

**KESKUSTELUALOITTEITA**  
**DISCUSSION PAPERS**

Suomen Pankin kirjasto



175553

IVA5a

Kirjasto: alaholvi

SUOMEN PANKKI VAL

Epävarmuus ja valuuttavarannon sijoitusongelma  
Suomen Pankin Valuuttapolitiikan osasto. Keskustelualoitteita  
02/83 1983

Olli- Pekka Lehmussaari

**EPÄVARMUUS JA VALUUTTAVARANNON**  
**SIJOITUSONGELMA**

*EA5, EA9, EA9*

2.5.1983

VP 2/83

**Suomen Pankin**  
**Valuuttapolitiikan osasto**

**Bank of Finland**  
**Exchange Policy Department**

## SAATTEEKSI

Vuoden 1982 keväällä perustettiin Suomen Pankissa työryhmä, jonka tavoitteena oli selvittää valuuttavarannon optimaaliseen sijoittamiseen liittyviä näkökohtia. Työryhmän jäseninä olivat Hannu Halttunen, Olli-Pekka Lehmussaari ja Tom Nordman. Vaikka työryhmän toiminta-aika rajoittui varsin lyhyeksi, voidaan käsillä olevan selvityksen katsoa syntyneen paljolti työryhmässä tapahtuneen innovoinnin pohjalta.

huhtikuussa 1983

Olli-Pekka Lehmussaari

## SISÄLLYSLUETTELO:

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Ongelman tausta .....	1
1.2	Valuuttakurssimuutokset ja keskuspankin valuuttavaranto ..	3
1.3	Tutkimuksen tavoite .....	6
2.	KLASSINEN PORTFOLIOTEORIA .....	7
2.1	Johdanto .....	7
2.2	Diversifikaatio ja epävarmuus .....	8
2.3	Tehokkaan portfolion ura .....	12
2.4	Päätöksentekijän suhtautuminen riskiin ja optimaalisen portfolion valinta .....	16
2.5	Riskin karttamisaste .....	23
2.6	Keskiarvo-varianssi -lähestymistapaan liittyvät oletukset .....	26
3.	OPTIMAALISEN VALUUTTAPORTFOLION MÄÄRÄÄMINEN .....	28
3.1	Yleistä .....	28
3.2	Kansainvälisten valuutta- ja pääomamarkkinoiden erityispiirteistä portfolioteoriassa .....	28
3.3	Optimaalisen valuuttadiversifikaation määrääminen tehok- kailla markkinoilla .....	34
4.	EMPIIRISIÄ KOKEITA MINIMIVARIANSSI -VALUUTTAPORTFOLION LASKEMISEKSI .....	39
4.1	Muuttujien empiiriset vastineet ja estimointiperiodit ....	39
4.2	Empiiriset tulokset .....	42
5.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	56

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Ongelman tausta

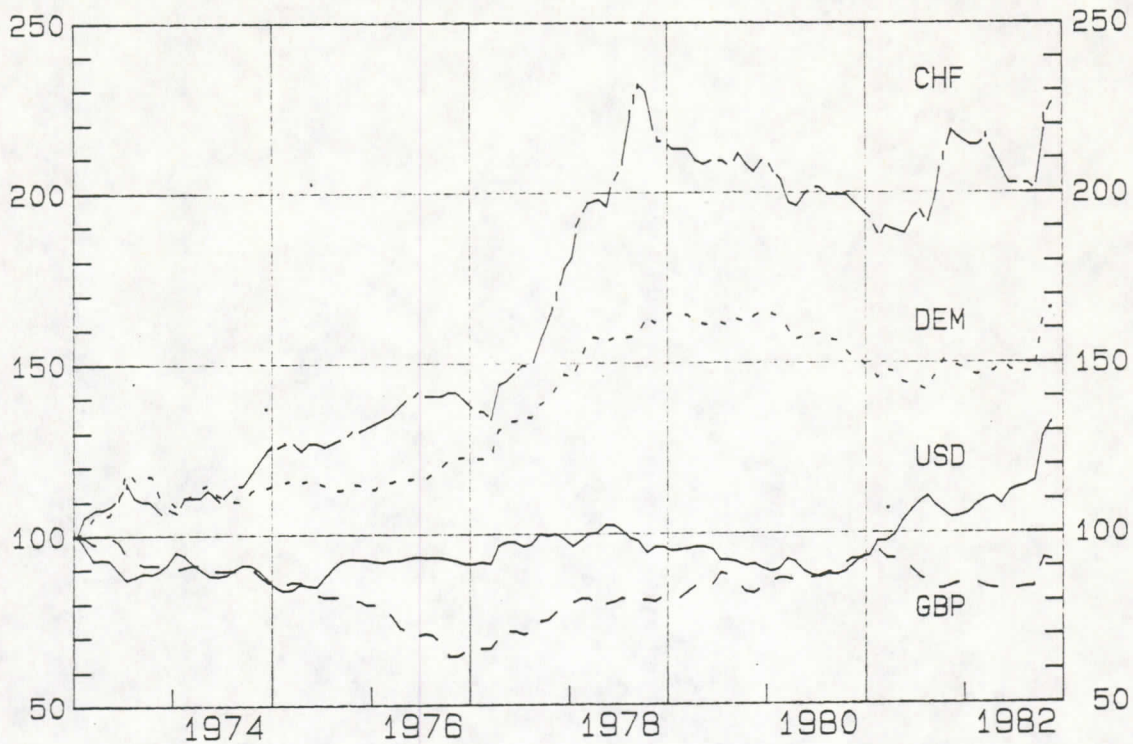
Vuodet 1971-73 muodostivat käännepisteen markkinatalousmaiden valuuttajärjestelmän kannalta. Yli kaksikymmentä vuotta voimassa olleesta Bretton Woods parikurssijärjestelmästä luovuttiin ja valuuttojen annettiin vähitellen määräytyä vapaammin markkinavoimia myötäillen.

