

# MALMQUISTOVE INDEXY TFP A ICH VYUŽITIE V HODNOTENÍ VÝVOJA PRODUKTIVITY POĽNOHOSPODÁRSKEJ VÝROBY (PŠENICA)

## Malmquist TFP Indices and their Use in the Assessment of Productivity Change in Agriculture (Wheat)

Peter Fandel

### Summary

The paper presents results of analysis of productivity change in the sector of wheat production in the period of years of 1996-2000. In the analysis the method of nonparametric Malmquist indices of TFP has been applied which is based on calculation of distance functions as reciprocal values of output orientated Farrell's technical efficiency measures. In the paper there are calculated indices of technical efficiency change, technical change and index of TFP change. The analysis was performed on data of a 28 farms sample which represents farms of all growing regions of Slovakia. Results show that farms struggle with the problems of decreasing efficiency and productivity. Within the reference period only 18% of farms were able to improve technical efficiency. Technological progress (inovation) was found in 7% of farms. Total factor productivity growth was found in 7% of farms.

### Anotácia

Príspevok prezentuje výsledky analýzy vývoja produktivity v odvetví výroby pšenice za roky 1996-2000. V analýze je aplikovaná neparametrická metóda Malmquistových indexov úhrnnej produktivity (TFP), ktorá je založená na výpočte dištančných funkcií ako recipročných hodnôt outputovo-orientovaných Farrellových mier technickej efektívnosti. V príspevku sú vypočítané indexy zmeny technickej efektívnosti, technickej zmeny a index zmeny TFP. Analýza produktivity bola realizovaná na výberovom súbore 29 poľnohospodárskych podnikov reprezentujúcich všetky výrobné oblasti SR. Výsledky analýzy ukázali, že pestovanie pšenice je pre väčšinu podnikov spojené s problémami poklesu efektívnosti a produktivity. V hodnotenom období iba 18% podnikov dosiahlo rast technickej efektívnosti. Technologický progres, v pestovaní pšenice dokázalo zabezpečiť 7% podnikov. Rast produktivity úhrnného faktora (TFP) sme zistili u 7% podnikov.

**Kľúčové slová:** Malmquistove indexy, zmena produktivity, zmena technickej efektívnosti, technická zmena, dištančná funkcia, DEA

**Keywords:** Malmquist indices, productivity change, technical efficiency change, technical change, distance function, DEA

### Úvod

Odvetvie pestovania pšenice v SR zaznamenalo v období rokov 1996 - 2000 kolísanie a to tak pokiaľ ide o osevné plochy pšenice, ako aj hektárové úrody. Hlavnými faktormi kolísania boli predovšetkým prírodné podmienky. Predovšetkým v roku 2000 faktor prírody bol rozhodujúcou príčinou výrazného zníženia hektárových úrod. Možno však predpokladať, že popri prírodných faktoroch tu pôsobili aj technologické faktory, ktorých účinok na efektívnosť a produktivitu je predmetom analýzy v predkladanom príspevku.

### Cieľ a metodika

Cieľom príspevku je analyzovať vývoj produktivity v odvetví pestovania pšenice a to za obdobie rokov 1996 - 2000. Analýza bola realizovaná na súbore 28 podnikov

poľnohospodárskej prvovýroby, predovšetkým poľnohospodárskych družstiev, zo všetkých výrobných oblastí SR. Základnou metodológiou použitou v analýze boli neparametrické metódy hodnotenia technickej efektívnosti a produktivity úhrnného faktora (TFP).

### **Neparametrické metódy hodnotenia produktivity**

Pri meraní produktivity hrajú významnú úlohu indexy. Použitie indexov pri meraní zmeny produktivity úhrnného faktora (TFP) viedlo k rozvoju a širokému použitiu populárnych indexných čísiel TFP. Medzi najznámejšie a najpoužívanéjšie indexy patria Laspeyresov index, Paascheho index, Fisherov index, Törnqvistov index a Malmquistov index. Práve posledne dva menované indexy boli východiskom rozvoja neparametrických metód hodnotenia produktivity, ktoré aplikujeme v tejto práci.

