



Študentská vedecká aktivita

Benchmarking štátov Európskej únie z hľadiska technickej efektívnosti poľnohospodárskeho sektora

Tatiana Bányiová, Tatiana Bieliková

Sekcia: Kvantitatívne metódy a informatika

Konzultant: Ing. Martin Boďa, PhD.

Banská Bystrica
2013

OBSAH

Úvod	3
1 Východiská skúmania efektívnosti poľnohospodárstva.....	4
1.1 Poľnohospodárstvo ako ústredná politika Európskej únie	4
1.2 Vedecké štúdie zaoberajúce sa skúmaním efektívnosti v poľnohospodárstve	5
2 Podkladové údaje pre analýzu	7
3 Metodológia použitých modelov	10
4 Diskusia k výsledkom aplikovaných modelov.....	15
4.1 Testovanie zhody medzi výslednými poradiami	15
4.2 Zhodnotenie efektívnosti štátov Európskej únie	17
Záver.....	20
Zoznam použitej literatúry	21

ÚVOD

Poľnohospodársky sektor prešiel za posledné roky viacerými zmenami. Automatizácia, používanie umelých hnojív a pesticídov, pokrok v oblasti využívaných poľnohospodárskych technológií majú priamy vplyv na veľkosť produkcie. Okrem toho je poľnohospodárstvo ovplyvnené zmenou klímy, vzhľadom na čo si musia európski poľnohospodári vytvoriť vhodné stratégie pre rast produkcie. Zvyšovanie počtu obyvateľov Európskej únie je späté so zvyšovaním poľnohospodárskej produkcie, ktorá zároveň musí prihliadať na udržateľné hospodárenie s prírodnými zdrojmi a optimálne využívanie výrobných faktorov.

Hlavným cieľom našej práce bude využitím obalovej analýzy údajov DEA zhodnotiť efektívnosť poľnohospodárskeho sektora 27 krajín Európskej únie, pričom budeme využívať rôzne variácie vstupov a výstupov a zároveň rôzne modely pri ich hodnotení. Parciálnym cieľom bude posúdenie vplyvu konkrétnej variácie vstupov a výstupov a voľby konkrétneho modelu DEA na výsledky hodnotenia technickej efektívnosti.

Pre hodnotenie efektívnosti krajín Európskej únie sme sa rozhodli predovšetkým z hľadiska významnosti poľnohospodárstva v zabezpečovaní potravín pre obyvateľstvo, pričom tvorí jednu z najvýznamnejších zložiek primárneho sektora ekonomiky. Posledné roky sa však dostáva do úzadia, pozorujeme tu pomalý rast produktivity, nízke tempo vedecko-technického pokroku, vysokú investičnú náročnosť spätú s relatívne nižšou ziskovosťou a doplnenú malým záujmom súkromného sektora. Štrukturálne zmeny vo vyspelých krajinách súvisia s poklesom zamestnanosti práve v primárnom sektore a jeho pomalším rozvojom a naopak nárastom zamestnanosti a rýchlym rozvojom terciárneho a kvartárneho sektora.

1 VÝCHODISKÁ SKÚMANIA EFEKTÍVNOSTI POĽNOHOSPODÁRSTVA

Prvá kapitola práce sa venuje stručnej charakteristike poľnohospodárstva ako významnej zložky primárneho sektora ekonomiky každej krajiny. Poľnohospodárstvo predstavovalo už od začiatkov integračného procesu jednu z prvoradých politík Európskej únie, ktorá má nezastupiteľnú úlohu pre zabezpečenie obživy obyvateľstva. Efektívna premena výrobných faktorov vstupujúcich do produkčného procesu na výstupy v podobe produkcie je predmetom viacerých štúdií. V práci si popíšeme zahraničné a slovenské štúdie zaoberajúce sa neparametrickou metódou DEA so zreteľom na dosiahnuté výsledky.

1.1 Poľnohospodárstvo ako ústredná politika Európskej únie

Poľnohospodárstvo predstavuje súčasť národného hospodárstva každej krajiny. Spoločná poľnohospodárska politika v Európe vznikla v roku 1962, jej hlavným cieľom je zlepšiť poľnohospodársku produktivitu v záujme stabilnej ponuky dostupných potravín pre spotrebiteľov a financuje sa zo zdrojov rozpočtu Európskej únie. Poľnohospodárstvo má čoraz strategickejšiu úlohu týkajúcu sa predovšetkým zabezpečenia potravín pre viac ako 500 miliónov spotrebiteľov v Európskej únii. Z globálneho pohľadu predstavuje poľnohospodárstvo základný prvok primárneho sektora ekonomiky. Členské štáty Európskej únie majú takmer 14 miliónov poľnohospodárov, 172 miliónov hektárov poľnohospodárskej plochy, spolu s potravinárstvom zabezpečujú 7 % všetkých pracovných miest a vytvárajú 6 % hrubého domáceho produktu (Spoločná poľnohospodárska politika, s. 4).

Inovácie v poľnohospodárstve umožňujú krajinám stať sa konkurencieschopnejšími, uplatňovať enviromentálne udržateľné techniky, avšak za cenu náhrady ľudskej práce modernou poľnohospodárskou technikou. Mechanizácia, používanie umelých hnojív a pesticídov majú priamy dopad na degradáciu pôdy, ktorá predstavuje základný výrobný faktor charakterizovaný svojou úrodnosťou a obmedzenosťou. Dosah na efektívnosť premeny vstupov na výstupy majú viaceré skôr neovplyvniteľné faktory. Klimatické podmienky, ktoré závisia od zemepisnej polohy krajiny, rozdielne podnebie prímorských a vnútrozemských krajín má priamy vplyv na veľkosť poľnohospodárskej produkcie. Zároveň je poľnohospodárstvo ovplyvnené okamžitým stavom ovzdušia charakterizovaným teplotou, zrážkami a veternosťnými podmienkami. Poľnohospodárstvo predstavuje nielen významnú súčasť prírodného dedičstva, ale zároveň aj nevyhnutným zdrojom rastlinnej a živočíšnej produkcie zabezpečujúcej obživu obyvateľstva. Práve z toho dôvodu sa musí poľnohospodársky sektor zamerať na udržateľné využívanie prírodných zdrojov.

27 členských štátov Európskej únie budeme považovať za rozhodovacie jednotky, ktoré budú premieňať svoje vstupy na výstupy s cieľom zabezpečiť čo najoptimálnejšie využívanie výrobných faktorov.

1.2 Vedecké štúdie zaoberajúce sa skúmaním efektívnosti v poľnohospodárstve

Parametrický a neparametrický prístup ako dve základné východiská k meraniu a hodnoteniu efektívnosti v poľnohospodárskom sektore sú predmetom viacerých odborných a vedeckých štúdií. Základným cieľom oboch prístupov je kvantifikácia produkčnej hranice. Podstatou parametrického prístupu je ekonometrický odhad produkčnej funkcie, pri ktorom poznáme explicitné parametrické vyjadrenie produkčnej funkcie (alebo aj parametrickú aproximáciu), avšak nepoznáme parametre tejto funkcie. Rozpravu o problematike stochastického parametrického prístupu možno nájsť v prácach autorov Haider (2011), Theodoridis (2011), Barnes (2010) a Sojková a Kováč (2005).

V našej práci sa zameriame na aplikáciu neparametrického prístupu k hodnoteniu efektívnosti poľnohospodárstva, ktorý je známy ako analýza dátových obalov DEA (Data Envelopment Analysis). Výstupom neparametrického prístupu sú miery technickej efektívnosti, ktoré udávajú umiestnenie rozhodovacej jednotky na produkčnej hranici v prípade jej efektívnosti, alebo pod ňou v prípade jej neefektívnosti.

Medzi autorov, ktorí sa zaoberali aplikáciou neparametrickej DEA analýzy patrí Kelly et al. (2012), ktorí vyhodnotili technicky efektívne prípadne neefektívne mliekarenske farmy v Írsku. Ako vstupy použili veľkosť obrábanej pôdy, počet zamestnancov, priemerný počet kráv, koncentráty a umelé hnojivá a iné náklady. Tieto vstupy sa v produkčnom procese spracovávajú do výstupu v podobe mliečnej sušiny. 16 % rozhodovacích jednotiek bolo na základe vstupne orientovanej DEA analýzy vyhodnotených ako plne technicky efektívne za podmienok konštantných výnosov z rozsahu. Pri variabilných výnosoch z rozsahu sa na hranicu plnej technickej efektívnosti kvantifikovalo 23 % mliekarských fariem.

