

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE**  
**FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY**



**Cenová asymetria na maloobchodnom trhu s  
pohonnými hmotami na Slovensku**

**BAKALÁRSKA PRÁCA**

**2013**

**Matúš Metes**

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

**Cenová asymetria na maloobchodnom trhu s  
pohonnými hmotami na Slovensku**

**BAKALÁRSKA PRÁCA**

Študijný program: Ekonomická a finančná matematika  
Študijný odbor: 1114 Aplikovaná matematika  
Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky  
Vedúci práce: Mgr. Norbert Švarda



Univerzita Komenského v Bratislave  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

---

## ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

**Meno a priezvisko študenta:** Matúš Metes  
**Študijný program:** ekonomická a finančná matematika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)  
**Študijný odbor:** 9.1.9. aplikovaná matematika  
**Typ záverečnej práce:** bakalárska  
**Jazyk záverečnej práce:** slovenský

**Názov:** Cenová asymetria na maloobchodnom trhu s pohonnými hmotami na Slovensku

**Cieľ:** Cieľom práce je naštudovanie a prehľadné spracovanie základných ekonometrických modelov (napr. partial adjustment model, autoregressive - distributed lag model) schopných zachytiť cenové asymetrie. Následne ich použitie v praxi, kde sa dokáže alebo vyvráti predpoklad o cenovej asymetrii na trhu s benzínom a naftou na Slovensku.

**Vedúci:** Mgr. Norbert Švarda  
**Katedra:** FMFI.KAMŠ - Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky  
**Vedúci katedry:** prof. RNDr. Daniel Ševčovič, CSc.  
**Dátum zadania:** 10.10.2012

**Dátum schválenia:** 03.11.2012  
doc. RNDr. Margaréta Halická, CSc.  
garant študijného programu

---

študent

---

vedúci práce

### **Pod'akovanie :**

Touto cestou sa chcem pod'akovať svojmu vedúcemu bakalárskej práce Mgr. Norbertovi Švardovi za ochotu, pomoc, odborné rady a podnetné pripomienky, ktoré mi pomohli pri písaní tejto práce. Ďakujem aj svojej rodine za ich trpezlivosť a podporu. Zvlášť chcem pod'akovať mojej priateľke Linde, ktorá mi pomáhala s prácou po gramatickej a štylistickej stránke.

### **Abstrakt v štátnom jazyku**

METES, Matúš: Cenová asymetria na maloobchodnom trhu s pohonnými hmotami na Slovensku [bakalárska práca], Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky; školiteľ: Mgr. Norbert Švarda, Bratislava, 2013, 45 s.

V našej práci sa zaoberáme problematikou cenovej asymetrie pohonných hmôt na Slovensku. Analyzujeme cenovú transmisiu od prvotnej fázy, ktorú charakterizuje cena ropy, cez veľkoobchodné ceny benzínu a nafty až po konečnú predajnú cenu na čerpacích staniciach. Snažíme sa zistiť či reakcia konečnej ceny na nárast ceny vstupných nákladov ma rovnaký efekt ako pri poklese ceny vstupov. Pomocou dvoch základných ekonometrických modelov ARDL a PAM modelu, sa snažíme zistiť, či existuje fenomén cenovej asymetrie aj na slovenskom trhu s pohonnými hmotami. Uvedené modely sme modifikovali takým spôsobom, aby boli schopné zachytiť prípadnú asymetrickú cenovú reakciu. Získané výsledky naznačujú možnú existenciu rýchlejšieho rastu výstupov pri raste vstupov oproti poklesu. Teda keď cena vstupov vzrástla, tento rozdiel zaznamenal väčší vplyv na konečnú cenu oproti prípadu keď cena vstupov klesala. Treba však dodať, že nami použité jednoduché modely neukázali dostatočne presvedčivé výsledky a daná problematika by si vyžadovala ďalšie skúmanie pomocou pokročilejších ekonometrických metód.

**Kľúčové slová:** cenová asymetria, partial adjustment model, ARDL model

## **Abstract**

METES, Matúš: Cenová asymetria na maloobchodnom trhu s pohonnými hmotami na Slovensku [bachelor thesis], Comenius University in Bratislava, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Department of Applied Mathematics and Statistics; Supervisor: Mgr. Norbert Švarda, Bratislava, 2013, 45 p.

In our work we deal with the problem of fuel price asymmetry in Slovakia. We analyze price transmission from the production phase characterized by crude oil prices, through wholesale prices of petrol and diesel to final retail price on pump stations. We endeavour to determine if the reaction of the final price to the increase in entry costs has the same effect as the inputs' decrease. By means of two elementary econometric models – ARDL and PAM model, we try to detect if the phenomenon of price asymmetry exists in Slovak fuel market. We modified the aforementioned models in such way, so that they could discover potential asymmetric price reaction. The results indicates possible existence of faster increase in outputs when inputs rise as in the case of inputs decrease. Therefore if the price of inputs rose, this change imposed bigger change of the final price than the situation in which the price of inputs decreased. We find it necessary to mention, that the basic models we used did not impose convincing results and this problem requires further research with advanced econometric methods.

**Keywords:** price asymmetry, partial adjustment model, ARDL model

# Obsah

<b>Obsah .....</b>	<b>6</b>
<b>Zoznam ilustrácií .....</b>	<b>7</b>
<b>Zoznam tabuliek .....</b>	<b>8</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Popis trhu.....</b>	<b>11</b>
1.1 Spracovanie ropy a vývoj jej ceny.....	11
1.2 Spracovanie konečných cien pohonných hmôt .....	13
1.3 Cenová asymetria .....	15
1.3.1 Časová asymetria .....	16
1.3.2 Veľkostná asymetria .....	17
1.3.3 Kombinovaná asymetria .....	17
1.4 Prehľad spracovanej literatúry.....	19
<b>2 Ekonometrické modely na popis asymetrie .....</b>	<b>21</b>
2.1 ARDL model .....	21
2.1.1 DL model .....	21
2.1.2 AR model.....	22
2.1.3 Príčiny oneskorení .....	23
2.1.4 Použitie ARDL modelu.....	24
2.2 PAM model .....	25
<b>3 Použité dáta.....</b>	<b>28</b>
3.1 ARDL modely v leveloch.....	29
3.1.1 ARDL model, veľkoobchodná-maloobchodná cena benzínu.....	29
3.1.2 ARDL model, veľkoobchodná-maloobchodná cena nafty .....	31
3.1.3 ARDL model, veľkoobchodná-maloobchodná cena benzínu s kurzom .....	32
3.1.4 ARDL model, veľkoobchodná-maloobchodná cena nafty s kurzom.....	34
3.2 Stacionárnosť modelov a modely v diferenciách .....	35
3.2.1 ARDL model, VO-MO cena benzínu v diferenciách .....	37
3.2.2 ARDL model, VO-MO cena nafty v diferenciách.....	39
3.3 PAM .....	40
3.3.1 PAM model, veľkoobchodná-maloobchodná cena benzínu .....	40
3.3.2 PAM model, veľkoobchodná-maloobchodná cena nafty.....	42
<b>Záver .....</b>	<b>44</b>
<b>Zoznam použitej literatúry .....</b>	<b>45</b>

---

## Zoznam ilustrácií

Obr. 1 - Vývoj cien ropy na burze v New Yorku a Londýne .....	11
Obr. 2 - Vývoj cien ropy Brent vzhľadom na kurz \$/€.....	12
Obr. 3 - Vývoj veľkoobchodných cien benzínu a nafty v Rotterdame .....	13
Obr. 4 - Vývoj konečných cien pohonných hmôt bez daní .....	15
Obr. 5 - Časová asymetria.....	16
Obr. 6 - Veľkostná asymetria.....	17
Obr. 7 - Kombinovaná asymetria.....	18
Obr. 8 - Porovnanie veľkoobchodnej a maloobchodnej ceny benzínu .....	18
Obr. 9 - Porovnanie veľkoobchodnej ceny benzínu a ceny Brent ropy .....	19
Obr. 10 - Vývoj skutočnej a požadovanej hodnoty v PAM modeli.....	26



---

## Zoznam tabuliek

Tab. 1 - Obchodné názvy jednotlivých pohonných hmôt.....	14
Tab. 2 - ARDL, VO-MO benzín, odhadnutá regresia .....	30
Tab. 3 - ARDL, VO-MO benzín, testovanie rovnosti koeficientov .....	30
Tab. 4 - ARDL, VO-MO nafta, odhadnutá regresia .....	31
Tab. 5 - ARDL, VO-MO nafta, testovanie rovnosti koeficientov .....	32
Tab. 6 - ARDL, VO-MO benzín v \$, odhadnutá regresia .....	33
Tab. 7 - ARDL, VO-MO benzín v \$, testovanie č.1 na rovnosť koeficientov .....	33
Tab. 8 - ARDL, VO-MO benzín v \$, testovanie č.2 na rovnosť koeficientov .....	34
Tab. 9 - ARDL, VO-MO nafty v \$, odhadnutá regresia.....	34
Tab. 10 - ARDL, VO-MO nafta v \$, testovanie rovnosti koeficientov .....	35
Tab. 11 - Stacionárnosť premenných v leveloch, Dickey-Fuller test .....	36
Tab. 12 - Stacionárnosť premenných v diferenciách, Dickey-Fuller test .....	36
Tab. 13 - ARDL, VO-MO benzín v diferenciách .....	38
Tab. 14 - ARDL, VO-MO nafta v diferenciách.....	39
Tab. 15 - PAM, VO-MO benzín, odhadnutá regresia.....	41
Tab. 16 - PAM, VO-MO benzín, testovanie rovnosti koeficientov.....	41
Tab. 17 - PAM, VO-MO nafta, odhadnutá regresia .....	42
Tab. 18 -PAM , VO-MO nafta, testovanie rovnosti koeficientov .....	43

---

## Úvod

Vodiči motorových vozidiel na celom svete sú veľmi citliví, koľko zaplatia za pohonné hmoty spotrebované ich autami či kamiónmi, preto sledujú každým dňom vývoj cien pohonných hmôt. Tento problém sa však netýka iba vodičov. V dnešnej dobe je transport produktov na dlhšie či kratšie vzdialenosti úplne bežnou záležitosťou a preto náklady na dopravu, ktoré zahŕňajú aj cenu pohonných hmôt, výrazne ovplyvňujú ceny väčšiny bežných tovarov. Priamo či nepriamo teda takmer všetci obyvatelia sú citliví na ceny pohonných hmôt. Faktom však je, že dopyt po pohonných hmotách je veľmi nepružný. Ich spotreba sa výrazne nemení ani po signifikantnejšom zvýšení cien pohonných hmôt, keďže ľudia stále potrebujú cestovať za prácou, do školy či tovary treba doručiť v každom prípade. Samozrejme znižovanie cien vnímajú koneční spotrebiteľia pozitívne a zdražovanie negatívne. Často však prevláda aj pri znižovaní cien negatívna nálada, keďže spotrebiteľia majú pocit, že predajcovia nezohľadňujú rovnako zmenu nákladov v konečných cenách. Je to však pravda?

Cieľom tejto práce je analyzovať vplyv pozitívnej a negatívnej zmeny cien nákladov na konečné ceny pohonných hmôt na Slovensku. Budeme sa snažiť zistiť, aký veľký vplyv má cena ropy resp. cena pohonných hmôt na burze v Rotterdame na konečné ceny benzínu a nafty, a či existuje tzv. cenová asymetria na Slovensku. Túto teóriu skúmal už v roku 1990 R. Bacon [1] vo Veľkej Británii. Označil ju ako teória rakiet a peria. Cenová asymetria znamená nesúmernú reakciu konečnej ceny pri kladnom a zápornom prírastku cien vstupných faktorov. Ak cena ropy rastie, koneční predajcovia taktiež zvyšujú svoje ceny z dôvodu pokrytia nákladov a udržania si primeraného zisku. Teda konečné ceny „vyletia smerom hore ako raketa“. V prípade, že cena ropy klesá, predajcovia sa naďalej snažia maximalizovať svoj zisk, a tak ceny nemenia a čakajú. V tomto prípade konečné ceny „padajú smerom dole ako perie“. Z dlhodobého hľadiska však cena klesne a ustáli sa na hladine, kde majú predajcovia primeraný zisk.

V jednotlivých kapitolách tejto práce vysvetlíme princíp cenovej asymetrie a následne ju odhadneme pomocou dvoch základných ekonometrických modelov. Prvým modelom je „ARDL“ model, ktorý upravíme do podoby, aby sme vedeli analyzovať rozdiel medzi vplyvom pozitívneho a negatívneho prírastku vstupných faktorov na zmenu konečných cien. Druhý popísaný model v tejto práci je „PAM“, ktorý skúma

---

rýchlosť konverencie konečnej ceny do rovnovážnej hodnoty ceny. Pomocou uvedených modelov sa pokúsime zodpovedať otázku, či existuje asymetria na slovenskom trhu s pohonnými hmotami.

