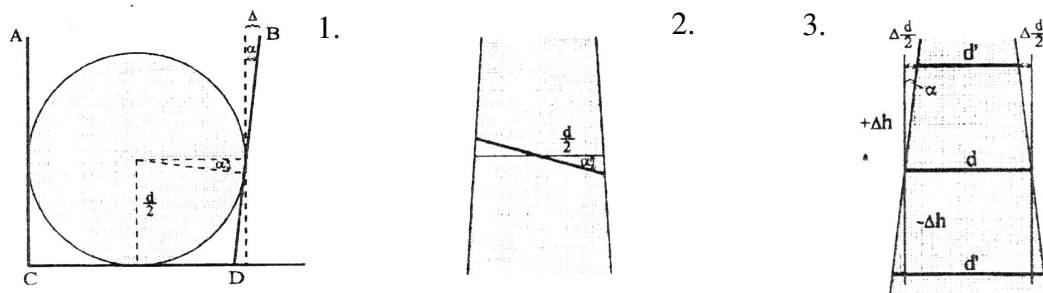


Zásady přímého měření obvodu kmene: platí stejné jako u měření průměrkou, tedy především pásmo musí být přiloženo kolmo k podélné ose kmene a musí být dodržena výčetní výška 1,3 m. Doporučuje se stabilizovat místo měření na kmeni ve dvou na sebe kolmých bodech. Dodržovat stejnou sílu přitlačení pásma na kmen.

Chyby při měření tlouštěk a obvodu, které vycházejí především z nedodržení výše uvedených zásad, mohou být systematické nebo nahodilé. Systematické chyby se dají vhodnými opatřeními omezit nebo dokonce vyloučit. Jsou z hlediska správnosti výsledku měření nebezpečnější než chyby nahodilé, protože mají stále znaménko, mohou být buď kladné nebo záporné, a tak jejich vliv při opakovaném chybném měření narůstá. U chyb nahodilých, jejichž původ neznáme, a proto je nemůžeme zcela vyloučit, se jejich vliv na výsledky měření při opakovaném chybném měření nemění, protože mají současně kladnou i zápornou hodnotu.

Příklady systematických chyb při měření tlouštěk:

1. z nesprávné průměrky, odchylka na konci ramene je kladná, chyba je záporná (platí i naopak),
2. ze šikmého přiložení průměrky ke kmeni, chyba je vždy kladná,
3. z nedodržení stanoveného místa měření, chyba je kladná nebo záporná dle směru posunu, její hodnota je závislá na velikosti posunu a sbíhavosti kmene.



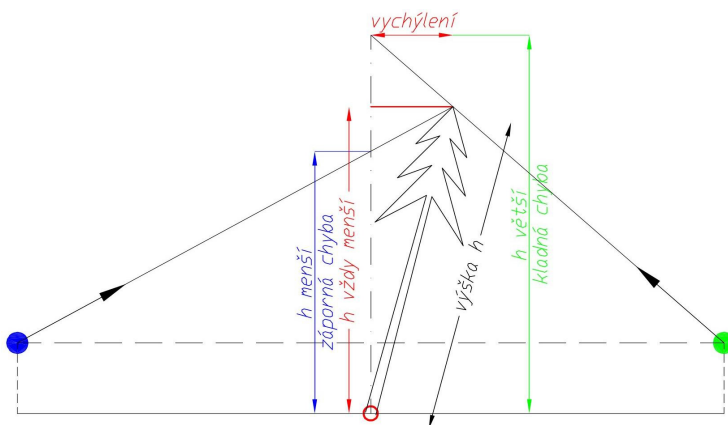
Příkladem nahodilé chyby je třeba různě silné přitlačení průměrky ke stromu.

Chyby při měření obvodu kmene jsou podobné chybám při průměrkování.

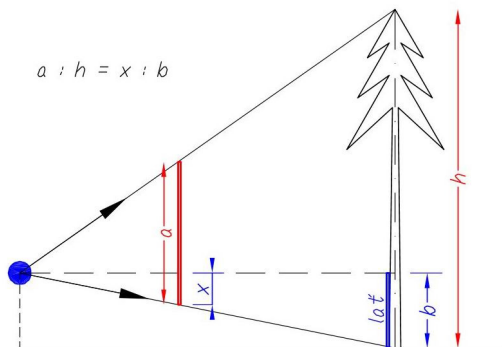
4.4.3. Měření výšky stromu

Výška stromu je velmi důležitá taxační veličina, která je nezbytná, stejně jako tloušťka, pro určení objemu jednotlivých stromů. Dále z ní vychází konstrukce výškového grafikonu a stanovení zásoby porostu a bonitace dřevin. Ekvivalentem k výšce, ale ve směru horizontálním, je délka při měření ležícího stromu nebo vzdálenost, např. při vytyčování hranic zkusných ploch nebo vzdáleností stromů od stanoviště měřiče.

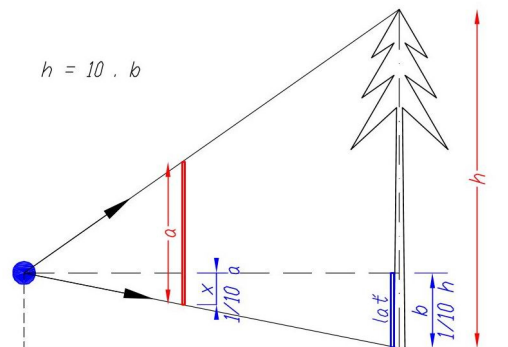
Zásady přímého měření výšek stromů: neměřit výšky u stromů nakloněných. Na svazích provádět měření ve směru terénních vrstevnic. U listnatých stromů provádět měření pokud možno v neolistěném stavu, pokud se měří v době zalistění mířit na vrchol stromu, ne po tečně koruny. Neměřit při větrném počasí. Záměrné místo vybrat tak, aby bylo dobře vidět na patu stromu i na jeho vrchol.



Měření výšek nakloněných stromů



Princip měření výšek - geometrický (Christenův)
není potřeba měřit vzdálenost od stromu
je třeba ke stromu přiložit záměrnou lať



Princip měření výšek - geometrický (Christenův)
varianta Christenova výškoměru

Základními pomůckami pro měření výšky, délky nebo vzdálenosti jsou pásma v délce 10-30 m, latě a kabel při vytyčování kruhové zkušební plochy, ve skladech dříví metrovky, dálkoměry optické, elektronické.

laserový dálkoměr
s výškoměrem
Nikon Forestry Pro II



výškoměr s integrovanou
stupnicí sklonu v % (0 až ±150 %)
Suunto PM-5/1520 PM-5/1520 PC



Christenův
výškoměr



výškoměr Haglöf
s přesným laserovým
dálkoměrem
Laser Geo

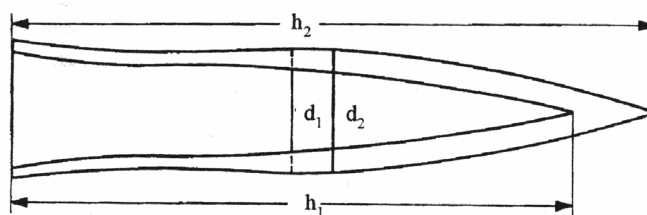


4.4.4. Měření objemu stromu

Jak jsme už na základní škole učili, objem tělesa se počítá jako součin plochy podstavy tělesa a jeho výšky. Stejný princip se užívá i u stanovení objemu stromu a jeho přímo měřitelných částí. Výpočet objemu je tzv. *stereometrický způsob* stanovení objemu, který vychází ze změření tloušťky, resp. plochy příčného průřezu, stromu (kmene nebo větvi) a jeho výšky, u ležícího dříví je to délka celého kmene nebo jeho částí, tedy tzv. výřezů. Pro výpočet objemu je nezbytné určit tvar kmene stromu nebo jeho dané části a podle toho zvolit vzorec pro objem rotačního tělesa, které skutečnému tvaru měřených částí stromu co nejvíce odpovídá. Ale strom resp. jeho části vykazují řadu tvarových nepravidlostí a výchylek. Z tohoto důvodu se do vzorců dosazují různé redukční veličiny, indexy nebo koeficienty, které tyto nepravidlosti zohledňují.

