

AKÉ FAKTORY VPLÝVAJÚ NA CENU ROPY BRENT?

doc. Ing. Martin Grešš, PhD.

Článok doručený do redakcie / Date submitted: 14. 11. 2012

Článok prijatý na publikáciu / Date accepted: 8. 1. 2013

Článok publikovaný / Date published: 15. 3. 2013

ABSTRAKT

Počas prvej dekády 21. storočia bola cena ropy na svetovom trhu vysoko volatilná. V predkladanom príspevku sa snažíme vytvoriť model pre cenu ropy Brent, ktorý by bol schopný vysvetliť čo najviac variability vo vývoji ceny ropy Brent v období 1994 – 2011. Uvažujeme s viacerými modelmi založenými na exogénnych premenných, ktoré najviac vplývajú na cenu ropy Brent. Všetky prezentované modely sa zameriavajú na vysvetlenie ceny ropy výlučne prostredníctvom faktorov dopytu a ponuky a abstrahujú od geopolitických, prírodných a špekulačných faktorov. Prichádzame k záveru, že na cenu ropy Brent vplývajú predovšetkým faktory strany ponuky, pričom faktory strany dopytu nie sú silne korelované s cenou ropy Brent.

Kľúčové slová: Brent, cena ropy, dopyt, ekonometrické modelovanie, OPEC, ponuka, regresia

ABSTRACT

The price of oil in the international market has been highly volatile in the first decade of the 21st century. In this article we develop a model for price of Brent crude oil, which would explain the most of the variability in the price of Brent crude oil during the period of 1994 – 2011. We consider various models based on exogenous variables that best describe the price of Brent crude. All presented models focus solely on the explanation of oil price through demand and supply factors abstracting from the geopolitical, natural and speculative factors. We come to conclusion that the supply factors strongly influence the price of Brent crude, while the demand factors are not strongly correlated with its price.

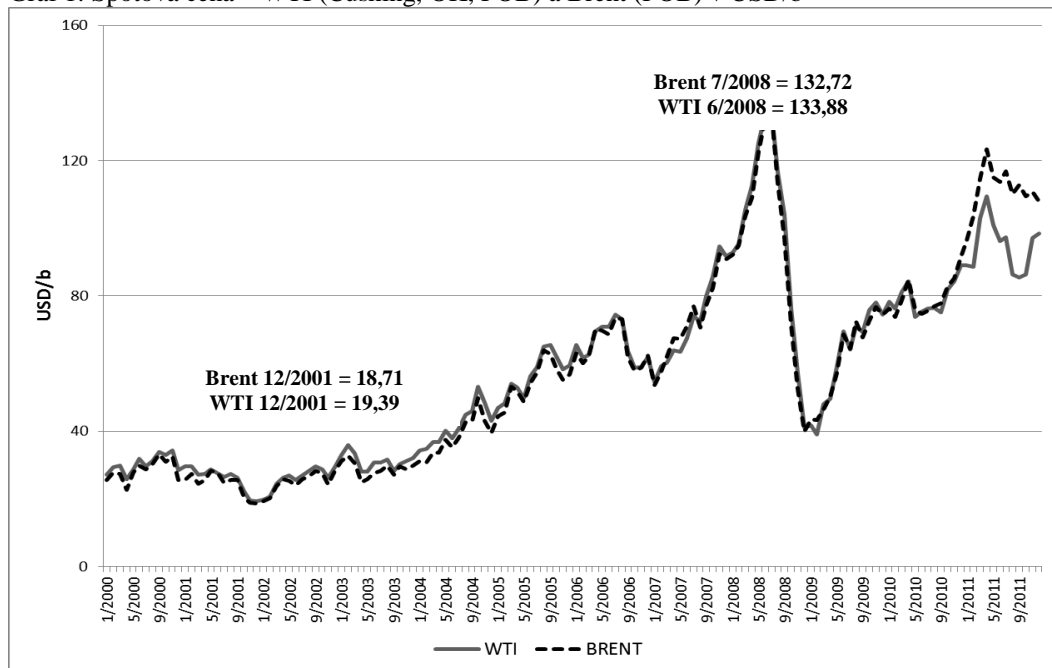
Key words: Brent, oil price, demand, econometric modeling, OPEC, oil supply, regression

JEL: C50, Q31, Q37

Úvod

V posledných rokoch môžeme pozorovať značné výkyvy cien ropy na svetovom trhu. Od roku 2000, s určitými výnimkami, je možné pozorovať kontinuálny rast cien WTI aj Brent (graf 1). V priebehu 7,5 roka (od decembra 2001 do júna 2008 (WTI), resp. júla 2008 (Brent)) došlo k 590,5 %-nému rastu ceny WTI a 609,4 %-nému rastu ceny Brent. Na druhej strane, v priebehu 8 mesiacov (WTI), resp. 7 mesiacov (Brent) došlo k výraznému prepadu cien, ktoré sa vo februári 2009 pohybovali na priemernej mesačnej úrovni 39,09 USD/b v prípade WTI (70,8 %-ný pokles) a 43,32 USD/b v prípade Brent (67,4 %-ný pokles). Od marca 2009 však ceny znovu rástli (s výnimkou druhej polovice roku 2011). V prípade vývoja ceny oboch benchmarkov môžeme pozorovať podobný cenový vývoj v rokoch 2000 – 2010, k rozdielnemu vývoju jednotlivých cien došlo v priebehu roka 2011, aj keď ku koncu roka obe ceny navzájom konvergovali.

Graf 1: Spotová cena – WTI (Cushing, OK, FOB) a Brent (FOB) v USD/b



Prameň: vlastné spracovanie; údaje z: http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_m.htm.

Tabuľka 1 uvádza deskriptívnu štatistiku pre oba súbory. Ako vidieť, variačný koeficient je značne vysoký (47,96 % v prípade WTI; 52,36 % v prípade Brent), čo poukazuje na vysokú volatilitu cien oboch benchmarkov. Vystáva tak otázka, ktoré faktory, a v akej miere sa podieľajú na výslednej cene ropy, a preto je cieľom tohto príspevku určiť fundamentálne faktory vplyvu na cenu ropy a vytvoriť ekonometrický model, ktorý bude schopný vysvetliť čo možno najviac variability v cene ropy.

Tabuľka 1: Deskriptívna štatistika benchmarkov

	WTI	Brent
Priemer	57,10	57,18
Medián	56,83	54,02
Štandardná odchýlka	27,39	29,94
Maximum	133,88	132,72
Minimum	19,39	18,71
Variačný koeficient (%)	47,96	52,36

Prameň: vlastné spracovanie.