Vstupne orientovaným DEA modelom za podmienok konštantných výnosov z rozsahu sa zaoberali aj Hoang a Alauddin (2012). Z ekonomickej, enviromentálnej a ekologickej perspektívy vyhodnotili 30 krajín OECD za obdobie rokov 1990-2003. Výsledkom štúdie sú zistenia a odporúčania pre krajiny OECD, ktoré majú viacero možností v poľnohospodárskej produkcii, ako môžu zabezpečiť udržateľný enviromentálny a ekologický systém. Souza et al. (1999) rovnako použili vstupne orientované DEA modely za podmienok konštantných a variabilných výnosov z rozsahu pre 37 výskumných centier inštitúcie Embrapa v Brazílii, ktorá sa venuje poľnohospodárskemu výskumu.

Štruktúrnym zmenám v poľnohospodárstve sa venovali Paul et al. (2004). Zmeny spočívali vo vzniku väčších poľnohospodárskych koncernov a naopak spôsobili zánik menších rodinných fariem. Využitím parametrického a neparametrického prístupu k meraniu efektívnosti zhodnotili poľnohospodárske farmy v USA. Ako vstupy boli použité veľkosť pôdy, množstvo pracovnej sily, energia a palivá, umelé hnojivá, krmivo, osivo a iné špecifické živočíšne a rastlinné vstupy doplnené veľkosťou operačných nákladov. Výstupy špecifikovali do piatich kategórií na obilie, sójové zrná, iná rastlinná výroba, živočíšna výroba a iné príjmy z farmárskej činnosti. Výsledkom je konštatovanie o nízkej technickej efektívnosti menej konkurencieschopných malých fariem v porovnaní s väčšími poľnohospodárskymi jednotkami, čo sa potvrdilo použitím oboch prístupov.

Sarker a De (2004) prišli použitím DEA metódy za podmienok variabilných výnosov z rozsahu k záveru, že veľkosť technickej efektívnosti skúmaných 150 poľnohospodárskych fariem nezávisí od ich vlastníctva, veľkosti ani využívaných poľnohospodárskych technológií. Autori skonštatovali, že modernizácia využívaných poľnohospodárskych zariadení nemá rozhodujúci vplyv na efektívnosť fariem.

Slovenskí autori sa venujú neparametrickej DEA metóde najmä aplikáciou na slovenské poľnohospodárske podniky. Fandel (2002) sa venoval aplikácii neparametrických metód hodnotenia produktivity pomocou Malmquistových indexov úhrnnej produktivity (TFP) na výberovom súbore poľnohospodárskych podnikov produkujúcich pšenicu. K odhadu dištančných funkcií, ktoré sú východiskom pre jeho výpočet použil DEA metódu s konštantnými výnosmi z rozsahu. Ako výstup si zvolil produkciu pšenice v tonách, ktorá bola výsledkom produkčného procesu do ktorého vstupovali nasledujúce premenné: pôda, osivá, hnojivá, práca, ostatné priame náklady a nepriame náklady. Analýza produktivity ukázala, že produktivita pšenice je spojená so stagnáciou ako v ukazovateľoch produktivity TFP tak aj v ukazovateľoch technickej efektívnosti.

Vo svojej neskoršej práci sa Fandel (2005) zamerail na porovnanie výsledkov FDH metodológie a DEA metódy v benchmarkingovej analýze 29 výrobcov mlieka v Slovenskej republike. Vo vzájomnej komparácii výnosov z rozsahu sa takmer 45 % podnikov zaradilo medzi technicky efektívne pri variabilných výnosoch z rozsahu, postupne nasledovali nerastúce výnosy z rozsahu a približne 28 % sa zaradilo medzi technicky efektívne pri úvahe s konštantnými výnosmi z rozsahu. Až 97 % slovenských výrobcov mlieka sa zaradilo medzi efektívne podniky na základe FDH metodológie, ktorej výhodou je, že hodnotený podnik sa vždy porovnáva s iným reálne existujúcim podnikom, čím je porovnanie reálnejšie.

Bielik a Rajčániová (2004) použili neparametrickú metódu analýzy dátových obalov na preskúmanie vzťahu medzi veľkosťou podniku a výsledkom efektívneho využitia pôdy na vzorke poľnohospodárskych podnikov pôsobiacich v Slovenskej republike. V práci použili ako vstupné premenné náklady na produkciu, mzdové náklady, náklady na odpisy a celkový majetok. V produkčom procese sa premieňajú na výstup v podobe celkovej produkcie. Za podmienok konštantných a variabilných výnosov z rozsahu dospeli k záveru, že najviac technicky efektívnych podnikov hospodári na ploche menšej ako 500 ha.

2 PODKLADOVÉ ÚDAJE PRE ANALÝZU

Údajová základňa pre uskutočnenie analýzy efektívnosti poľnohospodárstva je vytvorená zo štatistík zverejňovaných v databáze Eurostatu a z publikácie Eurostatu Agriculture, fishery and statistics (Eurostat, 2012). Obsahom podkladovej základne sú hodnoty premenných za rok 2010, ktoré charakterizujú sektor poľnohospodárstva a umožňujú jeho porovnanie na úrovni krajín Európskej únie. Prehľad uvažovaných premenných v kategorizácii na vstupy a výstupy znázorňuje tabuľka č. 1.

Tabuľka 1 Prehľad uvažovaných vstupov a výstupov

Premenná	Merná jednotka	Želaná hodnota
Vstupy		
<i>I1 - počet poľnohospodárskych podnikov[†]</i>	počet	minimálna
<i>I2 - využívaná poľnohospodárska plocha[‡]</i>	ha	minimálna
<i>I3 – Pracovná sila[†]</i>	počet	minimálna
Výstupy		
<i>O1 - (ročná) produkcia poľnohospodárskeho odvetvia[†]</i>	mil. EUR	maximálna
<i>O2 – rastlinná produkcia[†]</i>	mil. EUR	maximálna
<i>O3 – živočíšna produkcia[†]</i>	mil. EUR	maximálna

Zdroj údajov: [†]) Eurostat, [‡]) tabuľka 1.1.3 publikácie Agriculture, fishery and forestry statistics (Eurostat, 2012, s. 30-31).

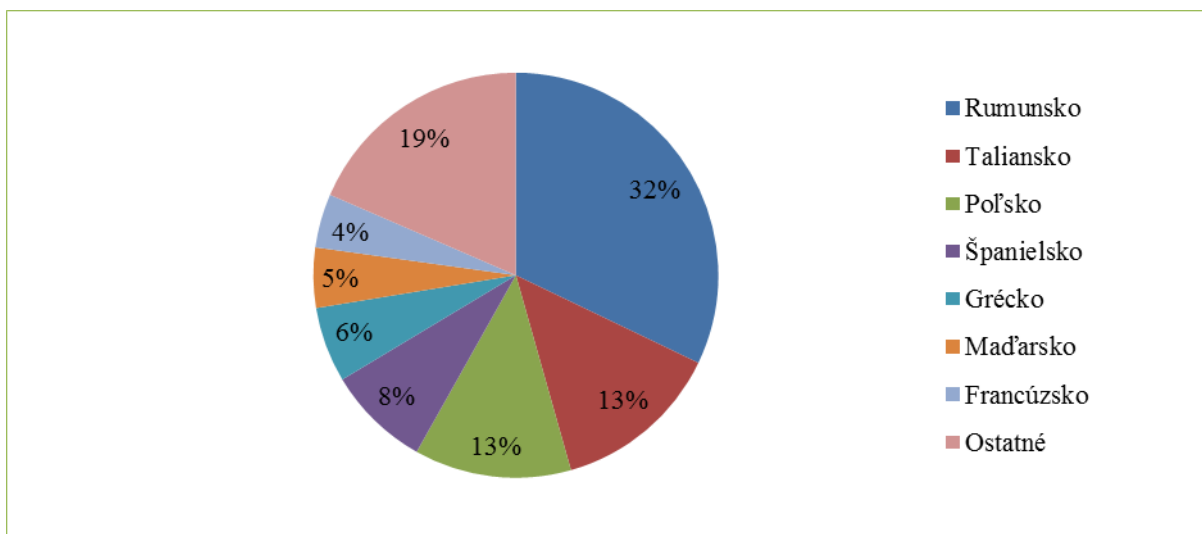
Zdroj: Vlastné spracovanie

V súvislosti so zámerom zhodnotiť efektívnosť poľnohospodárstva v Európskej únii a porovnať jej úroveň v rôznych krajinách je opodstatnené považovať za rozhodovacie jednotky 27 členských krajín Európskej únie, ktoré transformujú svoje vstupy na výstupy.

