

**Univerzita Karlova v Praze**  
**Fakulta sociálních věd**

Institut ekonomických studií

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

***Efektivnost kapitálových trhů se zaměřením  
na Burzu cenných papírů Praha***

**Vypracoval:** Karel Diviš

**Konzultant:** Doc. Ing. Miloslav Vošvrda CSc.

**Akademický rok:** 2002/2003

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především docentovi Ing. Miloslavu Vošvrdovi, CSc. za poskytnutí cenných rad při výběru dostupných materiálů a také kolegyni Mgr. Soně Pokutové z ČNB a panu Mgr. Romanu Kochovi ze společnosti Atlantik finanční trhy, a.s. za obstarání statistických dat pro testování.

*Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce.*

V Praze dne 10.1.2003

Karel Diviš

# TEZE DIPLOMOVÉ PRÁCE

## „Efektivnost kapitálových trhů“

Autor diplomové práce: **Karel Diviš**

Obor studia: **Ekonomie**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Miloslav Vošvrda CSc.**

### 1. BCPP JAKO SOUČÁST „NEW EMERGED MARKETS“ ZEMÍ VISEGRADSKÉ SKUPINY

- 1.1. Pohled do historie
- 1.2. Legislativa a organizační struktura
- 1.3. Typy obchodů
- 1.4. Vypořádávání obchodů
- 1.5. Základní indexy
- 1.6. Tržní výnosy, tržní kapitalizace a počet emisí

#### Dodatky

- A. Metodologie IFC pro výpočet burzovních indexů
- B. Ilustrativní příklad změny hodnoty báze burzovního indexu
- C. Poznámka o RM-systému

### 2. EFEKTIVITA KAPITÁLOVÝCH TRHŮ

- 2.1. Definice slabé, střední a silné efektivity
- 2.2. Efektivita v prostředí kapitálového trhu
- 2.3. Paralely s trhy na americkém kontinentu

### 3. TEST HYPOTÉZY SLABÉ EFEKTIVITY CEN

- 3.1. Hypotéza náhodné procházky
- 3.2. Test podílem rozptylů
- 3.3. Test bodů zvratu
- 3.4. Závěr

### 4. TEST HYPOTÉZY STŘEDNÍ EFEKTIVITY CEN

- 4.1. Střední forma efektivity trhu
- 4.2. F-test
- 4.3. Závěr

## SHRNUTÍ

V Praze dne 15.5.2002

# **OBSAH:**

<b>ABSTRAKT</b>	<b>5</b>
<b>ÚVOD</b>	<b>6</b>
<b>1. OBCHODOVÁNÍ NA PRAŽSKÉ BURZE</b>	<b>7</b>
1.1. Historie, legislativa, organizační struktura	7
1.2. Typy obchodů a jejich vypořádání	13
1.3. Burzovní index PX 50	17
1.4. Tržní výnosy, tržní kapitalizace a počet emisí	21
<b>2. EFEKTIVNOST KAPITÁLOVÝCH TRHŮ</b>	<b>26</b>
2.1. Efektivnost v prostředí kapitálového trhu	26
2.2. Definice slabé, střední a silné efektivnosti	28
2.3. Modely pro testování efektivnosti	29
2.4. Testy efektivnosti	36
2.4.1. Test bodů zvratu	36
2.4.2. Run test	39
2.4.3. Filtrovací pravidla a technická analýza	41
2.4.4. Test podílem rozptylů	42
2.4.5. Test slabé efektivnosti pomocí GARCH modelu	44
2.4.6. Test střední efektivnosti	46
<b>3. PRAKTICKÁ ČÁST</b>	<b>51</b>
3.1. Testování slabé efektivnosti trhu	51
3.2. Testování střední efektivnosti trhu	57
3.3. Výsledky empirických testů	60
<b>ZÁVĚR</b>	<b>69</b>
<b><u>Dodatky</u></b>	
A. Metodologie IFC pro výpočet burzovních indexů	72
B. Příklad změny hodnoty báze burzovního indexu	74
C. Srovnání indexů PX 50, BUX, WIG, SAX, DJ, DAX	75
<b>Seznam literatury</b>	<b>76</b>

## **ABSTRAKT:**

Tato diplomová práce podává přehled o parametrických i neparametrických statistických testech pro testování hypotéz efektivnosti kapitálových trhů (z pohledu promítání všech minulých relevantních informací do aktuálních cen akcií). Některé z testů jsou pak aplikovány nejen na data z českého kapitálového trhu, ale také na data z vyspělého amerického trhu či na data z kapitálových trhů v Maďarsku, Polsku a na Slovensku.

## **ABSTRACT:**

These diploma theses summarize distribution based and distribution-free statistical tests for the efficient markets hypothesis. Some of these tests are applied to data from capital market in the Czech Republic and as well to data from capital markets in the U.S. or data from emerging capital markets in Hungary, Poland and Slovakia.

# ÚVOD

Ve své diplomové práci se pokusím otestovat za pomoci nástrojů statistické analýzy efektivnost českého kapitálového trhu, a to jednak absolutně a jednak relativně ve srovnání s vyspělým kapitálovým trhem ve Spojených státech i ve srovnání s mladými kapitálovými trhy v Polsku, Maďarsku a na Slovensku.

Cílem mojí diplomové práce je pak na základě definovaných hypotéz a provedených testů vyslovit závěr týkající se především efektivnosti českého kapitálového trhu ve smyslu empiricky měřitelné absorpce relevantních informací a jejich promítání do cen akcií, pokusím se však vyslovit také svůj názor týkající se efektivity českého kapitálového trhu ve smyslu zdroje financování podnikatelských záměrů a investičních projektů.

Pro účely této práce ztotožním český kapitálový trh s Burzou cenných papírů Praha, jejíž fungování ve stručnosti popíšu v první kapitole.

Ve druhé kapitole se pak zaměřím na definice efektivnosti kapitálových trhů a na teoretické modely, metody a statistické nástroje používané pro testování hypotéz v této oblasti.

Třetí kapitola pak přinese konkrétní postupy a především kompletní výsledky mých empirických zkoumání, jež se pokusím ekonomicky interpretovat a na jejich základě rovněž vyslovit závěr mé diplomové práce.

# 1. OBCHODOVÁNÍ NA PRAŽSKÉ BURZE

## 1.1. Historie, legislativa, organizační struktura

### Historie

Základy českého burzovníctví byly položeny již v polovině 19.století. V roce 1850 byla v Praze založena Obchodní a Živnostenská komora. Samotná Burza pro zboží a cenné papíry vznikla později, a to 23.března 1871 povolením ministerstva financí a obchodu. V letech první světové války byla uzavřena a její činnost se obnovila až 3.února 1919, i když vzhledem k probíhající měnové odluce se začalo obchodovat až 4.srpna 1919. V meziválečném období zaznamenala pražská burza bouřlivý rozmach. Vrcholem aktivity v obchodech s cennými papíry byl rok 1927, první zahraniční cenný papír vstoupil na pražskou burzu v listopadu 1929. Objemem obchodů se tato burza řadila na 7. místo v Evropě. Pak ale začal nepříznivý vývoj, který vyvrcholil německou okupací a druhou světovou válkou. 21.září 1938 byla burza dočasně uzavřena. Po právní stránce nebyla nikdy zrušena, i když výnosem ministerstva financí z 15.dubna 1948 byla její činnost pozastavena (Půlpán 1993).

Od uzavření pak trvalo déle než půl století, než byla česká burzovní tradice obnovena. V květnu 1991 vznikl Přípravný výbor pro založení burzy cenných papírů. Novou společnost vytvořilo osm bankovních domů. 24.srpna 1992 se tato společnost nejprve transformovala na sdružení a po přijetí zákona o burze vznikla obchodní společnost. 24.listopadu 1992 byla Burza cenných papírů Praha, a.s.

(dále jen BCPP) zapsána do obchodního rejstříku. Po zvládnutí všech přípravných prací se již 6.dubna 1993 uskutečnila na jejím parketu první obchodní seance (viz BCPP 2002).

Zpočátku se obchodovalo pouze jednou týdně v úterý, v listopadu 1993 se pak přešlo na dva dny v týdnu (úterý, čtvrtek) a 14. března 1994 přibyl navíc ještě třetí obchodní den (pondělí). Běžné každodenní obchodování funguje na BCPP od 19.9.1994, i když hlavně ze začátku existovaly určité nepravidelnosti, které se v současné době vyskytují pouze v době svátků.

### Základní historická fakta o BCPP

<b>23. 3. 1871</b>	Burza pro zboží a cenné papíry
<b>1914</b>	burza poprvé uzavřena
<b>21.9. 1938</b>	burza podruhé uzavřena
<b>24. 11.1992</b>	vznik BCPP, a.s. (17 členů)
<b>6. 4. 1993</b>	zahájení obchodování, 7 emisí CP : <ul style="list-style-type: none"><li>• 1 státní dluhopis</li><li>• 3 obligace</li><li>• 2 podílové listy</li><li>• 1 akcie</li></ul>
<b>22. 6. 1993</b>	Uvedení 622 emisí akcií z 1. vlny kuponové privatizace
<b>13. 7. 1993</b>	Uvedení 333 emisí akcií z 1. vlny kuponové privatizace
<b>5. 4. 1994</b>	Zahájení výpočtu oficiálního burzovního indexu PX 50
<b>1. 3. 1995</b>	Uvedení 674 emisí akcií z 2. vlny kuponové privatizace
<b>6. 4. 1995</b>	2 souhrnné indexy PX-GLOB a PXL a 19 oborových indexů
<b>1. 9. 1995</b>	Zavedení hlavního a vedlejšího burzovního trhu (původně kotovaný trh) a volného trhu (původně nekotovaný trh)
<b>15. 3. 1996</b>	Obchodování v systému KOBOS (průběžné obchodování při proměnlivé ceně) s 5 emisemi akcií a 2 emisemi obligací
<b>1997</b>	Vyřazení 1301 nelikvidních emisí akcií z volného trhu burzy
<b>5. 1.1998</b>	Převedení 35 společností z hlavního trhu na vedlejší z důvodu nesplnění stanovené výše likvidity na centrálním trhu
<b>25. 5. 1998</b>	Zahájení obchodování v systému SPAD (Systém pro podporu trhu akcií a dluhopisů)
<b>4. 1. 1999</b>	Zavedení nového, kontinuálně propočítávaného, indexu PX-D, zahájení kontinuálního výpočtu PX 50
<b>20. 9. 1999</b>	Vyřazení 75 emisí akcií z volného trhu
<b>2. 5. 2000</b>	Zahájení realizace projektu Jednotné knihy objednávek(JKO)
<b>14. 6. 2001</b>	Přijetí burzy za přidruženého člena Federace evropských burz (FESE)



### Legislativa

Mezi základní právní normy, které tvoří legislativní rámec BCPP patří s účinností od 1.1.2001 především zákon č. 362/2000 Sb., který je novelou staršího zákona č.591/1992 Sb. o cenných papírech, ve znění pozdějších předpisů, dále zákon č.214/1992 Sb. o burze cenných papírů, ve znění pozdějších předpisů a v neposlední řadě rovněž s účinností od 1.1.2001 zákon č. 370/2000 Sb., kterým se novelizují ustanovení zákona č.513/1991Sb. obchodního zákoníku, ve znění pozdějších předpisů. Dále se obchodování řídí Burzovními pravidly a usneseními Burzovní komory.

### **Přehled obecně uznávaných právních předpisů upravujících oblast kapitálového trhu**

<b>zákon č. 591/1992 Sb.</b>	o cenných papírech
<b>zákon č. 362/2000 Sb.</b>	novela, kterou se mění zákon č. 591/1992 Sb., o cenných papírech, ve znění pozdějších předpisů, účinnost od 1.1.2001
<b>zákon č. 15/1998 Sb.</b>	o Komisi pro cenné papíry
<b>zákon č. 214/1992 Sb.</b>	o burze cenných papírů, ve znění pozdějších předpisů účinnost od 1.1.2001
<b>zákon č. 530/1990 Sb.</b>	o dluhopisech
<b>zákon č. 248/1992 Sb.</b>	o investičních společnostech a investičních fondech
<b>zákon č. 191/1950 Sb.</b>	směnečný a šekový
<b>zákon č. 21/1992 Sb.</b>	o bankách
<b>zákon č. 513/1991 Sb.</b>	obchodní zákoník
<b>zákon č. 370/2000 Sb.</b>	novela, kterou se mění zákon č. 513/1991 Sb., obchodní zákoník, ve znění pozdějších předpisů, účinnost od 1.1.2001
<b>zákon č. 42/1994b Sb.</b>	o penzijním připojištění se státním příspěvkem
<b>zákon č. 61/1996 Sb.</b>	o některých opatřeních proti legalizaci výnosů z trestné činnosti
<b>vyhláška č. 87/1993 Sb.</b>	o makléřské zkoušce
<b>vyhláška č. 88/1993 Sb.</b>	o podrobnostech technického provedení veřejně obchodovatelných listinných cenných papírů
<b>vyhláška č. 207/1998 Sb.</b>	o výpočtu hodnoty cenných papírů v majetku v podílovém fondu nebo investičního fondu

## Organizační struktura

BCPP, a.s. má jako každá akciová společnost řadu orgánů, a to:

- valnou hromadu

(je nejvyšším orgánem burzy, který rozhoduje o zvýšení nebo snížení základního kapitálu burzy, o složení burzovní komory a dozorčí rady. Schvaluje roční účetní závěrku s návrhem na rozdělení zisku, popřípadě úhradu ztráty burzy, zprávu o podnikatelské činnosti burzy a o stavu jejího majetku a zásady činnosti a hospodaření burzy na následující účetní období. Z burzovní legislativy schvaluje Stanovy, Řád Burzovního rozhodčího soudu a Pravidla o nákladech rozhodčího řízení. V její kompetenci je rozhodování o dalších zásadních otázkách ve vývoji burzy)

- burzovní komoru

(je statutárním orgánem a plní úlohu představenstva burzy, které řídí její činnost a jedná jejím jménem. Má 9 členů, kteří jsou voleni na období tří let. Členem burzovní komory může být také generální tajemník burzy s tím, že není-li jejím členem, účastní se jejího zasedání s hlasem poradním. V kompetenci burzovní komory je schvalování Burzovního řádu a Burzovních pravidel. Jmenuje a odvolává generálního tajemníka burzy, uděluje oprávnění kupovat a prodávat na burze cenné papíry a investiční instrumenty, které nejsou cennými papíry, zřizuje Burzovní rozhodčí soud. Ukládá sankce účastníkům burzovních obchodů a emitentům cenných papírů přijatých k burzovnímu obchodu)

- dozorčí radu

(dohlíží na výkon působnosti burzovní komory a na činnost burzy. Má šest členů, kteří jsou voleni na funkční období tří let)

Dále je ustanoven Burzovní rozhodčí soud, který řeší spory vzniklé z burzovních obchodů, a Garanční fond burzy, který slouží k zajištění závazků a pokrytí rizik vyplývajících z burzovních obchodů a z jejich vypořádání.

Burzovní komora si pro jednotlivé okruhy činností zřizuje tzv. burzovní výbory. V současnosti to jsou:

- burzovní výbor pro členské otázky
- burzovní výbor pro kotaci
- burzovní výbor pro burzovní obchody

Provoz burzy řídí generální tajemník BCPP. O jeho jmenování a odvolání rozhoduje burzovní komora.

BCPP má jednu stoprocentní dceřinou společnost Univerzální vypořádací centrum, a.s. (UNIVYC), které odpovídá za vypořádání burzovních obchodů. Dalším předmětem činnosti je vypořádání mimoburzovních obchodů s cennými papíry, vedení evidence cenných papírů na účtech členů Univycu a služby pro členy.

Na BCPP se od 1.9.1995 obchoduje na třech trzích: hlavním a vedlejším, které vznikly z původního kótovaného trhu, a na trhu volném, který odpovídá trhu nekótovanému. Na prestižních trzích, hlavním a vedlejším, jsou umístěny nejkvalitnější cenné papíry, jejichž emitenti mají zájem kvalitně komunikovat směrem k investorské veřejnosti a jsou ochotni se podřídit určitým přísnějším pravidlům a

podmínkám nutným pro přijetí na tyto trhy. U ostatních cenných papírů pak emitent může požádat o registraci na tzv.volném trhu.