Při tomto způsobu stanovení objemu ke krychlení ležícího dříví a výřezů v praxi používá Huberův vzorec (popř. vzorce Smalianův, Newtonův), které vycházejí ze součinu střední tloušťky, popř. průřezové plochy a délky. Pro co nejpřesnější určení objemových údajů se používá krychlení podle sekcí, kdy se kmen rozdělí na různý počet stejně dlouhých částí (zpravidla 1 nebo 2 m), u který se určí střední tloušťka.

Princip Huberovy metody



Pro účely stanovení objemu (kubírování) ležícího dříví se dá použít automatizovaného snímání tlouštěk po celé délce kmene. Toto umožňuje snímací, registrační a výpočtová technika specializovaných zařízení na pile nebo v ústrojí harvestorů. Tato zařízení nasnímají během posunu kmene jeho tloušťky a následně vypočítají příslušné objemy.

Pro stanovení objemů ležícího stromu se dá využít i dalších způsobů, které se nazývají *fyzikální*. Tyto způsoby jsou převážně využívány pro vědecké účely, případně pro stanovení převodních čísel rovnaného dříví.

Nejznámější metoda je *xylometrická*. Je založena na principu, kdy se změří, po položení dřeva do vody, objem vody tělesem vytlačené ($1 \text{ liter vody} = 1 \text{ dm}^3$).

Další možnou metodou je metoda *hydrostatická*. Vychází z principu Archimédova zákona, ale při tomto způsobu se určí vážením hmotnost dřeva ponořeného do vody vč. vody. Poté se zváží dřevo na suchu. Z rozdílu obou vah se stanoví objem dřeva (váha vody, $1 \text{ kg} = 1 \text{ dm}^3$).

Třetí metodou je metoda *objemové hmotnosti*. Základní veličinou při této metodě je hmotnost dřeva, které se zváží na suchu, a na základě měrné hmotnosti dřeva se určí jeho objem.

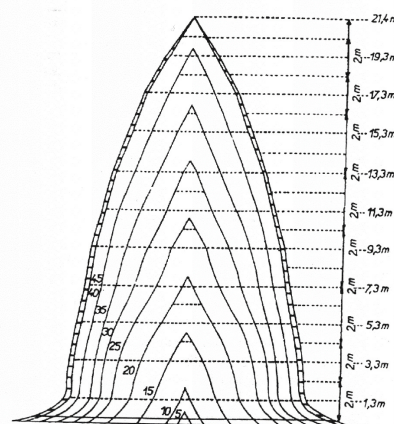
Objem se dá určit i přímo, a to vyčtením z příslušných tabulek. Tento způsob ale vyžaduje předem určit základní stromové veličiny, tloušťku, výšku, resp. délku a tvar stromu. Kubírovací tabulky se užívají pro určení objemu ležících kmenů. Pro stanovení objemu stojících stromů se užívají objemové rovnice, z nichž se vypočítají objemy a z nich se sestaví objemové tabulky. V ČR jsou užívané tabulky ÚLT.

Stanovení objemu stojících stromů na základě okulárního odhadu je sice možné, ale je obtížné a vykazuje značné nepřesnosti. Vyžaduje dlouholetou zkušenost odhadce, která je podložena porovnáváním odhadnutých objemů na stojících stromech a odměřených objemů na stromech ležících, tedy po jejich zmýcení.

4.4.5. Měření přírůstů

Přírůst na ležícím stromě se stanoví podle Huberova vzorce (viz. měření objemu stromu).

Nebo tzv. kmenovou analýzou. Skácený strom se rozdělí na pravidelné části, ve středu každé části se odřežou kotouče a na průřezu se odečtou počty a šířky letokruhů. Příčné řezy jsou vedeny ve stanovených výškách. Tato metoda je přesným záznamem *přírůstku tloušťkového, výškového i objemového.*



Na stojícím stromě se objemový přírůst určuje metodou objemových tabulek, metodou totálního diferenciálu (odvozením z růstové funkce), metodou parciálních (dílčích) přírůstků nebo metodou přírůstových procent.

Výškový přírůst vyjadřuje prodlužování osy stromu v daném časovém intervalu. Určení tohoto přírůstu je možné několika způsoby. Jednak je to odměřením délky letorostů u dřevin vytvářejících přesleny nebo odměřením výšky stromu na začátku a poté na konci daného časového intervalu (periodicky opakovaná měření). Dále je možné provést zpětný odhad přírůstu z matematického modelu závislosti výšky stromu na jeho tloušťce a věku. Rovněž je možné provést výškovou analýzu pokáceného stromu.

Tloušťkový přírůst je viditelný na příčném řezu kmenem (na pařezu) nebo se dá vyčíst z vývrtu přírůstovým nebozezem, jako při určování věku stromu. Roční přírůst je dán šířkou mezikruží letokruhů (šířka jednoho letokruhu). Kromě vývrtu se dá přírůst určit periodicky případně průběžně prováděným měřením tloušťky nebo obvodu stromu. Rovněž je možné provést tloušťkovou analýzu pokáceného stromu.

pásový přírůstoměr
EMS



universální laserový dendrometr
kompletní sada s transpondérem
Haglöf Vertex Laser Geo 360°



4.5. Metody zjišťování porostních veličin

Porostní veličiny se týkají buď celého porostu nebo jeho části, či několika částí. Z toho vyplývá, že se týkají hromadně více kusů stromů. Hodnoty těchto veličin se většinou, až na některé výjimky, určují na základě výstupů z měření příslušných stromových veličin. Přímé měření se dá aplikovat na porostní veličiny, jako např. střední tloušťka a střední výška. Jinak se porostní veličiny stanoví výpočtem, odečtem z grafů a modelů, výčtem z tabulek, okulárním šetřením v terénu nebo leteckým snímkováním. Informace k hodnotám některých porostních veličin se dají rovněž získat z dostupných pramenů.

