



# HODNOTENIE EFEKTÍVNOSTI HOSPODÁRENIA NA LESNEJ PÔDE

MIROSLAV KOVALČÍK

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

**KOVALČÍK M., 2011:** Efficiency evaluation of the forest land management. Lesn. Čas. – Forestry Journal, 57(3): 166-177, tab. 6, ref. 48. Original paper. ISSN 0323 – 1046.

This paper presents the results of a valuation study on the efficiency of forest land management. The non-parametric approach – Data envelopment analysis (DEA) was applied in this study. The results obtained show average efficiency in the range of 70 – 93% (depending on the model). There was low dependency (the differences in efficiency were not statistically significant) among efficiency on the one hand and on the other hand the other model did not include variables (such as forest enterprise size, ownership, share of coniferous species). The results of the DEA were compared to results of Cost Benefit analysis. It can be stated, that DEA represents a promising alternative to performance measurements using other methods and approaches.

**Key words:** *efficiency of the forest land management, Data envelopment analysis – DEA*

Príspevok prezentuje výsledky hodnotenia efektívnosti obhospodarovania lesnej pôdy. V rámci štúdie sa použila neparametrická metóda – Data Envelopment Analysis (DEA). Dosiagnutá efektívnosť bola v rozpätí 70 – 93 % (v závislosti od modelu). V rámci analýzy výsledkov sa zistila nižšia závislosť (rozdiele v efektívnosti neboli štatisticky významné) medzi efektívnosťou a ostatnými v modeli nezahrnutými veličinami (ako napr.: veľkosť lesného podniku, vlastníctvo, podiel ihličnatých drevín). Výsledky DEA boli porovnané s výsledkami Cost Benefit analýzy. Na základe toho možno konštatovať, že DEA predstavuje sľubnú alternatívu alebo doplnujúcu metódu v rámci hodnotenia produktivity prostredníctvom iných metód.

**Kľúčové slová:** *efektívnosť hospodárenia na lesnej pôde, Data Envelopment Analysis – DEA*

## 1. Úvod

Činnosť každého podniku a výkonnosť každej aktivity je závislá od efektívnosti. Efektívnosť je v prevádzkovej praxi veličina, ktorá vyjadruje vzťah medzi nasadenými produkčnými faktormi a dosiahnutými ekonomickými úžitkami a výnosmi. Výsledky a efektívnosť hospodárenia na lesnej pôde ovplyvňujú najmä prírodné a prevádzkové podmienky, od ktorých závisí výška nákladov a výnosov lesnej výroby. Úloha lesníckej ekonomiky je preto optimalizácia pomeru medzi vstupnými nákladmi a úžitkami z obhospodarovania lesnej pôdy.

Pojem efektívnosť pochádza od PARETA (1897). Situácia je podľa Pareta efektívna, ak nie je možné, aby jednotlivec zlepšil svoju situáciu bez toho, aby sa u ostatných zhoršila ich situácia. Tento pojem efektívnosti bol KOOPMANSOM (1951) prenesený na teóriu produkcie. Výrobný proces je potom efektívny, ak nie je možné

vyprodukovať viac tovaru bez súčasného použitia ďalších výrobných faktorov a tiež nie je možné, použiť menej výrobných faktorov bez poklesu produkcie.

Keďže je v LH dlhá výrobná doba, predstavuje problematika hodnotenia efektívnosti veľmi dôležitú časť lesníckej ekonomiky. Z toho dôvodu je táto problematika neustále skúmaná a hľadajú sa nové metódy a metodické prístupy pre hodnotenie výkonnosti, napr. na základe reálne dosiahnuteľných možností. Túto možnosť ponúkajú neparametrické prístupy hodnotenia efektívnosti, ktoré vytvoria na základe „Best Practice“ z jednotlivých hodnotených jednotiek *modelovú* produkčnú jednotku, ktorá používa najmenej vstupov a pritom produkuje najviac výstupov.

Hodnotenie efektívnosti hospodárenia na lesnej pôde je oblasť, ktorej skúmaním sa v poslednom období ale aj v súčasnosti u nás zaoberajú mnohí autori: KOLENKA

1993, PETRÁŠOVÁ *et al.* 1993, KLACKO 1996, NOCIAROVÁ 1997, BARTUNĚK 1997, HOLÉCY 1999, PULKRÁB 2001, KAŇOK 2001, HAJDÚCHOVÁ 2002, BALÁŽOVÁ 2003, PULKRAB & ŠIŠÁK & BARTUNEK, 2008, KOVALČÍK 2007, KULLA & TUTKA & MARUŠÁK 2008, KOVALČÍK 2010 a iní.

## 2. Problematika

K odvodu ukazovateľa efektívnosti produkčnej jednotky sa musí vytvoriť kvocient agregovaných výstupov k agregovaným vstupom pre každú hodnotenú jednotku a tieto kvocienty sa potom navzájom porovnávajú. Kvocienty jednotlivých hodnotených jednotiek je možné odvodiť rôznym spôsobom, resp. na základe rôznych hodnôt a na rôznej úrovni. V najjednoduchšom prípade, keď sú k dispozícii pre jednotlivé kritéria trhové informácie, sa môžu použiť ako váhové faktory ceny výrobných faktorov ( $c_m$ ), príp. ceny výstupov ( $p_n$ ). Ak sa porovná ukazovateľ produktivity produkčných jednotiek  $DMU_A$  a  $DMU_B$ , za predpokladu peňažných váhových faktorov, vykazuje jednotka s vyšším kvociantom výstupov ( $Y$ ) ku vstupom ( $X$ ) lepšiu výkonnosť, pokiaľ sú dané náklady výrobných faktorov a ceny produktov pre obidve produkčné jednotky a sú kladné (SCHEEL 2000):

$$DMU_A = \frac{\sum_{n=1}^N p_n Y_n^k}{\sum_{m=1}^M c_m X_m^k} \geq DMU_B = \frac{\sum_{n=1}^N p_n Y_n^l}{\sum_{m=1}^M c_m X_m^l}, (c, p) \geq 0 \text{ a } T \quad [1]$$

kde

$X$  – vektor vstupov,

$Y$  – vektor výstupov,

$p$  – vektor cien výstupov,

$c$  – vektor cien vstupov,

$T$  – technologická množina.

Ak nevykazuje iná produkčná jednotka vyšší kvocient ako produkčná jednotka  $DMU_A$ , v tom prípade označuje pre všetky ostatné produkčné jednotky porovnávací bod (*benchmark*), príp. „*Best-Practice*“ produkčnú jednotku.

Často ale nie sú k dispozícii informácie o nákladoch a cenách pre všetky premenné vstupov, príp. výstupov, prípadne sa nedajú vôbec peňažne zachytiť. Predsa ale existuje potreba, kritéria, ako kvalita servisu, spokojnosť zákazníkov, externé efekty, ako aj rôzne ekologické parametre, implementovať a zahrnúť do hodnotenia efektívnosti. Tieto informácie, pokiaľ sú kardinálne merateľné, je možné zahrnúť do hodnotenia efektívnosti prostredníctvom neparametrických prístupov. V tomto prípade sa efektívnosť neodvodí podľa cenového systému, ale vzhľadom k maximálne dosiahnuteľnej hodnote efektívnosti na základe relatívneho porovnania so všetkými ostatnými produkčnými jednotkami.

Ak to vzťahujeme na produkčnú jednotku  $DMU_k$ , podľa vzorca [2], je táto produkčná jednotka potom efek-

tívna (v zmysle neparametrických prístupov hodnotenia efektívnosti), ak riešenie tohto lineárneho problému vykazuje virtuálne multiplikátory (tieňové ceny), pri ktorých žiadna iná produkčná jednotka nedocieli priaznivejšiu výkonnosť pri splnení vedľajšej podmienky, že pomer agregovaných výstupov ku agregovaným vstupom musí byť maximálne jedna (GSTACH 2002).

$$\max_{p,c} \frac{\sum_{n=1}^N p_n Y_{k,n}}{\sum_{m=1}^M c_m X_{k,m}}; \text{VP}^1 \frac{\sum_{n=1}^N p_n Y_{s,n}}{\sum_{m=1}^M c_m X_{s,m}} \leq 1 \forall s, c_m, p_n \geq 0 \forall m, n \quad [2]$$

Cieľom tohto prístupu, založeného na lineárnom programovaní, je prostredníctvom jednotlivých porovnaní stanoviť také multiplikátory, ktoré vedú pri jednotlivých produkčných jednotkách k optimálnemu splneniu reštrikcií lineárneho problému. Následne sa odvodí prostredníctvom pomeru váženého výstupu ku váženému vstupu príslušná hodnota efektívnosti v rozmedzí 0 až 1. Tento problém lineárneho programovania sa za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu dá jednoducho zobraziť v prehľadnejšom maticovom zápise. Vektory produkovaných statkov a služieb sa transformujú do matice výstupov  $Y_s$  o rozmere  $s \times n$  a vektory výrobných faktorov do matice vstupov  $X_s$  o rozmere  $s \times m$ . To isté platí aj pre vektory cien výstupov  $c$  a náklady výrobných faktorov  $p$ . Pre každú produkčnú jednotku sa daný problém lineárneho programovania dá potom zobraziť v kompaktnejšom zápise bez indexov (GSTACH 2002).

$$\max_{p,c} \frac{Y_k p}{X_k c}; \text{VP}^1 \frac{Y_s p}{X_s c} \leq 1 \forall s, c_m, p_n \geq 0 \forall m, n \quad [3]$$

Tento problém lineárneho programovania je možné riešiť prostredníctvom Data Envelopment Analysis (ďalej DEA). V roku 1957 vyvinul Farrell jednoduchú metódu, aby odvodil prostredníctvom mnohonásobných premenných vstupov výkonnosť, resp. efektívnosť podnikov (HOFFMAN 2006). Táto metóda od Farrella bola v roku 1978 Charnesom & Cooperom & Rhodesom rozvinutá a neskôr BANKEROM & CHARNESOM & COOPEROM (1984) ďalej rozpracovaná. Farrellom vyvinutý lineárny konvexný obal k hodnoteniu výkonnosti bol definovaný prostredníctvom týchto autorov ako matematický problém lineárneho programovania, ktorý prostredníctvom prístupov operačného výskumu môže tiež riešiť komplexné, multidimenzionálne problémy a otázky.