Vedle toho v současnosti ještě existuje tzv. nový trh, který je organickou součástí vedlejšího trhu a je určen pro akcie společností s krátkou podnikatelskou historií a zároveň s perspektivním programem, které mají růstový potenciál a hledají kapitál pro další rozvoj. Na nový trh nemůže být přijata emise společnosti, která je již obchodována na hlavním, vedleším nebo volném trhu burzy.

Podmínky pro přijetí CP na hlavní trh	Společnosti mimo fondy	Investiční a podílové fondy
Výše základního kapitálu (u podílových fondů objem emise podílových listů)	podle obchodního zákoníku	minimálně 500 mil. Kč
Objem části emise vydané na základě veřejné nabídky	minimálně 200 mil. Kč	
U akcií část emise, která je rozptýlena mezi veřejnost	alespoň 25 %	
Doba podnikatelské činnosti	nejméně 3 roky	nejméně 3 roky

Podmínky pro přijetí CP na vedlejší trh	Společnosti mimo fondy	Investiční a podílové fondy
Výše základního kapitálu (u podílových fondů – objem emise podílových listů)	podle obchodního zákoníku	minimálně 250 mil. Kč
Objem části emise vydané na základě veřejné nabídky	minimálně 100 mil. Kč	
U akcií část emise, která je rozptýlena mezi veřejnost	alespoň 25 %	
Doba podnikatelské činnosti	nejméně 3 roky	nejméně 3 roky

Podmínky pro přijetí CP na nový trh	Stanovená výše
Výše základního kapitálu	min. 20 mil. Kč
Podíl části emise vydané na základě veřejné nabídky na celkovém objemu emise	minimálně 15 %
Tržní kapitalizace emise	podle zákona o cenných papírech
Počet akcií v emisí	min. 100 000 ks
Doba podnikatelské činnosti	nejméně 1 rok

## **1.2. Typy obchodů a jejich vypořádání**

### Typy obchodů

#### 1) Systém pro podporu trhu akcií a dluhopisů (SPAD)

SPAD je segment obchodování založený na využití tvůrců trhu (market makers), kteří jsou členy burzy, mají smlouvu na tuto činnost a udržují průběžnou kotaci cen nabídky a poptávky u vybraných emisí. Tyto kotace jsou závazné, což znamená, že tvůrce trhu je povinen uzavřít obchod za podmínek daných jeho kotací, pokud se jeho kotace stane součástí nejlepší kotace. Ta je stanovena jako výběr nejlepší ceny nabídky a nejlepší ceny poptávky z kotací jmenovaných tvůrců trhu pro daný CP v daném okamžiku. V první, tzv. otevřené fázi obchodování ve SPAD je jmenovaný tvůrce trhu povinen kotaci průběžně udržovat, ve druhé, tzv. uzavřené fázi tuto povinnost nemá. V závěru roku 2001 se ve SPAD obchodovalo se sedmi emisemi, které kotovalo celkem 11 tvůrců trhu.

#### 2) Aukční režim v rámci automatických obchodů

Tento způsob obchodování je založen na zpracování objednávek k nákupu a prodeji cenných papírů soustředěných k jednomu časovému okamžiku, jehož výsledkem je stanovení ceny pro danou emisi, která by měla zajistit zobchodování co největšího množství CP. Cena se od závěrečného kurzu z předchozího dne může odchýlit maximálně o 5%.

Při tomto obchodování není uplatňován princip časové priority a může dojít ke krácení některých objednávek, v případě totálního převisu nabídky či poptávky dokonce k neuskutečnění obchodu.

Aukční režim je rozdělen do dvou fází (aukcí):

- a) uzavřená aukce – probíhá pouze příjem objednávek (modifikace, rušení), nezveřejňují se žádné informace.
- b) otevřená aukce – probíhá příjem objednávek a účastníkům obchodování jsou poskytovány informace v reálném čase (např. teoretická cena, převisy, míra alokace), tj. všechny údaje se aktualizují po každé změně.

Ukončení každé z těchto dvou fází je dle harmonogramu burzovního dne možno dvěma způsoby, buď se přejde do jiné fáze automatických obchodů, včetně stanovení (zafixování) ceny, spárování objednávek a stanovení kódu trhu a míry alokace, nebo se přejde do jiné fáze bez tohoto zafixování.

### 3) Kontinuální režim v rámci automatických obchodů

K průběžnému uzavírání obchodů dochází na základě okamžitého stavu objednávek na nákup a prodej CP. Při párování objednávek se uplatňuje princip cenové a následně časové priority. Otevírací cena je rovna ceně stanovené pro CP v rámci aukce. Obchody lze uzavírat v rámci povoleného rozpětí, které se liší podle zařazení CP do některé z obchodních skupin a bývá zpravidla 5% oběma směry od otevírací ceny. Pokud jsou do systému vloženy takové objednávky, které by umožnily uzavření obchodu mimo povolené rozpětí, začne plynout tzv. čekací doba (5 minut), po které dojde k rozšíření povoleného rozpětí,

pakliže ale v rámci čekací doby nedošlo mezitím k vložení jiné objednávky, která umožnila uzavření obchodu uvnitř rozpětí. Minimální obchodovatelnou jednotkou je v kontinuálním režimu lot, jehož velikost byla od 1.1.2002 stanovena pro všechny CP na 1 kus.

#### 4) Blokové obchody

Blokový obchod je obchod uzavřený členy burzy, kteří se dohodli na ceně, množství CP a na dni, ke kterému tento obchod vypořádají. Takto uzavřený obchod následně zaregistrují v obchodním systému burzy. Blokové obchody lze uzavírat se všemi emisemi CP s výjimkou CP zařazených do obchodování ve SPAD, se kterými lze uzavírat tzv. nadlimitní obchody, jež mají charakter blokových obchodů. Cena blokového obchodu není vázána na závěrečný kurz z předchozího dne a není omezena žádným procentuálním rozpětím. Blokový obchod musí splňovat podmínku minimálního objemu, která byla stanovena pro akcie a podílové listy na 1 Kč, pro dluhopisy na 10 000 Kč.

od (hod) - do (hod)	Popis služby
17:00-20:00	aukční režim – uzavřená aukce
17:00-20:00	blokové obchody
17:00 - 20:00	SPAD – uzavřená fáze
7:30 - 09:30	SPAD – uzavřená fáze
<b>7:30 - 9:45</b>	<b>aukční režim – uzavřená aukce</b>
7:30 - 16:00	blokové obchody
9:30	začátek výpočtu průběžného PX 50 a PX-D
9:30 – 16:00	SPAD – otevřená fáze
<b>9:45 - 15:45</b>	<b>kontinuální režim</b>
11:00 - 11:30	aukce intervenčních nákupů

16:00	ukončení výpočtu průběžného PX 50 a PX-D
17:00	zveřejnění kurzovního lístku
17:00 - 20:00	převzetí závěrečných výsledků

Harmonogram burzovního dne

(BCPP 2002).

### Vypořádání obchodů

Vypořádáním obchodů na BCPP je již od roku 1993 pověřena její dceřiná společnost UNIVYC, a.s., která se snaží o standardní “delivery versus payment” princip vypořádání, tedy o neodvolatelné, úplné a současné dodání CP proti jejich zaplacení.

Při vypořádávání peněžních prostředků spolupracuje UNIVYC jednak se zúčtovacím centrem České národní banky, kde zprostředkovává převody peněz mezi účty účastníků vypořádání a jednak se Střediskem cenných papírů, kam zasílá příkazy na převod CP mezi účastníky vypořádání.

Vypořádání obchodů s účastí tvůrců trhu (SPAD) uzavřených v čase T je garantováno Garančním fondem burzy a standardně se děje v čase T+5, pokud si obchodník nezvolí jiný termín v intervalu T+1 až T+15. Nesplní-li některá z protistran svůj závazek vyplývající z obchodu ani v prodloužené lhůtě 3 dnů, zprostředkuje Univyc náhradní obchod za účelem splnění závazku.

Vypořádání automatických obchodů se provádí v čase T+3 a je garantováno z prostředků Garančního fondu burzy. Při nesplnění závazku ani v prodloužené lhůtě jednoho, popř. šesti dnů následuje intervenční prodej, popř. nákup za účelem splnění závazku.



Blokový obchod má negarantované vypořádání, jehož termín vypořádání si volí sami obchodníci v intervalu T+1 až T+15. Rovněž mimoburzovní transakce členů burzy patří mezi obchody s negarantovaným vypořádáním s volitelným termínem vypořádání v intervalu T+1 až T+15, příp. T+16 až T+30 při odloženém vypořádání, příp. T+1 až T+99 při vypořádání repo operací, půjček CP a buy-sell operací.

### **1.3. Burzovní index PX 50**

BCPP zavedla svůj oficiální hlavní index PX 50 při příležitosti prvního výročí zahájení obchodování. Byl zvolen standardní výpočet indexu ve shodě s metodologií IFC (International Finance Corporation) doporučenou pro tvorbu indexů (viz dodatek A na konci práce). Na základě rozborů bylo rozhodnuto vytvořit bázi složenou z 50 emisí. Do báze indexu se nezařazují emise oboru č.18 (investiční fondy) a holdingových společností vzniklých transformací z investičních fondů, neboť v jejich kurzech se již promítají cenové pohyby bazických emisí. Za výchozí burzovní den byl zvolen 5.duben 1994 a výchozí hodnotou indexu PX 50 se stalo 1000 bodů. Oddělení statistických analýz BCPP provedlo propočet indexu PX 50 i zpětně a k dispozici je časová řada začínající 7.zářím 1993.

Od 4.ledna 1999 BCPP zahájila průběžný výpočet indexu PX-50, který probíhá v době otevřené fáze obchodního segmentu SPAD od 9:30 do 16:00 hodin. Hodnoty indexu se zveřejňují v 5 minutových intervalech. U bazických emisí zařazených do SPAD do výpočtu vstupují středy platného rozpětí. U bazických emisí nezařazených do SPAD se v průběhu obchodního dne až do doby stanovení kurzu

v aukčním režimu zohledňují závěrečné kurzy z předchozího burzovního dne. Po zahájení obchodování v kontinuálním režimu se uplatňují aktuální kurzy, tzn. ceny posledních obchodů nebo ceny stanovené v aukčním režimu, pokud v kontinuálním režimu nebyl v dané seanci doposud uzavřen obchod. Závěrečné hodnoty indexu PX 50 jsou k dispozici po každé obchodní seanci v 17.00 hod.

Obecný vzorec pro výpočet indexu PX 50 je následující:

$$PX(t) = K(t) \times \frac{M(t)}{M(0)} \times 1000 ; \quad (1.1)$$

kde:  $M(t)$  je tržní kapitalizace báze v čase  $t$   
 $M(0)$  je tržní kapitalizace v základním (výchozím) období  
 $K(t)$  je faktor zřetězení v čase  $t$  (zohledňuje změny provedené v bázi indexu).

Výpočetní vzorec (1.2) lze přepsat do tvaru:

$$PX(t) = \frac{\text{kapitalizace báze v čase } t}{\text{hodnota báze v čase } t} \times 1000 . \quad (1.2)$$

Z porovnání vzorců (1.1) a (1.2) je zřejmé, že hodnota báze v čase  $t$  uvedená ve jmenovateli druhého vzorce je rovna výrazu  $M(0)/K(t)$ , tedy korigované tržní kapitalizaci v základním období.

Ke změně hodnoty báze ve vztahu (1.2) dochází nejen při výměně bazické emise, ale i při všech operacích, které mění tržní kapitalizaci bazické emise (zvýšení, resp. snížení počtu cenných papírů v emisi,

splynutí emisí, emise předkupních práv). Speciální operace výplata dividendy nezpůsobuje v případě PX 50 změnu hodnoty báze, dividendové výnosy se nezohledňují. Jedná se tedy o index cenový, nikoliv o “return” index. Platné počty CP v bazických emisích vycházejí z údajů poskytovaných Střediskem cenných papírů (SCP). Transformace hodnoty báze je založena na principu spojitosti indexu v okamžiku změny báze, z něhož plyne následující vztah:

$$\text{nová hodnota báze} = \text{stará hodnota báze} \times \frac{\text{kapital. nové báze v čase } t}{\text{kapital. staré báze v čase } t}$$

(1.3)

(Podrobněji viz dodatek B na konci práce.)

Komise pro správu burzovních indexů se při aktualizaci báze indexu PX 50 řídí následujícími pravidly:

- 1) Báze indexu obsahuje nejvýše 50 emisí akcií.
- 2) Do báze se nezařazují emise akcií investičních fondů (obor č.18) a holdingových společností vzniklých transformací z investičních fondů.
- 3) Do báze nesmí být zařazeny emise CP společností:
  - a) u nichž došlo k prohlášení o konkursu na majetek společnosti;
  - b) u nichž bylo povoleno vyrovnání podle zák. č. 328/91 Sb. v platném znění;
  - c) s jejichž CP je obchodování na BCPP dlouhodobě pozastaveno.
- 4) Aktualizace se provádí 2x ročně. Aktualizované báze vstupují v platnost 1. ledna, resp. 1. července. V případě, že se v uvedeném

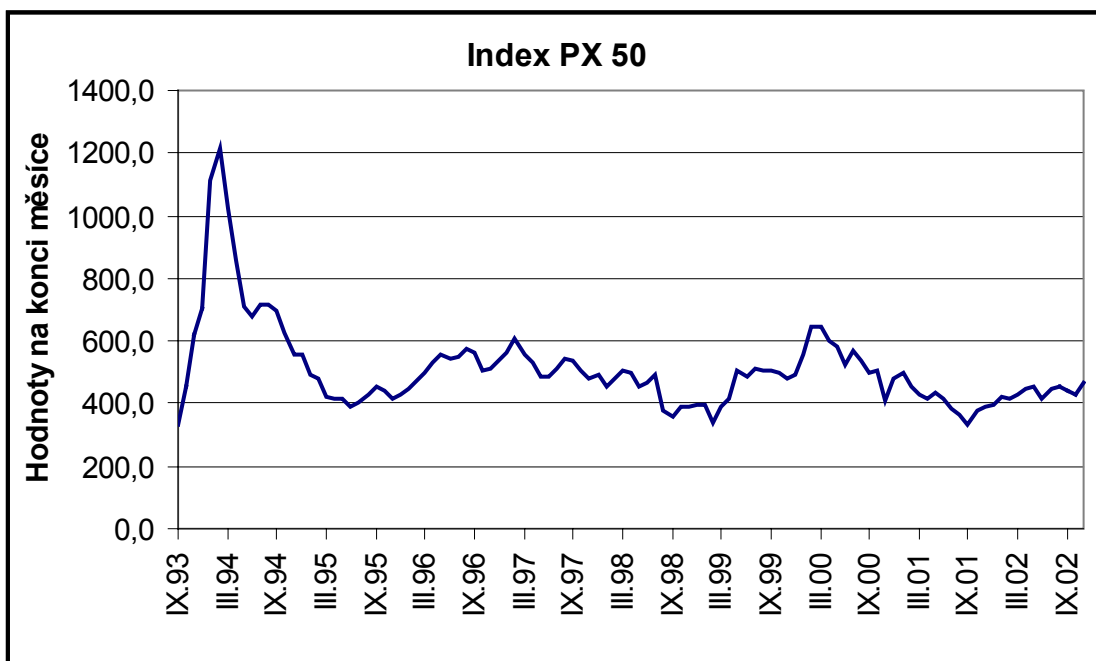
dnu nekoná burzovní seance, uskuteční se aktualizace v nejbližším následujícím burzovním dnu.

- 5) Do báze se zařazují nefondové emise akcií obchodované ve SPAD.
- 6) Do báze mohou být zařazeny emise ze souboru nefondových emisí akcií neobchodovaných ve SPAD (dále jen soubor DOP), pokud současně vyhovují následujícím požadavkům:
  - a) jejich podíl na tržní kapitalizaci souboru DOP je v rozhodném datu větší nebo roven  $p_1$  (%). Hodnotu parametru  $p_1$  stanovuje komise. Rozhodným datem pro výpočet tržních kapitalizací je 15.červen, resp. 15.prosinec. V případě, že se v uvedeném dnu nekoná burzovní seance, rozhodným dnem se stává předchozí burzovní den.
  - b) jejich podíl na celkovém objemu kurzotvorných obchodů emisí ze souboru DOP v rozhodném období je větší nebo roven  $p_2$  (%). Hodnotu parametru  $p_2$  stanovuje komise. Rozhodným obdobím se rozumí období od 16. prosince do 15. června, resp. od 16. června do 15. prosince.
- 7) Při výběru emisí do báze indexu z emisí vyhovujících bodu 6) komise přihlíží zejména k frekvenci uskutečněných obchodů a zohledňuje oborové hledisko.
- 8) V případě závažných okolností může být emise vyřazena z báze bez náhrady mimo termíny periodických aktualizací (BCPP 2002).