Střední tloušťka určená z kruhové základny d_g odpovídá tloušťce takového stromu, který má v daném porostu průměrnou kruhovou základnu. Je základní charakteristikou tloušťkové struktury porostu. [1]

Střední tloušťka z objemu d_v je tloušťka takového stromu, který má v daném porostu průměrný objem. [1]

Weiseho pravidlo tvrdí, že přibližně střední tloušťku má strom, který se nachází ve vzdálenosti 60 % z celkového počtu stromů od nejmenších tlouštěk. [1]

Střední výška je výška stromu, jehož tloušťka odpovídá střední tloušťce porostu. [1]

4.5.1. Zásoba porostu

Nejdůležitější porostní veličinou je z hlediska lesního plánování a hospodářských úprav zásoba porostu, a to nejčastěji zásobu celkovou. Pro stanovení zásoby je používána metoda celoplošného průměrkování i metoda zkusných ploch. Dále se využívá metoda taxačních a růstových tabulek. Při toleranci jistých nepřesností se dá k určení zásoby porostu využít různých variant odhadů. A protože jde o veličinu neměřitelnou ve smyslu přímého měření v terénu, musí jejímu stanovení předcházet měření stromových veličin, jako je tloušťka a výška stromu, resp. jejich alternativa střední tloušťka a střední výška. Pro výpočet zásoby jsou používány metody přímé, to jsou metoda objemových tabulek (Objemové tabulky ÚLT), metoda jednotných objemových a výškových křivek a vzorníkové metody, a metody nepřímé, kterými jsou metoda kvalifikovaného odhadu pomocí Taxačních tabulek a metoda odhadních vzorců (okulární odhad porostní zásoby).

Objemové tabulky jsou sestaveny za účelem určení objemu kmene na základě měřených dendrometrických veličin, především velkého počtu výšek, a sestavení úplného výškového grafikonu. Metoda jednotných objemových křivek (JOK) je sice méně přesná, ale časově méně náročná, protože využívá systému jednotných výškových křivek (JVK), ze kterých se na základě naměřených dendrometrických dat ta nejvhodnější křivka vybere. Na systém JVK navazuje systém JOK. Oba zmiňované systémy platí pouze pro stejnověké porosty. Vzorníkové metody jsou postaveny na určování porostní zásoby pomocí jednoho nebo několika vzorníků (stromů), které charakterově odpovídají průměru všech stromů, popř. skupině stromů, v porostu, dle. kruhové základny, výšky, výtvarnice a objemu.

4.5.2. Zakmenění

Je jednou z důležitých porostních veličin, které charakterizují vnitřní strukturu porostu. Zakmenění je bezrozměrná veličina, která je ukazatelem stupně využití růstového prostředí porostu. Hodnota zakmenění se stanoví výpočtem a udává se jako desetinné číslo, které je výsledkem poměru mezi skutečnou výčetní základnou porostu a tabulkovou základnou porostu. Ale dá se stanovit i jako poměr skutečné a tabulkové porostní zásoby. Určujícími veličinami zakmenění jsou veličiny jako např. počet stromů, kruhová základna nebo porostní zásoba, které jsou vztaženy k porostní ploše o velikosti 1 ha. Hodnota zakmenění 1 vyjadřuje plně zakmeněný porost, ale v praxi se zakmenění vyjadřuje v celých číslech 0-10 (může být i více). Tabulkové hodnoty určujících veličin se vyčtou z Taxačních tabulek [ÚHÚL, VÚHÚL, 1990], přičemž vstupními hodnotami pro vyhledávání v tabulkách jsou střední tloušťka a střední výška dané dřeviny. Zakmenění se určuje jednotlivě pro určitý druh dřeviny v porostu a poté se součtem jednotlivých zakmenění určí zakmenění celého porostu. V praxi je zakmenění zjišťováno terénním šetřením na několik způsobů, obvykle kvalifikovaným odhadem, popř. průměrkováním na plno nebo relaskopickou metodou, případně zkrácenou relaskopickou metodou.

4.5.3. Zastoupení dřevin

Zastoupení dřevin je další důležitou porostní veličinou, která vyjadřuje podíl jednotlivých dřevin v porostu, tedy dřevinnou skladbu porostu.

Zastoupení dřeviny je procentický podíl, kterým se dřevina svou redukovanou plochou podílí na celkové redukované ploše porostu. [1]

Redukovaná plocha je plocha odpovídající plnému zakmenění dané dřeviny. Zastoupení dřeviny se počítá pro každý druh dřeviny odděleně, stejně jako zakmenění. Součet hodnot jednotlivých zastoupení dřevin v porostu je vždy roven 100 %. Zastoupení dřevin se určuje buď kvalifikovaným odhadem nebo výpočtem. Výpočet zastoupení dřevin je možný pouze v případě, že kruhová základna, resp. zásoba byly získány přímým měřením. Pokud nejsou takto získané hodnoty kruhové základny a zásoby k dispozici, provádí se určení zastoupení dřevin okulárním odhadem.

4.5.4. Bonita

Bonita vyjadřuje míru pro zhodnocení a porovnání schopnosti dřeviny na stanovišti. Je ovlivněna přírodními podmínkami stanoviště a genetickými vlastnostmi dřeviny. Odvozuje se pomocí Taxačních tabulek dle věku a výšky středního kmene.

4.5.5. Celkový běžný přírůst porostu

Jako další pro lesní plánování velmi důležitou porostní veličinu chci zmínit celkový běžný přírůst porostu, který se stanoví pomocí růstových tabulek, metodou přírůstového vzorníku (vzorníkem je střední objemový kmen), popř. metodou opakované inventarizace.

[1, 2, 4, 5, 17, 18]

4.6. Bezpilotní prostředky

Mezi další metody sběru dendrometrických dat můžeme zařadit moderní postupy, kdy se využívají digitální snímky pořízené ze vzduchu, a to za pomoci speciálních, výkonných kamer připevněných nejčastěji na bezpilotních letadlech nebo dronech (označované zkratkou UAV, z anglických slov Unnamed Aerial Vehicles), které jsou ovládány ze země nebo fungují na principu autonomního letu, kdy mají předem nastavenou trasu, kudy mají letět, ale i dokonce družicové snímky. V praxi se tomuto způsobu říká letecká fotogrammetrie (věda, která se zabývá zpracováním dat z obrazových snímků). Jako výstupy dostáváme velice detailní obrazy snímaných objektů, které jsou nadále dle účelu zpracovávány pomocí sofistikovaného softwaru.

Pořizování obrazu ze vzduchu poskytuje spoustu výhod. Jako největší výhody se jeví vysoká přesnost měření a časová efektivita a této metody, kdy letecký prostředek dokáže pokrýt za krátký časový interval velkou plochu území. Letecká technika dokáže snímat území v místech, kam by se buď vůbec po zemi nedalo dostat nebo pouze velice obtížně (velice náročné nebo nebezpečné terény). Jelikož se jedná o nepřímý (bezkontaktní) způsob měření, tak se tento způsob hodí i pro snímání vzácných či jinak významných lokalit, kde by pohyb člověka nebo jiné techniky byl spíše ke škodě než ku prospěchu.