Neparametrické metódy hodnotenia produktivity sú buď explicitne, alebo implicitne založené na Malmquistovom TFP indexe, ktorý je za určitých podmienok ekvivalentný Törnqvistovmu indexu. Základnými prácami v tomto smere sú práce autorov Nishimizu a Page (1982) a Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994). V prvej práci je aplikovaná metóda autorov Aignera a Chu (1968), v ktorej je lineárne programovanie použité pri konštrukcii parametrickej produkčnej fronty a následne pri výpočte miery rastu TFP ako sumy dvoch komponentov: zmeny efektívnosti a technickej zmeny. V práci autorov Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994) je aplikovaný Malmquistov index rastu TFP, ktorý definovali Caves, Christensen a Diewert (1982). Tento prístup ukazuje na možnosť odhadu komponentnej dištančnej funkcie modelmi typu DEA a súčasne ukazuje ako je možné výsledné TFP indexy dekomponovať na komponent zmeny technickej efektívnosti a komponent technickej zmeny. Základným rozdielom medzi uvedenými dvomi prácami je ten, že Nishimizu a Page (1982) používajú parametrické metódy, kým Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994) na druhej strane používajú neparametrické metódy. Aj napriek uvedeným rozdielom obe metódy v podstate vedú k tým istým výsledkom.

### **Dištančné funkcie**

Malmquistov index je založený na využití tzv. dištančných funkcií. Dištančné funkcie umožňujú charakterizovať produkčnú technológiu s mnohými vstupmi a výstupmi bez potreby špecifikovať ciele správania sa podniku (minimalizácia nákladov, alebo maximalizácia výnosov). Je možné definovať tak inputovú, ako aj outputovú dištančnú funkciu. Inputová dištančná funkcia charakterizuje produkčnú technológiu z hľadiska minimálnej proporcionálnej redukcie vektora vstupov pri danej úrovni vektora výstupov. Outputová dištančná funkcia zohľadňuje maximálne proporcionálne zvýšenie vektora výstupov pri danej úrovni vektora vstupov. Táto je aplikovaná v metodológii Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994).

### **Outputová dištančná funkcia**

Budeme vychádzať z nasledovných predpokladov: Produkčná technológia je definovaná množinou výstupov  $P(x)$ , ktorá reprezentuje množinu všetkých vektorov výstupov  $y$ , ktoré možno vyprodukovať použitím vektora vstupov  $x$ :

$$P(x) = \{ y : x \text{ môže produkovať } y \}. \quad (1)$$

Predpokladáme že, technológia spĺňa nasledovné axiomy:

- a)  $0 \in P(x)$ : z danej množiny nie je produkovaný výstup (neaktivita je možná)
- b) nenulovú úroveň výstupu nemôžno produkovať z nulovej úrovne vstupov

- c)  $P(x)$  spĺňa podmienku silnej disponibility výstupov: ak  $y \in P(x)$  a  $y^* \leq y$  potom  $y^* \in P(x)$ <sup>1</sup>
- d)  $P(x)$  spĺňa podmienku silnej disponibility vstupov: ak možno produkovať  $y$  z  $x$ , potom  $y$  možno produkovať z akéhokoľvek  $x^* \geq x$ <sup>2</sup>
- e)  $P(x)$  je zatvorená
- f)  $P(x)$  je ohraničená
- g)  $P(x)$  je konvexná

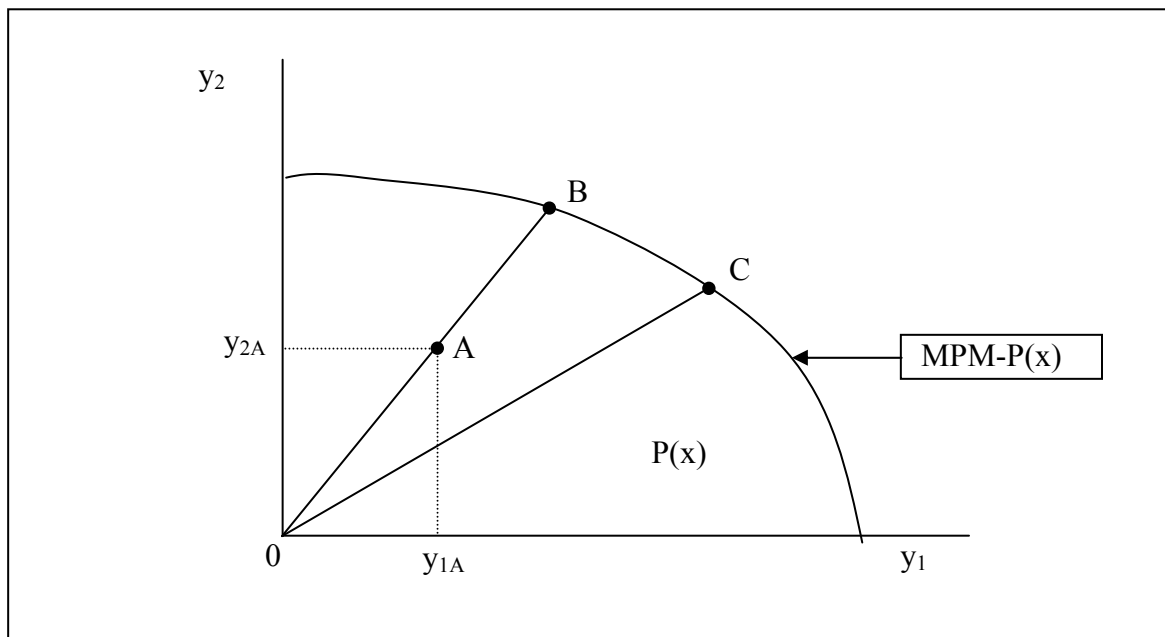
Podobné predpoklady, s výnimkou ohraničenosti sa vzťahujú na množinu vstupov a sú definované pre množinu vstupov označenú  $L(y)$ .