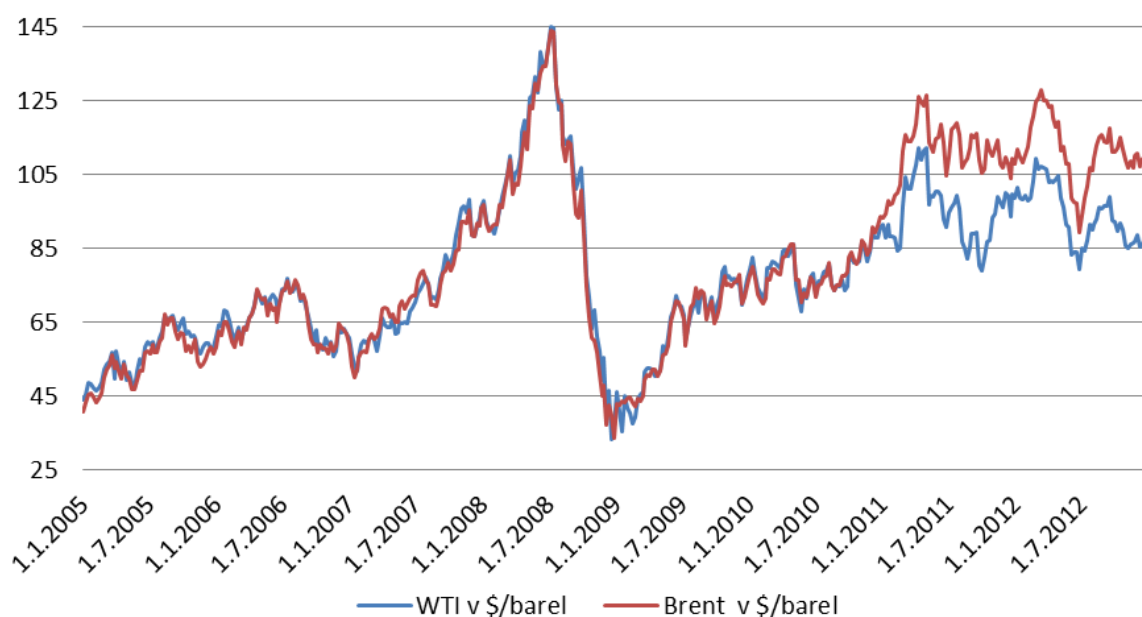
---

# 1 Popis trhu

V tejto časti práce bližšie popíšeme trh s pohonnými hmotami na Slovensku. Zameriame sa na to, ako vzniká cena, čo všetko ju ovplyvňuje, ako aj na rôznorodosť konečných produktov pohonných hmôt. Pozrieme sa na vývoj ceny ropy, ako aj na vývoj veľkoobchodných cien benzínu a nafty na medzinárodných burzách, a napokon aj na priebeh konečných predajných cien.

## 1.1 Spracovanie ropy a vývoj jej ceny

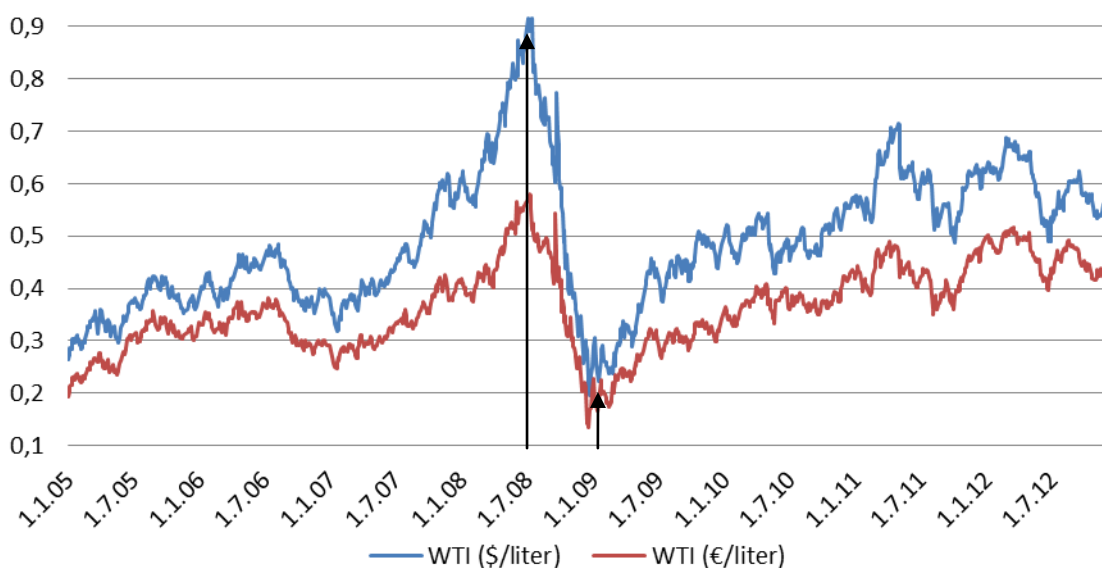
Cena pohonných hmôt na Slovensku je určovaná v dvoch fázach, a to vo veľkoobchodnej a v maloobchodnej fáze. Je zrejmé, že maloobchodnú cenu ovplyvňuje najmä veľkoobchodná cena. Veľkoobchodná cena je zas ovplyvňovaná najmä cenou ropy. Ropa je po ťažbe obchodovaná ako komodita na burze v Londýne a v New Yorku. Na komoditnom trhu sa cena určuje každý deň počas pracovného týždňa v dolároch za barel. Ropa obchodovaná na burze v New Yorku sa označuje ako WTI (West Texas Intermediate). Brent je označenie pre ropu, ktorá je obchodovaná na burze v Londýne a obsahuje ropu z nálezísk v Severnom mori. Tieto dve burzy udávajú ceny ropy prevažne v rovnakých hodnotách, avšak môžu sa líšiť. Sledované obdobie sme si zvolili od začiatku roku 2005 po koniec roku 2012. Obdobie siedmich rokov nám ukazuje, ako sa



Obr. 1 - Vývoj cien ropy na burze v New Yorku a Londýne

vyvíjali jednotlivé ceny pred krízou, počas nej, ale aj pár rokov po jej ústupe. Pre porovnanie na Obr. 1 sa nachádza vývoj cien ropy na oboch burzách.

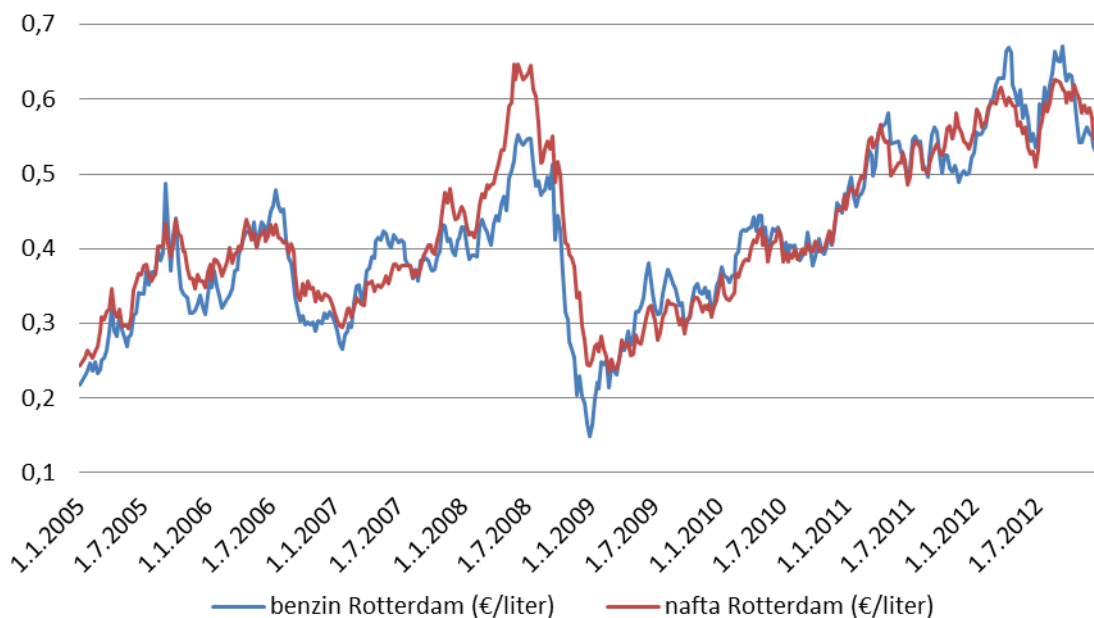
Kým do roku 2011 boli ceny takmer identické, ostatné dva roky cena z newyorskej burzy bola mierne nižšia ako cena v Londýne. Pre naše výpočty budeme používať cenu ropy Brent, pretože práve cena tejto ropy najviac ovplyvňuje európsky trh s pohonnými hmotami. Ceny pohonných hmôt na Slovensku sú určované v eurách, ropa sa obchoduje v dolároch, preto sme do našich dát zahrnuli aj výmenný kurz dolár/euro, pomocou ktorého sme ceny prerátali na eurá. Pre porovnanie uvádzame Obr. 2, na ktorom je viditeľný rozdiel ceny v dolároch a v eurách. Ako možno z grafu vidieť ceny sa nevyvíjajú rovnako kvôli výmennému kurzu. Táto skutočnosť môže ovplyvniť výsledky našej práce, teda či existuje asymetria. Kým v období júla 2008 sa cena v dolároch výrazne líšila oproti cene v eurách, v januári nasledujúceho roka 2009 boli ceny takmer identické. Spôsobil to fakt, že dolár posilnil a táto skutočnosť ovplyvňuje ďalšie fázy vývoja konečných cien pohonných hmôt.



Obr. 2 - Vývoj cien ropy Brent vzhľadom na kurz \$/€

Po zobchodovaní na komoditných trhoch prichádza na rad spracovanie ropy. V rafinériách sa táto horľavá kvapalina spracúva destilovaním, vďaka čomu sa rozdelí na viaceré produkty, ktoré sa ďalej upravujú na konečný produkt. Pre rafinériu je špecifické, že musí vyrábať každý produkt v určitom pomere. Aj keď existuje istá voľnosť vo výrobe, nemôže sa stať, že rafinéria úplne prestane vyrábať napríklad naftu a začne produkovať len benzín. Produkty rafinérie sa obchodujú prevažne na burze v

Rotterdame, kde sa určuje osobitne cena benzínu a nafty. Táto takzvaná veľkoobchodná cena je zobrazená na Obr. 3 počas siedmich rokov. Zaujímavý je fakt, že cena nafty na burze v Rotterdame je často krát nad úrovňou ceny benzínu, no konečná cena benzínu s daňou v Slovenskej republike bola za posledných sedem rokov vždy vyššia ako konečná cena nafty s daňou.



Obr. 3 - Vývoj veľkoobchodných cien benzínu a nafty v Rotterdame

Rafinérie predávajú ďalej pohonné hmoty rôznym zákazníkom ako napr. priemyselným podnikom, poľnohospodárskym družstvám a čerpacím staniciam. Nás bude zaujímať samotný predaj čerpacím staniciam, a práve tu sa budeme snažiť zistiť symetrickosť, prípadne asymetrickosť cien.

## 1.2 Spracovanie konečných cien pohonných hmôt

Čerpacie stanice po uvážení vstupných nákladov, ktoré zahŕňajú najmä kúpu suroviny od rafinérie, ďalej transport do jednotlivých prevádzok, réžiu čerpaciej stanice a prirátanú maržu, určia predajnú cenu. Za konečné ceny pohonných hmôt považujeme na Slovensku tie, za ktoré môže bežný občan nakupovať na čerpacích staniciah. Každá z čerpacích staníc ponúka svojim zákazníkom bohatý sortiment pohonných hmôt vo viacerých variantoch. Pokiaľ sa jedná o benzín, hlavnou zložkou pre odlišenie kvality a

---

k tomu sa odvíjajúcej ceny je hodnota oktánového čísla. Toto číslo nám udáva odolnosť motoru proti detonačnému spaľovaniu. Teda čím je hodnota oktánu vyššia, tým je možné použiť benzín pre motory s vyššou účinnosťou, čiže aj výkonom. Samotné číslo závisí od zložiek paliva. Na Slovensku sa predávajú najmä nasledovné varianty benzínu, ktorý sa používa do spaľovacích motorov:

<b>hodnota oktánového čísla</b>	<b>obchodný názov</b>
91	Normál, Špeciál
95	Super
95	Natural 95, Natural 95 Plus
98	Natural 98
100	Evo, V-POWER Racing

