

## ANALÝZA MOŽNOSTÍ UPLATNENIA VÝBEROVEJ INVENTARIZÁCIE LESA PRE STANOVIŠTNE DEFINOVANÉ ÚZEMNÉ JEDNOTKY

ŠTEFAN ŠMELKO

Kimovská 20, SK – 960 01 Zvolen, e-mail: smelkovci@gmail.com

ŠMELKO Š.: Analysis of possibilities to realize a sampling forest inventory for typological determined territorial units. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 55(4): 341 – 351, 2009, 1 fig., tab. 3, ref. 9. Original paper. ISSN 0323 – 10468

The paper analyses basic biometrical principles of sampling forest inventory for typologically determined territorial units in Slovakia – forest regions and forest site types. Such approach differs from other conventional inventories, as the number of these units is too big. It brings some troubles, because each sampling inventory is, regarding costs and accuracy, the most effective when the inventory area is large and the number of its parts is small. To reach an optimal solution, several alternatives for an optimal type and density of inventory plots as well as for the choice of information spectrum are analysed and compared. At the same time some issues, which must be reviewed in construction of corresponding sampling design, are formulated. Decision from the viewpoint of forestry ecology and typology must be taken as well.

**Key words:** *sampling forest inventory, typological determined units, information spectrum, sampling design, precision and costs*

V príspevku sa rozoberajú základné biometrické princípy výberovej inventarizácie lesa pre stanovištne definované územné jednotky, a to lesné oblasti a lesné typy. Takáto koncepcia sa oproti bežným inventarizáciám odlišuje v tom, že počet týchto jednotiek, pre ktoré sa majú výsledky zovšeobecňovať a vo výstupoch aj osobitne triediť je príliš veľký. To spôsobuje určité problémy, pretože každé výberové zisťovanie je z hľadiska nákladov a presnosti najefektívnejšie vtedy, keď inventarizovaná územná jednotka je veľká a počet triediacich kategórií v nej je naopak malý. Aby sa dosiahlo optimálne riešenie, v príspevku sa rozoberajú a vzájomne porovnávajú viaceré alternatívy pre vhodný typ a hustotu inventarizačných plôch a pre voľbu informačného spektra takejto inventarizácie. Súčasne sa formulujú aj niektoré otázky, ktoré je potrebné pri tvorbe zodpovedajúceho výberového dizajnu špeciálne posúdiť a rozhodnúť z hľadiska lesníckej ekológie a typológie.

**Kľúčové slová:** *výberová inventarizácia lesa, stanovištne definované územné jednotky, informačné spektrum, výberový dizajn, presnosť a náklady*

## 1. Problematika

Výberová inventarizácia lesa založená na stanovištne definovaných územných jednotkách sa plánuje zaviesť ako nový inovačný prvok do komplexného zisťovania stavu lesa (KZSL) v Slovenskej republike (RIZMAN 2007). Predstavuje zásadnú zmenu doterajších postupov. Je prechodom od plošného zisťovania realizovaného jednoduchou terénnou pochôdzkou k výberovému zisťovaniu na vopred stanovenej sieti skusných (inventarizačných) plôch a umožňuje podstatne rozšíriť spektrum zisťovaných veličín a zvýšiť objektívnosť ich kvantifikácie. Keďže základnými územnými celkami inventarizácie majú byť lesné oblasti a triediacimi znakmi lesné typy, možno ju pomenovať ako „stanovištná“, „typologická“, „ekologická“ alebo „oblastná“ výberová inventarizácia. V celkovom systéme inventarizačných metód zaujíma postavenie medzi inventarizáciou regionálnou a podnikovou. Má však dve typické zvláštnosti. Lesné oblasti sú definované ako rámcovo prírodné homogénne územné jednotky vytvorené na základe biogeografickej rajonizácie SR, nezávisle od organizačného a geopolitického členenia a vlastníckych a užívateľských vzťahov k lesu (VLADOVIČ *et al.* 1994, VLADOVIČ 1997) a ich počet je pomerne veľký – až 47. V rámci lesných oblastí sa vyskytujú ďalšie typologické jednotky – lesné typy, prípadne ich vyššie nadradené jednotky (skupiny lesných typov, hospodárske súbory lesných typov), ktorých potencionálny počet je ešte väčší, rámcovo niekoľko sto. To spôsobuje vážne problémy metodického i vecného charakteru, ktoré vyžadujú:

- 1) účelne zoskupiť lesné oblasti a aj lesné typy do menšieho počtu agregovaných jednotiek a
- 2) hľadať optimálny výberový dizajn, ktorý by zabezpečil únosnú a prakticky upotrebiteľnú presnosť a hospodárnosť takejto inventarizácie.