Z výše popsaných pravidel, které byly schváleny v prosinci 2001, mimo jiné plyne, že do té doby pevně stanovený počet 50 emisí v bázi indexu PX 50 je v současnosti variabilní s tím, že nemůže přesáhnout

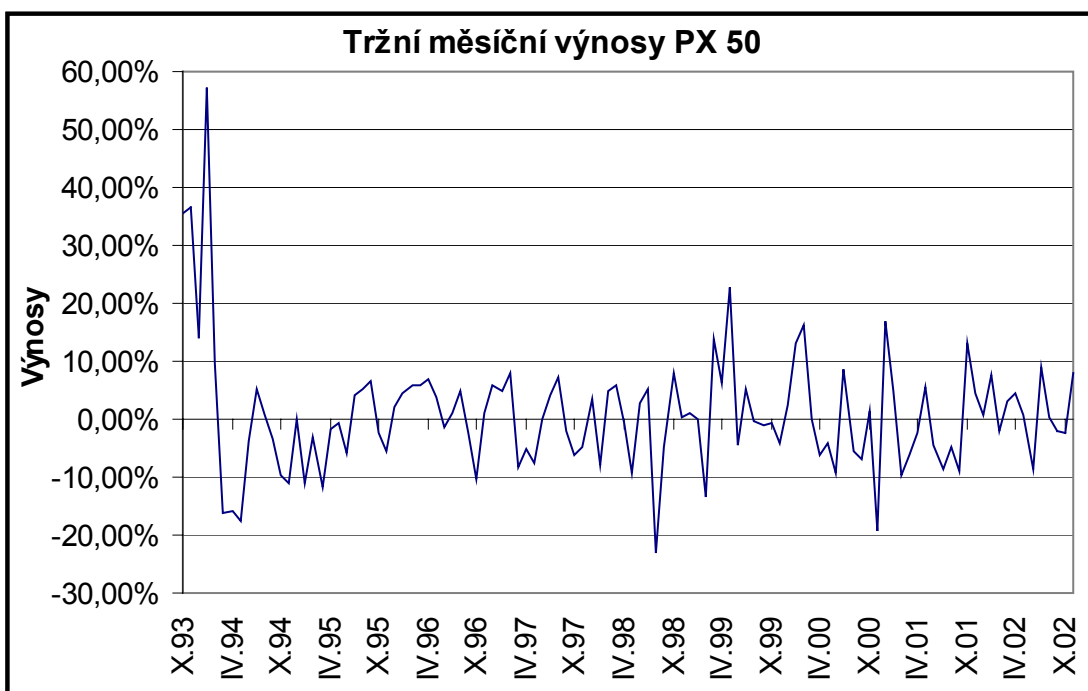
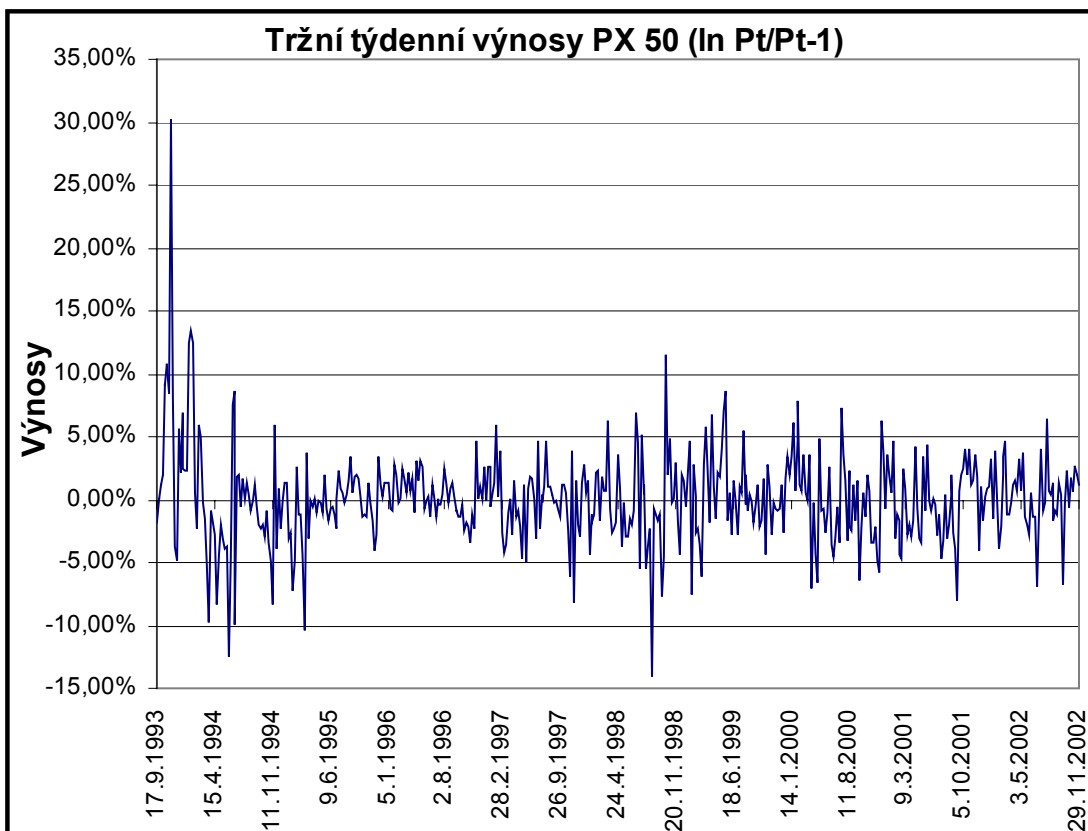
padesát. Na počátku roku 2002 byla báze indexu PX 50 tvořena 37 emisemi.

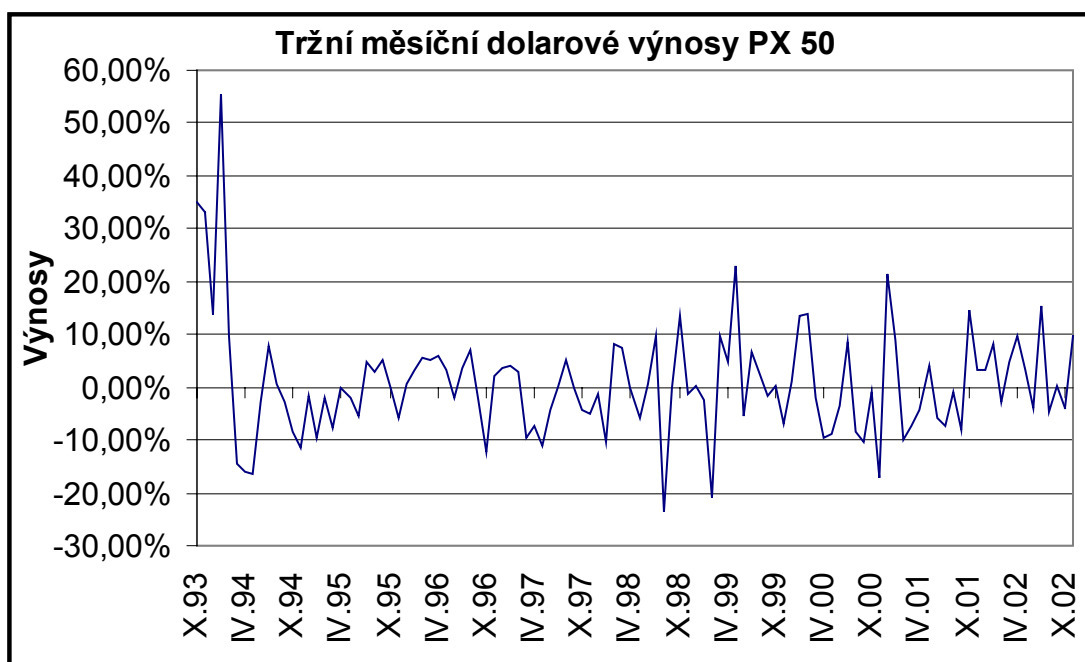
Největší, téměř 30% podíl na tržní kapitalizaci báze měla na počátku roku 2002 emise ČESKÝ TELECOM. Sumární podíl sedmi kapitalizačně nejvýznamnějších emisí, k nimž dále patří ČESKÉ RADIOKOMUNIKACE, ČESKÁ SPOŘITELNA, ČEZ, KOMERČNÍ BANKA, PHILIP MORRIS ČR a UNIPETROL, převyšoval 80%.



## 1.4. Tržní výnosy, tržní kapitalizace a počet emisí

### Tržní výnosy





*Poznámka: Dolarové hodnoty indexu PX 50 pro výpočet měsíčních výnosů byly získány podělením indexu průměrným směnným kurzem v daném měsíci. Z vizuálního porovnání obou obrázků je patrné, že se oba typy výnosů nějakým výrazným způsobem pravděpodobně neliší.*

<b>Roční míra výnosu z indexu PX 50 k 31.12.</b>		
<b>Rok</b>	<b>Index v CZK</b>	<b>Index v USD</b>
1994	- 21 %	- 17 %
1995	- 24 %	- 19 %
1996	<b>27 %</b>	<b>24 %</b>
1997	- 8 %	- 28%
1998	- 20 %	- 8 %
	<b>24 %</b>	<b>5 %</b>

1999		
2000	- 2 %	- 10 %
2001	- 18 %	- 12%
2002*	<b>18 %</b>	<b>40 %</b>

*Poznámka: Výnosy jsou zaokrouhleny na celá procenta a jsou propočteny z korunové nebo dolarové hodnoty indexu PX 50 na konci roku. Dolarové hodnoty byly získány podělením indexu průměrným směnným kurzem v daném měsíci. Znaménko mínus označuje pokles hodnoty indexu PX 50 proti minulému roku o příslušný počet %.*

*\* V roce 2002 je roční míra výnosu brána k 30.11.2002*

Tržní kapitalizace

<b>Tržní kapitalizace akcií na BCPP ke konci roku</b>		
<b>Rok</b>	<b>v mld. CZK</b>	<b>v mil. USD</b>
<b>1993</b>	<b>???</b>	<b>???</b>
<b>1994</b>	353,1	12513
<b>1995</b>	478,6	17955
<b>1996</b>	539,2	19724



<b>1997</b>	495,7	14273
<b>1998</b>	416,2	13844
<b>1999</b>	479,6	13452
<b>2000</b>	442,9	11409
<b>2001</b>	340,3	9333
<b>2002*</b>	477,8	15556

*zdroje: IFC Emerging Markets Database+ [www.pse.cz](http://www.pse.cz)*

*Poznámka: uváděno včetně podílových listů*

*\* Údaj k 30.11.2002*

*Počet emisí*

<b>Rok</b>	<b>Počet emisí akcií na BCPP ke konci roku</b>
<b>1993</b>	<b>971</b>
<b>1994</b>	<b>1028</b>
<b>1995</b>	<b>1716</b>
<b>1996</b>	<b>1670</b>

<b>1997</b>	<b>320</b>
<b>1998</b>	<b>304</b>
<b>1999</b>	<b>195</b>
<b>2000</b>	<b>151</b>
<b>2001</b>	<b>102</b>
<b>2002*</b>	<b>81</b>

*zdroje: IFC Emerging Markets Database+ [www.pse.cz](http://www.pse.cz)*

*Poznámka: uváděno včetně podílových listů*

*\* Údaj k 30.11.2002*

## **2. EFEKTIVNOST KAPITÁLOVÝCH TRHŮ**

### **2.1. Efektivnost v prostředí kapitálového trhu**

Teorie efektivnosti (někdy též výkonnosti) kapitálových trhů zkoumá, jak rychle je daný trh schopen absorbovat nové informace a reagovat na ně. Za efektivní je považován takový kapitálový trh, který dokáže všechny nové kurzotvorné faktory (informace) vstřebávat velmi rychle. V takové situaci pak nedochází k rozdílům mezi vnitřní hodnotou a tržní cenou dané akcie. Kurz pak vyjadřuje objektivní

hodnotu daného titulu a na trhu nelze najít podhodnocené nebo nadhodnocené instrumenty.

Pro reálné investory je tato skutečnost významná v tom, že jim efektivní trh poskytuje dostatečné množství příležitostí pro racionální investování a akcie tak nejsou pouze spekulativním nástrojem určité skupiny obchodníků s nižší mírou averze vůči riziku (burzovní spekulanti). Legislativní opatření tedy musí podporovat mimo jiné např. dokonalou informovanost všech investorů nebo pravdivost a ověřitelnost finančních výkazů.

Základní podmínky nutné k tomu, aby se trh mohl chovat efektivně, můžeme vymežit takto:

- 1) Na trhu musí existovat dostatek investorů vyhledávajících příležitosti k dosažení zisku, kteří neustále aktivně na tomto trhu participují (analyzují situaci, ohodnocují, prognózují a obchodují). Ani jeden z nich však není schopen sám ovlivnit cenu.
- 2) Investoři mají k dispozici dostatek levných, aktuálních a pravdivých informací, a to přibližně ve stejnou dobu.
- 3) Investoři reagují rychle a přesně na nové informace.
- 4) Obchody na kapitálovém trhu jsou spojeny s nízkými transakčními náklady a obchodní omezení jsou pokud možno co nejmenší.

Za základní charakteristiky, které poukazují na efektivitu daného kapitálového trhu, lze pak pokládat následující skutečnosti:

- a) Akciové kurzy velmi rychle a přesně absorbují nové kurzotvorné informace.
- b) Změny tržních cen jsou náhodné a neexistují racionálně podložené trendy ve vývoji cenových kurzů.

- c) Na efektivních trzích selhávají jednotlivé obchodní strategie vyplývající z technické či fundamentální analýzy.
- d) Na efektivních trzích jsou v delším období výsledky jednotlivých investorů na rizikově srovnatelné úrovni přibližně stejné (Jones 1991).

Pokud bychom to měli vše shrnout, tak lze říci, že efektivní kapitálový trh všechny relevantní informace plně a korektně promítá do cen akcií na trhu. Formálněji to lze definovat tak, že kapitálový trh je efektivní vzhledem k určité množině informací, jestliže prozrazením těchto informací všem účastníkům trhu nedojde ke změně cen akcií. Ještě jinak to také znamená, že nelze docílit nadměrného ekonomického výnosu obchodováním s akciemi na základě těchto informací. Dle konkrétního určení množiny informací se pak rozlišují klasické definice efektivnosti kapitálového trhu (viz 2.2).

## **2.2. Definice slabé, střední a silné efektivnosti**

### *Slabá efektivnost*

Řekneme, že kapitálový trh dosahuje slabé formy efektivnosti, jestliže aktuální kurzy zahrnují všechny informace obsažené v jejich historických časových řadách. Takováto forma efektivnosti vede k tomu, že relativní změny kurzů splňují hypotézu náhodné procházky a budoucí kurzový pohyb tudíž nelze na základě historických burzovních dat

předpovídat. Jinými slovy použití technické analýzy k predikci není v tomto případě racionálně nijak podloženo ani zdůvodněno.

#### *Střední efektivnost trhu*

Řekneme, že kapitálový trh dosahuje střední formy efektivnosti, jestliže aktuální kurzy v sobě zahrnují nejen historická data (tedy vykazují slabou formu efektivnosti), ale mají v sobě obsaženy navíc i všechny veřejně dostupné informace. Takováto forma efektivnosti vede k tomu, že vedle technické analýzy kurzů ani fundamentální analýza firemní situace nebo ekonomiky jako celku nemůže investorovi pomoci k objevení nějaké příležitosti nadměrného výnosu. Jinými slovy na trhu nelze objevit špatně ohodnocené instrumenty (nadhodnocené nebo podhodnocené).

#### *Silná efektivnost trhu*

Řekneme, že kapitálový trh dosahuje silné formy efektivnosti, jestliže aktuální kurzy v sobě zahrnují všechny informace, a to tedy jak veřejně dostupné, tak i veřejně nedostupné (tzv. vnitřní informace). Takováto forma efektivnosti vede k tomu, že na trhu neexistuje žádná informace, které by mohl investor využít k získání nadměrného výnosu. Jinými slovy bezcennými se stávají i vnitřní informace a k lepším výsledkům by tedy nevedly ani obchody insiderů (Filer, Hanousek 1996).