DEA predstavuje neparametrickú metódu analýzy efektívnosti na báze lineárneho programovania aplikovanú k analýze hraničnej efektívnosti transformácie vstupov na výstupy. Základný princíp DEA je určenie, resp. konštrukcia lineárneho konvexného obalu, ktorý charakterizuje výrobnú technológiu v zmysle terminoló-

<sup>1</sup> VP – vedľajšie podmienky.

gie produkčnej ekonómie. Táto technológia potom slúži ako referenčná množina pre určenie relatívnej efektívnosti ostatných produkčných jednotiek (HOFFMANN 2006, BACKHAUS & WILKEN 2003, FANDEL 2000).

Od svojho vývoja sa využíva v sociálnom a prírodovedeckom výskume. Menej reštriktívne predpoklady, menšie nároky na údaje a možnosť hodnotiť komplexné procesy transformácie, dávajú tejto metóde významnú úlohu aj v ekonomickom výskume. Data Envelopment Analysis je metóda pre zistenie relatívnej efektívnosti podľa rozličných bodov realizovanej produkcie. Na rozdiel od parametrických analýz, ktoré sa zakladajú na funkčných súvislostiach produkčnej funkcie, ktorá definuje okraj efektívneho obalu, nie je spravidla pri empirických výskumoch známa teoretická produkčná funkcia a tým aj efektívny okraj, ako oblasť produkčných možností (HOFFMANN 2006). Pri DEA nie je potrebný vzťah k určitej funkcii, ale vždy sa berú do úvahy skutočné zistenia, prípadne z toho odvodené virtuálne body, ktoré vznikajú prostredníctvom spojenia rozličných bodov produkcie (BRODERSEN & THIELE 1997). Hoci bola táto metóda vyvinutá a publikovaná už v roku 1978 a aplikovaná odvtedy v mnohých oblastiach, lesnícka komunita bola zdržanlivejšia pri jej aplikácii v rámci hodnotenia efektívnosti (SOWLATI 2005). V súčasnosti existuje pár aplikácií DEA v lesníctve a súvisiacich sektoroch, napr. KAO & YANG (1991, 1992), LEBEL (1996), SHIBA (1997), LEBEL & STUART (1998), YIN (1998, 1999), KAO (2000), HANNINEN & VIITALA (2003), BOGETOFT & THORSEN & STRANGE (2003), NYRUD & BAARDSEN (2003), HOFFMANN & SEKOT (2004), HOFMANN (2006), SEKOT & HOFFMANN (2007), KOVALČÍK (2007, 2010).

DEA ako prístup k relatívnemu hodnoteniu efektívnosti hospodárenia na lesnej pôde, môže slúžiť k rozšíreniu doterajšieho systému hodnotenia efektívnosti lesných podnikov. Prostredníctvom konfrontácie skutočného stavu s generovanými cieľovými hodnotami je možné dať neefektívnym podnikom odporúčania, aby sa tieto podniky mohli priblížiť k oblasti efektívne operujúcich podnikov.

### 3. Materiál a metodika

#### 3.1. Použité modely Data Envelopment Analysis

Efektívnosť hospodárenia na lesnej pôde sa analyzovala prostredníctvom inputovo orientovaného modelu za predpokladu konštantných a variabilných výnosov z rozsahu<sup>2</sup>. Inputovo orientovaný model (2), známy ako CCR-model, bol formulovaný v tejto podobe (CHARNES

& COOPER & RHODES 1978, COOPER & SEIFORD & TONE 2003):

$$\max p_1 y_{1,o} + \dots + p_n y_{n,o}$$

pri splnení vedľajších podmienok:

$$\begin{aligned} c_1 x_{1,o} + \dots + c_m x_{m,o} &= 1 \\ p_1 y_{1,k} + \dots + p_n y_{n,k} - c_1 x_{1,k} - \dots - c_m p_{m,k} &\leq 0 \\ (k = 1 \dots s) & \\ c_p, c_2, \dots, c_m &\geq 0 \\ p_p, p_2, \dots, p_n &\geq 0 \end{aligned} \quad [4]$$

Inputovo orientovaný BCC model [3], známy ako BCC-model, má nasledujúci tvar (BANKER & CHARNES & COOPER 1984, COOPER & SEIFORD & TONE 2003):

$$\max p_1 y_{1,o} + \dots + p_n y_{n,o} - p_o$$

pri splnení vedľajších podmienok:

$$\begin{aligned} c_1 x_{1,o} + \dots + c_m x_{m,o} &= 1 \\ p_1 y_{1,k} + \dots + p_n y_{n,k} - c_1 x_{1,k} - \dots - c_m p_{m,k} - p_o &\leq 0 \\ (k = 1 \dots s) & \\ c_p, c_2, \dots, c_m &\geq 0 \\ p_p, p_2, \dots, p_n &\geq 0 \end{aligned} \quad [5]$$

kde:

$p_o$  – premenná, ktorá určuje identifikáciu výnosov z rozsahu. Ak je hodnota tejto premennej kladná, jedná sa o rastúce výnosy z rozsahu, naproti tomu ak je záporná jedná sa o klesajúce výnosy z rozsahu.

Na určenie poradia efektívnych lesných podnikov sa použil modifikovaný model od ANDERSENA & PETERSENA (1993). Základná myšlienka tohto modelu, je porovnanie hodnotenej produkčnej jednotky s lineárnou kombináciou všetkých ostatných produkčných jednotiek, pričom hodnotená jednotka je z analýzy vylúčená. V tomto prípade môže získať hodnotená produkčná jednotka mieru efektívnosti vyššiu ako jedna, keďže miera efektívnosti vyjadruje radiálnu vzdialenosť hodnotenej produkčnej jednotky ku hranici produkčných možností vytvorenej z ostatných produkčných jednotiek, z ktorej táto hodnotená produkčná jednotka bola vylúčená.

<sup>2</sup> Pri voľbe týchto modelov sa vychádzalo zo skutočností, že lesná produkcia je málo elastická a je daná produkčnými podmienkami stanovišťa. Samozrejme, že je možné v niektorých rokoch ťažbu krátkodobo zvýšiť, ale z dlhodobého hľadiska sa to prejaví na množstve a úrovni zásoby lesných porastov. Taktiež by sa zdalo, že by bolo pre lesný podnik výhodné v rámci pestovnej činnosti realizovať len minimum, alebo žiadne výkony. Vychádzalo sa z predpokladu, že pre každý lesný podnik je prostredníctvom LHP stanovená minimálna úroveň pestovných opatrení a takisto zanedbávanie pestovnej činnosti sa prejaví v dlhodobejšom horizonte na kvalite lesného majetku. Z hľadiska tohto aspektu by bolo žiaduce analyzovať hospodárenie lesného podniku za dostatočne dlhé obdobie, keďže niektoré lesné podniky viac investujú do svojho výrobného faktora, ale tento efekt sa prejaví v oveľa neskoršom období.

Výpočet efektívnosti jednotlivých hodnotených produkčných jednotiek a cieľových hodnôt pre jednotlivé premenné vstupov sa realizoval prostredníctvom programu EMS. Tento program dovoľuje výpočet efektívnosti za predpokladu inputovo, outputovo a neorientovaných modelov za predpokladu konštantných, variabilných, nerastúcich a neklesajúcich výnosov z rozsahu (SCHEEL 2000). Dovoľuje takisto výpočet efektívnosti podľa modifikovaného modelu od ANDERSEN & PETERSEN (1993).