Každá mince má ale 2 strany, a i když letecké snímkování jistě má řadu benefitů, tak přináší i řadu nevýhod. Přesto, že v jiných zemích EU, hlavně v těch severských, je využití bezpilotních letounů v lesnictví již poměrně časté, tak u nás platí pořád spíše za experimentální záležitost. Hlavním úskalím je velice omezující legislativa, v České republice ji má na starost Úřad pro civilní letectví. Dalším značným omezením využití leteckého snímkování jsou samozřejmě vlivy povětrnostních podmínek, za silných dešťů nebo větrů je nemožné pořizovat snímky. [3]

1) Historie dálkově ovládaných leteckých systémů RPAs (remotely piloted aerial systems)

V minulosti měly bezpilotní letouny převážně vojenské využití. První bezpilotní letouny byly vyvinuty ve Velké Británii a USA během první světové války, testovací lety probíhaly v letech 1917 a 1918, ale navzdory uspokojivým výsledkům během testování, nikdy nebyly nasazeny do ostré akce během války. Vývoj bezpilotních letounů nadále pokračoval a už v roce 1935, kdy Angličané sestavili funkční modely rádiem ovládaných letadel, které měly ale účel pouze jako cvičné cíle. Traduje se, že v této době vznikl a začal se užívat název dron, jako inspirace bylo rádiem ovládané letadlo DH.82B QueenBee. Největšího rozmachu, co se týče vojenství, drony zaznamenaly během války ve Vietnamu, kde sloužily pro průzkum nebo jako návnada.

Jako první snaha o využití leteckého snímkování v lesnictví se uvádí přelet horkovzdušného balónu nad Berlínem v roce 1887, motivem tohoto experimentu bylo vytvoření lesní mapy a následná analýza lesního porostu. [19, 21]

2) Dělení RPAs dle typu

Bezpilotní letouny můžeme rozdělit dle jejich konstrukce a typu:

- křídlo / letoun

Největší výhodou této konstrukce dronu je dlouhá výdrž ve vzduchu, která začíná na 15 minutách a končí na až několika hodinách letu, záleží samozřejmě o jaký typ se jedná, jaké nese zatížení a tak podobně. Jako zdroj energie slouží obyčejná Li-Pol baterie, která má výdrž přibližně 40 minut, během této doby je dron schopen pokrýt rozlohu o několika kilometrech čtverečních. Existují ale i druhy jejichž chod zajišťují solární články, takže vydrží o mnoho delší dobu, samozřejmě za předpokladu příznivých povětrnostních podmínek. Použití tohoto typu dronu vyžaduje člověka se zkušenostmi, který zpravidla prošel výcvikem na тренаžéru. Do provozu se dron uvádí buď hodem z ruky nebo startem ze startovací dráhy. Avšak je možné pořídit i zcela automatické systémy, které dokáží samovolně vzlétnout i přistát. Nevýhodou tohoto typu letounu je, že, aby se dokázal udržet ve vzduchu, tak musí být neustále v pohybu, takže zde neexistuje možnost vznášení se nad určitým místem a snímkování za klidu.



- multirotory

Multirotory nebo se také můžeme setkat s termínem multikoptéry. Jak už je z obou názvů patrné, jedná se o dron, který má více motorů, respektive více vrtulí zajišťující let prostředku. Dělí se do kategorií dle toho, kolik mají motorů (vrtulí), nejčastější typy jsou 4 vrtulové (kvadrokoptéry) a 8 vrtulové (oktokoptéry), objevují se i 6 vrtulové (hexakoptéry) či 12 vrtulové (dodekakoptéry). Dodávku energie zajišťují Li-Pol baterie. Stabilita dronu je udržována autopilotem, který dokáže regulovat výkon jednotlivých motorků dle momentálního náklonu na základě dat senzorů IMU, případně sonaru. Výhodou tohoto typu je jednoznačně možnost přímého startu nebo přistání z místa či udržení stálé pozice ve vzduchu. Na opačné straně, oproti dronům typu křídlo, je velkou nevýhodou jejich doba využití, která se pohybuje mezi 10 až 15 minutami. Tento čas je silně ovlivněn hmotností nákladu či povětrnostními podmínkami. Během této krátké doby je stroj schopný nasnímat území o rozloze jednotek hektarů. [3]



3) Další možnosti dělení RPAs

Bezpilotní letouny můžeme řadit do mnoha kategorií, jako ty nejzákladnější bych chtěl uvést:

1. dle typu ovládání	2. dle využití	3. dle vzletové hmotnosti
ruční autonomní	pro zábavu, sportovní komerční experimentální vojenské	max. vzlet. hm. do 0,91 kg max. vzlet. hm. 0,91 - 7 kg max. vzlet. hm. 7 - 25 kg max. vzlet. hm. více jak 25 kg

[22]

4) Vybavení RPAs pro snímání obrazu

Jak už bylo zmíněno, drony jsou velice užitečným nástrojem pro relativně snadné snímání velkého objemu obrazových dat, v současné době je obrazový materiál snímán za pomoci takzvaných senzorů - RGB kamer, termokamer, multispektrálních a hyperspektrálních kamer a LiDAR. [3]

5) RGB kamery

RGB je zkratka z anglických slov red, green, blue (červená, zelená, modrá), která dává tak trochu výstřední název jinak obyčejné technologii. RGB kamery nebo fotoaparáty zachycují stejné světelné vlnové délky jako lidské oko, takže nezachycuje nic navíc, co bychom sami vidět nedokázali.

Na drony se velice často přidělávají obyčejné fotoaparáty nebo někdy i mobily. Samozřejmě čím kvalitnější zařízení, tím lepší obrázky získáme, nicméně jeden z velice důležitých parametrů RGB (ale i ostatních) senzoru je prostorové rozlišení. Tento parametr rozhoduje, v jaké maximální výšce musí dron létat, bez ztráty důležitých detailů ve snímcích. Čím nižší prostorové rozlišení, tím níže musí dron létat. [20]

Při snímání běžně dostupnými fotoaparáty nebo mobily jsou data pořizována a zpracována jinak, než je tomu běžné u klasické fotogrammetrie. Je zapotřebí, aby jedno konkrétní snímané území bylo zachyceno na více obrázcích a z více úhlů pohledu. Po skončení snímání jsou obrázky nahrány do počítače, kde dále pokračuje jejich zpracování. To má na starost speciální software, který dokáže dát dohromady k sobě ty správné fotografie a sestavit z nich celek, z kterého pak vytvoří 3D model snímaného terénu. Z tohoto 3D modelu je následně vytvořena ortofotomapa. Tento proces se nazývá ortorektifikace.



Příklad ortomapy

Pro tuto metodu vznikl název SfM (zkratka anglických slov Structure from Motion). Vytvořená ortofotomapa je v dalším kroku spojena s reálnými souřadnicemi, které se získávají buď za pomoci GPS souřadnic, které byly pořízeny ke každému pořízenému snímku, za předpokladu, že daný senzor byl vybaven GPS modulem. Dalším způsobem, jak na ortofotomapu přiřadit souřadnice, spočívá v postavení speciálních terčů do zájmového terénu ještě před začátkem snímkování a následném zaznamenání jejich polohy geodetickou GPS. Na pořízených obrázcích jsou poté terčům přiřazeny zeměpisné souřadnice, speciální software poté vytvoří geografickou projekci.