Formálně můžeme předchozí definice a střední hodnotu budoucí ceny na trhu v čase  $t+1$  vyjádřit a zapsat následujícím způsobem:

$$E_t(P_{t+1} | \Phi_t) = P_t \tag{2.1}$$

přičemž řekneme, že **trh je slabě efektivní**, jestliže rovnice 2.1 je splněna pro informační množinu  $\Phi^{SL}$ , která obsahuje všechny historické informace o cenách až do současnosti. Pokud je rovnice 2.1 splněna pro informační množinu  $\Phi^{ST}$ , která kromě množiny  $\Phi^{SL}$  obsahuje i všechny až do současnosti veřejně dostupné informace ovlivňující kapitálový trh, řekneme že **trh je středně efektivní**. Pokud je rovnice 2.1 splněna pro informační množinu  $\Phi^{SI}$  obsahující až do současnosti úplně všechny informace ovlivňující kapitálový trh (tedy i neveřejné), říkáme, že **trh je silně efektivní**. Z definic je rovněž zřejmé, že platí:

$$\Phi^{SL} \subset \Phi^{ST} \subset \Phi^{SI} \quad (2.2)$$

### 2.3. Modely pro testování efektivnosti

Základní modely, ze kterých většina metod a nástrojů pro testování především slabé efektivnosti kapitálových trhů vychází, jsou založeny na různých variantách hypotézy náhodné procházky včetně jejího zobecnění.

Uvažujme proto různé druhy závislosti, které mohou existovat mezi dvěma kurzovými výnosy  $r_t$  a  $r_{t+k}$  ve dvou časových okamžicích  $t$  a  $t+k$ . Abychom to udělali, definujme náhodné proměnné  $f(r_t)$  a  $g(r_{t+k})$ , kde  $f(\cdot)$  a  $g(\cdot)$  jsou dvě libovolné funkce a zaměřme se na situaci, kdy

$$Cov[f(r_t), g(r_{t+k})] = 0, \forall t, \forall k \neq 0 \quad (2.3)$$

Pro vhodně vybrané  $f(\cdot)$  a  $g(\cdot)$ , jsou pak různé verze hypotézy náhodné procházky a martingálová hypotéza zachyceny v TAB 2.1 a můžeme je interpretovat také jako podmínky ortogonality (kolmosti).

Omezíme-li se např. při výběru funkcí  $f(\cdot)$  a  $g(\cdot)$  pouze na libovolné lineární funkce, ze vztahu 2.3 pak plyne sériová nekorelovanost výnosů, která koresponduje s modelem náhodné procházky typu 3 (podrobněji viz dále). Podobně neklademe-li na funkci  $f(\cdot)$  žádná omezení a funkce  $g(\cdot)$  je libovolná lineární funkce, je vztah 2.3 ekvivalentní martingálové hypotéze (viz dále). V situaci, kdy vztah 2.3 platí pro všechny funkce  $f(\cdot)$  a  $g(\cdot)$ , jsou výnosy vzájemně nezávislé, což koresponduje s modelem náhodné procházky typu 1 a s modelem náhodné procházky typu 2 (Campbell, Lo, MacKinlay 1997).

<b>Klasifikace hypotéz náhodné procházky a martingálové hypotézy</b>		
$Cov[f(r_t), g(r_{t+k})] = 0$	$g(r_{t+k})$ $\forall g(\bullet)$ lineární	$g(r_{t+k})$ $\forall g(\bullet)$
$f(r_t), \forall f(\bullet)$ lineární	Náhodná procházka 3 nekorelované výnosy $Proj[r_{t+k}   r_t] = \mu$	-----
$f(r_t), \forall f(\bullet)$	Martingálová hypotéza spravedlivá hra $E[r_{t+k}   r_t] = \mu$	Náhodná procházka 1,2 nezávislé výnosy $pdf(r_{t+k}   r_t) = pdf(r_t)$

Proj[y|x]- lin.projekce y na x, pdf (.) - funkce hustoty pravděpodobnosti TAB 2.1

### Martingálový model

Tento model vychází z teorie náhodných her a z definice spravedlivé hry, což je taková hra, jejíž podmínky neumožňují ani jednomu z hráčů zvolit herní strategii, která by byla apriori

pravděpodobnostně výhodnější než herní strategie, které mají k dispozici ostatní hráči.

Toto je také podstatou tzv. **martingálu**, což je diskrétní stochastický proces  $\{P_t\}$ , pro který platí:

$$E[P_{t+1} | P_t, P_{t-1}, \dots, P_1] = P_t \quad (2.4)$$

nebo ekvivalentně

$$E[P_{t+1} - P_t | P_t, P_{t-1}, \dots, P_1] = 0 \quad (2.5)$$

Jestliže  $P_t$  je cena aktiva v čase  $t$ , pak martingálová hypotéza udává, že nejlepším odhadem budoucí (zítřejší) ceny na základě kompletní známé řady historických cen daného aktiva až do současnosti je současná (dnešní) cena. Jinak řečeno, očekávaná změna ceny daného aktiva na základě historických cen daného aktiva je nulová, z čehož plyne, že je stejně pravděpodobný růst ceny i pokles ceny. Pro předpovědi budoucích cen z martingálové hypotézy tedy plyne, že nejlepší předpovědi budoucí ceny je současná cena, přičemž nejlepší chápeme ve smyslu minimální střední čtvercové chyby (MSE).

Jiným důsledkem martingálové hypotézy je také nekorelovanost cenových změn ve všech nepřekrývajících se časových okamžicích, což vede k tomu, že selhávají všechny lineární metody technické analýzy pro predikci budoucích cen na základě historických cen. Martingál byl dlouho považován za nutnou podmínku efektivního kapitálového trhu a čím silněji bylo možno argumenty pro nezamítnutí martingálové



hypotézy empiricky doložit, tím byl trh považován za efektivnější, tedy takový, kde jsou cenové změny generovány trhem zcela náhodně a nepředvídatelně.

Ukázalo se však, že martingál je pouze postačující nikoliv nutnou podmínkou efektivnosti kapitálového trhu, protože i na standardních a efektivně fungujících kapitálových trzích se lze setkat s nenulovou autokorelací současných a minulých cen či výnosů. Tato skutečnost bývá vysvětlována např. institucionálními faktory na trhu jakou jsou transakční náklady či jiná burzovní pravidla omezující určitým způsobem obchodování nebo také různými frekvencemi obchodování s akciemi menších a větších společností. Předpokládá se, že akcie malých firem, které se obchodují zpravidla méně často, absorbují kurzotvorné informace s větším zpožděním ve srovnání s absorpcí kurzotvorných informací do cen akcií velkých firem, které se obchodují častěji, což pak může vést k nenulové autokorelaci zejména současných a minulých hodnot burzovních indexů, které zpravidla zahrnují oba typy akcií. Tyto skutečnosti vedly k tomu, že vznikl nový model popisující efektivní fungování kapitálového trhu a sice model náhodné procházky.

#### Model náhodné procházky - typu I (NP1)

Nejjednodušší verze hypotézy náhodné procházky předpokládá nezávislé a stejně rozdělené přírůstky cen a je dána rovnicí:

$$P_t = \mu + P_{t-1} + \varepsilon_t, \varepsilon_t \approx IID(0, \sigma^2) \quad (2.6)$$

kde  $\mu$  je očekávaná cenová změna (drift) a  $IID(0, \sigma^2)$  značí, že  $\varepsilon_t$  je nezávislá a stejně rozdělená náhodná veličina se střední hodnotou 0 a rozptylem  $\sigma^2$ . Z nezávislosti přírůstků  $\{\varepsilon_t\}$  vyplývá, že náhodná procházka je také spravedlivá hra, ale v mnohem silnějším smyslu než martingál. Z nezávislosti plyne nejen, že přírůstky cen jsou nekorelované, ale že rovněž libovolné nelineární funkce přírůstků cen jsou nekorelované. Tato vlastnost je pak klíčová pro model, který nazýváme **náhodná procházka typu 1**.

Abychom základní myšlenku tohoto modelu více prohloubili, uvažujme následující tvary střední hodnoty a rozptylu ceny v čase  $t$  podmíněných počáteční cenou  $P_0$  v čase 0:

$$E[P_t | P_0] = P_0 + \mu t \quad (2.7)$$

$$Var[P_t | P_0] = \sigma^2 t \quad (2.8)$$

které vychází z rekurzivního dosazování cen  $P_t$  do vzorce 2.6 a z předpokladu o nezávislosti a stejném rozdělení přírůstků cen. Ze vzorců 2.7 a 2.8 je pak patrné, že náhodná procházka je nestacionární a že její podmíněná střední hodnota a rozptyl jsou lineární funkcí času.

Zabývejme se však ještě vztahem 2.6. Přijmeme-li předpoklad, že cenové přírůstky mají normální rozdělení, nebo-li že  $\varepsilon_t$  jsou IID s normálním rozdělením  $N(0, \sigma^2)$ , pak se vztahu 2.6 někdy také říká aritmetický Brownův pohyb. Tento distribuční předpoklad sice zjednodušuje mnoho statistických výpočtů týkajících se náhodné procházky, ale na druhou stranu z něho vyvozený důsledek, že i

podmíněné distribuční rozdělení cen  $P_t$  je normální, vede k tomu, že vždy existuje kladná pravděpodobnost, že  $P_t < 0$ .

Abychom se tohoto nerealistického předpokladu zbavili, používá se přirozený logaritmus cen  $p_t = \ln P_t$  a předpokládá se, že právě přirozený logaritmus cen  $p_t$  se chová jako náhodná procházka, kde přírůstky mají normální rozdělení, z čehož plyne vztah:

$$p_t = \mu + p_{t-1} + \varepsilon_t, \varepsilon_t \approx IID, N(0, \sigma^2) \quad (2.9)$$

který dále implikuje, že souvislá řada tržních výnosů na kapitálovém má IID normální rozdělení se střední hodnotou  $\mu$  a rozptylem  $\sigma^2$ .

#### Model náhodné procházky - typu 2 (NP2)

I přes eleganci a jednoduchost modelu náhodné procházky typu 1, je předpoklad stejně rozdělených přírůstků cen na kapitálovém trhu zejména v delším časovém období nepřijatelný. Ekonomické, politické, společenské, technologické a institucionální změny i právní a regulační rámec totiž ceny na kapitálovém trhu bezesporu ovlivňují a v delším časovém horizontu se tak parametry distribučního rozdělení cenových přírůstků a denních výnosů na kapitálovém trhu mění.

Upustíme-li od předpokladu stejného rozdělení přírůstků cen na kapitálovém trhu, ale i nadále zachováme předpoklad jejich nezávislosti, mluvíme o modelu **náhodné procházky typu 2**, kde náhodná procházka typu 1 je pochopitelně jejím speciálním případem. Náhodná procházka typu 2 nám však umožňuje modelovat i mnohem obecnější procesy tvorby cen na kapitálovém trhu. Např. jsou to modely

s měnícím se rozptylem přírůstků cen v čase, kde se předpokládá heteroskedasticita pro časovou řadu  $\{\varepsilon_t\}$ .

Přestože model náhodné procházky typu 2 má o něco slabší předpoklady než jeho varianta typu 1, uchoval si zajímavou interpretaci, ze které pak vycházejí i některé testovací nástroje, a sice že libovolnou transformaci přírůstků budoucích cen nelze predikovat pomocí jakékoliv transformace přírůstků minulých cen.

### Model náhodné procházky - typu 3 (NP3)

Ještě obecnější verzí modelu náhodné procházky se stal model, který upouští i od nezávislosti a zahrnuje procesy se závislými, ale nekorelovanými, přírůstky cen na kapitálovém trhu. Takovýto model se pak nazývá **náhodná procházka typu 3**, přičemž modely typu 1 a 2 jsou jeho speciálním případem.

Příkladem procesu, který vyhovuje předpokladům modelu náhodné procházky typu 3, ale naopak nesplňuje předpoklady modelů typu 1 a 2 je např. proces, pro který platí:

$$\text{Cov}[\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}] = 0, \forall k \neq 0 \quad (2.10)$$

a současně

$$\exists k \neq 0, \text{Cov}[\varepsilon_t^2, \varepsilon_{t-k}^2] \neq 0 \quad (2.11)$$

Takovýto proces má nekorelované přírůstky cen, které ale zjevně nejsou nezávislé, neboť druhé mocniny přírůstků jsou korelované (Campbell, Lo, MacKinlay 1997).

## 2.4 Testy efektivity

### 2.4.1. Test bodů zvratu

Jedním z velice často používaných neparametrických testů hypotézy náhodné procházky typu 1, tj. testů nezávislých na konkrétním  $i$  když v případě NP1 stále stejném distribučním rozdělení tržních výnosů, je tzv. **test bodů zvratu**.

Jeho nejjednodušší verze vychází z Brownova pohybu, který předpokládá, že logaritmy cen  $p_t = \ln P_t$  se chovají jako NP1 bez očekávané cenové změny (driftu)  $\mu$ :

$$p_t = p_{t-1} + \varepsilon_t, \varepsilon_t \approx IID(0, \sigma^2) \quad (2.12)$$

a dále definuje náhodné veličiny  $I_t$  následujícím způsobem:

$$\begin{aligned} I_t &= 1, r_t \equiv p_t - p_{t-1} > 0 \\ I_t &= 0, r_t \equiv p_t - p_{t-1} \leq 0 \end{aligned} \quad (2.13)$$

Samotný princip testu pak spočívá v porovnání frekvencí, tzv. sekvencí a zvratů, kde sekvence je vždy dvojice po sobě jdoucích tržních výnosů se stejným znaménkem, kladným či záporným a zvrat je vždy dvojice po sobě jdoucích tržních výnosů s opačným znaménkem, tedy např. tržní pokles následovaný vzestupem nebo naopak tržní vzestup, po kterém přichází pokles. Pomocí veličin  $I_t$  lze počet sekvencí  $N_s$  a počet zvratů  $N_z$  v posloupnosti  $n+1$  tržních výnosů  $r_1, \dots, r_{n+1}$  vyjádřit následujícím způsobem:

$$N_s = \sum_{t=1}^n Y_t Y_{t+1} \equiv I_t I_{t+1} + (1 - I_t)(1 - I_{t+1})$$

$$N_z = n - N_s \quad (2.14)$$

Jestliže se logaritmy cen skutečně chovají jako NP1 bez driftu a jestliže rozšíříme předpoklady o symetričnost rozdělení náhodných přírůstků  $\varepsilon_t$ , pak za platnosti hypotézy platí, že pravděpodobnost sekvence či zvratu v jakékoliv dvojici po sobě jdoucích tržních výnosů  $r_t$  je stejná, tudíž že poměr  $N_s / N_z$  označovaný jako Cowles-Jonesův *CJ* poměr by se měl přibližně rovnat 1. O něco sofistikovaněji může být *CJ* poměr interpretován jako konzistentní odhad poměru pravděpodobnosti sekvence  $\pi_s$  a pravděpodobnosti zvratu  $1 - \pi_s$ , odtud:

$$\overline{CJ} = \frac{N_s}{N_z} = \frac{N_s/n}{N_z/n} = \frac{\overline{\pi_s}}{1 - \overline{\pi_s}} \xrightarrow{pst} \frac{\pi_s}{1 - \pi_s} = CJ = \frac{1/2}{1/2} = 1 \quad (2.15)$$

přičemž se jedná o konvergenci v pravděpodobnosti. Během zkoumání mnoha historických časových řad tržních výnosů se však ukázalo, že *CJ* poměr je velice často průkazně větší než 1, což podle Cowlese a Jonese svědčí o určité struktuře v cenách akcií, která může být vysvětlena různými např. již v kapitole 2.3 zmiňovanými institucionálními faktory.