### 3.2. Zdroje údajov

Pri porovnávaní efektívnosti podnikov je potrebné sa vyhnúť extrémnym hodnotám a napriek tomu zahrnúť do analýzy čo najväčší počet podnikov. Aby sme vyhoveli tejto podmienke, zahrnuli sa do analýzy len tie podniky, ktoré vykazovali za roky 2004 – 2008 hospodársku činnosť a boli dokumentované v databáze údajov rezortnej štatistiky LH. Prostredníctvom vypočítania priemernej hodnoty za 5 rokov sa eliminovalo kolísanie hodnôt v jednotlivých rokoch (typické v LH najmä pri menších lesných podnikoch). V databáze údajov z rezortnej štatistiky a údajov získaných pre Zelenú správu nie sú zdokumentované všetky údaje, ktoré by boli želateľné pre analýzu efektívnosti. Chýbajú, napr. údaje o stanovení cieľov jednotlivých podnikov, plnení iných funkcií a pod.

Tým, že sa jednotlivé modely zamerali len na výnosy za drevo a ostatné produkty, ostali nezohľadnené ostatné výkony, ktoré sa označujú ako multifunkčnosť LH. Zachytenie a ocenenie týchto multifunkčných výkonov sa nedá presne kvantitatívne zachytiť. Lesná produkcia závisí od prírodných podmienok, čo v súvislosti s jej ekonomickou analýzou ovplyvňuje mieru rizika, s ktorým sa operuje a musí sa zohľadniť pri interpretácii a porovnávaní výsledkov efektívnosti jednotlivých podnikov. Rozdelenie podnikov podľa porovnateľných produkčných oblastí alebo prevádzkových typov pre

jednotlivé analýzy by nemalo žiadny zmysel, keďže by ostal príliš nízky počet podnikov v danom clusteri.

Analýza efektívnosti hospodárenia lesných podnikov bola realizovaná na výberovom súbore 36 lesných podnikov. 7 lesných podnikov bolo zo štátneho sektora a 29 z neštátneho. Za štátny sektor boli vo vzorke všetky subjekty, ktoré obhospodarujú lesy na Slovensku. Za neštátny sektor sa analýzy realizovali na výberovej vzorke. Celková lesná plocha, ktorú obhospodarujú neštátne lesné podniky bola 47 707 ha, čo predstavovalo 5,52 % z celkovej výmery neštátneho sektora. Pri porovnaní vybraných ukazovateľov výberovej vzorky s priemernými hodnotami za LH SR zo Zelenej správy boli priemerné hodnoty dosť podobné.

V rámci štatistického predvýskumu sa zistila silná závislosť medzi jednotlivými vstupmi, preto boli všetky veličiny vstupy a výstupy prepočítané na 1 ha obhospodarovanej plochy, čím sa táto závislosť znížila a takisto je možné, tieto údaje priamo medzi sebou porovnať. Štatistické charakteristiky jednotlivých ukazovateľov (priemer za roky 2004 – 2008) sú uvedené v tabuľke 1.

### 3.3. Navrhnuté modely hodnotenia efektívnosti

Efektívnosť hospodárenia na lesnej pôde sa hodnotila na základe všetkých nákladov a výnosov, ktoré daný podnik dosiahol v sledovanom období, tzn. aj náklady a výnosy za ostatnú činnosť. V rámci analýzy technickej efektívnosti sa použil jeden technický (prirodzený) a jeden ekonomický (monetárny) model za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu a variabilných výnosov z rozsahu. V prvom prípade sa zobrazila efektívnosť jednotlivých produkčných jednotiek s ohľadom na množstvo výstupov v technických jednotkách a v druhom prípade vo vzťahu k monetárnym jednotkám.

V technickom modeli sa do analýzy zahrnuli nasledujúce premenné vstupov:  $I_1$  – priame náklady pestovnej činnosti (€/ha),  $I_2$  – priame náklady ťažbovej činnosti

**Tabuľka 1.** Štatistické charakteristiky jednotlivých ukazovateľov  
*Table 1.* Main features of the variables included in the analysis

Ukazovateľ <sup>1)</sup>	Priemer <sup>2)</sup> 2004 – 2008						
	n	Min	Max	Priemer <sup>3)</sup>	Smerodajná odchýlka <sup>4)</sup>	Variačný koeficient <sup>5)</sup>	
Priame náklady pestovnej činnosti <sup>6)</sup>	[€/ha <sup>-1</sup> ]	36	2,19	57,01	27,27	15,53	57 %
Priame náklady ťažbovej činnosti <sup>7)</sup>		36	2,56	158,35	62,13	36,62	59 %
Ostatné priame náklady <sup>8)</sup>		36	0,00	272,61	31,11	60,07	193 %
Režijné (administratívne) náklady <sup>9)</sup>		36	6,97	258,66	78,61	63,73	81 %
Dodávky dreva <sup>10)</sup>	[m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ]	36	0,05	0,42	0,15	0,08	52 %
Tržby za drevo <sup>11)</sup>	[€/ha <sup>-1</sup> ]	36	24,59	469,59	181,61	98,17	54 %
Ostatné výnosy <sup>12)</sup>		36	0,00	341,49	47,24	65,66	139 %

<sup>1)</sup>Indicator, <sup>2)</sup>Average value, <sup>3)</sup>Mean, <sup>4)</sup>Standard deviation, <sup>5)</sup>Variation coefficient, <sup>6)</sup>Direct cost of silviculture, <sup>7)</sup>Direct felling cost, <sup>8)</sup>Other direct cost, <sup>9)</sup>Overheads, <sup>10)</sup>Timber supply, <sup>11)</sup>Timber sale revenues, <sup>12)</sup>Other revenues

(€/ha),  $I_3$  – ostatné priame náklady (€/ha),  $I_4$  – režijné náklady (€/ha) a nasledujúce výstupy:  $O_1$  – množstvo vyprodukovanej drevnej hmoty ( $m^3/ha$ ),  $O_2$  – ostatné výnosy (€/ha).

V ekonomickom modeli sa do analýzy zahrnuli nasledujúce premenné vstupov:  $I_1$  – priame náklady pestovnej činnosti (€/ha),  $I_2$  – priame náklady ťažbovej činnosti (€/ha),  $I_3$  – ostatné priame náklady (€/ha),  $I_4$  – režijné náklady (€/ha) a nasledujúce výstupy:  $O_1$  – množstvo vyprodukovanej drevnej hmoty (€/ha),  $O_2$  – ostatné výnosy (€/ha).

Pri analýze ekonomickej efektívnosti sa všetky vstupy integrovali do jedného vstupu a podobne aj všetky výstupy do jedného výstupu. Výsledky tejto analýzy sa porovnali s výsledkami hodnotenia efektívnosti prostredníctvom Cost Benefit analýzy.

### 3.4. Štatistické testovanie rozdielov v efektívnosti

Testovanie rozdielov v efektívnosti jednotlivých skupín sa realizovalo neparametrickými štatistickými testami, pretože rozsah výberovej vzorky bol menej ako 50 a tieto testy nepožadujú normálne rozdelenie početností. Ich nevýhodou je však nižšia sila testu a jeho citlivosť na extrémne hodnoty. Vylúčením jednej premennej sa môžu získať úplné rozdielne výsledky. Štatistické testovanie významnosti rozdielov sa realizovalo prostredníctvom Mann-Whitneyho U testu a Kolmogorov-Smirnovho testu (v prípade dvoch nezávislých premenných: intervalovej a binárnej). Definovala sa nulová hypotéza (rozdiely medzi testovanými vzorkami nie sú štatisticky významné) a alternatívna hypotéza (rozdiely v efektívnosti sú štatisticky významné). Hladina významnosti bola  $\alpha = 0,05$ . Ak bola hodnota  $p$  nižšia ako zvolená hladina významnosti, sa zamietla nulová hypotéza a prijala sa alternatívna hypotéza. Štatistické testy sa realizovali prostredníctvom programu Statistika CZ, verzia 8.

## 4. Výsledky

### 4.1. Výsledky technického modelu

Priemerná efektívnosť za predpokladu konštantných výnosov bola 70,58 % a efektívnych bolo celkom 10 lesných podnikov. Za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu bola priemerná efektívnosť 80,91 % a efektívnych bolo až 17 lesných podnikov (tab. 2). Ako sa uvádza v literatúre, tento predpoklad výnosov z rozsahu je menej diskriminačný a krivka hraničných možností lepšie obaľuje produkčné možnosti hospodárenia na lesnej pôde. Čo sa týka rozsahovej efektívnosti, neefektívnych bolo 26 lesných podnikov (pri nich je rozdiel medzi efektívnosťou za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu a za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu) a z nich 16 lesných podnikov operuje v oblasti klesajúcich výnosov z rozsahu a 10 lesných podnikov v oblasti rastúcich výnosov z rozsahu. Najefektívnejší bol lesný podnik 11

za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu, resp. lesný podnik 3 za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu (tab. 2).

### 4.2. Výsledky ekonomického modelu

Priemerná efektívnosť za predpokladu konštantných výnosov bola 84,94 % a efektívnych bolo celkom 13 lesných podnikov. Za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu bola priemerná efektívnosť 92,89 % a efektívnych bolo až 21 lesných podnikov (tab. 2).

