

# 3D A 2D TECHNOLOGIE PRO SNÍMÁNÍ INVENTARIZAČNÍCH PARAMETRŮ

Hans Pretzsch, Hans-Joachim Klemmt, René Tauber, Martin Starý,  
Petr Macháček, Vratislav Mansfeld

V rámci společného projektu podporovaného Evropskou unií v programu Interreg IIIA, na kterém spolupracuje Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (ÚHÚL) s týmem odborníků z Technické univerzity Mnichov, katedry Nauky o růstu lesa (TUM) pod vedením Hanse Pretzsche, byl řešen dílčí úkol testování technologie pozemní fotogrammetrie nazvané Dendro Scanner. Autorem uvedeného přístupu je René Tauber, který se zabývá výzkumem a poradenstvím v lesnictví. Touto studií byla otestována a vyhodnocena použitelnost technologie 3D pozemního laserového skenování (TU Mnichov) a metody 2D Dendro Scanneru pro zjišťování inventarizačních parametrů stromů.

Metoda 3D pozemního laserového skenování lesních porostů a použití této technologie pro dendrometrická měření byla představena již v LP 8/2007 a 7/2008.

V dílčí studii projektu zabývajícím se využitím metod 3D pozemního laserového skenování v lesnictví byla tato technologie porovnáována s technologií 2D Dendro Scanneru.

## 3D pozemní laserové skenování

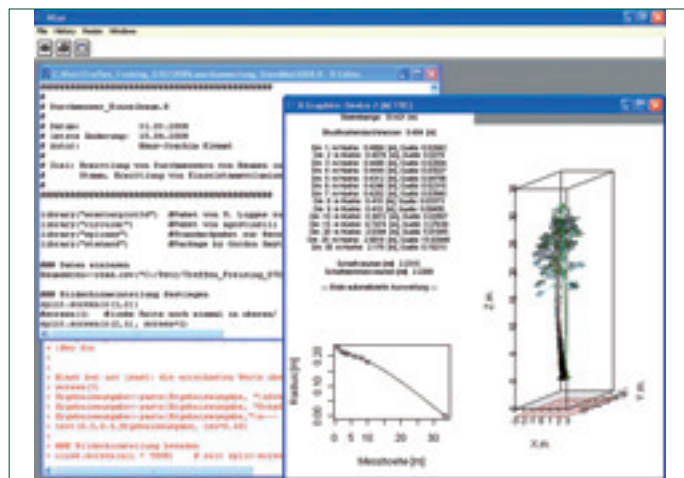
Technologie 3D pozemního laserového skenování lesních porostů přístrojem Z360i firmy Riedl byla již v LP podrobně zmíněna. Pro stručné připomenutí se jedná o přístroj, který skenuje nejbližší okolí laserovým paprskem. 3D naskenovaný obraz ukládá do datového souboru a výsledek je možné popsat jako mračno bodů s charakteristickými vlastnostmi. Mračno bodů se ukládá v třírozměrném sou-

řadnicovém systému do počítače pomocí dodávaného softwaru RiscanPro. Tento SW také slouží pro základní zpracování naměřených údajů a export do formátů, se kterými mohou pracovat další programy, které data dále podle potřeb zpracovávají.

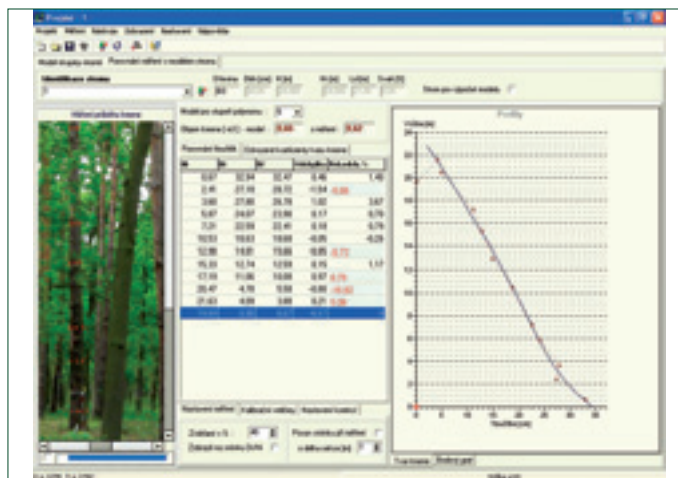
## 2D Dendro Scanner

V technologické lince Dendro Scanningu se jedná o dvojdimenzionální měřický postup a pracuje se s digitálními fotografiemi jednotlivých stromů. Fotografie jsou pořízeny podle stanoveného metodického postupu prostřednictvím běžného digitálního fotoaparátu (s rozlišením minimálně 4Mpix), laserového dálkoměru, výškoměru a lesnické průměrky nebo obvodového pásma. Na fotografovaném stromu se označí výčetní výška, změří se výčetní průměr průměrkou nebo obvodovým pásmem