Je tedy třeba opustit předpoklad nulové očekávané cenové změny (driftu), který teoretickou hodnotu poměru *CJ* silně ovlivňuje. Budeme-li totiž drift, ať už pozitivní či negativní uvažovat, je jasné, že pro NP1 bude poměr *CJ* vždy převyšovat hodnotu 1, protože výskyt sekvencí je v

takovém případě pravděpodobnější než výskyt zvrátů. Pro ilustraci tedy předpokládejme, že logaritmy cen  $p_t = \ln P_t$  se chovají jako NP1 s driftem  $\mu$  a náhodné přírůstky  $\varepsilon_t$  mají normální rozdělení se střední hodnotou 0 a rozptylem  $\sigma^2$  (viz vztah 2.9). Pak je také indikátor  $I_t$  vychýlen ve směru driftu:

$$\begin{aligned} I_t &= 1, \text{ s } \textit{pst.} \pi \\ I_t &= 0, \text{ s } \textit{pst.} 1 - \pi \end{aligned} \tag{2.16}$$

kde

$$\pi = P(r_t > 0) = \Phi\left(\frac{\mu}{\sigma}\right) \tag{2.17}$$

přičemž  $r_t = p_t - p_{t-1}$  a  $\Phi$  je distribuční funkce normálního rozdělení  $N(0,1)$ . Je-li drift kladný, pak je pravděpodobnost  $\pi > 1/2$ , je-li drift záporný, je pravděpodobnost  $\pi < 1/2$ . Za těchto podmínek lze Cowles-Jonesův poměr  $CJ$  vyjádřit následujícím vztahem:

$$CJ = \frac{\pi^2 + (1-\pi)^2}{2\pi(1-\pi)} \geq 1 \tag{2.18}$$

Za platnosti hypotézy NP1 lze pak odvodit, že  $CJ$  má následující asymptoticky normální rozdělení:

$$\overline{CJ} \approx N\left(\frac{\pi_s}{1-\pi_s}, \frac{\pi_s(1-\pi_s) + 2(\pi^3 + (1-\pi)^3 - \pi_s^2)}{n(1-\pi_s)^4}\right) \tag{2.19}$$

kde  $\pi_s = \pi^2 + (1-\pi)^2$ .

### 2.4.2. Run test

Dalším velice používaným testem pro hypotézu NP1 je tzv. **run test**, který zkoumá v posloupnosti tržních výnosů počet sekvencí bezprostředně se opakujících kladných výnosů nebo záporných výnosů, tzv. kladných a záporných runů. Např. použijeme-li indikátor  $I_t$  definovaný vztahem 2.13, mohou se v posloupnosti tržních výnosů vyskytovat základní sekvence v pořadí 1001110100, což zahrnuje 3 kladné runy (o délkách 1, 3, 1) a 3 záporné runy (o délkách 2,1,2), tedy celkem 6 runů, ale lze si představit také posloupnost tržních výnosů se základními sekvencemi 0000011111, kde se vyskytují 1 záporný run (o délce 5) a 1 kladný run (také o délce 5), tedy celkem pouze 2 runy. Abychom mohli sestavit a použít nějaký test pro hypotézu NP1, je třeba zjistit jaké je distribuční rozdělení počtu runů  $N_r$  v posloupnosti  $n$  tržních výnosů.

Použitím kombinatoriky a multinomického rozdělení lze speciálně pro náš případ NP1 odvodit, že očekávaná střední hodnota počtu runů v posloupnosti tržních výnosů o délce  $n$  je následující:

$$E[N_r] = 2n\pi(1-\pi) + \pi^2 + (1-\pi)^2 \quad (2.20)$$

kde  $\pi$  značí pravděpodobnost, že indikátor  $I_t$  definovaný vztahem 2.13 je roven 1.

Lze si všimnout, že vztah 2.20 nabývá maxima rovnému  $(n+1)/2$  pro  $\pi=1/2$ , což odpovídá variantě NP1 bez driftu, zatímco v případě přítomnosti driftu, ať už kladného či záporného, očekávaná střední



hodnota počtu runů vždy klesne pod toto maximum. Abychom si udělali představu o citlivosti  $E[N_r]$  vůči driftu, poslouží nám data z následující tabulky:

<b>n</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\pi</math></b>	<b><math>E[N_r]</math></b>
1000	0	0,500	500,5
1000	2	0,538	497,6
1000	4	0,576	489,1
1000	6	0,612	475,2
1000	8	0,648	456,5
1000	10	0,683	433,6
1000	12	0,716	407,2
1000	14	0,748	378,1
1000	16	0,777	347,3
1000	18	0,804	315,5
1000	20	0,830	283,5

kde drift  $\mu$  nabývá hodnot 0%,...,20% a  $\sigma = 21\%$

TAB 2.2

Za platnosti hypotézy NP1 lze pak odvodit asymptoticky normální statistiku  $z$  s rozdělením  $N(0,1)$ , která má následující tvar:

$$z = \frac{N_r + \frac{1}{2} - 2n\pi(1-\pi)}{2\sqrt{n\pi(1-\pi)[1-3\pi(1-\pi)]}} \approx N(0,1)$$

(2.21)

### 2.4.3. Filtrovací pravidla a technická analýza

Pokud bychom opustili předpoklad IID náhodných přírůstků  $\varepsilon_t$  a uvažovali pouze jejich nezávislost, jinými slovy zkoumali hypotézu NP2, můžeme v tomto případě použít kromě sofistikovaných testovacích statistik, které se ale konstruují tentokrát dost obtížně, tzv. **filtrovací pravidla**.

Pro testování NP2 filtrovací pravidla poskytují následující strategii, a sice koupit aktivum ve chvíli, kdy jeho cena stoupne o  $x\%$  a prodat aktivum ve chvíli, kdy jeho cena klesne o  $x\%$ . Pravidlo se pak nazývá  $x\%$  filtr.

Hypotéza NP2 se pak ověřuje tím, že se porovnává, zda by tato strategie  $x\%$  filtru přinesla investorovi větší výnos než klasická strategie nákupu a držení portfolia. Pokud ano, znamenalo by to, že trh nesplňuje hypotézu NP2 a není tedy v tomto smyslu efektivní (podrobněji viz např. Fama 1970).

Filtrovací pravidla jsou pouze jedním příkladem z širšího okruhu investorských strategií, které vycházejí z **technické analýzy**. Ta zpravidla na základě geometrických obrazců znázorňujících kurzové pohyby cen akcií usuzuje na budoucí kurzový pohyb. Při testování efektivnosti trhu by tedy znovu mělo platit, že výnos portfolia založený na investorské strategii vycházející z technické analýzy by neměl být o nic vyšší než výnos z klasické strategie nákupu a držení portfolia. Přestože technická analýza by neměla mít na efektivně fungujícím kapitálovém trhu žádné uplatnění, dodnes se používá a na vyspělých

tržích již do ní bývají kromě historických cen navíc zahrnuta i fundamentální data jakou jsou výnosy, dividendy, apod.

#### 2.4.4. Test podílem rozptylů

Tento test je v určitých modifikacích aplikovatelný na všechny druhy hypotézy náhodné procházky a vychází ze základní myšlenky, že pokud časová řada přirozených logaritmů cen má skutečně splňovat hypotézu náhodné procházky, pak rozptyl jejich  $q$ -tých diferencí musí přímo úměrně růst s řádem difference  $q$ . Podíl rozptylů  $VR(q)$  je definován takto:

$$VR(q) = \frac{\sigma^2(q)}{\sigma^2(1)} \quad (2.22)$$

kde  $\sigma^2(q)$  je rozptyl  $q$ -tých diferencí podělený  $q$  a  $\sigma^2(1)$  je rozptyl prvních diferencí, přesněji (Lo a MacKinlay, 1989):

$$\sigma^2(q) = \frac{1}{m} \sum_{t=q}^{nq} (\ln P_t - \ln P_{t-q} - q\hat{\mu})^2 \quad (2.23)$$

$$\sigma^2(1) = \frac{1}{(nq - 1)} \sum_{t=1}^{nq} (\ln P_t - \ln P_{t-1} - \hat{\mu})^2 \quad (2.24)$$

přičemž

$$m = q(nq - q + 1) \left(1 - \frac{q}{nq}\right)$$

$$\hat{\mu} = \frac{1}{nq} (\ln P_{nq} - \ln P_0)$$

a  $P_0$ ,  $P_{nq}$  jsou první a poslední pozorování časové řady cen.

Za platnosti hypotézy náhodné procházky by se tedy podíl rozptylů  $VR(q)$  měl blížit jedné, z čehož byly odvozeny dvě testové

statistiky  $z(q)$  a  $z'(q)$  v závislosti na tom, zda uvažujeme pro  $\varepsilon_t$  ze vzorce 2.12 homoskedasticitu (konstantní rozptyl), což koresponduje s hypotézou NP1 či heteroskedasticitu (variabilní rozptyl), což koresponduje s hypotézou NP2 či NP3. Vzorce testových statistik  $z(q)$  a  $z'(q)$ , jež by obě za platnosti hypotézy měly asymptoticky odpovídat standardnímu normálnímu rozdělení  $N(0,1)$ , vypadají následovně:

$$z(q) = \frac{VR(q) - 1}{\sqrt{\Phi(q)}} \approx N(0,1) \quad (2.25)$$

kde

$$\Phi(q) = \frac{2(2q-1)(q-1)}{3q(nq)}$$

$$z'(q) = \frac{VR(q) - 1}{\sqrt{\Phi'(q)}} \approx N(0,1) \quad (2.26)$$

kde

$$\Phi'(q) = \sum_{j=1}^{q-1} \left[ \frac{2(q-j)}{q} \right]^2 \hat{\delta}(j)$$

a

$$\hat{\delta}(j) = \frac{\sum_{t=j+1}^{nq} (\ln P_t - \ln P_{t-1} - \hat{\mu})^2 (\ln P_{t-j} - \ln P_{t-j-1} - \hat{\mu})^2}{\sum_{t=1}^{nq} [(\ln P_t - \ln P_{t-1} - \hat{\mu})^2]^2}$$

Technicky je zamítnutí hypotézy, že podíl rozptylů je roven 1, ať už pro kterékoliv časové zpoždění, dostatečně významné pro zamítnutí hypotézy náhodné procházky. Nicméně lze také posuzovat všechna časová zpoždění dohromady a uvažovat jediný interval spolehlivosti pro maximální hodnotu testové statistiky přes všechna časová zpoždění (podrobněji viz Stolin, Ury 1979), což může přinést trošku odlišný pohled na danou problematiku. Při použití testové statistiky  $z(q)$  nesmíme rovněž zapomínat, že je odvozena pro hypotézu NP1 a je tedy třeba dodatečně otestovat, že přírůstky logaritmů cen  $\varepsilon_t$  jsou IID. Naopak při použití statistiky  $z'(q)$  nám stačí jejich nezávislost či dokonce pouze nekorelovanost.

#### 2.4.5. Test slabé efektivnosti pomocí GARCH modelu

Vydeme-li ze vzorce 2.12 pro základní model NP1 bez driftu, tedy jinak zapsáno, že:

$$\ln P_t = \ln P_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.27)$$

kde

$$\begin{aligned} E(\varepsilon_t) &= 0, \\ E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-s}) &= \sigma^2; s = 0 \\ E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-s}) &= 0; s \neq 0 \end{aligned}$$

pak již bylo řečeno, že nejlepším odhadem budoucí ceny je právě současná cena. Také však již bylo zmíněno, že předpoklad

homoskedasticity není zcela reálný. Díky např. různým institucionálním změnám či měnícím se frekvencím obchodování na kapitálovém trhu pravděpodobně dochází k tomu, že i rozptyl výnosů se v čase mění, tudíž že je tento rozptyl závislý na nových informacích, které se na trhu objevují. Dobře to lze zachytit tzv. ARCH modelem, nebo-li modelem autoregresivní podmíněně heteroskedasticity:

$$\begin{aligned}
 \ln P_t &= \ln P_{t-1} + \varepsilon_t \\
 \varepsilon_t \mid \Phi_{t-1} &\approx N(0, h_t^2) \\
 h_t^2 &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2; \alpha_i \geq 0, i = 0, \dots, p
 \end{aligned}
 \tag{2.28}$$

kde  $\Phi_{t-1}$  je množina všech dostupných informací do času t-1 a  $p$  je řád ARCH procesu, který lze odhadnout např. metodou maximální věrohodnosti.

Zobecněním ARCH(p) procesu je pak tzv. GARCH (p,q) proces, nebo-li zobecněný model autoregresivní podmíněně heteroskedasticity, který bere do úvahy nejen minulé hodnoty chyb, ale také minulé hodnoty rozptylů:

$$\begin{aligned}
 \ln P_t &= \ln P_{t-1} + \varepsilon_t \\
 \varepsilon_t \mid \Phi_{t-1} &\approx N(0, h_t^2) \\
 h_t^2 &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^2; \\
 \alpha_i &\geq 0, i = 0, \dots, p \\
 \beta_j &\geq 0, j = 0, \dots, q
 \end{aligned}
 \tag{2.29}$$

kde  $\Phi_{t-1}$  je množina všech dostupných informací do času  $t-1$  a  $p, q$  jsou parametry GARCH procesu (viz také Vošvrda, Filáček, Kapička 1998).

Z GARCH ( $p, q$ ) modelu, jehož parametry  $p, q$  lze odhadnout např. pomocí Hannan-Quinnova, Schwarzova nebo Akaikeho kritéria, pak můžeme vytvořit následující testovací model:

$$\begin{aligned} \Delta \ln P_t &= \gamma_0 + \sum_{k=1}^r \gamma_k \Delta \ln P_{t-k} + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t | \Phi_{t-1} &\approx N(0, h_t^2) \\ h_t^2 &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}^2; \\ \alpha_i &\geq 0, i = 0, \dots, p \\ \beta_j &\geq 0, j = 0, \dots, q \end{aligned} \tag{2.30}$$

kde  $\Delta \ln P_t = \ln P_t - \ln P_{t-1}$ , přičemž nezamítnutí nulové hypotézy  $H_0: \gamma_k = 0$  pro všechna  $k = 0, \dots, r$  a  $\varepsilon_t$  je IID nám poskytuje argumenty pro slabou efektivitu ve formě martingálového modelu (viz kapitola 2.3). Naopak zjistíme-li, že  $\gamma_k$  se statisticky významně liší od nuly pro nějaké  $k$ , nulovou hypotézu zamítáme. Současně je třeba mít na paměti, že  $H_0$  nezamítáme pouze v případě, že kromě nulovosti koeficientů  $\gamma_k$  vykazují rezidua  $\varepsilon_t$  normální rozdělení, což může mít velice zásadní význam. Pokud totiž předpoklad normality reziduí  $\varepsilon_t$  není splněn, znamená to, že GARCH proces ve tvaru 2.29 není aplikovatelný nebo že předpoklad normality reziduí v tomto modelu je sám o sobě chybný.

#### 2.4.6. Test střední efektivnosti

Vyjdeme-li z definice střední efektivnosti kapitálového trhu z kapitoly 2.2, můžeme střední efektivnost cen popsat jako situaci, ve které jsou splněny následující dvě podmínky:

- 1) musí existovat závislost mezi současnými tržními výnosy a současnými hodnotami makroekonomických proměnných (jako zástupců veřejně dostupných informací);
- 2) minulé (zpožděné) hodnoty těchto makroekonomických proměnných naopak nesmí umožnit potencionálním investorům předpovědět současné tržní výnosy, což tedy znamená, že závislost mezi minulými hodnotami makroekonomických proměnných a současnými tržními hodnotami existovat nesmí.

Obě zmiňované podmínky jsou stejně důležité. Jestliže první z nich není splněna, pak ani fakt, že druhá ano, není důkazem o střední efektivnosti cen. Svědčilo by to spíše o irelevantnosti zkoumané proměnné vůči tržním cenám a výnosům na daném kapitálovém trhu. Např. zjištění, že známé výsledky nedávných fotbalových utkání neumožňují investorům lépe předpovídat současné tržní výnosy na burze, nebude způsobeno pravděpodobně tím, že by se tyto výsledky okamžitě promítaly do tržních cen, nýbrž to bude spíše svědčit o jejich irelevantnosti vůči tomuto problému (Hanousek, Filer 1996).

