

EXPERIMENTÁLNE OVERENIE DVOJFÁZOVEJ METÓDY URČOVANIA OBJEMU DREVA NA DOPRAVNÝCH PROSTRIEDKOCH KOMBINÁCIOU ODHADU A MERANIA

ŠTEFAN ŠMELKO¹, RASTISLAV RAŠI¹,

ELENA TAKÁČOVÁ¹, JÁN MERGANIČ², PAVEL MAZAL³

¹Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22,
SK-960 92 Zvolen, e-mail: smelko@nlcsk.org

²FORIM, Výskum, inventarizácia a monitoring lesných ekosystémov,
Kpt. Nálepku 277/11, SK-073 01 Sobrance

³Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno, Zemědělská 3, CZ-613 00 Brno

ŠMELKO, Š., RAŠI, R., TAKÁČOVÁ, E., MERGANIČ, J., MAZAL, P.: Experimental verification of two-phased timber volume determination on trucks by combination of estimation and measurement. Lesn. Čas. – Forestry Journal, 53(4): 293 – 313, 2007, 9 fig., tab. 3, ref. 7. Original paper. ISSN 0323–10468

This paper follows up with the previous work by ŠMELKO (2007a), in which a new two-phased method of timber volume determination on trucks was presented and tested on 98 control timber loads. In this paper, seven different specifications of coefficient k (proportion of timber volume without bark in one cubic meter of load) are compared. Coefficients are labelled k_1 to k_7 . The applied methods are as follows: standard Huber method based on scaling of each log, measurement of log diameters on both log ends, measurement of log diameters on one end – back side of timber load, and three alternatives of timber load measurements on digital photos. The most objective and the most suitable procedure for common practical use is tested.

Key words: *determination of timber volume on trucks, two-phased method – estimation and control sampling measurement, variants of control measurements, experimental verification*

Práca nadväzuje na príspevok ŠMELKO (2007a), v ktorej bol podaný návrh na novú dvojfázovú metódu hromadného určovania objemu dreva na dopravných prostriedkoch a overuje ju na 98 kontrolných nákladoch dreva. Hodnotí a porovnáva sedem rôznych spôsobov stanovenia koeficientov k (objemu dreva bez kôry v jednom priestorovom metri nákladu) označených ako k_1 až k_7 . Ide o klasickú Huberovu metódu kubikovania každého kusa v náklade, meranie hrúbok prierezov dreva na obidvoch čelách, resp. iba na zadnom čele nákladu a o tri varianty snímkovej metódy založenej na zhodnocovaní digitálnej fotografie čela nákladu. Hľadá sa najobjektívnejší a najvhodnejší spôsob pre bežné praktické použitie.

Kľúčové slová: určovanie objemu dreva na dopravných prostriedkoch, dvojfázová metóda – odhad a kontrolné výberové meranie, varianty kontrolného merania, experimentálne overenie

1. Problematika

V predchádzajúcom príspevku (ŠMELKO 2007a) bol predložený návrh na nový spôsob určovania objemu dreva na dopravných prostriedkoch, ktorý využíva výhody dvojfázového postupu. V prvej fáze sa objem dreva každého nákladu stanoví iba približne, ale rýchlo a lacno (napr. kvalifikovaným odhadom, metódou stredného kmeňa alebo použitím dohodnutého paušálneho prevodového čísla – objemu dreva pripadajúceho na 1 priestorový meter nákladu). V druhej fáze sa na menšom počte (10 až 30) nákladov vykoná aj presnejšie zistenie objemu dreva priamym meraním. Vzájomný vzťah medzi údajmi oboch fáz sa potom použije na korekciu pôvodného, predbežne určeného množstva dreva a stanoví sa aj pravdepodobná chyba tohto korigovaného výsledku. Metóda predstavuje prechod od jednotlivého merania každého kusa dreva v náklade k hromadnému meraniu celého nákladu. Prináša časovú i finančnú úsporu, je objektívna a výsledky automaticky prispôsobuje vlastnostiam dreva v lokálnych výrobných podmienkach. Je veľmi dobre upotrebitelná najmä v prípadoch, keď sa drevo dodáva na dopravných prostriedkoch vo väčších množstvách a v konštantných dĺžkach, napr. pri spracovaní kalamít harvestormi. Rovnako môže slúžiť aj na kontrolu správnosti údajov o dodávkach dreva, ktoré v súčasnosti dodávateľ často preberá bez dodatočného preverenia z výsledkov automatizovaného merania u odberateľa.

Na kontrolné zisťovanie objemu dreva v druhej fáze sa môžu použiť viaceré spôsoby, ktoré sú v návrhu metódy opísané iba v základných rysoch. Tento príspevok má za cieľ podrobnejšie charakterizovať všetky možné alternatívy kontrolného merania, experimentálne preveriť ich vlastnosti a komplexne ich porovnať a zhodnotiť z hľadiska presnosti a praktickej upotrebitelnosti. V zásade pôjde o zistenie hodnôt prevodového koeficienta k vyjadrujúceho objem dreva (v m^3) pripadajúci na jeden priestorový meter nákladu, ktorý má pri tejto metóde rozhodujúci význam, pretože keď sa ním vynásobí priestorový rozmer R (šírka $\times$ výška $\times$ dĺžka) konkrétneho nákladu, získa sa celkový objem dreva v náklade V (v m^3).

Overovať sa bude 7 rôznych spôsobov určenia koeficienta k , ktoré kvôli rozlíšeniu označíme nasledovne:

- k_1 – koeficient odvodený z merania každého výrezu v náklade Huberovou metódou, priemerná stredová hrúbka D s kôrou z dvoch meraní je zaokrúhlená na celý cm nadol,
- k_2 – koeficient odvodený z merania hrúbky výrezov na zadnom aj prednom čele nákladu, hrúbky d bez kôry zaokrúhlené na celý cm nadol,
- k_3 – koeficient odvodený z merania hrúbky výrezov iba na zadnom čele nákladu, d zaokrúhlené nadol,
- k_4 – koeficient odvodený z merania hrúbky výrezov na snímke zadného čela nákladu vo dvoch na seba kolmých smeroch v mm (ako k_5), ale priemer hrúbky d zaokrúhlený na celé cm nadol,

- k_5 – koeficient odvodený z merania hrúbky výrezov na snímke zadného čela nákladu vo dvoch na seba kolmých smeroch na mm, priemer hrúbky d nezaokrúhlený,
 k_6 – koeficient stanovený počítačovou analýzou obrazu zadného čela nákladu (bez zaokrúhlenia d),
 k_7 – koeficient stanovený na snímke zadného čela nákladu bodovou metódou (bez zaokrúhlenia d).

2. Experimentálny materiál

Podkladový materiál pre overovanie pochádza z dvoch oblastí Slovenska – z Vysokých Tatier (lokalita Podbanské až Kežmarské Žľaby) a z Horehronia (lokalita Čierny Balog a Červená skála), ktoré boli v roku 2004 postihnuté vetrovou kalamitou a spracúvalo sa v nich veľké množstvo drevnej hmoty aj harvestorovou technológiou. Získal sa v priebehu roka 2005 podľa jednotnej vopred pripravenej metodiky v úzkej spolupráci s prevádzkovými pracovníkmi Štátnych lesov TANAP-u a Lesov SR, š. p., Banská Bystrica. Tvoria ho štyri časti:

- Výsledky merania priestorových rozmerov (šírky, výšky a dĺžky) kontrolných nákladov dreva na odvoznom prostriedku.
- Výsledky merania rozmerov každého kusa dreva v náklade klasickou Huberovou metódou, uskutočneného bezprostredne pred jeho naložením na odvozný prostriedok v lese, resp. po jeho zložení na sklade odberateľa.
- Výsledky merania hrúbok každého kusa dreva bez kôry na zadnom aj prednom čele nákladu, po uložení dreva na dopravný prostriedok.
- Digitálne snímky zadného čela nákladu po vykonaní predchádzajúcich meraní.

Vo všetkých prípadoch ide o tie isté náklady dreva na odvoznom prostriedku. Ich celkový počet je 98, drevinové i sortimentové zloženie je dosť homogénne – prevláda smrek, menší podiel má borovica a smrekovec, ide o guľatinu a vláknu s konštantnou dĺžkou na náklade v rozmedzí 2,5 až 5,5 m. Priemerné hrúbky kusov v jednotlivých nákladoch kolísali od 25 do 40 cm, variabilita hrúbok dosahovala hodnoty 9 až 41 %. Náklady boli väčšinou uložené husto (61 %) a iba v 32 % prípadov obsahovali drevo s veľkou krivosťou alebo hrčavosťou.

Získaný podkladový materiál bol pre ďalšie spracovanie zhromaždený na NLC-LVÚ Zvolen, ad a–c) vo forme terénnych zápisníkov, ad d) elektronickou poštou. Zozbieraný bol s potrebnou zodpovednosťou a po kontrole (porovnaní počtu kusov dreva meraných v náklade a na snímke) nevyžadoval takmer žiadne úpravy. Na spracovaní údajov a na dosiahnutých výsledkoch sa podieľali všetci autori príspevku: Š. Šmelko zabezpečil prevažnú časť celého riešenia, R. Raši a E. Takáčová spracovali variant snímkového zisťovania prevodných koeficientov (k_4 , k_5), P. Mazal určil pre porovnávacie účely prevodné koeficienty k_6 na 10 snímkach nákladu dreva pomocou počítačovej analýzy obrazu vyvinutej na MZLU v Brne a J. Merganič vyhotovil počítačový program na automatizované spracovanie výsledkov celého postupu dvoj-
fázovej metódy hromadného určovania objemu dreva.