a zapíše se do terénního zápisníku. Poté se vyhledá v porostu vhodné místo, z kterého je možné vyfotografovat celý strom tak, aby byla vidět pata i vrchol stromu a bylo možné z fotografie snímat profil kmene (strom není zakryt sousedními stromy). Po vyfotografování stromu se zjistí odstupová vzdálenost fotografa k měřenému stromu. Následně se výškoměrem změří výška stromu, a pokud není vrchol stromu viditelný na fotografii, je nutné provést měření tzv. kalibrační výšky. Výšku stromu musíme změřit v každém případě z jiného stanoviště. Pro zdokumentování místa kalibrační výšky je vhodné pořídit fotografii s přiblížením, kde místo kalibrační výšky bude ve středu snímku. Fotografie je následně vyhodnocována v softwaru Dendro Scanner, kterým se zjistí rozměry a tvar kmene.



Obr. 1: Ukázka výpočtu programu vytvořeného v R-programu k automatické extrakci inventarizačních parametrů z datových souborů jednotlivých stromů pořízených pozemním laserovým skenováním.



Obr. 2: Uživatelské rozhraní softwarového řešení k aplikaci Dendro Scanner.

Tab. 1: Číselný popis datového materiálu výzkumu (manuální měření na ležícím kmene)

Dřevina	Výčetní tloušťka (cm)	Min. výčetní tloušťka (cm)	Max. výčetní tloušťka (cm)	Délka (m)	Minimální délka (m)	Maximální délka (m)
SM	38,54	20,65	61,25	30,9	21,4	38,2
BO	38,07	31,25	49,25	32,1	26,1	34,2

## Popis lokality a datového souboru srovnávací studie

Za účelem nezávislého srovnání obou měřicích technik k nasazení v lesních porostech byl trvale označen a pomoci obou technik změřen porost v lesním úseku Selb (BaySF – Bavorské státní lesy). Jednalo se o 90-113letý smrkoborový smíšený porost ležící blízko německo-české hranice, 50 stromů (37 smrků, 13 borovic) ve čtyřech porostních skupinách (od zapojených až po rozvolněné). Podle obvyklé metodiky inventarizace byly změřeny výčetní průměry a zaznamenána dřevina. Následně byl strom pokácen, odvětvěn a poté po sekcích stanoven objem. Bylo použito absolutní kubírování po metrových secích až k hranici hroubí (7 cm s kůrou). K vyhodnocení bylo použito 46 stromů (35 smrků, 9 borovic). Krátký číselný popis datového materiálu se nachází v níže uvedených tab. 1.

## Vyhodnocení souboru dat z laserového skenování

Automatické vyhodnocení dat zjištěných pomocí laserového skenování je zajištěno aplikací, která je postavena na základě volného statistického softwaru R (R Development Core Team, 2008). Tento program je vybaven aktuálními funkcemi k automatické detekci pozic pat kmenů, k bližšímu stanovení výšek kmene, k automatickému stanovení průměrů v různých výškách na kmenech a ke stanovení celkových objemů kmenů hroubí a nehroubí.

Po určení pozic stromů je datový záznam zkusné plochy rozdělen na datové soubory jednotlivých stromů a tyto soubory jsou zpracovány ve vytvořeném skriptu programu R, který automaticky vyhodnotí výšku stromu, výčetní

tloušťku a profily kmene po metrových secích, viz obr. 1.