Asi nejnázorněji lze střední efektivnost trhu (cen) popsat následující soustavou rovnic:

$$I : \Delta P_t = \alpha + \sum_{i=1}^r \gamma_i \Delta P_{t-i}$$

$$II : \Delta P_t = \alpha + \sum_{i=1}^r \gamma_i \Delta P_{t-i} + \mu \Delta X_t$$

$$III : \Delta P_t = \alpha + \sum_{i=1}^r \gamma_i \Delta P_{t-i}^8 + \sum_{j=1}^s \beta_j \Delta X_{t-j}$$



(2.31)

kde

*t je čas*

*P je hodnota burzovního indexu*

*X je hodnota jedné z makroekonomických proměnných*

*r je délka zpoždění příslušná minulým hodnotám indexu*

*s je délka zpoždění příslušná minulým hodnotám makroekonomických proměnných*

*$\alpha$  je absolutní člen*

*$\Delta$  značí první diferenci*

*$\gamma_1, \dots, \gamma_r, \beta_1, \dots, \beta_s, \mu$  jsou neznámé parametry.*

Hodnoty burzovního indexu i hodnoty makroekonomických proměnných jsou vždy vyjádřeny v prvních diferencích a to kvůli vysokému stupni sériové korelace v datech. Když totiž při testu střední efektivnosti automaticky předpokládáme, třeba na základě výsledků testů slabé efektivnosti, že ceny vykazují slabou efektivnost, je jasné, že současná cena je na té minulé hodně závislá. Nejpravděpodobnější předpovědí současné ceny je totiž za platnosti hypotézy náhodné procházky minulá cena. Dále ze stejného předpokladu plyne fakt, že střední hodnota prvních diferencí cen je nulová, tudíž absolutní člen ze všech tří rovnic vypustíme a dále ho nebudeme uvažovat.

Samotné testování dvou podmínek střední efektivnosti trhu, tak jak byly uvedeny na začátku tohoto odstavce 2.4.6, pak vlastně znamená zjistit za prvé, zda II. rovnice ze soustavy 2.31 vysvětluje změny cen lépe než I. rovnice (současné ceny by měly záviset na současných hodnotách makroekonomických proměnných) a za druhé ověřit, že III. rovnice ze soustavy 2.31 nevysvětluje závisle proměnnou  $\Delta P_t$  o nic lépe

než I. rovnice, tedy že minulé hodnoty makro-ekonomických proměnných neovlivňují současné ceny na burze. Jinými slovy trh vykazuje střední efektivnost, jsou-li zároveň platné následující dvě nulové hypotézy:

$$\begin{aligned}
 & \text{a} \quad H_{0_1} : \mu \neq 0 \\
 & \quad H_{0_2} : \beta_j = 0, \forall j
 \end{aligned}
 \tag{2.32}$$

Obě dvě hypotézy budeme ověřovat pomocí F-testu modelu vůči podmodelu. Podmodel bude v obou případech vyjádřen I. rovnicí ze soustavy 2.31, zatímco za model budeme považovat nejprve II. rovnici a poté, ve druhém případě, III. rovnici ze soustavy 2.31.

Pro přesné určení a popsání testové F- statistiky je třeba nejprve ještě určit délku zpoždění  $r$  pro minulé hodnoty cen (respektive burzovního indexu) a délku zpoždění  $s$  pro minulé hodnoty makroekonomických proměnných, k čemuž lze opět využít např. Hannan-Quinnovo, Schwarzovo nebo Akaikeho kritérium.

Tvar testové F statistiky bude vypadat následovně:

$$F = \frac{\frac{(RSS_0 - RSS)}{[(n - k_0) - (n - k)]}}{\frac{RSS}{(n - k)}} = \frac{\frac{(RSS_0 - RSS)}{(k - k_0)}}{\frac{RSS}{(n - k)}}
 \tag{2.33}$$

kde

$RSS_0$  je reziduální součet čtverců v podmodelu

$RSS$  je reziduální součet čtverců v modelu

$k_0$  je počet parametrů v podmodelu ( v našem případě je pro obě hypotézy  $k_0 = r$ ; parametry  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_r$  )

*k je počet parametrů v modelu ( pro 1. hypotézu  $k = r+1$ ;  
parametry  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_r$  a  $\mu$  , pro 2. hypotézu  $k = r+s$ ; parametry  
 $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_r$  a  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_s$  )  
n je počet pozorování.*

Obecně za platnosti hypotézy, že model se příliš neliší od podmodelu, by se tato testová statistika měla řídit kritickými hodnotami F-rozdělení o  $(k-k_0)$  a  $(n-k)$  stupních volnosti.

Při zkoumání střední efektivnosti trhu by tedy v souvislosti s 1.hypotézou  $H_{01}$  (viz vztah 2.32) měla F-statistika dosahovat staticky významně vysokých hodnot (vyšších než je hodnota kritická), abychom zamítali nulovost parametru  $\mu$ , a tudíž platnost podmodelu a v souvislosti s druhou hypotézou  $H_{02}$  (opět viz vztah 2.32) pak nízkých hodnot (nižších než je hodnota kritická), abychom nulovost parametrů  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_s$  a tedy ani podmodel naopak nezamítali.

### **3. PRAKTICKÁ ČÁST**

#### **3.1. Testování slabé efektivity trhu**

Pro samotné testování slabé formy efektivity jsem použil týdenní a měsíční data pro zkoumané a porovnávané burzovní trhy v České republice, v Polsku, v Maďarsku, na Slovensku a také ve Spojených státech, kde je trh obecně považován za vysoce efektivní a měl by být jakýmsi „benchmarkem“, což jsem se snažil prakticky rovněž ověřit a potvrdit. Za nejužitečnější indikátory, které uvedené trhy souhrnně popisují, jak bylo naznačeno např. pro český burzovní trh v podkapitole 1.3., lze považovat hlavní burzovní indexy pro zvolené trhy, tedy konkrétně indexy PX 50, WIG, BUX, SAX a DJIA.

Kromě závěrečných týdenních a měsíčních hodnot uvedených indexů vstupují do výpočtů také jejich závěrečné měsíční hodnoty přepočítané na dolarovou bázi dle v té době platných kurzovních lístků, což hraje důležitou roli vzhledem k možným portfoliovým investicím zahraničních investorů na zkoumaných trzích a může to obohatit výsledky zkoumání efektivity daných trhů z pohledu zahraničních investorů, samozřejmě za předpokladu, že nebudeme uvažovat transakční náklady vznikající např. směnnými relacemi. Na denních datech jsem výzkumy neprováděl mimo jiné i z toho důvodu, že frekvence obchodování se zejména na nově vzniklých trzích ve střední

Evropě zpočátku dosti měnila a lišila, což by výsledky poznamenalo daleko více než je tomu u týdenních a měsíčních dat.

Veškerá vstupní data i podrobné propočty jednotlivých testů, kterých bylo docíleno za pomoci programů MS Excel 2002 a STATISTICA, lze nalézt na přiloženém CD. K hlavním vstupním souborům PX-50.xls a INDEXY-vsechny.xls bych rád ještě zmínil, že v některých případech, kdy se v počátcích obchodování zejména v období kolem vánočních svátků na některých nově vzniklých trzích včetně BCPP třeba 2-3 týdny neobchodovalo, byla týdenní data uměle lineárně doplněna. Např. 3% nárůst indexu po 3 týdnech nečinnosti burzy, byl rovnoměrně rozdělen jako 1% nárůst v každém týdnu.

#### Test bodů zvratu

Veškeré propočty tohoto v podkapitole 2.4.1. podrobněji popisovaného a v celku jednoduše aplikovatelného základního neparametrického testu zejména pro hypotézu NP1 lze nalézt na přiloženém CD v souboru FSV\_BODY\_ZVRATU.xls, jejich výsledkovou prezentaci pak v tabulkách č.1 a č.2 v podkapitole 3.3. V datech nebyl uvažován drift  $\mu$ , z čehož tedy plyne, že Cowles-Jonesův poměr by se neměl statisticky významně lišit od hodnoty 1. Z výsledků je patrné, že tuto hypotézu podle očekávání nejlépe splňuje americký trh, na kterém ji nemusíme zamítnout ani pro týdenní ani pro měsíční výnosová data. Naopak na ostatních trzích (Polsko, Maďarsko, Slovensko) musíme hypotézu vždy buď pro týdenní nebo měsíční výnosy zamítnout, pro český trh pak dokonce pro oba dva druhy výnosů. Pokud test aplikujeme na měsíční dolarové výnosy, tak dojde k posunu

na maďarském trhu, kde testová statistika z pohledu zahraničních investorů dosahuje daleko příznivějších hodnot a trh v Maďarsku se tak alespoň podle tohoto ukazatele může zahraničním investorům z pohledu jeho efektivnosti jevit daleko příznivěji než domácím investorům. Tento závěr by nemusel být až tak překvapivý, zvážíme-li fakt, že hned v úvodu transformačního procesu v Maďarsku došlo během privatizace na rozdíl třeba od České republiky k rozprodeji velkých podniků zahraničním investorům. Nicméně snad s výjimkou amerického trhu nelze na základě tohoto testu vyslovit nějaké hlubší závěry a to vzhledem k jeho poměrně značné citlivosti jednak na drift  $\mu$  v datech, který nebyl uvažován a jednak na stejné rozdělení dat.

#### Run test

Druhým z použitých a defacto hodně podobným neparametrickým testem je vedle testu bodů zvratu, tzv. run test, který byl blíže popsán v podkapitole 2.4.2. a popisuje ho rovněž Anděl 1985 či Levene 1952. Výpočty lze stejně jako v předchozím případě nalézt v souboru FSV\_BODY\_ZVRATU.xls na přiloženém CD, výsledky pak v tabulkách č.3 a č.4 v podkapitole 3.3. I tentokrát se potvrdilo, že nejlepších výsledků dosahuje americký trh, zatímco nejhůře vzhledem k zamítnutí hypotézy NP1 bez driftu  $\mu$  pro týdenní i měsíční data je na tom trh český. Dobře si tentokrát vedl rovněž trh maďarský, pro který se hypotéza ani v jednom z případů nezamítá. Zajímavé je také zjištění, že z pohledu zahraničních investorů, podobně jako v předchozím případě u testu bodů zvratu, vykazují všechny trhy vyšší efektivnost než z pohledu domácích investic, výjimkou je trh v Polsku, kde je tomu naopak, což je poměrně překvapivé zjištění. Znovu je ale třeba

upozornit, že také run test vykazuje poměrně značnou citlivost jednak na drift  $\mu$  v datech a jednak na stejné rozdělení dat a pro vyslovení nějakých hlubších a přesvědčivých závěrů bohužel nemůže být příliš průkazný.

#### Test podílem rozptylů

Na rozdíl od předchozích testů nám test podílem rozptylů, který ve svých výzkumech aplikovali např. Ayadi, Pyun (1994) nebo Urrutia (1995), umožňuje poměrně snadno zapracovat do testových statistik také drift  $\mu$ , na druhou stranu je alespoň v základní variantě pro test hypotézy NP1 dosti závislý na parametrech rozdělení výnosových dat, respektive na jejich normalitě. Podrobnou výpočetní aplikaci tohoto testu lze nalézt v souboru FSV\_VAR\_RAT\_TEST na přiloženém CD, prezentaci výsledků pak v tabulkách č.5, č.6 a č.7 v podkapitole 3.3.

V tabulce č.5 jsou uvedeny výsledky testu pro měsíční výnosy v lokální měně a pro uvažovaná zpoždění 3, 6, 9 a 12 měsíců. Na CD lze pak nalézt výsledky pro všechna zpoždění z intervalu [3...12]. Uvažujeme-li každé zpoždění nezávisle a předpokládáme-li homoskedasticitu časové řady  $\varepsilon_t$  (viz vzorec 2.6), dostaneme směs poměrně odlišných výsledků pro každý z uvažovaných trhů. Technicky zamítnutí hypotézy, že podíl rozptylů je roven 1, ať už pro kterékoliv časové zpoždění, jak bylo řečeno i v podkapitole 2.4.4., je dostatečně významné pro zamítnutí hypotézy NP1. V našem případě by se tak dalo usuzovat na dva trhy vykazující slabou formu efektivnosti, a sice velice přesvědčivě trh americký a vedle něj také trh maďarský. Nicméně rovněž bylo v podkapitole 2.4.4. uvedeno, že při posuzování všech

časových zpoždění dohromady a při uvažování jediného intervalu spolehlivosti pro maximální hodnotu testové statistiky přes všechna časová zpoždění, zjistíme, že hypotézu NP1 bychom nezamítali ani pro trh český a slovenský a jediným trhem, kde bychom hypotézu naopak zamítli, by zůstal trh polský.

Třebaže tedy minimálně pro americký a maďarský trh můžeme najít určitou statistickou podporu pro slabou formu efektivnosti trhu, je třeba se podívat na možné důvody zamítnutí hypotézy NP1 v ostatních případech. Patří mezi ně především heteroskedasticita, jejíž přítomnost v časových řadách  $\varepsilon_t$  (ze vzorce 2.6) by mohla být zejména pro trhy ve střední Evropě vysvětlena postupným zvyšováním tržní kapitalizace, stále častějším obchodováním a netradičními zásahy do kap. trhu v podobě přímého prodeje státních podniků do rukou soukromníků jako jedné z forem privatizace. Všechny tyto uvedené skutečnosti mohou vést k různě frekventovaným cenovým pohybům na kapitálovém trhu za jednotku času, a tudíž k variabilnímu (nekonstantnímu) rozptylu v časových řadách výnosů.

Proto se ke slovu dostává i druhá testová statistika  $z'(q)$ , která je vůči heteroskedasticitě v datech odolná a jejíž hodnoty se v tabulce č.5 pro měsíční výnosy v lokálních měnách nacházejí v hranatých závorkách. Připustíme-li tuto reálně odůvodnitelnou alternativu, zjistíme, že hypotézu NP2 nezamítáme pro žádný ze zkoumaných kapitálových trhů.

Provedeme-li podobné výpočty pro týdenní výnosy v lokálních měnách a uvažujeme-li zpoždění 1, 2, 3 a 6 měsíců (respektive 4, 8, 13 a 26 týdnů) s tím, že výsledky pro ostatní zpoždění z intervalu [2...26]



týdnů jsou opět k dispozici na příloženém CD v souboru FSV\_VAR\_RAT\_TEST.xls, z tabulky č.6 zjistíme, že hypotézu NP1 za předpokladu homoskedasticity dat na všech zkoumaných trzích kromě amerického zamítáme. Pokud však opět připustíme z výše uvedených důvodů heteroskedasticitu, dospějeme k tomu, že hypotézu NP2 na žádném ze zkoumaných trhů nezamítáme.

Připustíme-li vnější (zahraniční) portfoliové investice, pak dostáváme výsledky testu hypotézy náhodné procházky podílem rozptylů pro měsíční dolarové výnosy v tabulce č.7. Srovnáme ji s tabulkou č.5, ve které jsme zkoumali také měsíční výnosy, ale v lokálních měnách. Za předpokladu homoskedasticity došlo k posunu na polském trhu, kde tentokrát hypotézu NP1 nezamítáme, jinak k žádným podstatným změnám nedošlo. Připustíme-li heteroskedasticitu, zjistíme, že hypotézu NP2 opět nezamítáme ani na jednom ze zkoumaných trhů. Zdá se tedy, že efektivnost zkoumaných kapitálových trhů zahraniční investice příliš neovlivňují, a když ano, tak ji spíše vylepšují.

Hlavním nedostatkem testu hypotézy náhodné procházky podílem rozptylů zejména pro variantu, která předpokládá homoskedasticitu, je však jeho citlivost na normalitu časové řady  $\varepsilon_t$  (viz vzorec 2.6), což je v praxi při splnění tohoto předpokladu ekvivalentní normalitě výnosů. Tu bylo tedy třeba dodatečně otestovat, výsledky pro týdenní a měsíční výnosy v lokální měně přináší tabulka č.8 a pro měsíční dolarové výnosy pak tabulka č.9. Pomocí studentizovaného rozpětí lze poměrně snadno vyčíst, že data předpoklad normality ani v jednom z uvažovaných případů kromě amerického trhu, který tak znovu potvrdil svoji vlastnost „benchmarku“, nesplňují. Z pohledu zahraničních

investorů by se pak poměrně dobře prokázané efektivnosti amerického trhu (minimálně na měsíčních datech) mohl blížit trh polský. Statisticky významná kladná špičatost svědčí o větší špičatosti proti normálnímu rozdělení, statisticky významná kladná šikmost (kromě několika výjimek) pak o větším zploštění dat doprava (více převládají kladné výnosy). Je tedy vidět, že je skutečně třeba více se zaměřit na v praxi reálnější variantu připouštějící heteroskedasticitu, která není na normalitu dat tolik citlivá a poskytuje nám poměrně dobrou statistickou evidenci pro nezamítnutí hypotézy NP2 a větší podporu pro tvrzení, že kromě amerického, kde je to poměrně jasné, i český, polský, maďarský a slovenský kapitálový trh vykazují alespoň slabou efektivnost trhu.