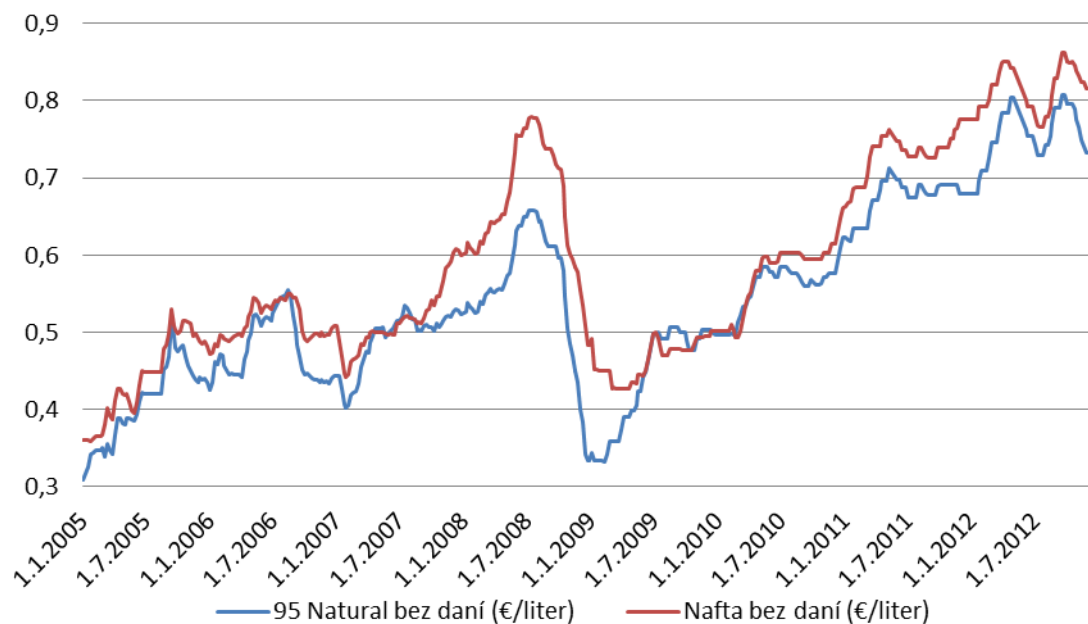
**Tab. 1 - Obchodné názvy jednotlivých pohonných hmôt**

Okrem benzínov je možné na čerpacích staniaciach zakúpiť aj motorovú naftu, ktorá sa na rozdiel od benzínu používa do vznetrových motorov. Okrem týchto dvoch produktov sa predáva aj LPG či CNG plyn. Pre našu analýzu sme zvolili dva najpredávanejšie produkty pohonných hmôt na čerpacích staniaciach na Slovensku:

- Benzín Natural 95
- Nafta motorová

Konečné ceny sú zaťažené spotrebnou daňou ako aj DPH. Táto veľmi významná časť konečnej ceny sa v súčte pohybuje okolo 50% z celkovej ceny, avšak nie je stabilná. V našom sledovanom období 7 rokov kolísala od úrovne 42,37% až po 59,42% pri nafta a od 49,69% do 66,18% pri benzíne z celkovej ceny pohonnej hmoty.

V rokoch 2009 celková daň, ktorou sú zaťažené benzín aj nafta, výrazne stúpila. Tento fakt ovplyvnil aj konečnú cenu, avšak túto zložku ceny predajcovia nevedia ovplyvniť. Preto budeme pracovať s "čistými" cenami, teda s cenami bez daní. Ako možno vidieť aj na Obr.4, maloobchodná cena benzínu a nafty bez daní zaznamenáva rovnaký trend, avšak cena nafty sa drží na vyššej úrovni ako cena benzínu.



Obr. 4 - Vývoj konečných cien pohonných hmôt bez daní

### 1.3 Cenová asymetria

Cenová asymetria predstavuje cenový fenomén, ktorý skúmame pri cenách vstupných surovín a cenách výstupných produktov. Ide o jav, kde pri pozitívnych zmenách vstupného materiálu zaznamenávame rozdielnu zmenu konečnej ceny produktu ako pri negatívnych zmenách vstupov. Nárast konečnej ceny je spravidla rýchlejší pri zvýšení ceny vstupov, ako pokles konečnej ceny pri ich znížení. Tento úkaz sa často označuje ako efekt rakiet a peria. Je to dôsledok toho, že predajcovia stanovujú ceny racionálne v zmysle maximalizácie svojho zisku. Ako náhle im začnú stúpať vstupné náklady, konečná cena rastie, aby nestrácali stanovené marže, respektíve aby pokryli svoje náklady. Naopak ak je miera konkurencie nižšia, tak pri poklese vstupných nákladov, konečná cena nereaguje tak svižne. Samotní predajcovia sa snažia maximalizovať svoj zisk. To sa im pri nízkej konkurencii darí dlhodobejšie. Ak je na trhu nízka konkurencia, môžu si dovoliť cenu neznižovať. Časom sa trh dostane naspäť do rovnováhy. Z tohto môžeme predpokladať, že čím je konkurencia nižšia, tým vzniká väčšia asymetria. Firmy, ktoré maximalizujú zisk na konkurenčných trhoch, prispôbujú svoje ceny novým nákladovým podmienkam. V prípade, že by sa pri poklese ceny vstupov firma rozhodla neznižovať ceny produktov, zákazníci by nakupovali



u iného predajcu. Teda firma by stratila všetkých zákazníkov, a teda aj všetky príjmy, až by podnik zanikol. Dôvodom je práve dokonalá konkurencia, ktorá predpokladá najmä úplnú informovanosť a racionálnosť zákazníkov.

Pri asymetriách treba skúmať či sa jedná o asymetriu v čase alebo vo veľkosti, prípadne ich kombináciu.

### 1.3.1 Časová asymetria

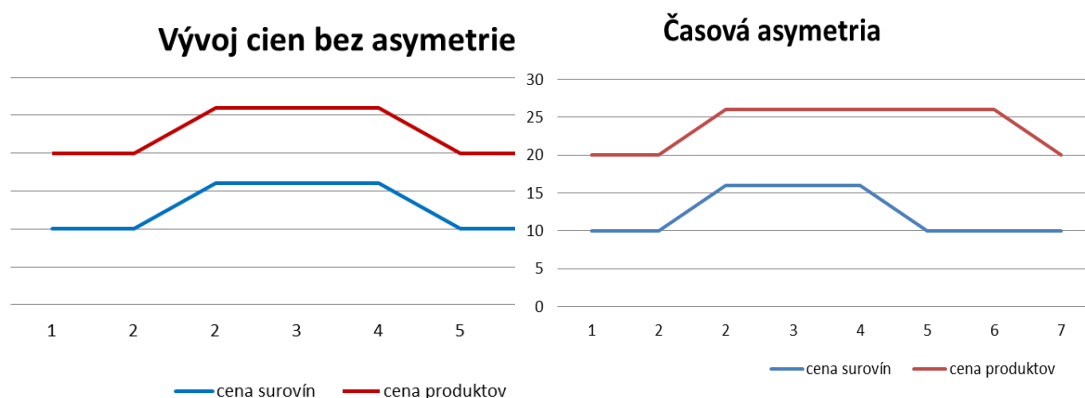
Ak ceny vstupných surovín stúpnu o danú hodnotu  $\alpha_0$ , ceny výstupných produktov okamžite vzrastú o inú hodnotu  $\beta_0$ . Pri poklese vstupov o  $\alpha_0$ , výstupy okamžite zareagujú poklesom o  $\beta_1$ , následne  $\beta_2$ , a tak ďalej, kde

$$\beta_0 > \sum_{i=1}^{s-1} \beta_i.$$

Až po uplynutí  $s$  periód, poklesne cena o úroveň  $\beta_0$ , teda

$$\beta_0 = \sum_{i=1}^s \beta_i$$

Tento jav sa nazýva časová asymetria. Graficky je táto situácia zobrazená na Obr. 5.



Obr. 5 - Časová asymetria

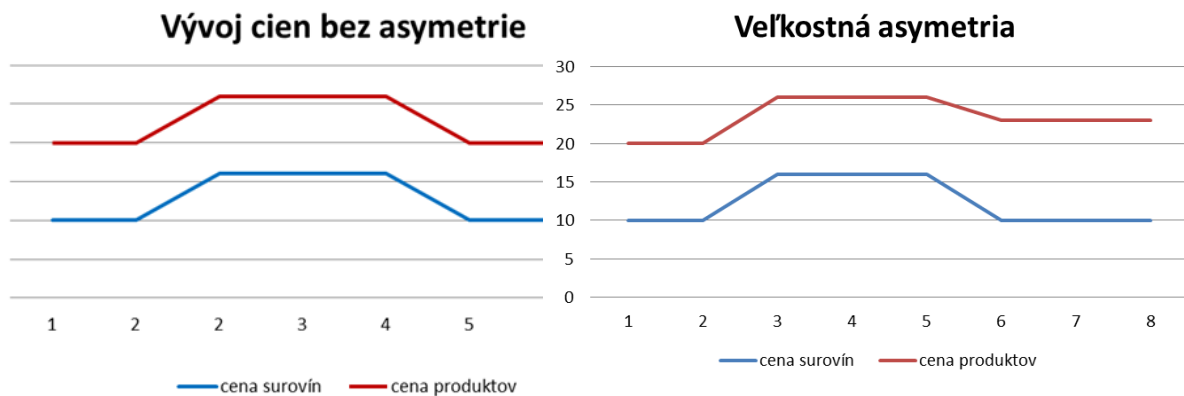
---

### 1.3.2 Veľkostná asymetria

Podobne ako pri časovej asymetrii, jedná sa o rozdielnu reakciu pri náraste a poklese cien vstupov. Ak ceny vstupných surovín stúpnu o danú hodnotu  $\alpha_0$ , ceny výstupných produktov reagujú okamžite a vzrastú o inú hodnotu  $\beta_0$ . Pri poklese vstupov o  $\alpha_0$ , výstupy zareagujú bez oneskorenia, a to poklesom o  $\beta_1$ , kde

$$\beta_0 > \beta_1$$

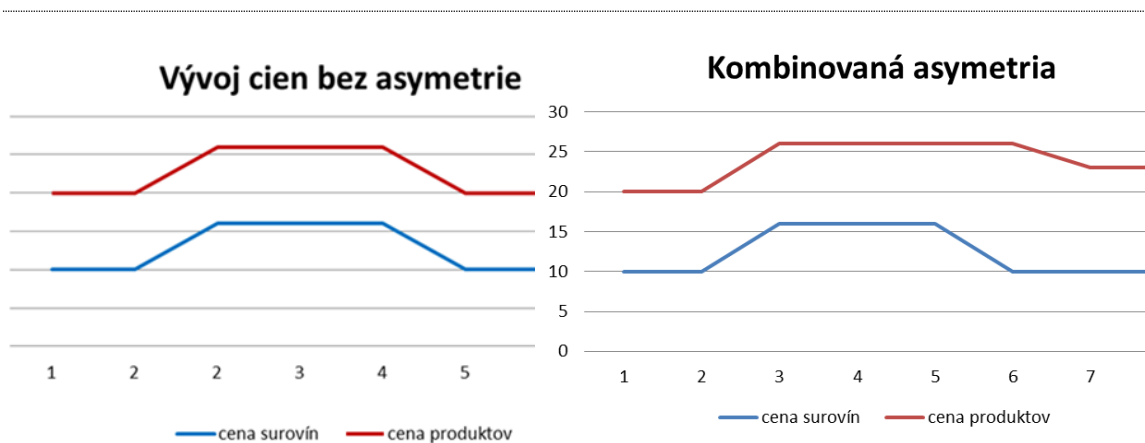
Tento pokles sa s časom nemení, a ostáva na tejto úrovni. Pre priblíženie tejto situácie, veľkostná asymetria je zobrazená na Obr. 6.



Obr. 6 - Veľkostná asymetria

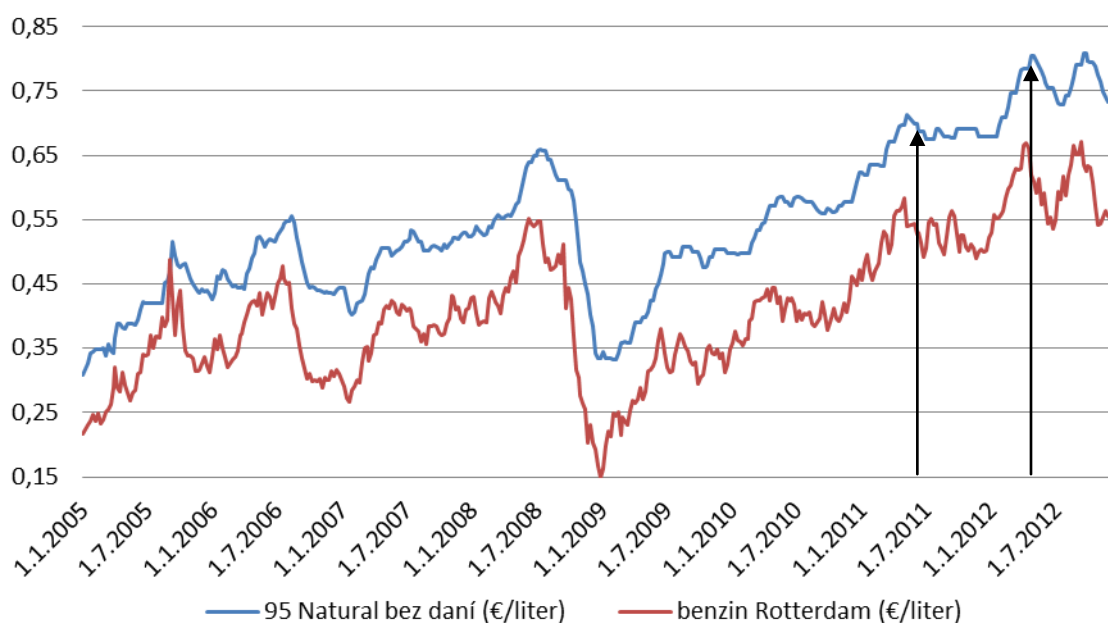
### 1.3.3 Kombinovaná asymetria

Ako je už z názvu zrejmé, budeme sa zaoberať javom, ktorý má charakter časovej aj veľkostnej asymetrie. Reakcia výstupov bude pri poklese cien vstupov reagovať s oneskoreniami a nedosiahne takú veľkú hodnotu zmeny ako pri náraste cien vstupov. Situácia je zobrazená na Obr. 7.