Cieľom príspevku je analyzovať uvedené problémy predovšetkým z biometrického hľadiska – podať námety týkajúce sa vymedzenia územných celkov inventarizácie, voľby spektra zisťovaných veličín a vhodného druhu a veľkosti inventarizačných plôch, preskúmať dosiahnuteľnú presnosť a náklady pri rôznej hustote inventarizačnej siete a súčasne sformulovať aj aktuálne otázky súvisiace s lesníckou typológiou. Pritom analýza sa robí pre dve možné alternatívy „oblastnej“ inventarizácie, a to ako:

- a) *jednostupňové KZSL* – typologická jednotka je rovnocenná ostatným veličinám informačného spektra, napr. drevine, vekovej kategórii ap.,
- b) *dvojstupňové KZSL* – typologická jednotka je nadradená a vystupuje ako triediaci znak a nositeľ všetkých ostatných informácií (pre každú typologickú jednotku sa spracúvajú samostatné výstupy o drevinovom zložení, veku, prirodzenosti, ekologickej stabilite atď.).

Alternatíva ad a) je v súčasnosti už bežná pri väčšine národných inventarizácií lesa a uplatnila sa aj v našej prvej NIML SR 2005 – 2006 (ŠMELKO *et al.* 2008). Alternatíva ad b) je úplne nová a v dostupnej literatúre je známy podobný pokus jedine z Českej republiky (ČERNÝ *et al.* 2004), kde Ústav pre výskum lesných ekosystémov vypracoval takýto variant pre úroveň podnikovej inventarizácie a realizoval ho v niekoľkých národných parkoch a chránených územiach. Lesné typy integruje do tzv. typov vývoja lesa a v rámci nich zavádza ďalšie triediace kategórie tzv. typy porastu a jeho segmen-

ty. Širšie praktické využitie tohto variantu sa zatiaľ nezaznamenalo. Môže byť však dobrým podnetom pre naše úvahy o výberovom spôsobe KZSL.

## 2. Vymedzenie územných jednotiek pre oblastnú inventarizáciu

Územné jednotky predstavujú z biometrického hľadiska samostatné základné súbory, v ktorých sa inventarizácia vykonáva a pre ktoré sa získané údaje samostatne spracúvajú a prezentujú ako priemerné hodnoty veličín a ich výberové chyby vo zvolených triediacich kategóriách. Môžu sa vytvárať v podstate ľubovoľne, ale rozhodujúci by mal byť cieľ a účel inventarizácie, závislý od záujmu objednávateľa a budúceho užívateľa informácií, pričom optimálnym riešením je, keď výsledky majú polyfunkčné využitie. Veľmi dôležitým a do značnej miery obmedzujúcim faktorom pritom je biometrický poznatok, že v každej územnej jednotke – malej i veľkej, ak ich vnútorná štruktúra je aspoň približne rovnaká – treba pre tú istú požadovanú presnosť založiť rovnaký počet inventarizačných plôch, z čoho vyplýva, že najlepšie je, keď územné jednotky sú čo možno najväčšie a ich počet čo najmenší a zároveň keď sú navzájom vyvážené (výmera lesa v nich je približne rovnaká).

Odbor KZSL v pripravovanej výberovej inventarizácii uvažuje už s určitým zoskupením lesných oblastí, ich počet je namiesto 47 zredukovaný na 18. Výmera agregovaných lesných oblastí kolíše od 70 tisíc do približne 1 milióna ha. Výmera lesa na lesných pozemkoch v nich má minimálnu hodnotu 11 tisíc ha, maximálnu 340 tisíc ha a priemernú okolo 100 tisíc ha. Lesnatosť v oblastiach sa pohybuje od 9 % do 76 %.

Navrhnutú integráciu lesných oblastí možno akceptovať, ale dobre by bolo podrobiť ju ešte ďalšiemu prieskumu so zameraním na tieto dve otázky:

- 1) Preskúmať, či sa agregované oblasti okrem predpokladaných typologických rozdielov líšia aj v produkčných a ekologických charakteristikách. V prípade, že budú tieto diferencie štatisticky nevýznamné (menšie ako je chyba zistenia porovnávaných veličín), treba sa pokúsiť o ďalšiu agregáciu. Ponechanie väčšieho počtu oblastí ako je nevyhnutné by bolo zbytočné a ekonomicky neprijateľné. Dobrou pomôckou pri riešení tohto problému nielen na úrovni lesných oblastí, ale aj na úrovni lesných typov môžu byť poznatky z vyjadrenia vzťahov medzi stanovišťom a produkciou pri modelovaní rastu lesa v rôznych krajinách (pozri ŠMELKO, WENK, ANTANAJTIS 1992) – stanovištné rastové tabuľky sa ukázali ako málo vhodné a rozdielnosti v porastových charakteristikách podmienené stanovišťom sa podchytili celkom dobre pomocou troch stupňov definovaných buď produkčnou úrovňou (vo Veľkej Británii a v Nemecku), rýchlosťou rastu (v bývalej NDR) alebo zásobovou úrovňou (na Slovensku) a bonitou vyjadrenou buď strednou výškou, hornou výškou alebo celkovou objemovou produkciou drevín.
- 2) Zistiť, do akej miery je možné hranice agregovaných oblastí zjednotiť s hranicami samosprávnych a organizačno-hospodárskych územných celkov (krajov a LUC), aby výsledky oblastnej inventarizácie boli priamo využiteľné aj pre tieto územné celky a mohli slúžiť tiež ako podklad pre regionálnu a podnikovú inventarizáciu. Problém je v tom, že výsledky výberovej inventarizácie lesa sa spracúvajú vždy ako priemer za príslušný územný celok a pri zmene hraníc tohto celku (ak z neho

vypadne čo i len jedna inventarizačná plocha), musia sa výstupy vyhotoviť znova, údaje sa nedajú jednoducho spočítavať.

