

Historická analýza a optimalizácia menového portfólia

Vladimír MLYNAROVIC* – Richard KOLÁRIK**

Úvod

Otázka o výnosnosti využívania kurzových zmien pri rôznych formách finančného investovania je predmetom častých analýz i špekulácií. V súčasnosti rezonuje najmä v súvislosti s dohadmi o kurzových stratách pri výmene dolárového výnosu z predaja SPP za korunový výnos. Cieľom príspevku však nie je analýza tohto konkrétneho prípadu, ale historická analýza a optimalizácia menového portfólia vybraných trojmesačných nástrojov slovenského (BRIBID3M), českého (PRIBOR3M), poľského (WIBOR3M), maďarského (BUBOR3M), švajčiarskeho (SF003M) a britského (BP003M) peňažného trhu spolu s jedným dolárovým (SBWMUD3U) a jedným eurovým (SDWMEU3L) nástrojom peňažného trhu a hľadanie odpovede na otázku, akú menu bolo pre investorov efektívne držať z historického hľadiska.

Pri analýze sme použili údaje o mesačných výnosoch za obdobie od septembra 1996 do mája 2002, ktorých priebeh je ilustrovaný na obrázku 1. Spolu s týmito údajmi sme použili aj údaje o mesačnom vývoji kurzov SKK k referenčným menám jednotlivých nástrojov peňažného trhu [1].

Charakteristiky týchto nástrojov peňažného trhu sú opísané v tabuľke 1. V tabuľke 2 sú zase uvedené charakteristiky výnosov jednotlivých nástrojov po prepočítaní na SKK tak, že sa zohľadnili mesačné kurzy SKK k referenčným menám jednotlivých nástrojov peňažného trhu. Je evidentné, že vyššie výnosy v SKK sú sprevádzané aj vyšším rizikom, ktoré meriame štandardnou odchýlkou výnosov. Treba tiež poznamenať, že celá analýza je zjednodušená v tom zmysle, že sa neuvažuje s transakčnými nákladmi spojenými s prevodom jednotlivých výnosov na koruny.

Na obrázkoch 2 – 8 je postupne ilustrovaný mesačný vývoj výnosov v pôvodnej mene a po jeho prepočte na koruny. V tabuľke 3 sú uvedené korelačné koeficienty, ktoré charakterizujú tendencie vzájomného pohybu výnosov jednotlivých nástrojov po ich prepočítaní na koruny.

* doc. Ing. Vladimír MLYNAROVIC, CSc., Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra operačného výskumu a ekonometrie, Dolnozemska cesta 1, 852 05 Bratislava 5; Sympatia Financie, o. c. p., a. s., e-mail: vladimir.mlynarovic@sympatia.sk

** Ing. Richard KOLÁRIK, Sympatia Financie, o. c. p., a. s., Trnavská 50, 821 02 Bratislava 2; richard.kolarik@sympatia.sk

1. Konštrukcia hranice množiny investičných príležitostí pri povolení krátkych predajov

Na opísanom trhu aktív teraz skonštruujeme hranicu investičných príležitostí tak, aby obsahovala také portfóliá aktív, ktoré zabezpečujú dosiahnutie požadovaného výnosu pri čo najmenšom riziku. Časť tejto hranice, od bodu, ktorému zodpovedá portfólio s globálne minimálnym rizikom, potom – ako je známe z teórie portfólia – tvorí množinu efektívnych portfólií. Z technického hľadiska ide teda o riešenie série úloh kvadratického programovania známych ako Markowitzova úloha výberu portfólia. Umožnenie krátkych predajov znamená, že investor si môže jednotlivé nástroje aj požičiavať, čo z technického hľadiska znamená, že podiel takéhoto aktíva v portfóliu je vyjadrený zápornou váhou, resp. zápornou percentuálnou hodnotou. Na efektívne zvládnutie riešenia sérií úloh sme využili excelovský solver so špeciálne vytvorenou VBA procedúrou. Optimálne portfóliá sú opísané v tabuľke 4 a hranica, ktorú vytvárajú, je ilustrovaná na obrázku 9. Jednotlivé úlohy sú konštruované a riešené pre mesačné údaje. Každý riadok tabuľky 4 však obsahuje v prvých dvoch stĺpcoch údaje o výnose a riziku portfólia prepočítané na ročný základ a v ďalších stĺpcoch je percentuálna skladba zodpovedajúceho portfólia.

V tabuľke 5 sú opísané tri vybrané efektívne portfóliá tak, že sú doplnené o niektoré pravdepodobnostné charakteristiky. Prvé z týchto portfólií je to efektívne portfólio, ktorému zodpovedá najmenšie možné riziko (so štandardnou odchýlkou 1,545 % p. a.) a historicky očakávaný výnos 14,845 % p. a. Stojí za povšimnutie, že podiel slovenského peňažného nástroja v tomto portfóliu je veľmi vysoký (93,5 %) a využíva krátky predaj dolárového a eurového nástroja.

Aj letný pohľad na obrázok 1, ktorý ilustruje historický vývoj mesačných výnosov jednotlivých nástrojov peňažného trhu v období od septembra 1996 do mája 2002, ukáže, že vysoké výnosy niektorých nástrojov spolu s vysokou volatilitou sú charakteristické pre obdobie pred rokom 2000. Preto teraz budem riešiť rovnakú úlohu, ale s tým rozdielom, že zohľadníme len údaje od januára 2000 do mája 2002. Charakteristiky nástrojov peňažného trhu za toto obdobie sú opísané v tabuľke 6 a v tabuľke 7 sú uvedené charakteristiky po prepočítaní na SKK. V tabuľke 8 sú uvedené zodpovedajúce korelačné koeficienty.

Z porovnania obsahu tabuľky 1 a tabuľky 6 vidno, že peňažné nástroje transformujúcich sa ekonomík (SR, ČR, Poľsko a Maďarsko) vykazujú teraz tak nižšie priemerné výnosy, ako aj riziko. Na druhej strane, ako to vidno z porovnania tabuľky 2 a tabuľky 7, je to zrejme vysoká volatilita kurzových zmien, ktorá je príčinou toho, že výnosy po prepočte na koruny vykazujú aj teraz vysoké priemery, ktoré sú však sprevádzané vysokým rizikom, porovnateľným s tým, ktoré zodpovedalo situácii, keď sa uvažovalo obdobie od septembra 1996 do mája 2002.

Je zaujímavé všimnúť si, že zatiaľ čo v tejto situácii vykazovali tendenciu opačného pohybu vo výnosoch len tri dvojice nástrojov, teraz je takýchto dvojíc až osem.

Zodpovedajúce optimálne portfóliá sú opísané v tabuľke 9 a hranica, ktorú vytvárajú, je ilustrovaná na obrázku 10. V tabuľke 10 sú opísané tri vybrané efektívne portfóliá s tým, že sú doplnené o niektoré pravdepodobnostné charakteristiky. Prvé z portfólií uvedených v tabuľke 10 je opäť to efektívne portfólio, ktorému zodpovedá najmenšie možné riziko. Toto riziko je teraz podstatne nižšie v porovnaní a analogickým portfóliom z tabuľky 5, ale podstatne nižší je aj historicky očakávaný výnos.

Z hľadiska skladby uvedeného portfólia možno konštatovať, že takmer celá investícia smeruje do slovenskej koruny. Zaujímavá je však zmena tendencie vo vývoji štruktúry portfólií v situácii, keď investor je ochotný akceptovať vyššie riziko. Pôvodne sa podiel investície do slovenského nástroja zvyšoval, teraz klesá a do „hry“ významnejšie vstupujú aj nástroje českého, poľského a maďarského peňažného trhu. Tendencia krátkych predajov dolárového nástroja a eurového nástroja však zostáva zachovaná.

