

**VÝPOČET VELIKOSTI PLOCH POVRCHU LISTNATÝCH STROMŮ A JEJICH
POTENCIÁL PRO PŘÍPADNÉ VYUŽITÍ V SOUDNĚ-ZNALECKÉ PRAXI**
**CALCULATION OF THE SIZE OF THE SURFACE AREA OF DECIDUOUS TREES
AND THEIR POTENTIAL FOR EVENTUAL USE IN A FORENSIC-EXPERT
PRACTICE**

Markéta Honzová⁶⁷, Jan Čermák⁶⁸

ABSTRAKT:

Byl proveden výpočet ploch povrchů nadzemních částí stromových jedinců vybraných druhů (dub letní, jasan ztepilý, lípa srdčitá) na základě souboru dat naměřených v lužním lese v Lednici na jižní Moravě. Základním principem je přepočtení objemových hodnot skeletu (kmene a větví) stromů v tloušťkových třídách na velikost plochy. Byl zhodnocen význam určení těchto parametrů ve vztahu k forenzní ekotechnice. Zejména byla posouzena využitelnost výsledků pro stanovení funkce stromů z hlediska alometrických vztahů (např. plocha kambia ve vztahu k výčetní základně), význam velikosti plochy povrchu kůry při zachycování prachových částic, zadržování vody při intercepci, případně absorpce hluku.

ABSTRACT:

Calculation of the surface area of above ground parts of the tree of chosen species individuals (oak, ash, small-leaved lime) was based on a set of data measured in a flood plain forest in Lednice in southern Moravia. The basic principle is to convert volume values of the tree skeleton (stem, branches) in thickness classes into the size of the area. There was reviewed the importance of these parameters in relation to forensic ecotechnique. In particular, there was assessed usefulness of results for determine functions of trees in terms of allometric relationships (e.g. cambium area in relation to base), importance of the size of bark area to capture dust particles, water interception or absorption of noise.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Krajinný ráz, funkční diagnostika, funkce stromů, listnatý strom, plocha povrchu skeletu

KEYWORDS:

Landscape character, functional diagnostics, tree function, deciduous tree, surface area of skeleton

1 Úvod

V rámci řešení problematiky objektivizace metod využívaných pro hodnocení krajinného rázu byla vypracována tato studie, jejímž předmětem je výpočet velikosti ploch povrchu listnatých stromů jakožto charakteristiky, která je spolu s údaji o listové a kořenové ploše významná z hlediska posuzování zdravotního stavu stromů i jejich funkce v krajině.

Metody stanovení listové plochy a její distribuce v korunách dospělých stromů jsou potřebné pro mnoho studií včetně přepočtu fyziologických měření na jednotlivých stromech

⁶⁷ Honzová, Markéta, Ing. – 1. autor, Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 244/53, 602 00 Brno, +420776146644, marketa.honzova@seznam.cz

⁶⁸ Čermák, Jan, Prof., Ing., CSc. – 2. autor, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie MENDELU v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, +420 545 134 181, jan.cermak@mendelu.cz

(stromových vzornících) na jednotku plochy porostu (1 ha) případně na větší rozlohy např. povodí, lesní podnik apod. Při podobných studiích se mimo listové plochy jako takové nejčastěji pracuje na porostní úrovni s listovou plochou vztaženou na jednotku plochy porostu ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$), která je označována jako index listové plochy (mezinárodní zkratka LAI). Listová plocha byla tímto způsobem měřena u mnoha druhů dřevin i bylin. Šlo například o práce Kirtoka 1969, Running et al. 1986, Čermák 1998, Jonckheere et al. 2005. Stejně jako listová plocha uvažovaná jako plocha asimilační (při fotosyntéze) případně plocha desorpční (při transpiraci) je důležitá absorpční plocha kořenů (z hlediska příjmu vody a minerálních látek). To uvádí např. Eckhard a Horst 1996, Pregitzer et al. 1998, Čermák et al. 2006. Kvantifikace obou těchto ploch je významná pro posuzování jejich poměru, který vypovídá o strukturální bilanci stromu (vyváženosti jeho příjmové a výdajové plochy). To co se v literatuře vyskytuje jen velmi omezeně, je plocha povrchu skeletu stromů, kterou lze dělit na plochu kambia případně felogenu (vlastní produkční plochu stromu) a plochu povrchu kůry s intercepční funkcí např. pro prach, vodu a plyny, (Monserud et al. 1996, Do-Hyung 2001, Urban et al. 2011).

Zjištění produkční plochy skeletu spolu se stanovením dalších operačních ploch může do jisté míry představovat alternativu k měření růstu stromů, resp. možnosti jeho snížení v důsledku např. defoliace nebo jiné operační plochy porostu. Je-li plocha skeletu připadající např. na jednotku plochy listů ve srovnání s určitým etalonem větší, lze důvodně předpokládat, že bude méně zásobena asimiláty a naopak. Právě na stanovení velikosti této plochy pro vybrané druhy listnatých dřevin (dub, jasan, lípa) rostoucí v přírodě blízkému porostu, která představuje zmíněný etalon, je zaměřena předložená práce.