Kiinteiden valuuttakurssien aikakautena avoimessa taloudessa toimivien yritysten ja yhteisöjen osalta valuuttamarkkinoihin ei liittynyt kovinkaan suurta epävarmuutta. Eri valuuttojen perusarvot ilmaistiin kullassa ja valuuttojen päiväkurssit vaihtelivat varsin ahtaissa rajoissa, mikä takasi vakaan kurssikehityksen. Kelluvien valuuttakurssien järjestelmä on sitä vastoin lisännyt huomattavasti eri valuuttojen kehitykseen liittyvää epävarmuutta ja siten luonut uusia liike- ja kansantaloudellisia ongelmia. Kuviossa 1. on esitetty eräiden päävaluuttojen kehitys Suomen markan suhteen kelluvien valuuttakurssien aikana.

Avoimessa taloudessa toimivien yritysten kannalta jatkuvasti muuttuvat valuuttakurssit saattavat merkittävästi vaikuttaa niiden taloudelliseen tulokseen. Valuutariskit ovat siten lisänneet yritysten ulkomaantoimintoihin liittyvää epävarmuutta, jota on pyritty vähentämään vaihtoehtoisin suojautumiskeinoin ja valuuttahallintoa järkeistämällä. Kurssiriskiongelmia on nyttemmin myös runsaasti käsitelty taloustieteellisessä kirjalli-

suudessa (ks. esim. Aliber 1978, Eiteman & Stonehill 1979, Kenyon 1981, Soenen 1979). Suomessa aihepiiristä ovat viime vuosina kirjoittaneet mm. Nars (1979), Nars-Pekonen (1980) ja Oksanen (1981).

KUVID 1.  
VALUUTTOJEN MYYNTIKURSSEJA, 1973M1=100



Koko kansantaloudessa ulkomaankaupan merkityksen lisääntyminen tuotannon kasvun ja työllisyyden hoidon kannalta on korostanut kurssikehityksen vaikutusta hintakilpailukykyyn, mikä on asettanut uusia lisävaatimuksia talouspolitiikan päätöksentekoon ja erityisesti valuuttakurssipolitiikkaan. Myös ulkomaan rahan määräisten sijoitusten tekijät ja velkojen ottajat ovat joutuneet

vaikeiden valintatilanteiden eteen ratkaistessaan valuuttahallintoon liittyviä ongelmia muuttuneissa olosuhteissa. Julkisessa sektorissa lisääntynyt valuuttakurssiepävarmuus on heijastunut eritoten valtion ulkomaisen velan ja keskuspankin valuuttavarannon hoitoon.

## 1.2 Valuuttakurssimuutokset ja keskuspankin valuuttavaranto

Kansainvälisten korkojen ja valuuttakurssien ajoittain hyvin voimakkaatkin muutokset sekä kansainvälisessä inflaatiossa toteutunut kehitys ovat vaikuttaneet kansainvälisten päävaluuttojen kysyntään varantovaluuttana. Keskuspankin olisi kyettävä tekemään vaihtoehtoisten sijoituskohteiden ja valuuttojen kesken sijoitussuunnitelma, joka toteuttaisi valuuttavarannolle asetetun tehtävän mahdollisimman hyvin. Valuuttavarannon tehtävänä on mm. turvata maksuvalmius ulkomaisten tulojen ja menojen ajoituksessa tapahtuvien muutosten olosuhteissa. Varannon hoidossa tulisi lisäksi mm. ottaa huomioon tuonnin rahoitustarpeen reaalin turvaaminen, likviditeettinäkökohdat sekä epävarmuudesta johtuvien yllätyksien hallinta.

Vaikka eri maiden valuuttavarannon koostumuksesta ei ole olemassa yksityiskohtaisia tilastoja, keskuspankien tiedetään viime vuosien aikana diversifioineen varantojaan aktiivisemmin kuin 1970-luvun alussa (Mendelsohn 1982). Erityisesti varantojen dollariosuus on laskenut. Varantojen diversifioinnin avulla on pyritty lisäämään niiden odotettua reaalituottoa sekä vähentämään reaalituottokehitykseen liittyvää epävarmuutta. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty IMF:lle ilmoitettujen

aggregaattivarantojen koostumus teollisuusmaissa ja kehitysmaissa vuosina 1970-1981. Taulukoista havaitaan, että teollisuusmaissa dollarin osuus varantovaluuttana on alentunut ja Saksan markan osuus kasvanut.<sup>1)</sup> Vastavasti kehitysmaissa dollarin suhteellinen osuus on huomattavasti pienempi kuin teollisuusmaissa.

Myös Heller ja Knight ovat selvittäneet empiirisen aineiston perusteella keskuspankkien varantopolitiikkaa (Heller ja Knight, 1978). IMF:ltä saatujen vuosien 1971-76 koskevien aggregaattitilastojen avulla he osoittivat, että kansantalouksien avoimuudella ei näyttänyt olevan merkittävää vaikutusta varantojen koostumukseen. Sitä vastoin valtiot, joiden valuuttajärjestelmä oli sidonnainen tiettyyn valuuttaan, pitivät myös tavallista suuremman osan varannostaan tässä valuutassa. Dollari määräiset reservit olivat kuitenkin keskimääräistä suuremmat valuuttajärjestelmästä riippumatta.

Varantoportfolioiden korkojoustavuutta selvitettiin tutkimuksessa pintapuolisesti. Dollarimääräisistä sijoituksista Euromarkkinoiden ja USA:n markkinoiden välillä todettiin kaksi seikkaa. Ensinnäkin keskuspankkien käyttäytyminen näiden markkinoiden välillä on korkojoustavaa. Toiseksi kehitysmaat sijoittavat suuremman osan varannostaan Euromarkkinoille teollisuusmaihin verrattuna korkoeroista riippumatta.

---

1)

Mendelsohnin mukaan (Mendelsohn, 1982) ryhmä 10 ulkopuolella olevat maat diversifioivat enemmän kuin varsinaiset ryhmän jäsenet, mikä saattaa korostaa dollarin osuutta taulukossa 1. Ryhmä 10 jäseninä ovat tällä hetkellä seuraavat maat: Yhdysvallat, Länsi-Saksa, Englanti, Ranska, Italia, Kanada, Japani, Hollanti, Belgia ja Ruotsi.