3. Algoritmy stanovenia prevodových koeficientov

k_1 až k_7 overovanými variantmi kontrolného merania

3.1. Klasická Huberova metóda – kubikovanie každého kusa dreva osobitne pred naložením alebo po vyložení nákladu (koeficient k_1)

Metóda je všeobecne známa a pre daný účel sa aplikovala v zmysle platnej STN a Nariadenia vlády SR č. 86/2005. Na každom výreze sa v polovici jeho dĺžky L odmerala hrúbka $\bar{D}_j$ s kôrou v dvoch na seba kolmých smeroch D_1 , D_2 , z ktorých sa vy-
počítal priemer $\bar{D}_j$ a zaokrúhlil na najbližší celý cm nadol a určila sa priemerná dĺžka výrezov L (na 0,1 m). Po naložení dreva na odvozný prostriedok sa odmerala šírka

Š a výška H nákladu na jeho zadnom aj prednom čele (s presnosťou na 0,01 m). V rámci kancelárskeho spracovania sa k údajom $\bar{D}_j$ a L z kubíkovacích tabuliek STN 480009 prevzali objemy výrezov v_j (m^3) bez kôry a určil sa celkový objem dreva v náklade V_j ako súčet jednotlivých objemov [1],

$$V_j = \sum_{j=1}^N v_j \quad [1]$$

pričom $j = 1, 2, 3 \dots N$ – poradie výrezov v náklade. Z priemernej šírky $\bar{S}$ a výšky H nákladu na oboch čelách a priemernej dĺžky L výrezov sa vypočítal priestorový objem nákladu [2],

$$R = \bar{S} \cdot H \cdot L \quad [2]$$

Nakoniec sa odvodil zodpovedajúci prevodový koeficient (skutočný objem dreva v m^3 na 1 prn nákladu) podľa vzťahu [3],

$$k_j = V_j / R \quad [3]$$

Aby sa výpočet objemu dreva uľahčil a nemuseli sa jednotlivé hodnoty v_j vyhľadávať prácne v kubíkovacích tabuľkách, boli na báze údajov citovaných tabuliek odvodené regresné rovnice [4, 5],

$$\text{smrek} \quad v = 0,000074 \cdot D^{1,995914} \cdot L^{1,0003} \quad [4]$$

$$\text{borovica a smrekovec} \quad v = 0,0001183 \cdot D^{1,880841} \cdot L^{0,962198} \quad [5]$$

ktoré vyjadrujú objem výrezov v_j (m^3) v matematickej forme ako funkciu ich D (cm) a L (m), pre najčastejšie sa vyskytujúce $L = 2\text{--}6$ m, čo umožnilo celý výpočet zautomatizovať.

S uplatnením metódy neboli závažnejšie problémy, pretože sa v lesníckej praxi bežne používa. Často sa však vyskytovali prípady, že výrezy dreva boli v mieste merania zbavené kôry a to buď na jednej alebo aj obidvoch stranách obvodu, čím sa odmerala menšia hrúbka D_j a príslušná diferencia (K – jednonásobná alebo $2K$ – dvojnásobná hrúbka kôry) by sa pri výpočte objemu bez kôry odpočítala od hrúbky dvakrát, takže objem takého výrezu by bol vždy systematicky menší. Aby sa tomu zabránilo, všetky takéto kusy sa evidovali a chýbajúca kôra (K , resp. $2K$) sa v procese počítačského spracovania k odmeranej hrúbke pridala podľa vzťahov [6, 7] (ŠMELKO *et al.* 2002).

$$\text{smrek} \quad K = 1/2(0,5391 + 0,0169 \cdot d + 0,00021 \cdot d^2) \quad [6]$$

$$\text{borovica a smrekovec} \quad K = 1/2(0,251 + 0,00321 \cdot d + 0,00087 \cdot d^2) \quad [7]$$

3.2. Meranie hrúbok (d bez kôry) všetkých kusov dreva na zadnom i prednom čele nákladu, resp. iba na zadnom čele nákladu (koeficient k_2 , k_3)

Je úplne nový variant, ktorý sa použil v dvoch alternatívach:

- a) pre meranie hrúbok na obidvoch čelách nákladu, zodpovedá mu koeficient k_2 ,
- b) pre meranie hrúbok iba na zadnom čele nákladu, zodpovedá mu koeficient k_3 .

Postup zisťovania vstupných údajov bol pri oboch alternatívach rovnaký. Najprv sa určili rozmery príslušného čela nákladu, jeho šírka $\check{S}$ a výška H a z nich sa vypočítala plocha nákladu PN podľa vzťahu [8],

$$PN = \check{S} \cdot H \quad [8]$$

Potom sa odmerali hrúbky jednotlivých kusov dreva d (bez kôry) na obidvoch čelách, alebo iba na zadnom čele pomocou zasúvacieho metra s milimetrovým delením iba v jednom smere, ale zásadne cez geometrický stred prierezu a šikmo pod uhlom asi 45 stupňov vzhľadom k vodorovnej rovine. Hrúbky d_i sa kvôli jednoduchosť merali s presnosťou na celé cm (zaokrúhľovali sa na najbližší cm nadol i nahor). Zodmeraných hodnôt d_i sa vypočítala skutočná plocha priečných prierezov, t. j. plocha dreva PD (bez kôry) podľa vzťahu [9],

$$P_D = \frac{\pi}{4} \cdot (d_s - 0,5)^2 \cdot N \quad [9]$$

pričom $d_s = \sqrt{\sum_{i=1}^N d_i^2 / N}$ – stredná hrúbka a N počet výrezov v náklade, hodnota 0,5 v zátvorke zabezpečuje zaokrúhlenie odmeraných hrúbok na celý centimeter nadol, tak ako to vyžaduje platná technická norma. Prevodové koeficienty k_2 a k_3 sa odvodili ako pomer plochy dreva PD a plochy nákladu PN na príslušnom čele (ZČ+PČ – zadnom aj prednom, resp. ZČ – iba zadnom) podľa vzťahov [10, 11],

$$k_2 = \frac{P_{D(Z\check{C})} + P_{D(P\check{C})}}{P_{N(Z\check{C})} + P_{N(P\check{C})}} \quad [10]$$

$$k_3 = \frac{P_{D(Z\check{C})}}{P_{N(Z\check{C})}} \quad [11]$$

Tento variant má oproti predchádzajúcemu viaceré výhody, pretože:

- pri alternatíve a) sa určuje objem dreva na princípe Smalianovej metódy (meraním hrúbky na oboch koncoch výrezov sa lepšie podchyť zbiehavosť kusov dreva),
- vylučuje vplyv rôznej hrúbky kôry na výsledný objem dreva (hrúbky d_i sa merajú bez kôry),
- vlastné zisťovanie vstupných veličín je pohodlnejšie a menej prácne.

3.3. Snímková metóda – priame zistenie prevodného koeficienta

k_4 , k_5 , k_6 , k_7 pre celý náklad na fotografii zadného čela nákladu

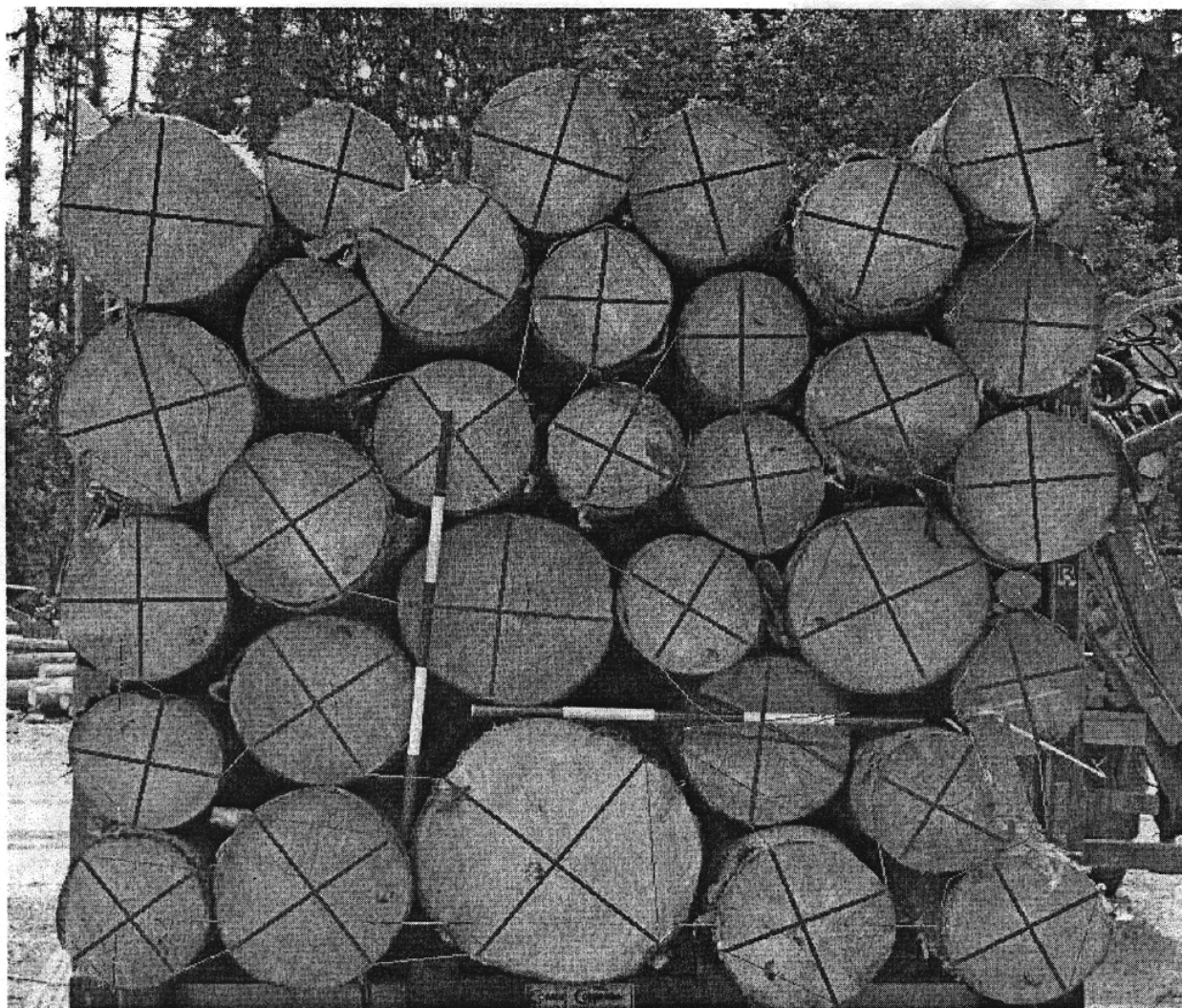
Je ešte jednoduchším variantom, pretože prenáša meranie z terénu do kancelárie (laboratória). Základom je fotografia dobre viditeľného a prístupného čela nákladu (obyčajne zadného) a predpoklad, že toto čelo nákladu reprezentuje hustotu uloženia dreva v celom náklade. Overovali sa štyri alternatívy tohto variantu. Fotografovanie