2 Materiál a metoda

2.1 Výzkumná plocha a druhy dřevin

Pokusná plocha podrobně popsána v Penka et al. (1985, 1991) se nachází v lužním lese v aluviu řeky Dyje ($48^{\circ}48'22'' \text{ N}$, $16^{\circ}46'32'' \text{ E}$) v nadmořské výšce 160 m (polesí Horní les, porost č. 523). Lokalita je klasifikována jako *Ulmeto-Fraxinetum crapineum* podle Zlatníka (1976) nebo jako vlhký jasanový lužní les podle klasifikace Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (Plíva 1984). Porost byl vysázen v roce 1880 a v době analýzy prováděné týmem Vyskota (1976) a Vašíčka (1980) představoval z hlediska objemu hroubí 78% dub letní (*Quercus robur* L.), 18 % jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* L.) a jasan úzkolistý (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), 3% lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.) a jedno procento ostatní stromové druhy (*Ulmus carpinifolia* Ruppius ex Suckow, *Acer campestre* L. a *Prunus avium* L.). Střední výška porostu činila 27 m. Hustota porostu a distribuce výčetní základny podle tloušťkových tříd je znázorněna na **Grafu č. 1 a 2**. Podrost zahrnoval druhy *Rubus caesius* L., *Deschampsia caespitosa* L., *Dactylis polygama* (Horv.) Dom., *Viola sylvatica* Fr., *Glechoma hederacea* a *Cornus sanguinea* L. (Vašíček 1975). Všechny dřeviny a byliny se nacházely pod vlivem pravidelných záplav v průběhu celého jejich života a hladina podzemní vody jen zřídka klesala pod úroveň zakořenění. Z těchto důvodů byl porost popsán jako téměř nenarušená přírodní lokalita lužního lesa.

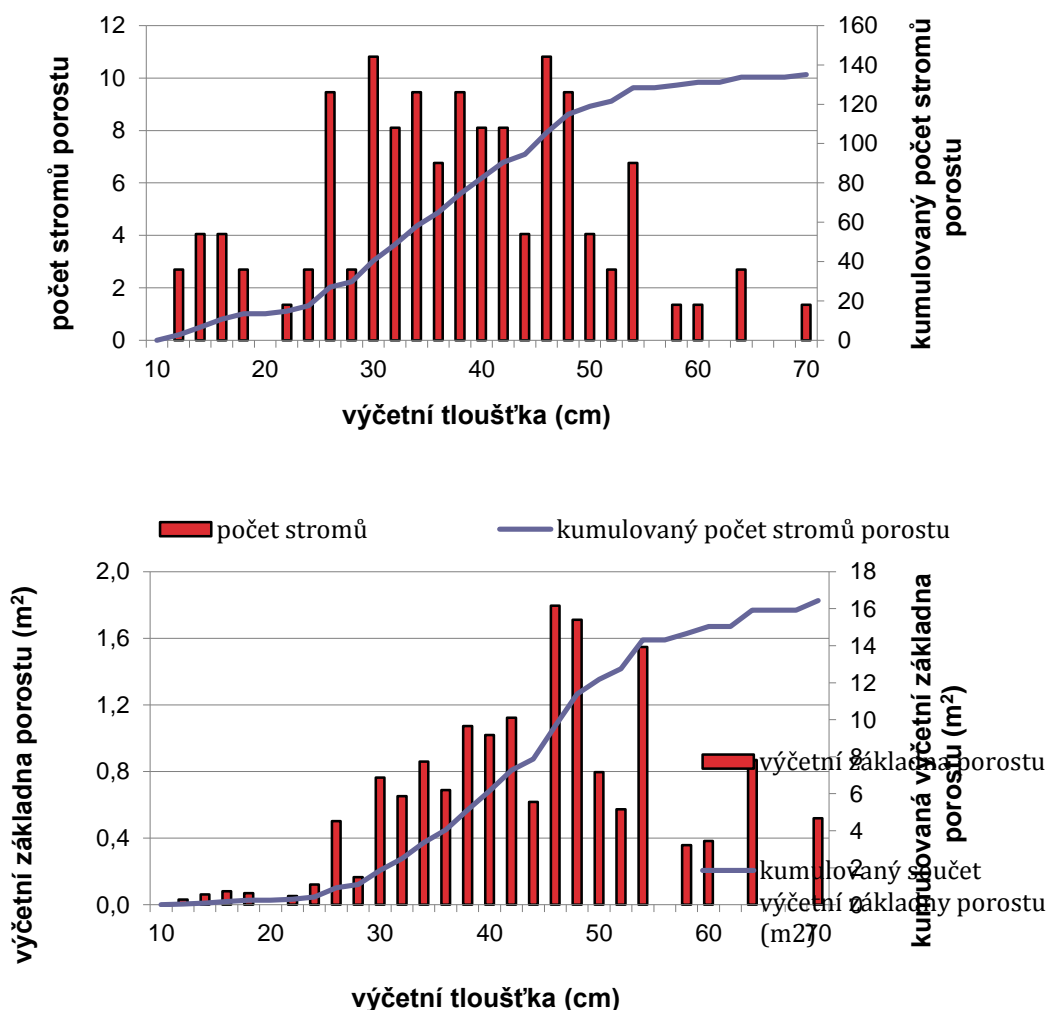
Půda je klasifikována jako semiglej (Pelíšek 1975) nebo hnědá aluviální půda (Šály 1978) s 1-3 m mocnou vrstvou aluviální půdy nad 4-6 m mocným, většinou dobře zavodněným, sěrko-pískovým podložím z Pleistocénních a Holocénních sedimentů z blízké řeky (Ložek 1973). Průměrná roční teplota vzduchu je $9,0^{\circ} \text{ C}$ a průměrný roční úhrn srážek 500 mm.