Outputová dištančná funkcia je definovaná na množine výstupov  $P(x)$  nasledovne:

$$d_o(x,y) = \min \{ \delta : (y/\delta) \in P(x) \}^3 \quad (2)$$

Pre dištančnú funkciu platia nasledovné vlastnosti:

- I.  $d_o(x,y)$  je nerastúca v  $y$  a rastúca v  $x$
- II.  $d_o(x,y)$  je lineárne homogénna v  $y$
- III. ak  $y$  patrí do množiny produkčných možností  $x$  (t.j. ak  $y \in P(x)$ ), potom  $d_o(x,y) \leq 1$
- IV. vzdialenosť sa rovná jednej (t.j.  $d_o(x,y) = 1$ ) ak  $y$  patrí do „hranice“ množiny produkčných možností (MPM) (t.j. patrí do MPM krivky  $x$ )



**Obrázok 1** Outputová dištančná funkcia a množina produkčných možností

<sup>1</sup> Alternatívnym predpokladom k silnej disponibiliti výstupov je "slabá disponibilita výstupov": ak je vektor výstupov  $y$  možné produkovať z daného vektora vstupov  $x$ , potom redukovaný vektor  $y$ , t.j.  $\lambda y$ , pre  $0 < \lambda < 1$ , môže byť produkovaný z  $x$ . Je zrejmé, že silná disponibilita implikuje slabú disponibilitu., avšak nie naopak.

<sup>2</sup> Pretože  $x$  a  $x^*$  sú vektory,  $x^* \geq x$  platí keď všetky elementy  $x^*$  sú väčšie než alebo rovné zodpovedajúcim prvkom v  $x$ , avšak striktno väčšie aspoň pre jeden prvok.

<sup>3</sup> Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994) definujú dištančnú funkciu (3.2) presnejšie, keď namiesto "min" (minimum) používajú "inf" infimum. To umožňuje počítať i so situáciami, keď minimum neexistuje (napr.  $\delta = -\infty$  je možné riešenie). V ďalšej časti práce však budeme používať model podľa Coelliho et al. (1998).

Princíp outputovej dištančnej funkcie uvidíme na príklade s dvomi výstupmi  $y_1$  a  $y_2$ , ktoré sú produkované použitím vektora vstupov  $x$ . Graficky je problém prezentovaný na obrázku 1. Množina produkčných možností  $P(x)$  je množina ohraničená hranicou produkčných možností  $MPM-P(x)$  a osami  $y_1$  a  $y_2$ . Hodnota dištančnej funkcie pre podnik, ktorý spotrebuje vstup  $x$  na vyprodukovanie výstupov definovaných bodom A je rovná pomeru

$$\delta = OA / OB$$

Táto miera vzdialenosti je inverznou hodnotou k faktoru, ktorým by sa mala produkcia výstupov zväčšiť a pritom zostať v množine produkčných možností pre danú úroveň vstupu.<sup>4</sup> Z grafu je zrejmé, že body B a C sú na hranici množiny produkčných možností označenej  $MPM-P(x)$  a preto im prináležiace hodnoty dištančnej funkcie sa rovnajú 1.

### Malmquistov TFP index

Malmquistov TFP index meria zmenu produktivity úhrnného faktora (TFP) medzi dvomi obdobiami na princípe výpočtu pomeru vzdialeností každého dátového bodu od technológie. Podľa autorov Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994) Malmquistov outputovo-orientovaný index zmeny TFP medzi obdobím  $s$  (bázické obdobie) a obdobím  $t$  je daný výrazom

$$M_o(y_s, x_s, y_t, x_t) = \left[ \frac{d_o^s(y_t, x_t)}{d_o^s(y_s, x_s)} \times \frac{d_o^t(y_t, x_t)}{d_o^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2}, \quad (3)$$

kde  $d_o^s(x_t, y_t)$  vyjadruje vzdialenosť nameranej hodnoty v období  $t$  od technológie v období  $s$ . Hodnota  $M_o$  väčšia ako jedna indikuje rast TFP medzi obdobiami  $s$  a  $t$ , hodnota menšia ako jedna indikuje pokles TFP. Výraz (3) je geometrickým priemerom dvoch TFP indexov. Prvý index sa vzťahuje k technológii v období  $s$  a druhý k technológii v období  $t$ .