2. Konštrukcia hranice množiny investičných príležitostí pri vylúčení krátkych predajov

Na opísanom trhu aktív teraz skonštruujeme hranicu investičných príležitostí tak, aby obsahovala také portfóliá aktív, ktoré zabezpečujú dosiahnutie požadovaného výnosu pri čo najmenšom riziku, s tým rozdielom oproti predchádzajúcej časti, že váhy jednotlivých aktív v portfóliách musia byť nezáporné. Optimálne portfóliá sú opísané v tabuľke 11, ktorá má rovnakú štruktúru ako tabuľka 4, a hranica, ktorú vytvárajú, je ilustrovaná na obrázku 11. V tabuľke 12 sú opísané tri vybrané efektívne portfóliá tak, že sú doplnené o niektoré pravdepodobnostné charakteristiky. Analogické výsledky sú na obdobie január 2000 – máj 2002 uvedené v tabuľkách 13 a 14 a na obrázku 12.

Najskôr preskúmame efekt vylúčenia krátkych predajov tak, že porovnáme štruktúru a charakteristiky efektívnych portfólií uvedených v tabuľke 5 a v tabuľke 12. Efektívne portfóliá s najmenším možným rizikom majú porovnateľné výnosy, riziko, pravdepodobnostné charakteristiky, ako aj to, že majú extrémne vysoký podiel investície do slovenskej koruny. Z tabuľky 12 však vidno, že vyššie výnosy možno v súčasnosti dosahovať pri podstatne vyššom riziku v porovnaní s tým, ktoré je vykázané v tabuľke 5. So zvyšovaním rizika je teraz spojená tendencia znižovania podielu investovaného do slovenskej koruny, „do hry“ však vstupuje len jedno ďalšie aktívum, a to nástroj poľského peňažného trhu, čo znamená, že stupeň diverzifikácie portfólia možno považovať za veľmi nízky.

Teraz preskúmame efekt skrátania časového obdobia tak, že porovnáme vybrané efektívne portfóliá, uvedené v tabuľke 12 a v tabuľke 14. Prvé z nich sú opäť efektívne portfóliá s najmenším možným rizikom. Portfóliu v tabuľke 14 zodpovedá nižší výnos, aj nižšie riziko. Obidve tieto portfóliá majú však veľmi vysoký podiel investície do slovenskej koruny, a to 90 %, resp. 98 %. Portfóliá v tabuľke 14 celkovo vykazujú nižšie výnosy a nižšie riziko. Pri zvyšovaní rizika je však evidentné, že portfóliá v tabuľke 14 vykazujú vyšší stupeň diverzifikácie, a podstatný pokles investovanie do slovenskej koruny pri zvyšovaní rizika je spojený s významnými investičnými podielmi do nástrojov českého, poľského a maďarského peňažného trhu.

Záver

Štruktúra optimálnych portfólií, ktoré sú opísané v tabuľkách 4, 9, 11 a 13, poskytuje dost' zreteľnú odpoveď na otázku, do akej miery je možné využívať kurzové rozdiely pri investovaní do nástrojov peňažného trhu. V situácii, keď sú umožnené krátke predaje, tak sa na množine efektívnych portfólií podiel BRIBID3M postupne zvyšuje z 92,35 % až na 107,20 % v súvislosti s tým, do akej miery je investor ochotný akceptovať vyššie riziko. Podiel ostatných nástrojov v portfóliách, s výnimkou BUBORO3MSK, je relatívne nízky. Je zaujímavé všimnúť si, že efektívne portfóliá realizujú krátke predaje dolárového a eurového peňažného nástroja. Ak sa však z analýzy vylúči tá časť obdobia, v ktorej peňažné nástroje transformujúcich sa ekonomík vykazovali príliš vysoké výnosy, ktoré možno len ťažko očakávať v budúcnosti, tak sa na množine efektívnych portfólií podiel BRIBID3M postupne znižuje z 99,8 % na 89 % s tým, do akej miery je investor ochotný akceptovať vyššie riziko, stále však zostáva veľmi vysoký. Zároveň sa zvyšujú investície do nástroja českého, poľského, maďarského a švajčiarskeho peňažného trhu s tým, že sa využívajú krátke predaje nástrojov dolárového, eurového a librového peňažného trhu.

V situácii, keď sú krátke predaje vylúčené, podiel BRIBID3M v efektívnych portfóliách pri zvyšovaní rizika postupne klesá z 90,26 % na 41,13 %, a zároveň sa zvyšuje podiel WIBO3MSK z 1,5 % až na 58,95 %. Podiely ostatných nástrojov v optimálnych portfóliách sú takmer výlučne nulové. Ak sa však z analýzy vylúči tá časť obdobia, v ktorej peňažné nástroje transformujúcich sa ekonomík vykazovali príliš vysoké výnosy, tak sa na množine efektívnych portfólií podiel BRIBID3M postupne znižuje z 98,2 % na 33,9 % s tým, do akej miery je investor ochotný akceptovať vyššie riziko. Zároveň sa zvyšujú investície do nástrojov českého (až na úroveň 20,5 %), poľského (až na úroveň 27,9 %) a maďarského (až na úroveň 17,7 %) peňažného trhu.

Nástroje peňažného trhu sú obvykle tými investičnými nástrojmi, ktoré využívajú najmä tzv. konzervatívni investori. Takíto investori vyhľadávajú investičné príležitosti s čo najnižším rizikom a možno konštatovať, že im nie je vlastná stratégia využívania krátkych predajov. Pre takýchto investorov z uvedenej analýzy vyplýva, že z historického hľadiska bolo pre nich najvýhodnejšie investovať do slovenskej koruny a nepokúšať sa využívať kurzové výnosy na zvyšovanie efektívnosti svojich investícií. Chceme zdôrazniť, že tieto závery sa pri prijatých predpokladoch týkajú vývoja v minulosti, t. j. obdobia od septembra 1996 do mája 2002. To, ako je možné využiť túto analýzu na predvídanie budúceho vývoja, závisí hlavne od toho, aké hypotézy sa prijímú o očakávaných výnosoch jednotlivých uvažovaných nástrojov.

Literatúra

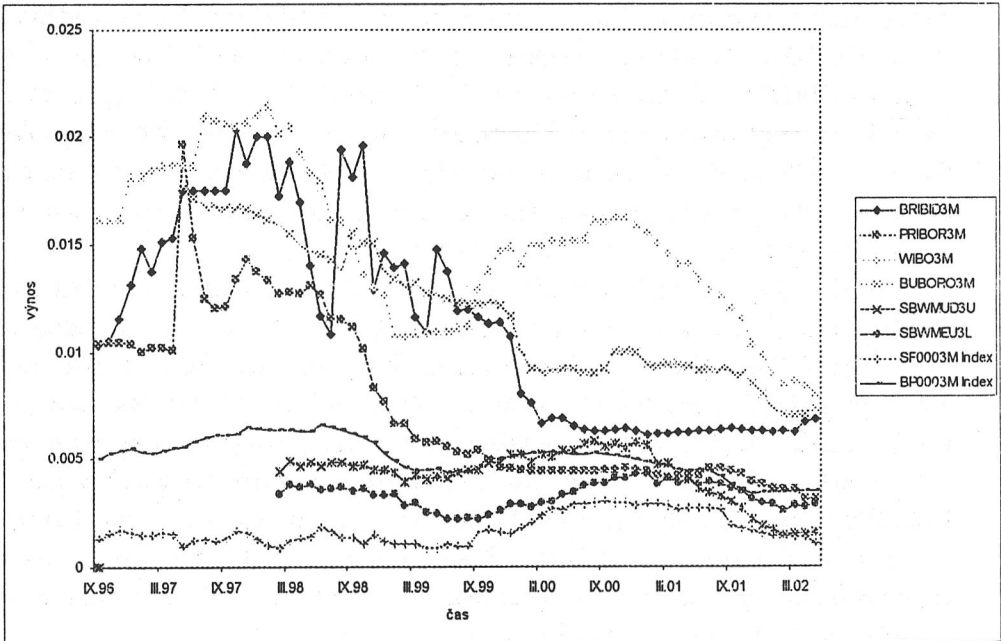
[1] Bloomberg L. P.: www.bloomberg.com

[2] MLYNAROVÍČ, V.: Finančné investovanie. Teória a aplikácie. Bratislava: Iura Edition 2001; ISBN 80 – 89047 – 16 – 5.