Prvým zvoleným vstupom je počet poľnohospodárskych podnikov pôsobiacich v danej krajine, pričom poľnohospodársky podnik definujeme ako technicko-ekonomickú jednotku s jednotným riadením, ktorej činnosť je spojená s produkciou poľnohospodárskych produktov

(Eurostat, 2012, s. 24). Voľbu tejto premennej odôvodňujeme jej významným postavením v produkčnom procese poľnohospodárstva. Množstvo poľnohospodárskych podnikov v jednotlivých krajinách je rôzne. Najväčším podielom 32 % podnikov operujúcich v poľnohospodárstve vzhľadom k ich celkovému množstvu v Európskej únii disponuje Rumunsko, ktoré spolu s Talianskom a Poľskom predstavuje až 58 %. Naopak, najmenšie hodnoty tejto premennej sú charakteristické pre Luxembursko, Maltu a Estónsko. Percentuálne podiely jednotlivých členských krajín sú obsahom nasledujúceho grafu č. 1.

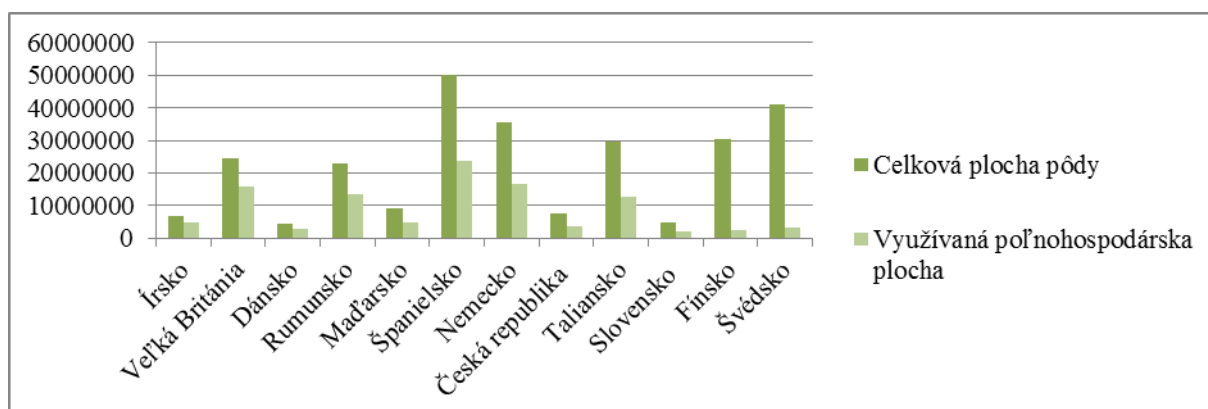
Graf 1 Podiel počtu poľnohospodárskych podnikov krajín EÚ 27 v roku 2010



Zdroj: Vlastné spracovanie

Do skupiny vstupov, ktoré využijeme v obalovej analýze dát patrí aj pracovná sila, ktorú tvoria vlastníci, rodinní príslušníci pracujúci v podnikoch vlastníkov a regulárna pracovná sila. V poľnohospodárskom odvetví v rámci 27 členských krajín Európskej únie bolo v roku 2010 evidovaných takmer 25 miliónov zamestnancov v spomínanom zložení. Zo spomínaného množstva pracovníkov iba cca 8 % predstavuje regulárne zamestnaných ľudí bez rodinnej príslušnosti k vlastníkovi (Eurostat, 2012, s. 53). Do produkčného procesu v poľnohospodárstve vstupuje aj využívaná poľnohospodárska pôda vo forme významnej vstupnej premennej. Okrem jej kvalitatívnych znakov sa na efektívnosti jej využívania podpisuje aj jej kvantitatívna stránka. Do údajov o využívanej poľnohospodárskej ploche zahrnutých v analýze nášho príspevku zaraďujeme ornú pôdu, lúky a pasienky, záhrady a pôdu používanú na pestovanie trvalých plodín. Pomer celkovej a využívanej plochy pôdy niektorých krajín Európskej únie ilustruje graf č. 2.

Graf 2 Porovnanie celkovej a využívanej plochy pôdy (v ha), 2010

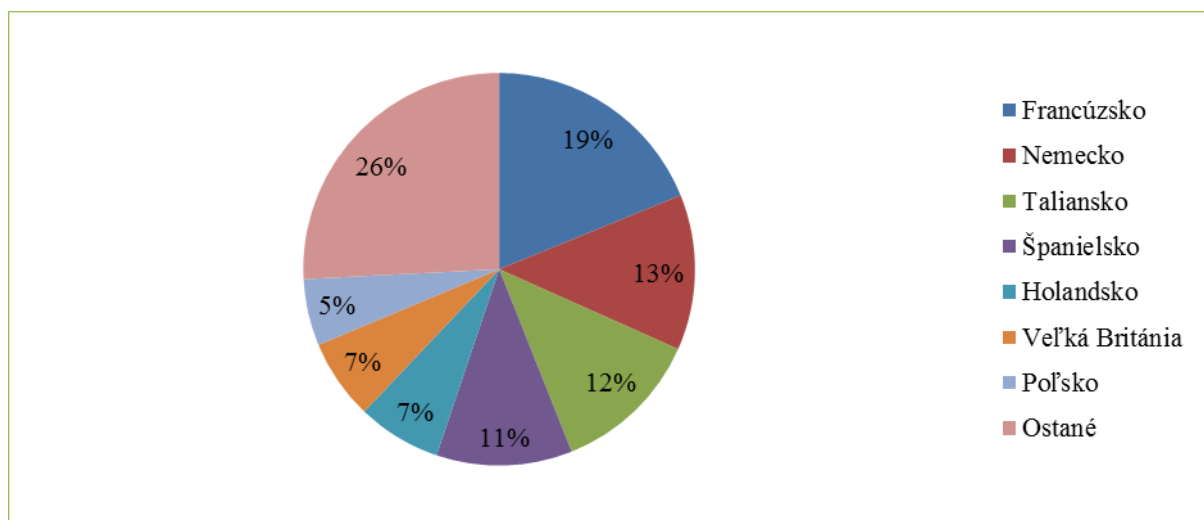


Zdroj: Vlastné spracovanie

Vo využívaní pôdy na poľnohospodárske účely má najlepšiu bilanciu Írsko, ktorého obhospodarovaná pôda predstavuje takmer 73 % z celkovej plochy pôdy. Naopak, iba 7 % pôdy využívajú poľnohospodári vo Fínsku a Švédsku, čo pripisujeme geologickej stavbe severských krajín.

Sústavu výstupov príspevku tvoria tri premenné, pričom všetky súvisia s národnou poľnohospodárskou produkciou. Jednou z týchto premenných je rastlinná produkcia. Rastlinná produkcia je súčtom položiek: predaj, zmena zásob rastlinných produktov, produkty rastlinnej výroby určené na vlastnú spotrebu a produkty používané ako krmivo. Predaj a zmeny zásob produktov živočíšnej výroby, produkty využívané v produkčnom procese ako aj spotrebované producentmi predstavujú komponenty druhého výstupu, živočíšnej produkcie. Posledným z výstupov vstupujúcim do analýzy je produkcia poľnohospodárskeho odvetvia. Ide o komplexný ukazovateľ zahŕňajúci nielen produkciu poľnohospodárskych produktov živočíšnej a rastlinnej výroby a poskytovanie poľnohospodárskych služieb, ale aj produkciu nepoľnohospodárskych tovarov a služieb, ktoré sú výsledkom sekundárnych činností. Graf č. 3, zobrazujúci percentuálny podiel jednotlivých krajín Európskej únie na celkovej produkcii poľnohospodárskeho odvetvia klasifikuje ako najproduktívnejšie krajiny Francúzsko, Nemecko, Taliansko a Španielsko.

Graf 3 Podiel krajín EÚ 27 na celkovej produkcii poľnohospodárskeho odvetvia v roku 2010



Zdroj: Vlastné spracovanie

Premenné vstupov možno považovať za kontrolovateľné, ich úroveň je teda do určitej výšky ovplyvniteľná. Diskurz nastáva len pri premennej využívaná poľnohospodárska plocha, avšak predpokladáme, že môže byť administratívne ovplyvniteľná a v práci bude vstupom kontrolovateľným. Premenné výstupov, teda veľkosť jednotlivých produkcií je žiaduce maximalizovať, z čoho vyplýva, že všetky outputné premenné sú želateľnými výstupmi.