### 3. Voľba informačného spektra

Informačné spektrum inventarizácie je dané súborom zisťovaných veličín. Pri jeho voľbe treba zohľadniť viaceré okolnosti. Rozhodujúci je opäť cieľ a účel inventarizácie, ale aj ekonomika zisťovania. Všeobecne platí, že väčší počet zisťovaných veličín zväčšuje prácnosť a časové i finančné náklady na zisťovanie v rámci jednej inventarizačnej plochy, avšak pre celú inventarizáciu skoncipovanú komplexne je spravidla výhodnejšie širšie informačné spektrum ako vykonanie samostatných inventarizácií orientovaných na malý počet veličín. To vedie v celosvetovom meradle k postupnému prechodu od špecializovaných inventarizácií (osobitne pre produkciu, zdravotný stav, biodiverzitu, infraštruktúru lesa ap.) k tzv. integrovanej viacúčelovej inventarizácii.

V plnej miere to platí aj pre pripravovanú „oblastnú“ inventarizáciu. Keďže ide o komplexné zisťovanie stavu lesa, informačné spektrum by malo byť široké a mohlo by obsahovať tieto základné veličiny:

- stanovištné charakteristiky, morfológia terénu, lesný typ, pôdny typ,
- produkčné charakteristiky, najmä druh dreviny, hrúbka, výška, objem a kvalita stromov, vekové (rastové) štádium, vnútorná štruktúra, absolútna a relatívna hustota a zásoba porastu, parametre obnovy lesa,
- zdravotný stav, vitalita a poškodenie stromov a porastu,
- ekologické a environmentálne charakteristiky (prirodenosť, ekologická stabilita, funkcie lesa a i.),
- charakteristiky pre kvantifikáciu biodiverzity, pre hodnotenie stavu lesných biotopov národného a európskeho významu,
- charakteristiky týkajúce sa vzťahov lesa ku krajine a vidieku.

Pritom veľmi dôležité je, aby všetky tieto veličiny boli jednoznačne definované a aby bol stanovený aj spôsob ich objektívneho zistenia a to s ohľadom na očakávanú výpovednú hodnotu zisteného výsledku a aby sa v maximálne možnej miere uprednostnilo priame meranie pred okulárnym posudzovaním a odhadom, ktoré môže byť zaťažené subjektívnymi chybami. V súvislosti s výpovednou hodnotou výsledku zisťovania (mierou jeho súladu so skutočnosťou) treba upozorniť na dôležitú skutočnosť, že táto je pomerne dobre preskúmaná a známa iba pre dendrometrické veličiny (pozri ŠMELKO 1992, 2007), ale pre veličiny lesníckej typológie a ekológie sa jej nevenovala dosiaľ takmer žiadna pozornosť a treba ju objektívne preveriť. Dá sa zistiť pomerne jednoducho tak, že jednoznačne stanovený lesný typ, stupeň ekologickej stability a iné charakteristiky ako tzv. štandard sa posúdi opakovane a nezávisle viacerými osobami a odvodí sa jednak tzv. systematické vychýlenie voči štandardu, jednak tzv. náhodná zložka – kolísanie medzi jednotlivými osobami. To umožní urobiť si predstavu o prakticky dosiahnuteľnej správnosti skúšanej typologickej a ekologickej klasifikácie (na koľko % je pravdivá) a zároveň podľa toho upraviť aj podrobnosť (počet a rozpätie tried) danej klasifikácie.

#### 4. Voľba zodpovedajúceho druhu a veľkosti výberových jednotiek

Výberové jednotky sú body a miesta – inventarizačné plochy, na ktorých sa zisťujú veličiny informačného spektra. Preto musia byť zvolené tak, aby optimálne vyhovovali vlastnostiam týchto veličín. Z doterajších zahraničných poznatkov a vlastného výskumu a praktických skúseností na Slovensku možno pre výberovú metódu KZSL doporučiť tieto štyri typy kruhových inventarizačných plôch:

- A – malý konštantný kruh s polomerom  $r = 12,62 \text{ m}$  ( $500 \text{ m}^2$ ) pre zisťovanie základných stanovištných, porastových a ekologických charakteristík,
- B – veľký konštantný kruh s polomerom  $r = 25 \text{ m}$  (asi  $2\,000 \text{ m}^2$ ) pre zisťovanie vybraných charakteristík viazaných na priestorovú štruktúru lesa a pre prvky s malou pravdepodobnosťou výskytu,
- C – variabilný kruh s polomerom  $r = 5,64$  až  $17,84 \text{ m}$  ( $100$  až  $1\,000 \text{ m}^2$ ) pre zisťovanie charakteristík stromov s hrúbkou  $d_{1,3} \geq 7 \text{ cm}$ ,
- D – skupina (satelit) 2 – 4 malých variabilných kruhov s polomerom  $r = 1$  až  $3 \text{ m}$  ( $3,14$  až  $28,26 \text{ m}^2$ ) vzdialených  $5 \text{ m}$  od stredu plôch A–C v smere svetových strán pre zisťovanie stavu obnovy lesa a veličín tenkých stromov s hrúbkou  $d_{1,3} < 7 \text{ cm}$ .

Podľa doterajších výskumov a praktických skúseností všetky zabezpečujú najlepší pomer medzi presnosťou výsledku a nákladmi na zisťovanie.

#### 5. Voľba optimálneho počtu a hustoty inventarizačných plôch z hľadiska presnosti a hospodárnosti

Potrebný počet inventarizačných plôch ( $n$ ) a hustota inventarizačnej siete ( $s$ ) veľmi úzko súvisí s variabilitou zisťovaných veličín ( $\sigma_Y\%$ ), požadovanou presnosťou výsledku ( $E\%$ ) a s výmerou inventarizovaného lesa ( $P \text{ ha}$ ) a zároveň podmieňuje veľkosť skutočne dosiahnutej výberovej chyby výsledku ( $\Delta\%$ ) podľa týchto všeobecných biometrických vzťahov

$$n = 4 \left( \frac{\sigma_Y \%}{E \%} \right)^2 \Rightarrow s = 100 \sqrt{\frac{P(\text{ha})}{n}} \Rightarrow \Delta \% = 2 \frac{\sigma_Y \%}{\sqrt{n}}$$

Musia sa stanoviť osobitne pre každú územnú jednotku inventarizácie (lesnú oblasť). V tabuľke 1 je kvôli získaniu podkladov pre hľadanie optimálneho riešenia urobená kalkulácia rozsahu výberu  $n$ , ktorý je potrebný pre určenie zásoby  $V(\text{m}^3)$  a plošného podielu  $p\%$  typologickej jednotky s rôznou požadovanou presnosťou  $E\% = 20, 15, 10$  a  $5\%$  (pri  $95\%$  spoľahlivosti). Pritom sa na základe doterajších výskumných poznatkov (ŠMELKO 1997) a údajov NIML SR vychádza z predpokladu, že priemerná hektárová zásoba je  $283 \text{ m}^3$  s variačným koeficientom  $\sigma_v\%$  asi  $60\%$  a že jednotlivé typologické jednotky sa v združenej oblasti vyskytujú s pravdepodobnosťou od  $40$  do  $5\%$ , takže ich variačný koeficient (odvodený z binomického rozdelenia podľa vzťahu  $\sigma_p\% = 100 \sqrt{(100 - p\%) / p\%}$ ) nadobúda hodnoty  $125$  až  $435\%$ .

Ako vidieť, pre zistenie plošného podielu a tým aj výmery typologickej jednotky s tou istou presnosťou je potrebné založiť oveľa väčší počet inventarizačných plôch ako pre určenie drevnej zásoby, a to tým viac, čím je podiel typologickej jednotky menší. Za reálny z hľadiska prácnosti a nákladov možno považovať rozsah výberu

Tabuľka 1. Kalkulácia potrebného počtu inventarizačných plôch  $n_{\text{Les na LP}}$  pre rôzne požadované presnosti  $E\%$  určenia zásoby  $V(\text{m}^3)$  a plošného podielu  $p\%$  typologickej jednotky v rámci jednej združenej lesnej oblasti (modelové riešenie za predpokladu, že  $p\% = 40, 20, 10$  a  $5\%$ )

Table 1. Number of inventory plots  $n_{\text{Forest on forest land}}$  to be needed for various required precision  $E\%$  for timber volume  $V(\text{m}^3)$  and typological unit proportion  $p\%$  estimation within one forest region (model plan, when the  $p\% = 40, 20, 10$  and  $5\%$ )

Veličina <sup>1)</sup> Y	Zásoba <sup>2)</sup> (V)	p% = 40 %	p% = 20 %	p% = 10 %	p% = 5 %
Var. koef. <sup>3)</sup> $\sigma Y\%$	60	125	200	300	435
$E\% = \pm 20\%$	36	155	400	900	1 900
$E\% = \pm 15\%$	64	280	710	1 600	3 400
$E\% = \pm 10\%$	144	625	1 600	3 600	7 600
$E\% = \pm 5\%$	576	2 500	6 400	14 400	30 300