1 Prehľad literatúry

Vplyvu faktorov na cenu ropy na svetovom trhu sa venuje niekoľko štúdií a výskumných prác predovšetkým v zahraničí. V prípade domácej literatúry je situácia pomerne horšia. Zo slovenských autorov sa vplyvu ropy na svetové hospodárstvo a analýze faktorov vplyvajúcich na cenu ropy venuje predovšetkým P. Baláž (Baláž, 2001; Baláž, 2007; Baláž

a Londarev, 2006). Grešš (2008) sa venuje možnému budúcemu postaveniu ropy vo svetovom hospodárstve vzhľadom na obavy z vyčerpania tohto neobnoviteľného prírodného zdroja.

V zahraničnej literatúre môžeme nájsť mnoho článkov, ktoré analyzujú faktory vplyvu na cenu ropy, pričom využívajú tak kvalitatívne ako aj kvantitatívne metódy výskumu. Čo sa týka kvantitatívneho výskumu, môžeme identifikovať hlavné práce, venujúce sa danej problematike. Detailný pohľad na faktory vplývajúce na cenu ropy môžeme nájsť predovšetkým v prácach Déesa et al. (2007), Merina a Ortiza (2005), Yea et al. (2002, 2005) a Zamaniho (2004). Kritický prehľad ekonometrickej literatúry týkajúcej sa modelovania cien ropy prezentujú Freyová et al. (2009).

Z hľadiska modelovania vplyvov pôsobiacich na cenu ropy a predikcie budúcich cien ropy môžeme na základe dostupnej literatúry identifikovať 3 základné podoby ekonometrických modelov:

- Modely časových radov,
- Finančné modely,
- Štrukturálne modely.

Modely časových radov vychádzajú predovšetkým z analýzy relevantných charakteristík historických údajov, na základe ktorých sa pokúšajú predikovať budúcu cenu ropy. Vzhľadom na ich jednoduchosť (vychádzajú z údajov o minulých cenách) sa môžu použiť ako benchmarky pre finančné a štrukturálne modely. Modely časových radov, predovšetkým martingálna postupnosť, vychádzajú z Fomovej hypotézy efektívneho trhu (Fama, 1965, s. 94), na základe ktorej môžeme vysloviť tézu, že v prípade dokonalej informovanosti a veľkého množstva racionálnych subjektov súčasné ceny obsahujú všetky informácie pre vývoj budúcej ceny. Martingálnu postupnosť je možné zapísať v jednoduchom tvare ako:

$$S_{t+1} = S_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

kde S = spotová cena, ε = náhodná chyba, t = časové obdobie.

Finančné modely sú založené predovšetkým na analýze vzájomného vzťahu medzi spotovými cenami a budúcimi cenami. Analyzujú predovšetkým efektívnosť odhadu budúcich cien od spotových cien. Tieto modely vo všeobecnosti predpokladajú, že budúce ceny sú neskreslené prediktory pre budúcu hodnotu spotovej ceny. Za základný model môžeme v prípade finančných modelov považovať:

$$S_{t+1} = \beta_0 + \beta_1 F_t + \varepsilon_{t+1} \quad (2)$$

kde S = spotová cena, β_0 a β_1 = koeficienty, F_t = neskreslený prediktor pre S , ε = náhodná chyba, t = časové obdobie.

Tretou skupinou ekonometrických modelov sú štrukturálne modely, ktoré sa pokúšajú analyzovať špecifické faktory vplývajúce na budúcu cenu ropy. Ide predovšetkým o základné ekonomické premenné, ktoré slúžia ako hybné faktory vplývajúce na cenu ropy. Môžeme ich rozdeliť na dve základné skupiny: 1. Faktory strany dopytu a 2. Faktory strany ponuky. Na strane dopytu vystupujú ako základné faktory spotreba ropy a zásoby fyzickej ropy v jednotlivých krajinách (predovšetkým v členských štátoch OECD, ktoré predstavujú hlavných spotrebiteľov ropy). V prípade zásob väčšina autorov rozlišuje medzi štátnymi a komerčnými zásobami (Merino a Ortiz 2005; Ye et al. 2002, 2005; Zamani 2004). Kým štátne zásoby nie sú z krátkodobého hľadiska ovplyvnené základným mechanizmom interakcie dopytu a ponuky, teda sú považované za konštantné, komerčné (alebo priemyselné) zásoby sa v krátkom období menia v závislosti od pôsobenia dopytu a ponuky, a preto majú výraznejší vplyv na dynamiku cien ropy. Na strane ponuky môžeme medzi základné faktory zaradiť produkciu ropy, politiku OPEC pri stanovovaní ťažobných kvót a produkciu OPEC, ktorá predstavuje rozdiel medzi

skutočnou produkciou členských krajín OPEC a stanovenými kvótami. Môžeme konštatovať, že väčšinou ide zo strany členov OPEC o nadprodukciiu nad úrovňou stanovených kvót, keďže export ropy generuje prevažnú väčšinu celkových exportných príjmov a tvorí vysoký podiel na HDP (v prípade podielu hodnoty exportu ropy na celkových exportných príjmoch v roku 2010 5 krajín dosiahlo podiel vyšší ako 90 %; v prípade podielu exportu ropy na HDP 5 krajín dosiahlo podiel vyšší ako 40 %¹). Déés et al. (2007) poukázali na štatisticky relevantný vplyv ťažobných kvót OPEC a objem rafinérskych kapacít na cenu ropy.

2 Použité dáta a metódy

Tabuľka 2: Zdroje dát pre regresnú analýzu

Indikátor	Jednotka	Prameň dát
BRENT	USD/b	EIA: Petroleum and Other Liquids, Spot Prices. Dostupné na: http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_m.htm .
Spotreba	mil. b/d	EIA: International Energy Statistics. Dostupné na: http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=5&pid=5&aid=2
Zásoby	mil. b	EIA: International Energy Statistics. Dostupné na: http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=5&pid=5&aid=5
Produkcia	mil. b/d	EIA: International Energy Statistics. Dostupné na: http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=5&pid=53&aid=1
Kapacita rafinérií	mil. b/cd	EIA: International Energy Statistics. Dostupné na: http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=5&pid=72&aid=7
Kvóty OPEC	mil. b/d	OPEC: Annual Statistical Bulletin 2011, s. 8-10. Dostupné na: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB2010_2011.pdf

Prameň: vlastné spracovanie.

Zdroje dát pre regresnú analýzu sú uvedené v tabuľke 2. Všetky dáta boli k dispozícii pre zvolenú ročnú frekvenciu. V prípade kapacity rafinérií sme extrapolovali časové rady, aby sme mohli určiť predpokladanú kapacitu za rok 2011, keďže tento údaj nebol k dispozícii.