Ekvivalentným spôsobom zápisu indexu produktivity je nasledovný výraz

$$M_o(y_s, x_s, y_t, x_t) = \frac{d_o^t(y_t, x_t)}{d_o^s(y_s, x_s)} \left[ \frac{d_o^s(y_t, x_t)}{d_o^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_o^s(y_s, x_s)}{d_o^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2}, \quad (4)$$

kde výraz pred hranatou zátvorkou meria zmenu outputovo-orientovanej miery Farrellovej (1957) technickej efektívnosti medzi obdobím  $s$  a  $t$ . To znamená, že zmena efektívnosti je ekvivalentná pomeru Farrellovej miery technickej efektívnosti v období  $t$  a Farrellovej miery technickej efektívnosti v období  $s$ . Ostatná časť výrazu (4) je mierou technickej zmeny, ktorá je geometrickým priemerom posunu technológie medzi dvomi obdobiami hodnotenej prostredníctvom  $x_t$  a  $x_s$ . Uvedené dva ukazovatele z výrazu (4) potom majú nasledovný tvar:

$$\text{Zmena efektívnosti} = \frac{d_o^t(y_t, x_t)}{d_o^s(y_s, x_s)} \quad (5)$$

$$\text{Technická zmena} = \left[ \frac{d_o^s(y_t, x_t)}{d_o^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_o^s(y_s, x_s)}{d_o^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (6)$$

<sup>4</sup> Táto dištančná miera je inverznou hodnotou k Farrellovej (1957) outputovo-orientovanej miere technickej efektívnosti.

## Metódy odhadu

K odhadu dištančných funkcií, ktoré sú východiskom výpočtu Malmquistovho TFP indexu, možno použiť viaceré metódy. V súčasnosti najpoužívanejšími metódami sú metódy lineárneho programovania, presnejšie metódy typu DEA, ktoré navrhol k odhadu použiť Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994).

## Metódy typu DEA

Dištančné funkcie sú recipročné k outputovo-orientovaným Farrellovým mieram technickej efektívnosti. Podľa autorov Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994) a za predpokladu, že sú k dispozícii rovnorodé dáta za viacero období, možno potrebné vzdialenosti vypočítať pomocou modelov DEA. Výpočet zmeny TFP medzi dvomi obdobiami pre  $i$ -ty podnik znamená vypočítať štyri dištančné funkcie. To predstavuje riešenie štyroch úloh lineárneho programovania. Färe, Grosskopf, Norris a Zhang (1994) predpokladajú technológiu s konštantnými výnosmi z rozsahu, čo znamená riešiť nasledovné štyri úlohy LP:

$$\begin{aligned} [d_o^t(y_t, x_t)]^{-1} &= \max_{\varphi, \lambda} \varphi, \\ \text{za podm.} \\ \varphi y_{it} - Y_t \lambda &\leq 0 \\ X_t \lambda &\leq x_{it} \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} [d_o^s(y_s, x_s)]^{-1} &= \max_{\varphi, \lambda} \varphi, \\ \text{za podm.} \\ \varphi y_{is} - Y_s \lambda &\leq 0 \\ X_s \lambda &\leq x_{is} \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} [d_o^t(y_s, x_s)]^{-1} &= \max_{\varphi, \lambda} \varphi, \\ \text{za podm.} \\ \varphi y_{is} - Y_t \lambda &\leq 0 \\ X_t \lambda &\leq x_{is} \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} [d_o^s(y_t, x_t)]^{-1} &= \max_{\varphi, \lambda} \varphi, \\ \text{za podm.} \\ \varphi y_{it} - Y_s \lambda &\leq 0 \\ X_s \lambda &\leq x_{it} \\ \lambda &\geq 0, \end{aligned} \tag{10}$$

Notácia:

$y_{it}$  je  $M \times 1$  vektor výstupov  $i$ -teho podniku v období  $t$

$x_{it}$  je  $K \times 1$  vektor vstupov  $i$ -teho podniku v období  $t$

$Y_t$  je  $N \times M$  matica výstupov  $N$  podnikov v období  $t$

$X_t$  je  $N \times K$  matica vstupov  $N$  podnikov v období  $t$

$\lambda$  je  $K \times 1$  vektor váh

$\varphi$  je skalár

K modelom (9) a (10), kde sa produkčné body porovnávajú s technológiami z rôznych časových období, treba poznamenať, že parameter  $\varphi$  nemusí byť väčší ako jedna, tak ako je to v prípade outputovo-orientovaných mier technickej efektívnosti. Dátové body môžu ležať nad prípustnou produkčnou množinou. Toto je pravdepodobné v modeli (10), kde produkčné body časového obdobia  $t$  sa porovnávajú s technológiou predchádzajúceho

obdobia s. Ak sa vyskytne technický progres, potom hodnota môže byť  $\varphi < 1$ . Podobná situácia môže nastať i pri riešení modelu (9) ak sa vyskytne technický regres. Táto situácia je však menej pravdepodobná (Coelli et al., 1998).