<sup>1)</sup>Parameter, <sup>2)</sup>Standing volume, <sup>3)</sup>Number of inventory plots

$n = 900$  až  $1\,600$ . Do úvahy môže však prísť iba vtedy, ak sa počet existujúcich typov lesa podstatne zredukuje. Analýza údajov NIML totiž ukázala, že na celkovom počte založených  $1\,440$  inventarizačných plochách v rámci SR sa vyskytlo až  $232$  lesných typov (LT), skupín lesných typov bolo  $70$  a hospodárskych súborov lesných typov  $107$ , pričom plošné podiely  $p\%$  LT mali nasledovné početnosti  $n\%$ :

$p\% = 40\%$	$20\%$	$10\%$	$5\%$	$1$ až $2\%$	pod $1\%$
$n\% = 0,1$	$0,4$	$6,0$	$15,2$	$39,2$	$39,1$

Pre prevažnú väčšinu terajších, neagregovaných LT (takmer  $80\%$ ) by vykalkulovaný rozsah výberu nestačil a ich podiely a výmera by boli zistené s chybou presahujúcou  $35\%$  ich skutočnej hodnoty.

V ďalšej tabuľke 2 je informácia o tom, aké výsledné presnosti  $\Delta$  v relatívnom i absolútnom vyjadrení by sa rozsahom  $n = 900$  alebo  $1\,600$  dosiahli pre zásobu a pre plošný podiel  $p\%$  agregovaného LT a aj iného kvalitatívneho znaku (zastúpenia drevin, stupňa prirodzenosti, stability ap). Pre ďalšie kvantitatívne veličiny, ako sú napr. defoliácia korún stromov, stredná hrúbka a stredná výška, ktorých variabilita je dva až trikrát menšia ako variabilita zásoby, by príslušné chyby boli  $4$  až  $9$ -krát menšie. Odvodené rámce chýb platia pre realizáciu *jednostupňového KZSL*, čiže vtedy, ak by sa údaje pre LT aj všetky ostatné veličiny zhodnocovali pre celú oblasť ako jeden celok. Keď sa výsledky vo výstupoch budú členiť ďalej napr. zásoba podľa drevín a vekových tried a typologické jednotky na ďalšie subkategórie, chyby sa budú zákonite zväčšovať v závislosti od toho, aké veľké zastúpenie  $w\%$  bude mať daná menšia časť v rámci celej oblasti. Násobok zväčšenia chyby pre túto menšiu časť možno získať z grafu na obrázku 1. Pri  $w\%$  nad  $60\%$   $k$ -násobok neprekročí hodnotu  $1,2$  a dá sa zanedbať, ale so znižujúcim sa zastúpením časti lesa prudko rastie a pri  $w\% = 10 - 5 - 1\%$  stúpne na  $2,8 - 3,9 - 8,5$ . Príklad 1): pri  $n = 900$  chyba  $\Delta V\%$  zásoby drevin so zastúpením

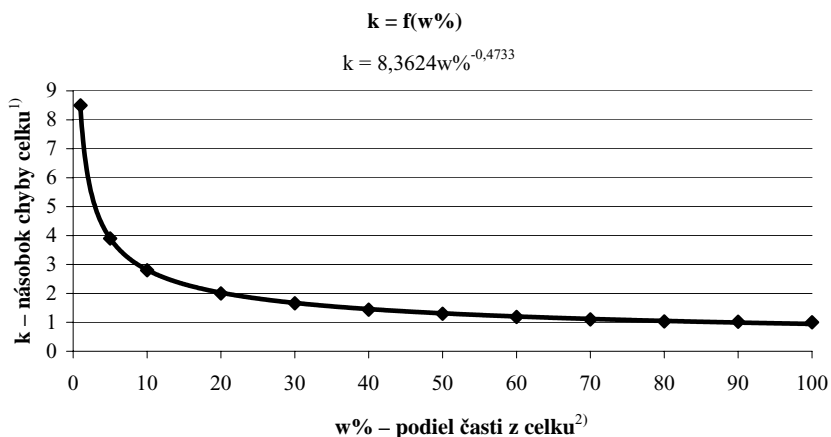
Tabuľka 2. Očakávaná výberová chyba  $\Delta\%$ ,  $\Delta(\text{abs})$  určenia priemernej zásoby  $V(\text{m}^3)$  a plošného podielu  $p\%$  kvalitatívneho znaku (typologickej jednotky, drevinu, stupňa ekologickej stability ap.) v rámci jednej združenej lesnej oblasti pri počte inventarizačných plôch  $n_{\text{Les na LP}} = 900$  a  $1\ 600$

Table 2. Expected sampling error  $\Delta\%$ ,  $\Delta(\text{abs})$  for determination of mean standing volume  $V(\text{m}^3)$  and area proportion  $p\%$  of qualitative characteristic (typological unit, tree species, level of ecological stability, and others) within one forest region, when the number of inventory plots is  $n_{\text{Forest on forest land}} = 900$  and  $1600$