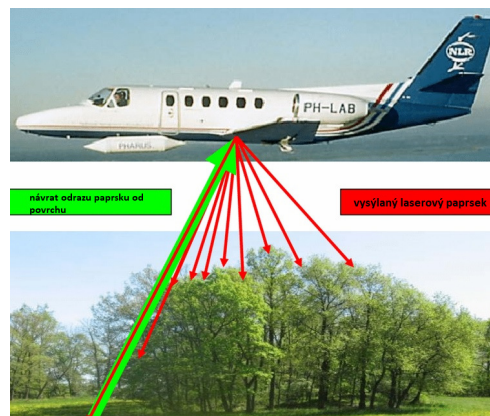


Příklad projekce 3D mapy

Nevýhodou SfM způsobu zachycování lesní krajiny je fakt, že tato metoda zachycuje pouze nejvyšší část porostu, koruny nejvýše vzrostlých stromů, což znamená, že v hustém lese je problém zachytit data o méně vzrostlých stromech či členitosti terénu. [3]

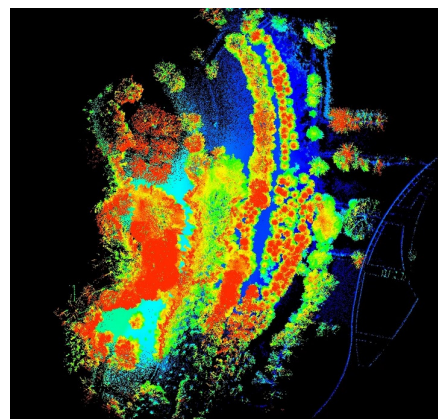
6) LiDAR

Další technologií, kterou se dají osadit nejenom bezpilotní letouny, je technologie LiDAR. Jedná se o zkratku anglických slov Light Detection and Ranging, pro běžného smrtníka bude stačit pojem laserové skenování. Tento způsob funguje na principu měření vzdálenosti mezi zdrojem paprsku a zemským povrchem. Zdroj paprsku může být připevněn v případě leteckého snímkování jak na dron, tak na letadlo či vrtulník. Změřená vzdálenost je výsledkem mezi dobou vyslání laserového paprsku a dobou jeho návratu po odrazu od snímaného objektu. V době vyslání paprsku je zároveň pomocí GPS přístroje zaznamenávána přesná poloha laseru, rychlost a směr letu. Díky této kombinaci dat nakonec dostáváme velice přesnou polohu bodu na zemském povrchu.



Zjednodušený princip leteckého laserového skenování

Podobně jako u technologie SfM je výstupem skenování takzvané mračno bodů s 3D souřadnicemi, které obsahuje všechny změřené body v neupravené podobě a které je dále za pomoci sofistikovaného softwaru zpracováno. Jako finální produkt může kupříkladu vzniknout precizní model povrchu nebo terénu. Technologie LiDAR je nicméně o mnoho přesnější a oproti SfM metodě zvládá o mnoho lépe zachytit všechny úrovně vzrostlých stromů.



tzv. mračno bodů

Metoda laserového skenování je již poměrně často používaná, a to jak ve státech Evropské unie, hlavně v severských zemích, tak i v USA, nicméně využití leteckého laserového skenování pro účely lesnictví stále naráží na problém, který spočívá ve značné obtížnosti snímkování stojících stromů, ale už teď se ví, že tato technologie má velký potenciál pro využití v lesnictví. [3, 23]

7) Legislativa užívání bezpilotních letounů

Jelikož se užívání dronů stává čím dál více oblíbenou činností, ať už pro hobby či komerční účely, tak musely být nastavena určitá pravidla a omezení, aby se předcházelo případným škodám na zdraví nebo majetku. Tato pravidla jsou bohužel mnohdy velice limitující a je to jeden z důvodů, proč není využití dronů v lesnictví tak často využíváno. Zde je stručný výčet legislativy zabývající se problematikou využití bezpilotních letounů:

Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví

Vyhláška č. 108/1997 Sb., vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon č. 49/1997

Vyhláška MD č. 466/2006 Sb., o bezpečnostní letové normě, ve znění vyhlášky č. 60/2009 Sb.

A další např. Letecký předpis - Pravidla létání L-2. [24]

Kromě leteckého laserového skenování, které jsem širěji popsal výše, se v rámci sběru dendrometrických dat využívá i **pozemní laserové skenování**, u kterého jsou skenovací přístroje umístěny stacionárně na stativu, nebo **mobilní laserové skenování**, při němž jsou skenovací přístroje umístěny na dopravním prostředku, kterým nejčastěji bývá automobil. [23]

Při zjišťování dendrometrických dat se mimo pozemního laserového skenování dá účinně využít i **pozemní fotogrametrie**. V lesnictví je tento způsob sběru dat používán řadu let. Jedná se o zpracování fotografie za účelem získávání potřebných dendrometrických veličin. Z fotografie se dají po jejím zpracování vyčíst informace o velikosti, tvaru, objemu, a dokonce i o poloze zobrazovaných objektů. Tento způsob sběru dat vnáší do problematiky dendrometrických šetření nejen zpřesnění údajů o zjišťovaných parametrech, ale protože se jedná o bezkontaktní způsob šetření přináší i značnou časovou a finanční úsporu. Pro pořízení fotografických snímků se dá využít stejně dobře optických dendrometrů jako běžných digitálních fotoaparátů.

[3]

4.7. Měření pozic stromů

Při dendrometrických šetřeních jde především o měření stromových veličin. Ale v zájmu pozornosti z hlediska informací o prostorové struktuře lesa stojí i mapování pozic stromů, neboť horizontální rozmístění stromů je nejvýznamnějším znakem této lesní struktury. Mapování pozic stromů je zatím více využíváno ve vědeckovýzkumných činnostech, popř. k tvoření modelů v rámci odhadů budoucího stavu lesa, ale i v prakticky orientované provozní činnosti najde svoje uplatnění, neboť se jedná o důležitou charakteristiku porostů. Zmapování souřadnic stromů umožňuje nahlédnout do historie lesa, a tím získat informace o vzniku porostu. V přírodních lesích pozice stromů pomáhají poznat přírodní procesy, které formují strukturu porostů, jsou zdrojem vstupních dat pro zjišťování a modelování konkurenčních vztahů mezi jednotlivými stromy a rovněž umožňují ze vzdáleností mezi stromy předpovídat ukazatele modelů biomasy jednotlivých stromů. Mapování pozic stromů je nedílnou součástí terénních prací v rámci NIL. V praxi se dá tato činnost využít pro rychlé a přesné zařazení stromů do zkusných ploch při výběrném šetření vlastností porostů.

Jednoduchou a v současné době již pevně zavedenou metodou vytyčování pozic stromů je polární zaměřování pozic stromů ze středu plochy pomocí kompasu a dálkoměru. Výstupem tohoto měření jsou polární souřadnice pozic (azimut a vzdálenost), ze kterých se jednoduchou transformací získají souřadnice kartézské (X, Y). Moderní technologie poskytují rychlé a přesné výsledky mapování. Zároveň jsou schopné automaticky přepočítávat přímo měřené veličiny na souřadnice v různých souřadnicových systémech. Souřadnice se ukládají na paměťová média těchto technologií a následně jsou odesílána v různých formátech pro další zpracování. Nejpoužívanější takovouto technologií je technologie Field-Map, která umožňuje měřit a uchovávat celou škálu dat, nejen souřadnice pozic stromů v porostu.