Výber vstupov a výstupov je podporený vyššie spomínanými štúdiami, ktoré vo väčších, či menších variáciách využívali na strane výstupov produkciu a na strane vstupov veľkosť obhospodarovanej plochy a množstvo pracovnej sily, ktorá sa podieľa na produkcii. V obalovej analýze údajov využijeme viacero kombinácií charakterizovaných vstupov a výstupov s cieľom zhodnotiť vplyv voľby týchto premenných na výsledky analýzy.

3 METODOLÓGIA POUŽITÝCH MODELOV

Cieľom DEA modelov je meranie efektívnosti rozhodovacích jednotiek (DMU: decision making units), ktoré svoje vstupy transformujú v produkčnom procese na želateľné respektíve neželateľné výstupy. Efektívnosť DMU chápeme ako pomer výstupov a vstupov, pričom sa obvykle predpokladá, že rozhodovacia jednotka dosahuje vyššiu efektívnosť zvýšením výstupu alebo znížením vstupu. V reálnych situáciách je potrebné uvažovať viacero vstupov a výstupov, preto pojem virtuálny vo vzorci (1) avizuje použitie váženého súčtu vstupov a váženého súčtu výstupov.

Základným princípom DEA analýzy je vytvorenie hranice efektívnosti, ktorá vzniká vzhľadom na doteraz zaznamenané aktivity sledovaných DMU, ktoré pokladáme za najefektívnejšie.

DMU transformuje vstupy na výstupy s efektívnosťou najviac 1, pričom nadobúda hodnoty z intervalu $[0,1]$. Všetky DMU, ktoré sa nachádzajú pod hranicou efektívnosti, teda dosahujú hodnoty nižšie ako 1 sú technicky neefektívne a majú rezervy vo svojej činnosti. Na hranicu efektívnosti sa dostanú prostredníctvom zníženia vstupov alebo zvýšenia výstupov. Pomocou DEA analýzy sa určí hodnota sklzov, ktoré vzniknú pre technicky neefektívne jednotky a predstavujú na strane vstupov hodnoty nad optimálnu hladinu a na strane výstupov pod optimálnu hladinu. Dosiahnutie nulových sklzov a zároveň hodnotu koeficientu efektívnosti rovnú 1 znamená, že DMU je plne technicky efektívna.

V príspevku budeme uvažovať viacero divergentných modelov, ktoré sa diverzifikujú podľa charakteru produkčného procesu a na základe orientácie modelu. Podľa charakteru produkčného procesu dochádza k selekcii modelov, ktoré sa realizujú za predpokladu konštantných výnosov z rozsahu (CRTS: constant returns to scale) alebo variabilných výnosov z rozsahu (VRTS: variable returns to scale). V analýze budeme aplikovať modely, ktoré zvažujú oba predpoklady. Na základe charakteru premenných, ktoré sú súčasťou analýzy sa vyberajú vstupne orientované modely, ktorých cieľom je minimalizácia hodnôt vstupov pri zachovaní identickej úrovne výstupov. Protikladom je výstupne orientovaný model, ktorého účelom je maximalizácia hodnôt výstupov pri identickej úrovni vstupov. Kombináciou spomínaných prístupov sú neorientované aditívne modely, ktoré si nevyžadujú voľbu vstupnej alebo výstupnej orientácie. Predmetom príspevku sú všetky vyššie uvedené variácie modelov.

Pri benchmarkingu krajín Európskej únie budeme na základe technickej efektívnosti poľnohospodárskeho sektora aplikovať modely, ktorých matematické formulácie úloh lineárneho programovania priblížime v nasledujúcej časti.

V matematických zápisoch modelov sú použité nasledujúce označenia. Pri formuláciách nižšie uvedených modelov pracujeme s n rozhodujúcimi jednotkami, pričom každá produkčná jednotka o , $o \in \{1, \dots, n\}$, produkuje z m vstupov s želaných výstupov. V našom prípade sú produkčnou jednotkou všetky štáty Európskej únie, ktoré budú podrobené DEA analýze ($n=27$), pričom sa uvažujú tri vstupy sprevádzané tromi relevantnými výstupmi. Do analýzy

vstúpia variácie z troch možných premenných vstupov do kombinácie dvoch vstupov ($m = 2$) a dvoch ($s = 2$) alebo jedného ($s = 1$) želateľného výstupu (alternatívy sú súčasť tabuľky č. 2).

Hodnoty vstupov produkčnej jednotky o sú reprezentované vektorom $\mathbf{x}_o = (x_{o1}, \dots, x_{om})'$ a hodnoty výstupov vektorom $\mathbf{y}_o = (y_{o1}, \dots, y_{os})'$, ktorých elementy sú kladné. Jednotlivým vstupom a výstupom zodpovedajú vektory potenciálnych sklzov $\mathbf{s}^x_o = (s^x_{o1}, \dots, s^x_{om})'$ a $\mathbf{s}^y_o = (s^y_{o1}, \dots, s^y_{os})'$. Hodnoty sklzov získame za pomoci DEA analýzy a na ich základe bude vyhodnotená efektívnosť príslušnej produkčnej jednotky o .

Tabuľka 2 Kombinácie vstupných a výstupných premenných

	Vstupné premenné		Výstupné premenné	
Variácia č.1	Poľnohospodárska plocha	Pracovná sila	Rastlinná produkcia	Živočíšna produkcia
Variácia č.2	Poľnohospodárska plocha	Počet podnikov	Rastlinná produkcia	Živočíšna produkcia
Variácia č.3	Poľnohospodárska plocha	Počet podnikov	Produkcia odvetvia	

Zdroj: Vlastné spracovanie

CCR model (Charnes, Cooper, Rhodes 1978)

Model CCR predpokladá konštantné výnosy z rozsahu, pričom jeho inputná orientácia denotuje optimalizáciu v podobe redukcie na strane vstupov. Výstupne orientovaný model naopak predpokladá expanziu na strane výstupov. Matematické formulácie oboch modelov spočívajú v riešení nasledujúcich úloh lineárneho programovania.

Vstupne orientovaný CCR model	Výstupne orientovaný CCR model
$\theta_o(\theta, \lambda) = \min,$ pri podmienkach $\mathbf{s}^x = \theta^* \mathbf{x}_o - \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i \mathbf{x}_i$ $\mathbf{s}^y = \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i \mathbf{y}_i - \mathbf{y}_o$ $\lambda \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^x \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^y \geq \mathbf{0}$	$\eta_o(\eta, \lambda) = \max,$ pri podmienkach $\mathbf{s}^x = \mathbf{x}_o - \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i \mathbf{x}_i$ $\mathbf{s}^y = \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i \mathbf{y}_i - \eta^* \mathbf{y}_o$ $\lambda \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^x \geq \mathbf{0}, \mathbf{s}^y \geq \mathbf{0}$

Symbol „ $\geq$ “ pri vektore znamená, že príslušné elementy vektora sú nezáporné a aspoň jeden element je nenulový.

Riešením vstupne orientovaného modelu je hodnota technickej efektívnosti θ_o , ktorá nadobúda pre každú rozhodovaciu jednotku hodnotu v intervale $[0,1]$. V prípade, ak rozhodovacia jednotka dosiahne maximum, čiže $\theta_o = 1$ a zároveň sú hodnoty sklzov nulové, daná DMU je CCR-efektívna. V opačnom prípade, ak $\theta_o < 1$ je hodnotená DMU

neefektívna a hodnoty sklzov udávajú o koľko by mala hodnotená rozhodovacia jednotka proporcionálne znížiť všetky svoje vstupy, aby sa stala efektívnou. Obdobným princípom môžeme vyhodnotiť výstupne orientovaný model, kde DMU je plne technicky CCR-efektívna, ak $\eta_o = 1$. Neefektívne DMU vykazujú hodnoty parametra $\eta_o < 1$ a veľkosti sklzov udávajú o koľko by mala daná DMU proporcionálne zvýšiť outputy, aby sa stala efektívnou v zmysle CCR-modelu.

BCC model (Banker, Charnes, Cooper 1984)

Nedokonalá konkurencia, finančné obmedzenia, asymetria informácií a pod. sú faktormi, ktoré spôsobujú, že jednotlivé štáty nepôsobia na úrovni optimálneho rozsahu. Riešením v podmienkach nedokonalého trhu je BCC model zachytávajúci variabilné výnosy z rozsahu. BCC model predstavuje modifikáciu CCR modelu pridaním podmienky konvexnosti $e'\lambda = 1$, ktorá v modeli zabezpečuje, aby hodnotená rozhodovacia jednotka bola porovnávaná iba s rozhodovacími jednotkami podobného rozsahu. Zjednodušene to znamená, že bod premietnutý na hranicu produkčných možností bude konvexnou kombináciou sledovaných DMU.