2.2 Vertikální distribuce skeletu

Studie Vyskotova týmu (1976) zahrnovala 15 vzrostlých stromů dubu, jasanu a lípy různé velikosti a sociálního postavení. Analýza se týkala distribuce listoví a dále skeletu větví, kmene i kořenů tříděných podle tloušťkových tříd, vyjádřených ve váhových jednotkách (čerstvá a suchá hmotnost v kg) a jednotkách objemu (dm^3). Skelet byl přítom roztržěn dle tloušťkových stupňů charakterizovaných průměrnými hodnotami a příslušným rozmezím.

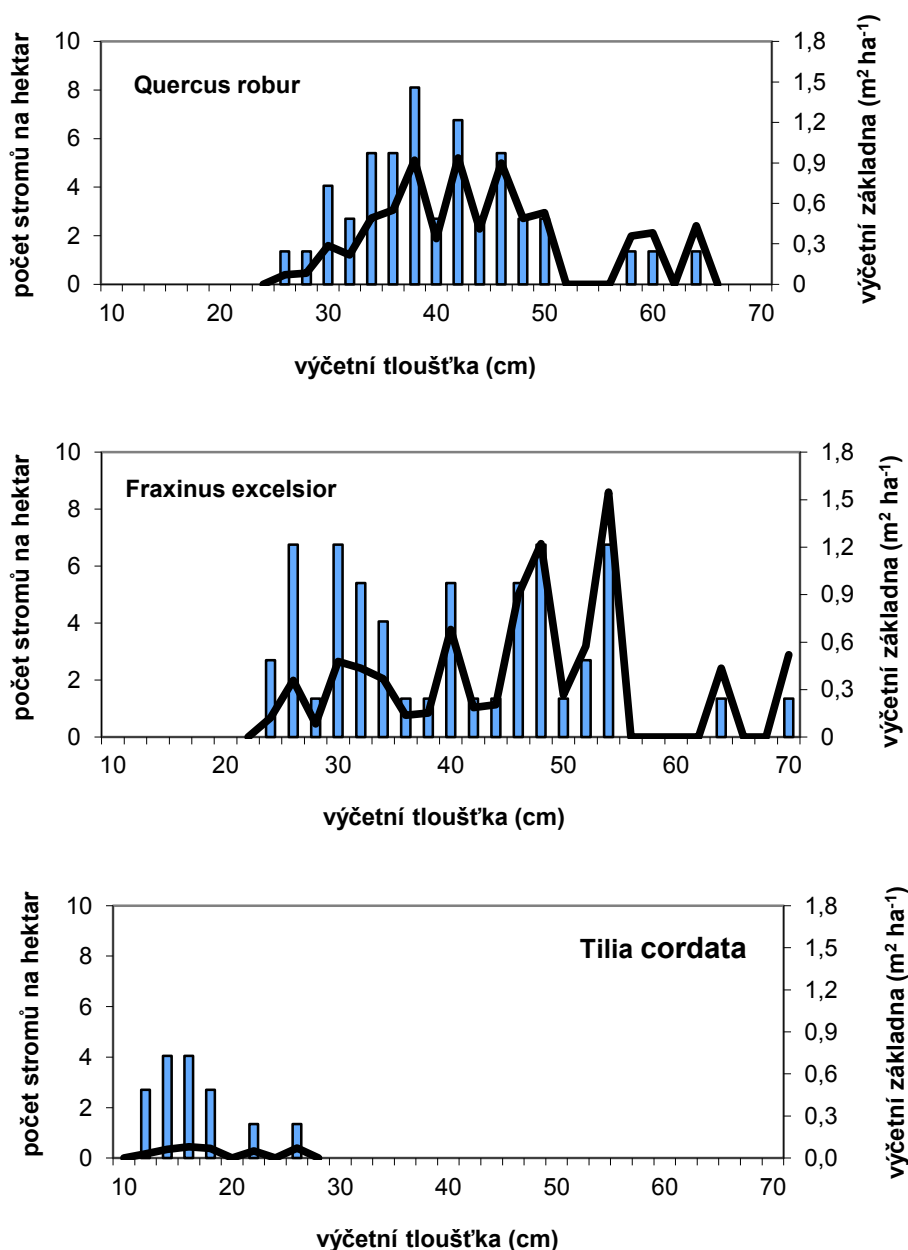
Tento rozsáhlý materiál jsme použili pro odvození plochy povrchu nadzemního skeletu. V první fázi jsme se věnovali obalové ploše celého nadzemního skeletu, na což bude navazovat studie povrchu kambia a kůry. Mimo výše zmíněných literárních údajů jsme od každého druhu odebírali vzorky různých částí, na kterých jsme prováděli vlastní měření sloužící pro kontrolu literárních dat a na základě ještě podrobnějšího rozboru pro jejich další zpřesnění. Data týkající se jednotlivých vzorníků zmíněných druhů byla zobecněna pomocí matematických metod a získané alometrické rovnice byly použity pro přepočítání dat na jednotku plochy porostu dle metodiky, kterou uvádí Čermák (1998).