Pri riešení modelov (7) až (10) môžu parametre  $\varphi$  a  $\lambda$  nadobúdať rôzne hodnoty. Treba si ďalej uvedomiť, že uvedené štyri modely je potrebné počítať osobitne pre každý podnik. Pri T časových obdobiach a N podnikoch je potrebné riešiť celkom  $N \times (3T-2)$  úloh LP.

## Výsledky a diskusia

Analýza produktivity výrobcov pšenice bola realizovaná na výberovom súbore 28 podnikov Slovenskej republiky. Ide o výberový súbor excerpovaný z väčšieho výberového súboru každoročne sledovaného Výskumným ústavom poľnohospodárstva a potravinárstva v Bratislave.

V práci prezentujeme analýzu realizovanú na údajoch za obdobie 1996-2000. Najmenším sledovaným podnikom podľa výmery pšenice bol podnik so 49 ha a najväčším podnikom s 1649 ha. Priemerná výmera pšenice v skúmaných podnikoch bola 523 ha.

V analýze vychádzame zo štandardných výkazov používaných Výskumným ústavom poľnohospodárstva a potravinárstva a to z výkazu *Vlastné náklady na jednotku produkcie a hospodársky výsledok* a z výkazu *Rozpis spotreby ostatného materiálu a ostatných priamych nákladov*.

V súlade s pravidlami DEA analýzy počet premenných vstupov a výstupov bol stanovený nasledovne:

- 1 premenná pre výstup
- 6 premenných pre vstup

V modeli definujeme jedinou premennú pre výstup a to **produkciiu** pšenice v tonách. Ukazovatele vstupov sú agregované do šiestich premenných. V súlade so štandardným členením faktorov výroby sme definovali premennú pre **pôdu** (zberová plocha), premennú **osivá**, ktoré zahŕňajú tak vlastné, ako aj nakúpené osivá, premennú **hnojivá** (nakúpené i vlastné), premennú pre **prácu**, do ktorej sme zahrnuli všetky osobné náklady ako sú mzdy a odmeny zo závislej činnosti prvotné, mzdy a odmeny zo závislej činnosti druhotné a sociálne náklady, premennú **ostané priame náklady** zahrňujúca všetky ostatné vstupy a premennú **nepriame náklady** zahrňujúce výrobnú a správnu režiu.

V tabuľke 1 sú uvedené základné štatistické charakteristiky premenných vstupov a výstupu. Za jednotlivé roky hodnoteného obdobia rokov 1996-2000 uvádzame minimálnu, priemernú a maximálnu hodnotu premennej.

Výsledkom riešenia modelov (7) až (9) sú outputovo-orientované miery technickej efektívnosti, ktoré sú rovné hodnotám dištančných funkcií ( $TE_o = 1/\varphi$ ). Hodnoty dištančných funkcií sú východiskom k výpočtu Malmquistových indexov. Tieto sú uvedené v tabuľkách 2, 3 a 4. Pre každý podnik a rok sú uvádzané tri ukazovatele:

- zmena technickej efektívnosti [ZTE]
- technická zmena [TZ]
- zmena produktivity úhrnného faktora TFP [ZTFP]

**Tabuľka 1** Minimálne, priemerné a maximálne hodnoty výstupu a vstupov za roky 1996-2000

		<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
<b>Výstup 1 Produkcia pšenice [t]</b>	Min.	325	253	253	174	160
	Max.	8767	9119	8563	8805	7756
	Priem.	2815	2772	2613	1752	1989
	Št.odch.	2241	2311	2145	1914	1937
<b>Vstup 1 Pôda [ha]</b>	Min.	80	65	65	49	70
	Max.	1602	1500	1511	1375	1649
	Priem.	571	535	543	381	539
	Št.odch.	421	382	388	324	398
<b>Vstup 2 Osivá [tis.Sk]</b>	Min.	142	154	62	112	118
	Max.	2521	3340	3782	3764	3455
	Priem.	922	998	1127	811	924
	Št.odch.	626	725	833	794	767
<b>Vstup 3 Hnojivá [tis.Sk]</b>	Min.	120	86	4	12	138
	Max.	6689	7628	7350	4992	9392
	Priem.	1540	1724	1635	993	1359
	Št.odch.	1533	1681	1778	1158	1848
<b>Vstup 4 Práca [tis.Sk]</b>	Min.	5	1	1	1	1
	Max.	1915	1604	1417	737	1778
	Priem.	276	259	249	200	301
	Št.odch.	419	328	313	232	396
<b>Vstup 5 Ost.priame nákl. tis.Sk]</b>	Min.	302	354	261	312	417
	Max.	13550	16428	15686	14468	18773
	Priem.	3691	4247	4520	3289	4578
	Št.odch.	3177	3730	3984	3220	4533
<b>Vstup 6 Nepriame nákl.[tis.Sk]</b>	Min.	145	128	117	75	238
	Max.	4542	7010	4826	5078	5317
	Priem.	1589	1768	1679	1377	1612
	Št.odch.	1253	1717	1403	1372	1407
<b>Počet podnikov</b>		28	28	28	28	28