[3]

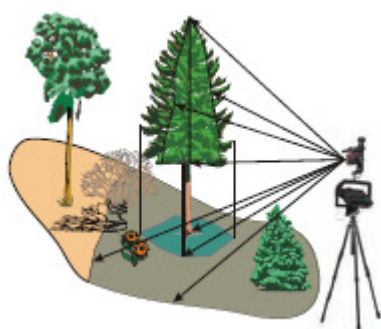
Technologie Field-Map je technologie, která vznikla spojením jedinečného software s vhodným hardwarem, takže umožňuje terénní mapování, měření a efektivní sběr venkovních dat, jejich následné kancelářské zpracování a vyhodnocení. Field-Map je otevřený systém, který může být snadno samotným uživatelem přizpůsoben k řadě rozsahem či zaměřením odlišných úkolů, mezi které patří například:

- statistická inventarizace lesů
- hospodářská úprava lesů
- monitoring zásob uhlíku v ekosystémech
- zjišťování škod zvěří

- mapování či modelování struktury krajiny
- měření vlastností jednotlivých stromů (kmenové profily, korunové profily a projekce)
- vytváření 3D modelů stromů či porostů
- zjišťování zásoby a sortimentace stojících porostů pro různé velké lesní celky a organizační jednotky
- fytoecnologické snímkování
- zjišťování zdravotního stavu lesa
- vyhodnocování leteckých snímků ad.

Technologie Field-Map pokrývá celé spektrum činností počínaje přípravou struktury databáze podle metodiky konkrétního projektu, přes návrh systému venkovního sběru dat, klasifikaci leteckých snímků, samotný sběr dat v terénu až k vyhodnocení dat a přípravě výstupů nezbytných pro vytvoření finální zprávy.

Základem celé technologie je software Field-Map, který se skládá z několika modulů. Aplikace *Field-Map Project Manager* umožňuje snadnou uživatelskou definici struktury databáze k určitému projektu. Formát databáze volí uživatel z několika standardních systémů (Paradox, MS Access, MS SQL). Mapové vrstvy jsou ukládány ve formátu ESRI Shapefiles. *Field-Map Stem Analyst* umožňuje parametrizaci zobecněných modelů profilu kmene a jejich nasazení pro výpočet objemu stromů. V této aplikaci je zahrnut flexibilní sortimentní model, který umožňuje vypočítat sortimentní skladbu a finanční hodnotu zásob dřeva. Aplikace *Field-Map Data Collector* je určena pro mapování a vkládání dat. Uživatel vkládá data do terénního počítače manuálně, nebo je do počítače posílá přímo z různých elektronických měřících přístrojů (laserového dálkoměru a výškoměru, elektronického kompasu, GPS, atd.). Pro potřeby zpracování a vyhodnocení dat získaných při statistických inventarizacích lesa je k dispozici aplikace *Field-Map Inventory Analyst*.



Přístroje jsou používány k mapování a měření výšky stromů, průměrů kmenů v prsní výšce i vysoko na kmenech, měření profilů kmene, vertikálních profilů kmenů nebo horizontálních korunových projekcí.

- Typická sada přístrojů pro měření a mapování:
- laserový dálkoměr
 - elektronický úhlový enkodér
 - odolný tablet
 - karbonový stativ



[zdroj: Field-Map katalog, www.ifer.cz, www.field-map.com, online: <https://www.field-map.com/?page=home>]

5. DISKUZE

Z poznatků zachycených v této bakalářské práci je patrné, že člověk stále hraje možná až příliš důležitou roli při získávání spolehlivého výsledku měření dendrometrických dat. Sice už máme k dispozici velké množství moderních technologií, které dokáží spolehlivě mapovat a měřit, ale prozatím nejsou ještě tak dokonalé a v praxi rozšířené, aby mohly zcela nahradit lidský faktor a to především z důvodu velice náročné odborné přípravy lesního pracovníka nebo nepoměrně vysokých prvotních nákladů vzhledem k finančnímu ocenění vykonané práce. Postupy a výpočty jsou sice jasně a přesně definovány, ale dokud bude na samotném začátku celého procesu stát člověk, byť kvalifikovaný či zkušený, tak vždy zbyde dostatek prostoru pro tvoření chyb, ať už úmyslných či neúmyslných nebo z jiných důvodů, například časové nebo finanční tísně, přeci jenom žijeme v tržní ekonomice, kde co nejvyšší zisk stojí na prvním místě. Z pohledu do budoucnosti efektivnosti a přesnosti dosažených výsledků se mně jeví taková situace, kdy bude hrát přesnost měřených výsledků podstatně důležitější roli, než je tomu nyní, a nebo kdy jsou užity postupy a dostupné vyspělé technologie, které se obejdou buď zcela nebo s pouze s minimální účastí člověka, jako je tomu například při vzdušném laserovém skenování nebo při využití technologické soustavy Field-Map. Tato moje domněnka je částečně podpořena i faktem vycházejícím z popisu současných používaných metod, které mnohdy stojí na dalším by se říct obyčejném subjektivním posouzení a odhadu člověka pohybujícího se v porostu.

6. ZÁVĚR

Moderní technologie nás obklopují ze všech stran, prakticky ve všech odvětvích. V lesnickém provozu tomu není jinak, i v tomto prostředí došlo během posledních let k velkému vývoji, kdy se začínají používat stále sofistikovanější pomůcky, které lesním pracovníkům usnadňují jejich mnohdy nelehké úkoly, čímž jim dávají větší možnosti pro precizněji odvedenou práci, v rychlejším časovém horizontu a v neposlední řadě prostor pro vyšší finanční zisk.

Pro lesní hospodářství je jednou z nejdůležitějších věcí mít přehled o zásobě porostu. K tomu je potřeba zjistit základní vstupní veličiny, jako jsou tloušťky a výšky stromů. Pro zjišťování tlouštěk dnes už bývá standard použít dražších, moderních digitálních průměrek oproti klasickým, kdy bylo zapotřebí vytvořit pracovní skupinu o několika měřících a zapisovatele, který naměřené tloušťky zaznamenával do takzvaných svěřkovacích manuálů. I tyto digitální průměrky procházejí pravidelným vývojem, neustále dostávají nové funkce, jako propojování s výškoměry, GPS moduly, počítači a mobily... Zkušený taxátor dokáže s pomocí digitální průměrky udělat více práce, jak více členná pracovní skupina vybavená obyčejnými průměrkami, jedinou nevýhodou je jejich pořizovací cena.

Při zjišťování výšek se jeví výhodnější používat laserové výškoměry oproti ultrazvukovým, protože nejsou tak náchylné na povětrnostní podmínky a odpadá u nich nutnost pro každé nové měření přemísťovat aktivní odrazku (transpondér). Tak jako průměrky jsou snadně ovladatelné a přenositelné, při správné aplikaci velice přesně měří, k tomu navíc jsou schopné se například skrze Bluetooth signál propojit

s digitální průměrkou, takže opět šetří čas a zvyšují efektivitu práce. Neustálým vývojem se pravidelně zvyšuje jejich přesnost měření, výdrž baterií, odolnost, a zároveň klesá jejich pořizovací cena. Pořízení kombinace moderní průměrky a výškoměru sice zpočátku jeví jako příliš vysoký náklad, nicméně je třeba si uvědomit, že se nejedná o vybavení na jedno použití a v rukách dobrého taxátora by měly být schopné si, „na sebe vydělat“.