Čo sa týka poradia efektívnych lesných podnikov je takisto na prvom mieste lesný podnik 11 za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu, resp. lesný podnik 3 za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu (tab. 2). Lesný podnik 11 pri tých istých nákladoch výroby relatívne zvýšil tržby za drevo oproti priemeru výberovej vzorky, čo znamená, že realizoval na trhu veľmi dobre svoju produkciu a tým ešte zlepšil svoju relatívnu efektívnosť. Rozsahovo neefektívnych bolo 23 lesných podnikov, z nich 14 operuje v oblasti klesajúcich výnosov z rozsahu a 9 lesných podnikov v oblasti rastúcich výnosov z rozsahu.

### 4.3. Porovnanie technického a ekonomického modelu

Ak porovnáme obidva modely, môžeme vidieť pri niektorých podnikoch výrazné rozdiely v efektívnosti. Napríklad lesné podniky 3, 4, 5, 10, 18, 28 a 35 aj pri nižšej technickej produkcii v porovnaní s vynaloženými nákladmi dokázali lepšie realizovať svoju produkciu na trhu a zvýšili výrazne svoju efektívnosť. Svoju efektívnosť si pohoršili lesné podniky 1, 21, 23 a 27 (tab. 2). Ako už bolo spomenuté na základe tejto metódy je možné stanoviť aj cieľové hodnoty jednotlivých vstupov, aby sa neefektívne lesné podniky stali efektívnymi. Vypočítané cieľové hodnoty sú uvedené v tabuľke 2. Napríklad lesný podnik 32 by musel znížiť priame náklady pestovnej činnosti na 38,97 €/ha<sup>-1</sup>, ťažbovej činnosti na 78,20 €/ha<sup>-1</sup>, ostatné priame náklady na 92,88 €/ha<sup>-1</sup> a režijné náklady na 116,98 €/ha<sup>-1</sup> aby bol efektívny v technickom modeli za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu, resp. priame náklady pestovnej činnosti na 39,50 €/ha<sup>-1</sup>, ťažbovej činnosti na 79,53 €/ha<sup>-1</sup>, ostatné priame náklady na 94,44 €/ha<sup>-1</sup> a režijné náklady na 119,50 €/ha<sup>-1</sup> aby bol efektívny v ekonomickom modeli (tab. 2).

Pri analýze výsledkov jednotlivých modelov je potrebné vyhodnotiť a dokázať v akej závislosti, resp. v akom vzťahu sú hodnoty efektívnosti s ostatnými v modeli nezahrnutými veličinami, ktoré sú ale pre LH relevantné, ako sú: veľkosť lesného podniku, resp. obhospodarovaná plocha, druh vlastníctva, podiel ihličnatých a listnatých drevín. Tento prístup je v literatúre známy ako *two stage approach*. Dvojúrovňový prístup bol použitý prvýkrát TIMMEROM (1971) pre objasnenie rozdielov efektívnosti v produkcii poľnohospodárskych podnikov medzi jednotlivými štátmi USA. Pri dvojú-

**Tabuľka 2.** Výsledky technického a ekonomického modelu (priemer 2004 – 2008)  
**Table 2.** Results of the technical and economic model (average for 2004 – 2008)

	Technický model <sup>1)</sup>										Ekonomický model <sup>2)</sup>																
	Cieľové hodnoty za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu <sup>3)</sup>					Cieľové hodnoty za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu <sup>4)</sup>					Cieľové hodnoty za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu <sup>3)</sup>					Cieľové hodnoty za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu <sup>4)</sup>											
	Efekt.	R	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	Efekt.	Π	R	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	Efekt.	R	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	Efekt.	R	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>		
1	68,10	17	6,66	6,07	0,00	5,19	100	12					58,08	31	5,98	14,65	0,00	4,54	100	13							
2	100	2					100	5					100	2					100	6							
3	41,72	31	23,76	52,15	38,13	107,88	100	1					77,12	26	44,05	96,58	0,00	199,89	100	1							
4	63,55	21	11,85	31,93	37,88	49,10	83,04	21	15,24	48,77	53,30	62,96	96,02	17	17,62	92,20	62,53	73,52	100	21							
5	62,67	24	11,04	7,97	0,00	10,94	67,90	26	11,70	19,05	0,00	11,88	87,82	22	15,23	40,35	0,02	15,13	98,69	22	17,29	34,82	0,00	17,33			
6	39,44	33	3,32	1,73	0,00	6,75	78,70	23	6,68	14,84	0,00	13,69	54,41	32	4,67	10,64	0,00	9,70	78,70	32	6,68	14,84	0,00	13,69			
7	50,40	27	9,24	10,18	0,17	29,43	60,35	30	11,24	24,30	0,00	35,89	91,53	19	16,90	71,66	0,34	55,05	91,70	28	17,09	71,37	0,34	54,39			
8	25,54	35	11,27	5,09	0,00	14,56	25,67	35	11,02	5,59	0,00	14,56	49,25	34	21,46	40,92	0,00	28,02	50,62	36	21,96	42,00	0,00	23,53			
9	20,27	36	7,98	5,83	0,00	20,76	21,13	36	8,27	6,14	0,00	19,47	45,26	36	17,76	12,75	0,00	44,50	77,11	33	30,57	22,03	0,00	32,74			
10	48,74	28	12,36	32,36	23,89	44,18	66,79	27	16,80	30,91	33,34	60,24	88,28	21	22,25	59,18	27,58	79,40	95,45	25	23,81	63,72	3,46	84,98			
11	100	1					100	4					100	4					100	4							
12	78,64	15	22,34	33,74	29,99	28,00	84,59	20	23,83	43,18	29,99	29,57	100	12					100	18							
13	63,35	22	6,38	11,96	0,00	36,61	65,72	28	6,61	15,27	0,00	38,02	97,70	16	9,71	44,98	0,00	56,38	98,01	23	9,80	44,38	0,00	56,34			
14	100	9					100	15					100	9					100	16							
15	100	10					100	8					100	11					100	8							
16	100	3					100	6					100	3					100	11							
17	45,51	30	19,11	24,44	0,00	39,31	48,32	32	20,23	28,84	0,00	42,61	51,69	33	21,60	39,51	0,00	45,39	54,00	35	22,36	40,62	0,00	46,46			
18	65,80	18	5,73	14,07	0,00	24,29	100	16					100	8					100	14							
19	100	8					100	13					100	10					100	15							
20	65,32	19	5,51	10,92	0,00	33,10	69,19	25	5,99	14,42	0,00	35,69	92,57	18	8,01	39,26	0,00	47,66	96,93	24	8,24	33,13	0,00	49,37			
21	89,55	12	11,83	25,66	0,00	57,10	94,89	18	12,46	26,55	0,00	65,44	85,59	23	11,24	26,19	0,00	53,97	94,85	26	12,05	25,22	0,00	59,56			
22	45,76	29	15,50	20,72	0,00	4,77	79,91	22	13,05	36,92	0,00	8,53	46,64	35	16,04	21,38	0,00	4,99	82,31	30	16,33	37,55	0,00	8,69			
23	85,73	14	46,22	87,14	0,00	161,78	100	2					82,95	24	45,16	99,21	0,00	157,00	100	2							
24	100	5					100	9					100	4					100	10							
25	36,07	34	7,08	4,62	0,00	16,83	38,61	34	7,70	7,48	0,00	17,69	66,04	30	12,90	23,97	0,00	31,11	68,11	34	13,53	25,14	0,00	31,70			
26	55,95	26	14,00	28,19	0,00	68,90	56,24	31	13,88	28,35	0,00	69,45	77,07	27	19,00	56,94	0,00	95,80	84,83	29	21,00	56,89	0,00	78,74			
27	100	4					100	7					99,44	14	2,16	5,28	0,00	15,44	100	7							
28	65,00	20	25,88	23,07	0,00	20,77	100	10					100	7					100	5							
29	61,98	25	26,78	24,79	22,00	37,19	63,70	29	19,77	25,02	22,20	36,61	72,43	28	29,46	28,17	24,54	42,12	100	20							
30	39,94	32	10,62	3,90	0,00	14,72	40,17	33	10,72	4,29	0,00	14,79	70,80	29	18,96	7,07	0,00	26,15	100	9							
31	73,19	16	20,02	82,79	29,58	47,90	74,65	24	20,22	70,13	29,29	48,45	78,90	25	21,54	88,94	30,72	51,69	79,23	31	21,91	90,09	33,13	52,69			
32	88,90	13	38,96	78,20	92,89	116,96	100	14					89,35	20	39,49	79,54	94,44	119,50	93,34	27	39,58	83,97	65,55	153,26			
33	100	6					100	11					100	5					100	12							
34	96,49	11	21,71	71,45	109,55	78,39	100	17					100	13					100	19							
35	63,24	23	14,39	33,55	36,30	56,77	93,21	19	21,51	50,12	53,81	91,73	99,02	15	22,61	52,78	0,00	154,95	100	17							
36	100	7	6,66	6,07	0,00	5,19	100	3					100	6					100	3							

<sup>1)</sup> I<sub>1</sub> – priame náklady pestovnej činnosti (€·ha<sup>-1</sup>); I<sub>2</sub> – priame náklady ťažbovej činnosti (€·ha<sup>-1</sup>); I<sub>3</sub> – priame náklady ťažbovej činnosti (€·ha<sup>-1</sup>); I<sub>4</sub> – ostatné priame náklady (€·ha<sup>-1</sup>)  
– other direct cost (€·ha<sup>-1</sup>); I<sub>1</sub> – režijné a administratívne náklady (€·ha<sup>-1</sup>); I<sub>2</sub> – overheads (€·ha<sup>-1</sup>); I<sub>3</sub> – priamo efektívne náklady – ranking  
<sup>2)</sup>Technical model, <sup>3)</sup>Economic model, <sup>4)</sup>Target values under assumption of constant return to scale, <sup>5)</sup>Target values under assumption of variable return to scale

rovňomom prístupe sa hodnotí v prvom kroku relatívna vzdialenosť k hranici efektívnosti (na základe DEA, alebo inej neparametrickej metódy). V druhom kroku sa objasní relatívna efektívnosť v rámci regresnej analýzy prostredníctvom premenných, ktoré ovplyvňujú rámcové podmienky a transformačný proces.