## TAULUKKO 1.

## AGGREGAATTIVARANTOJEN KOOSTUMUS; TEOLLISUUSMAAT

Vuosi	USD %	GBP %	DEM %	JPY %	CHF %
1970	85	5	2	0	1
1971	82	4	2	0	1
1972	86	4	3	0	1
1973	86	3	3	0	1
1974	87	2	3	0	1
1975	88	1	4	0	1
1976	84	1	3	0	1
1977	89	1	4	0	1
1978	86	1	6	0	1
1979	84	1	6	2	3
1980	79	1	11	2	3
1981	79	1	11	2	2

Lähde: The Banker, April 1982.

## TAULUKKO 2.

## AGGREGAATTIVARANTOJEN KOOSTUMUS; KEHITYSMAAT

Vuosi	USD %	GBP %	DEM %	FRF %	JPY %	CHF %	NLG %
1970	57	20	2	3	0	0	0
1971	42	18	5	4	0	1	0
1972	55	12	14	5	0	2	0
1973	47	9	25	5	0	4	1
1974	67	11	10	2	0	2	1
1975	70	7	9	2	1	2	1
1976	73	3	10	2	2	2	1
1977	69	3	12	2	2	3	1
1978	61	3	14	2	4	3	1
1979	62	3	16	2	4	3	1
1980	58	5	15	2	5	5	1
1981	59	5	15	2	5	5	1

Lähde: The Banker, April 1982



### 1.3 Tutkimuksen tavoite

Tämän selvityksen tavoitteena on tarkastella kuinka taloustieteen tutkimuksen tuloksia olisi mahdollista soveltaa keskuspankin valuuttavarannon hoidossa. Laaja finance -alan kirjallisuus viittaa siihen, että luontevin lähtökohta optimaalisen valuuttavarannon määrittämiseksi on portfolioteoria. Portfolioteorian operationalisointi edellyttää lisäksi kvadraattisen optimoinnin hyväksikäyttöä. Sijoitussuunnittelujärjestelmän tulisi rakentua lähinnä siten, että sijoitustoimintaan liittyvä tavoitteenasettelu on kuvattava modernin portfolioteorian avulla ja varsinainen ongelman ratkaisu sekä eri politiikkavaihtoehtojen testaus on suoritettava matemaattisen optimoinnin avulla.

Selvityksessä tutkitaan lähinnä kuinka valuuttavarannon optimaalinen valuuttajakauma tulisi määrittää. Vaihtoehtoisia sijoituskohteita tietyssä valuutassa ei oteta huomioon. Myös sijoitusten maturiteettijakaumaan liittyvät ongelmat sekä valuuttasijoitusten institutionaaliset- ja markkinarajoitteet sivuutetaan.

Tutkimuksen empiirisessä osassa on esitetty eräitä neljän, viiden ja kuuden valuutan koreja, jotka on saatu tietyin olettamuksin pns-tekniikan avulla.

## 2 KLASSINEN PORTFOLIOTEORIA

Seuraavassa esitetään yksinkertaisen portfolioteorian pääpiirteet sekä tarkastellaan teoriaan liittyviä peruskäsitteitä. Tässä vaiheessa teorian johtoajatus esitetään yleisessä muodossa ja jäljempänä luvussa 3 sitä sovelletaan valuuttamarkkinoille ja erityisesti optimaalisen valuuttavarannon määrittämiseen.

### 2.1 Johdanto

Portfolioteorian asema kansantaloustieteessä on riidaton. Markowitzin (1959) ja Tobinin (1965) huomattavien kirjoitusten jälkeen portfolioteoriaan perustuva tutkimustyö on voimakkaasti lisääntynyt. Vaikka portfolioteoriaa alunperin tarkasteltiin runsaasti lähinnä finance -alan kirjallisuudessa on se nyttemmin saavuttanut huomattavan aseman makrotalousteoriassa. Teoriaa on sovellettu laajasti mm. kansainväliselle pääoma- ja valuuttamarkkinoille, valuuttakurssien määräytymiseen sekä yleiseen maksutaseanalyysiin. (Branson 1979, Dornbusch 1980a, Kouri 1976, 1977, Kouri & Macedo 1978, Macedo 1980).

Portfolioteorian avulla on esimerkiksi mahdollista tutkia, kuinka investoijan tulisi jakaa varallisuutensa vaihtoehtoisten sijoituskohteiden välillä siten, että toivottuun tuottotavoitteeseen liittyisi mahdollisimman pieni epävarmuus. Jos tulevaisuuteen ei liittyisi epävarmuutta, sijoituskohteet olisivat täysin likvidejä eikä sijoittaja joutuisi maksamaan transaktiokustannuksia, olisi portfoliostrategiaa koskeva päätöksenteko yksinkertaista. Tällöin rationaalisesti käyttäytyvän taloudenpitäjän tulisi valita portfolio, jonka tuotto päätöksentekohetkellä on suurin. Jos sijoituskohteet

eivät kuitenkaan ole täysin likvidejä, niihin liittyy transaktiokustannuksia tai pääomamarkkinat ovat jossakin mielessä epätäydelliset, joutuu taloudenpitäjä portfoliovalinnassa ottamaan huomioon preferenssinsä nykyhetken ja tulevaisuuden kulutusmahdollisuuksien suhteen.

Klassisissa oppikirjaesimerkeissä on portfolion valintaa yleensä tarkasteltu tilanteessa, joka on rajattu ainoastaan kahteen sijoituskohteeseen ja kahteen ajanjaksoon. Tällöin on ajateltu, että toinen sijoituskohdeista on likvidi, kun taas toista sijoituspaperia on pidettävä tarkasteluperiodin loppuun. Yleensä lisäksi oletetaan, että taloudenpitäjällä on myös muita tuloja kuin sijoituspapereista saatavat tulot. Päätöksentekongelmana on tällöin allokoida kokonaisvarallisuus sijoituskohteiden välille siten, että taloudenpitäjän preferenssit kulutuksen jakautumisesta ensimmäiselle ja toiselle periodille toteutuvat parhaalla mahdollisella tavalla.

Tällaisessa tapauksessa ei useinkaan välttämättä ole rationaalista valita sijoituskohdetta, jonka tuotto päätöksentekohetkellä on suurin, vaan taloudenpitäjän on järkevää diversifioida kokonaisvarallisuutensa vaihtoehtoisten sijoituskohteiden kesken.