Obr. 1 Ohraničenie plochy čela nákladu pre účely stanovenia šírky a výšky nákladu

Fig. 1 Determination of timber load backside boundaries for the purposes of specification of timber load width and height

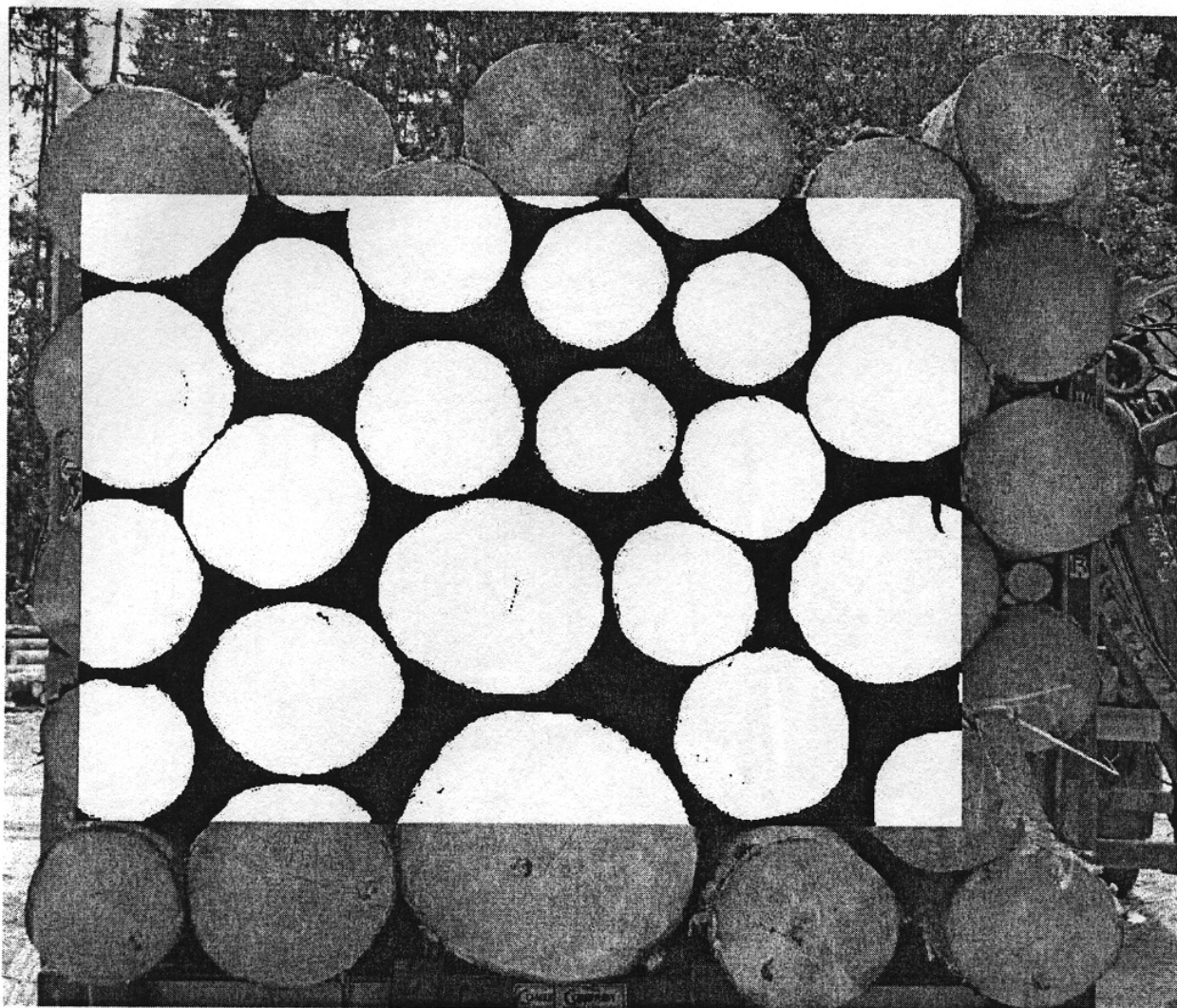
sa vykonalo nasledovne: na zvolené čelo nákladu sa priložila približne v polovici jeho výšky, vodorovne a do hĺbky zodpovedajúcej priemernej rovine priečných prierezov dreva 2-metrová lata, resp. výtyčka (kalibračná grafická mierka pre umožnenie merania v skutočných jednotkách, je však možné aj meranie bez kalibračnej mierky v relatívnych jednotkách). Potom sa digitálnym fotoaparátom zhotovila snímka celého čela, a to v záujme eliminácie skreslenia obrazu z takej výšky a vzdialenosti, aby os záberu bola kolmá na zadné čelo nákladu a pretínala ho zhruba v polovici výšky i šírky nákladu. Snímka sa označila príslušnými identifikačnými údajmi (lokalita a číslo nákladu) a poslala sa elektronickou poštou na spracovanie. Tu sa vykonala obrazová analýza snímky a pre každú zo skúšaných alternatív sa určili dve veličiny – plocha čela nákladu P_N (šírka $\check{S}$ -krát výška H) a skutočná plocha priečných prierezov všetkých výrezov bez kôry, čiže plocha dreva P_D a z nich sa odvodil príslušný prevodový koeficient k . Samotné zistenie veličín P_D a P_N sa urobilo tromi spôsobmi.



Obr. 2 Meranie hrúbok jednotlivých výrezov bez kôry v dvoch na seba kolmých smeroch
 Fig. 2 Diameter measurement of log ends without bark in two directions perpendicular to each other

a) Priame meranie na snímke zadného čela nákladu. Vykonané bolo v prostredí softvéru Topol. Podkladom boli digitálne fotografie s priestorovým rozlíšením v rozpätí 1,7 – 1,8 mm. Tomuto priestorovému rozlíšeniu fotografií zodpovedá aj presnosť rozlíšenia rozhrania dreva a kôry, resp. okraja výrezu s odlúpnutou kôrou a teda aj celková presnosť merania veličín na snímke. Merané boli:

- **Rozmery zadného čela nákladu.** Šírka $\bar{S}$ sa zistila ako vodorovná vzdialenosť medzi zvislými dotyčnicami vedenými vonkajším obrysom dreva a výška H ako vzdialenosť medzi vodorovnými rovinami, z ktorých spodná prechádzala ložnou plochou dopravného prostriedku a horná bola vedená tak, aby prechádzala stredom hornej obrysovej čiary nákladu (obr. 1).
- **Hrúbky čiel dreva d_i .** Boli merané bez kôry, a to v dvoch na seba kolmých smeroch, výnimočne iba v jednom smere (prekryté čelá a pod.), s presnosťou na 0,1 cm



Obr. 3 Výber oblasti na snímke čela nákladu pre stanovenie koeficienta k_6 pomocou počítačovej analýzy obrazu

Fig. 3 Selection of timber load photo sector for determination of coefficient k_6 by digital image analysis

(obr. 2). Za výslednú hodnotu pre každý kus dreva (i) sa považoval aritmetický priemer z obidvoch meraní ($\bar{d}_i, i = 1, 2 \dots N$).