Na základe preštudovanej literatúry sme sa pri vypracovaní modelu identifikujúceho faktory vplyvu na cenu ropy rozhodli využiť možnosti štruktúrného modelu, ktorý berie do úvahy fundamenty pôsobiace na trhu s ropou tak zo strany dopytu, ako aj zo strany ponuky. Pre potrebu analýzy faktorov vplývajúcich na zmenu ceny Brent sme využili viacnásobný lineárny ekonometrický model (pri modeli 4 sme vychádzali z jednoduchého lineárneho modelu), ktorého základnú rovnicu môžeme zapísať v tvare:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad (3)$$

kde Y = endogénna (vysvetľovaná) premenná; β_0 = úrovňová konštanta; β_j = neznáme parametre modelu udávajúce zmenu endogénnej premennej Y pri jednotkovej zmene exogénnej

¹ Vypočítané na základe údajov z OPEC: Annual Statistical Bulletin 2011, s. 15-17. Dostupné online na: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB2010_2011.pdf.

premennej X_{ik} a nezmenených hodnotách ostatných exogénnych premenných (predpoklad *ceteris paribus*); ε_i = náhodné poruchy.

Rovnicu 3 môžeme zapísať aj v alternatívnom tvare:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

kde k = počet exogénnych premenných v modeli.

3 Predpoklady modelov a použité modely

Na trhu s ropou pôsobia fundamentálne faktory na strane dopytu a ponuky. Ako uvádzajú Baláž a Londarev (2006, s. 520), faktory vplývajúce na úroveň ponuky a dopytu po rope chápeme ako činitele spôsobujúce posun krivky ponuky resp. dopytu po rope. Medzi faktormi dopytu po rope uvádzajú stav zásob ropy vo vyspelých krajinách a špekulačné a iné vplyvy. Na strane ponuky identifikujú produkčnú kapacitu ložísk a rozvoj ťažby. V rámci špecifikácie modelov sme abstrahovali od vplyvov pôsobiacich mimo dopytu a ponuky. Venovali sme sa výlučne fundamentálnym faktorom dopytu a ponuky a vylúčili sme vplyvy špekulácií na trhu s ropou, ako aj geopolitické a prírodné vplyvy pôsobiace na cenu ropy.

Tabuľka 3: Predpoklady modelov

Premenná	Jednotka	Očakávaný vplyv na BRENT
EU27_supply	mil. b/d	↘
UK+DEN_supply	mil. b/d	↘
RUS_supply	mil. b/d	↘
NOR_supply	mil. b/d	↘
OPEC_AFsupply	mil. b/d	↘
LIBYA_supply	mil. b/d	↘
OPEC_overprod	priemer, mil. b/d	↘
OPEC_quota	priemer, mil. b/d	↘
EU27_consumption	mil. b/d	↗
EU27_Tstocks	mld. b	↗ / ↘
EU27_Istocks	mld. b	↗ / ↘
EU27_Gstocks	mld. b	↗ / ↘
EU27_capacity	mil. b/cd	↘
OPEC_AFcapacity	mil. b/cd	↘
LIBYA_capacity	mil. b/cd	↘

Prameň: vlastné spracovanie.

Určili sme 6 skupín premenných, u ktorých sme predpokladali významný vplyv na cenu Brent. Predpoklady vplyvu nezávislých premenných na cenu Brent sú uvedené v tabuľke 3. Prvou skupinou je produkcia ropy na európskom kontinente (EU27_supply, UK+DEN_supply, RUS_supply, NOR_supply), druhou skupinou je produkcia ropy v členských

krajínach OPEC nachádzajúcich sa na africkom kontinente (OPEC_AFsupply, LIBYA_supply), do tretej skupiny sme zaradili politiku OPEC pri stanovovaní produkčných kvót (OPEC_quota) a nadprodukcii, ktorou sú typické členské štáty tejto organizácie (v sledovanom období 1994 – 2011 dochádzalo bez výnimky k prekračovaniu stanovených kvót, pričom najvýraznejšie prekročenie sme zaznamenali v rokoch 2010 – 2011²). V štvrtej skupine uvádzame spotrebu ropy v členských štátoch EÚ-27 (EU27_consumption), v piatej zásoby ropy v členských štátoch EÚ-27 (celkové – EU27_Tstocks; priemyselné – EU27_Istocks; vládne/štátne – EU27_Gstocks). Poslednú skupinu faktorov vplyvu tvorí rafinárska kapacita v členských štátoch EÚ-27 (EU27_capacity) a afrických členov OPEC (OPEC_AFccapacity, LIBYA_capacity).

Na základe stanovených vysvetľujúcich premenných sme na základe vykonaných regresných analýz vytvorili modely, ktoré môžu najlepšie charakterizovať faktory vplyvu na cenu Brent:

$$BRENT = \beta_0 + \beta_1 EU27_{supply} + \beta_2 RUS_{supply} + \beta_3 EU27_{consumption} + \beta_4 EU27_{Istocks} + \beta_5 OPEC_{overprod} \quad (5)$$

$$BRENT = \beta_0 + \beta_1 UKDEN_{supply} + \beta_2 RUS_{supply} + \beta_3 EU27_{consumption} + \beta_4 EU27_{Istocks} + \beta_5 EU27_{capacity} \quad (6)$$

$$BRENT = \beta_0 + \beta_1 UKDEN_{supply} + \beta_2 RUS_{supply} + \beta_3 EU27_{consumption} + \beta_4 EU27_{Istocks} \quad (7)$$

$$BRENT = \beta_0 + \beta_1 UKDEN_{supply} \quad (8)$$

4 Analýza modelov

Cieľom analýzy bolo vytvorenie lineárnych modelov, ktoré by sa vyznačovali jednoduchosťou, pričom hlavným zámerom bolo vysvetliť čo najvyššiu mieru variability ceny Brent za pomoci čo najmenšieho počtu nezávislých premenných. Všetky modely sme testovali na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

Regresné analýzy sme vykonali na časovom rade 1994 – 2011, pričom modely sú založené na ročných údajoch. Všetky modely vykazujú vysoké korelačné koeficienty ako aj korigované koeficienty determinácie. Na základe údajov v hornej časti tabuľky 4 môžeme konštatovať, že existuje vysoká miera závislosti medzi cenou Brent a vysvetľujúcimi premennými. Zároveň konštatujeme, že uvedené modely vysvetľujú do vysokej miery variabilitu vývoja ceny Brent. Na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ sme všetky modely vyhodnotili ako štatisticky významné (P-hodnota jednotlivých modelov uvádza významnosť modelov aj pri hladine významnosti $\alpha = 0,01$).