### **3.2. Testování střední efektivnosti trhu**

Pro testování střední efektivnosti trhu lze vyjít, jak již bylo naznačeno v podkapitole 2.4.6., např. z modelu, který pro zjednodušení ztotožňuje relevantní informace pro rozhodování investorů na trhu s hodnotami a vývojem různých makroekonomických veličin. Zkoumání bylo vzhledem k omezené dostupnosti dat provedeno pouze pro český trh a podkladové výpočty a tabulky jsou obsaženy na CD v souborech FSV\_STREDNI\_EFEKT.xls, PX50.sta a PX50ZP.sta.

Jelikož výzkum byl v této části prováděn na měsíčních datech, zvolil jsem jak pro index PX 50, tak i pro makroekonomické proměnné čtvrtletní zpoždění, tedy hodnotu  $r$  i  $s$  rovnou 3. Některé jiné výzkumné práce (např. Hanousek, Filer 1996) však naznačují, že mnohdy postačující by bylo zkoumat závislost burzovního indexu  $i$  na hodnotách zpožděných pouze o měsíc. Přesnější určení  $r$  a  $s$  bychom dostali

aplikací Hannan-Quinnova, Schwarzova nebo Akaikeho kritéria. Vzhledem k tomu, že výsledky v předchozí podkapitole 3.1. neprokázaly nějak jednoznačně, že by český trh vykazoval slabou efektivnost, která je základním předpokladem pro vyšší stupně efektivnosti, šlo o to naznačit alespoň způsob zkoumání střední efektivnosti na reálných datech pro Českou republiku.

Samotné analýze, která byla prováděna pomocí programu STATISTICA a jejíž výsledky jsou uvedeny v tabulce č.10 v podkapitole 3.3., byly podrobeny následující makroekonomické proměnné: peněžní nabídka (agregáty M1 i M2), export, import, obchodní bilance, deficit státního rozpočtu, příjmy státního rozpočtu, výdaje státního rozpočtu, index spotřebitelských cen (CPI), index cen průmyslových výrobců (PPI), kurz amerického dolaru, kurz německé marky a průmyslová produkce.

Výsledky naznačují, že by v ČR mohla existovat poměrně těsná vazba dokonce na 1% hladině statistické významnosti mezi současnými hodnotami burzovního indexu PX 50 a současnými hodnotami průmyslové produkce, podobná vazba se pak objevuje na nižší 5% hladině statistické významnosti u peněžního agregátu M1 a na 10% hladině statistické významnosti nelze vyloučit ve stejných časových okamžicích ani vazbu mezi hodnotami indexu PX 50 a hodnotami importu a také mezi hodnotami indexu PX 50 a kurzu DEM, který byl dopočítán na základě přepočítávacího poměru a kurzů eura vůči koruně. Co se týká zpožděných hodnot, není patrná žádná vazba mezi současnými hodnotami burzovního indexu a minulými hodnotami makro-ekonomických proměnných.

Abychom otestovali vliv zahraničního kapitálu na náš trh, lze stejným způsobem pomocí F-testu ověřit také závislost vývoje burzovního indexu PX 50 na vývoji burzovních indexů, potažmo cen na zahraničních trzích. Vybral jsem k tomu hlavní index amerického kapitálového trhu Dow-Jones Industrial Average a hlavní index německého kapitálového trhu DAX. Z výsledků uvedených v tabulce č.11 opět v podkapitole 3.3 vyplývá, že určitá vazba mezi českým a americkým i německým trhem, i když na nižší 10% hladině statistické významnosti, pravděpodobně existuje a že je náš trh s těmito dvěma vyspělými světovými trhy dobře integrován, tedy že správně vstřebává informace z těchto trhů ve smyslu definice efektivnosti.

### 3.3. Výsledky empirických testů

**Tabulka č.1:**

Test bodů zvratu (lokální indexy)										
	Maďarsko		Polsko		ČR		SR		USA	
	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos
Počet zvrátů	288	58	271	68	185	42	222	41	254	62
Poč. sekvencí	332	83	334	70	295	67	257	68	261	55
CJ poměr	1,15	1,43	1,23	1,03	1,59	1,60	1,16	1,66	1,03	0,89
Počet pozorování	620	141	605	138	480	109	479	109	515	117
Z-score	<b>1,90</b>	<b>2,56*</b>	<b>2,86*</b>	<b>0,17</b>	<b>6,51*</b>	<b>3,11*</b>	<b>1,73</b>	<b>3,44*</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,61</b>

$Z\text{-score} = (CJ \text{ poměr} - 1) / (4/N)^{1/2}$ , za předpokladu  $\pi=1/2$

\* statisticky významně odlišné od 0 na hladině 5%

**Tabulka č.2:**

Test bodů zvratu (dolarové indexy)					
	Maďarsko	Polsko	ČR	SR	USA
	Měsíční USD výnosy	Měsíční USD výnosy	Měsíční USD výnosy	Měsíční USD výnosy	Měsíční USD výnosy
Počet zvrátů	52	50	44	43	62
Poč. sekvencí	60	62	65	65	55
CJ poměr	1,15	1,24	1,48	1,51	0,89
Počet pozorování	112	112	109	108	117
Z-score	<b>0,81</b>	<b>1,27</b>	<b>2,49*</b>	<b>2,66*</b>	<b>-0,61</b>

$Z\text{-score} = (CJ \text{ poměr} - 1) / (4/N)^{1/2}$ , za předpokladu  $\pi=1/2$

\* statisticky významně odlišné od 0 na hladině 5%

**Tabulka č.3:**

Run test (lokální indexy)										
	Maďarsko		Polsko		ČR		SR		USA	
	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos
Počet runů	289	59	272	69	186	43	223	42	255	63
Očekávaný počet runů.	311,00	71,50	303,50	70,00	241,00	55,50	240,50	55,50	258,50	59,50
Počet pozorování	621	142	606	139	481	110	480	110	516	118
Z-score	<b>-1,69</b>	<b>-1,93</b>	<b>-2,48*</b>	<b>0,00</b>	<b>-4,92*</b>	<b>-2,19*</b>	<b>-1,51</b>	<b>-2,38*</b>	<b>-0,22</b>	<b>0,83</b>

$Z\text{-score} = (2 * \text{počet runů} + 1 - N) / N^{1/2}$ , za předpokladu  $\pi=1/2$

\* statisticky významně odlišné od 0 na hladině 5%

**Tabulka č.4:**

Run test (dolarové indexy)					
	Maďarsko	Polsko	ČR	SR	USA
	Měsíční USD výnosy	Měsíční USD výnosy	Měsíční USD výnosy	Měsíční USD výnosy	Měsíční USD výnosy
Počet runů	53	51	45	44	63
Očekávaný počet runů.	57,00	57,00	55,50	55,00	59,50
Počet pozorování	113	113	110	109	118
Z-score	<b>-0,56</b>	<b>-0,94</b>	<b>-1,81</b>	<b>-1,92</b>	<b>0,83</b>

$Z\text{-score} = (2 * \text{počet runů} + 1 - N) / N^{1/2}$ , za předpokladu  $\pi=1/2$

\* statisticky významně odlišné od 0 na hladině 5%

**Tabulka č.5:**

<b>Testy hypotézy náhodné procházky podílem rozptylů</b> (Měsíční výnosy) <i>Podíl rozptylů</i> ( <i>z</i> – předpoklad homoskedasticity) [ <i>z'</i> – odolnost vůči heteroskedasticitě]					
Zpoždění	Maďarsko	Polsko	ČR	SR	USA
<i>q</i> =3	1,08 (0,62) [0,15]	1,24 (1,90) [0,32]	1,35 (2,47)* [0,42]	1,43 (3,01)* [0,50]	0,89 (-0,82) [-0,14]
<i>q</i> =6	1,17 (0,80) [0,19]	1,58 (2,77)* [0,46]	0,97 (-0,12) [-0,02]	0,98 (-0,10) [-0,02]	0,82 (-0,79) [-0,14]
<i>q</i> =9	1,30 (1,13) [0,27]	1,91 (3,37)* [0,57]	0,90 (-0,32) [-0,06]	0,73 (-0,89) [-0,19]	0,75 (-0,85) [-0,16]
<i>q</i> =12	1,40 (1,26) [0,30]	2,22 (3,84)* [0,66]	0,96 (-0,10) [-0,02]	0,74 (-0,73) [-0,17]	0,83 (-0,51) [-0,10]
<i>max z</i> ( <i>q</i> =3..12)	(1,26)	(3,84)*	(2,47)	(3,01)	(-0,91)
<i>max z'</i> ( <i>q</i> =3..12)	[0,30]	[0,66]	[0,42]	[0,50]	[-0,17]

\* *podíl rozptylů se na 5% statistické hladině významnosti liší od 1, proto zamítáme hypotézu náhodné procházky*

**Tabulka č.6:**

<b>Testy hypotézy náhodné procházky podílem rozptylů</b> (Týdenní výnosy) <i>Podíl rozptylů</i> ( $z$ – předpoklad homoskedasticity) [ $z'$ – odolnost vůči heteroskedasticitě]					
Zpoždění	<b>Maďarsko</b>	<b>Polsko</b>	<b>ČR</b>	<b>SR</b>	<b>USA</b>
$q=4$	1,35 (4,64)* [0,42]	1,28 (3,68)* [0,21]	1,65 (7,60)* [0,75]	1,74 (8,61)* [0,80]	0,96 (-0,52) [-0,04]
$q=8$	1,60 (5,02)* [0,48]	1,45 (3,75)* [0,23]	2,13 (8,38)* [0,91]	2,14 (8,45)* [0,90]	0,87 (-1,01) [-0,09]
$q=13$	1,63 (3,99)* [0,40]	1,72 (4,50)* [0,30]	2,22 (6,82)* [0,79]	2,28 (7,18)* [0,87]	0,80 (-1,17) [-0,11]
$q=26$	1,72 (3,14)* [0,33]	2,14 (4,92)* [0,34]	1,78 (2,99)* [0,37]	1,51 (1,96)* [0,28]	0,76 (-0,96) [-0,10]
$\max z(q=2..26)$	(5,18)*	(4,92)*	(8,40)*	(8,61)*	(-1,68)
$\max z'(q=2..26)$	[0,48]	[0,34]	[0,91]	[0,93]	[-0,13]

\* podíl rozptylů se na 5% statistické hladině významnosti liší od 1, proto zamítáme hypotézu náhodné procházky



**Tabulka č.7:**

<b>Testy hypotézy náhodné procházky podílem rozptylů</b> (Měsíční dolarové výnosy) <i>Podíl rozptylů</i> ( $z$ – předpoklad homoskedasticity) [ $z'$ – odolnost vůči heteroskedasticitě]					
Zpoždění	<b>Maďarsko</b>	<b>Polsko</b>	<b>ČR</b>	<b>SR</b>	<b>USA</b>
$q=3$	0,94 (-0,42) [-0,12]	1,02 (0,17) [0,03]	1,28 (1,97)* [0,34]	1,43 (3,04)* [0,50]	0,89 (-0,82) [-0,14]
$q=6$	0,91 (-0,38) [-0,11]	0,92 (-0,36) [-0,06]	0,88 (-0,52) [-0,09]	0,81 (-0,80) [-0,15]	0,82 (-0,79) [-0,14]
$q=9$	0,99 (-0,02) [-0,01]	0,64 (-1,21) [-0,20]	0,85 (-0,50) [-0,09]	0,77 (-0,77) [-0,16]	0,75 (-0,85) [-0,16]
$q=12$	1,10 (0,30) [0,08]	0,55 (-1,28) [-0,21]	0,89 (-0,31) [-0,06]	0,83 (-0,48) [-0,11]	0,83 (-0,51) [-0,10]
$\max z(q=3..12)$	(-0,54)	(-1,28)	(1,97)	(3,04)	(-0,91)
$\max z'(q=3..12)$	[-0,15]	[-0,21]	[0,34]	[0,50]	[-0,17]

\* podíl rozptylů se na 5% statistické hladině významnosti liší od 1, proto zamítáme hypotézu náhodné procházky

**Tabulka č.8:**

Distribuce výnosů na kapitálových trzích										
	Maďarsko BUX		Polsko WIG		ČR PX-50		SR SAX		USA DJIA	
	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos	Týd. výnos	Měs. výnos
<b>Průměr</b>	0,33%	1,4%	0,44%	2,0%	0,07%	0,3%	0,08%	0,3%	0,20%	0,84%
<b>Směrodat. odchylka</b>	4,1%	10,2%	5,8%	14,1%	3,7%	10,0%	4,5%	11,6%	2,3%	4,6%
<b>Šikmost (Skewness)</b>	-0,77*	0,03	0,07	0,94*	1,23*	1,00*	2,92*	2,97*	-0,85*	-0,80*
<b>Špičatost (Kurtosis)</b>	9,04*	4,84*	4,10*	5,07*	10,52*	4,25*	28,51*	19,68*	4,48*	1,43*
<b>Max výnos</b>	15,4	46,1	27,2	72,2	30,3	45,3	47,5	75,8	7,2	10,1
<b>Min výnos</b>	-33,0	-44,7	-29,4	-43,5	-14,1	-26,4	-20,5	-36,9	-15,4	-16,4
<b>Studentiz. rozpětí</b>	11,9**	8,9**	9,7**	8,2**	12,1**	7,2**	15,1**	9,8**	9,8**	5,8
<b>Počet pozorování</b>	621	142	606	139	481	110	480	110	516	110
<b>Období pozorování</b>	1/91-11/02		4/91- 11/02		9/93- 11/02		9/93- 11/02		1/93- 11/02	

$$\text{výnos} = 100 * \ln(P_t / P_{t-1})$$

$$\text{standard error (S.E.) šikmosti počítána jako } [6/N]^{1/2}$$

$$\text{standard error (S.E.) špičatosti počítána jako } [24/N]^{1/2}$$

$N$  počet pozorování

$$\text{Studentizované rozpětí} = (\text{Max výnos} - \text{Min výnos}) / \text{směr. odchylka}$$

\* statisticky významně odlišná od 0 na hladině 5%

\*\* Student. rozpětí větší než 6 značí zamítnutí hypotézy normality dat na hladině 5%

**Tabulka č.9:**

<b>Distribuce dolarových výnosů na kapitálových trzích</b>					
	<b>Maďarsko BUX</b>	<b>Polsko WIG</b>	<b>ČR PX-50</b>	<b>SR SAX</b>	<b>USA DJIA</b>
	<b>Měsíční výnosy</b>	<b>Měsíční výnosy</b>	<b>Měsíční výnosy</b>	<b>Měsíční výnosy</b>	<b>Měsíční výnosy</b>
<b>Průměr</b>	1,2%	0,5%	0,2%	0,1%	0,84%
<b>Směrodat. odchylka</b>	10,9%	13,3%	10,2%	11,6%	4,6%
<b>Šikmost (Skewness)</b>	-0,31	-0,36	0,81*	2,64*	-0,80*
<b>Špičatost (Kurtosis)</b>	4,83*	2,01*	3,31*	17,36*	1,43*
<b>Max výnos</b>	44,7	35,0	44,1	73,8	10,1
<b>Min výnos</b>	-48,6	-45,0	-27,1	-38,1	-16,4
<b>Studentiz. rozpětí</b>	8,5*	6,0	7,0*	9,6*	5,8
<b>Počet pozorování</b>	113	113	110	109	110
<b>Období pozorování</b>	7/93-11/02	7/93-11/02	10/93-11/02	11/93-11/02	1/93-11/02

$$\text{výnos} = 100 * \ln(P_t / P_{t-1})$$

$$\text{standard error (S.E.) šikmosti počítána jako } [6/N]^{1/2}$$

$$\text{standard error (S.E.) špičatosti počítána jako } [24/N]^{1/2}$$

$N$  počet pozorování

$$\text{Studentizované rozpětí} = (\text{Max výnos} - \text{Min výnos}) / \text{směr. odchylka}$$

\* statisticky významně odlišná od 0 na hladině 5%

\*\* Student. rozpětí větší než 6 značí zamítnutí hypotézy normality dat na hladině 5%