Príloha 1

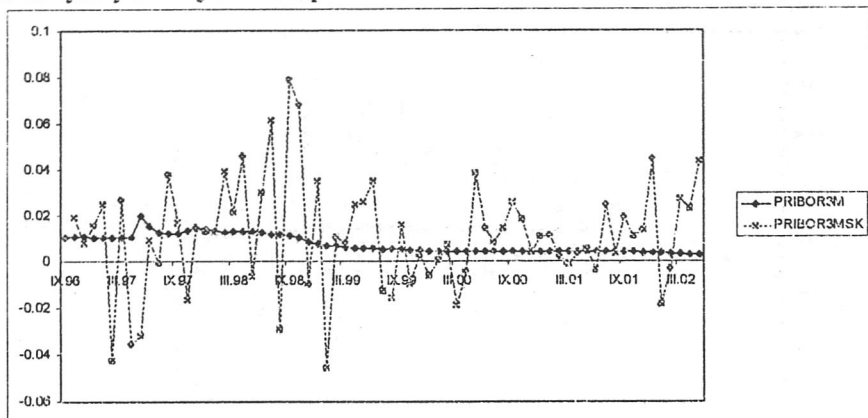
Obrázok 1

Mesačné výnosy nástrojov peňažného trhu



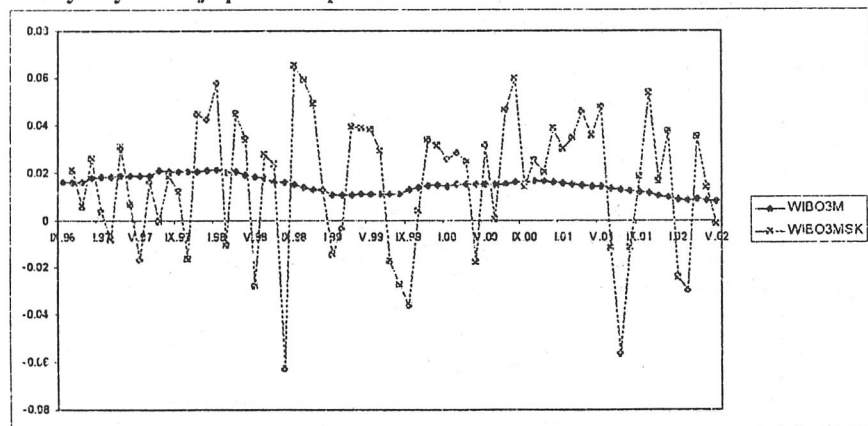
Obrázok 2

Mesačné výnosy nástroja českého peňažného trhu v CZK a SKK



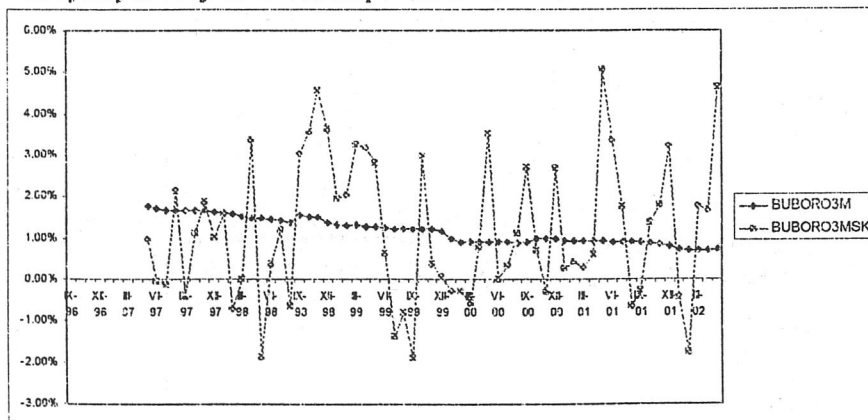
Obrázok 3

Mesačné výnosy nástroja poľského peňažného trhu v PLN a SKK



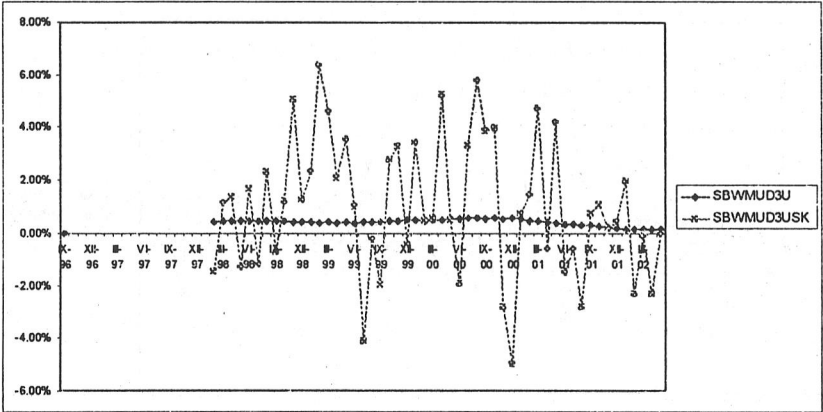
Obrázok 4

Mesačné výnosy nástroja maďarského peňažného trhu v HUF a SKK



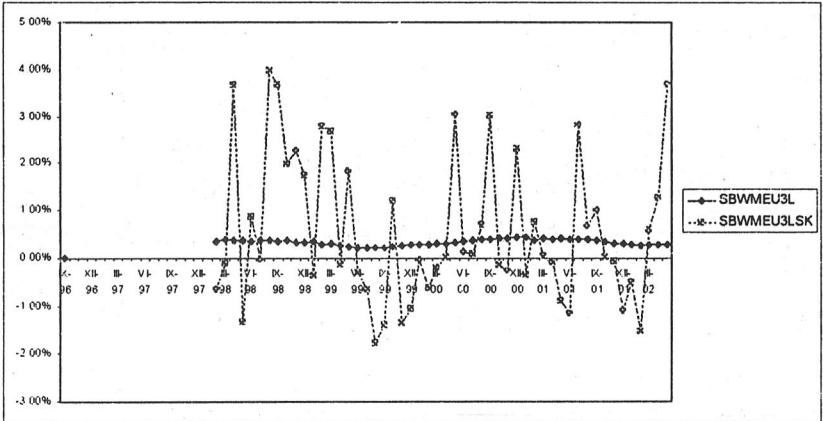
Obrázok 5

Mesačné výnosy nástroja dolárového peňažného trhu v USD a SKK



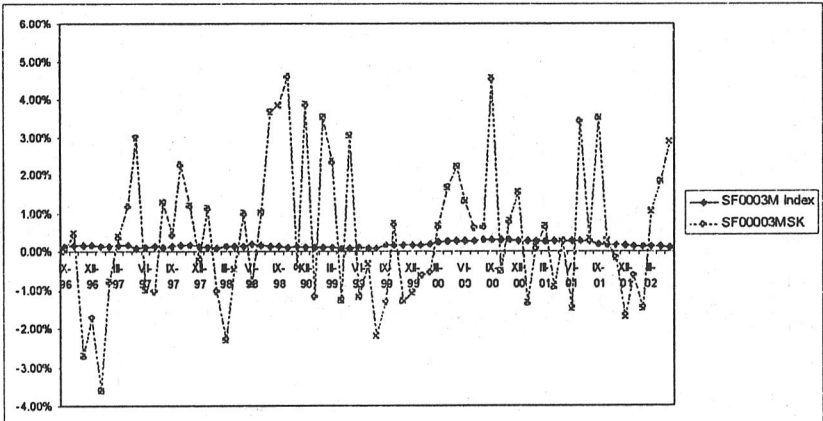
Obrázok 6

Mesačné výnosy nástroja euro peňažného trhu v EUR a SKK



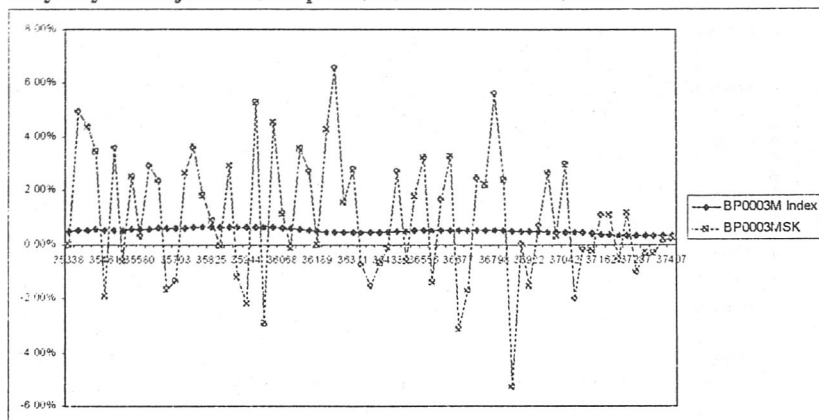
Obrázok 7

Mesačné výnosy nástroja švajčiarskeho peňažného trhu v CHF a SKK



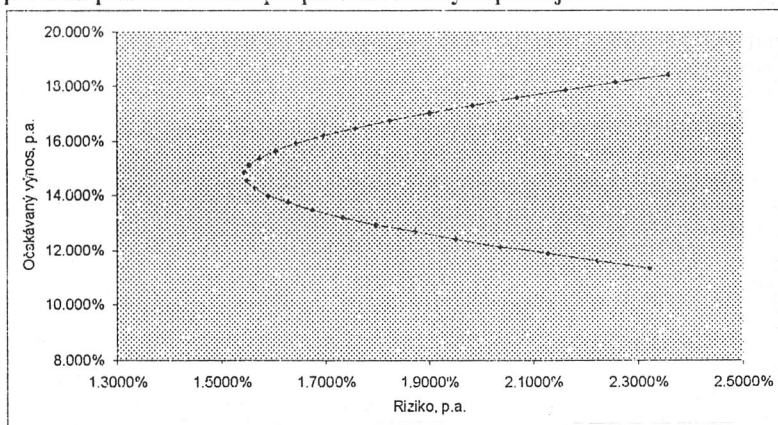
Obrázok 8

Mesačné výnosy nástroja britského peňažného trhu v GBP a SKK

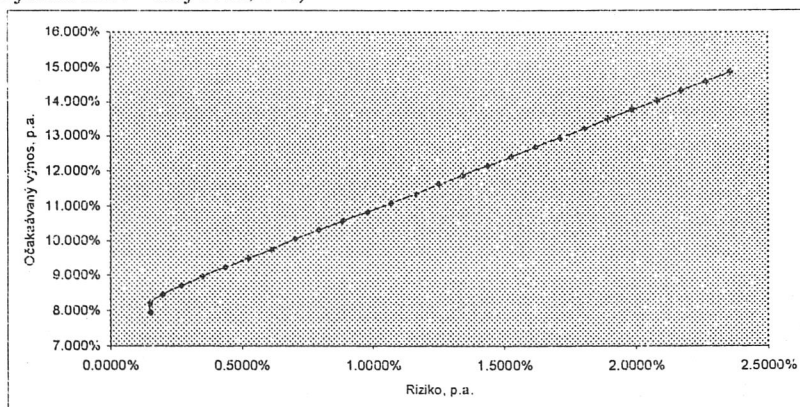


Obrázok 9

Hranica portfólií peňažného trhu pri povolení krátkych predajov

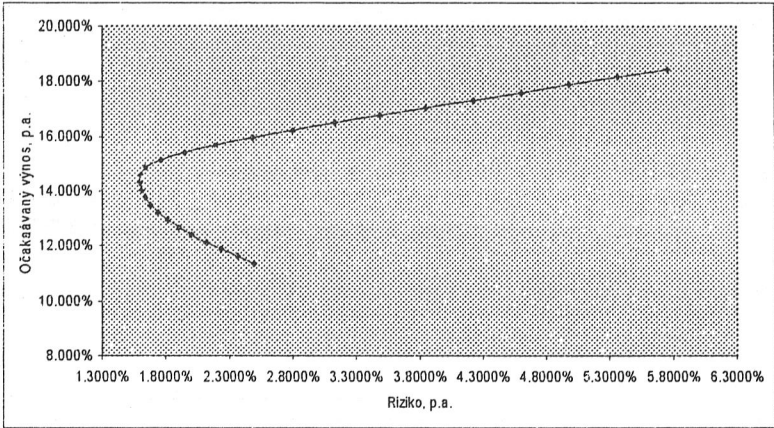


Obrázok 10

Hranica portfólií peňažného trhu pri povolení krátkych predajov