## 2.2 Diversifikaatio ja epävarmuus

Edellä esitetyssä tarkastelussa sijoitetun pääoman tuottoon ei liittynyt epävarmuutta vaan kulutuksen ajoitukseen liittyvien preferenssien johdosta järkevä taloudenpitäjä diversifioi portfolion vaihtoehtoisten sijoituskohteiden välille. Käytännössä portfolioiden toteutunut tuotto on kuitenkin usein hyvin epävarma. On yksinkertaista osoittaa, että taloudenpitäjän on mahdollista pienentää sijoitusten tuottoihin liittyvää epävarmuutta sopivasti jakamalla varallisuutensa vaihtoehtoisiin sijoituskohteisiin. Diversifikaation avulla

saavutettua mahdollista hyötyä sijoittajan kannalta voi havainnollistaa yksinkertaisen esimerkin avulla. Ajatellaan hypoteettista maailmantilaa, jossa toimii ainoastaan kaksi yritystä. Toinen yrityksistä valmistaa jäätelöä ja toinen on matkatoimisto. Molempien yritysten taloudellinen tulos riippuu merkittävässä määrin säätilasta. Sateisina kesinä matkatoimisto myy huomattavasti enemmän ulkomaanlomamatkoja kuin sateettomina kesinä. Jäätelötehtaan toiminta-aste on sateettomina kesinä vastaavasti korkea ja päinvastoin. Taulukossa 3. on esitetty yritysten hypoteettiset tuotot eri olosuhteissa.

TAULUKKO 3.

## YRITYSTEN HYPOTEETTISET TUOTOT

	matkatoimisto	jäätelötehdas
sateinen kesä	40 %	-20 %
sateeton kesä	-20 %	40 %

Oletetaan, että useiden vuosien ajanjaksolla keskimäärin puolet kesistä on ollut sateisia ja puolet sateettomia. Toisin sanoen sateettoman ja sateisen kesän todennäköisyys on 0.5. Jos taloudenpitäjä sijoittaisi varallisuutensa yksinomaan jäätelötehtaaseen (matkatoimistoon), olisi sijoituksen odotettu tuotto 10 prosenttia ( $0.5 \times 40 - 0.5 \times 20 = 10$ ). Sijoituksesta saatava tuotto olisi kuitenkin varsin epävarma, koska sateisia (sateettomia) kesiä saattaisi olla monia peräkkäin, jolloin tuottoprosentti olisi negatiivinen.

Jos sijoitettava varallisuus olisi esimerkiksi 200 markkaa ja taloudenpitäjä diversifioi porfolionsa siten,

että hän sijoittaa 100 markkaa jäätelötehtaaseen ja 100 markkaa matkatoimistoon, sateisena kesänä matkatoimistoon sijoitettu pääoma tuottaisi 40 markkaa ja jäätelötehtaaseen sijoittamisesta syntyisi -20 markan tappio. Kokonaistuotoksi tulee tässä tapauksessa 20 markkaa (= 10 prosenttia). Portfolion diversifioinnin ansiosta myös sateettomana kesänä taloudenpitäjä saa sijoitukselleen 10 prosentin tuoton. On mahdollista osoittaa, että taloudenpitäjällä on aina mahdollisuus pienentää diversifikaation avulla riskiä, jos vaihtoehtoiset sijoituskohteet eivät ole täysin positiivisesti korreloituneita.

Edellä esitetyssä yksinkertaisessa esimerkissä yritysten tuottojakaumat oli valittu siten, että taloudenpitäjä voi eliminoida diversifioinnin avulla tuottoihin liittyvän epävarmuuden kokonaan. Tämä oli mahdollista, koska yritysten tuotot olivat negatiivisesti täysin korreloituneita. Käytännössä kuitenkin eri sijoituskohteiden tuotot käyttäytyvät varsin vaihtelevasti. Taulukossa 4. on esitetty esimerkkiportfolion (= A) lisäksi muita hypoteettisia portfolioita, joiden tuottoihin liittyy epävarmuutta.

Taulukoitujen portfolioiden tuottajakaumat on yksinkertaisuuden vuoksi ajateltu diskreeteiksi ja tuottoihin liittyvää epävarmuutta on mitattu keskihajonnalla.<sup>1)</sup>

1)

Kirjallisuudessa on esitetty myös muita tunnuslukuja epävarmuuden mittaamiseksi. Keskihajonnalla on kuitenkin selvä todennäköisyyslaskentaan perustuva tulkinta ja se on helppo laskea useita sijoituskohteita sisältävästä portfolioista.

TAULUKKO 4. HYPOTEETTISIA PORTFOLIOITA JA NIIHIN LIITTYVIÄ TUNNUSLUKUJA

Portfolio	X Portfolion tuotto	P(X) tuoton arvioitu todennäköisyys	EX odotettu tuotto	DX tuoton keskihajonta
A	0.10	1.00	0.10	0.00
B	0.10	0.33	0.08	0.06
	0.15	0.33		
	0.0	0.33		
C	0.30	0.5	0.15	0.16
	0.10	0.25		
	-0.10	0.25		
D	0.30	0.5	0.10	0.20
	0.00	0.05		
	-0.10	0.45		
E	1.10	0.01	0.05	0.11
	0.039	0.99		
F	0.15	0.4	0.06	0.08
	0.05	0.3		
	-0.05	0.3		
G	0.30	0.4	0.14	0.15
	0.10	0.3		
	-0.05	0.3		

Mitä päätöksentekosääntöä järkevän sijoittajan tulisi noudattaa taulukossa 2 esitettyjen portfolioiden kohdalla? Onko portfolio G parempi kuin portfolio D, vai onko kenties C parempi kuin A? Yleensä oletetaan, että taloudenpitäjä pitää kahdesta portfolioista parempana sitä, jonka tuotto on suurempi, jos muut valintaan vaikuttavat tekijät säilyvät ennallaan. On myös mahdollista osoittaa empiirisesti, että sijoituksista saadun tuoton ja tuottoon liittyvän epävarmuuden välillä on usein riippuvuus. Jäljempänä luvussa 2.6 tarkastellaan niitä vaatimuksia, joiden on oltava voimassa, jotta rationaalinen portfoliovalinta voitaisiin tehdä tarkastelun