Spracovanie získaných snímkových údajov obsahovalo:

- výpočet plochy čela nákladu $P_N = \check{S} \cdot V (m^2)$
- výpočet plochy čela priečných prierezov (plochy dreva) P_D podľa vzorca [12],

$$P_D = \sum_{i=1}^{i=N} \frac{\pi}{4} \cdot \bar{d}_i^2 \quad [12]$$

ktorý sa vykonal v záujme porovnania výsledkov získaných dvojakým spôsobom:

- tak, ako predpisuje platné Nariadenie vlády č. 86/2005 so zaokrúhlením priemernej hodnoty hrúbky čela $\bar{d}_i$ nadol (plocha je označená ako $P_{D(nadol)}$),
- bez zaokrúhlenia $\bar{d}_i$ (plocha je označená ako $P_{D(stred)}$),

- výpočet skutočného prevodového koeficienta k_4 zo zaokrúhlených hrúbok nadol a k_5 z nezaokrúhlených hrúbok podľa vzťahov [13, 14],

$$k_4 = \frac{P_{D(nadol)}}{P_N} \quad [13]$$

$$k_5 = \frac{P_{D(stred)}}{P_N} \quad [14]$$

b) Počítačová analýza obrazu. Vykonala sa v laboratóriu Katedry hospodárskej úpravy lesov Lesníckej a drevárskej fakulty MZLU v Brne pomocou špeciálneho softvéru. Princípom je vymedzenie masky – pravouhlej plochy na snímke čela nákladu, digitálne zistenie výmery (plochy) tejto masky P_M a plochy dreva bez kôry všetkých kusov dreva, ktoré padnú celé alebo sčasti do zvolenej masky obrazu P_D a nakoniec určenie prevodového koeficienta zodpovedajúceho týmto plochám [15],

$$k_6 = \frac{P_D}{P_N} \quad [15]$$

Pre príklad na obrázku 3 vyšla hodnota koeficienta $k_6 = 0,750$.

c) Bodová metóda. Na snímku zadného čela nákladu zväčšenú na formát A4 sa položila priehľadná fólia s vyznačenou štvorcovou sieťou 1×1 cm (alebo aj hustejšou) a spočítali sa body M_D , ktoré padli na čelá dreva bez kôry a všetky body M_N , ktoré padli na celú plochu nákladu ohraničenú jeho šírkou $\check{S}$ a výškou H (podľa vyššie uvedenej definície, v bode a). Z počtu týchto bodov sa určil prevodový koeficient k_7 [16],

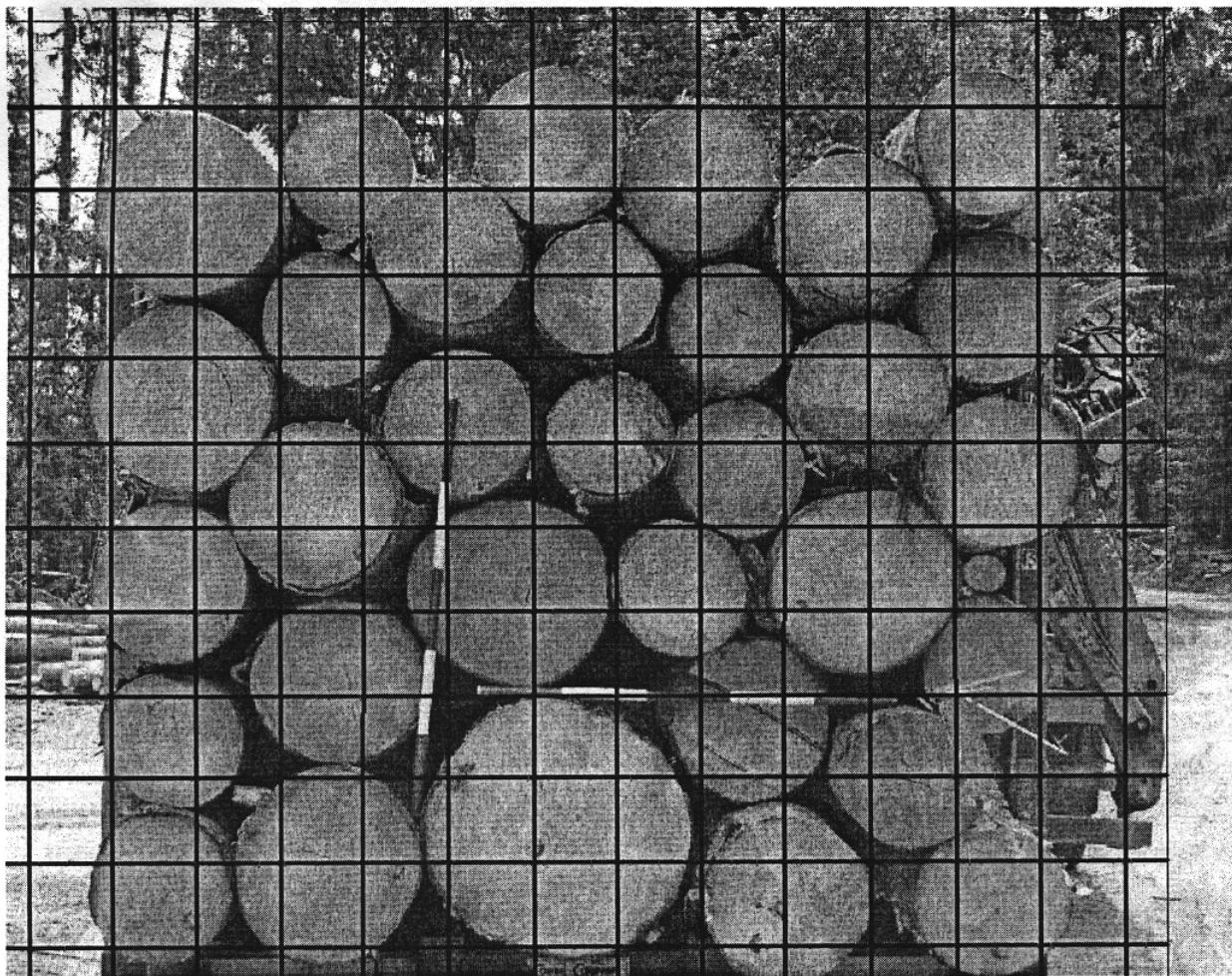
$$k_7 = \frac{M_D}{M_N} \quad [16]$$

Aby sa získal reprezentatívnejší výsledok, celý postup sa zopakoval aspoň 5-krát vždy s trochu posunutou štvorcovou sieťou a z piatich hodnôt koeficientov k_7 , ktoré sa celkom prirodzene od seba vždy viac alebo menej líšia, sa vypočítal aritmetický priemer. Pre príklad na obrázku 4 sa piatimi opakovaniami (i) získali tieto hodnoty:

i	M_D	M_N	k_7
1	141	195	0,723
2	143	195	0,733
3	137	195	0,702
4	139	195	0,713
5	145	195	0,744
Spolu	705	975	0,723

Priemerná hodnota $k_7 = 705 / 975 = 0,723$, alebo $(0,723+0,733+ \dots +0,744) / 5 = 0,723$.

Ak porovnáme výsledné hodnoty prevodového koeficienta získaného uvedenými tromi variantmi a, b, c) pre ten istý kontrolný náklad dreva č. 17, zistíme, že sa navzájom dosť líšia,



Obr. 4 Preloženie snímky pravidelnou sieťou pre stanovenie koeficienta k_7 bodovou metódou

Fig. 4 Regular grid overlay of timber load photo for determination of coefficient k_7 by point method

$$k_{4(nadol)} = 0,706 \quad k_{5(stred)} = 0,727 \quad k_6 = 0,750 \quad k_7 = 0,723$$

ale dajú sa vysvetliť a pochopiť. Rozdiel $k_{5(stred)} - k_{4(nadol)} = 0,021$ t. j. 3,0 % vznikol z titulu zaokrúhľovania hrúbok nadol. Koeficienty k_6 a k_7 sa týkajú plochy dreva, ktorého hrúbky neboli (a metodicky ani nemohli byť) priamo zaokrúhlené nadol. Redukovať sa dajú iba dodatočne, a to indexom $I_{zaokr.}$ podľa vzťahu [17],

$$I_{zaokr.} = \frac{\frac{\pi}{4} N(d_s - 0,5)^2}{\frac{\pi}{4} N(d_s)^2} = \left(1 - \frac{0,5}{d_s}\right)^2 \quad [17]$$

čo však vyžaduje zistenie strednej hrúbky d_s prierezov dreva. Pre náš príklad je $I_{zaokr.} = 0,971$ a redukované koeficienty k_6 a k_7 majú hodnoty 0,728 a 0,702, t. j. ich rozdiely voči $k_{4(nadol)}$ sa zmenšili.

4. Výsledky overenia skúšaných variantov kontroly skutočného objemu dreva v 1 prn nákladu na dopravnom prostriedku a ich rozbor

Výsledky, ktoré sa získali v overovacích pokusoch, sa považovali za výberové súbory a boli analyzované pomocou zodpovedajúcich matematicko-štatistických metód. Spracované sú osobitne podľa lokalít pôvodu dreva i podľa sortimentov, najmä druhu dreviny. V rámci nich sú údaje o prevodových koeficientoch k pre každý zo 7 skúšaných variantov kontrolného merania prezentované v súhrnnej forme (v tabuľkách a grafoch) a posúdené sú jednak vzájomné diferencie medzi nimi, jednak faktory, ktoré ich ovplyvňujú.

4.1. Porovnanie prevodových koeficientov k pri rôznych variantoch kontrolného merania

Toto porovnanie je v celom procese overovacích skúšok najdôležitejšie. V zásade sa môže vykonať medzi všetkými skúšanými variantmi navzájom, avšak prakticky je vhodnejšie porovnať všetky varianty iba k jednému variantu, o ktorom sa predpokladá, že jeho koeficient k je najbližší k skutočnému objemu dreva v 1 prn nákladu. Za takýto variant možno pokladať klasickú Huberovu metódu ad 3.1) s koeficientom k_j , pretože je doteraz prijímaná ako najobjektívnejšia. Pre porovnanie k_j voči k_1 sa zvolil nasledovný algoritmus: Najprv sa pre každý náklad dreva a skúšanú kontrolnú metódu vypočítali dve charakteristiky

– rozdiel (diferencia) medzi koeficientmi $\Delta = k_j - k_1$ [18]

– relatívny pomer medzi koeficientmi $q = k_j / k_1$ [19]

pričom $j = 2, 3..7$ je označenie poradia skúšaných variantov kontroly. Potom sa získané hodnoty Δ aj q zhodnotili súhrnne za všetky vykonané skúšky i za menšie kategórie (lokality, sortimenty). Vypočítali sa ich priemerné hodnoty ($\bar{\Delta}$, $\bar{q}$), variabilita (smerodajná odchýlka s_{Δ} , s_q , variačný koeficient $s_q\%$) a stredná výberová chyba $s_{\bar{\Delta}}$, $s_{\bar{q}}$. Celkové posúdenie rozdielu koeficientov k_j voči koeficientu k_1 sa urobilo pomocou štatistického t -testu (metódou párového výberu, ktorá zohľadňuje koreláciu medzi porovnávanými náhodnými veličinami). Testovacími charakteristikami boli t_{Δ} a t_q [20, 21],

$$t_{\Delta} = \frac{\bar{\Delta}}{s_{\bar{\Delta}}} \quad [20] \quad t_q = \frac{\bar{q} - 1,0}{s_{\bar{q}}} \quad [21]$$

V prípade, že vypočítaná hodnota t bola menšia ako jej kritická hranica $t_{0,05/f}$ resp. $t_{0,01/f}$ pre 95, resp. 99 % spoľahlivosť a počet stupňov voľnosti $f = n - 1$, príslušná diferenciacia sa považovala iba za náhodnú, spôsobenú prirodzeným kolísaním hodnôt k_j . V opačnom prípade by sa už nedala vysvetliť náhodnými vplyvmi a brala sa ako dostatočne (s veľkou istotou) preukázaná a všeobecne platná.