SBM model (Tone 1997)

Modely CCR a BCC založené na radiálnom princípe zhodnocujú oddelene technickú efektívnosť a mix efektívnosť. V neradiálnych DEA modeloch, kde sa zaraďuje aj SBM model (SBM: slack-based measure) definujeme mieru efektívnosti v podobe tzv. miery založenej na sklzoch. Pre každú produkčnú jednotku o , $o \in \{1, \dots, n\}$ sa rieši úloha lineárneho programovania vstupne a výstupne orientovaného SBM modelu s predpokladom variabilných výnosov z rozsahu.

Vstupne orientovaný SBM model	Výstupne orientovaný SBM model
$\rho_o(\lambda, s^x) = 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{i=m} \frac{s_i^x}{x_{io}} = !\min,$ pri podmienkach $s^x = x_o - \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i x_i$ $s^y = \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i y_i - y_o$ $\lambda \geq 0, s^x \geq 0, s^y \geq 0, e'\lambda = 1$	$\rho_o(\lambda, s^y) = 1 + \frac{1}{s} \sum_{k=1}^{k=s} \frac{s_k^y}{y_{ko}} = !\max,$ pri podmienkach $s^x = x_o - \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i x_i$ $s^y = \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i y_i - y_o$ $\lambda \geq 0, s^x \geq 0, s^y \geq 0, e'\lambda = 1$

Symbol „ $\geq$ “ pri vektore znamená, že príslušné elementy vektora sú nezáporné a aspoň jeden element je nenulový. Pre hodnotu efektívnosti každej rozhodovacej jednotky platí, že $\rho_o \in [0,1]$ a je daná pomerom priemernej mix ineficiencie vstupov a výstupov. DMU_o je

SBM-eficientná ak $\rho_o = 1$. Rozhodovacia jednotka je SBM-efektívna vtedy a len vtedy, keď je BCC-efektívna (v prípade vynechania podmienky konvexnosti CCR-efektívna).

V praxi môže nastať polemika, či je príznačné minimalizovať vstupy alebo maximalizovať výstupy. Riešením je použitie neorientovaného SBM modelu s nasledujúcou formuláciou.

Neorientovaný SBM model
$\rho_o(\lambda, s^x, s^y) = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^x}{x_{io}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s \frac{s_k^y}{y_{ko}}} = !\min,$ pri podmienkach $s^x = x_o - \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i$ $s^y = \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i - y_o$ $\lambda \geq 0, s^x \geq 0, s^y \geq 0, e'\lambda = 1$

Výsledky získané realizáciou spomínaných modelov (výstupy z DEA Solver, súčasť MS Excel) pre každú zadanú variáciu vstupov a výstupov poskytujú pohľad na efektívnosť členských krajín Európskej únie v oblasti poľnohospodárstva. S cieľom zhodnotiť vplyv výberu modelu a variácie na umiestnenie jednotlivých krajín vzhľadom na dosiahnutú hodnotu ukazovateľa efektívnosti boli krajinám pridelené poradia, pričom umiestnenie na 1. mieste zodpovedá dosiahnutiu najvyššej hodnoty efektívnosti v rámci sledovaného súboru subjektov. Výsledné poradia z 21 možných kombinácií variácie a modelu sú obsahom prílohy č. 1, ktorá vizuálne evokuje dojem relatívnej zhody medzi poradiami. Pre potvrdenie, resp. popretie konštatovania využijeme testovanie zhody medzi poradiami pomocou Kendallovho koeficientu konkordancie (W), ktorý konštruujeme na základe vzťahu s párovým Spearmanovým korelačným koeficientom. Kendallov koeficient nadobúda hodnoty z intervalu 0 až 1, pričom hodnota 1 naznačuje úplnú zhodu poradií.

4 DISKUSIA K VÝSLEDKOM APLIKOVANÝCH MODELOV

Zhodnotenie výsledkov analýzy sme rozdelili do dvoch podkapitol s cieľom vyhodnotiť v prvej podkapitole (ne)zhodu medzi výslednými poradiami štátov v Európskej únii použitím Kendallovho koeficientu konkordancie. V druhej podkapitole sme sústredili pozornosť na zhodnotenie technickej efektívnosti štátov Európskej únie, ktorej teritoriálne rozloženie sme graficky zobrazili. Súčasťou kapitoly je aj zhodnotenie rezerv v produkčnom procese poľnohospodárstva na príklade Slovenskej republiky.

4.1 Testovanie zhody medzi výslednými poradiami

Prehľad výsledkov testovania zhody medzi jednotlivými poradiami štátov Európskej únie zobrazujú tabuľky č. 3 a 4. Výsledné poradia skúmaných modelov sa už na prvý pohľad vyznačujú podobnosťou, ktorú môžeme zároveň potvrdiť aj skúmaním korelačných vzťahov. Priemer z počtu 210 párových korelačných koeficientov medzi poradiami zodpovedá hodnote 0,896. Zároveň evidujeme v súbore minimálny korelačný koeficient odpovedajúci hodnote 0,772 a hodnotu maximálneho korelačného koeficientu vo výške 1, ktorá bola dosiahnutá medzi vstupne a výstupne orientovaným CCR modelom v každej uvažovanej variácii premenných. Rovnako bola hodnota korelačného koeficientu 1 aj medzi výstupne orientovanými modelmi SBM a BCC pri tretej variácii premenných. Vzhľadom na uvedené hodnoty, ktoré charakterizujú korelačné vzťahy medzi poradiami, je možné konštatovať relatívne veľkú závislosť medzi poradiami.

Tabuľka 3 Výsledky testovania zhody medzi poradiami vzhľadom na voľbu variácie

		V1	V2	V3
V1	Priemerný korelačný koeficient	0,911539514	0,9021346	0,8783041
	Počet korelačných koeficientov	21	49	49
	Kendallov koeficient W	0,915751918	0,9041319	0,8807877
V2	Priemerný korelačný koeficient	0,902134625	0,9014574	0,8990501
	Počet korelačných koeficientov	49	21	49
	Kendallov koeficient W	0,904131878	0,9061499	0,9011103
V3	Priemerný korelačný koeficient	0,878304129	0,8990501	0,8906052
	Počet korelačných koeficientov	49	49	21
	Kendallov koeficient W	0,880787718	0,9011103	0,8958145

Zdroj: Vlastné spracovanie

Na posúdenie úrovne zhody jednotlivých poradií a vyhodnotenie vplyvu voľby premenných vstupujúcich do analýzy alebo modelu obalovej analýzy dát na výsledné hodnotenie bol použitý Kendallov koeficient konkordancie. Hodnoty všetkých koeficientov W sa pohybujú

v rozmedzí od 0,817 do 0,989, ktorú dokazujú tabuľky č. 3 a 4. Táto skutočnosť signalizuje vysokú konkordanciu medzi jednotlivými poradiami. Pri každom zo skúmaných párov poradií môžeme potvrdiť konštatovanie o relatívnej nezávislosti výsledného rankingu štátov Európskej únie založeného na ukazovateľoch efektívnosti poľnohospodárstva a výberu premenných či modelu analýzy.