Veličina <sup>1)</sup> Y	Zásoba <sup>2)</sup> (V)	p% =					
		80 %	60 %	40 %	20 %	10 %	5 %
Počet inventarizačných plôch <sup>3)</sup> n = 900							
$\pm\Delta\%$	4,0 %	3,3 %%	5,4 %%	8,3 %%	13,3 %%	20,0 %%	29,0 %%
$\pm\Delta(\text{abs})$	10 m <sup>3</sup>	2,7 %	3,3 %	3,3 %	2,7 %	2,0 %	1,5 %
Počet inventarizačných plôch <sup>3)</sup> n = 1 600							
$\pm\Delta\%$	3,0 %	2,5 %%	4,1 %%	6,2 %%	10,0 %%	15,0 %%	21,7 %%
$\pm\Delta(\text{abs})$	8 m <sup>3</sup>	2,0 %	2,5 %	2,5 %	2,0 %	1,5 %	1,1 %

<sup>1)</sup>Parameter, <sup>2)</sup>Standing volume, <sup>3)</sup>Number of inventory plots

Poznámka – Note: Chyba  $\pm\Delta(\text{abs})$  vymedzuje rámec okolo priemeru  $V(\text{m}^3)$  resp. podielu  $p\%$ , v ktorom bude s 95 % istotou ležať skutočná hodnota zisťovanej zásoby  $V$ , resp. podielu  $p\%$ . Chyba  $\pm\Delta\%$  vyjadruje tento rámec v percentách z hodnoty  $V(\text{m}^3)$ , resp.  $p\%$  – Error  $\pm\Delta(\text{abs})$  determines a confidence interval of mean  $V(\text{m}^3)$  or area proportion  $p\%$ , in which the real value of estimated standing volume  $V(\text{m}^3)$  or area proportion ( $p\%$ ) will be with the probability of 95%. Error  $\pm\Delta\%$  gives this interval in percent of standing volume or area proportion.



Obr. 1. Zväčšenie (násobok  $k$ ) chyby určenia ľubovoľnej veličiny  $Y$  časti lesa, ak príslušná časť je v celku zastúpená podielom  $w\%$  ( $\pm\Delta$  časti =  $k \cdot \pm\Delta$  celku)

Fig. 1. Sampling error increasing (index  $k$ ) of arbitrary characteristic  $Y$  of forest part, if the part within the whole area has a portion  $w\%$  ( $\pm\Delta$  of part =  $k \cdot \pm\Delta$  whole area).

<sup>1)</sup>Multiple of the error of the whole, <sup>2)</sup>Proportion of a part in the whole

$w = 50\%$  sa zvýši na  $1,3 \times (\pm 4,0) = \pm 5,2\%$ , ale pre kombináciu drevena/veková trieda, kde zastúpenie zásoby  $w\%$  klesne na asi  $10\%$  sa chyba zvýši na  $2,8 \times (\pm 4,0) = \pm 11,2\%$ . Príklad 2): typologická jednotka, ktorej podiel v oblasti je  $p = 20\%$  sa rozčlení na ďalších 5 subkategórií, chyba  $\Delta p\%$  jednej z nich – ak bude mať zastúpenie napr.  $w = 50\%$  sa zvýši na  $1,3 \times (\pm 13,3) = \pm 17,3\%$  a ak bude mať zastúpenie  $w = 10\%$  zvýši sa na  $2,8 \times (\pm 13,3) = \pm 37,2\%$ .

Nepriaznivejšia situácia nastane v prípade, keď sa výberová metóda KZSL bude realizovať ako dvojstupňová, t. j. keď sa získané údaje najprv zhodnotia osobitne pre každú typologickú jednotku (zistí sa jej plošný podiel  $p\%$  a výmera) a potom sa v rámci nej budú ďalej zhodnocovať ostatné veličiny. Tie budú predstavovať jednotlivé časti lesa v rámci typologickej jednotky a preto ich zastúpenie  $w\%$  bude relatívne veľmi malé, napr. pri typologickej jednotke s podielom  $10\%$  a drevine s podielom  $30\%$  dosiahne hodnota  $w\%$  iba  $0,1 \times 0,3 = 0,03 = 3\%$  a chyba  $\Delta p\%$  určenia relatívneho podielu tejto dreviny bude  $5 \times (\pm 20) = \pm 100\%$  (čiže taká ako je samotné absolútne zastúpenie tejto dreviny,  $30\%$ ). V mnohých prípadoch môžu nastať ešte horšie kombinácie. Pri ďalšom dvoj a trojstupňovom triedení údajov v rámci typologickej jednotky napr. na dreviny/vekové triedy klesne zastúpenie častí lesa  $w\%$  aj pod  $1\%$ , takže chyby sa zvýšia 10 a viac násobne. Potom rozsah  $n = 900$ , resp.  $1\ 600$  už nebude postačujúci a bude sa musieť zvýšiť.