Z uvedených materiálů vyplývá, že rozmezí výčetních tloušťek dominantních druhů (dub a jasanu) bylo 24 až 70 cm. U podrostní lípy bylo toto rozmezí 12 až 28 cm. Přičemž se jednalo celkem o 135 stromových jedinců (dub 55, jasan 64, lípa 16) s výčetními základnami $7,4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (dub), $8,7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (jasan) a $0,37 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (lípa) (viz Graf č. 1 a 2). Plocha výčetní základny pro celý porost byla $16,4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.



Graf č. 1 – Distribuce počtu stromů v celém porostu (1 ha) dle tloušťkových tříd (horní panel) a distribuce výčetní základny dle tloušťkových tříd (spodní panel). Sloupce znázorňují hodnoty platné pro jednotlivé tloušťkové třídy, křivka znázorňuje kumulované hodnoty pro celý porost.

Graph No. 1 – Distribution of stocking density in the experimental stand (trees per 1 ha, upper panel) and corresponding distribution of stand basal areas according to the same classes (lower panel). Columns represent values in individual classes, line means cumulated values for the stand.



Graf č. 2 – Distribuce počtu stromů jednotlivých druhů v celém porostu (1 ha) dle tloušťkových tříd (sloupce) a distribuce výčetní základny dle tloušťkových tříd (křivka).

Graph No. 2 – – Distribution of stocking density of each species in the experimental stand (trees per 1 ha) according to diameter at breast height classes (columns) and similar distribution of stand basal area in classes (line).

3 Výsledky

3.1 Přehled výsledků

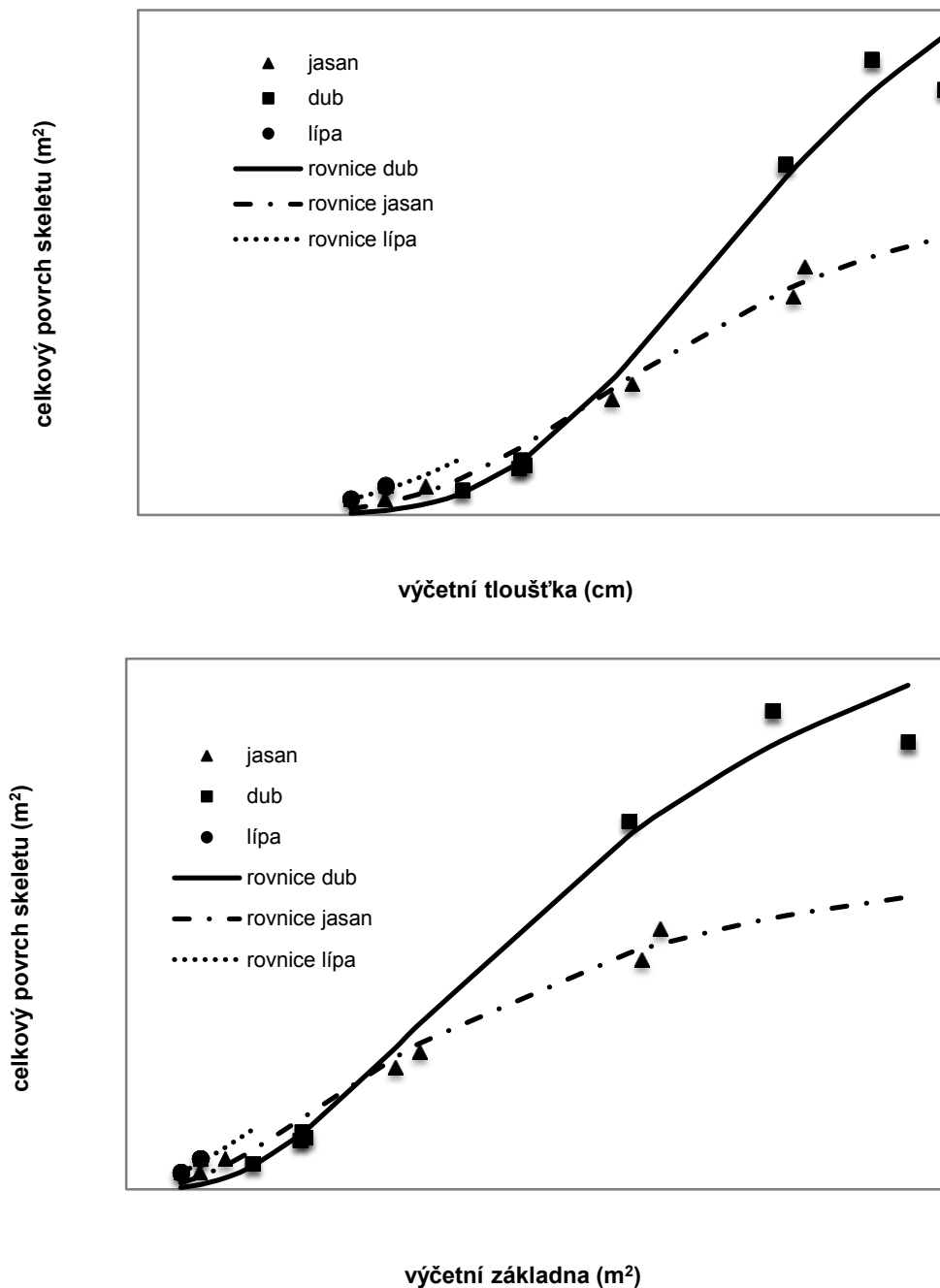
Souhrnné hodnoty vypočítaných velikostí ploch povrchů nadzemního skeletu tříděného podle druhů dřevin a tloušťkových kategorií jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka č. 1 – Souhrnné hodnoty velikostí ploch povrchů částí skeletu dle druhů dřevin a tloušťkových kategorií.