## Vyhodnocení souboru digitálních fotografií stromů programem Dendro Scanner

Proces zpracování dat při aplikaci technologie Dendro Scanner pro jednotlivé snímání stromy probíhá ručním snímáním tvaru kmene (tvarové křivky) z digitální fotografie. Na základě pixelů s korekcemi přizpůsobení k eliminaci perspektivních deformací jsou stanoveny opěrné body pro parametrizaci tvarové křivky podle Zacha (1998), popřípadě modifikované podle Wolfa a Zacha (2000), viz obr. 2, ukazuje SW uživatelské rozhraní při zajištění uvedeného postupu. Tento software umožní také zpracovávat manuálně změřené průměry kmene a z toho stanovit tvarové křivky a objemy kmene.

## Výsledky studie

Ze srovnání odvozených inventarizačních parametrů stromů, dat pořízených pozemním laserovým skenováním s kontrolním měřením pokácených stromů je zřetelná dobrá shoda pásmem měřených délek na ležících kmenech s automaticky odvozenými výškami stromů z pozemního laserového skenování.

Z krabicového grafu 1 je patrné, že absolutní hodnoty výsledků automatizovaného laserového skenování ležely pro měřené smrky v průměru -16,9 cm pod hodnotami změřenými na ležících stromech. Pro borovice činila odchylka pouze -4,6 cm.

Těž srovnání výčetních průměrů vykazuje velmi dobré shody mezi manuálně měřenými hodnotami a automaticky odvozenými hodnotami z pozemního laserového skenování.

Tab. 2: Srovnávací hodnocení vhodnosti technologií Dendro Scanner a pozemního laserového skenování ke snímání struktur lesa („+“ výhoda; „o“ žádná jednoznačná výhoda či nevýhoda; „-“ nevýhoda)

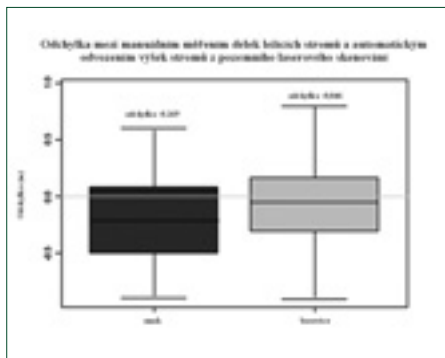
		Dendro Scanner (2D)	Laser Scanner (3D)
Náklady	přístroj	+	-
	měřičské práce	o	o
Časová potřeba	terénní práce	o	o
	vyhodnocování	-	+
Nezávislost na povětrnostních podmínkách	děšť	+	o
	vítr	+	-
Přesnost měření	objem kmene	+	+
Možnost měření	jednoho stromu	+	+
	porostu	-	+
Závislost na věku (stromu) porostu		-	o

U smrku bylo podhodnocení automaticky odvozených hodnot z pozemního laserového skenování v průměru kolem 4,85 mm a u borovice kolem 5,04 mm od manuálního měření, jak je vidět na grafu 2.

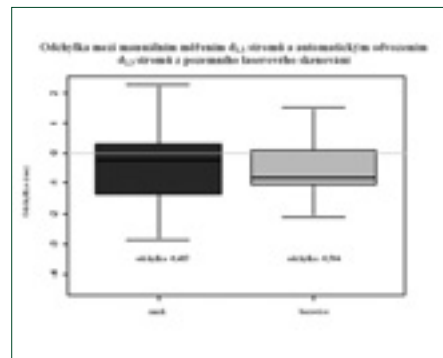
Graf 3 ukazuje, že i v oblasti stanovení objemu hroubí středního kmene vykazují automaticky odvozené veličiny dobré shody s manuálním měřením. Výsledek signalizuje střední odchylky mírného nadhodnocení objemů hroubí středního kmene automaticky odvozených z dat pozemního laserového skenování o 1,07 % u smrku a o 1,47 % u borovice. Šíře rozpětí krabicového grafu ukazuje na ojedinělé značné odchylky o -13 % až +21 % u smrku a o -14 % až +14 % u borovice. Důvodem pro tyto odchylky se zdá být zvolený postup. Měření průměrů kmene po metrových secích vede k zvýšení odchylek vyrovnávací křivky od reálných průběhů tvarových křivek, obzvláště pak u silně zavětvených stromů.