Obr. 7 - Kombinovaná asymetria

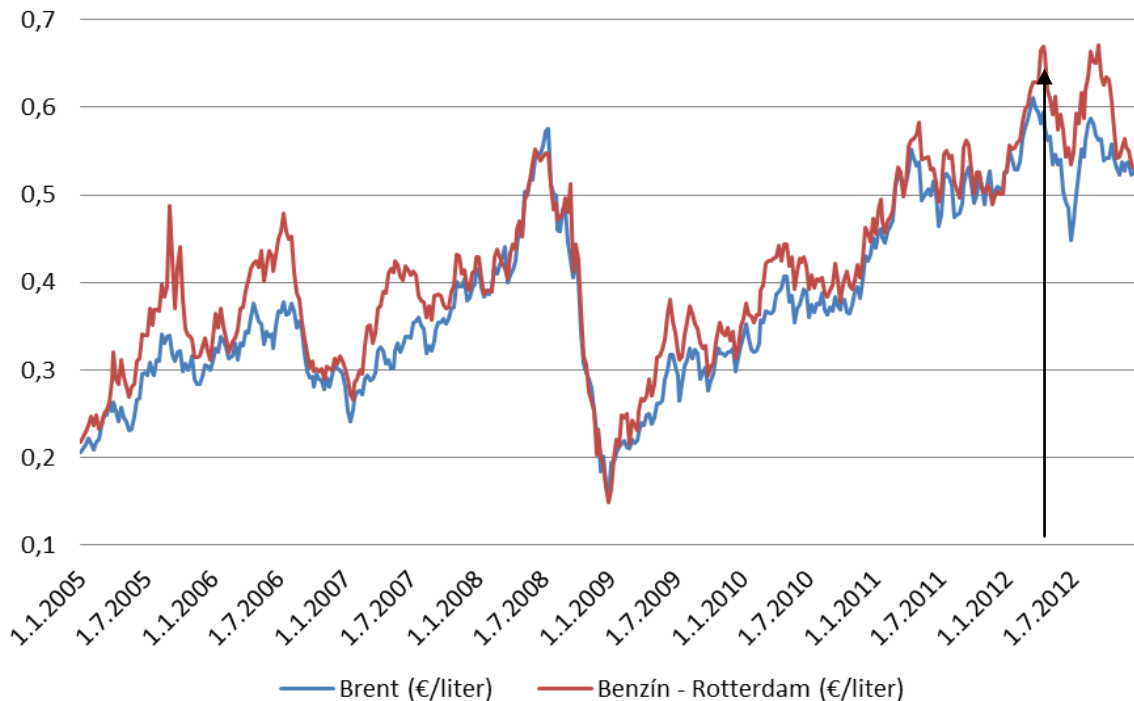
V našej analýze predpokladáme najmä výskyt kombinovanej asymetrie, prípadne sa snažíme zistiť či aspoň jedna z častí asymetrie existuje na trhu s pohonnými hmotami na Slovensku. Vývoj cien veľkoobchodnej a maloobchodnej ceny benzínu na slovenskom trhu s pohonnými hmotami je zobrazený na Obr. 8.



Obr. 8 - Porovnanie veľkoobchodnej a maloobchodnej ceny benzínu

Ako je možné vidieť z Obr. 8, konečná maloobchodná cena sa odvíja od veľkoobchodnej ceny z Rotterdamu, avšak je možné všimnúť si náznaky asymetrie. V druhej polovici roku 2011 je možné vidieť veľkostnú asymetriu. Kým veľkoobchodná cena stále klesala, maloobchodná cena klesla veľmi málo a ostala konštantná. Taktiež v prvých šiestich mesiacoch roku 2012 možno predpokladať, že vznikla časová, či dokonca kombinovaná asymetria. Analyzovať budeme aj prvú fázu vzniku cien

pohonných hmôt. Ako je vidieť na Obr.9, počas doby 7 rokov veľkoobchodná cena len veľmi málo prevyšovala cenu Brent ropy. Vidieť však, že tak ako aj vo vývoji cien od veľkoobchodnej po maloobchodnú, aj v tomto ukazovateli predpokladáme asymetriu v prvých 6 mesiacoch roku 2012.



Obr. 9 - Porovnanie veľkoobchodnej ceny benzínu a ceny Brent ropy

## 1.4 Prehľad spracovanej literatúry

Už od roku 1990, keď Bacon [1] ako prvý popísal vývoj cien efektom rakiet a peria, sa vykonáva výskum v mnohých krajinách. Od tohto obdobia sa vedci snažia zistiť, či existuje asymetrická cenová transmisia medzi cenou vstupov a cenou výstupov, v našom prípade ceny ropy a konečných cien pohonných hmôt. Samotná cenová asymetria sa najčastejšie spája s cenou ropy a pohonných hmôt z dôvodu, že spotreba produktov z ropy je rozšírená po celom svete.

Už spomínaný Bacon vo svojom výskume sledoval trh s pohonnými hmotami v druhej fáze spracovania ropy. Skúmal ceny benzínu medzi veľkoobchodníkmi, teda cenu z burzy v Rotterdame, a konečnú maloobchodnú cenu. Pri sledovanom období od roku 1982 až po rok 1989, použitím dvojtýždňových dát potvrdil hypotézu, že existuje

---

asymetria. Teda zaznamenal rýchlejšiu rast konečnej ceny benzínu, ak cena v Rotterdame stúpala, oproti rýchlosti zmeny, ak benzín na burze v Rotterdame klesal. Použil partial adjustment model, o ktorom si povieme viac v ďalších kapitolách našej práce.

V ďalších rokoch sa po celom svete popisovala asymetria a skúmala jej existencia. Traja talianski výskumníci Galeotti, Lanza a Manera [3] v roku 2002 skúmali ceny pohonných hmôt v piatich európskych štátoch. Pozorovali Nemecko, Francúzsko, Veľkú Britániu, Taliansko a Španielsko. Sledovali vývoj ropy, veľkoobchodnej ako aj maloobchodnej ceny na mesačných dátach v období 1985-2000. Na rozdiel od Bacona, použili error correction model (ECM). Pri všetkých pozorovaných štátoch potvrdili dlhodobú asymetriu, a taktiež si všimli asymetriu, ktorá vznikla následkom výmenného kurzu dolár/euro, keďže cena ropy a takisto veľkoobchodná cena benzínu sa určuje v dolároch.

Taliansky výskumník Manera v roku 2005 spolu s Freyom publikovali článok [6], kde skúmali cenovú asymetriu vo všeobecnosti. Zistili fakt, že cenová asymetria sa vyskytuje nielen na trhu s pohonnými hmotami, ale aj v poľnohospodárskom priemysle.

Rodrigues [10] vo svojej práci spracoval 15 európskych štátov, kde sledoval taktiež oba kanály vývoja konečnej ceny pohonných hmôt. Teda zmenou cien od Brent ropy k rafinériám, a druhý kanál sledujúci vývoj cien od rafinérií po konečné ceny benzínov a nafty bez daní. Sledoval týždenné dáta po dobu štyroch rokov 2004-2008 a použitím viacerých ekonometrických modelov zistil významnú existenciu asymetrie cien nafty, avšak nepotvrdil asymetriu cien benzínu.

Clerides [2] v roku 2010 spracoval dáta pre všetkých 25 členských štátov Európskej únie. Použitím ECM modelu sledoval obdobie desať rokov (2000-2010) s týždennými dátami. Ako jeden z mála skúmal cenovú asymetriu cien pohonných hmôt aj na Slovensku. Cenovú asymetriu na slovenskom trhu však nepotvrdil.

Na Slovensku Pätoprstý [8] v roku 2005 spracoval taktiež analýzu cenovej asymetrie. Používal ECM model a sledoval obdobie štyroch rokov (2000-2004) s použitím dát na dennej báze. Jeho štúdia potvrdila fakt, že na Slovensku existuje asymetria cien odvíjajúcich sa od ceny ropy, ale aj premietanie sa kurzových rozdielov do konečnej ceny. Keďže tento výskum bol spracovaný len do roku 2004, cieľom našej práce bude skúmať, či tento fakt pretrváva aj po tomto období. Preto nami zvolené obdobie začína rokom 2005 a dáta siahajú až do konca roka 2012.

---

## 2 Ekonometrické modely na popis asymetrie

V tejto časti práce sa bližšie pozrieme na dva ekonometrické modely, ktoré použijeme v našej analýze. Nami zvolené modely sú ARDL model a PAM model. Tieto sa budeme snažiť v ďalších kapitolách prispôbiť pre účely našej práce, a pomocou nich zistiť prípadne vyvrátiť teóriu o existencii asymetrie cien pohonných hmôt na slovenskom trhu.

### 2.1 ARDL model

Model vo všeobecnosti popisuje vysvetľovanú premennú  $y_t$ , ktorá závisí od vysvetľujúcej premennej  $x_t$ , od neskorších hodnôt  $x_t$  a vlastných oneskorení. Pomenovanie ARDL model je spojením dvoch častí, a to AR a DL časť. AR pochádza z anglického slova **autoregressive** (AR model), a vyjadruje, že v modeli sa nachádza autoregresná zložka. Druhá časť názvu DL je skratkou **distributed-lag** (DL model), ktorá vysvetľuje, že v modeli sa vyskytuje oneskorenie vysvetľujúcej premennej  $x_t$ . Oba tieto modely sú spracovaním literatúry od Gujaratiho [5].

#### 2.1.1 DL model

V prípade, že v modeli je závislá premenná  $y_t$  vysvetľovaná nielen prislúchajúcou nezávislou premennou  $x_t$ , ale aj jej oneskorenými hodnotami, nazýva sa DL model. Základný typ takéhoto modelu s jedným oneskorením vyzerá nasledovne:

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (2.1)$$

kde  $\varepsilon_t$  je náhodná zložka (odchýlka),  $\alpha, \beta_0, \beta_1$  sú koeficienty regresie. Vysvetľovaná premenná  $y_t$  môže reagovať na viaceré predchádzajúce vysvetľujúce hodnoty, preto všeobecný tvar modelu je nasledovný:

---


$$y_t = \alpha + \sum_{i=0}^s \beta_i x_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (2.2)$$

kde  $\beta_i$  sú jednotlivé koeficienty regresie,  $s$  je stupeň modelu,  $s < t$ . Koeficient  $\beta_0$  prislúchajúci k nezávislej premennej  $x_t$  označujeme ako okamžitý vplyv, pretože udáva priemernú zmenu  $y_t$  pri jednotkovej zmene  $x_t$  v jednej perióde. Následne  $\beta_0 + \beta_1$  udáva priemernú zmenu  $y_t$  v budúcom období,  $\beta_0 + \beta_1 + \beta_2$  v nasledujúcom období, a tak to pokračuje ďalej. Tieto čiastkové súčty sa nazývajú dočasné alebo aj multiplikátory. Nakoniec po  $s$  periódach môžeme vypočítať:

$$\beta = \sum_{i=0}^s \beta_i. \quad (2.3)$$

Práve tento parameter  $\beta$  je známy ako celkový, dlhodobý multiplikátor. Normovaním získame z (2.3) štandardizované  $\beta_i^*$ :

$$\beta_i^* = \frac{\beta_i}{\sum_{i=0}^s \beta_i} = \frac{\beta_i}{\beta}. \quad (2.4)$$

### 2.1.2 AR model

Autoregresný model sa vyznačuje tým, že obsahuje jednu alebo viac oneskorených hodnôt vysvetľovanej premennej  $y_t$ . Označuje sa za dynamický model, z dôvodu závislosti  $y_t$  od predchádzajúcich hodnôt  $y_i$ , kde  $i = \{1, \dots, n - 1\}$ . Podobne ako pri DL modeli, AR model s jednou autoregresnou časťou vyzerá nasledovne:

$$y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (2.5)$$

Tak ako pri predchádzajúcom prípade, oneskorených autoregresných hodnôt môže byť viacero. Všeobecne sa dá rovnica (2.5) rozvinúť na autoregresný model  $p$ -teho rádu:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \gamma_i y_{t-i} + \varepsilon_t. \quad (2.6)$$

---

### 2.1.3 Príčiny oneskorení

Oneskorenia zohrávajú v ekonomike významnú úlohu. Sú zodpovedné okrem iného aj za to, že napr. príjmová a cenová elasticita (v absolútnej hodnote) zvyknú byť v krátkodobom horizonte menšie ako zodpovedajúce elasticity v dlhodobom horizonte. Obdobne, krátkodobý hraničný sklon k spotrebe je všeobecne nižší ako ten dlhodobý.