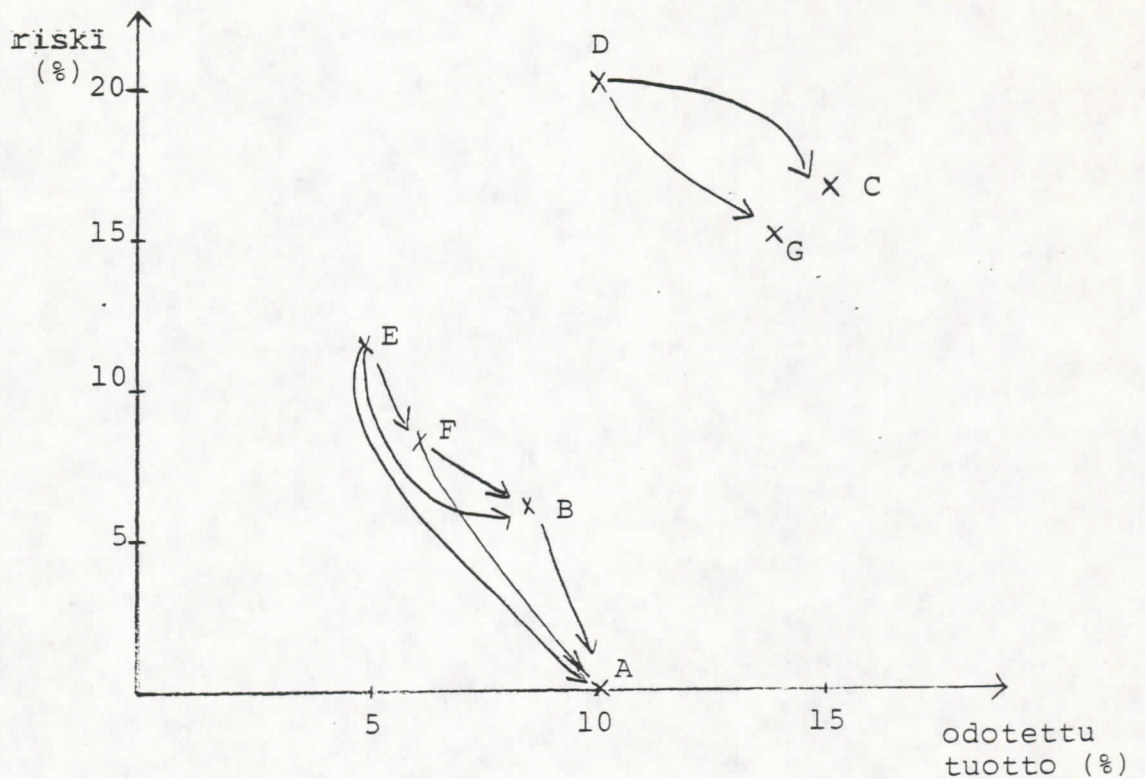
kohteena olevien sijoituskohteiden odotettujen tuottojen ja tuottoihin liittyvien riskien (keskihajonta) perusteella. Näihin kahteen satunnaismuuttujien jakaamaa kuvaavaan tunnuslukuun perustuvaa päätöksentekoa kutsutaan portfolion valinnan keskiarvo-variانسsi -lähestymistavaksi (mean-variance).

### 2.3. Tehokkaan portfolion ura

Kuten edellä yksinkertaisen esimerkin avulla osoitettiin, voidaan tietyissä tapauksissa portfolion tuottoon liittyvää epävarmuutta diversifikaation avulla vähentää. Riskin pienentäminen vaikuttaa usein kuitenkin portfolion odotettuun tuottoon. Kuviossa 2 on esitetty riski-tuotto -koordinaatistossa taulukon 4 portfoliot.

KUVIO 2.

TAULUKON 4 PORTFOLIOT RISKI-TUOTTO -KOORDINAATISTOSSA



Kuvioon piirretyt nuolet esittävät siirtymäuria portfoliosta toiseen, joita rationaalisesti käyttäytyvän päätöksentekijän<sup>1)</sup> tulisi noudattaa. Portfolio E kuviossa 2. ei esimerkiksi ole tehokas, koska portfoliolle on mahdollista saavuttaa suurempi tuotto epävarmuuden sen johdosta kuitenkin lisääntymättä siirtymällä pisteeseen F, B tai A. Portfolioita A ja C kuvaavia pisteitä voidaan kutsua pareto-optimaalisiksi, koska siirtymien mihin tahansa muihin pisteisiin (B, D, E, F, G) vaikuttaa negatiivisesti odotettuun tuottoon tai portfolioon liittyvään riskiin. Portfolioiden E ja D paremmuus toisiinsa nähden riippuu siitä, miten päätöksentekijä suhtautuu riskiin. Päätöksentekijän suhtautumista riskiin on mahdollista kuvata nk. hyötyfunktion avulla. Sen perusteella voidaan laskea riski-tuotto-koordinaatistoon samahyötykäyriä, jotka kuvaavat niitä riski-tuotto -kombinaatioita, joiden suhteen päätöksentekijä on portfoliovalinnassaan indifferentti.

Oletetaan seuraavaksi, että taloudenpitäjällä on mahdollisuus muodostaa portfolionsa useasta vaihtoehtoisesta sijoituskohteesta ( $n$  kappaletta) ja että  $i$ :nteen sijoituskohteeseen sijoitettua kokonaisvarallisuuden osaa merkitään  $X_i$ :llä. Ajatellaan lisäksi, että esimerkiksi kuviossa 2 esitetyn portfolion B jakautumista eri sijoituskohteiden välille kuvataan allokaatiovektorilla  $X = (X_1 \dots X_n)$ , jossa vektorin alkiot kuvaavat kuhunkin sijoituskohteeseen investoitua kokonaisvarallisuuden

1) Rationaalinen valinta riippuu itse asiassa taloudenpitäjän tai instituution suhtautumisesta epävarmuuteen. Jos sijoittaja on esimerkiksi riskireutraali rationaalisin valinta olisi portfolio C, jonka odotettu tuotto on suurin. Yksilöiden suhtautumista riskiin tarkastellaan myöhemmin luvussa 2.4.