Pro zjištění zásoby z naměřených dat má taxátor na výběr z několika možností, které se liší hlavně mírou přesnosti a rychlostí dosažení konečného výsledku. Ruku v ruce jdou s ekonomickými náklady na dané stanovení. Jako velice často využívanou, přijatelně rychlou, nízkonákladovou metodu můžeme označit způsob zjištění zásoby odhadem z taxačních tabulek. Jako vstupní veličiny zde slouží střední tloušťka a výška pro jednotlivé dřeviny, dále zastoupení a zakmenění. Její rychlost spočívá v tom, že v praxi taxátor zpravidla střední výšku a tloušťku získá z průměru naměřených hodnot, zakmenění a zastoupení určí prostou pochůzkou daným terénem na základě svých zkušeností a odhadu. Takovýmto způsobem se přirozeně získají výsledky s nízkou přesností, kde se chyba stanovení zásoby pohybuje mezi 15-20% (Šmelko 2003), v praxi je tato metoda dostačující například pro rychlou, přibližnou kontrolu výsledků z přesnějších způsobu odhadu zásoby nebo pro popis porostů při vytváření LHP (Kuželka a kol. 2017).

Pokud je potřeba co nejpřesnější odhad zásoby, například před prováděním mýtní těžby či před prodejem dříví takzvaně na stojato, nejvhodnější metodou měření je průměrkování naplno. Moderní přístroje zajistí ušetří spoustu práce, nicméně stále se jedná o časově nejnáročnější způsob šetření, kde náročnost úměrně roste s rostoucí rozlohou porostu. Doporučená maximální rozloha, kdy je ještě vhodné provádět průměrkování naplno se pohybuje okolo tří hektarů. Zásoba porostu se poté stanovuje pomocí objemových tabulek ÚLT, chyba takto stanovené zásoby je do 5% (Šmelko 2003).

Jako zlatá střední cesta, která je zároveň v praxi nejpoužívanější, je způsob zjišťování zásoby pomocí reprezentativních metod a to na kruhových zkusných plochách nebo relaskopických stanovištích. I při těchto metodách přichází na řadu výpomoc moderních průměrek a výškoměrů, které například pomáhají s měřením vzdáleností a vytyčováním dané zkusné plochy. Chybovost výsledků takto stanovené zásoby se pohybuje okolo ještě přijatelných 10% (Šmelko 2003).

Přínos mojí bakalářské práce vidím v tom, že se, na základě výše uvedených informací o současném stavu v oblasti sběru dendrometrických dat a o možnostech, které se v tomto směru nabízejí z hlediska využití moderních přístrojů a technologií, příslušní angažovaní v rámci lesního hospodářství a plánování minimálně zamyslí, a to s výhledem do budoucnosti, nad všemi faktory, které by mohly vést k zefektivnění činností v této problematice.

7. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KUŽELKA, Karel, Róbert MARUŠÁK a Vilém URBÁNEK. *Dendrometrie*. Vydání třetí. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2017. ISBN 978-80-213-2789-4.
2. ŠMELKO, Štefan. *Dendrometria: [vysokoškolská učebnica]*. Vyd. 2. Vo Zvolene: Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-228-1828-5.
3. KUŽELKA, Karel. *Měření lesa: moderní metody sběru a zpracování dat*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2014. ISBN 978-80-213-2498-5.
4. ŠMELKO, Štefan. *Meranie lesa a dreva*. Zvolen: ÚVVP LVH SR, 2004. ISBN 80-89100-14-7.
5. MARUŠÁK, Róbert, Vilém URBÁNEK a Vladimír ŠEBEŇ. *Dendrometricke pristroje a pomocky pre efektívne meranie lesa*. Zvolen: Narodne lesnicke centrum, 2009. ISBN 978-80-8093-097-4.
6. ŠTÍCHA, Václav. *Lesní hospodářství*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2015. ISBN 978-80-213-2613-2.
7. SEQUENS, Josef. *Dendrometrie*. 2007. Dostupné také z: https://katedry.czu.cz/storage/3844_Souhrn_Dendrometrie.pdf. Dostupné online.
8. NOŽIČKA, Josef. *Přehled vývoje našich lesů*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1957. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství). Dostupné také z: https://archive.org/details/prehled_vyvoje_nasich_lesu. Dostupné online.
9. MUSIL, Ivan a Jan HAMERNÍK. *Lesnická dendrologie 1: jehličnaté dřeviny : přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*. 3. ed. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003. ISBN 80-213-0992-X. Dostupné také z: <https://adoc.pub/lesnicka-dendrologie-1.html>. Dostupné online.
10. LENOCH, Josef. *Dějiny lesního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu: učební text*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. Dostupné také z: <https://adoc.pub/djiny-lesniho-hospodastvi-a-devozpracujiciho-prmyslu.html>. Dostupné online.
11. MARUŠÁK, Róbert, Vilém URBÁNEK a Vladimír ŠEBEŇ. *Dendrometricke pristroje a pomocky pre efektívne meranie lesa*. Zvolen: Narodne lesnicke centrum, 2009. ISBN 978-80-8093-097-4.
12. SIMANOV, Vladimír. *Co to je lesnictví, a co se od něj očekává v tomto století?* [online]. In: . 03.07.2009 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <http://lesnickeforum.silvarium.cz/index.php/component/content/article/47-pisppvky/60-co-to-je-lesnictvi-a-co-se-od-nj-oekava-v-tomto-stoleti->

13. Zákon č.289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). *Lesn. Akt.* 1995, 31(1-2), 10-43. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>
14. *ÚHÚL Brandýs nad Labem* [online]. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, © 2022 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.uhul.cz/>
15. *Pěstování lesa: Doplnkový učební text* [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: https://rumex.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/index.html
16. *Lesnictví* [online]. © 2009-2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/>
17. KANGAS, Annika; MALTAMO, Matti. *Forest Inventory: Methodology and Applications*. Dordrecht: Springer, 2006. 362s.
18. VAN LAAR, Anthonie a A. AKÇA. *Forest mensuration / by Anthonie Van Laar and Alparslan Akça*. 2007. ISBN 9781402059902.
19. A Brief History of Drones. *IWM Imperial War Museums* [online]. Imperial War Museums, © 2023 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>
20. CROSBY, Anne. Types of environmental sensors for drones. *GEONADIR* [online]. GeoNadir, © 2023, 27.04.2022 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://geonadir.com/types-environmental-sensors-for-drones/>
21. DYRC, Petr. *Možnosti použití RPAS v lesnictví*. Praha, 2018. Dostupné také z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/77534>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Prof. Dr. Ing. Karel Pavelka.
22. LEVÍNSKÝ, Jakub. *Možnosti použití RPAS pro archeologii*. Praha, 2018. Dostupné také z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/77656>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Prof. Dr. Ing. Karel Pavelka.
23. MIKITA, Tomáš. Speciální metody dendrometrie: Letecké a pozemní laserové skenování, fotogrammetrie. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. *Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta: Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky* [online]. Brno: UHULAG, 2015 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: http://uhulag.mendelu.cz/smd/Laser_scanner_fotogrammetrie.pdf
24. LETECKÝ PŘEDPIS: PRAVIDLA LÉTÁNÍ L 2. *Ministerstvo Dopravy: Letecké předpisy řady L* [online]. Ministerstvo dopravy ČR, © 2023, 03.11.2022 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/print/L-2_cely.pdf. Uveřejněno pod číslem jednacím: 153/2014-220.