Na vysvetlenie toho, prečo vôbec vznikajú oneskorenia, ktoré sa následne aplikujú v regresných modeloch, existujú podľa Gujarati [5] tri hlavné, rovnako dôležité príčiny - sú to psychologické, technické a byrokratické dôvody.

**Psychologické dôvody** - Ako sa vraví, zvyk je železná košeľa, a to platí aj o spotrebe. Je známe, že napr. výhercom rôznych lotérií alebo súťaží nejaký čas trvá, kým sa zbaví starého spôsobu života a navyknú si na nadobudnuté bohatstvo, prestanú chodiť do práce, kúpia si nové autá a domy. Je to preto, že v dôsledku návyku žiť na istej finančnej úrovni, ľudia nemenia svoju spotrebu okamžite po tom, ako klesnú ceny alebo hneď, ako sa im zvýši príjem. Veľakrát je dôvodom práve to, že spotrebiteľ nevie, či je takáto zmena dočasná alebo trvalá. Pokiaľ očakávame, že krátkodobé zvýšenie môjho príjmu sa po čase vráti do normálu, je logické, že si časť odložím na neskôr. Samozrejme, existujú aj výnimky, ktoré dočasne zvýšia svoju spotrebu a peniaze si "užijú".

**Technické dôvody** - Predpokladajme, že cena kapitálu vzhľadom k cene práce poklesne a že náhrada práce kapitálom je ekonomicky uskutočniteľná. Firmy (podobne ako spotrebiteľia v predchádzajúcom prípade) netušia, či je táto zmena trvalá alebo dočasná. Niekedy je za to zodpovedná aj nedokonalá informácia jednej alebo druhej strany. Vedenie spoločností sa nebude náhlieť do zvyšovania kapitálu, pokiaľ očakávajú, že jeho cena sa v dohľadnom čase zvýši, napr. aj nad pôvodnú úroveň. Je však pravda, že aj samotné navýšenie kapitálu nejakú dobu trvá. Je to podobné ako s kúpou auta. Potenciálni majitelia vozidiel chodia, porovnávajú, potrebujú mať prehľad o celej ponuke na trhu - o vlastnostiach jednotlivých áut, ale aj o cenách. Častým dôsledkom je, že nakoniec nič nekúpia, lebo čakajú na nové technické vymoženosti, nové modely alebo na pokles cien.

**Byrokratické a inštitucionálne dôvody** - Aj tieto dôvody prispievajú k oneskoreniam. Oneskorenia tohto typu vyplývajú predovšetkým z nevýhodných zmluvných podmienok - napr. sankcie pri zmene dodávateľa, pokuty pri vypovedaní poisťky alebo pri ukončení



termínovaného vkladu pred dohodnutým termínom (aj keď sú v danom okamihu na trhu už omnoho výhodnejšie možnosti).

#### 2.1.4 Použitie ARDL modelu

V prípade, že  $x_t$  je jediným vysvetľujúcim údajom ovplyvňujúcim  $y_t$ , základný typ modelu ARDL vyzerá nasledovne:

$$y_t = \alpha + \sum_{h=1}^p \theta_h y_{t-h} + \sum_{i=0}^s \beta_i x_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (2.7)$$

Koeficienty  $\alpha, \beta_i$  a  $\theta_h$  sú koeficienty regresie,  $\varepsilon_t$  je náhodná zložka (odchýlka). Našou úlohou bude skúmať asymetriu, preto vyššie uvedený ARDL model upravíme tak, aby sme vedeli zachytiť rozdielny vplyv rastu a poklesu vysvetľujúcej premennej. Preto  $x_t$  rozdelíme na dve premenné:

$$x_t^+ \begin{cases} x_t; & \text{pre } x_t - x_{t-1} > 0 \\ 0; & \text{pre } x_t - x_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

Znamená to, že ak vysvetľujúca premenná  $x_t$  zaznamenala nárast oproti predošlému obdobiu, rovná sa danej premennej, inak je rovná nule. Obdobne definujeme:

$$x_t^- \begin{cases} 0; & \text{pre } x_t - x_{t-1} > 0 \\ x_t; & \text{pre } x_t - x_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (2.9)$$

Upravený model bude vyzerat' nasledovne:

$$y_t = \alpha + \sum_{h=1}^r \theta_h y_{t-h} + \sum_{i=0}^s \beta_i^+ x_{t-i}^+ + \sum_{i=0}^s \beta_i^- x_{t-i}^- + \varepsilon_t. \quad (2.10)$$

Našou úlohou bude skúmať hypotézu  $H_0: \beta_i^+ = \beta_i^-$  pre všetky  $i = \{0, \dots, s\}$ . Ak nulovú hypotézu  $H_0$  zamietneme, tak existuje asymetria popísaná týmto modelom.

---

## 2.2 PAM model

Iný model na popis závislej premennej  $y_t$  pomocou nezávislej premennej  $x_t$  navrhol Marc Nerlove [5]. Vymyslel model, ktorý nesie názov **stock adjustment model** alebo inak povedané **partial adjustment model** (odtiaľ pomenovanie PAM). Predpokladá existenciu optimálnej, alebo požadovanej úrovne závislej premennej  $y_t$ . Túto úroveň nazvime ekvilibriom závislej premennej, a označme si ju ako  $y_t^*$ .

Pre jednoduchosť uveďme príklad, kde požadovaná závislá premenná  $y_t^*$  je lineárnou funkciou nezávislej premennej  $x_t$ :

$$y_t^* = \alpha + \beta_0 x_t + \varepsilon_t, \quad (2.11)$$

kde  $\varepsilon_t$  je náhodná zložka (odchýlka),  $\alpha$ ,  $\beta_0$  sú koeficienty regresie. Keďže cieľová hodnota závislej premennej  $y_t^*$  sa častokrát líši od skutočnej hodnoty  $y_t$ , Nerlove [5] zaviedol **partial adjustment** hypotézu:

$$y_t - y_{t-1} = \delta(y_t^* - y_{t-1}) \quad (2.12)$$

kde  $\delta$  je prírastkový koeficient, a platí  $0 \leq \delta \leq 1$ , a kde  $(y_t - y_{t-1})$  je okamžitá zmena a  $(y_t^* - y_{t-1})$  je očakávaná zmena. Vplyv okamžitých zmien medzi dvoma nasledujúcimi obdobiami závislých premenných  $y_t$  a  $y_{t-1}$  je ovplyvnený veľkosťou  $\delta$ . Pokiaľ  $\delta = 1$ , značí to, že model je nastavený presne podľa očakávaní. Teda okamžitý prírastok je zhodný s očakávaným prírastkom v tom istom období. Naproti tomu, ak  $\delta = 0$ , zaznamenávame nulovú okamžitú zmenu v závislých premenných, a to aj v prípade, že očakávania boli iné. Prírastkový koeficient  $\delta$  zväčša leží medzi týmito dvoma extrémnymi hodnotami, teda  $0 < \delta < 1$ . Rovnicu môžeme upraviť nasledovne:

$$y_t = \delta y_t^* + (1 - \delta)y_{t-1}. \quad (2.13)$$

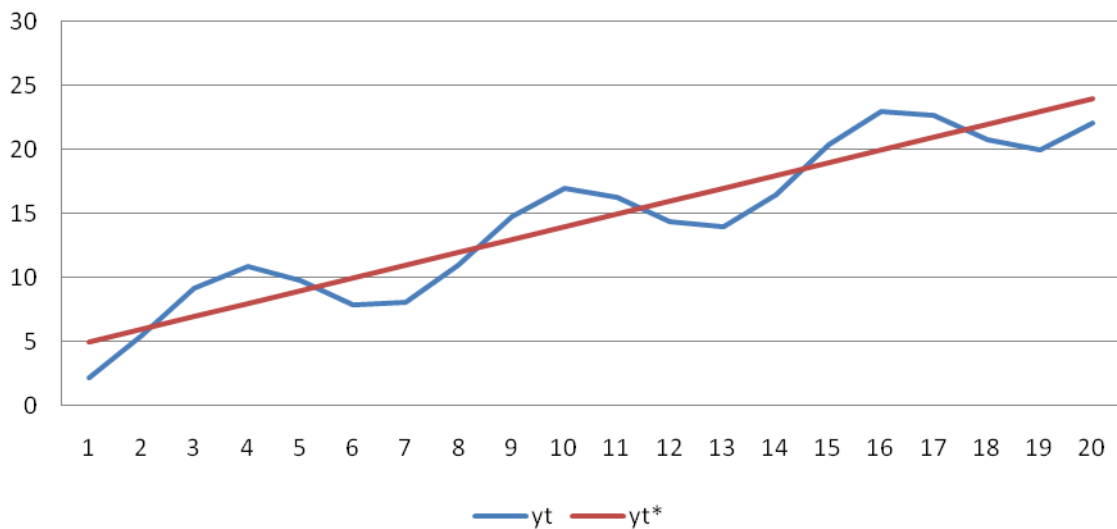
Ak za  $y_t^*$  dosadíme lineárnu funkciu (2.11), dostaneme PAM model:

$$y_t = \delta\alpha + \delta\beta_0 x_t + (1 - \delta)y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.14)$$

PAM model môžeme z výrazu (2.13) zovšeobecniť na iný tvar závislosti medzi požadovanou výstupnou hodnotou  $y_t^*$  a skutočnou hodnotou závislej premennej  $y_t$  :

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \delta(y_t^* - y_{t-1}) + \varepsilon_t. \quad (2.15)$$

Geometricky si tento model zobrazíme na nasledujúcom príklade na Obr.10. Skutočné hodnoty závislej premennej  $y_t$  oscilujú okolo požadovanej úrovne ekvilibrria  $y_t^*$ . Cieľom našej práce je skúmať cenovú asymetriu cien závislej premennej  $y_t$ .



Obr. 10 - Vývoj skutočnej a požadovanej hodnoty v PAM modeli

Našou úlohou bude sledovať rozdielnú rýchlosť rastu závislej premennej ako jej poklesu. Preto rozdelíme premenné z výrazu (2.15) nasledovne:

$$(y_t^* - y_{t-1})^+ \begin{cases} y_t^* - y_{t-1} & ; \text{pre } y_t^* - y_{t-1} > 0 \\ 0 & ; \text{pre } y_t^* - y_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (2.16)$$

Ak očakávaná výstupná hodnota  $y_t^*$  je vyššia ako bola skutočná výstupná hodnota v predchádzajúcom období, teda  $y_{t-1}$ . Obdobne označme:

$$(y_t^* - y_{t-1})^- \begin{cases} 0 & ; \text{pre } y_t^* - y_{t-1} > 0 \\ y_t^* - y_{t-1} & ; \text{pre } y_t^* - y_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (2.17)$$

Po zohľadnení tohto rozdelenia premennej  $(y_t^* - y_{t-1})$ , dostaneme upravený PAM model:

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \delta^+(y_t^* - y_{t-1})^+ + \delta^-(y_t^* - y_{t-1})^- + \varepsilon_t. \quad (2.18)$$

---

Označme očakávanú zmenu ( $y_t^* - y_{t-1}$ ) premennou  $\omega_t$ . Po dosadení tejto premennej do rovnice (2.18) dostávame:

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \delta^+ \omega_t^+ + \delta^- \omega_t^- + \varepsilon_t. \quad (2.19)$$

Ako pri ARDL modeli, aj pri PAM bude našim cieľom skúmať reakciu pri pozitívnom aj pri negatívnom prírastku premennej  $\omega_t$ . Preto budeme skúmať hypotézu  $H_0: \delta^+ = \delta^-$  oproti alternatíve  $H_1: \delta^+ \neq \delta^-$ . Ak danú hypotézu  $H_0$  zamietneme, tak nami popísaný model značí existenciu asymetrie na slovenskom trhu s pohonnými hmotami.

---

### 3 Použité dáta

Na našu analýzu sme si zvolili obdobie od roku 2005 až 2012. Všetky dáta nám poskytol portál [www.natankuj.sk](http://www.natankuj.sk). Keďže cena ropy na burzách je udávaná v bareloch, prvým krokom bol prevod cien z dolárov na barel na cenu v dolároch za liter použitím vzťahu 1barel = 158,987 litrov.

Cena ropy na burzách ako aj veľkoobchodná cena benzínu a nafty je určovaná v dolároch. Tieto ceny sme previedli z dolárov podľa denného výmenného kurzu zo stránky Národnej Banky Slovenska na ceny v eurách. Konečné ceny pohonných hmôt sme očistili od daní. V našej databáze sme použili týždenné dáta, ktoré sme vyrátali ako priemer denných dát.