### 5.1. Analýza rozdielov efektívnosti podľa veľkosti lesného podniku

Na vyrovnanosť hospodárenia na lesnej pôde má významný vplyv veľkosť obhospodarovaného majetku. Kvôli fixným nákladom je potrebné realizovať určitý rozsah výroby. Preto sa zisťovalo, či medzi efektívnosťou a výmerou obhospodarovanej plochy existuje závislosť. Ako môžeme vidieť v tabuľke 3, ani v jednom prípade sa nepotvrdila výraznejšia závislosť medzi efektívnosťou a výmerou (veľmi nízky  $r^2$  a ani uvedená závislosť nie je štatisticky významná –  $\alpha > 0,05$ ).

Ďalší spôsob je rozdeliť lesné podniky do skupín podľa výmery lesných pozemkov, ktoré obhospodaruje. Lesné podniky sa tak rozdelili do dvoch skupín: do 500 ha a nad 500 ha. Tento prístup sa uplatňuje aj v zahraničí pri zbere štatistických údajov a ich vyhodnocovaní v rámci súhrnných lesníckych ekonomických účtov a v Zelenej správe (napr. SEKOT 2007, BORMAN *et al.* 2006). Pri porovnaní priemernej efektívnosti lesných podnikov do 500 ha lesa a nad 500 ha lesa, môžeme vidieť, že o niečo efektívnejšie sú väčšie lesné podniky. Štatistické porovnanie významnosti rozdielov efektívnosti v dôsledku veľkosti lesného podniku sa realizovalo takisto neparametrickými testami (Mann-Whitneyho U test a Kolmogorov-Smirnov test). Výsledky potvrdili nulovú hypotézu, že rozdiely nie sú štatisticky významné a možno ich považovať za náhodné. Z toho vyplýva, že veľkosť lesného podniku nemala významný vplyv na efektívnosť hospodárenia v rámci tejto analýzy efektívnosti a pri tomto rozsahu výberovej vzorky. Ak by sa zmenil rozsah výberovej vzorky a počet lesných podnikov, výsledky by mohli byť odlišné.

### 5.2. Analýza rozdielov efektívnosti podľa vlastníctva

Dôležité je aj to, či sú rozdiely významné medzi štátnymi a neštátnymi lesnými podnikmi. Je možné rozdeliť lesné podniky aj do viacerých skupín (napr. neštátne lesné podniky podľa druhu vlastníctva) a štatisticky testovať rozdiely medzi nimi, avšak tým by sa znížil počet lesných podnikov v jednotlivých skupinách a tým aj by sa významne znížila vypovedacia sila štatistických testov.

Rozdiely v priemernej efektívnosti štátnych a neštátnych lesných podnikov boli väčšie ako pri porovnaní lesných podnikov podľa ich veľkosti. Neparametrické testy ale potvrdili to, že rozdiely v efektívnosti medzi štátnymi a neštátnymi lesnými podnikmi nie sú štatisticky významné a tieto rozdiely sú náhodné (tab. 4). V Zelenej správe sa uvádzajú rozdiely v hospodárskom výsledku štátnych a neštátnych lesných podnikov. Je to spôsobené najmä tým, že neštátne lesné podniky uvádzajú hospodársky výsledok bez vyplatených podielov svojím členom. V tejto analýze sa vyplatené podiely zahrnuli do režijných nákladov.

### 5.3. Analýza rozdielov efektívnosti podľa podielu ihličnatých a listnatých drevín

Zaujímavé je analyzovať ako sa na celkovej efektívnosti prejavuje podiel ihličnatých a listnatých drevín. Do roku 2004 bolo na Slovensku lepšie speňaženie ihličnatých sortimentov dreva a vyšší dopyt po týchto sortimentoch. V dôsledku vetrovej kalamity v roku 2004 a následných podkôrníkových kalamít sa zvýšili fažby ihličnatých drevín, čo spôsobilo pokles priemerneho speňaženia a na druhej strane stúpol dopyt a tým aj cena palivového listnatého dreva. V dôsledku toho sa priemerné speňaženie ihličnatého a listnatého dreva takmer vyrovnalo. Priemerný rozdiel v speňažení bol za roky 2004 – 2008 len 0,15 % v prospech ihličnatého dreva (MORAVČÍK *et al.* 2006 – 2009). Z týchto dôvodov je potrebné zistiť, ako vplývala táto veličina na efektívnosť výberovej vzorky a v akej závislosti je efektívnosť a po-

**Tabuľka 3.** Výsledky korelačnej analýzy (efektívnosť – výmera)

**Table 3.** Results of the correlation analysis (efficiency – forest area)

Efektívnosť <sup>1)</sup>	Závislosť <sup>2)</sup>	r	r <sup>2</sup>	$\alpha$
TM CRS	0,70378+0,0000006x	0,0402	0,0016	0,816
TM VRS	0,81030-0,0000001x	-0,0249	0,0006	0,885
EM CRS	0,85086-0,0000001x	-0,0388	0,0015	0,822
EM VRS	0,93328-0,0000001x	-0,1695	0,0287	0,323

Vysvetlivky – Explanatory notes: TM CRS – efektívnosť za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu (technický model) – efficiency under assumption of constant return to scale (technical model); TM VRS – efektívnosť za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu (technický model) – efficiency under assumption of variable return to scale (technical model); EM CRS – efektívnosť za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu (ekonomický model) – efficiency under assumption of constant return to scale (economic model); EM VRS – efektívnosť za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu (ekonomický model) – efficiency under assumption of variable return to scale (economic model); x – výmera obhospodarovanej plochy – extension of managed forest land.

<sup>1)</sup>Efficiency, <sup>2)</sup>Dependency

**Tabuľka 4.** Štatistické testovanie rozdielov v efektívnosti podľa vlastníctva lesného podniku za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu

**Table 4.** Testing of differences in efficiency according to ownership under constant return to scale

Efektívnosť technického modelu <sup>1)</sup>	n	Priemer <sup>2)</sup>	Medián <sup>3)</sup>	Min	Max	Šikmosť <sup>4)</sup>	Smerodajná odchýlka <sup>5)</sup>
Štátne lesné podniky <sup>6)</sup>	7	83,6	89,9	63,2	100	-0,34	16,6
Neštátne lesné podniky <sup>7)</sup>	29	67,4	65,0	20,3	100	-0,02	25,6
H <sub>0</sub> : (x <sub>a</sub> = x <sub>b</sub> ) > α, H <sub>A</sub> : (x <sub>a</sub> ≠ x <sub>b</sub> ) ≤ α, (Mann-Whitney U Test), U = 67,000, α = 0,1679							
H <sub>0</sub> : (x <sub>a</sub> = x <sub>b</sub> ) > α, H <sub>A</sub> : (x <sub>a</sub> ≠ x <sub>b</sub> ) ≤ α, (Kolmogorov-Smirnov Test), D <sup>-</sup> = -0,448276; D <sup>+</sup> = 0,00; α ≥ 0,1							

Efektívnosť ekonomického modelu <sup>8)</sup>	n	Priemer <sup>2)</sup>	Medián <sup>3)</sup>	Min	Max	Šikmosť <sup>4)</sup>	Smerodajná odchýlka <sup>5)</sup>
Štátne lesné podniky <sup>6)</sup>	7	83,6	89,9	63,2	100	-0,34	16,6
Neštátne lesné podniky <sup>7)</sup>	29	82,6	88,3	45,3	100	-0,77	19,4
H <sub>0</sub> : (x <sub>a</sub> = x <sub>b</sub> ) > α, H <sub>A</sub> : (x <sub>a</sub> ≠ x <sub>b</sub> ) ≤ α, (Mann-Whitney U Test), U = 70,000, α = 0,208							
H <sub>0</sub> : (x <sub>a</sub> = x <sub>b</sub> ) > α, H <sub>A</sub> : (x <sub>a</sub> ≠ x <sub>b</sub> ) ≤ α, (Kolmogorov-Smirnov Test), D <sup>-</sup> = -0,3793; D <sup>+</sup> = 0,00; α ≥ 0,1							

<sup>1)</sup>Efficiency of technical model, <sup>2)</sup>Mean, <sup>3)</sup>Median, <sup>4)</sup>Skewness, <sup>5)</sup>Standard deviation, <sup>6)</sup>State forest enterprises, <sup>7)</sup>Non-state forest enterprises

<sup>8)</sup>Efficiency of economic model

diel ihličnatých sortimentov na celkových dodávkach dreva. Ako môžeme vidieť v tabuľke 5, iba v jednom prípade sa potvrdila výraznejšia závislosť medzi týmito veličinami, ktorá je aj štatisticky významná, avšak korelačný koeficient je aj tak pomerne nízky. Na základe toho môžeme konštatovať, že podiel ihličnatých sortimentov má výraznejší vplyv na efektívnosť lesných podnikov ako výmera obhospodarovanej plochy.