Pokiaľ ide o hustotu inventarizačnej siete, tá bude na rozdiel od počtu inventarizačných jednotiek aj pri rovnakej zvolenej presnosti inventarizácie v každej oblasti iná. V zmysle vzorca pre výpočet rozstupu plôch ( $s$ ) bude závisieť od výmery lesa na lesných pozemkoch a od zvoleného rozsahu výberu  $n_{LESnaLP}$  (tab. 1). Keď sa uplatní na celom území združenej lesnej oblasti, celkový počet inventarizačných plôch  $n_C$  bude nasledovný

$$n_C = n_{LESnaLP} + n_{LESnaNP} + n_{NELES}$$

Počet inventarizačných plôch na nelesných pozemkoch  $n_{LESnaNP}$  bude relatívne malý (podľa NIML max.  $5\%$ ) a ich identifikácia v teréne sa najlepšie uskutoční kombináciou snímkovej interpretácie a terestrickej kontroly. V priemere jedna inventarizačná plocha bude reprezentovať územie o rozlohe  $s^2$ (ha), čo je jej tzv. reprezentatívnosť. V navrhovaných 18 združených oblastiach by parametre inventarizačnej siete kolísali v rozpätí uvedenom v tabuľke 3.

Z údajov predchádzajúcich kalkulácií sa dá urobiť aj predstava o očakávanej práci a nákladoch inventarizácie. Podľa skúseností z NIML môže dvojčlenná pracovná skupina založiť priemerne 2 inventarizačné plochy za deň, 40 za mesiac a 280 za 7-mesačnú sezónu. Jednu združenú lesnú oblasť môžu teda zvládnuť pri predpokladanom počte 945, resp. 1 680 inventarizačných plôch na lesných pozemkoch (LP) aj na nelesných pozemkoch (NP) 3 – 4, resp. 6 pracovných skupín. Pri 18 lesných oblastiach by počas 10-ročného cyklu obnov LHP bolo potrebné pre celú SR založiť spolu  $945 \times 18 = 17\ 010$ , resp.  $1\ 680 \times 18 = 30\ 240$  inventarizačných plôch. Ak sa podarí lesné oblasti ešte viac zagregovať, napr. na desať, klesol by tento počet



Tabuľka 3. Hustota ( $s$ ), celkový počet ( $n_c$ ) a reprezentatívnosť ( $Re$ ) inventarizačných plôch pre lesnú oblasť s rôznou výmerou lesa pri zvolenom rozsahu výberu  $n_{LESnaLP} = 900$  (1 600)  
*Table 3. Density ( $s$ ), total number ( $n_c$ ) and representativeness ( $Re$ ) of inventory plots for forest region with various forest area, when the sample size is  $n_{Forest\ on\ forest\ land} = 900$  (1600)*

Združená lesná oblasť <sup>1)</sup>	$s$ (m)	$n_c$	Re. (ha)
– s najmenšou výmerou lesa na LP (11 000 ha) <sup>2)</sup>	350 (262)	5 766 (10 290)	12 (7)
– so strednou výmerou lesa na LP (100 000 ha) <sup>3)</sup>	1 054 (790)	1 228 (2 180)	222 (125)
– s najväčšou výmerou lesa na LP (340 000 ha) <sup>4)</sup>	1 943 (1458)	1 367 (2 430)	377 (212)

<sup>1)</sup>Forest district, <sup>2)</sup>With smallest forest area on forest land (11 000 ha), <sup>3)</sup>Middle forest area on forest land (100 000 ha), <sup>4)</sup>Largest forest area on forest land (340 000 ha)

na 9 450, resp. 16 800, pričom by sa dosiahla rovnaká presnosť výsledku, náklady by klesli na 55 % a získala by sa veľká výhoda v tom, že v rámci jedného decénia by sa zinventarizovali komplexne a jednotnou metodikou všetky lesné ekosystémy na Slovensku. Tým by sa dosiahlo aj podstatné spresnenie údajov prvej NIML SR 2005 – 2006 v krajoch s malou lesnatosťou, kde použitá sieť inventarizačných plôch 4 × 4 km neumožnila dostatočne podrobne podchytiť všetky parametre lesa.