- rb<sub>t</sub>** cena ropy z Londýnskej burzy, označovaná Brent, v eur/liter
- bv<sub>t</sub>** cena benzínu z burzy v Rotterdame, označovaná aj ako veľkoobchodná cena benzínu, v eur/liter
- nv<sub>t</sub>** cena nafty z burzy v Rotterdame, označovaná aj ako veľkoobchodná cena nafty, v eur/liter
- b<sub>t</sub>** cena benzínu Natural 95 očistenú od všetkých daní, označovaná aj ako maloobchodná cena benzínu, v eur/liter
- n<sub>t</sub>** cena motorovej nafty očistenú od všetkých daní, označovaná aj ako maloobchodná cena nafty, v eur/liter.
- bv<sub>\$</sub><sub>t</sub>** cena benzínu z burzy v Rotterdame, označovaná aj ako veľkoobchodná cena benzínu, v dolároch/liter
- nv<sub>\$</sub><sub>t</sub>** cena nafty z burzy v Rotterdame, označovaná aj ako veľkoobchodná cena nafty, v dolároch/liter
- rb<sub>\$</sub><sub>t</sub>** cena ropy z Londýnskej burzy, označovaná Brent, v dolároch/liter
- k<sub>\$</sub><sub>t</sub>** priemerný týždenný kurz EUR/USD, ktorý nám bude slúžiť na prepočet cien z dolárov na eurá.

---

### 3.1 ARDL modely v leveloch

V prvej časti našich odhadov sme použili dáta v leveloch, pomocou ktorých sme odhadli ARDL modely. V jednotlivých modeloch sme následne otestovali výskyt cenovej asymetrie.

#### 3.1.1 ARDL model, veľkoobchodná-maloobchodná cena benzínu

V prvom modeli budeme skúmať závislosť veľkoobchodnej ceny benzínu a maloobchodnej ceny benzínu Natural 95 na týždenných dátach po dobu 7 rokov (2005-2012). Zostavíme ARDL model s jedným oneskorením vysvetľujúcej premennej a otestujeme hypotézu, či je rovnaký vplyv nárastu veľkoobchodnej ceny benzínu na konečnú cenu benzínu oproti jej poklesu. Preto, ako sme už v predchádzajúcej kapitole uviedli, rozdelíme vysvetľujúcu premennú  $bv_t$ , na  $bv_t^+$  a  $bv_t^-$ , a to nasledovne:

$$bv_t^+ \begin{cases} bv_t; & \text{pre } bv_t - bv_{t-1} > 0 \\ 0 & ; \text{pre } bv_t - bv_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$bv_t^- \begin{cases} 0 & ; \text{pre } bv_t - bv_{t-1} > 0 \\ bv_t; & \text{pre } bv_t - bv_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.2)$$

Po aplikovaní (3.1) a (3.2) bude náš model vyzerat' nasledovne:

$$b_t = \beta_0 + \beta_1^+ bv_t^+ + \beta_1^- bv_t^- + \varepsilon_t, \quad (3.3)$$

kde  $\beta_0$ ,  $\beta_1^+$ ,  $\beta_1^-$  sú koeficienty regresie. Očakávame koeficienty  $\beta_1^+$ ,  $\beta_1^-$  kladné, pretože cena konečná cena benzínu má pozitívnu závislosť od ceny veľkoobchodnej. Teda, ak sa zvýši cena benzínu na burze,  $bv_t^+$ , o jedno euro, tak maloobchodná cena benzínu  $b_t$  stúpne o  $\beta_1^+$  eur. Obdobne pre zmenu  $bv_t^-$ . Keďže tento model pracuje s hodnotami premenných v leveloch, v prípade výskytu cenovej asymetrie predpokladáme  $\beta_1^+ < \beta_1^-$ . Pre testovanie cenovej asymetrie budeme testovať hypotézu  $H_0: \beta_1^+ = \beta_1^-$  oproti alternatíve  $H_1: \beta_1^+ \neq \beta_1^-$ . Po odhade regresného modelu (3.3) sme dostali výsledky zobrazené v Tab. 2. Ako je možné vidieť z Tab. 2, všetky koeficienty sú signifikantné, teda žiaden z nich nemôžeme zanedbať.

	Hodnota koeficientov	Štandardná odchýlka	Hodnota T-štatistiky	P-hodnota <sup>1</sup>
$\beta_0$	0,103926	0,006227	16,68911	0,0**
$\beta_1^+$	1,044576	0,014804	70,56047	0,0**
$\beta_1^-$	1,109838	0,015261	72,72531	0,0**
<b>Koeficient determinácie <math>R^2</math></b>		0,930884	<b>Hodnota F-štatistiky</b>	2740,813
<b>Normovaný <math>R^2</math></b>		0,930544		

**Tab. 2 - ARDL, VO-MO benzín, odhadnutá regresia**

Pred testovaním existencie asymetrie cien sme pomocou Jarque-Bera testu overili, že náhodná zložka je z normálneho rozdelenia, teda  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ . Taktiež sme overili pomocou White testu, že v modeli nie je prítomná heteroskedasticita. Teda náhodná zložka  $\varepsilon_t$  je homoskedastická a  $\sigma^2$  je konštantná. Keďže v našom modeli sú splnené základne vlastnosti regresných modelov, môžeme testovať hypotézu rovnosti koeficientov  $\beta_1^+$  a  $\beta_1^-$ . P-hodnota testovacej štatistiky vyšla menej ako 5%, teda hypotézu  $H_0$  zamietame.

$H_0: \beta_1^+ = \beta_1^-$ vs. $H_1: \beta_1^+ \neq \beta_1^-$		
Testovacia štatistika	hodnota	P-hodnota <sup>1</sup>
T-štatistika	-8,822308	0,0**
F-štatistika	77,83313	0,0**

**Tab. 3 - ARDL, VO-MO benzín, testovanie rovnosti koeficientov**

Výsledok tohto modelu naznačuje, že existuje cenová asymetria medzi veľkoobchodnou a maloobchodnou cenou benzínu na slovenskom trhu.

<sup>1</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%

### 3.1.2 ARDL model, veľkoobchodná-maloobchodná cena nafty

Tak ako aj pri benzíne, aj v prípade nafty vytvoríme ARDL model obdobným spôsobom, kde budeme skúmať závislosť veľkoobchodnej ceny nafty a konečnej ceny nafty taktiež počas obdobia 2005-2012. Odhadneme model:

$$n_t = \beta_0 + \beta_1^+ nv_t^+ + \beta_1^- nv_t^- + \varepsilon_t, \quad (3.4)$$

kde premennú  $nv_t$ , sme rozdelili nasledovne:

$$nv_t^+ \begin{cases} nv_t; & \text{pre } nv_t - nv_{t-1} > 0 \\ 0 & ; \text{ pre } nv_t - nv_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$nv_t^- \begin{cases} 0 & ; \text{ pre } nv_t - nv_{t-1} > 0 \\ nv_t; & \text{ pre } nv_t - nv_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.6)$$

Výsledky odhadnutého regresného modelu (3.4) sú zobrazené v Tab.4.

	Hodnota koeficientov	Štandardná odchýlka	Hodnota T-štatistiky	P-hodnota <sup>2</sup>
$\beta_0$	0,084931	0,008155	10,38464	0,0**
$\beta_1^+$	1,170050	0,018996	61,59538	0,0**
$\beta_1^-$	1,229314	0,019316	63,64115	0,0**
<b>Koeficient determinácie <math>R^2</math></b>		0,911006	<b>Hodnota</b>	2083,181
<b>Normovaný <math>R^2</math></b>		0,910569	<b>F-štatistiky</b>	

Tab. 4 - ARDL, VO-MO nafta, odhadnutá regresia

Aj v tomto modeli sme pomocou White testu zamietli výskyt heteroskedasticity, a zistili fakt, že  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ . Preto sme mohli testovať existenciu asymetrie. V Tab. 5 sú zobrazené výsledky testovania. Výskyt asymetrie náš model potvrdil, keďže p-hodnota testovacej štatistiky je menšia ako hladina významnosti 5%.

<sup>2</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%



$H_0: \beta_1^+ = \beta_1^-$ vs. $H_1: \beta_1^+ \neq \beta_1^-$		
Testovacia štatistika	hodnota	P-hodnota <sup>2</sup>
T-štatistika	-6,620502	0,0**
F-štatistika	43,83105	0,0**

Tab. 5 - ARDL, VO-MO nafta, testovanie rovnosti koeficientov

### 3.1.3 ARDL model, veľkoobchodná-maloobchodná cena benzínu s kurzom

Ako sme už spomínali v predošlých kapitolách, dáta ropy ako aj ceny benzínu a nafty z burzy v Rotterdame sme prerátali z cien v dolároch na ceny v eurách. Práve výmenný kurz môže mať vplyv na výsledky našich testov, preto v nasledujúcom modeli budeme pracovať s veľkoobchodnými cenami benzínu v dolároch, s konečnými cenami benzínu v eurách a s výmenným kurzom. Vstupné premenné  $bv\$_t$  a  $k\$_t$ , rozdelíme na  $bv\$_t^+, bv\$_t^-$  a na  $k\$_t^+, k\$_t^-$  nasledovným spôsobom:

$$bv\$_t^+ \begin{cases} bv\$_t; & \text{pre } bv\$_t - bv\$_{t-1} > 0 \\ 0 & ; \text{pre } bv\$_t - bv\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$bv\$_t^- \begin{cases} 0 & ; \text{pre } bv\$_t - bv\$_{t-1} > 0 \\ bv\$_t; & \text{pre } bv\$_t - bv\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$k\$_t^+ \begin{cases} k\$_t; & \text{pre } k\$_t - k\$_{t-1} > 0 \\ 0 & ; \text{pre } k\$_t - k\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$k\$_t^- \begin{cases} 0 & ; \text{pre } k\$_t - k\$_{t-1} > 0 \\ k\$_t; & \text{pre } k\$_t - k\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

Aplikujeme rozdelenie premenných z rovníc (3.7), (3.8), (3.9) a (3.10), a nami upravený ARDL model bude vyzerat' nasledovne:

$$b_t = \beta_0 + \beta_1^+ bv\$_t^+ + \beta_1^- bv\$_t^- + \beta_2^+ k\$_t^+ + \beta_2^- k\$_t^- + \varepsilon_t, \quad (3.11)$$

kde  $\beta_0, \beta_1^+, \beta_1^-, \beta_2^+, \beta_2^-$  sú koeficienty regresie. Očakávame kladné koeficienty  $\beta_1^+$  a  $\beta_1^-$  podobne ako v modeli bez výmenného kurzu. V prípade výskytu cenovej asymetrie by mal byť splnený predpoklad  $\beta_1^+ < \beta_1^-$ . Vďaka tomuto modelu budeme môcť zistiť či existuje asymetria aj vzhľadom na výmenný kurz. V takom prípade by vzťah medzi koeficientmi bol obdobný ako pri asymetrii veľkoobchodných cien,  $\beta_2^+ < \beta_2^-$ . Teda ak

sa zvýši výmenný kurz o pol eura (1dolár = 0,5eura stúpne na úroveň 1dolár = 1euro), tak konečná cena benzínu stúpne o  $\beta_2^+$  eur. Pretože za ropu v dolároch budú musieť slovenské firmy zaplatiť viac, a teda zvýšia ceny. V zostavenom regresnom modeli bola prítomná heteroskedasticita, čo by mohlo ovplyvniť signifikantnosť koeficientov. Preto do nášho modelu pridáme White-ovu kovariančnú maticu. Výsledky odhadu pre tento model uvádzame v Tab. 6.

	Hodnota koeficientov	Štandardná odchýlka	Hodnota T-štatistiky	P- hodnota <sup>3</sup>
$\beta_0$	-0,296718	0,034527	-8,661632	0,0**
$\beta_1^+$	0,773166	0,012382	62,44039	0,0**
$\beta_1^-$	0,825015	0,012456	66,23175	0,0**
$\beta_2^+$	0,534264	0,041754	12,79538	0,0**
$\beta_2^-$	0,537641	0,042187	12,74416	0,0**
<b>Koeficient determinácie <math>R^2</math></b>		0,918117	<b>Hodnota F-štatistiky</b>	1135,270
<b>Normovaný <math>R^2</math></b>		0,917308		

Tab. 6 - ARDL, VO-MO benzín v \$, odhadnutá regresia

Pre tento upravený model zobrazený v Tab. 6 je splnený predpoklad  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ , tak môžeme testovať hypotézy na rovnosti koeficientov. Prvým testom budeme skúmať hypotézu  $H_0: \beta_1^+ = \beta_1^-$  proti alternatíve  $H_1: \beta_1^+ \neq \beta_1^-$ .

$H_0: \beta_1^+ = \beta_1^-$ vs. $H_1: \beta_1^+ \neq \beta_1^-$		
Testovacia štatistika	hodnota	P-hodnota <sup>3</sup>
T-štatistika	-8,466676	0,0**
F-štatistika	71,68460	0,0**

Tab. 7 - ARDL, VO-MO benzín v \$, testovanie č.1 na rovnosť koeficientov

Druhým testom skúmame hypotézu  $H_0: \beta_2^+ = \beta_2^-$  proti alternatíve  $H_1: \beta_2^+ \neq \beta_2^-$ .