Obidve použité charakteristiky Δ i q majú veľký praktický význam. Prvá dáva možnosť bezprostredne porovnať absolútnu veľkosť koeficientov, druhá vyjadruje ich vzájomný vzťah tak, že pri $q = 1,0$ sú obidva koeficienty rovnaké a líšia sa navzájom tým viac, čím je hodnota q vzdialenejšia od 1,0. Štatistický test príslušné diferencie zovšeobecňuje a jeho veľkou výhodou je, že umožňuje rozlíšiť náhodné a nenáhodné

Tabuľka 1 Priemerné hodnoty koeficientov k_j a ich porovnanie voči koeficientu k_1
 Table 1 Average values of k_j coefficients and their comparison with k_1 coefficient

Lokalita – Locality: Horehronie, Počet výrezov v náklade – Number of logs in timber load $N = 30$ až 69 ks, Dĺžka výrezov – Log lengths $L = 4$ m, Hrúbka výrezov – Log diameters $D = 18$ až 48 cm

Sortiment ¹⁾	Charakteristika ⁵⁾	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
SM Guľatina ²⁾	n	17	17	17	17	17
	$\bar{k}$	0,690	0,701	0,701	0,697	0,715
	$s_k\%$	5,2	3,8	4,4	1,8	1,8
	$\bar{\Delta}$		0,011	0,012	0,007	0,025
	s_{Δ}		0,0403	0,0466	0,0189	0,0200
	$\bar{q}$		1,016	1,016	1,010	1,036
	t - test		0,112	1,061	1,528	5,155**
SM Vláknina ³⁾	n	21	21	21	21	21
	$\bar{k}$	0,686	0,710	0,708	0,690	0,705
	$s_k\%$	4,0	5,5	5,3	2,4	3,0
	$\bar{\Delta}$		0,024	0,022	0,004	0,019
	s_{Δ}		0,0586	0,0595	0,0253	0,0350
	$\bar{q}$		1,034	1,032	1,006	1,028
	t - test		1,877	1,692	0,724	2,487*
SM Spolu ⁴⁾	n	38	38	38	38	38
	$\bar{k}$	0,688	0,705	0,704	0,693	0,709
	$s_k\%$	4,5	4,9	4,9	2,2	2,7
	$\bar{\Delta}$		0,017	0,016	0,005	0,021
	s_{Δ}		0,0522	0,0543	0,0227	0,0293
	$\bar{q}$		1,026	1,023	1,007	1,031
	t - test		2,015	1,818	1,359	4,421**

¹⁾Assortment, ²⁾Spruce Saw logs, ³⁾Spruce pulpwood, ⁴⁾Spruce assortments together, ⁵⁾Characteristic

(skutočné) vplyvy, ktoré vlastnosti skúmaných koeficientov ovplyvňujú, pričom berie do úvahy aj rozsah vykonaných skúšok (počet kontrolných meraní n). S rastúcim počtom meraní sa výberová chyba pokusu znižuje úmerne k $\sqrt{n}$ a aj kritická hranica pre testovaciu charakteristiku t postupne klesá (napr. pri $n = 5; 10; 15; 20; 30; 50$ je $t_{0,05} = 2,78; 2,26; 2,14; 2,09; 2,04; 2,02; 2,00$), čím sa podstatne zvyšuje sila testu. Kvôli prehľadnosti sú vo výsledných hodnotiacich tabuľkách štatisticky preukazné

Tabuľka 2 Priemerné hodnoty koeficientov k_6 (počítačová analýza obrazu) a k_7 (bodová metóda) a ich porovnanie voči koeficientu k_1 (klasická Huberova metóda) a k_4 (hrúbky d merané na snímke zadného čela nákladu a zaokrúhlené nadol). Koeficienty k_6 a k_7 redukované indexom 0,9708 na zaokrúhlenie hrúbok nadol

Table 2 Average values of coefficients k_6 (digital image analysis) and k_7 (spot method) and their comparison with coefficient k_1 (standard Huber method) and k_4 (diameters d measured on the photos of back side of timber load, rounded down). Coefficients k_6 and k_7 are reduced by index 0.9708 representing diameters rounding down

Lokalita – Locality: Horehronie, podsúbor – sub-sample $n = 10$, SM guľatina a vlákna – spruce saw and pulp logs

Charakteristika ¹⁾	k_1	k_4	k_6	$k_6 - k_1$	$k_6 - k_4$	k_7	$k_7 - k_1$	$k_7 - k_4$
n	10	10	10	10	10	10	10	10
$\bar{k}$	0,689	0,698	0,711			0,704		
$s_k\%$	5,2	1,9	3,7			2,8		
$\bar{\Delta}$				0,022	0,013		0,015	0,006
s_{Δ}				0,0624	0,0370		0,0388	0,0331
$\bar{q}$				1,032	1,019		1,022	1,009
t - test				1,115	1,110		1,222	0,574

¹⁾Characteristic

hodnoty t -testu označené hrubým typom písma a jednou, resp. dvomi hviezdikami (* pri 95 % a ** pri 99 % spoľahlivosti).

Z tabuliek 1–3, v ktorých sú zhrnuté najdôležitejšie súhrnné charakteristiky slúžiace na porovnanie koeficientov k_j , vyplývajú tieto poznatky:

- Priemerné hodnoty koeficientov k_j sú pri všetkých 7 skúšaných variantoch kontrolného zisťovania veľmi blízke. Vo všeobecnosti dosahujú úroveň 0,67 až 0,72. Podstatné je, že všetky sú systematicky vyššie ako prevodové koeficienty platné v súčasnosti podľa STN 480055 a štúdie OBALILA (1936) pre rovnané drevo (vlákninu a ostatné priemyselné drevo o dĺžke 1–2 m), a to pre SM 0,66, pre BO a SC 0,63. Ich vzájomné proporcie názorne ukazuje obrázok 5, v ktorom sú citované hodnoty STN označené ako k_{BO} a k_{SM} .
- Prekvapujúca je nízka variabilita jednotlivých hodnôt koeficientov, ktorá v relatívnom vyjadrení $s_k\%$ dosahuje iba 5 % až 2 %, pričom najväčšia je pri klasickej Huberovej metóde a najmenšia pri snímkových spôsoboch kontrolného zisťovania. Tento poznatok má veľký praktický význam, lebo znamená, že už malým počtom výberových kontrolných meraní n okolo 20 sa dosiahne veľmi presné určenie skutočného objemu dreva bez kôry v 1 prn nákladu s chybou nepresahujúcou ± 1 až 2 % s 95 % pravdepodobnosťou.

Tabuľka 3 Priemerné hodnoty koeficientov k_j a ich porovnanie voči koeficientu k_1

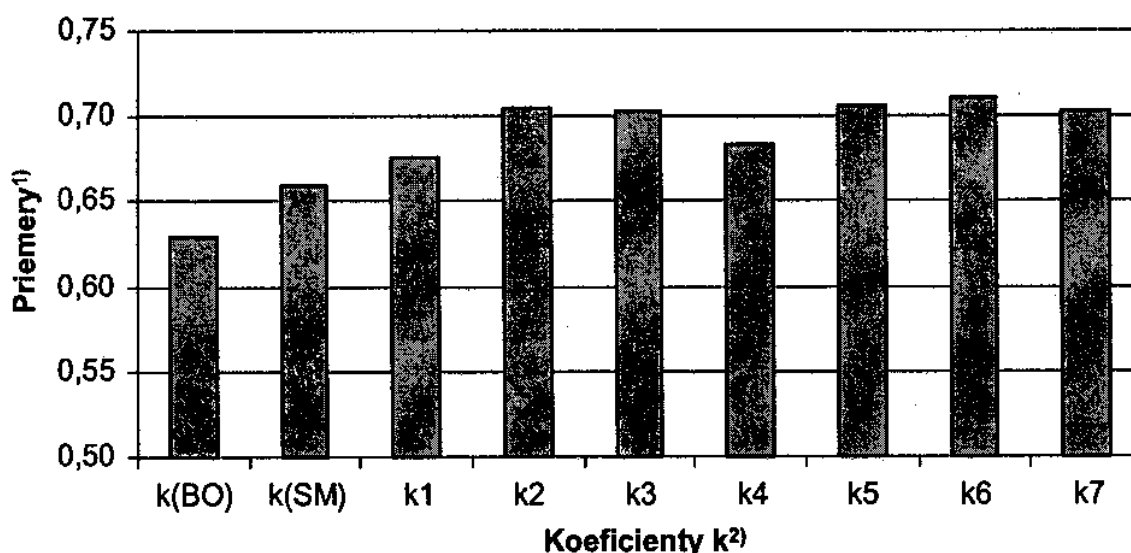
Table 3 Average values of coefficients k_j and their comparison with coefficient k_1 (standard Huber method)