Malmquistove indexy, resp. ich komponenty interpretujeme tak, že index menší ako jedna vyjadruje regres, resp. zhoršenie výkonnosti podniku, index väčší ako jedna vyjadruje progres, resp. zlepšenie výkonnosti podniku a pri indexe jedna vo výkonnosti podniku nedochádza k zmene.

Treba poznamenať, že kým súčin komponentov zmeny efektívnosti a technickej zmeny sa podľa definície rovná Malmquistovmu indexu produktivity, tieto komponenty sa môžu vyvíjať aj opačným smerom. Napr. Malmquistov index väčší ako jedna, napr. 1,25 (vyjadrujúci zlepšenie produktivity) môže mať komponent zmeny efektívnosti menší ako jedna (napr. 0,5) a komponent technickej zmeny väčší ako jedna (napr. 2,5). Komponenty rastu produktivity potom interpretujeme nasledovne (Färe, Grosskopf, Norris, Zhang, 1994):

Komponent zmeny efektívnosti vyjadrujúci zlepšenie sa považuje za dôkaz zlepšenia technickej efektívnosti podniku (dobiehanie technologickej úrovne).

Komponent technickej zmeny vyjadrujúci zlepšenie je dôkazom inovácie.

Dekompozícia takto poskytuje alternatívny spôsob testovania konvergenie rastu produktivity, pričom súčasne umožňuje identifikovať inováciu, čo u tradičných mier produktivity nie je možné.

**Tabuľka 2** Malmquistove indexy - 1996-1997

Rok 1996-1997	Malmquistove indexy		
	ZTE	TZ	ZTFP
Geom. priemer	0,978	0,984	0,962
Minimum	0,694	0,709	0,641
Maximum	1,284	2,089	2,089
Štd.odch.	0,116	0,238	0,278

**Tabuľka 3** Malmquistove indexy - 1997-1998

Rok 1997-1998	Malmquistove indexy		
	ZTE	TZ	ZTFP
Geom. priemer	1,050	0,991	1,041
Minimum	0,857	0,773	0,697
Maximum	1,273	4,033	4,033
Štd.odch.	0,109	0,592	0,595

**Tabuľka 4** Malmquistove indexy - 1998-99

Rok 1998-99	Malmquistove indexy		
	ZTE	TZ	ZTFP
Geom. priemer	0,874	1,034	0,903
Minimum	0,532	0,708	0,403
Maximum	1,220	2,753	2,753
Štd.odch.	0,174	0,459	0,507

**Tabuľka 5** Malmquistove indexy - 1999-2000

Rok 1999-2000	Malmquistove indexy		
	ZTE	TZ	ZTFP
Geom. priemer	1,077	0,695	0,749
Minimum	0,556	0,231	0,218
Maximum	1,878	1,050	1,305
Štd.odch.	0,304	0,192	0,255

Ako je zrejmé z tabuľky 2, pri medziročnom porovnaní výkonnosti podnikov za roky 1996 a 1997 bol dosiahnutý priemerný pokles technickej efektívnosti 2,2%, technická zmena poklesla o 1,6% a produktivita podnikov sa znížila o 3,8%.

Pri podrobnejšom skúmaní výsledkov porovnania rokov 1996 a 1997 za jednotlivé podniky index zmeny technickej efektívnosti sa pohybuje v intervale (0.694; 1.284), index technickej zmeny sa pohybuje v intervale (0,709; 2,089) a index zmeny produktivity v intervale (0,641; 2,089). V percentách vyjadrené produktivita sa pohybuje od poklesu 35,9% po nárast 108,9%.