(obdobie január 2000 – máj 2002, v %)

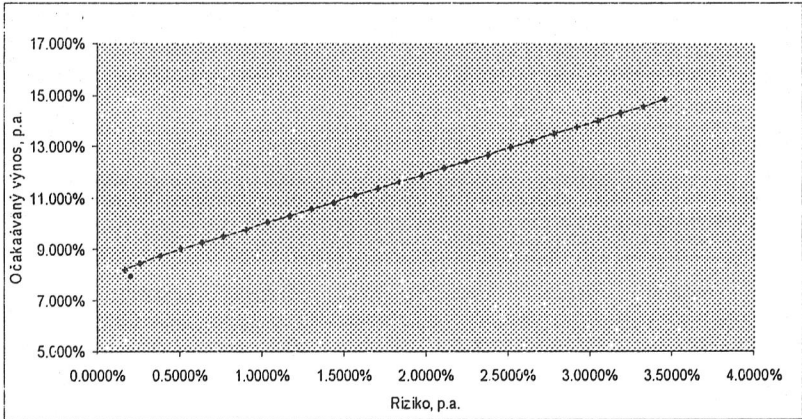
Obrázok 11

Hranica portfólií peňažného trhu pri vylúčení krátkych predajov (v %)



Obrázok 12

Hranica portfólií peňažného trhu pri vylúčení krátkych predajov
(obdobie január 2000 – máj 2002, v %)



Charakteristiky vybraných nástrojov peňažného trhu (v %)

Mena	SKK	CZK	PLN	HUF	USD	EUR	CHF	GBP
Nástroj	BRIBID3M	PRIBOR3M	WIBO3M	BUBORO3M	SBWMUD3U	SBWMEU3L	SF0003M Index	BP0003M Index
Priemerný mesačný výnos	1.133	0.752	1.503	1.184	0.422	0.326	0.172	0.506
Štandardná odchýlka	0.482	0.394	0.359	0.316	0.120	0.058	0.067	0.089
Maximálny výnos	2.035	1.963	2.145	1.763	0.575	0.428	0.299	0.656
Mesiac	31. 10. 1997	30. 5. 1997	30. 1. 1998	30. 5. 1997	31. 8. 2000	29. 12. 2000	29. 9. 2000	30. 6. 1998
Minimálny výnos	0.611	0.310	0.800	0.700	0.145	0.220	0.083	0.335
Mesiac	31. 1. 2001	31. 5. 2002	31. 5. 2002	29. 3. 2002	28. 2. 2002	30. 9. 1999	30. 4. 1999	30. 11. 2001
Priemerný výnos, p. a.	14.480	9.410	19.606	15.177	5.184	3.986	2.088	6.245
Štandardná odchýlka, p. a.	1.670	1.363	1.243	1.095	0.416	0.202	0.232	0.307

Charakteristiky nástrojov peňažného trhu prepočítaných v SKK (v %)