#### 5.4. Porovnanie Data Envelopment Analysis s Cost Benefit analýzou

Na hodnotenie efektívnosti existuje veľa metód a metodických prístupov. V praxi sa najčastejšie používa Cost Benefit analýza a jej jednotlivé ukazovatele: čistá súčasná hodnota, vnútorná miera výnosu, Benefit Cost Ratio, doba návratnosti, index rentability. Naproti

tomu sa v rámci tejto práce uplatňujú neparametrické prístupy hodnotenia efektívnosti. Podstata týchto dvoch metodických prístupov je rovnaká: zistiť kvocient medzi vloženými vstupmi a dosiahnutými výstupmi. Je preto zaujímavé aké sú výsledky hodnotenia efektívnosti podľa obidvoch metód. Pre porovnanie výsledkov hodnotenia efektívnosti prostredníctvom DEA a Cost Benefit analýzy sa jednotlivé vstupy zlúčili do jednej spoločnej premennej vstupov (celkové náklady) a podobne aj jednotlivé výstupy do jednej premennej výstupov (celkové výnosy). V tejto forme premenných je možné stanoviť efektívnosť jednotlivých lesných podnikov prostredníctvom DEA, ako aj prostredníctvom Cost Benefit analýzy. V rámci Cost Benefit analýzy sa vypočítal ukazovateľ čistej súčasnej hodnoty (ČSH) a pomer výnosov ku nákladom – Benefit Cost Ratio (BCR). Všetky premenné

**Tabuľka 5.** Výsledky korelačnej analýzy (efektívnosť – podiel ihličnatých sortimentov)

**Table 5.** Results of the correlation analysis (efficiency – share of coniferous species)

Efektívnosť <sup>1)</sup>	Závislosť <sup>2)</sup>	r	r <sup>2</sup>	α
TE CRS	0,84273 – 0,0021x	-0,32	0,10	0,061
TE VRS	0,96848 – 0,0025x	-0,38	0,15	0,021
EE CRS	0,94421 – 0,0015x	-0,30	0,09	0,080
EE VRS	0,98517 – 0,000000003x	-0,25	0,06	0,144

Vysvetlivky – Explanatory notes: TM CRS – efektívnosť za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu (technický model) – efficiency under assumption of constant return to scale (technical model); TM VRS – efektívnosť za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu (technický model) – efficiency under assumption of variable return to scale (technical model); EM CRS – efektívnosť za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu (ekonomický model) – efficiency under assumption of constant return to scale (economic model); EM VRS – efektívnosť za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu (ekonomický model) – efficiency under assumption of variable return to scale (economic model); x – podiel ihličnatých sortimentov na celkových dodávkach dreva – share of coniferous on timber supply.

<sup>1)</sup>Efficiency, <sup>2)</sup>Dependency



**Tabuľka 6.** Porovnanie Data Envelopment Analysis a Cost Benefit analýzy  
**Table 6.** Comparison of the Data Envelopment analysis and Cost Benefit analysis

DMU	Cost Benefit analýza <sup>1)</sup>						Data Envelopment Analysis					
	Náklady <sup>2)</sup>	Výnosy <sup>3)</sup>	ČSH	R	BCR	R	Náklady <sup>2)</sup>	Výnosy <sup>3)</sup>	CRS	R	VRS	R
7	5 602	6 629	5 130	12	1,18	14	5 321	6 292	38,6 %	14	49,2 %	17
8	5 839	6 076	1 185	23	1,04	21	5 509	5 721	33,9 %	21	42,6 %	29
9	6 707	5 066	-8 205	36	0,76	36	6 271	4 795	25,0 %	36	30,3 %	35
15	8 127	12 559	22 161	3	1,55	6	7 656	11 874	50,7 %	6	92,2 %	7
16	917	2 800	9 415	6	3,05	1	864	2 645	131,4 %	1	167,5 %	2
17	6 564	6 456	-539	30	0,98	30	6 186	6 087	32,2 %	31	40,7 %	32
30	3 115	4 934	9 097	7	1,58	5	2 838	4 513	52,0 %	4	62,1 %	11
36	19 819	20 148	1 646	20	1,02	26	18 629	18 944	33,2 %	25	300,0 %	1

Vysvetlivky – Explanatory notes: DMU – hodnotený lesný podnik – forest enterprises to be valuated, ČSH – čistá súčasná hodnota – net present value; BCR – pomer diskontovaných výnosov ku diskontovaným nákladom – benefit cost ratio (discounted); CRS – model DEA za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu – DEA-model under assumption of constant returns to scale; VRS – model DEA za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu – DEA-model under assumption of variable return to scale; R – ranking, resp. celkové umiestnenie lesného podniku podľa miery efektívnosti – ranking based on efficiency rate.

<sup>1)</sup>Cost Benefit analysis, <sup>2)</sup>Cost, <sup>3)</sup>Revenues

sa diskontovali v rámci Cost Benefit analýzy úrokovou mierou 2 %. Kvôli porovnaniu jednotlivých ukazovateľov sa stanovil pre každý lesný podnik ranking – celkové umiestnenie lesného podniku podľa hodnoty konkrétneho ukazovateľa. Pri DEA sa pre stanovenie poradia efektívnych lesných podnikov použil modifikovaný model od Andersena & Petersena.

Z výsledkov v tabuľke 6 vidno, že výsledky DEA, za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu, a výsledky Benefit Cost analýzy sú veľmi podobné. Samozrejme existujú určité rozdiely v poradí jednotlivých podnikov, ale to je spôsobené tým, že jednotlivé ukazovatele používajú rôzne váhy pri stanovení miery efektívnosti. Tento fakt dokumentujú aj rozdiely medzi ukazovateľmi Cost Benefit analýzy ako je ČSH a Benefit Cost Ratio. Dôležité je, že poradie najefektívnejšieho lesného podniku (DMU 16) a najmenej efektívneho lesného podniku (DMU 9), je ako aj u Cost Benefit analýzy (podľa Benefit Cost Ratio), tak aj u DEA (podľa modelu za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu – CRS) rovnaké. Výsledky DEA, za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu, sú odlišné, čo súvisí s tým, že v tomto prípade sa nevyžaduje prísna monotónnosť, čiže každý ďalší prírastok výrobných faktorov nespôsobí rovnaký prírastok produkcie statkov a služieb, ale nižší. Za tohto predpokladu je priemerná miera efektívnosti vyššia. Takisto sa vyskytujú mierne odchýlky aj v rámci Cost Benefit analýzy pri porovnaní ukazovateľov čistej súčasnej hodnoty a Benefit Cost Ratio.

## 6. Diskusia a záver

Cieľom tohto príspevku bola analýza efektívnosti hospodárenia na lesnej pôde prostredníctvom neparametrických prístupov, ako aj analýza ich výhod a nevý-

hod oproti klasickým metódam hodnotenia používaných v LH.

Využitie neparametrických prístupov hodnotenia efektívnosti v LH je relatívne inovatívny prístup. Prvú analýzu efektívnosti v oblasti LH realizovali Kao & Yang v roku 1991, pričom hodnotili efektívnosť 13 lesných dištriktov v Taiwane. Na základe analýzy výsledkov môžeme konštatovať, že hlavné výhody neparametrických prístupov sú:

- je možné zahrnúť do analýzy aj premenné, ktoré nie sú vyjadrené v peňažných jednotkách,
- nevyžadujú sa žiadne predpoklady o funkčných vzťahoch medzi vstupmi a výstupmi (nie sú potrebné produkčné funkcie),
- výhodou je aj to, že výsledky boli porovnateľné s výsledkami Cost Benefit analýzy.