Tabuľka 4 Výsledky testovania zhody medzi poradiami vzhľadom na voľbu modelu

		CCR-I	CCR-O	BCC-I	BCC-O	SBM-I-V	SBM-O-V	nonSBM-V
CCR-I	Priemerný korelačný koeficient	0,960	0,973	0,882	0,805	0,865	0,794	0,876
	Počet korelačných koeficientov	3	9	9	9	9	9	9
	Kendallov koeficient W	0,973	0,976	0,895	0,827	0,880	0,817	0,889
CCR-O	Priemerný korelačný koeficient	0,973	0,960	0,882	0,805	0,865	0,794	0,876
	Počet korelačných koeficientov	9	3	9	9	9	9	9
	Kendallov koeficient W	0,976	0,973	0,895	0,827	0,880	0,817	0,889
BCC-I	Priemerný korelačný koeficient	0,882	0,882	0,970	0,905	0,970	0,900	0,976
	Počet korelačných koeficientov	9	9	3	9	9	9	9
	Kendallov koeficient W	0,895	0,895	0,980	0,916	0,973	0,911	0,978
BCC-O	Priemerný korelačný koeficient	0,805	0,805	0,905	0,960	0,871	0,967	0,896
	Počet korelačných koeficientov	9	9	9	3	9	9	9
	Kendallov koeficient W	0,827	0,827	0,916	0,973	0,885	0,971	0,908
SBM-I-V	Priemerný korelačný koeficient	0,865	0,865	0,970	0,871	0,969	0,865	0,974
	Počet korelačných koeficientov	9	9	9	9	3	9	9
	Kendallov koeficient W	0,880	0,880	0,973	0,885	0,980	0,880	0,977
SBM-O-V	Priemerný korelačný koeficient	0,794	0,794	0,900	0,967	0,865	0,970	0,899
	Počet korelačných koeficientov	9	9	9	9	9	3	9
	Kendallov koeficient W	0,817	0,817	0,911	0,971	0,880	0,980	0,911
nonSBM-V	Priemerný korelačný koeficient	0,876	0,876	0,976	0,896	0,974	0,899	0,983
	Počet korelačných koeficientov	9	9	9	9	9	9	3
	Kendallov koeficient W	0,889	0,889	0,978	0,908	0,977	0,911	0,989

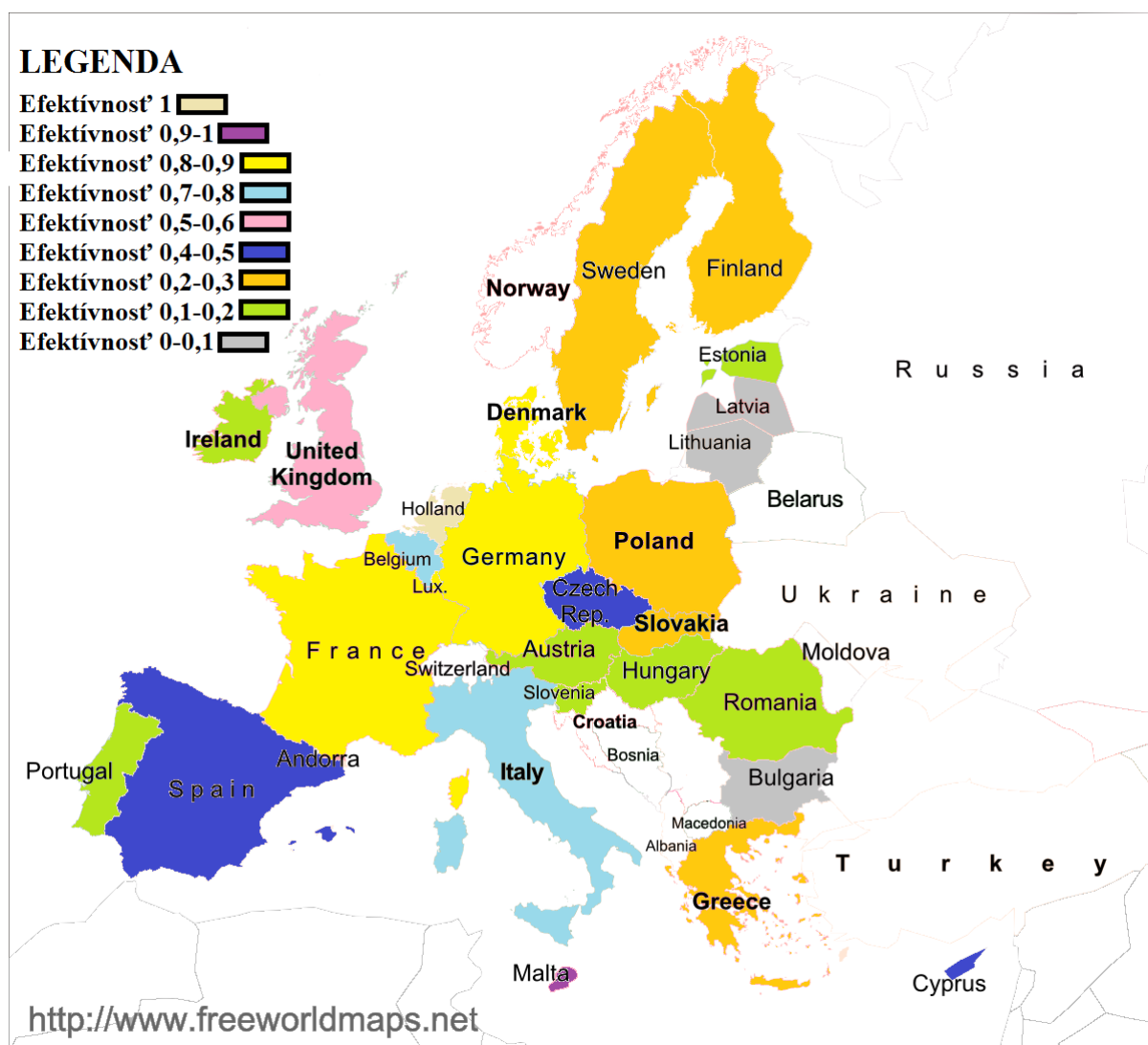
Zdroj: Vlastné spracovanie

Výsledok našej analýzy považujeme za relevantný v súvislosti s použitými DEA modelmi, avšak pri skúmaní voľby premenných mohlo prísť k skresleniu, nakoľko premenné sú vysoko korelované. Analýza by sa mohla rozšíriť o ďalšie rôznorodejšie druhy vstupov a výstupov, ktoré by vykazovali nižšie vzájomné závislosti. Naša štúdia bola vypracovaná vzhľadom k dostupným údajom v identickom kalendárnom roku.

4.2 Zhodnotenie efektívnosti štátov Európskej únie

Pre znázornenie priemernej efektívnosti štátov Európskej únie sme sa rozhodli využiť grafické znázornenie, ktoré je na obrázku č. 1. Presné číselné hodnoty jednotlivých priemerných efektívností štátov sú súčasťou prílohy č. 2. Na obrázku vidíme, že plnú technickú efektívnosť poľnohospodárskeho sektora podľa všetkých uvažovaných modelov a variácií, a teda hodnotu 1 dosiahol len jeden štát Európskej únie, Holandsko. Na druhom mieste sa umiestnila Malta, ktorej hodnota priemernej technickej efektívnosti je 0,98. Nasledovaná je štátmi Dánsko, Nemecko, Francúzsko a Luxembursko. Dôvodom pre približne zhodné hodnoty technickej efektívnosti poľnohospodárskeho sektora môžu byť podobné klimatické podmienky v štátoch, nakoľko spomínané štyri štáty sú susediacimi krajinami (na obrázku vyznačené žltou farbou). Slovensko dosiahlo hodnotu priemernej technickej efektívnosti 0,21. Na obrázku vidíme, že spolu so Slovenskom sa medzi menej efektívne krajiny zaradilo aj Grécko, Poľsko, Fínsko a Švédsko (na obrázku oranžovou farbou). Ak porovnáme štáty Vyšehradskej štvorky (ďalej len „V4“), tak približne rovnaké priemerné technické efektívnosti za poľnohospodársky sektor dosiahlo Slovensko spolu s Poľskom. Česko dosiahlo hodnotu priemernej technickej efektívnosti 0,42, čím sa stalo najefektívnejším štátom spomedzi V4. Naopak najmenej efektívnym štátom z V4 v produkčnom procese poľnohospodárstva sa stalo Maďarsko. V optike všetkých skúmaných 27 štátov Európskej únie najhoršie priemerné hodnoty technickej efektívnosti podľa použitých modelov a variácií premenných dosiahli Litva, Lotyšsko a Bulharsko. Z mapy ďalej konštatujeme, že nevidíme súvislosť medzi krajinami, ktoré sú vnútrozemské a prímorské, avšak spojitost' nachádzame medzi susediacimi krajinami, ktorých hodnoty priemernej technickej efektívnosti sú často relatívne súhlasné.