<sup>3</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%

$H_0: \beta_2^+ = \beta_2^-$ vs. $H_1: \beta_2^+ \neq \beta_2^-$		
Testovacia štatistika	hodnota	P-hodnota <sup>3</sup>
T-štatistika	-0,724843	0,496
F-štatistika	0,525397	0,469

Tab. 8 - ARDL, VO-MO benzín v \$, testovanie č.2 na rovnosť koeficientov

V Tab.8 sú zobrazené výsledky testovania rovnosti koeficientov  $\beta_1^+$  a  $\beta_1^-$ . P-hodnota vyšla výrazne nižšia ako 5%, čo potvrdilo výskyt cenovej asymetrie. Naopak druhé testovanie nám nezamietlo hypotézu rovnosti koeficientov  $\beta_2^+$  a  $\beta_2^-$ , z čoho vyplýva, že neexistuje asymetria vzhľadom na výmenný kurz.

### 3.1.4 ARDL model, veľkoobchodná-maloobchodná cena nafty s kurzom

Rovnako, ako v prípade modelu pre benzín, sme zapracovali výmenný kurz aj do modelu závislosti veľkoobchodnej ceny nafty a konečnej ceny nafty.

$$n_t = \beta_0 + \beta_1^+ nv\$_t^+ + \beta_1^- nv\$_t^- + \beta_2^+ k\$_t^+ + \beta_2^- k\$_t^- + \varepsilon_t, \quad (3.12)$$

Odhadnutý regresný model sme zobrazili v Tab. 9.

	Hodnota koeficientov	Štandardná odchýlka	Hodnota T-štatistiky	P- hodnota <sup>4</sup>
$\beta_0$	-0,374693	0,043785	-8,557544	0,0**
$\beta_1^+$	0,837758	0,019265	43,48578	0,0**
$\beta_1^-$	0,890469	0,018998	46,87242	0,0**
$\beta_2^+$	0,631318	0,055383	11,39905	0,0**
$\beta_2^-$	0,638661	0,055966	11,41159	0,0**
<b>Koeficient determinácie <math>R^2</math></b>		0,884961	<b>Hodnota F-štatistiky</b>	778,8893
<b>Normovaný <math>R^2</math></b>		0,883825		

Tab. 9 - ARDL, VO-MO nafty v \$, odhadnutá regresia

<sup>4</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%

V našom modeli budeme testovať či existuje asymetria, keďže je splnený predpoklad normality rezíduí, a do modelu sme pridali White-ovu kovariančnú maticu z dôvodu výskytu heteroskedasticity. V

Tab. 10 sú zobrazené výsledky testovania asymetrie. Výsledky naznačujú, že tak ako pri benzíne existuje asymetria cien, avšak asymetriu na výmenný kurz sme nepotvrdili.

$H_0: \beta_1^+ = \beta_1^-$ vs. $H_1: \beta_1^+ \neq \beta_1^-$		
Testovacia štatistika	hodnota	P- hodnota <sup>5</sup>
T-štatistika	-6,156823	0,0**
F-štatistika	37,90646	0,0**
$H_0: \beta_2^+ = \beta_2^-$ vs. $H_1: \beta_2^+ \neq \beta_2^-$		
Testovacia štatistika	Hodnota	P-hodnota <sup>5</sup>
T-štatistika	-1,196578	0,2322
F-štatistika	1,431799	0,2322

Tab. 10 - ARDL, VO-MO nafta v \$, testovanie rovnosti koeficientov

### 3.2 Stacionárnosť modelov a modely v diferenciách

V predchádzajúcich častiach našej práce sme vytvorili modely, ktoré boli regresiou vstupných a výstupných premenných v leveloch. Avšak na samotných dátach sme netestovali stacionárnosť. Nestacionaritu premenných nám naznačovali vysoké hodnoty t-štatistík. Preto po použití testov jednotkového koreňa, konkrétne sme použili Dickey-Fuller test, sme zistili skutočnosť, že dáta použité v predošlých modeloch nie sú stacionárne. Výsledky sú uvedené v Tab. 11. Pri každej premennej sme testovali hypotézu  $H_0$ : dáta sú nestacionárne oproti alternatíve  $H_1$ : dáta sú stacionárne.

Keďže dáta nie sú stacionárne, môže to ovplyvniť výsledky našich modelov. Dáta  $X_t$  považujeme za stacionárne vtedy, ak stredná hodnota a rozptyl nezávisia od času a ak kovariancia medzi  $X_t$  a  $X_{t+j}$  závisí len od indexu  $j$ , a nie od  $t$ .

<sup>5</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%

Názov premennej	Hodnota T-štatistiky	P-hodnota <sup>5</sup>
$b_t$	-1,540584	0,5121
$n_t$	-1,248641	0,6543
$bv_t$	-2,144923	0,2273
$nv_t$	-1,836603	0,3625
$bv\$_t$	-2,195201	0,2085
$nv\$_t$	-1,890186	0,3369
$rb_t$	-1,693852	0,4337

**Tab. 11 - Stacionárnosť premenných v leveloch, Dickey-Fuller test**

Predpokladajme, že  $X_t$  je proces "náhodnej prechádzky", ktorý poukazuje na závislosť dát v po sebe nasledujúcich obdobiach, a to nasledovne:

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3.13)$$

kde  $\beta_0, \beta_1$  sú koeficienty náhodnej prechádzky. Pokiaľ  $\beta_1 = 1$ , hovoríme o nestacionárnych premenných. Pokiaľ v regresných modeloch sú použité nestacionárne premenné, je možné, že sa odhadne falošná regresia (tzv. spurious regression).

Názov premennej	Hodnota T-štatistiky	P-hodnota <sup>6</sup>
$\Delta b_t$	-9,956169	0,0**
$\Delta n_t$	-11,57836	0,0**
$\Delta bv_t$	-16,51917	0,0**
$\Delta nv_t$	-15,66673	0,0**
$\Delta bv\$_t$	-15,88474	0,0**
$\Delta nv\$_t$	-15,90419	0,0**

**Tab. 12 - Stacionárnosť premenných v diferenciách, Dickey-Fuller test**

<sup>6</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%

Na odstránenie nestacionarity sme skúšali zlogaritmovanie premenných, avšak nestacionaritu to neodstránilo, preto tieto výsledky v našej práci neuvádzame. Pre odstránenie nestacionarity sa často používa zdiferencovanie dát.

Výsledky Dickey-Fuller testu na test stacionarity pre dáta sledované v diferenciách je zobrazený v Tab. 12 Keďže dáta sú teraz stacionárne, vytvorili sme nové modely, ktorý sledujú zmeny v diferenciách.

### 3.2.1 ARDL model, VO-MO cena benzínu v diferenciách

Nasledujúci model sa snaží odstrániť z dát nestacionárnosť, a tým zabrániť možnosti vzniku falošnej regresie. Dáta budeme skúmať v diferenciách. Do modelu sme zahrnuli aj výmenný kurz. Pozrieme sa na vplyv veľkoobchodnej ceny benzínu v dolároch spolu s výmenným kurzom na konečnú cenu benzínu v eurách, teda parametre  $\Delta bv\$_t$ ,  $\Delta k\$_t$  a  $\Delta b_t$ . Sledovali sme obdobie 7 rokov na týždenných dátach. Rozdelíme vysvetľujúcu premennú diferencií  $\Delta bv\$_t$  na  $\Delta bv\$_t^+$  a  $\Delta bv\$_t^-$ , a diferencie výmenného kurzu  $\Delta k\$_t$  na  $\Delta k\$_t^+$ ,  $\Delta k\$_t^-$  nasledovným spôsobom:

$$\Delta bv\$_t^+ \begin{cases} \Delta bv\$_t; & \text{pre } bv\$_t - bv\$_{t-1} > 0 \\ 0 & ; \text{pre } bv\$_t - bv\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.14)$$

$$\Delta bv\$_t^- \begin{cases} 0 & ; \text{pre } bv\$_t - bv\$_{t-1} > 0 \\ \Delta bv\$_t; & \text{pre } bv\$_t - bv\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.15)$$

$$\Delta k\$_t^+ \begin{cases} \Delta k\$_t; & \text{pre } k\$_t - k\$_{t-1} > 0 \\ 0 & ; \text{pre } k\$_t - k\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.16)$$

$$\Delta k\$_t^- \begin{cases} 0 & ; \text{pre } k\$_t - k\$_{t-1} > 0 \\ \Delta k\$_t; & \text{pre } k\$_t - k\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.17)$$

Po dosadení (3.14), (3.15), (3.16) a (3.17) bude náš upravený ARDL model vyzerat' nasledovne:

$$\Delta b_t = \beta_0 + \beta_1^+ \Delta bv\$_t^+ + \beta_1^- \Delta bv\$_t^- + \beta_2^+ \Delta k\$_t^+ + \beta_2^- \Delta k\$_t^- + \varepsilon_t, \quad (3.18)$$

kde  $\beta_0, \beta_1^+, \beta_1^-, \beta_2^+, \beta_2^-$  sú koeficienty regresie. Je zrejmé, že parameter  $\Delta bv\$_t^+$  je vždy kladný a naopak  $\Delta bv\$_t^-$  je nekladný. Budeme očakávať koeficienty  $\beta_1^+$  a  $\beta_1^-$  kladné, pretože pokiaľ došlo k vzrastu ceny benzínu na burze v Rotterdame o jeden dolár, teda

$\Delta bv_t^+ = 1$ , zmenu konečného benzínu predpokladáme kladnú, teda zmena bude  $\beta_1^+$ . Naopak, ak cena veľkoobchodného benzínu klesne o jeden dolár, teda  $\Delta bv_t^- = -1$  a predpokladáme pokles ceny konečného benzínu, očakávame preto kladný koeficient  $\beta_1^-$ . Vzhľadom k tomuto faktoru v prípade asymetrie budeme očakávať  $\beta_1^+ > \beta_1^-$ . Teda pozitívna zmena vstupnej premennej vplyva viac na výsledok výstupnej premennej oproti negatívnej zmene vstupu. Podobne to je pri výmennom kurze. Pokiaľ došlo k posilneniu doláru voči euru o pol eura (1dolár = 0,5eura stúpne na úroveň 1dolár = 0,5eura), tak  $\Delta k_t^+ = 0,5$ , a očakávame kladnú zmenu konečnej ceny benzínu, teda prírastok benzínu o  $\beta_2^+$ . Pri oslabení eura o jeden dolár bude  $\Delta k_t^- = -0,5$ , a očakávame negatívnu zmenu konečnej ceny, teda  $\Delta b_t$  bude záporné. Odhadnuté koeficienty regresie sú zobrazené v Tab. 13.

	Hodnota koeficientov	Štandardná odchýlka	Hodnota T-štatistiky	P- hodnota <sup>7</sup>
$\beta_0$	0,002791	0,000813	3,434705	0,0**
$\beta_1^+$	0,024840	0,034964	0,710456	0,4778
$\beta_1^-$	0,130249	0,033054	3,940526	0,0**
$\beta_2^+$	-0,241441	0,085330	-2,829481	0,0**
$\beta_2^-$	0,033451	0,087003	0,384476	0,7008
<b>Koeficient determinácie <math>R^2</math></b>		0,092037	<b>Hodnota F-štatistiky</b>	10,23806
<b>Normovaný <math>R^2</math></b>		0,083048		

Tab. 13 - ARDL, VO-MO benzín v diferenciách

Ako je možné vidieť v Tab. 13, nie všetky koeficienty regresie sú významné ako v predchádzajúcich modeloch. Taktiež nám vyšiel koeficient  $\beta_2^+$  záporný, čo značí negatívnu zmenu konečnej ceny benzínu pri pozitívnej zmene kurzu. Ďalej test pre normalitu rezíduí nám nepotvrdil normalitu, teda nevieme s určitosťou povedať, že  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ . Pre tieto dôvody nemá zmysel ďalej testovať hypotézy na rovnosť koeficientov.

<sup>7</sup> \*\* významný výsledok na hladine významnosti 5%

### 3.2.2 ARDL model, VO-MO cena nafty v diferenciách

Veľmi podobným spôsobom vytvoríme model, kde budeme skúmať rozdielny vplyv zmeny veľkoobchodnej ceny nafty v dolároch a výmenného kurzu na zmeny konečnej ceny nafty. Veľkoobchodnú cenu rozdelíme ako nasledovným spôsobom:

$$\Delta nv\$_t^+ \begin{cases} \Delta nv\$_t; & \text{pre } nv\$_t - nv\$_{t-1} > 0 \\ 0 & ; \text{pre } nv\$_t - nv\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.19)$$

$$\Delta nv\$_t^- \begin{cases} 0 & ; \text{pre } nv\$_t - nv\$_{t-1} > 0 \\ \Delta nv\$_t; & \text{pre } nv\$_t - nv\$_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (3.20)$$

Preto použitím (3.16), (3.17), (3.19) a (3.20) zostavíme ARDL model nasledovne:

$$\Delta n_t = \beta_0 + \beta_1^+ \Delta nv\$_t^+ + \beta_1^- \Delta nv\$_t^- + \beta_2^+ \Delta k\$_t^+ + \beta_2^- \Delta k\$_t^- \varepsilon_t. \quad (3.21)$$

Odhadnuté koeficienty regresie sú zobrazené v

Tab. 14. Opäť nám odhadnutý koeficient  $\beta_2^+$  vyšiel záporný a nesignifikantný. Z týchto dôvodov nie je možné ďalej testovať v našom modeli rovnosť koeficientov.