Table No. 1 – Summarized values of skeleton surface areas of stem and branches for different tree species and mean diameter categories.

	tloušťkové rozmezí skeletu živých větví (cm)						suché větve	kmen	skelet celkem
	0 - 0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 13			
výčetní tloušťka	velikost plochy povrchu								
(cm)	(m2)								
dub letní									
69,7	282,86	43,25	34,31	19,62	28,20	24,19	13,87	40,26	486,55
63,4	274,97	43,94	32,13	19,22	30,28	24,73	15,38	38,26	478,92
55,9	173,55	27,92	20,15	12,18	19,45	16,85	54,11	36,06	360,26
33,4	16,29	2,46	1,93	1,07	1,63	1,71	8,27	18,16	51,53
33	16,92	2,73	1,95	1,18	1,92	1,72	9,84	18,76	55,02
32,9	12,99	2,01	1,53	0,88	1,35	1,27	9,59	18,08	47,70
28	4,64	0,69	0,55	0,30	0,46	0,55	0,00	17,33	24,52
jasan ztepilý									
57,6	139,71	21,10	16,58	9,18	13,98	14,96	13,54	37,33	266,38
56,6	127,93	19,06	15,48	8,47	12,27	12,05	13,17	35,71	244,14
42,7	79,36	11,63	9,66	5,17	7,37	7,59	0,00	27,94	148,73
40,9	49,53	7,57	5,68	3,14	5,22	6,56	8,59	29,33	115,61
24,8	9,19	1,45	1,04	0,60	1,02	1,07	0,00	13,97	28,33
21,3	5,66	0,80	0,68	0,35	0,51	0,81	0,43	7,57	16,81
lípa srdčitá									
21,4	13,40	1,86	1,54	0,73	1,22	2,24	0,00	8,11	29,09
18,4	11,31	1,49	1,48	0,72	0,79	0,87	0,00	4,85	21,50
součet	1218,30	187,97	144,69	82,80	125,65	117,17	146,78	351,72	2375,09

Nejvyšší hodnoty vykazují větve nejmenších tloušťek (do 0,5 cm), velikost povrchu těchto nejtenčích větví představuje ve většině případů polovinu celkového povrchu nadzemního skeletu. Naopak nejmenší hodnoty byly zjištěny pro tloušťkové rozmezí 2 až 3 cm.



Graf č. 3 – Závislost celkového povrchu nadzemního skeletu stromů různých druhů na jejich výčetní tloušťce (horní panel) a výčetní základně (spodní panel).

Graph No. 3 – Dependence of total surface skeleton area of different tree species on their breast height diameter classes (upper panel) and their corresponding basal areas (lower panel). Symbols represent individual sample trees.

Závislost celkového povrchu nadzemního skeletu stromových vzorníků na jejich výčetní tloušťce a výčetní základně zachycuje **Graf č. 3**. Alometrické rovnice vypsané v **Tabulce č. 2** ukazují u všech druhů nelineární závislosti.

Tabulka č. 2 – Přehled alometrických rovnic pro výpočet velikosti plochy nadzemní části skeletu.