Obrázok 1 Mapa krajín Európskej únie podľa priemernej dosiahnutej efektívnosti



Zdroj: Vlastné spracovanie

Na základe dosiahnutej technickej efektívnosti sme štátom Európskej únie priradili poradie, z čoho sme následne vyhodnotili priemerné poradie štátov, ktoré je súčasťou prílohy č. 3. Slovensko sa v priemere umiestnilo na 16-tom mieste, spomedzi 27 hodnotených štátov, čo evokuje značné rezervy v efektívnosti využívania výrobných faktorov. Sklzy, ktoré sú súčasťou príloh č. 4 a 5 budeme interpretovať ako odporúčania na príklade Slovenskej republiky, aby sa stalo technicky efektívne. Pre interpretáciu na konkrétnom príklade sme si vybrali vstupne orientovaný CCR a BCC model pre variáciu premenných č. 1. Tento výber bol podložený vyššie spomínanými vedeckými a odbornými štúdiami. Pri uvažovaní s konštantnými výnosmi z rozsahu by bolo potrebné v poľnohospodárstve Slovenskej republiky zvýšiť veľkosť výrobného faktora poľnohospodárska plocha o 99 370 ha, čo predstavuje v relatívnom vyjadrení zvýšenie o 5,24 %. Ak by sme uvažovali s variabilnými

výnosmi z rozsahu, tak veľkosť poľnohospodárskej plochy by bolo potrebné zvýšiť o 82 209 ha, čo predstavuje zvýšenie o 4,34 %. Môžeme potvrdiť, že na hranicu technickej efektívnosti je potrebné nižšie zníženie vstupnej premennej poľnohospodárska plocha pri predpoklade variabilných výnosov z rozsahu ako pri predpoklade konštantných výnosov z rozsahu.

ZÁVER

Cieľom našej práce bolo použitím neparametrickej metódy DEA vyhodnotiť efektívnosť poľnohospodárskeho sektora členských krajín Európskej únie, pričom sme sa zamerali na posúdenie vplyvu konkrétnej variácie vstupov a výstupov a voľby konkrétneho modelu DEA na výsledky hodnotenia technickej efektívnosti. Na základe testu (ne)zhody medzi výslednými poradiami použitím Kendallovho koeficientu konkordancie sme prišli k záveru, že na vybranej vzorke údajov nemá voľba DEA modelu ani voľba variácie premenných výrazný vplyv. V práci sme následne identifikovali priemernú efektívnosť krajín Európskej únie a sklzy vo svojej činnosti na príklade Slovenskej republiky.

Ďalšie rozšírenie štúdie by sa mohlo zamerať aj na neželateľné výstupy, ktoré vznikajú v produkčnom procese poľnohospodárstva. Takýmto výstupom by mohlo byť napríklad znečistenie. Ďalej by sa mohli do analýzy zahrnúť hybridné DEA modely, ktoré zahŕňajú radiálne a zároveň neradiálne zníženie vstupov, resp. zvýšenie výstupov. Iným rozšírením práce by mohlo byť overenie hypotézy, či je efektívnosť krajiny ovplyvnená prítomnosťou enviromentálnej premennej v modeli, napríklad či je technická efektívnosť krajiny závislá od kvality pôdy na ktorej hospodári alebo od toho, či je vnútrozemskou alebo prímorskou krajinou.

Porovnanie by sa dalo uskutočniť aj pre konkrétne poľnohospodárske podniky v rámci štátov Európskej únie. Ako premenné by sa mohla využiť variácia č. 1, teda vstupmi by boli veľkosť poľnohospodárskej plochy a pracovná sila a výstupmi by bola živočíšna a rastlinná produkcia. Cieľom takejto analýzy by bol benchmarking poľnohospodárskych podnikov z hľadiska technickej efektívnosti, pričom by sa opäť dala testovať (ne)zhoda medzi výslednými poradiami na základe rôznych DEA modelov.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. SPOLOČNÁ POĽNOHOSPODÁRSKA POLITIKA 2012. Partnerstvo Európy a poľnohospodárov, Luxemburg, Úrad pre vydávanie publikácií Európskej únie, 2012. 16 s. ISBN 978-92-79-22081-4.
2. EUROSTAT 2012. Agriculture, fishery and forestry statistics: main results – 2010-11. Edícia 2012. Luxemburg, Publications Office of the European Union, 2012. s. 221 ISBN 978-92-79-25431-4.
3. SOJKOVÁ, Z., KOVÁČ, Š. 2005. Analýza technickej efektívnosti poľnohospodárskych podnikov Slovenska. In *Acta oeconomica et informatica: vedecký časopis pre ekonomiku a informatiku*. Roč. 8 , č. 1, 2005, s. 1-6. ISSN 1335-2571.
4. BIELIK, P., RAJČÁNIOVÁ, M. 2004. Scale efficiency of agricultural enterprises of Slovakia. In *Agricultural Economics*. Roč. 50, č. 8, 2004, s. 331–335. ISSN 0139-570X.
5. FANDEL, P. 2002. Malmquistove indexy TFP a ich využitie v hodnotení vývoja produktivity poľnohospodárskej výroby (pšenica). In *Agrární perspektivy XI : rozvoj multifunkčného zemědelství*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2002. ISSN 1213-7960.
6. FANDEL, P. 2005. FDH analýza ako metóda benchmarkingu. In *Acta oeconomica et informatica : vedecký časopis pre ekonomiku a informatiku*. Roč. 8, č. 1, 2005, s. 6-9. ISSN 1335-2571.
7. HOANG, V.N., ALAUDDIN, M. 2012. Input-Orientated Data Envelopment Analysis Framework for Measuring and Decomposing Economic, Environmental and Ecological Efficiency: An Application to OECD Agriculture. In *Environmental and Resource Economics*. Roč. 51, č. 3, 2012, s.431-452, ISSN 09246460.
8. KELLY, E. et al. 2012. Application of data envelopment analysis to measure technical efficiency on a sample of Irish dairy farms. In *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. Roč. 51, č. 1 , 2012, s. 63-77, ISSN 0791-6833.
9. PAUL, C. et al. 2004. Scale Economies and Efficiency in U.S. Agriculture: Are Traditional Farms History? In *Journal of Productivity Analysis*. Roč. 22, č. 3, 2004, s. 185–205, ISSN 0895562X.
10. SARKER, D., DE, S. 2004. Non-Parametric Approach to the Study of Farm Efficiency in Agriculture. In *Journal of Contemporary Asia*. Roč. 34, č. 2, 2004, s. 207-220, ISSN 00472336.

11. SOUZA, GD. et al. 1999. Technical efficiency of production in agricultural research. In *Scientometrics*. Roč. 46, č. 1, 1999, s. 141-160. ISSN 0138-9130.
12. EUROSTAT internetová stránka <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/agriculture/introduction>>.
13. HAIDER, M. H. 2011. Technical Efficiency of Agricultural Farms in Khulna, Bangladesh: Stochastic Frontier Approach. In *International Journal of Economics and Finance*. Roč. 3, č. 3, 2011, s. 248-256, ISSN 1916971X.
14. THEODORIDIS, A. M., ANWAR, Md. M. 2011. A comparison of dea and sfa methods: a case study of farm households in Bangladesh. In *Journal of Developing Areas*. Roč. 45, č. 1, 2011. s. 95-110, ISSN 0022037X.
15. BARNES, A., REVOREDO-GIHA, C.C. 2010. A report on technical efficiency at the farm level 1989 to 2008, Final report to Defra, London, 2010.
16. COOPER, W. W. et al. 2007. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software. 2. vyd. New York: Springer, 2007. 490 s. ISBN 0-387-45281-8.
17. CHARNES, A., COOPER, W. W., RHODES, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. In *European Journal of Operations Research*. Zv. 2, č. 6, 1978. s. 429-444.
18. Obrys mapy použitej v práci dostupný na internetovej stránke: <<http://www.freeworldmaps.net>>.
19. LEGENDRE, P. 2005. Species Associations: The Kendall Coefficient of Concordance Revisited. In *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*. Roč. 10, č. 2, s. 226–245, ISSN 1537-2693.