osaa ( $\sum X_i = 1$ ). Taloudenpitäjän tulisi optimaalista portfoliovalintaa tehdessään löytää vektori  $X'$ , joka olisi pareto-optimaalinen verrattuna vektoriin  $X$ . Toisin sanoen sijoittajan olisi löydettävä ne sijoitus-kombinaatiot (vektoreiden  $X$ -joukko), joiden avulla on mahdollista määrittää nk. tehokkaiden portfolioiden ura riski-tuotto -koordinaatistossa.<sup>1)</sup> Formaalisti tehokkaiden portfolioiden uran laskeminen voidaan esittää seuraavasti:

$$(1) \quad \text{Min}_{X_i} \text{var}(Z) = \sum_{i=1}^n X_i^2 \text{var} Z_i + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \text{cov}(Z_i, Z_j), j \neq i$$

ehdolla, että

$$(2) \quad E(Z) = X_1 E(Z_1) + X_2 E(Z_2) + \dots + X_n E(Z_n) = \sum_{i=1}^n X_i E(Z_i) = b$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1$$

jossa  $Z_i$  on  $i$ :nnten sijoituskohteen satunnainen reaalituotto ja  $X_i$ :t kuvaavat  $i$ :nnten sijoituskohteeseen sijoitettua kokonaisvarallisuuden osaa, joka on optimoitava muuttuja. Yhtälöryhmä (1), (2) on mahdollista ratkaista kvadraattisen ohjelmointitekniikan avulla.<sup>2)</sup> Antamalla portfolion odotetulle kokonaistuotolle (=b) eri arvoja, voidaan kuviossa 3. esitetty nk. tehokkaiden portfolioiden ura laskea.

1) Itse asiassa sijoittajan on löydettävä tehokkaiden portfolioiden uralta yksi piste, joka vastaa hänen preferenssejään riskin ja tuoton suhteen.

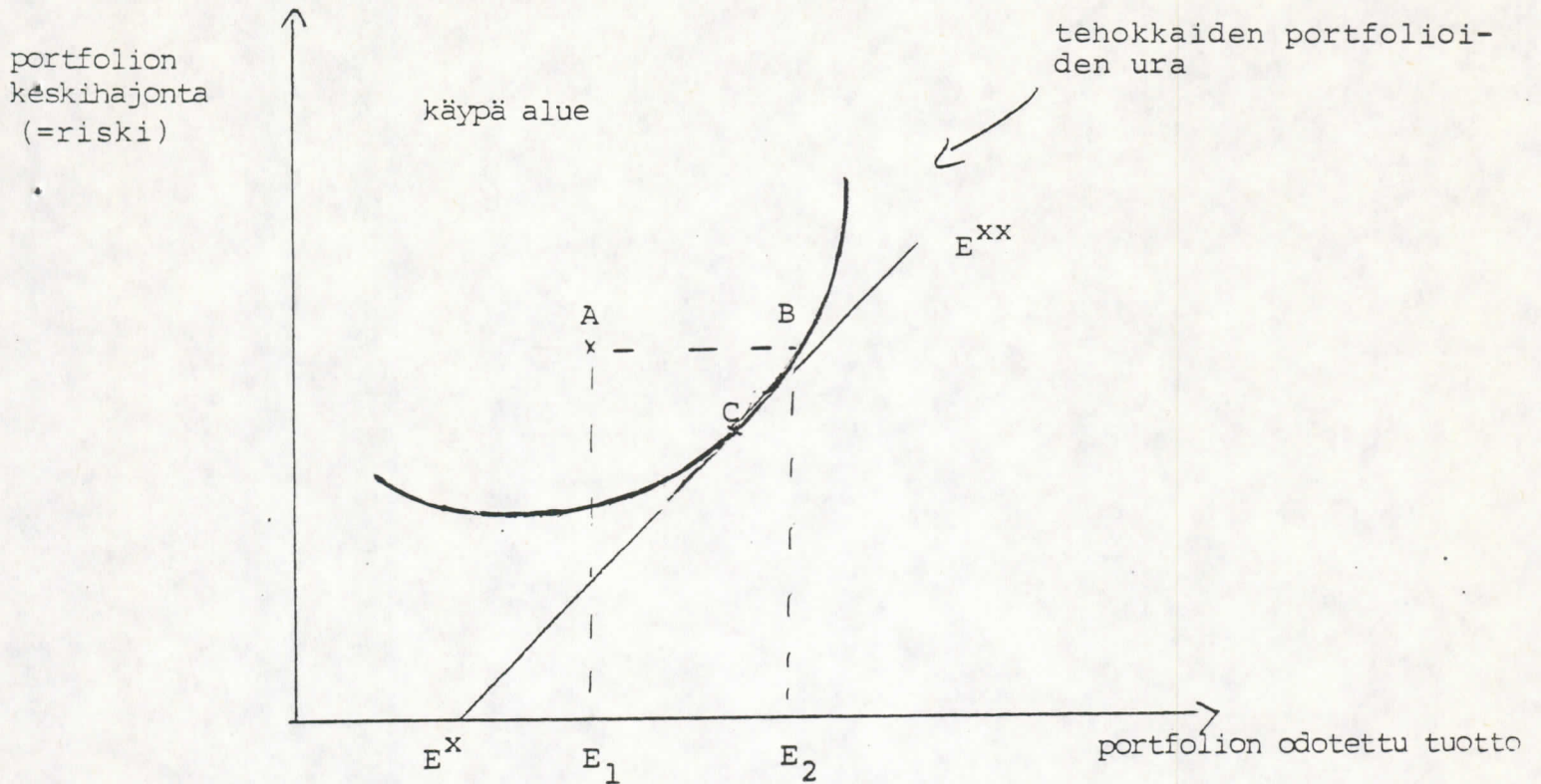
2) Tehokkaiden portfolioiden uran yhtälön  $n$  riskillisen sijoituskohteen tapauksessa on eksplisiittisesti johtanut mm. Merton (1972), ks. myös Levy (1981). Ratkaisu on muotoa:

$X = \Omega^{-1}(ZI)A^{-1}\begin{pmatrix} b \\ 1 \end{pmatrix}$ , jossa  $X$  on portfoliossa olevien sijoituskohteiden osuuksia kuvaava vektori,  $\Omega$  on  $n:n$  sijoituskohteen odotetun tuoton  $n \times n$  kovarianssi-varianssimatriisi,  $Z$  on  $n$ -dimensiota oleva odotetun tuoton vektori,  $I$  on yksikkövektori,  $b = X'Z$

$$A = \begin{pmatrix} Z'\Omega^{-1}Z & Z'\Omega^{-1}I \\ Z'\Omega^{-1}I & I'\Omega^{-1}I \end{pmatrix}$$

KUVIO 3.