## 6. Závěry a odporúčania

Vykonaná analýza umožňuje konštatovať, že výberová inventarizácia orientovaná na KZSL v rámci lesných oblastí má svoje opodstatnenie. Vyžaduje však doriešiť niektoré čiastkové problémy a pripraviť zodpovedajúce podmienky na jej realizáciu. Predovšetkým sa odporúča:

- 1) Zoskupiť lesné oblasti a lesné typy do menšieho počtu vzájomne jednoznačne diferencovaných jednotiek tak, aby vyhovovali potrebám inventarizácie a vystihovali jednotu (homogenitu) stanovištných, produkčných a ekologických, prípadne aj funkčných vlastností lesa. Za tým účelom je potrebné
  - preskúmať vzájomné vzťahy (koreláciu) medzi typmi lesa a ich produkčnými a ekologickými charakteristikami s využitím existujúcej bohatej databázy (typologické produkčné plochy, APVV projekty, NIML SR a i.),
  - overiť a kvantifikovať výpovednú hodnotu typologického mapovania metodickým postupom navrhnutým v stati 3.
- 2) Rozhodnúť o tom, či oblastná inventarizácia má byť jednostupňová alebo dvojstupňová, zostaviť biometrický model pre optimálny výberový dizajn podľa podkladov v statiach 2 – 4 a zabezpečiť polyfunkčnosť výsledkov (široké informačné spektrum) inventarizácie.
- 3) Pripraviť potrebné podklady pre realizáciu inventarizácie, objednávku a finančné krytie na jej vykonávanie, podrobnú metodiku zberu údajov, ich spracovania a zhod-

notenia, prístrojové vybavenie, kvalifikované pracovné skupiny a ich zaškolenie, kontrolu kvality prác opakovaným zistením všetkých údajov na minimálne 5% všetkých založených inventarizačných plôch.

- 4) Definovať výstupné zostavy výsledkov inventarizácie, ich obsah, štruktúru a formu, pripravíť postup pre transformáciu bodových informácií z inventarizačných plôch na plošné a priestorové informácie (regionalizáciu údajov).
- 5) Účelne využiť spoluprácu viacerých špecialistov (ekológia, biometria, DPZ, GIS).
- 6) Ako alternatívu zvážiť integráciu výberovej oblastnej inventarizácie s podnikovou inventarizáciou a využiť výhody kombinácie snímkovej a terestrickej inventarizácie.

### Citovaná literatúra

1. ČERNÝ M. *et al.*, 2004: Metodika tvorby LHP na podklade provozní inventarizace. Praha, IFER, 123 s. – 2. RIZMAN I., 2007: Zhodnotenie postavenia a ďalšie smerovanie činnosti odboru KZSL vo väzbe na tvorbu rámcov pre TUOL. In Lesnícka typológia a zisťovanie stavu lesa vo väzbe na trvalo udržateľné obhospodarovanie lesa. Seminár odboru KZSL, NLC-ULZI Zvolen. – 3. ŠMELKO Š., 1992: Kvalita taxačného odhadu pri zisťovaní stavu lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XXXIV, p. 233–242. – 4. ŠMELKO Š., 1997: Veľkoplošná variabilita porastových veličín v lesoch Slovenska a faktory, ktoré ju ovplyvňujú, Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XXXIX, p. 187–199. – 5. ŠMELKO Š., 2007: Dendrometria. Zvolen, Vydavateľstvo TU Zvolen, 401 s. – 6. ŠMELKO Š., WENK G., ANATNAJTIS V., 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. Bratislava, Príroda, 342 s. – 7. ŠMELKO Š., ŠEBEŇ V., BOŠELA M., MERGANIČ J., JANKOVIČ J., 2008: Národná inventarizácia a monitoring lesov SR 2005 – 2006. Základná koncepcia a výber zo súhrnných informácií. Príloha *Les/Slovenské lesokruhy*, č. 5 – 6, 16 s. – 8. VLADOVIČ J. *et al.*, 1994: Lesné oblasti Slovenska. Zvolen, Lesoprojekt, 500 s. – 9. VLADOVIČ J., 2003: Oblastné východiská a princípy hodnotenia drevinového zloženia a ekologickej stability lesov Slovenska. Lesnícke štúdie, 57, Bratislava, Príroda, 160 s.

### Summary

What concerns the results from the presented analyses, it can be stated that the sampling forest inventory focused on KZSL (Complex Forest Surveys) within the forest regions is well-founded. However, it requires to solve some partial issues, and to prepare adequate conditions to proceed. It is recommended following:

1. To group the forest regions as well as the forest site types in a way that the significant differences between each other should be revealed. These units should reflect uniform site, production and ecological (eventually function) conditions. This requires:
  - To investigate a mutual relationships (correlation) between forest site types and their production and ecological characteristics
  - To prove and quantify accuracy of typological mapping according to the methodology presented in part 3.
2. To decide whether the forest regional inventory will be one-stage or two-stage one, and to construct a biometrical model for optimal sampling design according to the propositions in parts 2–4, and to ensure a polyfunctionality of its results utilization as well.
3. To prepare required bases for inventory implementation – contract and financial sources, methodology of data collection and data processing.
4. To define output sets of inventory results and procedure for transformation of point information from inventory plots to space information (data regionalization).

5. To cooperate with specialists from various fields of forest research (ecology, biometrics, remote sensing, GIS)
6. To consider an integration of sampling inventory for forest regions with sampling inventory for forest enterprises or combination of aerial and terrestrial inventory as an alternative.

*Translated by: M. BOŠELA*  
*Revised by: Z. AL-ATTASOVÁ*