Table No. 2 – Allometric equations for calculation of total aboveground skeleton surface area (S in m²) in individual trees.

	alometrická rovnice	r ² (koef. determinace)	SE (standardní chyba)
dub	$S = (625 * \exp(-18 * \exp(-0,06 * x)))$	0,985	24,3
jasan	$S = (320 * \exp(-13 * \exp(-0,064 * x)))$	0,988	10,2
lípa	$S = (300 * \exp(-9 * \exp(-0,06 * x)))$	0,988	1,5

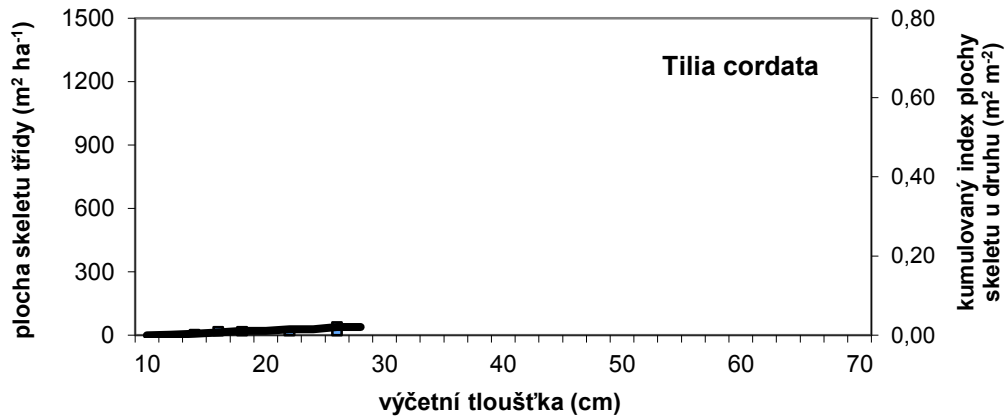
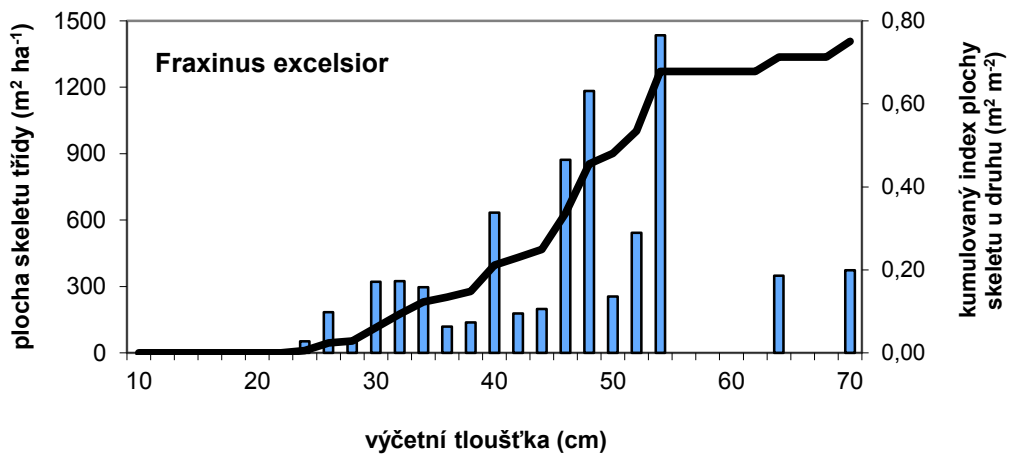
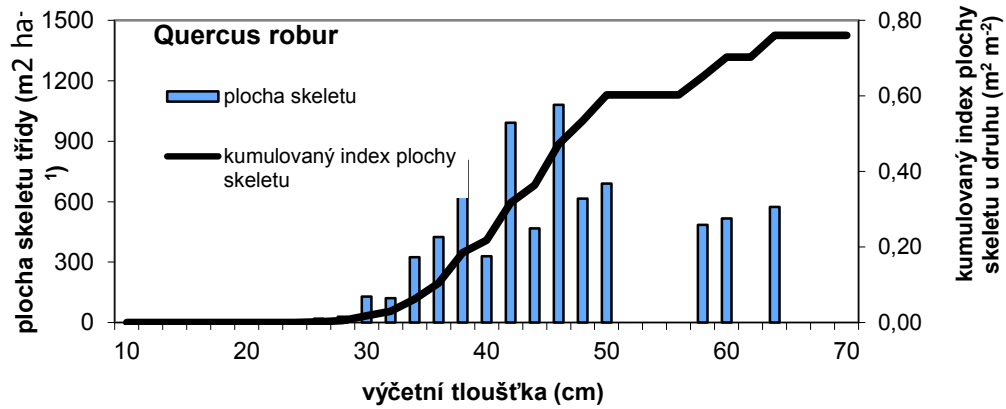
Závislost velikosti celkového povrchu nadzemního skeletu jednotlivých druhů dřevin (**Graf č. 4**) a stromů celého porostu (**Graf č. 5**) na jejich výčetní tloušťce pro jednotlivé tloušťkové třídy vykazuje maxima u dubu pro tloušťkovou třídu 45 až 47 cm (1 081 m² ha⁻¹), u jasanu pro 53 až 55 cm (1 435 m² ha⁻¹) a u lípy pro tloušťkovou třídu 23 až 25 cm (61 m² ha⁻¹). Křivky kumulovaného indexu plochy skeletu ukazují hodnoty 0,76 m² m⁻² (dub), 0,75 m² m⁻² (jasan), 0,02 m² m⁻² (lípa) a 1,53 m² m⁻² pro celý porost.