## Srovnání výsledků laserového skenování s výsledky technologie Dendro Scanner

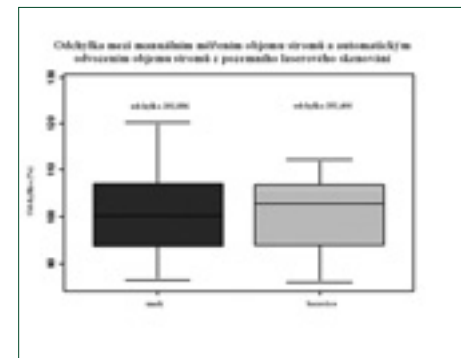
Obrázky 3 a 4 srovnávají objemy hroubí kmenů automaticky odvozené z dat pozemního laserového skenování s objemy hroubí kmenů



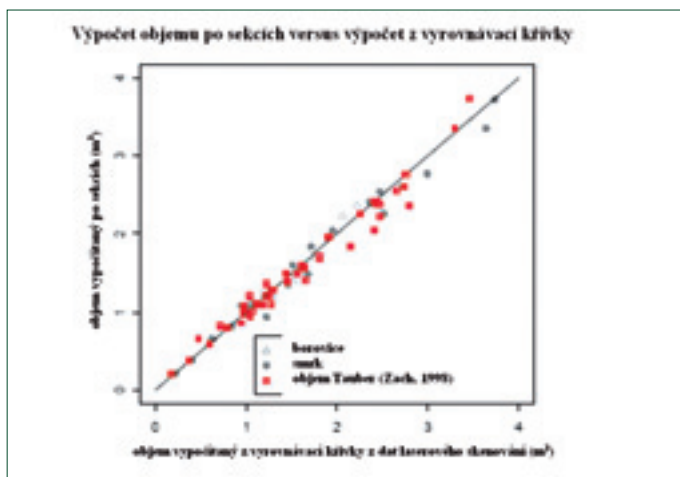
Graf 1: Krabicový graf absolutních odchylek mezi manuálně a automaticky změřenými délkami kmenů



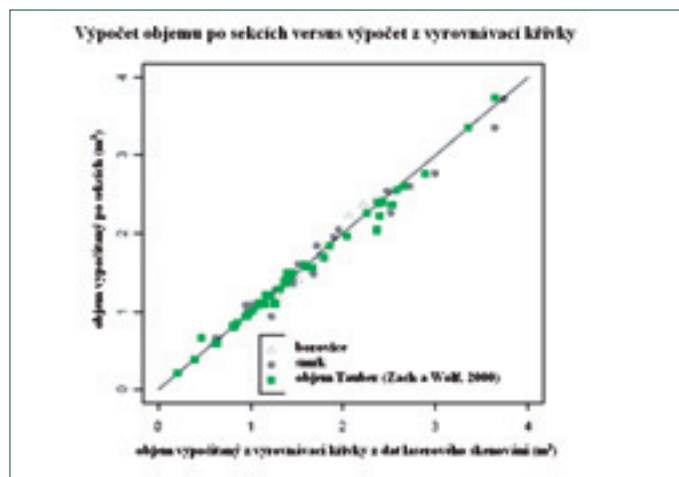
Graf 2: Krabicový graf absolutních odchylek mezi manuálně a automaticky změřenými výčetními průměry kmenů



Graf 3: Krabicový graf absolutních odchylek mezi manuálně a automaticky změřenými objemy kmenů



Obr. 3: Srovnání objemů odvozených z dat pozemního laserového skenování a technologie Dendro Scanner při aplikaci tvarové funkce podle Zacha (1998) pro zjištění objemu hroubí středního kmene.



Obr. 4: Srovnání objemů odvozených z dat pozemního laserového skenování a technologie Dendro Scanner při aplikaci tvarové funkce podle Zacha a Wolfa (2000) pro zjištění objemu hroubí středního kmene.

získanými technikou Dendro Scanner. Je zřejmé, že oba postupy vykazují podobně dobré výsledky při zjišťování hroubí středního kmene. Na obrázku 3 je zřetelná lehce orientovaná odchylka výsledků měření při aplikaci tvarové funkce podle Zacha (1998), zatímco při aplikaci modifikované tvarové funkce podle Zacha a Wolfa (2000) může být orientovaná odchylka odstraněna, jak ukazuje obrázek 4.

Z tabulky 2 vyplývá, že Dendro Scanner je velmi přesná, levná a z velké části i na počasi nezávislá metoda nabízející postup k snímání jednotlivých stromů nebo reprezentativních porostních skupin. Technologie pozemního laserového skenování představuje stejně přesný postup ke snímání velkého

počtu stromů a částí porostů. Pozemní laserový skener je mimoto schopen snímat značné množství dalších inventarizačních veličin. Díky automatickému vyhodnocovacímu programu pro data pozemního laserového skenování se zvyšují výhody s přibývajícím počtem snímaných stromů ve prospěch pozemního laserového skenování.