Mena	SKK	SKK	SKK	SKK	SKK	SKK	SKK	SKK
Nástroj	BRIBID3M	PRIBOR3MSK	WIBO3MSK	BUBORO3MSK	SBWMUD3USK	SBWMEU3LSK	SF0003MSK	BP0003MSK
Priemerný mesačný výnos	1.133	1.108	1.620	1.169	0.986	0.588	0.467	1.045
Štandardná odchýlka	0.482	2.359	2.807	1.689	2.564	1.547	1.839	2.326
Maximálny výnos	2.035	7.864	6.483	5.068	6.400	3.962	4.615	6.562
Mesiac	31. 10. 1997	30. 9. 1998	30. 9. 1998	31. 5. 2001	26. 2. 1999	31. 8. 1998	30. 10. 1998	31. 3. 1999
Minimálny výnos	0.611	-4.574	-6.287	-1.907	-4.990	-1.785	-3.583	-5.280
Mesiac	31. 1. 2001	29. 1. 1999	31. 8. 1998	30. 9. 1999	29. 12. 2000	31. 8. 1999	31. 1. 1997	30. 11. 2000
Priemerný výnos, p. a.	14.480	14.144	21.276	14.966	12.499	7.289	5.750	13.280
Štandardná odchýlka, p. a.	1.670	8.170	9.725	5.850	8.883	5.359	6.370	8.056

Tabuľka 3

Matica korelačných koeficientov

	BRIBID3M	PRIBOR3MSK	WIBO3MSK	BUBORO3MSK	SBWMUD3USK	SBWMEU3LSK	SF00003MSK	BP0003MSK
BRIBID3M	1.0000	0.0507	-0.0170	0.0117	0.0767	0.2352	0.0763	0.1654
PRIBOR3MSK	0.0507	1.0000	0.4481	0.3820	-0.1199	0.3716	0.2216	-0.1716
WIBO3MSK	-0.0170	0.4481	1.0000	0.4407	0.3106	0.1078	-0.0065	0.1356
BUBORO3MSK	0.0117	0.3820	0.4407	1.0000	0.3369	0.5805	0.3592	0.2104
SBWMUD3USK	0.0767	-0.1199	0.3106	0.3369	1.0000	0.2074	0.1524	0.6849
SBWMEU3LSK	0.2352	0.3716	0.1078	0.5805	0.2074	1.0000	0.7628	0.3413
SF00003MSK	0.0763	0.2216	-0.0065	0.3592	0.1524	0.7628	1.0000	0.1583
BP0003MSK	0.1654	-0.1716	0.1356	0.2104	0.6849	0.3413	0.1583	1.0000

Efektívne portfólia pri povolení krátkych predajov (v %)

Výnos p. a.	Riziko p. a.	BRIBID3M	PRIBOR3MSK	WIBO3MSK	BUBORO3MSK	SBWMUD3USK	SBWMEU3L.SK	SF00003MSK	BP0003MSK
11.350	2.3215	77.470	0.268	-3.097	-10.658	8.631	22.257	13.126	-7.996
11.616	2.2219	78.634	0.400	-2.803	-9.099	7.865	19.270	12.907	-7.174
11.882	2.1267	79.777	0.555	-2.528	-7.532	7.119	16.280	12.687	-6.358
12.149	2.0357	80.925	0.710	-2.252	-5.956	6.369	13.276	12.466	-5.539
12.416	1.9503	82.068	0.865	-1.977	-4.388	5.623	10.286	12.245	-4.723
12.683	1.8712	83.205	1.019	-1.704	-2.828	4.881	7.312	12.026	-3.912
12.952	1.7980	84.353	1.175	-1.428	-1.252	4.131	4.307	11.805	-3.092
13.221	1.7326	85.496	1.330	-1.153	0.315	3.385	1.318	11.585	-2.276
13.488	1.6759	86.633	1.484	-0.880	1.875	2.643	-1.657	11.366	-1.465
13.760	1.6280	87.782	1.639	-0.603	3.451	1.893	-4.661	11.145	-0.645
14.030	1.5904	88.924	1.794	-0.329	5.019	1.147	-7.651	10.924	0.170
14.301	1.5636	90.067	1.949	-0.054	6.587	0.401	-10.640	10.704	0.986
14.573	1.5482	91.210	2.104	0.221	8.154	-0.345	-13.630	10.484	1.802
14.845	1.5445	92.352	2.259	0.495	9.722	-1.091	-16.619	10.264	2.617
15.117	1.5527	93.495	2.414	0.770	11.290	-1.837	-19.609	10.044	3.433
15.389	1.5723	94.632	2.568	1.044	12.850	-2.580	-22.583	9.825	4.244
15.663	1.6032	95.775	2.723	1.318	14.418	-3.326	-25.573	9.605	5.060
15.938	1.6447	96.918	2.878	1.593	15.986	-4.072	-28.562	9.384	5.876
16.214	1.6962	98.066	3.033	1.869	17.561	-4.822	-31.567	9.163	6.695
16.490	1.7565	99.209	3.188	2.144	19.129	-5.568	-34.556	8.943	7.511
16.767	1.8248	100.352	3.343	2.418	20.697	-6.314	-37.545	8.723	8.326
17.044	1.9002	101.494	3.498	2.693	22.265	-7.060	-40.535	8.503	9.142
17.321	1.9821	102.637	3.653	2.968	23.833	-7.806	-43.524	8.282	9.958
17.598	2.0691	103.774	3.807	3.241	25.393	-8.548	-46.499	8.063	10.769
17.878	2.1619	104.922	3.963	3.517	26.968	-9.298	-49.503	7.842	11.589
18.157	2.2586	106.065	4.117	3.792	28.536	-10.044	-52.495	7.622	12.404
18.436	2.3585	107.202	4.272	4.065	30.096	-10.786	-55.468	7.403	13.216

Tabuľka 5

Vybrané efektívne portfóliá a ich pravdepodobnostné charakteristiky (v %)

Názov portfólia	I	II	III
Očakávaný výnos, p. a	14.845	16.767	18.436
Riziko merané štandardnou odchýlkou, p. a.	1.545	1.825	2.359
Minimálny výnos (5 % hladina významnosti)	12.304	13.765	14.556
Pravdepodobnosť nekladného výnosu	0.000	0.000	0.000
Pravdepodobnosť pre výnos menší ako 10 %	0.085	0.010	0.017
Pravdepodobnosť pre výnos vyšší ako 20 %	0.042	3.820	25.361
Peňažný trh			
BRIBID3M	93.495	100.352	107.202
PRIBOR3MSK	2.414	3.343	4.272
WIBO3MSK	0.770	2.418	4.065
BUBORO3MSK	11.290	20.697	30.096
SBWMUD3USK	-1.837	-6.314	-10.786
SBWMEU3LSK	-19.609	-37.545	-55.468
SF00003MSK	10.044	8.723	7.403
BP0003MSK	3.433	8.326	13.216
	100.000	100.000	100.000

Tabuľka 6

Charakteristiky nástrojov peňažného trhu za obdobie január 2000 – máj 2002 (v %)

Mena	SKK	CZK	PLN	HUF	USD	EUR	CHF	GBP
Nástroj	BRIBID3M	PRIBOR3M	WIBO3M	BUBORO3M	SBWMUD3U	SBWMEU3L	SF0003M Index	BP0003M Index
Priemerný mesačný výnos	0.646	0.414	1.328	0.889	0.399	0.345	0.231	0.445
Štandardná odchýlka	0.043	0.041	0.273	0.089	0.155	0.052	0.062	0.073
Maximálny výnos	0.802	0.450	1.633	1.003	0.575	0.428	0.299	0.530
Mesiac	31. 1. 2000	31. 8. 2001	30. 11. 2000	31. 1. 2000	31. 8. 2000	29. 12. 2000	29. 9. 2000	28. 4. 2000
Minimálny výnos	0.611	0.310	0.800	0.700	0.145	0.254	0.103	0.335
Mesiac	31. 1. 2001	31. 5. 2002	31. 5. 2002	29. 3. 2002	28. 2. 2002	28. 2. 2002	31. 5. 2002	30. 11. 2001
Priemerný výnos, p. a.	8.036	5.088	17.149	11.204	4.893	4.223	2.804	5.474
Štandardná odchýlka, p. a.	0.148	0.140	0.947	0.308	0.535	0.182	0.213	0.251

Tabuľka 7

Charakteristiky nástrojov peňažného trhu za obdobie január 2000 – máj 2002 prepočítané v SKK (v %)