## TEHOKKAAN VALUUTTAPORTFOLION URA



Piste A kuviossa 3. ei esimerkiksi ole tehokas, koska siirtymällä pisteeseen B on mahdollista saavuttaa suurempi tuotto ( $E_2 > E_1$ ) epävarmuuden sen johdosta kuitenkin lisääntymättä. Toisin sanoen tehokkaan portfolion ura jakaa vaihtoehtoisten portfolioiden riski-tuotto -tason kahteen alueeseen. Kaikki käyvän alueen sisäpisteiden osoittamat riski-tuotto -kombinaatiot ovat mahdollista sopivien sijoitusallokaatioiden avulla. Sisäpisteet eivät kuitenkaan kuvaa parhaimpia mahdollisia allokaatoratkaisuja, koska siirryttäessä tehokkaiden portfolioiden uralle on aina mahdollista lisätä tuottoa tai vähentää riskiä toisen muuttujan pysyessä ennallaan. Tehokkaiden portfolioiden uran oikealla puolella olevat pisteet ovat epärelevantteja, koska pisteiden osoittamia tuottoriskisuhteita ei ole mahdollista saavuttaa potentiaalisten sijoitusmahdollisuuksien avulla.

Päätöksentekijän suhtautuminen riskiin ja tuoton väli-  
seen tradeoffiin määrää tehokkaiden portfolioiden uralta  
sen pisteen, joka on konsistentti rationaalisesti käyt-  
täytyvän päätöksentekijän preferenssien kanssa. Kun  
portfoliostategiaa käytännössä harkitaan saattaa yk-  
silön tai instituuttien hyötyfunktion spesifioiminen  
teknisesti olla vaikea tehtävä.<sup>1)</sup> Voidaan kuitenkin  
osoittaa, että on aina mahdollista piirtää suora  
 $E^X E^{XX}$  (kuvio 3.), joka sivuaa tehokkaiden portfolioiden  
uraa pisteessä C. Suoralla  $E^X E^{XX}$  olevat pisteet minimoivat  
todennäköisyyden, että sijoitusportfoliosta saatava  
odotettu kokonaistuotto olisi pienempi kuin  $E^X$  (riskit-  
tömän paperin tuotto). Jos sijoittaja annetun informaa-  
tion avulla arvioi keskimääräisen tuoton olevan esimer-  
kiksi  $E^X$ , voi hän valita portfolion C, joka maksimoi  
todennäköisyyden, että sijoitusportfolion tuotto on vä-  
hintään  $E^X$ . Tämä menettelytapa on käytännössä huomatta-  
vasti helpompi toteuttaa kuin, että pyrittäisiin konstru-  
oimaan sijoittajan hyötyfunktio.

#### 2.4 Päätöksentekijän suhtautuminen riskiin ja optimaalisen portfolion valinta

Yksilön tai ryhmän taloudellista käyttäytymistä epävar-  
muuden vallitessa säätelevät monet inhimilliset ja  
institutionaaliset tekijät. Täysin samanlaisissa olo-  
suhteissa ja yhtäläisellä informaatiolla varustetut  
taloudenpitäjät saattavat noudattaa erilaisia päätös-  
sääntöjä, koska heidän suhtautumisensa tulevaisuuden  
näkyymiin poikkeavat toisistaan. Luvussa 2.3 osoitet-  
tiin kuinka tehokkaiden portfolioiden ura on mahdollis-

---

1)

Ks. luku 2.4.

ta laskea riski-tuotto -koordinaatistoon. Lisäksi todettiin, että annetusta hyötyfunktioista voidaan laskea nk. samahyötykäyrät, jotka kuvaavat niitä portfoliopisteitä riski-tuotto -koordinaatistossa, joiden suhteen päätöksentekijä on indifferentti. Järkevästi käyttäytyvän päätöksentekijän sijoitusstrategia määräytyy samahyötykäyrän ja tehokkaiden portfolioiden uran leikkauspisteen mukaan.

Päätöksentekijän käyttäytymisellä tilanteessa, jossa tulevaisuuden näkymiin liittyy epävarmuutta on keskeinen asema optimaalisen portfoliovalinnan teoriassa. Käyttäytymistä epävarmuudessa voidaan tarkastella nk. von Neuman-Morgenstern -hyötyteorian avulla. Teorian johtoaikutuksena on, että jos taloudenpitäjä noudattaa tiettyä intuitiivisesti varsin järkevältä tuntuvaan aksiomaattista päätössääntöjärjestelmää, niin aina on mahdollista konstruoida taloudenpitäjän hyötyfunktion, että se kuvastaa hänen asennoitumistaan epävarmuuteen.<sup>1)</sup> Kuviossa 4 on esitetty yleisimmät hyötyfunktio-tyypit, joissa taloudenpitäjän utiliteetti on kuvattu varallisuuden funktiona  $Ts. U=U(W)$ , jossa  $W$  on varallisuus.