Operativní plochy porostu jsme zhodnotili vztahem operativní plochy nadzemní části skeletu k ploše celkového a osvětleného listovní stanovených ve stejném porostu dle literárních dat (Čermák 1998). Podíl plochy (m²) skeletu odpovídající listové ploše (m²) jak pro jednotlivé dřeviny, tak pro celý porost je uveden v **Tabulce č. 3**. Rovněž jsou zde obsaženy údaje o ploše skeletu (cm²) připadající na jeden list jednotlivých druhů a celého porostu.

Tabulka č. 3 – Vztah operativní plochy nadzemního skeletu a listovní.

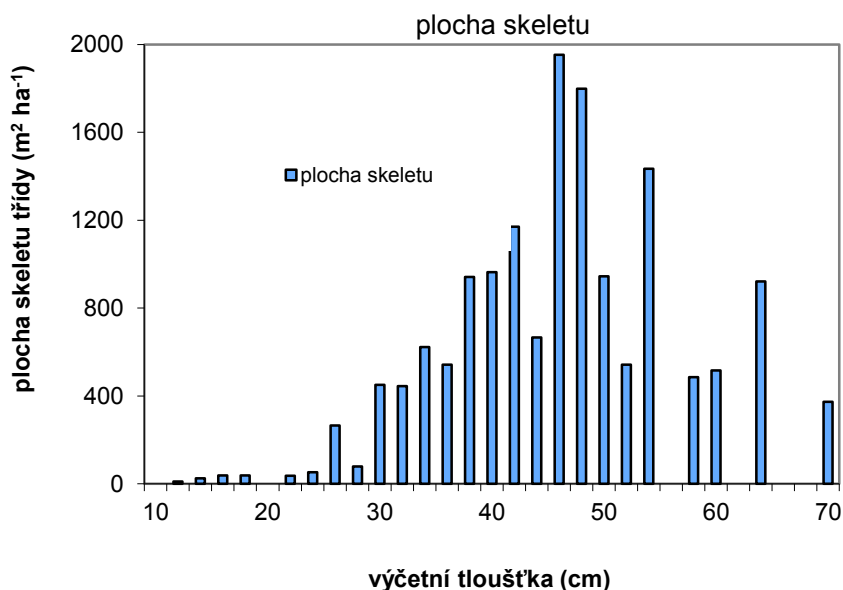
Table No. 3 – Relationship between operative area of surface skeleton and foliage.

dřevina	poměr plochy skeletu k listové ploše		plocha skeletu (cm ²) na jeden list
	celkové	osvětlené	
dub	0,88	2,62	194
jasan	0,67	2,09	202
lípa	0,16	3,47	62
porost	0,65	2,48	162



Graf č. 4 – Závislost celkového povrchu nadzemního skeletu stromů různých druhů na jejich výčetní tloušťce. Sloupce představují plochu skeletu v tloušťkových třídách, křivka znázorňuje kumulovaný index plochy skeletu.

Graph No. 4 – Dependence of total aboveground surface skeleton area of different tree species on their diameter at breast height classes. Columns represent skeleton surface area of classes, line means accumulated index of surface skeleton area for the entire stand (1 ha.)



Graf č. 5 – Závislost celkového povrchu nadzemního skeletu stromů v porostu (1 ha) na jejich výčetní tloušťce. Sloupce představují plochu skeletu v tloušťkových třídách, křivka znázorňuje kumulovaný index plochy skeletu.

Graph No. 5 – Dependence of total skeleton surface area (in m²) on the stand level (all species) on breast height diameter classes. Columns represent areas for such classes, line means cumulated index of skeleton surface area for the entire stand.

3.2 Souhrn

V rámci studie byl proveden výpočet velikost ploch povrchů nadzemních částí stromových jedinců vybraných druhů (dub, jasan, lípa) na základě souboru dat naměřených v lužním lese v Lednici na jižní Moravě. Základním principem je přepočítání objemových hodnot skeletu (kmene a větví) stromů v tloušťkových třídách na velikost plochy. Z vypočítaných hodnot jsme pomocí alometrických rovnic popsali závislost plochy nadzemního skeletu na výčetní tloušťce daného stromu. Tyto rovnice jsme použili ke zjištění plochy povrchu celého porostu (1 ha). S využitím výsledků práce Čermáka (1998) jsme zkoumali vztah operativní plochy nadzemního skeletu a plochy listoví a to jak pro listy osluněné, tak pro všechny listy v porostu. Rovněž jsme se zabývali určením velikosti plochy skeletu (cm²) připadající na jednotku plochy listoví (nebo i jeden list) jednotlivých druhů a celého porostu.