² V priemere o viac ako 10 mil. b/d.

Tabuľka 4: Korelačné charakteristiky a parametre modelov

Korelačné charakteristiky	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 3 - hrebeňová regresia
Korelačný koeficient	0,977	0,973	0,972	0,953	-
Koeficient determinácie	0,955	0,946	0,946	0,908	0,913
Korigovaný koeficient determinácie	0,936	0,923	0,929	0,903	0,887
Štandardná odchýlka	7,705	8,466	8,145	9,526	8,876
P-hodnota	0,000	0,000	0,000	0,000	-
Parametre modelov	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 3 - hrebeňová regresia
Úrovňová konštanta β_0	305,7414**	254,2100	211,7558*	165,7747**	192,2480
P-štatistika	0,0081	0,3328	0,0440	0,0000	-
Parameter β_1	-91,4101**	-90,1422**	-89,9618**	-48,3016**	-64,1392
P-štatistika	0,0001	0,0002	0,0001	0,0000	-
Parameter β_2	-11,2548	-12,4644*	-12,5318*	-	-4,4166
P-štatistika	0,0542	0,0438	0,0346	-	-
Parameter β_3	23,9954*	21,6167*	21,7512*	-	10,8115
P-štatistika	0,0126	0,0306	0,0232	-	-
Parameter β_4	-248,1552*	-182,7066	-192,9688*	-	-133,5060
P-štatistika	0,0177	0,1059	0,0406	-	-
Parameter β_5	-2,1587	-3,1944	-	-	-
P-štatistika	0,2181	0,8577	-	-	-

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Prameň: vlastné spracovanie.

Najvyššie korigované koeficienty determinácie môžeme pozorovať pri modeloch 1 – 3. Napriek tomu, že model 1 vykazuje vysoké hodnoty korelačných charakteristik a podľa P-hodnoty je významný na hladine významnosti $\alpha = 0,01$, z jeho jednotlivých parametrov sú štatisticky nevýznamné parametre β_2 (ťažba Ruska) a β_5 (nadprodukcia OPEC), čo hovorí o nevhodnosti použitia modelu na stanovenie vývoja ceny Brent. Ekonomická teória hovorí, že pri posune krivky ponuky doprava rovnovážna cena klesá a naopak, pri posune krivky ponuky doľava rovnovážna cena rastie. V prípade zvýšenia ťažby (parametre β_1 , β_2 , β_5) podľa modelu 1 dochádza k zmene ceny smerom nadol (negatívne hodnoty jednotlivých parametrov). Dôležitým parametrom je β_4 (priemyselné zásoby EÚ-27), ktorý môžeme považovať z hľadiska našich modelov za faktor ponuky, keď v prípade výpadku produkcie môžu rafinárske firmy využiť priemyselné zásoby. V tomto prípade má parameter negatívnu hodnotu, tzn. že pri raste stavu priemyselných zásob v členských štátoch EÚ-27 dochádza k poklesu ceny Brent. Na druhej strane, môže tento faktor vplývať na cenu ropy aj pozitívne ako uvádza Moberť (2007, s. 7), kedy pri dopĺňaní (raste stavu) zásob môže rásť celkový dopyt po rope, čím bude rásť aj cena ropy³. V modeli 1 je možné sledovať negatívnu závislosť medzi faktormi ponuky a cenou ropy, čo je v súlade s ekonomickou teóriou. Faktory dopytu majú na cenu opačný vplyv – pri

³ A naopak, ako predpokladáme v príspevku, pri uvoľňovaní zásob bude dochádzať k poklesu celkového dopytu po rope, čo spôsobí pokles ceny ropy.

raste dopytu (posune krivky dopytu doprava) dochádza k rastu rovnovážnej ceny. Tento efekt môžeme pozorovať pri parametri β_2 (spotreba v EÚ-27). Vzhľadom na kladnú hodnotu parametra môžeme konštatovať, že rast spotreby v členských krajinách EÚ má pozitívny vplyv na rast ceny Brent.

V prípade modelu 2 sme pracovali s 5 parametrami, pričom aj v tomto modeli sme identifikovali parametre, ktoré sú štatisticky nevýznamné (β_0 , β_4 , β_5), a preto konštatujeme nevhodnosť tohto modelu pre stanovenie vývoja ceny Brent. Okrem toho je problémom polarita parametra β_5 , keď pri raste kapacity rafinérií v členských štátoch EÚ-27 by malo, ceteris paribus, dochádzať k rastu ceny. Rast kapacít rafinérií by mal, podľa ekonomickej logiky, pôsobiť na rast ceny surovej ropy, keďže s rastom kapacity je možné dopyt po rope zvýšiť.

Z hľadiska P-štatistiky jednotlivých parametrov je najvhodnejší model 3, pri ktorom sú všetky parametre štatisticky významné (na hladine významnosti $\alpha = 0,05$), pričom parameter β_1 (ponuka Veľkej Británie a Dánska) je štatisticky veľmi významný (P-štatistika 0,0001). Okrem toho je v prípade tohto modelu v poriadku aj polarita všetkých parametrov (tzn. negatívne hodnoty pre faktory ponuky a pozitívne hodnoty pre faktor dopytu). Tento model je z hľadiska korelačných charakteristík (R^2 0,9456; P-hodnota $4,307 \times 10^{-08}$) a parametrov najvhodnejší na vysvetlenie čo najvyššej miery variability ceny Brent. Na základe výsledkov regresnej analýzy pre faktory vstupujúce do tohto modelu môžeme konštatovať, že tento model vysvetľuje takmer 95 % variability ceny Brent.

Posledný model je najjednoduchší z hľadiska vysvetľujúcich premenných, pričom skúmame závislosť ceny Brent od produkcie Veľkej Británie a Dánska. Napriek tomu, že v modeli 4 vystupuje len jedna vysvetľujúca premenná, vysvetľuje viac ako 90 % variability ceny Brent, z čoho vyplýva, že produkcia Veľkej Británie a Dánska je pri vývoji ceny Brent štatisticky veľmi významná, a preto sme sa rozhodli tento model zaradiť medzi tie modely, ktoré v čo najvyššej miere vysvetľujú cenu Brent.