Príloha 1 Poradie podľa dosiahnutej efektívnosti v modeloch a variáciách

Štát Európskej únie	CCR-I_V1	CCR-I_V2	CCR-I_V3	CCR-O_V1	CCR-O_V2	CCR-O_V3	BCC-I_V1	BCC-I_V2	BCC-I_V3	BCC-O_V1	BCC-O_V2	BCC-O_V3	SBM-I-V_V1	SBM-I-V_V2	SBM-I-V_V3	SBM-O-V_V1	SBM-O-V_V2	SBM-O-V_V3	nonSBM-V_V1	nonSBM-V_V2	nonSBM-V_V3
Belgicko	4	4	4	4	4	4	8	8	9	8	9	11	8	8	7	8	10	11	8	8	8
Bulharsko	25	25	25	25	25	25	27	26	27	24	24	24	26	27	26	24	24	24	25	25	25
Česká republika	13	5	5	13	5	5	14	10	8	18	11	10	15	12	11	16	11	10	14	11	10
Dánsko	1	1	3	1	1	3	1	1	7	1	1	7	1	1	8	1	1	7	1	1	7
Nemecko	6	7	6	6	7	6	1	1	6	1	1	6	1	1	6	1	1	6	1	1	6
Estónsko	24	22	22	24	22	22	20	20	19	25	25	25	20	20	17	25	25	25	21	21	21
Írsko	15	16	20	15	16	20	16	17	21	15	16	22	14	17	20	23	23	22	20	20	19
Grécko	12	11	12	12	11	12	15	13	15	12	13	14	17	19	19	13	14	14	16	18	17
Španielsko	18	19	19	18	19	19	10	11	10	10	10	9	10	11	10	9	8	9	10	9	9
Francúzsko	5	10	9	5	10	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Taliansko	14	12	11	14	12	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cyprus	8	8	7	8	8	7	11	12	11	11	12	12	11	10	9	11	12	12	11	12	11
Litva	27	27	27	27	27	27	25	25	25	27	27	27	24	24	23	27	27	27	27	27	27
Lotyšsko	26	26	26	26	26	26	26	27	26	26	26	26	25	26	25	26	26	26	24	24	26
Luxembursko	7	6	8	7	6	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maďarsko	23	24	23	23	24	23	24	24	23	21	22	20	23	23	22	20	20	20	23	23	23
Malta	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Holandsko	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rakúsko	16	17	17	16	17	17	17	18	18	19	17	16	16	18	18	19	17	16	15	16	16
Poľsko	21	21	21	21	21	21	22	22	22	13	14	13	22	22	24	12	13	13	22	22	22
Portugalsko	20	20	18	20	20	18	21	21	20	20	21	18	21	21	21	18	16	18	19	19	20
Rumunsko	22	23	24	22	23	24	23	23	24	14	15	15	27	25	27	15	15	15	26	26	24
Slovinsko	17	18	16	17	18	16	18	19	17	22	23	23	19	16	16	21	21	23	18	17	18
Slovensko	19	14	13	19	14	13	19	14	13	23	19	17	18	15	13	22	18	17	17	14	15

Štát Európskej únie	CCR-I_V1	CCR-I_V2	CCR-I_V3	CCR-O_V1	CCR-O_V2	CCR-O_V3	BCC-I_V1	BCC-I_V2	BCC-I_V3	BCC-O_V1	BCC-O_V2	BCC-O_V3	SBM-I-V_V1	SBM-I-V_V2	SBM-I-V_V3	SBM-O-V_V1	SBM-O-V_V2	SBM-O-V_V3	nonSBM-V_V1	nonSBM-V_V2	nonSBM-V_V3
Fínsko	10	13	15	10	13	15	12	15	16	16	18	21	12	13	15	17	22	21	13	15	14
Švédsko	11	15	14	11	15	14	13	16	14	17	20	19	13	14	14	14	19	19	12	13	13
Veľká Británia	9	9	10	9	9	10	9	9	12	9	8	8	9	9	12	10	9	8	9	10	12

Zdroj: Vlastné spracovanie

Príloha 2 Priemerná technická efektívnosť štátov podľa jednotlivých modelov a variácií

Štát	Priemerné skóre
Belgicko	0,71
Bulharsko	0,08
Česká republika	0,42
Dánsko	0,88
Nemecko	0,85
Estónsko	0,12
Írsko	0,19
Grécko	0,28
Španielsko	0,43
Francúzsko	0,86
Taliansko	0,79
Cyprus	0,46
Litva	0,05
Lotyšsko	0,07
Luxembursko	0,86
Maďarsko	0,13
Malta	0,98
Holandsko	1,00
Rakúsko	0,20
Poľsko	0,20
Portugalsko	0,16
Rumunsko	0,16
Slovinsko	0,18
Slovensko	0,21
Fínsko	0,24
Švédsko	0,25
Veľká Británia	0,55

Zdroj: Vlastné spracovanie

Príloha 3 Priemerné poradie štátov na základe technickej efektívnosti v modeloch a variáciách

Štát	Priemerné poradie
Belgicko	7,29
Bulharsko	25,14
Česká republika	10,81
Dánsko	4,29
Nemecko	5,14
Estónsko	22,14
Írsko	18,43
Grécko	14,24
Španielsko	12,24
Francúzsko	4,90
Taliansko	6,14
Cyprus	10,19
Litva	26,24
Lotyšsko	25,76
Luxembursko	4,62
Maďarsko	22,43
Malta	3,19
Holandsko	3,10
Rakúsko	16,95
Poľsko	19,24
Portugalsko	19,52
Rumunsko	21,52
Slovinsko	18,71
Slovensko	16,48
Fínsko	15,05
Švédsko	14,76
Veľká Británia	9,48

Zdroj: Vlastné spracovanie

Príloha 4 Vstupne orientovaný CCR model, variácia č. 1

Štát	CCR-I skóre	Identifikované sklzy (abs)				Identifikované sklzy (%)			
		I1	I2	O1	O2	I1	I2	O1	O2
Belgicko	0,95	0	0	574	0	0	0	16,29	0
Bulharsko	0,07	0	17170	0	563	0	2,33	0	52,04
Česká republika	0,29	677415	0	0	102	19,45	0	0	6,31
Dánsko	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemecko	0,56	3134994	0	0	0	18,77	0	0	0
Estónsko	0,11	0	0	35	0	0	0	12,64	0
Írsko	0,26	0	0	2165	0	0	0	142,09	0

Grécko	0,30	0	219459	0	2362	0	19,37	0	84,90
Španielsko	0,19	786704	0	0	5307	3,31	0	0	38,46
Francúzsko	0,67	12588088	0	0	6661	45,22	0	0	28,68
Taliansko	0,28	0	552408	0	3903	0	16,29	0	27,20
Cyprus	0,52	0	0	23	0	0	0	6,97	0
Litva	0,05	0	0	9	0	0	0	1,96	0
Lotyšsko	0,06	0	3331	0	0	0	0,91	0	0
Luxembursko	0,55	6482	0	0	0	4,94	0	0	0
Maďarsko	0,11	0	69704	0	476	0	6,09	0	21,84
Malta	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Holandsko	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Rakúsko	0,20	0	0	1060	0	0	0	38,44	0
Poľsko	0,12	0	0	1326	0	0	0	13,25	0
Portugalsko	0,14	0	42243	0	43	0	5,97	0	1,64
Rumunsko	0,12	0	671519	0	4245	0	9,38	0	116,76
Slovinsko	0,20	0	6087	0	0	0	2,92	0	0
Slovensko	0,18	99370	0	0	0	5,24	0	0	0
Fínsko	0,33	0	0	789	0	0	0	57,42	0
Švédsko	0,31	165763	0	0	0	5,40	0	0	0
Veľká Británia	0,46	1475365	0	0	0	9,41	0	0	0

Zdroj: Vlastné spracovanie

Príloha 5 Vstupne orientovaný BCC model, variácia č. 1

Štát	BCC-I skóre	Identifikované sklzy (abs)				Identifikované sklzy (%)			
		I1	I2	O1	O2	I1	I2	O1	O2
Belgicko	0,97	0	0	595	0	0	0	16,9	0
Bulharsko	0,07	0	3103	0	589	0	0,42	0	54,46
Česká republika	0,31	644312	0	0	155	18,5	0	0	9,57
Dánsko	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemecko	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Estónsko	0,17	0	0	64	0	0	0	23,14	0
Írsko	0,27	0	0	2183	0	0	0	143,31	0
Grécko	0,30	0	212074	0	2376	0	18,72	0	85,41
Španielsko	0,60	0	0	0	1879	0	0	0	13,62
Francúzsko	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Taliansko	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprus	0,54	0	20206	67	0	0	24,64	20,82	0
Litva	0,08	0	0	0	31	0	0	0	8,21
Lotyšsko	0,08	0	0	0	43	0	0	0	5,31
Luxembursko	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Maďarsko	0,11	0	57704	0	498	0	5,04	0	22,88
Malta	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Holandsko	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0

Rakúsko	0,21	0	0	1030	0	0	0	37,35	0
Poľsko	0,13	0	275206	1974	0	0	7,24	19,72	0
Portugalsko	0,14	0	30062	0	65	0	4,25	0	2,52
Rumunsko	0,12	0	669085	0	4250	0	9,35	0	116,9
Slovinsko	0,20	0	14624	20	0	0	7,01	3,32	0
Slovensko	0,20	82209	0	0	0	4,34	0	0	0
Fínsko	0,35	0	0	818	0	0	0	59,47	0
Švédsko	0,32	154257	0	0	0	5,03	0	0	0
Veľká Británia	0,88	7606312	0	6647	0	48,49	0	76,84	0

Zdroj: Vlastné spracovanie