OSTATNÍ

MARUŠÁK, Róbert. *Dendrometrie* [online]. Praha: ČZU, Katedra hospodářské úpravy lesů. Výuková prezentace.

KNEIFL, Michal. *Dendrometrie jako základní zdroj vstupních dat LHP* [online]. Dostupné také z: <https://hul.mendelu.cz/prednasky-z-zdahul/>. Výuková prezentace.

KNEIFL, Michal a LDF MZLU V BRNĚ. *PROSTOROVÁ ÚPRAVA LESA* [online]. Dostupné také z: <https://hul.mendelu.cz/prednasky-z-zdahul/>. Výuková prezentace.

KNEIFL, Michal a LDF MZLU V BRNĚ. *Časová úprava lesa* [online]. Dostupné také z: <https://hul.mendelu.cz/prednasky-z-zdahul/>. Výuková prezentace.

KNEIFL, Michal a LDF MZLU V BRNĚ. *Teorie normálního lesa, Těžební úprava* [online]. Dostupné také z: <https://hul.mendelu.cz/prednasky-z-zdahul/>. Výuková prezentace.

DRÁPELA, Karel. *Růstové procesy II: Dendrometrie - přednáška 9*. Dostupné také z: http://user.mendelu.cz/drapela/Dendrometrie/Prednasky/prednaska_9_rustove_procesy_II.ppt. Výuková prezentace.

MÁLEK, Bohumil a a kol. *Studijní materiál pro kurzy HÚL* [online]. říjen 2005. Dostupné také z: <https://jirifranc.estranky.cz/>. Výuková prezentace.

LASÁK. *Lesnický naučný slovník*. Praha: Agrospoj, 1994. ISBN 80-7084-111-7.

SIMON, Jaroslav a Stanislav VACEK. *Hospodářská úprava lesů: výkladový slovník hospodářské úpravy lesů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-140-1. Dostupné také z: <http://www.lesniskolka.cz/lesnicka-filosofie/legislativa-ke-stazeni/>. Dostupné online.

TESAŘ, Vladimír, ed. *Pěstování lesa v heslech: studijní příručka*. Brno: Ústav pěstování lesa, 1996. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/114879098-Pestovani-lesa-v-heslech-studijni-prirucka.html>. Dostupné online.

ÚHÚL Brandýs nad Labem [online]. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, © 2022 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.uhul.cz/>

Pěstování lesa: Doplnkový učební text [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: https://rumex.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/index.html

Lesnictví [online]. © 2009-2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/>

WEBOVÉ STRÁNKY

Zákony pro lidi [online]. © AION CS, s.r.o. 2010-2023 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>

EAGRI [online]. Ministerstvo zemědělství, © 2009-2023 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze>

SILVARIUM.cz: Lesnictví [online]. Lesnická práce, © 2023 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.silvarium.cz/lesnictvi>

MeziStromy.cz [online]. © 2023 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/>

LESYČR [online]. Lesy ČR, © 2023 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://lesycr.cz/>

Lesnictví [online]. © 2009-2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/>

LESNICKÁ PRÁCE [online]. Lesnická práce, © 2023 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/>

Vesmír: věda, příroda, člověk, společnost – časopis s tradicí od roku 1871 [online]. © VESMÍR [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/>

Přehled právních předpisů. *Úřad pro civilní letectví* [online]. © 2023 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/dokumenty/predpisy/prehled-pravnich-predpisu/>

8. Seznam tabulek a obrázků

TABULKY

kap. část kap. odstavec	název / popis	strana
3.	REŠERŠE K TÉMATU	
3.2.3.	Hospodářské úpravy – územní rámce, prostorová úprava, časová úprava, těžební úprava,	11-14
3.2.5.	Hospodářské způsoby	16
3.2.5.	Tvary lesa	16
3.2.6.	LHP, LHO	17
3.2.7.	OPRL, NIL	18
3.5.1.	Základní dendrometrické veličiny stromové	21-22
3.5.1. 4)	Druhy objemů	26-27
3.5.2.	Základní dendrometrické veličiny porostní	28-29
3.5.3.	Skladba porostu – dřevinná, věková, prostorová, porostní cílová, textura porostu, typ porostu	29-30
4.	SBĚR DENDROMETRICÝCH DAT	
4.6. 3)	Kategorie RPAs	47

OBRÁZKY

kap. část kap. odstavec	název / popis	strana
3.	REŠERŠE K TÉMATU	
3.5.1.	Základní dendrometrické veličiny stromové	21
3.5.1.	Rozlišení hroubí a nehroubí	22
3.5.1. 1)	Příčný průřez kmenem	22
3.5.1. 1)	Věk stromu, přírůst na tloušťce	23
3.5.1. 2)	Výška stromu	23
3.5.1. 2)	Křivka výšky stromů a výškových přírůstků	24
3.5.1. 3)	Morfologická křivka	24
3.5.1. 3)	Rozdělení kmenu na sekce o stejných absolutních délkách Rozdělení kmenu na sekce o stejných relativních délkách	25
3.5.1. 3)	Určující rozměry výřezů	25
3.5.1. 3)	Tvary výtvarnic	26
3.5.1. 4)	Určující veličiny koruny stromu	27
4.	SBĚR DENDROMETRICKÝCH DAT	
4.3.1.	Vytýčení kruhové zkusné plochy	34
4.3.1.	univerzální měřič výšky, vzdáleností, úhlů Haglöf Vertex 5 elektronický měřič sklonu, výšky a vzdáleností Haglöf EC II-D	35
4.3.2.	Princip relaskopické metody	35
4.3.2.	lesnické relaskopické měřítko řetízkový relaskop Haglöf zrcadlový relaskop Dr. Bitterlich	36
4.4. 1)	přírůstový nebozez	37
4.4. 2)	průměrky	37
4.4. 2)	Určení místa měřiště výčetní tloušťky v různých podmínkách	38

OBRÁZKY

kap. část kap. odstavec	název / popis	strana
4.4.2. 2)	detail stupnic lesnického pásma	38
4.4.2. 2)	Příklady chyb při měření tloušťek a obvodu	38
4.4.2. 3)	Měření výšek nakloněných stromů Princip měření výšek – geometrický Princip měření výšek – varianta Christenova výškoměru	39
4.4.2. 3)	laserový dálkoměr s výškoměrem Nikon Forestry Pro II výškoměr s integrovanou stupnicí sklonu v % Suunto PM-5/1520 výškoměr Haglöf s laserovým dálkoměrem Laser Geo Christenův výškoměr	40
4.4.2. 4)	Stanovení objemu – princip Huberovy metody	41
4.4.2. 5)	Kmenová analýza	42
4.4.2. 5)	pásový přírůstoměr EMS universální laserový dendrometr Haglöf Vertex Laser Geo 360°	42
4.6. 2)	bezpilotní letouny – křídlo / letoun multirotory	46
4.6. 5)	Příklad ortomapy	47
4.6. 5)	Příklad projekce 3D mapy	48
4.6. 6)	Zjednodušený princip leteckého laserového skenování	48
4.6. 6)	tzv. mračno bodů	49
4.7.	Měření technologií Field-Map Typická sada přístrojů pro měření a mapování Field-Map	51