Pri porovnaní všetkých modelov môžeme pozorovať u jedinej premennej veľmi významnú štatistickú závislosť ceny Brent od tejto premennej (ťažba Veľkej Británie a Dánska – UK+DEN_supply). Napriek tomu, že model 4 je najjednoduchší a vysvetľuje pomerne vysoko variabilitu ceny Brent, za vhodnejší model pokladáme model 3, kde ako vysvetľujúce premenné vystupujú faktory vplyvu dopytu aj ponuky, čo podľa nášho názoru zodpovedá reálnemu vývoju ceny Brent lepšie ako len faktor ponuky ťažba, napriek tomu, že je štatisticky veľmi významný. Na základe vykonaných regresných analýz sme dospeli k záveru, že faktory, ktoré najväčšmi ovplyvňujú cenu Brent, môžeme identifikovať na strane ponuky – ťažba vo Veľkej Británii, Dánsku a Rusku. Zaujímavý je fakt, že vplyv ťažby Nórska na cenu Brent nebol pri vykonaných analýzach štatisticky významný, napriek tomu, že množstvo ropy, ktorú produkovalo Nórsko v rokoch 1994 – 2011 bolo za uvedené obdobie vyššie v priemere o 383 tis. b/d (od roku 2000 bola nórska produkcia vyššia ako kombinovaná produkcia Veľkej Británie a Dánska).

Medzi najdôležitejšie faktory vplyvajúce na cenu Brent tak môžeme zaradiť predovšetkým faktory vystupujúce na strane ponuky – ťažbu Veľkej Británie, Dánska a Ruska. Nízka vzájomná závislosť sa prejavila pri faktore strany dopytu – spotreby ropy v členských štátoch EÚ-27 (korelácia medzi EÚ-27 a cenou Brent na úrovni -0,2393). Naša analýza potvrdila tézu (Baláž a Londarev, 2006), že práve faktory na strane ponuky ovplyvňujú a formujú cenu ropy v krátkodobom a strednodobom horizonte, čo dokumentujú korelačné koeficienty, kde môžeme pozorovať vysokú závislosť ceny Brent od ťažby vo Veľkej Británii, Dánsku a Rusku a na druhej strane nízky koeficient v prípade spotreby v EÚ-27.

Na základe vykonaných regresných analýz sme dospeli k nasledovným modelom vysvetľujúcim cenu Brent na základe zvolených nezávislých premenných:

Model 1:

$$BRENT = 305,741 - 91,4101 \times RUS_{supply} + 23,9954 \times EU27_{consumption} - 248,155 \times EU27_{Istocks} - 2,15869 \times OPEC_{overprod} \quad (9)$$

Model 2:

$$BRENT = 254,21 - 90,1422 \times UKDEN_{supply} - 12,4644 \times RUS_{supply} + 21,6167 \times EU27_{consumption} - 182,707 \times EU27_{Istocks} - 3,19438 \times EU27_{capacity} \quad (10)$$

Model 3:

$$BRENT = 211,756 - 89,9618 \times UKDEN_{supply} - 12,5318 \times RUS_{supply} + 21,7512 \times EU27_{consumption} - 192,969 \times EU27_{Istocks} \quad (11)$$

Model 4:

$$BRENT = 165,775 - 48,3016 \times UKDEN_{supply} \quad (12)$$

5 Limity modelov

Po identifikácii modelov, ktoré najlepšie vystihujú variabilitu ceny Brent, sme pristúpili k overovaniu splnenia základných požiadaviek klasického lineárneho regresného modelu. Výsledky testov sú uvedené v tabuľke 5.

Náhodné poruchy vo všetkých skúmaných modeloch majú normálne rozdelenie, pričom náhodná zložka má nulovú strednú hodnotu (resp. limitne blížiacu sa k nule)⁴. Existenciu heteroskedasticity sme skúmali pomocou Whiteovho testu, pričom na základe výsledkov pre všetky modely sme prijali nulovú hypotézu o existencii homoskedasticity. Pri testovaní autokorelácie rezíduí sme použili Breusch-Godfreyho LM test. Pre všetky modely sa potvrdila neexistencia autokorelácie náhodných porúch a prijali sme nulovú hypotézu. Na skúmanie výskytu multikolinearity sme použili postup Farrara-Glauberu. Pri meraní sme zistili výskyt multikolinearity vo všetkých modeloch 1-3, v modeli 4 sme, vzhľadom na jednu vysvetľujúcu premennú, multikolinearitu nemerali.

Tabuľka 5: Splnenie základných požiadaviek lineárneho modelu

Predpoklad	Test	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Nulová stredná hodnota náhodných porúch	Priemer rezíduí	áno	áno	áno	áno
Homoskedasticita	White	áno	áno	áno	áno
Neexistencia autokorelácie	Breusch-Godfrey	áno	áno	áno	áno
Neexistencia multikolinearity	Farrar-Glauber	nie	nie	nie	-
Splnené podmienky testov	-	nie	nie	nie	áno

Prameň: vlastné spracovanie.

Vzhľadom na výskyt multikolinearity vo všetkých modeloch, snažili sme sa ju odstrániť pomocou viacerých postupov. Na odstránenie multikolinearity sme využili model 3, ktorý mal ako jediný z modelov 1 – 3 štatisticky významné všetky parametre β ako aj ich správnu polaritu, keďže multikolinearitu môžeme považovať za únosnú v prípade, že platí:⁵

⁴ Najvyššiu hodnotu dosiahol model 3 na úrovni $-5,48697 \times 10^{-14}$.

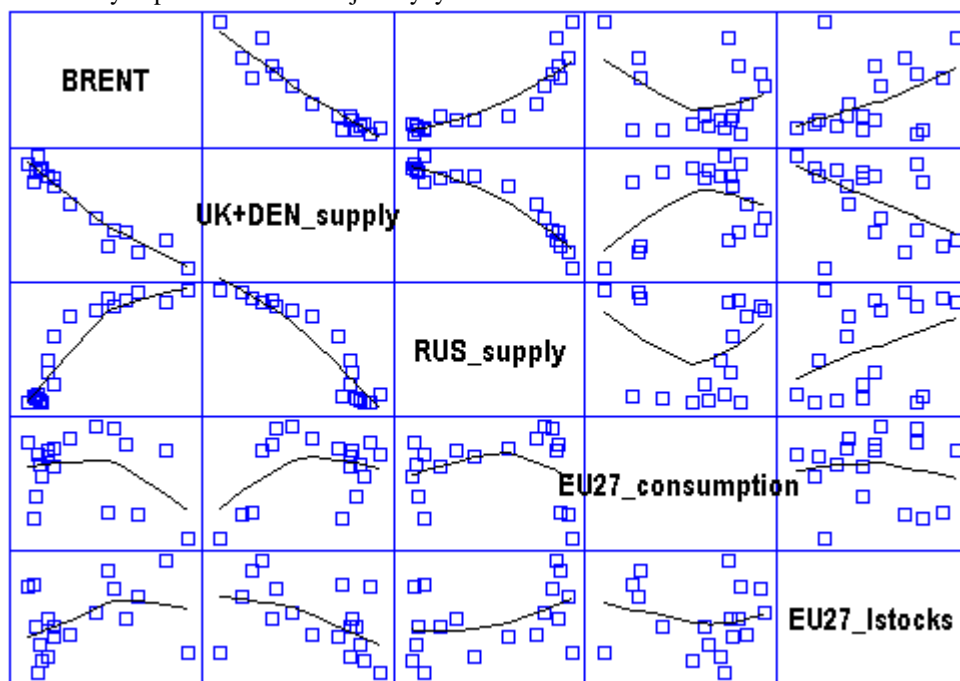
⁵ Spracované podľa: <http://nb.vse.cz/~zouharj/zek/multikolinearita.pdf>.