Mena	SKK	SKK	PLN	SKK	USD	SKK	CHF	SKK
Nástroj	BRIBID3M	PRIBOR3MSK	WIBO3MSK	BUBORO3MSK	SBWMUD3USK	SBWMEU3LSK	SF0003MSK	BP0003MSK
Priemerný mesačný výnos	0.646	1.108	1.824	1.159	0.781	0.452	0.649	0.470
Štandardná odchýlka	0.043	1.530	2.709	1.651	2.654	1.317	1.563	2.165
Maximálny výnos	0.802	4.426	5.941	5.068	5.807	3.683	4.543	5.604
Mesiac	31. 1. 2000	31. 12. 2001	31. 8. 2006	31. 5. 2001	31. 8. 2000	31. 5. 2002	29. 9. 2000	29. 9. 2000
Minimálny výnos	0.611	-1.875	-5.710	-1.772	-4.990	-1.541	-1.693	-5.280
Mesiac	31. 1. 2001	31. 3. 2000	31. 7. 2001	28. 2. 2002	29. 12. 2000	28. 2. 2002	31. 12. 2001	30. 11. 2000
Priemerný výnos, p. a.	8.036	14.139	24.218	14.831	9.784	5.561	8.069	5.788
Štandardná odchýlka, p. a.	0.148	5.299	9.383	5.719	9.193	4.563	5.415	7.501

Tabuľka 8

Matica korelačných koeficientov

	BRIBID3M	PRIBOR3MSK	WIBO3MSK	BUBORO3MSK	SBWMUD3USK	SBWMEU3LSK	SF0003MSK	BP0003MSK
BRIBID3M	1.0000	-0.0042	-0.0234	-0.1236	0.1003	0.0691	0.0285	0.0358
PRIBOR3MSK	-0.0042	1.0000	0.1312	0.5930	-0.0890	0.5770	0.4150	-0.0284
WIBO3MSK	-0.0234	0.1312	1.0000	0.1673	0.3141	-0.1105	-0.1658	0.2257
BUBORO3MSK	-0.1236	0.5930	0.1673	1.0000	0.0598	0.4241	0.2756	0.1082
SBWMUD3USK	0.1003	-0.0890	0.3141	0.0598	1.0000	-0.0942	0.0403	0.6926
SBWMEU3LSK	0.0691	0.5770	-0.1105	0.4241	-0.0942	1.0000	0.8332	0.0749
SF0003MSK	0.0285	0.4150	-0.1658	0.2756	0.0403	0.8332	1.0000	0.2120
BP0003MSK	0.0358	-0.0284	0.2257	0.1082	0.6926	0.0749	0.2120	1.0000

Tabuľka 9

Efektívne portfóliá pri možných krátkych predajoch (obdobie január 2000 – máj 2002, v %)

Výnos p. a.	Riziko p. a.	BRIBID3M	PRIBOR3MSK	WIBO3MSK	BUBORO3MSK	SBWMUD3USK	SBWMEU3LSK	SF0003MSK	BP0003MSK
7.956	0.1525	100.284	-0.587	-0.220	0.278	-0.319	0.625	-0.441	0.380
8.214	0.1492	99.849	0.224	0.326	0.921	-0.324	-2.285	1.378	-0.090
8.472	0.1958	99.415	1.035	0.873	1.565	-0.330	-5.194	3.196	-0.559
8.731	0.2674	98.979	1.845	1.420	2.208	-0.335	-8.103	5.014	-1.029
8.990	0.3490	98.545	2.656	1.967	2.851	-0.340	-11.013	6.833	-1.499
9.250	0.4349	98.110	3.467	2.513	3.494	-0.345	-13.923	8.651	-1.968
9.511	0.5230	97.675	4.278	3.060	4.138	-0.350	-16.833	10.470	-2.438
9.772	0.6124	97.239	5.116	3.604	4.767	-0.359	-19.745	12.274	-2.896
10.034	0.7025	96.805	5.924	4.151	5.411	-0.363	-22.655	14.096	-3.368
10.296	0.7932	96.370	6.736	4.698	6.054	-0.369	-25.565	15.914	-3.837
10.559	0.8843	95.936	7.547	5.244	6.697	-0.374	-28.475	17.733	-4.307
10.822	0.9756	95.501	8.358	5.791	7.340	-0.379	-31.385	19.551	-4.776
11.086	1.0671	95.066	9.169	6.338	7.983	-0.385	-34.294	21.369	-5.246
11.351	1.1587	94.631	9.980	6.884	8.627	-0.390	-37.204	23.188	-5.716
11.616	1.2505	94.196	10.791	7.431	9.270	-0.395	-40.114	25.006	-6.185
11.882	1.3423	93.761	11.602	7.978	9.913	-0.400	-43.023	26.824	-6.655
12.148	1.4342	93.326	12.413	8.525	10.557	-0.405	-45.933	28.642	-7.124
12.415	1.5262	92.891	13.224	9.071	11.200	-0.411	-48.843	30.461	-7.594
12.683	1.6182	92.456	14.034	9.618	11.843	-0.416	-51.752	32.279	-8.064
12.951	1.7103	92.021	14.845	10.165	12.486	-0.421	-54.662	34.098	-8.533
13.219	1.8024	91.586	15.656	10.712	13.130	-0.426	-57.571	35.916	-9.003
13.488	1.8945	91.152	16.467	11.258	13.773	-0.431	-60.481	37.734	-9.472
13.758	1.9867	90.717	17.278	11.805	14.416	-0.436	-63.391	39.553	-9.942
14.029	2.0788	90.282	18.089	12.352	15.060	-0.441	-66.300	41.371	-10.412
14.300	2.1710	89.847	18.900	12.898	15.703	-0.447	-69.210	43.190	-10.881
14.571	2.2633	89.412	19.711	13.445	16.346	-0.452	-72.119	45.008	-11.351
14.843	2.3555	88.977	20.522	13.992	16.989	-0.457	-75.029	46.826	-11.820

Tabuľka 10

Vybrané efektívne portfóliá a ich pravdepodobnostné charakteristiky (v %)

Názov portfólia	I	II	III
Očakávaný výnos, p. a	8.214	11.616	14.843
Riziko merané štandardnou odchýlkou, p. a.	0.149	1.250	2.355
Minimálny výnos (5 % hladina významnosti)	7.968	9.559	10.969
Pravdepodobnosť nekladného výnosu	0.000	0.000	0.000
Pravdepodobnosť pre výnos menší ako 10 %	100.000	9.811	1.988
Pravdepodobnosť pre výnos vyšší ako 20 %	0.000	0.000	1.429
Peňažný trh			
BRIBID3M	99.849	94.196	88.977
PRIBOR3MSK	0.224	10.791	20.522
WIBO3MSK	0.326	7.431	13.992
BUBORO3MSK	0.921	9.270	16.989
SBWMUD3USK	-0.324	-0.395	-0.457
SBWMEU3LSK	-2.285	-40.114	-75.029
SF0003MSK	1.378	25.006	46.826
BP0003MSK	-0.090	-6.185	-11.820
	100.000	100.000	100.000

Tabuľka 11

Efektívne portfóliá pri vylúčení krátkych predajov (v %)