Lokalita – Locality: Vysoké Tatry – High Tatra Mts., Sortiment – Assortments: IPV (piliarske výrezy) a vláknina – spruce saw timber and pulpwood, dĺžka výrezov – Log lengths $L = 2,6$ až $5,4$ m, počet výrezov v náklade – Number of logs in timber load $N = 21$ až 352 ks, hrúbka výrezov – Log diameters $D = 12$ až 60 cm

Drevina ¹⁾	Charakteristika ²⁾	k_1	k_1	k_4	k_5
Smrek ²⁾	n	44	23	23	23
	$\bar{k}$	0,672	0,672	0,675	0,698
	$s_k\%$	4,6	4,3	3,6	3,1
	$\bar{\Delta}$			0,0026	0,0264
	s_{Δ}			0,0306	0,0464
	$\bar{q}$			1,004	1,039
	t - test			0,406	4,783**
Borovica + smrekovec ³⁾	n	16	6	6	6
	$\bar{k}$	0,663	0,653	0,649	0,712
	$s_k\%$	4,4	4,7	4,2	3,9
	$\bar{\Delta}$			-0,0043	0,0588
	s_{Δ}			0,0415	0,0562
	$\bar{q}$			0,993	1,090
	t - test			0,254	2,568*
Spolu ⁴⁾	n	60	29	29	29
	$\bar{k}$	0,669	0,668	0,669	0,701
	$s_k\%$	4,6	4,8	3,7	3,8
	$\bar{\Delta}$			0,0012	0,0331
	s_{Δ}			0,0372	0,0486
	$\bar{q}$			1,002	1,049
	t - test			0,174	3,678**

¹⁾Species, ²⁾Spruce, ³⁾Pine and Larch, ⁴⁾Total, ⁵⁾Characteristic

- Štatistické testy jednoznačne potvrdzujú, že koeficienty k_j , ktoré sa vzťahujú na rovnako definovaný objem dreva v náklade (bez kôry, s hrúbkami výrezov zaokrúhľovanými na celý cm nadol), čiže koeficienty k_1 až k_4 a k_6 a k_7 sú navzájom rovnocenné, diferencie medzi nimi sú štatisticky nepreukazné (náhodné)



Obr. 5 Názorné porovnanie zistených priemerných hodnôt koeficientov k_1 až k_7 (k_{BO} a k_{SM} sú koeficienty STN 480055 pre priemyselné rovnané drevo smreka a borovice)

Fig. 5 Visual comparison of determined average values of coefficients $k_1 - k_7$ (k_{BO} and k_{SM} are STN 480055 coefficients valid for spruce and pine stack wood)

¹)Averages, ²)Coefficient

a v relatívnom vyjadrení voči koeficientu k_1 pomocou pomeru q dosahujú iba 1,01 až 1,03, čiže sa líšia o 1 až 3 %. Osobitne dôležité je zistenie, že koeficienty k_2 a k_3 sú takmer totožné, čo dokazuje, že priamym meraním hrúbok d iba na zadnom čele nákladu sa získa rovnaký výsledok ako meraním hrúbok na oboch čelách nákladu, čiže pohodlnejšie a za polovičný čas. Jedine koeficient k_5 , ktorý bol zámerne odvodený pre objem dreva bez kôry ale s nezaokrúhľovanými hrúbkami kusov dreva nadol, sa štatisticky významne líši od koeficienta k_1 a je v priemere o 3 % väčší. To zároveň znamená, že z titulu zaokrúhľovania hrúbok dreva v zmysle platnej normy na celý cm nadol vzniká diferencia v objeme dreva zhruba +3 %. Poznamenať treba, že tento jav by sa bol prejavil aj pri pôvodných hodnotách snímkových koeficientoch k_6 a k_7 , keby sme ich neboli znížili o časť dreva pripadajúcu na zaokrúhľovanie hrúbok (tak, ako je to uvedené v záhlaví tab. 2) násobným indexom $I_{zaokr} = 0,9708$.

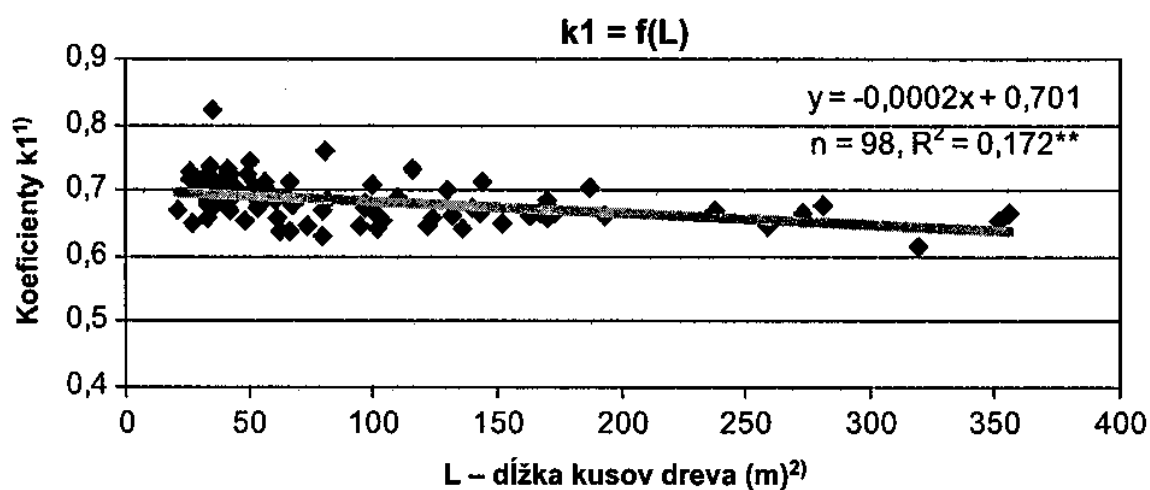
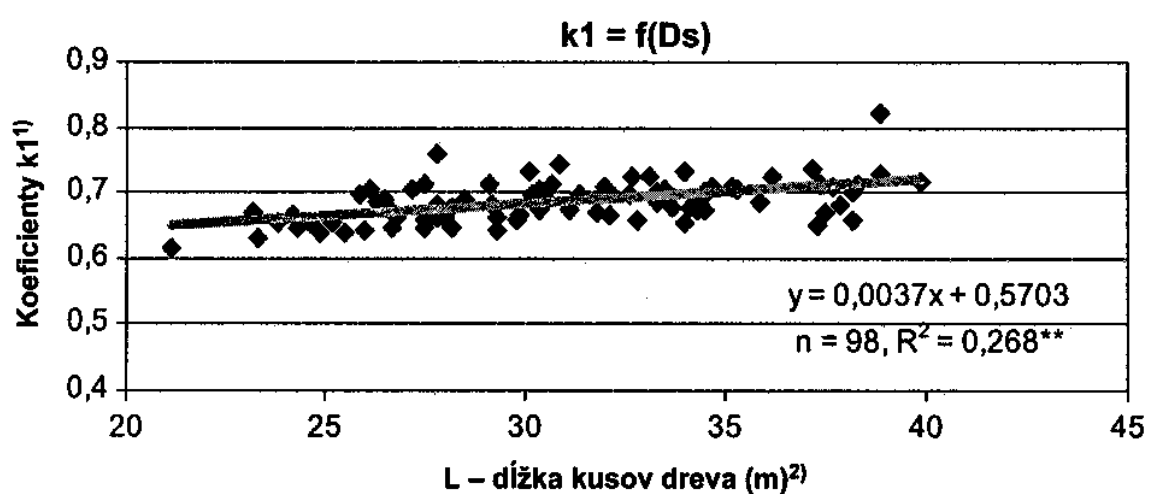
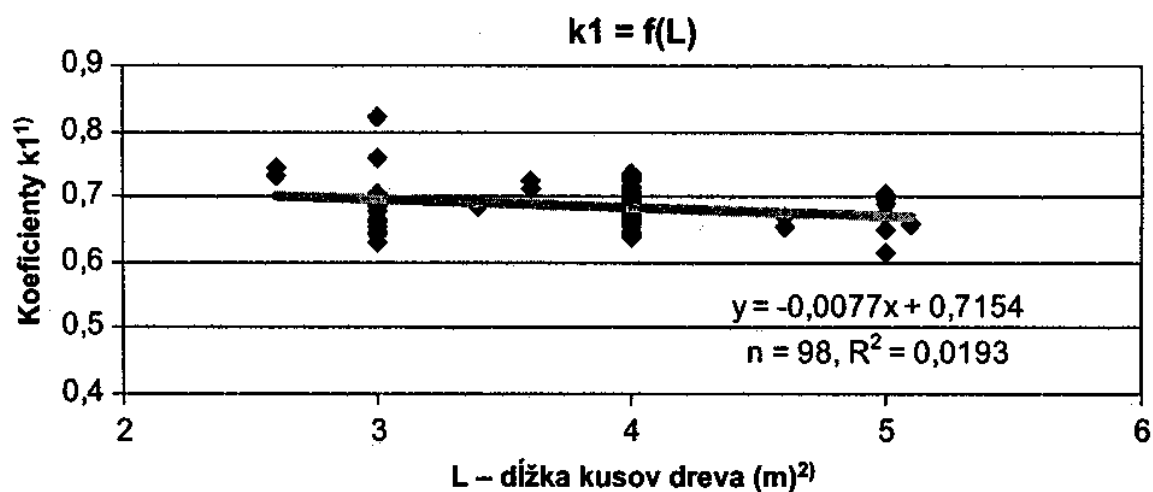
- Na základe uvedených skutočností možno urobiť záver, že pre kontrolné meranie pri dvojfázovej metóde hromadného určovania objemu dreva na dopravných prostriedkoch sa v podstate dajú použiť všetky uvažované varianty, ak sa hodnoty koeficientov k_j vzťahnu v zmysle platnej normy na hrúbky dreva zaokrúhlené na najbližší celý cm nadol. Z praktického hľadiska možno však doporučiť najmä tieto dva varianty:
 - metódu priameho merania rozmerov (šírky $\check{S}$ a výšky H) nákladu a hrúbok bez kôry všetkých kusov dreva d iba na zadnom čele nákladu podľa algoritmu 3.2b
 - alternatíva pre koeficient k_3 a

- snímkovou metódu založenú na meraní rozmerov nákladu a hrúbok priereзов dreva na fotografii zadného čela nákladu podľa algoritmu 3.3a – alternatíva pre koeficient k_p , pretože oproti ostatným variantom majú najväčší počet výhod.