$$r_{X_1, X_2} < 0,9 \text{ resp. } r_{X_1, X_2}^2 < R^2 \quad (13)$$

kde r = párový korelačný koeficient, R^2 = koeficient determinácie, porovnali sme párové korelačné koeficienty s uvedenými hodnotami. Zistili sme, že párové korelačné koeficienty parametrov β_1 (UK+DEN_supply) a β_2 (RUS_supply) sú v prípade modelu 3 vyššie ako hodnota 0,9 a ich štvorce sú vyššie ako koeficient determinácie. Okrem toho bol variančný inflačný faktor (VIF) v oboch prípadoch vyšší ako 10, čo sme vyhodnotili ako silnú multikolinearitu.

Silnú závislosť medzi premennými BRENT, UK+DEN_supply a RUS_supply môžeme pozorovať aj v grafe 2. Ide predovšetkým o závislosť medzi cenou Brent a produkciou v uvedených krajinách, môžeme však pozorovať aj silnú nepriamo úmernú závislosť medzi produkciou Ruska a produkciou Veľkej Británie a Dánska.

Graf 2: Výstup z multifaktorovej analýzy



Prameň: vlastné spracovanie.

Na základe výsledku pomocných regresíí pri určení párových koeficientov sme sa rozhodli vylúčiť premenné z modelu 3. V prvom kroku sme vylúčili premennú UK+DEN_supply, u ktorej sme zistili najvyššiu hodnotu VIF (25,48). Následne sme uskutočnili novú regresnú analýzu, na základe ktorej sme sa rozhodli s novým modelom ďalej neuvvažovať. Napriek pomerne vysokému koeficientu determinácie (R^2 0,8220) a štatistickej významnosti modelu ako celku (P-hodnota $1,63758 \times 10^{-05}$), polarita parametrov v prípade ponuky (RUS_supply) a dopytu (EU27_consumption) bola presne opačná, čo by indikovalo, že pri raste ťažby dochádza k rastu ceny a pri raste spotreby v členských štátoch EÚ-27 k poklesu ceny, čo vylučuje ekonomická teória. V prípade vylúčenia oboch premenných nebol model ako celok štatisticky významný (P-hodnota 0,267238) a zároveň boli vyhodnotené ako štatisticky nevýznamné aj všetky parametre $\beta_0 - \beta_3$ (P-štatistika vyššia ako 0,05). Okrem toho koeficient determinácie nového modelu bol na úrovni 0,1613, to znamená, že vysvetľoval len 16,13 % variability ceny Brent.

V ďalšom kroku sme sa rozhodli obe premenné zlúčiť do novej spoločnej premennej (UKDENRUS_supply). Po vykonanej regresii sme sa rozhodli neuvažovať ani s týmto modelom napriek jeho štatistickej významnosti (P-hodnota 0,00015) a zvýšeniu koeficienta determinácie (R^2 0,7542). Viedla nás k tomu skutočnosť, že polarita parametrov β boli v tomto prípade opačné (podobne ako v predchádzajúcich dvoch modeloch). Ako štatisticky nevýznamné boli zároveň vyhodnotené parametre β_0 (úrovňová konštanta) a β_3 (priemyselné zásoby v EÚ-27).

Jednou z možností riešenia problému multikolinearity je aj získanie dodatočných dát, alebo rozšírenie výberu tých istých premenných, preto sme uvažovali aj s mesačnými a štvrťročnými dátami pre jednotlivé premenné. V tomto prípade sme však neboli schopní získať mesačné a štvrťročné údaje pre všetky premenné použité v pôvodných modeloch, a preto sme sa rozhodli s modelom zahŕňajúcim tieto údaje neuvažovať.

Tabuľka 6: Porovnanie VIF a parametrov β pre premenné modelu 3

VIF				
λ	UK+DEN_supply	RUS_supply	EU27_consumption	EU27_Istocks
0,000	25,4812	21,1373	3,03887	1,4332
0,005	16,6248	13,8602	2,29354	1,32951
0,010	11,7284	9,83584	1,8775	1,26576
0,013	9,77684	8,23134	1,7099	1,23751
0,015	8,73978	7,37852	1,62014	1,22138
0,020	6,78237	5,7683	1,44864	1,18761
Parametre β				
Λ	UK+DEN_supply	RUS_supply	EU27_consumption	EU27_Istocks
0,000	-89,9618	-12,5318	21,7512	-192,969
0,005	-76,9609	-8,43048	16,2337	-163,436
0,010	-68,1711	-5,67399	12,5135	-143,042
0,013	-64,1392	-4,41662	10,8115	-133,506
0,015	-61,8238	-3,69732	9,83579	-127,96
0,020	-57,0194	-2,21306	7,81652	-116,24

Prameň: vlastné spracovanie.

Jedným z postupov na odstránenie multikolinearity je použitie metódy skresleného odhadu parametrov – hrebeňovej regresie⁶, ktorú sme vykonali v štatistickom softvéri STATGRAPHICS⁷. Nevýhodou použitia tejto metódy je skutočnosť, že dochádza k skresleniu odhadovaných parametrov, na druhej strane však pomáha redukovať ich vzájomnú závislosť a umožňuje vytvoriť stabilnejší model, ktorý je vhodný na interpretáciu. V našom prípade sme sa rozhodli využiť hrebeňovú regresiu pre model 3, v ktorom boli silne vzájomne závislé premenné ponuky (UK+DEN_supply a RUS_supply). Ako maximálnu hodnotu VIF sme stanovili číslo 10 a pokúsili sme sa stanoviť čo možno najnižšiu hodnotu hrebeňového parametra λ , ktorý kontroluje veľkosť povoleného skreslenia pre odhad parametrov β .

⁶ Tiež Tichonovova regularizácia.

⁷ Štatistiky hrebeňovej regresie sú uvedené v poslednom stĺpci tabuľky 4 spolu so štatistikami modelov 1 – 4.