Výnos p. a.	Riziko p. a.	BRIBID3M	PRIBOR3MSK	WIBO3MSK	BUBORO3MSK	SBWMUD3USK	SBWMEU3LSK	SF00003MSK	BP0003MSK
11.350	2.4946	61.641	0.000	0.000	0.000	0.779	15.011	22.570	0.000
11.616	2.3596	64.938	0.000	0.000	0.000	0.877	13.046	21.139	0.000
11.882	2.2319	68.218	0.000	0.000	0.000	0.976	11.091	19.715	0.000
12.148	2.1121	71.498	0.000	0.000	0.000	1.074	9.137	18.291	0.000
12.415	2.0014	74.779	0.000	0.000	0.000	1.172	7.182	16.867	0.000
12.683	1.9016	78.059	0.000	0.000	0.000	1.271	5.228	15.443	0.000
12.951	1.8144	81.250	0.080	0.000	0.000	1.383	3.281	14.006	0.000
13.219	1.7404	83.787	0.836	0.000	0.000	1.604	0.886	12.888	0.000
13.488	1.6805	85.702	1.080	0.000	1.061	1.469	0.000	10.688	0.000
13.758	1.6366	87.343	1.054	0.073	2.485	1.159	0.000	7.886	0.000
14.029	1.6090	88.793	0.687	0.781	3.504	0.655	0.000	5.581	0.000
14.300	1.5977	90.261	0.316	1.496	4.501	0.143	0.000	3.283	0.000
14.571	1.6032	91.587	0.115	2.102	5.385	0.000	0.000	0.810	0.000
14.843	1.6421	90.864	0.000	5.199	3.937	0.000	0.000	0.000	0.000
15.116	1.7596	89.147	0.000	9.493	1.360	0.000	0.000	0.000	0.000
15.389	1.9460	86.302	0.000	13.698	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.665	2.1925	82.177	0.000	17.823	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.939	2.4805	78.072	0.000	21.928	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16.214	2.7980	73.967	0.000	26.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16.489	3.1343	69.883	0.000	30.117	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16.767	3.4886	65.758	0.000	34.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.044	3.8518	61.653	0.000	38.347	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.321	4.2228	57.548	0.000	42.452	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.599	4.5997	53.443	0.000	46.557	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.878	4.9813	49.339	0.000	50.661	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18.156	5.3645	45.254	0.000	54.746	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18.437	5.7545	41.129	0.000	58.871	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabuľka 12

Vybrané efektívne portfóliá a ich pravdepodobnostné charakteristiky (v %)

Názov portfólia	I	II	III
Očakávaný výnos, p. a	14.300	16.489	18.437
Riziko merané štandardnou odchýlkou, p. a.	1.598	3.134	5.755
Minimálny výnos (5 % hladina významnosti)	11.672	11.333	8.972
Pravdepodobnosť nekladného výnosu	0.000	0.000	0.068
Pravdepodobnosť pre výnos menší ako 10 %	0.356	1.921	7.130
Pravdepodobnosť pre výnos vyšší ako 20 %	0.018	13.131	39.298
Peňažný trh			
BRIBID3M	90.261	65.758	41.129
PRIBOR3MSK	0.316	0.000	0.000
WIBO3MSK	1.496	34.242	58.871
BUBORO3MSK	4.501	0.000	0.000
SBWMUD3USK	0.143	0.000	0.000
SBWMEU3LSK	0.000	0.000	0.000
SF00003MSK	3.283	0.000	0.000
BPG003MSK	0.000	0.000	0.000
	100.000	100.000	100.000

Tabuľka 13

Efektívne portfóliá pri vylúčení krátkych predajov (obdobie január 2000 – máj 2002, v %)

Výnos p. a.	Riziko p. a.	BRIBID3M	PRIBOR3MSK	WIBO3MSK	BUBORO3MSK	SBWMUD3USK	SBWMEU3LSK	SF00003MSK	BP0003MSK
7.956	0.2019	96.733	0.000	0.000	0.000	0.000	2.501	0.000	0.766
8.214	0.1672	98.167	0.238	0.679	0.915	0.000	0.000	0.000	0.000
8.472	0.2608	95.596	1.050	1.766	1.588	0.000	0.000	0.000	0.000
8.731	0.3802	93.025	1.860	2.854	2.260	0.000	0.000	0.000	0.000
8.990	0.5075	90.456	2.670	3.943	2.931	0.000	0.000	0.000	0.000
9.250	0.6380	87.884	3.482	5.030	3.605	0.000	0.000	0.000	0.000
9.511	0.7701	85.314	4.292	6.118	4.276	0.000	0.000	0.000	0.000
9.772	0.9030	82.743	5.103	7.205	4.948	0.000	0.000	0.000	0.000
10.034	1.0365	80.171	5.915	8.293	5.621	0.000	0.000	0.000	0.000
10.296	1.1703	77.601	6.726	9.380	6.293	0.000	0.000	0.000	0.000
10.559	1.3044	75.030	7.537	10.468	6.966	0.000	0.000	0.000	0.000
10.822	1.4387	72.467	8.259	11.554	7.719	0.000	0.000	0.000	0.000
11.086	1.5730	69.888	9.159	12.643	8.310	0.000	0.000	0.000	0.000
11.351	1.7075	67.325	9.881	13.730	9.064	0.000	0.000	0.000	0.000
11.616	1.8421	64.748	10.780	14.819	9.654	0.000	0.000	0.000	0.000
11.882	1.9767	62.177	11.591	15.906	10.326	0.000	0.000	0.000	0.000
12.148	2.1114	59.606	12.402	16.994	10.998	0.000	0.000	0.000	0.000
12.415	2.2461	57.035	13.213	18.082	11.670	0.000	0.000	0.000	0.000
12.683	2.3809	54.465	14.024	19.169	12.342	0.000	0.000	0.000	0.000
12.951	2.5157	51.894	14.835	20.257	13.014	0.000	0.000	0.000	0.000
13.219	2.6505	49.323	15.646	21.345	13.687	0.000	0.000	0.000	0.000
13.488	2.7853	46.753	16.456	22.433	14.358	0.000	0.000	0.000	0.000
13.758	2.9202	44.182	17.267	23.520	15.031	0.000	0.000	0.000	0.000
14.029	3.0551	41.611	18.078	24.608	15.703	0.000	0.000	0.000	0.000
14.300	3.1899	39.041	18.889	25.696	16.375	0.000	0.000	0.000	0.000
14.571	3.3248	36.470	19.700	26.783	17.047	0.000	0.000	0.000	0.000
14.843	3.4597	33.899	20.510	27.871	17.719	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabuľka 14

Vybrané efektívne portfóliá a ich pravdepodobnostné charakteristiky (obdobie január 2000 – máj 2002, v %)

Názov portfólia	I	II	III
Očakávaný výnos, p. a	8.214	11.882	14.843
Riziko merané štandardnou odchýlkou, p. a.	0.167	1.977	3.460
Minimálny výnos (5 hladina významnosti)	7.939	8.630	9.153
Pravdepodobnosť nekladného výnosu	0.000	0.000	0.001
Pravdepodobnosť pre výnos menší ako 10	100.000	17.055	8.077
Pravdepodobnosť pre výnos vyšší ako 20	0.060	0.092	6.805
Peňažný trh			
BRIBID3M	98.167	62.177	33.899
PRIBOR3MSK	0.238	11.591	20.510
WIBO3MSK	0.679	15.906	27.871
BUBORC3MSK	0.915	10.326	17.719
SBWMUD3USK	0.000	0.000	0.000
SBWMEU3LSK	0.000	0.000	0.000
SF00003MSK	0.000	0.000	0.000
BP0003MSK	0.000	0.000	0.000
	100.000	100.000	100.000

Príloha 2

Opísané analýzy sú založené na riešení sérií úloh kvadratického programovania, hľadajúcich také portfóliá, v ktorých sa zadaný očakávaný výnos E_P portfólia dosiahne pri čo možno najmenšom riziku meranom rozptylom výnosov portfólia. Formálne možno takúto úlohu zapísať v tvare

$$\min \mathbf{w}^T \mathbf{C} \mathbf{w}$$

za podmienok

$$\begin{aligned} \mathbf{E}^T \mathbf{w} &= E_P \\ \mathbf{e}^T \mathbf{w} &= 1 \\ \mathbf{w}^l &\leq \mathbf{w} \leq \mathbf{w}^u \end{aligned}$$

kde

\mathbf{C} – variačno-kovariačná matica typu $n \times n$, kde n je počet aktív (v tomto prípade počet uvažovaných nástrojov peňažného trhu),

\mathbf{w} – vektor váh aktív v portfóliu,

\mathbf{E} – vektor očakávaných výnosov jednotlivých aktív (v tomto prípade vektor priemerných mesačných výnosov aktív za uvažované historické obdobie),

E_P – požadovaný očakávaný výnos portfólia,

\mathbf{w}^l – vektor dolných hraníc váh aktív v portfóliu,

\mathbf{w}^u – vektor horných hraníc váh aktív v portfóliu.