	Hodnota koeficientov	Štandardná odchýlka	Hodnota T-štatistiky	P- hodnota <sup>8</sup>
$\beta_0$	0,003504	0,000747	4,693102	0,0**
$\beta_1^+$	0,046901	0,037542	1,249298	0,2123
$\beta_1^-$	0,156682	0,037742	4,151401	0,0**
$\beta_2^+$	-0,311970	0,085134	-3,664456	0,0**
$\beta_2^-$	0,172555	0,084761	2,035781	0,0424**
<b>Koeficient determinácie <math>R^2</math></b>		0,126220	<b>Hodnota F-štatistiky</b>	14,58978
<b>Normovaný <math>R^2</math></b>		0,117569		

Tab. 14 - ARDL, VO-MO nafta v diferenciách

<sup>8</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%



---

### 3.3 PAM

V tejto časti použijeme PAM modely, a budeme sa snažiť zistiť cenovú asymetriu a to najmä vo fáze od veľkoobchodnej ceny z Rotterdamu po konečnú cenu.

#### 3.3.1 PAM model, veľkoobchodná-maloobchodná cena benzínu

V tomto modeli budeme skúmať vplyv veľkoobchodnej ceny benzínu v eurách na konečnú cenu benzínu. Používať budeme tento krát PAM model. Pre účely modelu si vytvoríme premennú  $b_t^*$  ako optimálnu úroveň závislej premennej  $b_t$ . Vytvoríme si ju ako lineárnu závislosť od nezávislej premennej  $bv_t$  nasledovne:

$$b_t^* = \beta_0 + \beta_1 bv_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (3.22)$$

Pri tejto lineárnej závislosti predpokladáme, že konečná cena benzínu je závislosť veľkoobchodnej ceny, ďalšími nákladmi spojenými konečného predajcu a samotnou maržou. Taktiež predpokladáme, že spomínané ďalšie náklady a marža sa s časom nemenia a preto ju zahrnieme do koeficientu  $\beta_0$ . Skutočná hodnota  $b_t$  sa líši od predpokladanej optimálnej hodnoty  $b_t^*$ , preto našou úlohou bude sledovať  $(b_t^* - b_{t-1})$ . Označme tento rozdiel ako  $\omega_t$ , a rozdeľme tento parameter na dve zložky:

$$(b_t^* - b_{t-1})^+ = \omega_t^+ \begin{cases} \omega_t & \text{pre } \omega_t > 0 \\ 0 & \text{pre } \omega_t \leq 0 \end{cases} \quad (3.23)$$

$$(b_t^* - b_{t-1})^- = \omega_t^- \begin{cases} 0 & \text{pre } \omega_t > 0 \\ \omega_t & \text{pre } \omega_t \leq 0 \end{cases} \quad (3.24)$$

Dosadíme rozdelenie premennej z rovníc (3.21) a (3.22) do PAM modelu a dostaneme nasledovnú rovnicu:

$$b_t = \beta_0 b_{t-1} + \delta^+ \omega_t^+ + \delta^- \omega_t^- + \varepsilon_t, \quad (3.25)$$

kde koeficienty  $\delta^+, \delta^-$  sú prírastkové koeficienty modelu a  $\beta_0$  je koeficient regresie. Ako je zrejmé už z definície PAM modelu koeficienty  $\delta^+, \delta^-$  sú kladné. Dôvodom je poznatok, že pokiaľ  $b_t^* - b_{t-1}$  je kladný, optimálna úroveň je nad hodnotou skutočnou a priblíženie k skutočnej hodnote  $b_t$  docielime kladným koeficientom  $\delta^+$ . Ak však  $b_t^* - b_{t-1}$  je záporný, optimálna úroveň je pod skutočnou hodnotou, potrebujeme

znižít' hodnotu  $b_t^* - b_{t-1}$ , a to sa nám podarí jedine ak  $\delta^- > 0$ , keďže rozdiel je záporný. Pri výskyte asymetrie predpokladáme  $\delta^+ < \delta^-$ , pretože pozitívny rozdiel hodnôt optimálnej od skutočnej hodnoty je vyšší ako pri negatívnom rozdiel. V modeli sme zistili výskyt heteroskedasticity, preto použijeme White-ovu kovariančnú maticu. Pomocou Jarque-Bera testu sme overili, že rezíduá sú z normálneho rozdelenia.

	Hodnota koeficientov	Štandardná odchýlka	Hodnota t-štatistiky	P- hodnota <sup>9</sup>
$\beta_0$	1,003565	0,000989	1015,006	0,0**
$\delta^+$	0,119799	0,017928	6,682116	0,0**
$\delta^-$	0,195353	0,019748	9,892170	0,0**
<b>Koeficient determinácie <math>R^2</math></b>		0,996762	<b>Normovaný <math>R^2</math></b>	0,996746

Tab. 15 - PAM, VO-MO benzín, odhadnutá regresia

Dáta nami zvoleného modelu pochádzajú z normálneho rozdelenia, preto môžeme testovať rovnosť prírastkových koeficientov  $\delta^+, \delta^-$ . V Tab. 16 sú zobrazené výsledky testu, kde testujeme hypotézu  $H_0: \delta^+ = \delta^-$  oproti alternatíve  $H_1: \delta^+ \neq \delta^-$ . Ako je zrejmé z Tab. 16 - PAM, VO-MO benzín, testovanie rovnosti koeficientov Tab. 16, nulovú hypotézu sme zamietli na hladine významnosti 5%. Znamená to, že na trhu existuje cenová asymetria medzi veľkoobchodnou a maloobchodnou cenou benzínu v sledovanom období.

$H_0: \delta^+ = \delta^-$ vs. $H_1: \delta^+ \neq \delta^-$		
Testovacia štatistika	hodnota	P-hodnota <sup>9</sup>
T-štatistika	-2,355230	0,019**
F-štatistika	5,547107	0,019**

Tab. 16 - PAM, VO-MO benzín, testovanie rovnosti koeficientov

<sup>9</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%

### 3.3.2 PAM model, veľkoobchodná-maloobchodná cena nafty

Tento model bude zaznamenávať vplyv veľkoobchodnej ceny nafty v eurách na maloobchodnú cenu nafty. Tak ako pri PAM modeli s benzínom aj tu si vytvoríme optimálnu úroveň  $n_t^*$ , ktorá bude lineárne závisieť od veľkoobchodnej ceny nafty. Iné náklady a maržu opäť zahrnieme do premennej  $\beta_0$ , ktorá nie je závislá od času.

$$n_t^* = \beta_0 + \beta_1 n_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (3.26)$$

Sledovať budeme  $(n_t^* - n_{t-1})$ , čo si označíme ako  $\omega_t$ , a premennú rozdelíme na dve zložky:

$$(n_t^* - n_{t-1})^+ = \omega_t^+ \begin{cases} \omega_t; & \text{pre } \omega_t > 0 \\ 0; & \text{pre } \omega_t \leq 0 \end{cases} \quad (3.27)$$

$$(n_t^* - n_{t-1})^- = \omega_t^- \begin{cases} 0; & \text{pre } \omega_t > 0 \\ \omega_t; & \text{pre } \omega_t \leq 0 \end{cases} \quad (3.28)$$

Použitím (3.25), (3.26) vytvoríme nasledujúci PAM model:

$$n_t = \beta_0 n_{t-1} + \delta^+ \omega_t^+ + \delta^- \omega_t^- + \varepsilon_t, \quad (3.29)$$

Odhadnutý regresný model je zobrazený v Tab. 17.

	Hodnota koeficientov	Štandardná odchýlka	Hodnota T-štatistiky	P- hodnota <sup>10</sup>
$\beta_0$	1,005584	0,000974	1032,667	0,0**
$\delta^+$	0,046538	0,014702	3,165391	0,0**
$\delta^-$	0,187275	0,019114	9,798006	0,0**
Koeficient determinácie $R^2$		0,997017	Normovaný $R^2$	0,997003

Tab. 17 - PAM, VO-MO nafta, odhadnutá regresia

V testovanom modeli sme zamietli výskyt heteroskedasticity a zistili sme, že  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ . V ďalšom kroku otestujeme rovnosť koeficientov.

<sup>10</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%

---

$H_0: \delta^+ = \delta^-$ vs. $H_1: \delta^+ \neq \delta^-$		
Testovacia štatistika	hodnota	P-hodnota <sup>11</sup>
T-štatistika	-4,870443	0,0**
F-štatistika	23,72122	0,0**

**Tab. 18 -PAM , VO-MO nafta, testovanie rovnosti koeficientov**

Ako je možné vidieť v Tab. 18, testovanú hypotézu sme zamietli, a preto môžeme potvrdiť cenovú asymetriu. Z daného výsledku môžeme usúdiť, že v prípade odhadu pomocou PAM modelu na trhu s naftou sa nám potvrdila cenová asymetria maloobchodnej ceny. Použitý PAM model nám poskytol signifikantnejšie výsledky pre odhad cenovej asymetrie medzi veľkoobchodnou a maloobchodnou cenou nafty ako použitý ARDL model.

---

<sup>11</sup> \*\* signifikantný výsledok na hladine významnosti 5%

---

## Záver

Cieľom našej práce bolo analyzovať ceny ropy, veľkoobchodnej ako aj maloobchodnej ceny benzínu a nafty a zistiť, či existuje cenová asymetria na trhoch s pohonnými hmotami v Slovenskej republike. Jednotlivé fázy vývoja cien pohonných hmôt sme odhadli pomocou dvoch ekonometrických modelov, ARDL a PAM.

Prvá kapitola sa venovala popisu trhu s pohonnými hmotami na Slovensku, kde popisujeme vývoj cien pohonných hmôt od ropy až po konečný produkt. Druhá kapitola nám detailne priblížila použité ekonometrické modely, ako aj testovacie štatistiky využité v praktickej časti práce. V praktickej časti sme zostavili spolu osem modelov, ktoré popisujú rôzne fázy vývoja cien.

Na testovanie sme použili týždenné dáta z obdobia január 2005 až december 2012. Použitím ARDL modelu s premennými v leveloch sme potvrdili výskyt cenovej asymetrie pre benzín ako aj naftu medzi veľkoobchodnou a maloobchodnou fázou. Problém však bol, že dáta neboli stacionárne a tento výsledok existencie asymetrie teda nemôžeme s určitosťou potvrdiť. Preto sme zostavili ARDL modely, ktoré používali dáta v diferenciách, tieto modely však výskyt asymetrie nepotvrdili. Pri použití PAM modelov sme zistili existenciu cenovej asymetrie medzi veľkoobchodnou a maloobchodnou cenou benzínu ako aj nafty.

Existencia cenovej asymetrie na slovenskom trhu s pohonnými hmotami na základe našej práce nie je jednoznačná, aj keď výsledky naznačujú asymetriu. Jedným z dôvodom môže byť použitie príliš jednoduchých ekonometrických modelov. Rozšírením tejto práce by mohlo byť použitie sofistikovanejších ekonometrických modelov, ako napríklad error correction model (ECM), ktoré by nám mohli potvrdiť alebo vyvrátiť existenciu cenovej asymetrie na Slovensku.

---

## Zoznam použitej literatúry

- [1] Bacon, R.: *Rockets & Feathers: The Asymmetric Speed of Adjustment of UK Retail Gasoline Prices to Cost Changes*, Oxford Institute for Energy Studies, Oxford, 1990
- [2] Clerides, S.: *Retail Fuel Price Response to Oil Price Shocks in EU Countries*, Department of Economics and Economics Research Centre of University of Cyprus, Cyprus, 2010
- [3] Galeotti, M., Lanza, A., Manera, M.: *Rockets and Feathers Revisited: An International Comparison on European Gasoline Markets*, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milano, 2002
- [4] Green, W. H.: *Econometric Analysis, Fifth Edition*, New York University, New York, 2003
- [5] Gujarati, D.: *Basic Econometrics, Fourth Edition*, The McGraw-Hill Companies, New York, 2004
- [6] Frey, G., Manera, M.: *Econometric Models of Asymmetric Price Transmission*, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milano, 2005
- [7] Johnston, J., Dinardo, J.: *Econometric Methods, Fourth Edition*, The McGraw-Hill Companies, New York, 1997
- [8] Pätoprstý, V.: *Cenové asymetrie na trhu s benzínom v EÚ a v SR*, Unibanka, a.s., Bratislava, 2005
- [9] Peltzman, S.: *Prices rise Faster than they fall*, Journal of Political Economy, The University of Chicago, Chicago, 2000
- [10] Rodrigues, J.: *Asymmetries in the adjustment of motor diesel and gasoline pump prices in Europe*, Bureau of Economic Studie, Lisabon, 2009