**Tabulka č.10:**

<b>F – testy významné spojitosti mezi indexem PX 50 a makroekonomickými proměnnými v ČR</b> <i>F-statistika</i> <i>(stupně volnosti)</i>		
	<b>Česká republika</b> <b>(9/93-11/02)</b>	
	<b>současné</b>	<b>zpožděné</b>
M1	<b>6,84**</b> (1,92)	<b>0,54</b> (3,90)
M2	<b>0,02</b> (1,92)	<b>0,38</b> (3,90)
Export	<b>1,10</b> (1,92)	<b>0,60</b> (3,90)
Import	<b>3,63*</b> (1,92)	<b>1,87</b> (3,90)
Obchodní bilance	<b>1,89</b> (1,92)	<b>1,91</b> (3,90)
Deficit rozpočtu	<b>0,18</b> (1,92)	<b>0,15</b> (3,90)
Příjmy rozpočtu	<b>1,14</b> (1,92)	<b>0,79</b> (3,90)
Výdaje rozpočtu	<b>0,23</b> (1,92)	<b>0,63</b> (3,90)
CPI	<b>0,24</b> (1,92)	<b>0,21</b> (3,90)
PPI	<b>0,09</b> (1,92)	<b>0,56</b> (3,90)
Kurz USD	<b>0,11</b> (1,92)	<b>0,72</b> (3,90)
Kurz DEM	<b>3,82*</b>	<b>1,58</b>

	(1,92)	(3,90)
Průmyslová produkce	<b>9,50***</b> (1,92)	<b>0,23</b> (3,90)

\*\*\* *statisticky významné na hladině 1%*

\*\* *statisticky významné na hladině 5%*

\* *statisticky významné na hladině 10%*

### Tabulka č.11:

<b>F – testy významné spojitosti mezi indexem PX 50 a burzovními indexy v USA a Německu</b> <i>F-statistika</i> <i>(stupně volnosti)</i>		
	<b>Česká republika</b> <b>(9/93-11/02)</b>	
	<b>současné</b>	<b>zpožděné</b>
Dow-Jones Industrial	<b>3,34*</b> (1,92)	<b>0,02</b> (3,90)
DAX	<b>3,51*</b> (1,92)	<b>0,01</b> (3,90)

\*\*\* *statisticky významné na hladině 1%*

\*\* *statisticky významné na hladině 5%*

\* *statisticky významné na hladině 10%*

## ZÁVĚR

Použité statistické nástroje, výpočty a z nich získané výsledky mojí diplomové práce poměrně jednoznačně potvrzují všeobecně vnímaný fakt týkající se vyspělosti a efektivnosti amerického kapitálového trhu. Vzhledem k tomu, že všechny použité nástroje zkoumání poskytly pro americký trh v této oblasti poměrně průkaznou statistickou evidenci, dovolím si tvrdit, že americký trh vykazuje minimálně slabou formu efektivnosti, a to i s vědomím toho, že chování celého trhu bylo pro zjednodušení ztotožněno podobně jako u ostatních trhů s chováním hlavního burzovního indexu, v tomto případě DJIA. Vyšší formy efektivnosti nebyly pro americký trh zkoumány.

Hlavním předmětem zkoumání mojí diplomové práce však byl český kapitálový trh. Na základě testování lze říci, že hlavní burzovní index pražské burzy PX 50 ve srovnání s americkým DJIA rozhodně nevykazuje tolik průkazné statistické evidence pro podporu hypotézy alespoň slabé formy efektivnosti českého kapitálového trhu. Vzhledem k některým dosti omezujícím předpokladům u některých testů (např. výnosová data bez driftu, normalita dat) však nelze slabou formu efektivnosti jednoznačně zamítnout, a pokud bychom se podívali na

poměrně robustní test podílem rozptylů, lze se i u českého trhu přiklonit k názoru, že současné ceny v sobě odrážejí veškeré minulé cenové pohyby a že tedy prosté užití technické analýzy nemůže na našem trhu pomoci investorům k nějakým nadměrným výnosům.

Pokud se týká střední formy efektivnosti českého kapitálového trhu, tak získané výsledky naznačily, že mezi relevantní kurzotvorné informace, které jsou pravděpodobně zahrnuty v cenách akcií, by mohly z makroekonomických veličin patřit především průmyslová produkce, dále peněžní agregát M1 a na nižší 10% hladině statistické významnosti také import a kurz německé marky (v dnešní době eura).

Ve vztahu k zahraničním trhům do sebe český kapitálový trh velice dobře absorbuje jak informace z trhu amerického, tak i z trhu německého, potažmo lze říci pravděpodobně i evropského, přestože další vyspělé evropské trhy nebyly zkoumány. Pro podporu tvrzení, že český trh dokáže správně vnímat vývoj na světových trzích mohou sloužit i další výsledky, které např. naznačují, že vstupem zahraničního kapitálu a uvažováním portfoliových investic se efektivnost českého kapitálového trhu dle zkoumaných ukazatelů minimálně nezhoršuje.

Úvodní popisné části práce týkající se vlastního fungování a obchodování na BCPP odhalily i to, že český kapitálový trh během svého novodobého vývoje přijímá stále nová legislativní i technická opatření, která ho neustále přibližují k vyspělým zahraničním trhům a zvyšují jeho efektivitu, nicméně náš kapitálový trh bohužel stále neplní své prapůvodní poslání všech kapitálových trhů, a sice být zdrojem financování nových investičních záměrů a projektů a stále jde o jakýsi trh, který je „trhem pro trh“, tedy trhem, který je tu proto, abychom

nějaký kapitálový trh měli, nikoliv pro to, aby se stal tím pravým finančním zdrojem českého ekonomického růstu.

Úplně na závěr bych chtěl říci, že zajímavě vyznělo také srovnání českého kapitálového trhu s okolními mladými trhy v Maďarsku, Polsku a na Slovensku, pro které byly zjištěny v zásadě podobné výsledky tedy, že slabou formu efektivnosti nelze na základě zkoumaných dat a provedených testů nějak výrazně statistickou evidencí doložit, ale na druhé straně ani zamítnout a že test podílem rozptylů hovoří spíše pro přijetí hypotézy slabé efektivnosti zmiňovaných trhů.



## **Dodatek A.**

### Metodologie IFC pro výpočet burzovních indexů

Obecné vyjádření cenového burzovního indexu (nezohledňuje dividendy) vypadá následovně:

*pro  $i > 1$ ,*

$$X_i = (M_i/B_i) * 100$$

$$B_i = B_{i-1} * (M_i/M'_i)$$

*pro  $i = 1$ ,*

$$X_i = 100$$

$$B_i = M_i$$

kde

$i$  = časové období

$X_i$  = index v čase  $i$

$B_i$  = hodnota báze indexu. V čase  $i = 1$  (první období) se rovná tržní kapitalizaci

$M$  = tržní kapitalizace emisí zařazených do báze indexu

$M'_i$  = přizpůsobená tržní kapitalizace (vůči štěpení akcií, dividendám, předkupním právům, novým emisím, zrušeným emisím a vůči nově zařazeným nebo vyřazeným emisím do respektive z báze).

Tržní kapitalizací ( $M_i$ ) se rozumí součet tržních hodnot všech akcií zahrnutých do indexu. Tržní hodnota každé bazické emise je vypočtena takto:

$$M = P_i * n_i$$

kde

$P_i$  = poslední tržní cena akcie dané emise v  $i$ -tém období  
 $n_i$  = počet akcií bazické emise zařazených na konci období  $i$  do indexu.

Prizpůsobená tržní kapitalizace ( $M'_i$ ) je reprezentována součinem současné tržní kapitalizace ( $M_i$ ) vynásobené poměrem předchozích a následných kapitalizačních změn ( $M'_x/M_x$ ), což nejlépe zachycuje následující rovnice:

$$M'_i = M_i * (M'_x/M_x)$$

kde

$M'_x$  = tržní kapitalizace akcií těsně před dnem zápisu (*ex-date*);  
v cenách akcií byla v té době ještě zohledněna výše  
dividend

$M_x$  = teoretická tržní kapitalizace akcií ke dni uzavření jejich  
seznamu s předkupními právy (*ex-rights*).

Teoretická tržní hodnota ( $M_x$ ) bazické emise ke dni ex-práv je dána vztahem:

$$M_x = N_i * P_t$$

kde

$N_i$  = počet akcií bazické emise zařazených v období  $i$  do indexu  
 $P_t$  = teoretická cena akcie dané emise přizpůsobená změnám v  
kapitalizaci.

$P_t$  je vypočtena pomocí následujícího vztahu:

$$P_t = [(N_{i-1} * P_c) + (N_n * P_s)] / (N_{i-1} + N_n)$$

kde

$N_{i-1}$  = počet akcií bazické emise zařazených do indexu před  
změnami v kapitalizaci

$P_c$  = uzavírací cena akcie dané emise před změnami v kapita-

$N_n$  = počet nových akcií bazické emise zařazených do indexu po změnách v kapitalizaci  
 $P_s$  = upisovací cena nové akcie dané emise.

Při výpočtu výnosového burzovního indexu se používá stejné metodologie jako u cenového, ale do přizpůsobené tržní kapitalizace ( $M'_i$ ) jsou navíc zahrnuta vyplacená dividendy. (IFC 1997).

## **Dodatek B.**

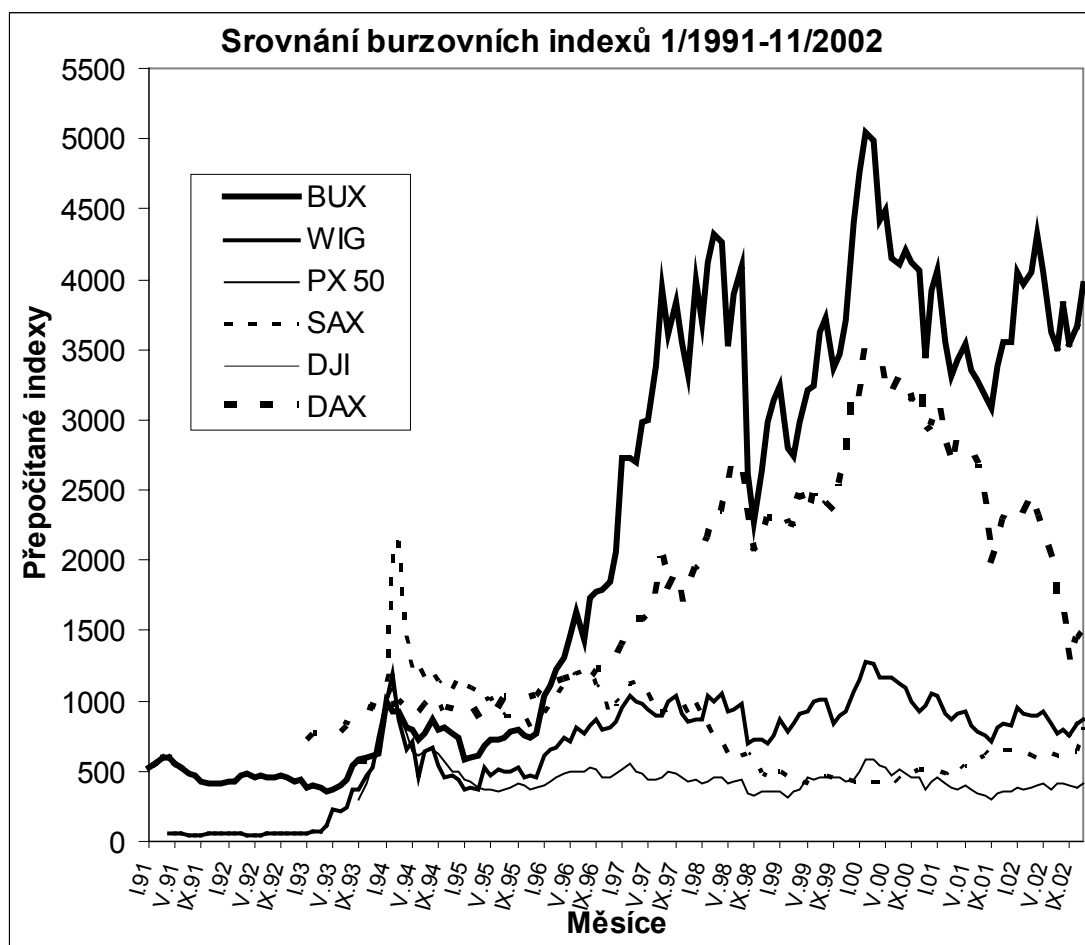
### Příklad změny hodnoty báze burzovního indexu

$$\text{nová hodnota báze} = \text{stará hodnota báze} \times \frac{\text{kapital. nové báze v čase } t}{\text{kapital. staré báze v čase } t}$$

Předpokládejme, že v čase  $t$  je stará hodnota báze rovna 400 mld. Kč, tržní kapitalizace báze 200 mld. Kč. Hodnota indexu v čase  $t$  je tedy rovna  $200 / 400 \times 1000 = 500$ . Před obchodováním v čase  $t+1$  dochází v bázi indexu k následující změně. Je z ní vyřazena emise, jejíž kurz v čase  $t$  je 500 Kč, počet akcií v emisi 2 mil. kusů. Na její místo je zařazena emise, jejíž kurz v čase  $t$  je 1000 Kč, počet akcií v emisi je roven 6 mil. kusů. Kapitalizace nové báze v čase  $t$  je rovna  $200 - 1 + 6 = 205$  mld. Kč. Podle vzorce nahoře je nová hodnota báze rovna  $400 \times 205 / 200 = 410$ . Pokud v čase  $t+1$  nedojde ke změně kurzu u žádné z bazických emisí, bude tržní kapitalizace báze rovna 205 mld. Kč a hodnota indexu nadále 500; dána výrazem  $205 / 410 \times 1000$ .

## Dodatek C.

*Srovnání indexů PX 50, BUX, WIG, SAX, DJI, DAX*



*Poznámka: Všechny indexy byly pro srovnání přepočítány na společnou výchozí závěrečnou hodnotu 1000 bodů v lednu 1994.*

## **SEZNAM LITERATURY:**

- Anděl, J.: *Matematická statistika*. SNTL/ALFA, Praha, 1985.
- Ayadi, O.F.– Pyun, C.S.: *An Application of Variance Ratio Test to the Korean Securities Market*. *Journal of Banking and Finance*, 1994/18, p. 643-658.
- Burza cenných papírů Praha, a.s. (BCPP): *Ročenka / Fact Book 2002*. Praha, 2002.
- Campbell, J.Y.– Lo, A.W.– MacKinlay, A.C.: *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press, New Jersey, USA, 1997
- Fama, E.: *Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work*. *Journal of Finance*, 1970/25, p. 383-417.
- Filer, R.K.– Hanousek, J.: *The Extent of Efficiency in Central European Equity Markets*. CERGE-EI Working Paper 104, Praha, 1996.
- Hanousek, J.– Filer, R.K.: *Informational Efficiency in Central European Equity Markets: The Effect of Macroeconomic Variables on Stock Prices*. CERGE-EI Working Paper 108, Praha, 1996.
- International Finance Corporation (IFC): *The IFC Indexes*. Washington, 1997.
- Jones, C.P.: *Investments: Analysis and Management*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1991.
- Levene, H.: *On the Power Function of Tests of Randomness Based on Runs Up and Down*. *Annals of Mathematical Statistics*, 1952/23, p. 34-56.
- Lo, A.W.– MacKinlay, A.C.: *The Size and Power of the Variance Ratio Test in Finite Samples: A Monte Carlo Investigation*. *Journal of Econometrics*, 1989/40, p. 203-238.

Půlpán, K.: *Nástin českých a československých hospodářských dějin do roku 1990 – II.díl.* Karolinum, Praha, 1993.

Stolin, M.R.– Ury, H.K.: *Tables of the Studentized Maximum Modulus Distribution and an Application to Multiple Comparisons Among Means.* Technometrics, 1979, No.1, p. 87-93.

Urrutia, J.L.: *Tests of Random Walk and Market Efficiency for Latin American Emerging Equity Markets.* The Journal of Financial Research, 1995, No.3, p. 299-309.

Vošvrda, M.– Filáček, J.– Kapička, M.: *The Efficient Market Hypothesis Testing on the Prague Stock Exchange.* Bulletin of the Czech Econometric Society, 1998, Vol.5, Issue 7, p. 55-67.

Dále bylo čerpáno z následujících oficiálních internetových stránek burz cenných papírů v daných zemích:

Česká republika: [www.pse.cz](http://www.pse.cz)

Slovenská republika: [www.bsse.sk](http://www.bsse.sk)

Maďarsko: [www.bse.hu](http://www.bse.hu)

Polsko: [www.wse.com.pl](http://www.wse.com.pl)