Nevýhodou týchto metód je to, že nezohľadňujú riziko hospodárenia na lesnej pôde, čím sú výsledky hodnotenia efektívnosti ovplyvnené. Pri hodnotení efektívnosti hospodárenia na lesnej pôde je možné tento nedostatok eliminovať, napr. prostredníctvom zahrnutia nákladov na poistenie lesného majetku do analýzy. Ďalšou nevýhodou je ich citlivosť na extrémne hodnoty alebo na prípadné chyby v údajoch, ktoré ovplyvnia výrazne efektívnosť všetkých hodnotených produkčných jednotiek. Nevýhodou je aj relatívna efektívnosť, tzn. že nie je možné hodnotiť jednu alebo dve produkčné jednotky, ale je potrebný určitý rozsah výberovej vzorky a rozšírením alebo zahrnutím ďalšej hodnotenej jednotky sa zmení efektívnosť už hodnotených jednotiek.

Ak sú k dispozícii pre všetky hodnotené premenné vstupov a výstupov trhové alebo odvodené (tieňové) ceny je pohodlnejšie použiť klasické ukazovatele Cost Benefit analýzy a prípadne použiť neparametrické metódy, ako

doplňujúce analýzy efektívnosti. Ak je potrebné zahrnúť do analýzy aj premenné, pre ktoré nie sú k dispozícii trhové alebo tieňové ceny, prípadné odvodenie alebo stanovenie cien by bolo diskutabilné, v tom prípade je vhodné použiť neparametrické metódy, ktoré na základe lineárneho programovania odvodí váhy jednotlivých premenných a určia relatívnu efektívnosť pre každú hodnotenú jednotku. Uvedené závery sú výsledkom zjednodušenej analýzy a platia na základe výsledkov výberovej vzorky hodnotených subjektov. Pri inom rozsahu výberov vzorky by mohli byť výsledky odlišné.

Na základe výsledkov analýzy efektívnosti hospodárenia na lesnej pôde možno konštatovať:

- priemerná efektívnosť lesných podnikov bola v technickom modeli 70,57 %, za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu, resp. 80,91 % za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu,
- priemerná efektívnosť lesných podnikov v ekonomickom modeli bola vyššia a to 84,94 %, za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu, resp. 92,89 % za predpokladu variabilných výnosov z rozsahu,
- výsledky jednotlivých analýz sú porovnateľné so štúdiami, ktoré sa realizovali v zahraničí napr. HOFFMANN & SEKOT (2004), HOFFMANN (2006) a iní,
- pri hodnotení závislosti efektívnosti a ostatných v modeli nezahrnutých veličín (ako sú veľkosť lesného podniku, resp. obhospodarovaná plocha, druh vlastníctva, podiel ihličnatých a listnatých drevín) sa nepotvrdil predpoklad ich významného vplyvu na výslednú efektívnosť v rámci zvolenej výberovej vzorky,
- analýzou sa dokázalo najmä to, že efektívne sú nielen lesné podniky, ktoré majú vysoké výnosy na hektár, ale aj tie, ktoré ich majú nízke. Z toho vyplýva, že výrobu je možné realizovať rôznym spôsobom a byť pritom efektívny,
- takisto sa dokázalo, že výsledky prostredníctvom DEA sú porovnateľné s výsledkami Cost Benefit analýzy.

Existuje veľa možností ako zvyšovať efektívnosť hospodárenia na lesnej pôde. Jednou z možností ako zvýšiť efektívnosť a konkurencieschopnosť LH v podmienkach súčasnej globálnej finančnej a hospodárskej krízy je diverzifikácia aktivít. LH na Slovensku získava viac ako 80 % príjmov z predaja dreva a len okolo 20 % z ostatnej produkcie. Priemerná úroveň diverzifikácie aktivít v európskych krajinách je okolo 25 % (SARVAŠOVÁ & KOVALČÍK 2010, SVITOK & TUTKA 2010). Ďalšou možnosťou je implementácia verejnoprospešných funkcií lesa do trhového mechanizmu (MORAČÍK & KOVALČÍK & SARVAŠOVÁ 2010). Dôležitou súčasťou zvyšovania konkurencieschopnosti sú aj inovácie a medzisektorová spolupráca pri zabezpečovaní rôznych služieb (SARVAŠOVÁ & JÁRSKY & SETZER & WEISS 2010). Okrem dopadov globálnej finančnej a hospodárskej krízy čelí LH aj dopadom klimatickej zmeny (zmena drevinového zloženia, zvyšujúce sa riziko rôznych prírodných katastrof),

ktoré môžu viesť k zníženiu hodnoty lesného majetku. Implementácia adaptačných opatrení môže redukovať tieto prejavy (TUTKA & SVITOK 2010).

### Podakovanie

Vypracovanie príspevku podporilo Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka v rámci projektu „Výskum efektívneho využívania environmentálneho, ekonomického a sociálneho potenciálu lesov na Slovensku“.

### Literatúra

- BACKHAUS K., WILKEN R., 2003: Effizienzmessung im Marketing mit Data Envelopment Analysis. Working Paper, Nr. 34/2003, Münster, 42 p.
- BALÁŽOVÁ E., 2003: Vplyv výrobných faktorov na hodnotenie ekonomickej efektívnosti lesnej výroby. Dizertačná práca, Zvolen: Technická univerzita Zvolen, 93 p.
- BANKER R.D., CHARNES A., COOPER W.W., 1984: Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis. *Management Science* 30, p. 1078-1092.
- BARTUNĚK J., 1997: Možnosti zvýšení alokační efektivity lesní výroby. *Lesnictví-Forestry*, 43, 10 p.
- BOGETOFT P., THORSEN J., STRANGE N., 2003: Efficiency and merger gains in the Danish Forestry Extension Service. *Forest Science* 49, p. 585-595.
- BORMANN K. et al., 2006: Die Waldgesamtrechnung als Teil einer integrierten ökologischen und ökonomischen Berichterstattung. Projektbericht. Hamburg und Wiesbaden, 95 p.
- BRODERSEN M. C., THIELE H., 1999: Effizienzunterschiede in der landwirtschaftlichen Produktion, eine nichtparametrische Analyse für Deutschland. Institut für Agrarpolitik und Marktlehre, Justus-Liebig-Universität Gießen, 10 p.
- COOPER W. W., SEIFORD L.M., TONE K., 2003: Data Envelopment Analysis: a Comprehensive text with Models, Applications. References and DEA-Solver Software, Boston, Kluwer Academic Publishing, 318 p.
- CHARNES A., COOPER W. W., RHODES E., 1978: Measuring the Efficiency of Decision Making Units. In: *European Journal of Operational Research*, 3(6): 429-444.
- FANDEL P., 2000: Analýza konkurencieschopností poľnohospodárskych podnikov z hľadiska právnej formy podnikania – neparametrický prístup. In: *Globalisation and Competitiveness – Agrarian Perspectives IX*, Praha: ČZU Praha, ISBN 80-213-0657-2, 9 p.
- FARRELL M. J., 1957: The measurement of productive efficiency. In: *Journal of the Royal Statistical Society, Series A* 120, p. 253-290.
- GSTACH D., 2002: Effizienzmessung mit Data Envelopment Analysis (DEA). Skriptum, Wirtschaftsuniversität Wien, Dezember 2002, 48 p.
- HAJDÚCHOVÁ I., 2002: Ekonomická efektívnosť výstavby lesných ciest. In: *Financovanie výstavby lesných ciest na Slovensku a v zahraničí*, Zborník referátov z odborného seminára medzinárodného charakteru, Zvolen: TU Zvolen, p. 69-75.
- HANNINEN H., VIITALA E. J., 1998: Efficiency of Non profit Forestry Extension Services: An Application of DEA. *Finish Forest Research Institute*, p. 56.
- HOFFMANN CH., 2006: Die Data Envelopment Analysis und ihre Anwendungsmöglichkeiten zur vergleichenden Effizienzanalyse im Forstwesen. Institut für Agrar- und Forstökonomie, Universität für Bodenkultur, Dissertation, 299 p.
- HOLÉCY J., 1999: Odhad rentability hospodárenia na neštátnej lesnej pôde Slovenska. In: *Súčasnosť a budúci vývoj neštátneho lesného*