4.2. Závislosť prevodových koeficientov k od niektorých parametrov nákladu dreva

Ako sme uviedli v úvodnej časti príspevku, prevodové koeficienty na prepočet priestorového rozmeru nákladu na skutočný objem dreva v náklade môžu byť celkom zákonite ovplyvnené viacerými vlastnosťami tak dreva ako aj samotného nákladu. Preto sme tento vplyv overili na súbore všetkých našich kontrolných meraní. Ako predpokladané veličiny (X), od ktorých môžu závisieť koeficienty ($k = Y$), sme z disponibilných informácií zvolili druh dreviny, sortiment dreva, lokalitu experimentov, počet kusov dreva v náklade N a ich strednú hrúbku D_s , priestorový rozmer nákladu $R = \check{S}.V.L$, resp. plochu čela nákladu P_N a tiež tvarové vlastnosti dreva (krivosť a hrčavosť) a spôsob uloženia dreva v náklade (husto, riedko). Zhodnotené sú Studentovým t -testom a regresnou analýzou. Výsledky prezentujú tabuľky 1 a 3 a obrázky (6 – 8). Na obrázkoch vidno jednak veľkosť a variabilitu všetkých hodnôt koeficientov, jednak ich vzťah k zvoleným veličinám X , pričom závislosť $Y = f(X)$ je vyjadrená aj kvantitatívne-regresnou rovnicou a stupňom tesnosti vzťahu (koeficientom determinácie R^2 , ktorý svojou hodnotou po vynásobení 100 priamo udáva koľko percent z celkového rozptylu hodnôt prevodného koeficienta k sa dá vysvetliť vplyvom veličiny X . Aby bol skúmaný vzťah štatisticky preukazný (všeobecne platný), musí byť hodnota R^2 pri danom počte kontrolných meraní ($n = 98$) väčšia ako 0,038*, resp. 0,053**. Všeobecne by malo platiť (PRODAN 1965, ŠMELKO 2007b, a i.), že prevodový koeficient by mal byť tým väčší, čím je v náklade menší počet kusov dreva, kratších, ale hrubších a s väčšou hrúbkovou variabilitou, rovných, bez hrčí a uložených husto. Skutočnosť vyplývajúca z našich pokusov je nasledovná:

- Vplyv druhu dreviny na hodnoty k_i sa logicky očakával, ale štatisticky významne sa neprejavil, priemery boli $k_{I(SM)} = 0,672$ a $k_{I(BO+SC)} = 0,663$ a test ich diferencie $t = 0,009/0,0089 = 1,011$.
- Vplyv sortimentu dreva – guľatiny a vlákny sa tiež nepotvrdil, priemerné hodnoty príslušných koeficientov boli $k_{I(GULATINA)} = 0,690$ a $k_{I(VLAKNINA)} = 0,686$ a ich diferencie iba 0,004, testovacia charakteristika $t = 0,004/0,0079 = 0,506$.
- Vplyv rôznej lokality Horehronie a Vysoké Tatry, z ktorých experimentálny materiál pochádzal, sa naopak ukázal ako štatisticky významný, pretože rozdiel medzi koeficientmi smreka $k_{I(HH)} = 0,688$ a $k_{I(VT)} = 0,672$ bol relatívne až 2,3 % a testovacia charakteristika tejto diferencie $t = 0,016/0,0058 = 2,76^{**}$, čo prekračuje kritickú hodnotu $t_{0,01(80)} = 2,64$.
- Z ďalších kvantitatívnych vlastností dreva X sa na hodnoty koeficientov k prejavil relatívne najsilnejší vplyv dĺžky kusov dreva (L) a ich počtu (N), ktoré hodnoty k_i znižujú a stredná hrúbka kusov dreva (D_s), ktorá hodnoty k_i zvyšuje. Pri ostatných preskúmaných veličinách a znakoch sa výraznejší vplyv nepreukázal.
- Dá sa však predpokladať, že po získaní rozsiahlejšieho pokusného materiálu sa závislosti prevodového koeficienta od vlastností nákladu dreva prejaví oveľa vý-



Obr. 6, 7, 8 Závislosť koeficienta k_1 od dĺžky (L), strednej hrúbky (D_s) a počtu (N) kusov dreva v náklade
 Fig. 6, 7, 8 Relationship of coefficient k_1 with the length of logs (L), mean diameter (D_s) and number (N) of logs in timber load

¹⁾ Coefficient, ²⁾ Number of logs, ³⁾ Mean diameters of logs, ⁴⁾ Lengths of logs

raznejšie, takže podľa nich bude možné vytvoriť model diferencovaných priemer-
ných hodnôt prevodových koeficientov pre rôzne podmienky SR.

5. Počítačový program na automatizované spracovanie výsledkov dvojfázovej metódy hromadného určovania objemu dreva

Postup spracovania údajov v dvojfázovej metóde hromadného určovania objemu dreva je pomerne náročný a prácny. Preto sa pre praktickú potrebu vyhotovil kompletný počítačový program pre prvú aj druhú fázu zisťovania, ktorý všetky výpočty automatizuje a zároveň výsledky jednotným spôsobom dokumentuje. Nadväzuje na metodiku opísanú v predchádzajúcom príspevku (ŠMELKO 2007a) a na algoritmy prezentované v kapitole 3 a užívateľovi ponúka vo veľmi nenáročnej forme editáciu zistených údajov a ich komplexné spracovanie pre tri základné varianty kontroly objemu dreva na odvozných prostriedkoch. Upozorniť treba na nové označenie koeficientov: k_1 – koeficient použitý predbežne v 1. fáze podľa tabuliek STN, alebo po dohode medzi dodávateľom a odberateľom dreva, k_2 – koeficient určený z merania kontrolného nákladu zvolenou kontrolnou metódou.

Program je vytvorený v jazyku Visual Basic ako makro bežiacie v prostredí Microsoft Excel. Zostava programu pozostáva zo štyroch zošitov – listov, ktoré sú špecifikované podľa druhu použitej metódy pri kontrolnom hromadnom meraní dreva. Ide o Huberovu metódu – jedna drevina v náklade, Huberovu metódu – viac drevín v náklade, Smalianovu metódu a snímkovú metódu. V hlavičke zošita sa nachádzajú štyri tlačidlá, ktorými sa spúšťajú nasledovné funkcie: „*Editácia údajov pre prvú fázu*“ merania, pomocou ktorého sa vyplňajú kolónky E9 až E18 (obr. 9a), „*Editácia údajov pre druhú fázu*“ merania, pomocou ktorého sa vyplňajú kolónky počínajúc bunkou A22 (obr. 9b), „*Výpočet druhá fáza*“ spúšťa štatistické výpočty a vyplňa bunky J9 až J18 (obr. 9a) a „*Vymaž údaje*“ vyprázdni všetky bunky, ktoré sa vyplňajú a pripraví zošit na vkladanie a výpočet nových údajov.

6. Súhrnné závery a odporúčania

Vykonané experimenty, ktorých cieľom bolo overiť novonavrhnutú metódu dvoj-
fázového hromadného určovania objemu dreva na dopravných prostriedkoch a zistiť,
ktorý zo siedmich skúšaných spôsobov kontrolného merania na menšom počte ná-
hodne vybraných nákladov je najvhodnejší, priniesli viaceré nové poznatky a umožňujú
nasledovné zovšeobecnenia a praktické odporúčania:

- Prevodové koeficienty k (skutočný objem dreva bez kôry v 1 priestorovom metri ná-
kladu) v skúmanej oblasti Vysokých Tatier a Horehronia majú pri guľatine a vlákne
smreka, borovice a smrekovca s dĺžkou 2,5 až 5,5 m priemernú hodnotu 0,67 až 0,72.
Sú tým väčšie, čím je uložené drevo v náklade hrubšie, kratšie a v menšom počte,
určité rozdiely spôsobujú aj rastové a výrobné podmienky v lokalite, z ktorej drevo
pochádza. Týkajú sa objemu dreva bez kôry so zaokrúhľovaním hrúbok jednotli-
vých kusov v náklade na najbližší celý centimeter nadol (v zmysle Nariadenia vlády
SR č. 86/2005). Pri nezaokrúhľovaní, čiže meraní hrúbok na milimeter by hodnoty
 k boli zhruba o 3 % väčšie a pre objem dreva s kôrou by narástli o ďalších 8 %.