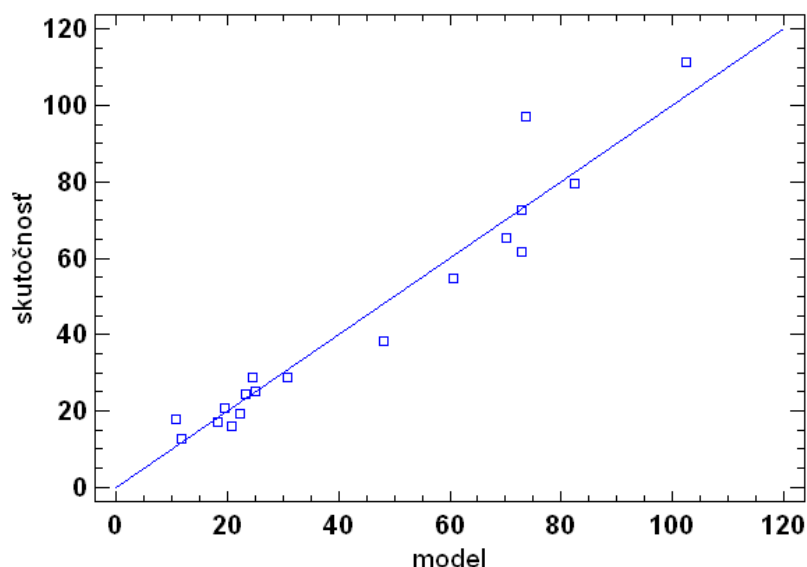
V prípade $\lambda = 0$ ide o neskraslený odhad korešpondujúci s použitím metódy najmenších štvorcov. S rastom parametra λ sa zvyšuje skreslenie, ale zároveň dochádza k zníženiu rozptylu parametrov β . Po vykonaní niekoľkých hrebeňových regresíí sme stanovili úroveň parametra λ na 0,013, pri ktorej VIF všetkých sledovaných vysvetľujúcich premenných nedosiahol hodnotu vyššiu ako 10. Prehľad VIF premenných z pôvodného modelu 3 a modelu 3 upraveného hrebeňovou regresiou uvádza tabuľka 6 (vyznačené tučným sú neskraslený odhad metódou najmenších štvorcov, tzn. pôvodný model 3, a vyhovujúci VIF pre všetky parametre premenných pri použití hrebeňovej regresie).

Na základe vykonanej hrebeňovej regresie uvádzame finálny model na určenie vplyvov na cenu Brent:

Model 3 – hrebeňová regresia:

$$BRENT = 192,248 - 64,1392 \times UKDEN_{supply} - 4,41662 \times RUS_{supply} + 10,8115 \times EU27_{consumption} - 133,506 \times EU27_{Istocks} \quad (14)$$

Graf 3: Predikované vs. skutočné hodnoty Brent



Prameň: vlastné spracovanie.

Problémom pri použití hrebeňovej regresie je skutočnosť, že nie je možné aplikovať štandardné testy významnosti, a preto nie je možné určiť štatistickú významnosť jednotlivých parametrov β . Na druhej strane je však predpoklad, že model vytvorený pomocou hrebeňovej regresie bude stabilnejší, ako model vytvorený na základe metódy najmenších štvorcov. Pri pohľade na graf 3 môžeme konštatovať, že na základe rozdelenia bodov okolo diagonály môžeme považovať náš model vytvorený pomocou hrebeňovej regresie za model, ktorý je schopný vysvetliť veľkú časť variability ceny Brent na základe nami použitých nezávislých premenných (R^2 0,9133).

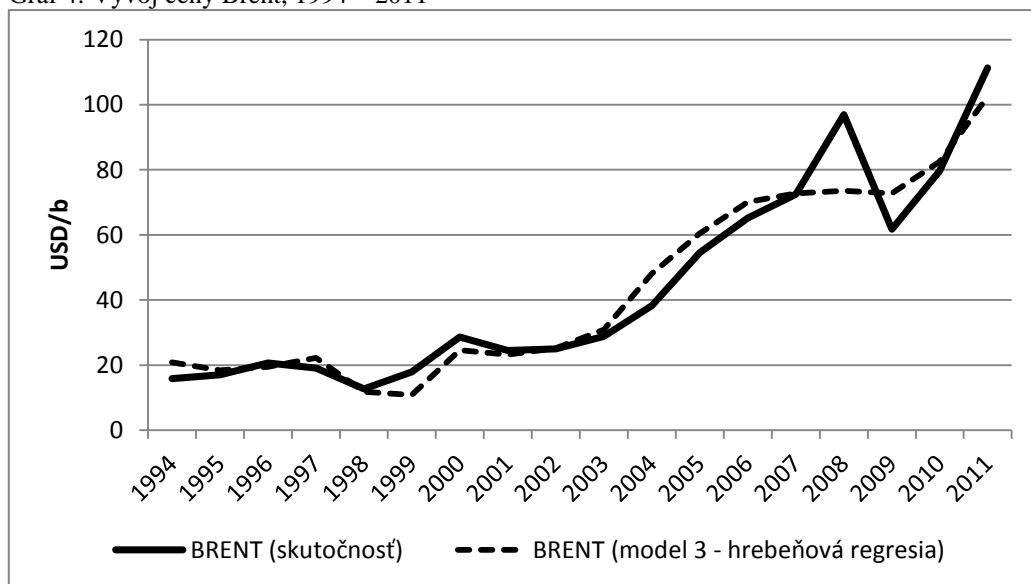
DISKUSIA A ZÁVER

Použitím údajov z rovnice (14) prezentujeme v grafe 4 vývoj skutočnej ceny Brent v sledovanom období a predikovanej ceny Brent na základe finálneho modelu (model 3 upravený hrebeňovou regresiou). Ako môžeme vidieť, upravený model 3 pomerne verne vystihuje kolísanie ceny Brent počas sledovaného obdobia s výnimkou rokov 2008 – 2009, keď

vplyvom globálnej krízy došlo k pomerne vysokým výkyvom v skutočnej cene, pričom v rámci jednoduchosti modelov sme neuvažovali s pôsobením vplyvov mimo fundamentálnych faktorov dopytu a ponuky. Po analýze dát pre jednotlivé nezávislé premenné v období 2008 – 2009 môžeme konštatovať, že napriek kríze nedošlo k výrazným zmenám oproti ostatným sledovaným obdobiam, a preto môžeme nesúlad medzi vývojom skutočnej ceny a modelovanej ceny v uvedených rokoch vysvetliť pôsobením iných faktorov (napr. globálnou ekonomickou krízou) mimo sledovaných faktorov dopytu a ponuky. Napriek tejto skutočnosti konštatujeme, že model 3 upravený hrebeňovou regresiou môžeme považovať za model, ktorý umožňuje dobre charakterizovať hlavné vplyvy na cenu Brent zo strany ponuky aj zo strany dopytu po ropy.