\mathbf{e} – vektor, ktorého všetky zložky sú rovné 1,

T – označenie operácie transponovania.

Poznamenajme, že v úlohe s možnými krátkymi predajmi sú všetky zložky vektora \mathbf{w}^l rovné mínus nekonečno a všetky zložky vektora \mathbf{w}^u sú rovné plus nekonečno. Pri vylúčení krátkych predajov sú všetky zložky vektora \mathbf{w}^l rovné nule.

Nami uvedené analýzy vyžadovali riešenie sérií optimalizačných úloh tohto typu. Na efektívne zvládnutie daného problému v prostredí Excelu boli vytvorené používateľské funkcie na výpočet výnosu portfólia (*PortfolioReturn*) a rozptylu výnosov portfólia (*PortfolioVariance*) a VBA procedúra (*MM_frontier*), ktorá automatizuje postupné formulácie úloh a ich riešenie excelovským solverom. Procedúra a funkcie majú nasledujúcu štruktúru:

a) procedúra ne aproximáciu hranice množiny investičných príležitostí

Sub MM_frontier()

' Klávesová skratka: Ctrl+Shift+A

' Aplikácia solveru pre výpočet váh portfólia

' s minimálnym rozptylom

' Obsah excelovských oblastí:

- ' ovcieľ – bunka vyhradená pre automatický zápis cieľovej hodnoty pre výnos
- ' ov_cieľdh – bunka, v ktorej je definovaná dolná hranica pre výnos
- ' váhy – oblasť vyhradená pre automaticky zápis optimálnych váh
- ' váhy_dh – oblasť, v ktorej sú definované dolné hranice pre váhy
- ' váhy_hh – oblasť, v ktorej sú definované horné hranice pre váhy
- ' suma – bunka, v ktorej je vložený vzorec pre súčet buniek v oblasti „váhy“
- ' ov – bunka, ktorá nazýva funkciu PortfolioReturn
- ' so – bunka, ktorá nazýva funkciu PortfolioVariance
- ' ad – bunka, ktorá definuje krokovú zmenu na postupné zvyšovanie výnosu
- ' cieľ – začiatok oblasti, kde sa postupne automaticky archivujú cieľové výnosy
- ' výnos – začiatok oblasti, kde sa postupne archivujú vypočítané výnosy
- ' riziko – začiatok oblasti, kde sa postupne archivuje vypočítané riziko
- ' optváhy – začiatok oblasti, kde sa postupne archivujú optimálne váhy portfólií

```

Range("ovcieľ").Value = Range("ov_cieľdh").Value
SolverReset
Call SolverAdd(Range("váhy"), 3, Range("váhy_dh"))
Call SolverAdd(Range("váhy"), 1, Range("váhy_hh"))
Call SolverAdd(Range("suma"), 2, 1)
Call SolverAdd(Range("ov"), 2, Range("ovcieľ"))
Call SolverOk(Range("so"), 2, 0, Range("váhy"))
n = (Range("ov_cieľhh").Value - Range("ov_cieľdh").Value) / Range("ad").Value
cieľ = Range("ovcieľ").Value
ad = Range("ad").Value
For i = 0 To n
Call SolverSolve(True)
Range("ovcieľ").Copy
Range("cieľ").Offset(i, 0).PasteSpecial Paste:=xlValues
Application.CutCopyMode = False
Range("ov").Copy
Range("výnos").Offset(i, 0).PasteSpecial Paste:=xlValues
Application.CutCopyMode = False
Range("so").Copy
Range("riziko").Offset(i, 0).PasteSpecial Paste:=xlValues
Application.CutCopyMode = False
Range("váhy").Copy
Range("optváhy").Offset(i, 0).PasteSpecial Paste:=xlValues
Application.CutCopyMode = False
cieľ = cieľ + ad

```

```

Range("ovciel").Value = ciel
Call SolverChange(Range("ov"), 2, Range("ovciel"))
Next i
SolverFinish
End Sub

```

b) používateľská funkcie na výpočet rozptylu výnosov portfólia

```

Function PortfolioVariance(wtsvec, vcvmat)
'
' Vracia rozptyl výnosov portfólia
' wtsvec – oblasť váh aktív
' vcvmat – oblasť, kde je zapísaná kovariačná matica
'
Dim v1 As Variant
If wtsvec.Columns.Count > wtsvec.Rows.Count Then
wtsvec = Application.Transpose(wtsvec)
End If
v1 = Application.MMult(vcvmat, wtsvec)
PortfolioVariance = Application.SumProduct(v1, wtsvec)
End Function

```

c) používateľská funkcia na výpočet výnosu portfólia

```

Function PortfolioReturn(retvec, wtsvec)
'
' Vracia výnos portfólia
' wtsvec – oblasť váh aktív
' retvec – oblasť, kde sú zapísané výnosy aktív
'
If Application.Count(retvec) = Application.Count(wtsvec) Then
If retvec.Columns.Count > retvec.Rows.Count Then
retvec = Application.Transpose(retvec)
End If
If wtsvec.Columns.Count > wtsvec.Rows.Count Then
wtsvec = Application.Transpose(wtsvec)
End If
PortfolioReturn = Application.SumProduct(retvec, wtsvec)
Else
PortfolioReturn = -1
End If
End Function

```

AN HISTORICAL ANALYSIS AND OPTIMISATION OF MONEY MARKET PORTFOLIO

Vladimír MLYNAROVÍČ – Richard KOLÁRIK

Questions about profitability of using exchange rates changes at various kinds of financial investments are a subject of a frequent analysis and speculations as well. At present the question is alive mainly in connection with conjectures about possible exchange rate losses at the conversion of dollars returns from the sale of Slovak Gas Industry into Slovak currency. But the goal of the paper is not to analyse this special case. The paper concentrates the attention on historical analysis and optimisation of portfolio of selected international money market tools.

In general, for an international investor, fluctuations in asset prices must be converted from the local currency into the currency in which portfolio performance is evaluated. Exchange rates changes are therefore critical for measuring and comparing the returns from different countries.

In the paper the special money market that consists of three months tools of Slovak (BRIBID3M), Czech (PRIBOR3M), Polish (WIBOR3M), Hungarian (BUBOR3M), Switzerland (SF003M) and British (BP003M) money markets together with a one USD (SBWMUD3U) and EMU (SDWMEU3L) three months tool of money market, is created. The paper looks for an answer to the question what kind of currencies was efficient for investors to hold from historical point of view. Monthly returns for period from September 1996 to May 2002 are used at the analysis. Together with them the data about monthly exchange rates of Slovak currency with corresponding currencies of assumed money market tools were used as well.

Characteristics of the money market tools as average returns and standard deviations of returns are used in the analysis. Returns of assumed money market tools after the conversion into the Slovak currency where the corresponding monthly exchange rates were taken into account are used as well. It is evident that higher returns in SKK go together with higher risk that is measured with standard deviation of returns. We would also like to note that the whole analysis is simplified in this way that transaction costs connected with conversions of returns into Slovak currency are not taken into account.

On the described market of assets the frontier of investment opportunities is constructed in such a way to consists of the assets portfolios that ensure required (expected) returns at as low risk as possible. The part of the frontier, from the point that corresponds to the portfolio with global minimum risk, as it is known from a modern portfolio theory, creates the set of efficient portfolios. From the technical point of view one need to solve a series of quadratic programming problems that are known as Markowitz portfolio selection problems. When the short sales are allowed it means that investor can also borrow tools

(assets). From the formal point of view it means that the proportion of such an asset in the portfolio is expressed with negative weight or with negative percentage proportion. For an effective realisation of solving process the Excel solver with a special created VBA procedure was used. A frontier of investment opportunity set is approximated also on the assumption that short sales are not allowed.

The resulted structures of optimal (efficient) money market portfolios presented in the paper provide relatively clear answers on the question how exchange rates changes were to be used at investments into money market tools. It should be note that these results follow from historical analysis and do not provide investment recommendations.