Klasická Huberova metóda										Údaje pre stanovenie objemu nákladu v druhej fáze					
jedna drevina v náklade															
Editácia údajov pre prvú fázu			Editácia údajov pre druhú fázu			Typ nákladu - druhá fáza									
5	Náklad č.:					Krivost:					21	Poradové číslo	Priemer stredovej hrúbky (D ₁)	Dĺžka kusa (L ₁)	Objem kusa (V ₁)
6	Sortiment:					Hrúbka:					22				
7	Lokalita:					Spôsob uloženia:					23				
8	1 fáza					2 fáza					24				
9	Zadné čelo	Šírka nákladu 1 (Š ₁) [m]:				Drevina				25					
Šírka nákladu 2 (Š ₂) [m]:					Objem dreva v náklade (V ₂) [m ³]:				26						
Výška nákladu (H) [m]:					Počet kusov (N):				27						
12	Predné čelo	Šírka nákladu 1 (Š ₁) [m]:				Priemerná hrúbka (D) [cm]:									
Šírka nákladu 2 (Š ₂) [m]:					Smerodajná odchýlka hrúbky (s ₀) [cm]:										
Výška nákladu (H) [m]:					Variačný koeficient hrúbky (s _p) [%]:										
15	Dĺžka nákladu (L) [m]:				Hrúbka stredného kmeňa (D ₂) [cm]:										
16	Priestorový rozmer nákladu (R) [prm]:				Skutočný prevodový koeficient (k ₂):										
17	Použitý prevodný koeficient (k ₁):				Diferencia prevodových koeficientov k ₂ -k ₁ :										
18	Objem dreva v náklade (V ₁) [m ³]:				Opravný kvocient (q = k ₂ / k ₁):										

Obr. 9 Umiestnenie funkčných tlačidiel programu a polia identifikačných údajov, údajov prvej fázy merania a výsledkov spracovania údajov druhej fázy merania (9a) a štruktúra rozmiestnenia primárnych údajov pre druhú fázu (9b)

Fig. 9 Software interface, arrangement of push buttons and identification data arrays, first phase measurements and results of second phase data processing (9a) and arrangement of second phase primary data (9b)

- Nami zistené hodnoty koeficientov k pomerne dobre korešpondujú s podobnými údajmi v zahraničí. V starších literárnych prameňoch (BOZDECH, RADA 1982) možno nájsť údaj, že v ČR bol na 75 kamiónoch borovicových výrezov o dĺžke 5 m zistený priemerný prevodový koeficient 0,664, na 7 kamiónoch smrekovej 3 m vlákni-ny 0,700 a vo Fínsku pre 4 m vlákni-ny smreka 0,689. Novšie šetrenia metódou počítačovej analýzy obrazu v ČR (ULRICH *et al.* 2005) prinášajú informáciu, že koeficienty k pre agregované sortimenty a vlákni-ny smreka, borovice a smrekovca dosahujú hodnoty 0,640 až 0,704. Dôležité pritom je, že tak naše ako aj zahraničné údaje sú systematicky väčšie ako zodpovedajúce prevodové koeficienty rovnakého dreva 0,63 až 0,66 (STN 480055), ktoré – keby sa použili – skutočný objem dreva v náklade by podhodnotili minimálne o 2 % až 6 %. Táto skutočnosť jasne potvrdzuje, že navrhnutá dvojfázová metóda pri hromadnom zisťovaní dreva je plne opodstatnená.
- Pokiaľ ide o otázku, ktorý spôsob je pre meranie kontrolných nákladov najvhodnejší, použiteľné sú v zásade všetky uvažované a overované varianty, pretože pokusy s viac ako 95 % spoľahlivosťou potvrdili ich rovnocennosť v stanovení hodnoty k . Z praktického hľadiska možno však doporučiť tieto dve metódy:
 - Metóda priameho merania rozmerov (šírky $\bar{S}$ a výšky H) nákladu a hrúbok bez kôry všetkých kusov dreva d iba na zadnom čele nákladu podľa algoritmu 3.2/ b – alternatíva pre koeficient k_3 . Je jednoduchá, objektívna a hospodárna, viaže sa bezprostredne iba na drevo, vylučuje problém s rôznou hrúbkou kôry, nevyžaduje žiadne náročnejšie meračské pomôcky, poskytuje rovnakú presnosť ako meranie na oboch čelách nákladu a možné ovplyvnenie výsledku nepravidel-

nými prierezmi z oddenkovej časti kmeňov v náklade umožňuje eliminovať odmeraním priemernej alebo minimálnej hrúbky.

2. *Metóda snímková založená na meraní rozmerov a hrúbok prierezov na fotografii zadného čela nákladu* podľa algoritmu 3.3/a – alternatíva pre koeficient k_4 , resp. bodová metóda – alternatíva pre koeficient k_7 . Je rýchla, v teréne nenáročná, dostatočne objektívna, vyžaduje však náročnejšie vybavenie pre vyhotovenie snímok a pre snímkové merania. Presnosť a komfort kancelárskych prác môže podstatne zvýšiť automatizovaná počítačová analýza obrazu – alternatíva pre koeficient k_6 , ale tá vyžaduje ešte špeciálnejšie a aj finančne náročnejšie prístrojové a softvérové vybavenie. Okrem toho obidve posledne menované alternatívy (k_6 , k_7) potrebujú zistenú hodnotu koeficienta dodatočne upraviť o podiel zodpovedajúci zaokrúhľovaniu hrúbok dreva na celý centimeter nadol. Pri všetkých snímkových alternatívach je tiež veľmi dôležité vyhnúť sa v maximálnej miere skresleniu obrazu nákladu i čiel dreva na snímke, a to jednak dôsledným dodržaním všetkých zásad fotografovania sformulovaných v stati 3.3, jednak tým, že do kontrolného súboru sa vyberú len také náklady, ktorých fotografované čelá sú dobre zarovnané (resp. počet zastrčených a vyčnievajúcich kusov je vzájomne vyvážený), sú nepoškodené a dostatočne čisté, bez zablatenia, snehu ap.
- Menej vhodná je klasická metóda priameho merania a kubkovania dreva Huberovou metódou pred naložením, alebo po vyložení nákladu podľa algoritmu 3.1 – alternatíva pre koeficient k_1 . Je neprimerane prácna a citlivá na často chýbajúcu kôru v mieste merania výrezov dreva a s veľkou pravdepodobnosťou (podľa údajov z literatúry KORSUŇ, PRODAN 1965, ŠMELKO 2000) objem dreva o 1 až 1,5 % podhodnocuje. Preto je pre kontrolné účely pri dvojfázovej metóde menej objektívna. Kontroly z merania na harvestoroch alebo z elektronického preberania dodávok dreva po vyložení nákladu u odberateľa sú použiteľné iba vtedy, ak sa dôsledne dodržia predpísané podmienky certifikácie a periodickej kalibrácie meracích zariadení. Do úvahy treba zobrať aj upozornenia z literatúry, že tieto merania môžu objem dreva podhodnocovať až o 10 %.
- Navrhnutá dvojfázová metóda pre hromadné určovanie objemu dreva na dopravných prostriedkoch je metodicky i vecne po vykonanom experimentálnom overení dostatočne pripravená pre širšie praktické použitie. Môže výrazne prispieť k inovačným postupom najmä v prípadoch, keď sa jedná o väčšie množstvá dodávok dreva na bežne používaných prepravných prostriedkoch. Objem dreva určuje s ohľadom na konkrétne rastové a výrobné podmienky dodávateľa, koriguje možné systematické odchýlky všeobecných tabuliek a meracích postupov. Objektívnosť, ktorú ponúka, je v rovnakom záujme dodávateľa aj odberateľa dreva. Jej praktické uplatnenie v dodávateľsko-odberateľskom procese je vhodné zabezpečiť zmluvne dohodou medzi obidvomi partnermi.

Citovaná literatura

1. BOZDECH, J., RADA, P. 1982: Nové způsoby krychlení dříví. Praha, SZN, 165 s. – 2. KORSUŇ, F. 1931: Stanovení krychlového obsahu kulatiny. *Lesnická práce*, s. 122 – 135. – 3. PRODAN, M. 1965: Holzmesslehre. Frankfurt am Main, 644 p. – 4. OBLALIL, Z. 1936: Krychlení rovného dříví. Brno, 47 s. – 5. ŠMELKO, Š., SCHEER, L., PETRÁŠ, R., ĎURSKÝ, J., FABRIKA, M. 2002: Meranie lesa a dreva. Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR Zvolen, 239 s. – 6. ŠMELKO, Š. 2007a: Hromadné určovanie objemu dreva na dopravných prostriedkoch kombináciou predbežného odhadu a spresňujúceho kontrolného merania. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 53(1): 33 – 46. – 7. ŠMELKO, Š. 2007b: Dendrometria. Druhé vydanie. Zvolen, Vydavateľstvo TU Zvolen, 409 s. – 8. ULRICH, R. et al. 2005: Aplikace metodiky výpočtu převodních koeficientů objemu rovného dříví pomocí počítačové analýzy obrazu a její verifikace prostřednictvím elektronické přejímky a stanovení koeficientů podle dřevin a sortimentů pro harvesterovou technologii. Závěrečná správa projektu. Brno, LDF MZLU, 42 s.

Summary

The analysis of the whole tested set of experimental timber loads showed that in the case of saw logs and pulp wood logs of constant length ranging from 2.5 to 5.5 meters the actual conversion coefficients k are in the range from 0.67 to 0.72 (timber volume in one stacked cubic meter). Statistical tests confirmed that all 7 tested alternatives of conversion coefficient determination produce equivalent results if timber volume is calculated from log diameters that are rounded down to whole centimeters according to valid standards. For practical application two alternatives are recommended: measurement of log diameters on backside of timber load in the field (k_f) or photo measurement in the office (k_o) because these methods have the most advantages. Automated data processing software for the mentioned two-phased method was compiled to make easier practical calculations. All conclusions are valid with confidence of more than 95%.

*Translated by authors
Revised by Z. AL-ATTASOVÁ*