Z porovnania rokov 1997 a 1998 v tabuľke 3 vyplýva, že priemerný vývoj výkonnosti podnikov v tomto období bol lepší. Technická efektívnosť vzrástla o 5%, index technickej zmeny vyjadruje pokles o 0,9% a produktivita vzrástla o 4,1%. Jednotlivé indexy sa pohybovali v nasledovných hraniciach:

zmena technickej efektívnosti:  $ZTE \in \langle 0,857; 1,273 \rangle$   
 technická zmena:  $TZ \in \langle 0,773; 4,033 \rangle$   
 zmena produktivity:  $ZTFP \in \langle 0,697; 4,033 \rangle$

Porovnanie rokov 1998 a 1999 (tabuľka 4) ukazuje že produktivita poklesla o 9,7%, technická efektívnosť poklesla o 12,4% a technická zmena reprezentovaná indexom 1,034 vyjadruje progres o 3,4%.

Tabuľka 5 ukazuje porovnanie roku 2000 s rokom 1999. Rok 2000 bol mimoriadne suchým rokom, čo výrazne ovplyvnilo hektárové úrody pšenice. V ukazovateľoch výkonnosti sa to prejavilo výrazným poklesom produktivity TFP o 25,1% ako aj regresom v technickej zmene (0,695). Paradoxne, technická efektívnosť sa zvýšila o 7,7%.

Tabuľka 6 sumarizuje vyššieuvedené porovnania susedných rokov z Tabuliek 2 až 5.

**Tabuľka 6** Súhrn Malmquistových indexov - priemerné hodnoty za podniky podľa rokov

Rok	Malmquistove indexy		
	ZTE	TZ	ZTFP
1996-1997	0,978	0,984	0,962
1997-1998	1,050	0,991	1,041
1998-1999	0,874	1,034	0,903
1999-2000	1,077	0,695	0,749
Geom. priemer	0,992	0,915	0,907

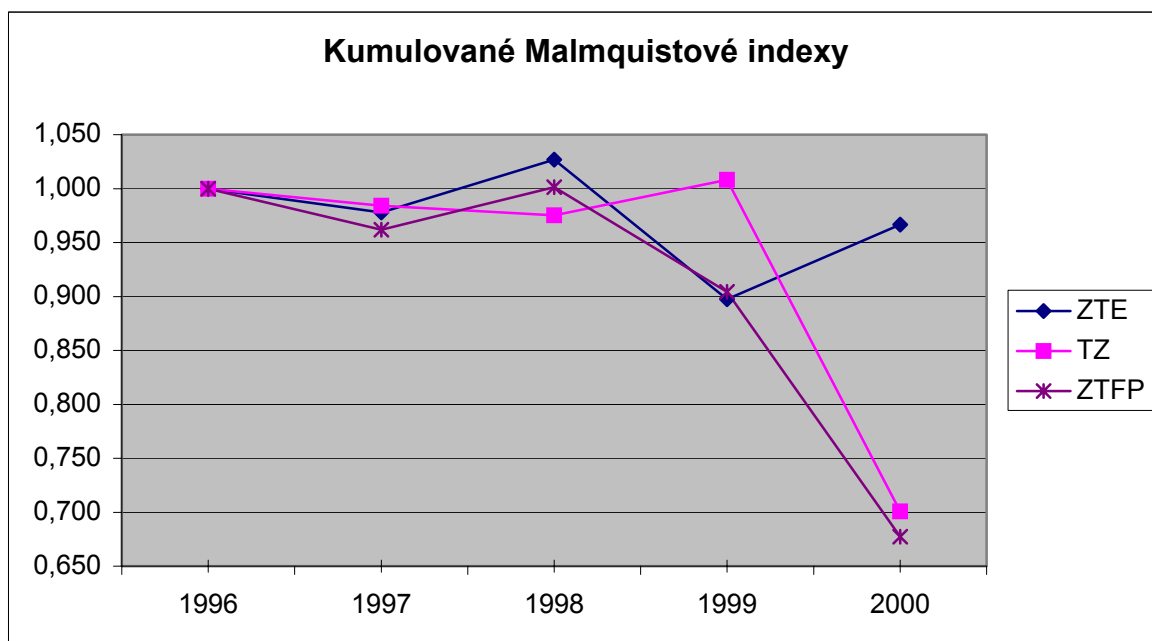
Z tabuľky 6 vyplýva, že za hodnotené obdobie technická efektívnosť výroby pšenice v priemere ročne poklesla o 0,8%, v technológii nastal 8,5%-ný regres a produktivita poklesla o 9,3%.

V tabuľke 7 uvádzame prehľad kumulovaných indexov v členení podľa rokov za všetky podniky. Kumulované indexy boli vypočítané ako sekvenčné multiplikatívne sumy ročných indexov. Ako vyplýva z tabuľky 7, podniky dosiahli za obdobie rokov 1996-2000 kumulovaný pokles technickej efektívnosti 3,3%. Kumulovaný index technickej zmeny 0,701 vyjadruje celkový regres v technológii pestovania pšenice na úrovni 29,9% a produktivita TFP poklesla celkom o 32,3%.