4 Závěr

Znalost velikosti plochy povrchu nadzemních částí stromů lze využít jak pro kvantifikované ohodnocení funkce dřevin z hlediska intercepce (zadržování látek různého skupenství), ale i

k posouzení zdravotního stavu dřeviny dle vyváženosti operativních ploch (kambium, listy). Všechny tyto vztahy jsou významným základem pro standardizaci výpočtů výše popsaných charakteristik v prostředí lužního lesa jižní Moravy. Zjištění produkční plochy skeletu spolu se stanovením dalších operačních ploch v lesních porostech co nejbližším přírodním stavem (tedy stavem, který lze považovat za optimální) může do jisté míry představovat určitý etalon a tím alternativu kvantifikace důsledků poškození stromů, např. vlivem nějakým faktorem způsobené defoliace nebo jiné operační plochy porostu na snížení jeho růstu. Hodnoty růstu (jejichž zjištění je časově náročné) jsou při daném postupu nahrazovány charakteristikami poměrů fyziologických operačních ploch, které růst podmiňují a které lze poměrně rychle odvodit na základě okamžitě zjištěných taxačních dat. (Je-li plocha skeletu připadající např. na jednotku plochy listů ve srovnání s určitým etalonem větší, lze důvodně předpokládat, že bude méně zásobena asimiláty a tudíž strom méně poroste a naopak). Tyto skutečnosti by mohly být použity jako doplnění práce s cílem přiblížení se exaktnosti a tedy objektivizace metod hodnocení krajinného rázu. Uvedený přístup předkládá konkrétní veličiny v rámci subsystému C – vizuální diagnostika, metody CFA (kontaktního ohodnocování rostlinstva), která je významným nástrojem systémové metodologie forenzní ekotechniky: les a dřeviny (Alexandr 2010).

5 Literatura

- [7] ALEXANDR, P. et al.: *Forenzní ekotechnika: les a dřeviny*. CERM, Brno. 2010, 625 s., ISBN 978-80-7204-681-2.
- [8] ČERMÁK, J.: *Leaf distribution in large trees and stands of the floodplain forest in southern Moravia*. Tree Physiol. 1998, 18:727-737.
- [9] ČERMÁK, J.: *Electrical measurement of tree root absorbing surfaces by the earth impedance method: 2. Verification based on allometric relationships and root severing experiments*. Tree Physiol. 2006, 26:1113-1121.
- [10] DO-HYUNG, L.: *Relationship between above- and below-ground biomass for Norway spruce (Picea abies): Estimating root system biomass from breast height diameter*. Journal of Korean Forestry Society. 2001, 90:338-345.
- [11] ECKHARD, G., HORST, M.: *Nutrient and water uptake by roots of forest trees*. Pflanzenernahrung., Bodenk. 1996, 159:11-21.
- [12] JONCKHEERE, I., MUYS, B., COPPIN, P.: *Allometry and evaluation of in situ optical LAI determination in Scots pine: case study in Belgium*. Tree Physiol. 2005, 25:723-732.
- [13] KIRTOKA, V. A.: *Leaf mass of woody species in fresh lime-ash-oak forest mostly composed of Q. petraea*. Biologicheskaya Produktivnost i Ekologa Moldavskich Lesov. Acad. Sci. Moldavskoy SSR, Kishinev, Moldavia. 1969, pp 20-31.
- [14] LOŽEK, V.: *Příroda ve čtvrtohorách*. Academia, Praha. 1973, 350 p.
- [15] MONSERUD, R. A., ONUCHIN, A.A., TCHEBAKOVA, N. M.: *Needle, crown, stem and root phytomass of Pinus sylvestris stands in Russia*. Forest Ecology and Management. 1996, 82:59-67.
- [16] PELÍŠEK, J.: *Dynamika ekologických vlastností půdy v lužním lese jižní Moravy (Lednice)*. In: *Funkce, produktivita a struktura ekosystému lužního lesa*. Sborník referátů Ústavu pro MBP lesnické fakulty VŠZ Brno, Brno. 1975, s. 25-40.

- [17] PENKA, M. et al.: *Floodplain forest ecosystem: I. Before water management measures*. Academia, Praha. 1985, 466 s.
- [18] PENKA, M. et al.: *Floodplain forest ecosystem: II. After water management measures*. Academia, Praha. 1991, 630 s.
- [19] PLÍVA, K.: *Typologická klasifikace lesů ČSR*. Lesprojekt, Brandýs nad Labem. 1984, 117 s.
- [20] PREGITZER, K. S. et al.: *Variation in sugar maple root respiration with root diameter and soil depth*. *Tree Physiol.* 1998, 18:665-667.
- [21] RUNNING, SW. et al.: *Remote sensing of coniferous forest leaf area*. *Ecology.* 1986, 67:273-276.
- [22] ŠÁLY, R.: *Pôda - základ lesnej produkcie. Príroda, Bratislava.* 1978, 233 s.
- [23] URBAN, J., ČERMÁK, J., CEULEMANS, R.: *Spatial distribution of above- and below-ground skeleton dry weight, length, surface, volume and water in a mature Scots pine stand*. Unpublished.
- [24] VAŠÍČEK, F.: *Biomasa a struktura bylinné vrstvy v ekosystému lužního lesa. Výzkumná zpráva, VŠZ, Brno.* 1975, 153 s.
- [25] VAŠÍČEK, F.: *Účinky změn vodního režimu na ekologické podmínky a strukturu a biomasu vrstvy bylin a keřů v ekosystému lužního lesa jižní Moravy.* VŠZ, Brno. 1980, 136 s.
- [26] VYSKOT, M.: *Tree Story Biomass in Lowland Forests in South Moravia*. Academia, Praha. 1976, 186 s.
- [27] ZLATNÍK, A.: *Lesnická fytoecologie.* SZN, Praha. 1976, 496 s.