- sektora SR, Zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou, Banská Štiavnica, p. 65-74.
- KAŇOK F., 2001: Současné aspekty ovplyvňujúci finančne ekonomickou rentabilitu hospodárení na lesní púde a ekonomické nástroje uplatňované LČR, s. p. v řízení přímo řízených závodů. In: *Tvorba a meranie hodnoty lesa 2001*, Zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou, Zvolen: TU Zvolen, p. 105-112.
- KAO C., 2000: Measuring the Performance Improvement of Taiwan Forests after Reorganization. *Forest Science*, **46**(4): 577-584.
- , YANG Y.C., 1992: Reorganization of forest districts via efficiency measurement. *European Journal of Operational Research* **58**, p. 356-362.
- , YANG Y.C., 1991: Measuring the Efficiency of Forest Management. *Forest Science*, **37**(5): 1239-1252.
- KLACKO Š., 1996: Ekonomická efektívnosť investícií do lesných porastov. Kandidátska dizertačná práca, Zvolen, TU, 92 p.
- KOLENKA I., 1993: Voľba optimálnej stratégie hospodárenia v lese z hľadiska ekonomickej prosperity. *Acta Facultatis Forestalis XXXV*, p. 369-377.
- KOVALČÍK M., 2007: Porovnanie efektívnosti lesných podnikov podľa Data Envelopment Analysis a Cost Benefit Analysis. In: *Financovanie 2007 Lesy – Drevo*, Zborník z medzinárodnej konferencie, TU Zvolen, ISBN 978-80-228-1795-0, 7 p.
- , 2010: Prístupy k analýze ekonomickej efektívnosti lesnej produkcie: [Dizertačná práca]. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene. 118 p.
- KULLA L., TUTKA J., MARUŠÁK R., 2008: Forest yield index and its applicability to the assessment of future yields. In: *Journal of forest science*, **55**(1): 41-50.
- LE BEL L., 1996: Performance and efficiency evaluation of logging contractors using Data Envelopment Analysis, Blacksburg, VA: Virginia Polytechnic and State University. Dissertation, 201 p.
- LEBEL L.G., STUART W.B., 1998: Technical efficiency evaluation of logging contractors using a nonparametric model. In: *Journal of Forest Engineering*, **9**(2): 15-24.
- MORAVČÍK M. et al., 2006: Správa o lesnom hospodárstve v SR 2006 (Zelená správa). Bratislava, MP SR a NLC-LVÚ Zvolen, 144 p.
- , et al., 2007: Správa o lesnom hospodárstve v SR 2007 (Zelená správa). Bratislava, MP SR a NLC-LVÚ Zvolen, 164 p.
- , et al., 2008: Správa o lesnom hospodárstve v SR 2008 (Zelená správa). Bratislava, MP SR a NLC-LVÚ Zvolen, 168 p.
- , et al., 2009: Správa o lesnom hospodárstve v SR 2009 (Zelená správa). Bratislava, MP SR a NLC-LVÚ Zvolen, 147 p.
- NOCIAROVÁ G., 1997: Možnosti zvyšovania ekonomickej efektívnosti LH SR. Záverečná správa referenčnej úlohy č. 11/1997, Zvolen: LVÚ Zvolen, 85 p.
- NYRUD A., BAARDSEN S., 2003: Production efficiency and productivity growth in Norwegian sawmilling. *Forest Science*, **49**: 89-97.
- PETRAŠOVÁ V., 1993: Objektívizácia nákladovosti lesnej výroby na základe rentových pomerov. In: *Lesníctvo a výskum v meniacich sa ekologických a ekonomických podmienkach v SR*, Zvolen: LVÚ Zvolen, p. 153-160.
- PULKRAB K., 2001: Ekonomické aspekty trvale udržiteľného obhospodarovania lesu, In: *Tvorba a meranie hodnoty lesa 2001*, Zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou, Zvolen, TU Zvolen, p. 153-165.
- , ŠIŠÁK L., BARTUNĚK J., 2008: Hodnocení efektivity v lesním hospodářství. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, ISBN 978-80-87154-12-0, 131 pp.
- SARVAŠOVÁ Z., JARSKÝ V., SETZER F., WEISS G., 2010: Support for Innovation in Forestry in Rural Development Programmes of Six European Countries. In: COST Action E51 – Policy Integration and Coordination: the Case of Innovation and the Forest Sector in Europe. Luxembourg. Publications Office of the European Union: p. 87-106.
- , KOVALČÍK M., 2010: Challenges for diversification of activities in private forest sector in Slovakia. In: *Small Scale Forestry in a Changing World. Proceedings of the IUFRO Conference. 6-12 June 2010*. Bled Slovenia. ISBN 978-961-6425-53-7: p. 683-696.
- SEKOT W., 2007. Methodenbeschreibung zur forstlichen Gesamtrechnung in Österreich, Universität für Bodenkultur, Viedeň, (pracovná správa z riešenia Súhrnných lesníckych ekonomických účtov v Rakúsku), 58 pp.
- , HOFFMANN CH., 2007: Extension of interfirm comparison of forest enterprises by means of Data Envelopment Analysis. *Austrian Journal of Forest Science* **124**. Heft 1, p. 37-64.
- SHIBA M., 1997: Measuring the efficiency of managerial and technical performances in forestry activities by means of Data Envelopment Analysis (DEA). *Journal of Forest Engineering* **8**, p. 7-19.
- SHEEL H., 2000: Effizienzmaße der Data Envelopment Analysis. Deutscher Universitätsverlag, Gabler Edition Wissenschaft, Wiesbaden, 183 p.
- SOWLATI T. 2005: Efficiency studies in forestry using data envelopment analysis. *Forest Products Journal*, vol. **55**, p. 49-57.
- SVITOK R., TUTKA J., 2010: Role of Slovak small-scale forestry in wood business and carbon storage. In: *Small Scale Forestry in a Changing World. Proceedings of the IUFRO Conference. 6-12 June 2010*. Bled Slovenia. ISBN 978-961-6425-53-7, p. 727-745.
- TIMMER C.P., 1971: Using a Probabilistic Frontier Production to Measure Technical Efficiency. *Journal of Political Economy*, **79**, p. 776-794.
- TUTKA J., SVITOK R., 2010: Possible economic consequence of climate change in forestry. In: *Small Scale Forestry in a Changing World. Proceedings of the IUFRO Conference, 6-12 June 2010*. Bled Slovenia, ISBN 978-961-6425-53-7: p. 775-788.
- YIN R., 1999: Production efficiency and cost competitiveness of pulp producers in the Pacific Rim. *Forest Production Journal*, **49**(7/8): 44-49.
- , 1998: DEA: a new methodology for evaluating the performance of forest products producers. *Forest Production Journal*, **48**(1): 29-34.

## Summary

Measuring and improving efficiency is important to encourage progress in any organization; therefore it has also received increasing attention in forestry sector. There are various methods and methodological approaches to evaluate efficiency, which are based on single principles and functions. Measuring the efficiency of a unit is based, in general, on production function, which specifies the relationship between the observed inputs and outputs. Production frontier indicates the maximum output that is possible to be produced under different input combinations, the ratio of the unit's output to the maximum possible outputs gives measured efficiency. These approaches in which the production function is either known or estimated statistically are the parametric approaches. The disadvantages of these approaches are that an explicit functional form of inputs and outputs are needed. In many situations, the functional form of the production function is not known or is difficult to estimate. Farrell's method of computing the efficient function from a set of observations was the foundation for non-parametric approaches in measuring efficiency and productivity. In the non-parametric approach, no assumptions are made about the form of the production function. Instead, a best practice function is built empirically from the observed inputs and outputs. This is the main advantage of this method.

Data Envelopment Analysis is non-parametric approach for measuring efficiency of many homogenous entities. It is a relative-

ly new technique in productivity management. Data Envelopment Analysis was first used in 1978 and it has been applied to different areas since then. The DEA approach was first introduced by CHARNES *et al.* (1978), which was called the Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) model, to produce an efficiency frontier based on the concept of Pareto optimum. In addition, BANKER *et al.* (1984) developed the Banker-Charnes-Cooper (BCC) model that produces variable returns to scale efficiency frontier to measure the technical efficiency.

In this work, Data Envelopment Analysis was used to evaluate efficiency of the forest land management. Based on the analysis, the following results can be drawn:

- obtained results show average efficiency in range of 70 – 93% (depending on the model). It was lower than those in similar analyses using DEA in wood-based industry (YIN 1998, 1999, KAO 2000, NYRUD & BAARDSEN 2003) and comparable to analysis published by DIAZ-BALTEIRO *et al.* (2006),
- there was low dependency (the differences in efficiency were not statistically significant) among efficiency on the one hand and on the other hand the other models did not include variables (such as forest enterprise size, ownership, share of coniferous species) on the second hand,
- the results of DEA were compared to results of Cost Benefit Analysis and the differences were not statistically significant. Therefore we can state, that DEA represents a promising alter-

native to performance measurements using other methods and approaches,

- the conclusions are based on simplified analysis and are valid on the grounds of the results of this sample. The results could be different at another sample size. Such analysis can be extended and modified according to specific conditions and requests.

There are many possibilities to increase the efficiency of the forest land management under the present global financial and economic crisis. One option is the diversification of activities. Forestry in Slovakia acquires over 80% of sales for wood and only about 20% for other production. The average level of diversification of activities in European countries is around 25% (SARVAŠOVÁ & KOVALČÍK 2010, SVITOK & TUTKA 2010). Another possibility is an implementation of forest externalities into the market mechanism (MORAVČÍK & KOVALČÍK & SARVAŠOVÁ 2010). An important part of increasing the competitiveness of forestry are innovations and intersectoral cooperation at providing various services (SARVAŠOVÁ & JÁRSKY & SETZER & WEISS 2010). In addition to the impact of the global financial and economic crisis, forestry will have to face the impacts of climate change (change of the tree species composition, increasing risk of various natural disasters), which can result in the impairment of forest property value. The introduction of adaptation measures can reduce these impacts (SVITOK & TUTKA 2010).