**Tabuľka 7** Kumulované Malmquistove indexy za všetky podniky v členení podľa rokov

Rok	Kumulované Malmquistove indexy		
	ZTE	TZ	ZTFP
1996	1,000	1,000	1,000
1997	0,978	0,984	0,962
1998	1,027	0,975	1,001
1999	0,898	1,008	0,904
2000	0,967	0,701	0,677

Grafické zobrazenie vývoja kumulovaných indexov v období rokov 1996-2000 je uvedené na Obrázku 2.



**Obrázok 2** Vývoj kumulovaných Malmquistových indexov v období rokov 1996-2000

V tabuľke 8 uvádzame súhrn Malmquistových indexov za všetky podniky a roky. Ako je zrejmé priemerné hodnoty ukazovateľov (geometrické priemery) sú zhodné s priemermi uvedenými v tabuľke 6.

**Tabuľka 8** Súhrn Malmquistových indexov za všetky roky a podniky - štatistické charakteristiky

	Kumulované Malmquistove indexy		
	ZTE	TZ	ZTFP
Geom. priemer	0,992	0,915	0,907
Minimum	0,532	0,231	0,218
Maximum	1,878	4,033	4,033
Štd.odch.	0,191	0,385	0,403

Ďalšie štatistické charakteristiky umožňujú urobiť si predstavu o najlepších, resp. najhorších medziročných výsledkoch skúmaných podnikov. Maximálnu hodnotu zmeny technickej efektívnosti 1,878 možno interpretovať tak, že v súbore skúmaných podnikov najlepší podnik dosiahol 87,8%-né zlepšenie uvedeného ukazovateľa. V prípade technickej zmeny a zmeny produktivity TFP to bolo až 303,3%-né zlepšenie. Najhoršie individuálne výsledky podnikov sú pokles TE o 46,8%, pokles produktivity TFP o 78,2% negatívna technická zmena (regres technológie) - 76,9%.

### Záver

Analýza produktivity na výberovom súbore podnikov ukázala, že produkcia pšenice je pre väčšinu podnikov spojený s problémami poklesu resp. stagnácie a to tak v ukazovateľoch produktivity TFP, ako aj v ukazovateľoch technickej efektívnosti. Vypočítané indexy zmeny efektívnosti dokazujú, že iba 18% podnikov dokázalo zvyšovať technickú efektívnosť. Inováciu technológie vedelo zabezpečiť 7% podnikov a rast

produktivity 7% podnikov. V uvedených percentách sú však zahrnuté všetky podniky, ktoré dosiahli akúkoľvek kladnú zmenu. Ak pri hodnotení zmeny produktivity zoberieme do úvahy iba tie podniky, ktoré by boli schopné rastom ukazovateľa eliminovať faktor inflácie, tak sa toto percento sa ešte zníži.

## LITERATÚRA

AIGNER, D. J., - CHU, S.F. (1968): On estimating the industry production function. In: American Economic Review, Vol.58, No.4, s.826-839.

CAVES, D.W. – CHRISTENSEN, L.R. – DIEWERT, W.E. (1982): The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. In: Econometrica, Vol.50, No.6, s.1393-1414.

COELLI, T. – RAO, D.S. Prasada – BATTESE, G.E. (1998): An introduction to efficiency and productivity analysis. Boston: Kluwer, 296 s.

FANDEL, P. (1999): Data envelopment analysis and its application in agricultural production efficiency analysis. In: Central European Journal of Operations Research, Vol.6, No. 3-4, 1998, s.159-167

FARRELL, M.J. (1957): The measurement of productive efficiency. In: Journal of the Royal Statistical Society, Series A, Vol.120, , Part 3, s.253-290.

FÄRE, Rolf - GROSSKOPF, S. – NORRIS, M. – ZHANG, Z. (1994): Productivity growth, technical progress, and efficiency changes in industrial countries. In: American Economic review, Vol.84, s.66-83.

MALMQUIST, S. (1993): Index numbers and demand functions. In: Journal of Productivity Analysis, Vol.4, s.251-260.

MALMQUIST, S. (1953): Index numbers and difference surfaces. In: Trabajos de Estadística, Vol.4, s.209-242.

NISHIMIZU, M. – PAGE, J.M. (1982): Total factor productivity growth, technical progress and the technical inefficiency change: Dimension of productivity change in Yugoslavia, 1965—78. In: Economic Journal, Vol.92, s.920-936.

**Kontaktná adresa:** doc.Ing.Peter Fandel, CSc., Katedra štatistiky a operačného výskumu, Fakulta ekonomiky a manažmentu, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, A.Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel.: +421-37-6508 176, e-mail: Peter.Fandel@uniag.sk