Cieľom príspevku bolo určiť fundamentálne faktory vplyvu na cenu ropy a vytvoriť model, ktorý bude schopný vysvetliť čo možno najviac variability v cene ropy. Vzhľadom na práce publikované v rámci danej problematiky sme sa sústredili pri vytvorení modelu na cenu Brent, keďže cena WTI je pomerne široko rozpracovaná v prácach iných autorov (Merino a Ortiz, 2005; Ye et al., 2002; Ye et al. 2005; Zamani, 2004). Na základe vykonaných regresných analýz sme identifikovali 4 hlavné vplyvy na cenu Brent tak na strane ponuky, ako aj na strane dopytu. Medzi hlavné faktory vplyvu na cenu Brent sme zaradili produkciu ropy vo Veľkej Británii, Dánsku a Rusku a spotrebu ropy a stav priemyselných zásob v členských štátoch EÚ-27. Výrazná korelácia medzi cenou Brent a ponukovými faktormi (produkcia ropy) potvrdzuje silný vplyv faktorov ponuky na cenu Brent ako predpokladajú Baláz a Londarev (2006).

Graf 4: Vývoj ceny Brent, 1994 – 2011



Prameň: vlastné spracovanie.

Vzhľadom na skutočnosť, že našim cieľom bolo určiť hlavné vplyvy pôsobiace na strane dopytu a ponuky (resp. fundamentov trhu), vylúčili sme z analýzy ďalšie vplyvy, ktoré pôsobia na cenu ropy. Ide predovšetkým o 1. Vplyv prírodných katastrof, 2. Využívanie finančných nástrojov a obchodovania s ropou prostredníctvom futures kontraktov (keď nedochádza k fyzickej dodávke ropy) a 3. Geopolitickú situáciu v regiónoch sveta (predovšetkým v oblastiach oplývajúcich významnými zásobami ropy).

Jedným z problémov pri vytváraní modelov bola existencia multikolinearity zapríčinená práve faktormi ponuky (produkcia ropy), ktorú sme pri vytváraní finálneho modelu eliminovali pomocou hrebeňovej regresie, čím vznikol finálny model, ktorý, aj na základe uvádzaných limitov, verne charakterizuje faktory vplyvu na cenu Brent.

Záverom predpokladáme, že príspevok vyvolá ďalšiu potrebnú diskusiu a výskum v oblasti analýzy vplyvu faktorov dopytu a ponuky na cenu ropy a bude prínosom pre možné budúce analýzy v tejto oblasti, predovšetkým v prácach domácich autorov. Medzi návrhy na budúce modelovanie vplyvov na cenu ropy môžeme jednoznačne zaradiť faktory vplyvu, od ktorých sme v príspevku, kvôli zachovaniu jednoduchosti modelov, abstrahovali. Do pozornosti dávame predovšetkým možnosť zaradenia dummy premenných pre geopolitické vplyvy a vplyv globálnej ekonomickej krízy, ktoré môžu vplývať na jednotlivé faktory určujúce cenu ropy ako aj na samotnú cenu ropy.

POUŽITÁ LITERATÚRA:

1. BALÁŽ, P. 2001. *Ropa a svetové hospodárstvo v období globalizácie*. Bratislava: Sprint vfra, 2001. ISBN 80-88848-85-7.
2. BALÁŽ, P. 2007. *Energia a jej vplyv na hospodársky rast vo svetovej ekonomike*. Bratislava: Sprint vfra, 2007. ISBN 978-80-89085-87-3.
3. BALÁŽ, P. – LONDAREV, A. 2006. Ropa a jej postavenie v globalizácii svetového hospodárstva. *Politická ekonomie*. 2006, No. 4, pp. 508-528.
4. DÉES, S. et al. 2007. Modelling the world oil market: Assessment of a quarterly econometric model. *Energy Policy*. 2007, No. 35, pp. 178-191.
5. EIA. *International Energy Statistics*. Dostupné on-line na: <http://www.eia.gov/countries/data.cfm>.
6. FAMA, E. F. 1965. The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*. 1965, Vol. 38, No. 1, pp. 34-105.
7. FREYOVÁ, G. et al. 2009. Econometric models for oil price forecasting: A critical survey. *CESifo Forum*. 2009, Vol. 10, No. 1, pp 29-44.
8. GRANČAY, M. Postavenie krajiny v medzinárodnom obchode a volatilita teritoriálnej štruktúry exportu. *Medzinárodné vzťahy*. 2012, roč. 10, č. 1, s. 23-35.
9. GRANČAY, M. – SZIKOROVÁ, N. Teórie analyzujúce priame investície pochádzajúce z rozvojových krajín. *Medzinárodné vzťahy*. 2011, roč. 9, č. 2, s. 44-55.
10. GREŠŠ, M. Ropa a jej budúcnosť. *Medzinárodné vzťahy*. 2008, roč. 6, č. 1, s. 101-111.
11. MERINO, A.; ORTIZ, Á. 2005. Explaining the so-called “price premium” in oil markets. *OPEC Review*. 2005, Vol. 29, No. 2, pp. 133-152.
12. MÖBERT, J. 2007. Crude oil price determinants. *Darmstadt Discussion Papers in Economics*. 2007, No. 186.
13. OPEC. 2011. Annual Statistical Bulletin 2011. Dostupné on-line na: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB2010_2011.pdf.
14. YE, M. et al. 2002. Forecasting crude oil spot price using OECD petroleum inventory levels. *International Advances in Economic Research*. 2002, Vol. 8, No. 4, pp. 324-333.
15. YE, M. et al. 2005. A monthly crude oil spot price forecasting model using relative inventories. *International Journal of Forecasting*. 2005, Vol. 21, No. 3, pp. 491-501.
16. ZAMANI, M. 2004. An econometrics forecasting model of short term oil spot price. Príspevok prezentovaný na 6th IAEE European Conference, Zürich, 2004.
17. ZOUHAR, J. Základy ekonometrie: multikolinearita. Dostupné on-line na: <http://nb.vse.cz/~zouharj/zek/multikolinearita.pdf>.

KONTAKT

doc. Ing. Martin Grešš, PhD.

Katedra medzinárodných ekonomických vzťahov a hospodárskej diplomacie

Fakulta medzinárodných vzťahov

Ekonomická univerzita v Bratislave

Dolnozemska cesta 1/B

85235 Bratislava

E-mail: martin.gress@euba.sk