### Shrnutí

Byly odzkoušeny a porovnány dva moderní přístupy při zjišťování inventarizačních parametrů. Byla srovnána trojdimenzionální technologie pozemního laserového skenování s dvojdimenzionální technologií Dendro Scanner.

Uvedenými technologiemi byly podrobně snímány výčetní průměry, průměry v nesterých výškách na kmeni a výšky stromů. Byl vyvinut program, který s rozdílnými stupni automatizace extrahuje inventarizační veličiny. V případě vhodných porostních podmínek oba postupy nachází vhodné uplatnění při zjišťování inventarizačních veličin (výčetní tloušťka, výška, tvar kmene, objem ad.). Výhoda technologie Dendro Scanner je především v nízkých nákladech a v jednoduchém zacházení a manipulaci. Výhody pozemního laserového skenování jsou především v možnosti precizního snímání plošně větších jednotek s velkým množstvím aspektů. Oba přístupy získaly z představené studie důležité impulzy ke zlepšení a budou se společně dále rozvíjet.

Autoři:

Prof. Dr. Hans Pretzsch TUM München

Dr. Hans-Joachim Klemmt

TUM München

René Tauber Výzkum a poradenství v lesnictví,

Velké Karlovice 897, 756 06;

Petr Macháček ÚHÚL

Ing. Vratislav Mansfeld ÚHÚL

Překlad: Martin Starý

E-mailly:

Hans.Pretzsch@lrz.tu-muenchen.de,

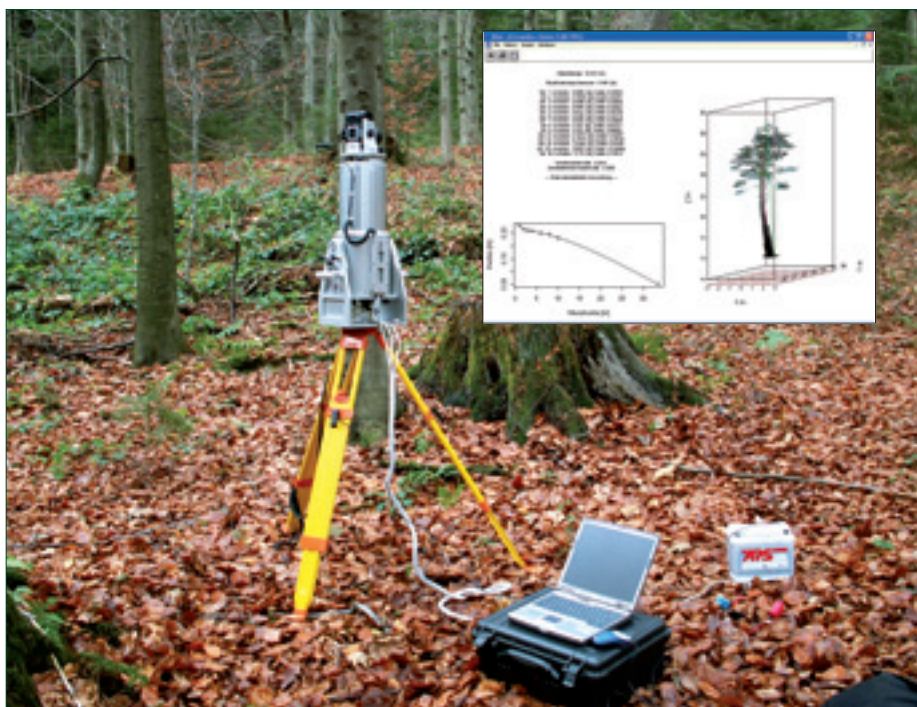
h-j.klemmt@lrz.tu-muenchen.de,

ReneTauber@seznam.cz,

machacek.petr@uhul.cz,

mansfeld.vratislav@uhul.cz,

stary\_martin@centrum.cz



Obr. 5: Sestava pozemního laserového skeneru Z360i firmy Riegl v lesním porostu (ve výřezu obrázek 6. výstup programu R)\*