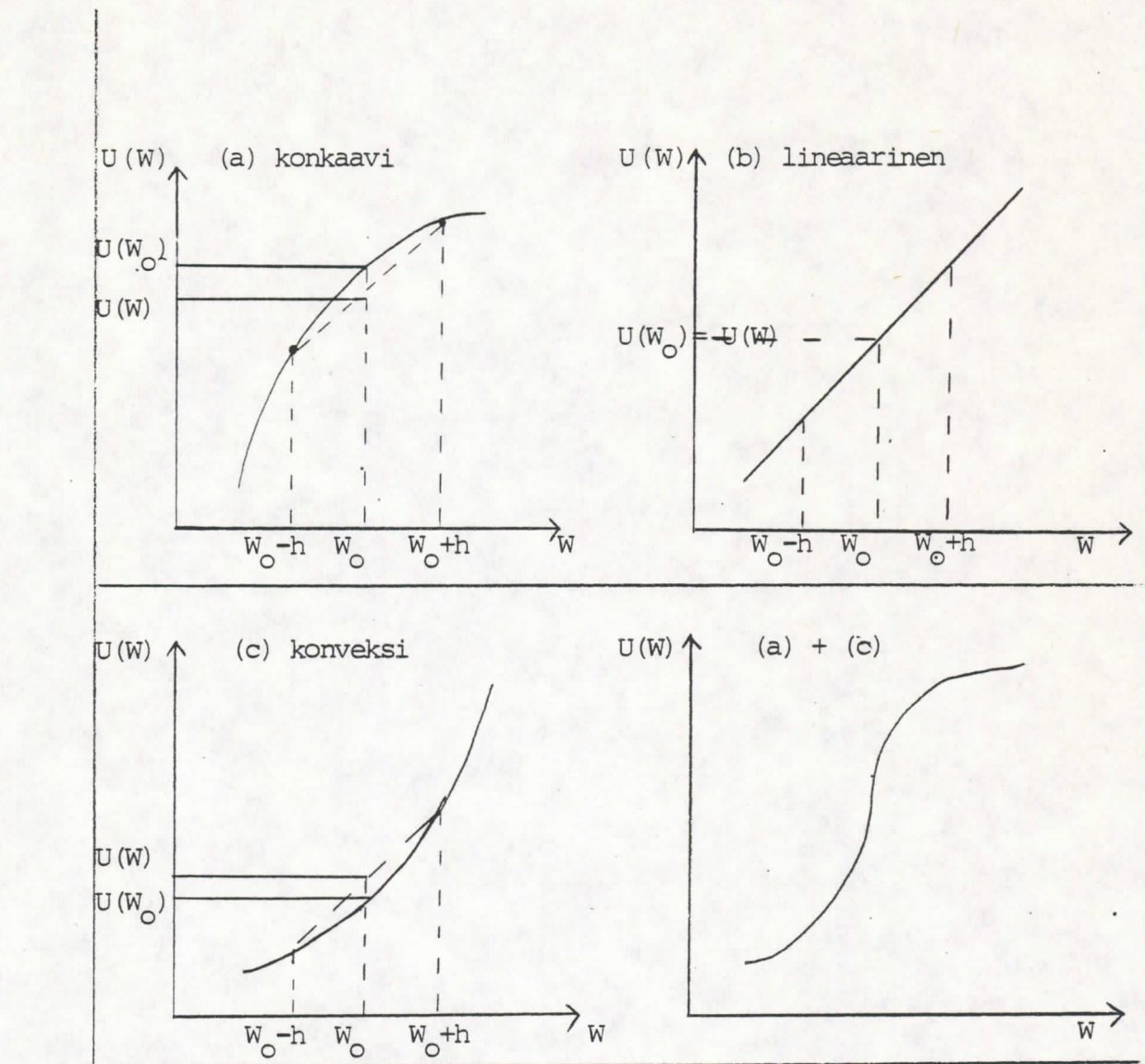
---

1)

Aksiomista ks. tarkemmin esim. von Neuman-Morgenstern (1947), Hey (1979).

KUVIO 4.

## ERÄITÄ HYÖTYFUNKTIOMUOTOJA



Kuviossa 4 esitettyjen funktiomuotojen taloudellista tulkintaa voi havainnollistaa yksinkertaisen pelitilanteen avulla. Ajatellaan, että taloudenpitäjällä on alkuväarallisuus  $W_0$  ja hänelle tarjoutuu tilaisuus osallis-

tua peliin, jossa todennäköisyys voittaa tai hävitä tietty rahasumma  $h$  on yhtä suuri ts.  $P(W_0+h) = P(W_0-h) = 0.5$ . Päätöksentekijää kutsutaan riskin karttajaksi, jos hän kaikissa olosuhteissa tyytyy varmaan alkuvallisuuteen, eikä ryhdy pelaamaan. Formaalisti tämä voidaan merkitä hyötyfunktion avulla seuraavasti:

$$(3) \quad U^*(W_0) > 0.5 U(W_0+h) + 0.5 U(W_0-h) = U(W)$$

Jos epäyhtälön molemmat puolet kerrotaan kahdella ja niistä vähennetään  $U(W_0)$  saadaan

$$(4) \quad U(W_0) - U(W_0-h) > U(W_0+h) - U(W_0)$$

Yhtälön (4) perusteella välttämätön ja riittävä ehto riskin karttamiselle on, että päätöksentekijän hyötyfunktion toinen derivaatta on negatiivinen.<sup>1)</sup>

$$(5) \quad U''(W) < 0$$

Asia voidaan myös ilmaista siten, että hyötyfunktion  $U$  on oltava konkaavi. Kuviossa 4a on esitetty eräs riskin karttajan hyötyfunktio.

Vastaavasti jos päätöksentekijä on riskineutraali hänen hyötyfunktio on lineaarinen (kuvio 4b) ja tällöin on voimassa.

$$(6) \quad U^*(W_0) = 0.5 U(W_0-h) + 0.5 U(W_0+h) = U(W)$$

Toisin sanoen päätöksentekijälle on yhdentekevää pelaaako hän vai ei. Jos voiton todennäköisyys olisi jonkin verran suurempi kuin 0.5, riskineutraali päätöksentekijä ryhtyisi pelaamaan. Hyötyfunktion lineaarisuudesta

1)

Kasvavasta hyödystä seuraa luonnollisesti, että  $U'(W) > 0$ .

seuraa, että odotetun varallisuuden ja odotetun hyödyn arvot ovat aina yhtä suuria. Tällöin päätöksentekoon vaikuttaa ainoastaan epävarman satunnaismuuttujan odotusarvo. Jos voidaan olettaa, että markkinat ovat tehokkaat (esim. valuuttamarkkinat) ja markkinoilla toimivien riskineutraalien, rationaalisesti käyttäytyvien agenttien lukumäärä on riittävän suuri tasoittamaan vaihtoehtoisten sijoituskohteiden odotetun tuoton<sup>1)</sup>, on portfoliovalinnassa järkevää noudattaa sijoitusstrategiaa, joka minimoii portfolion varianssin. Tätä portfolioteorian empiiristen sovellutusten kannalta merkittävää tulosta tarkastellaan myöhemmin esimerkin avulla.

Riskin rakastajan hyötyfunktio voidaan esimerkkitapauksessa määritellä analogisesti epäyhtälön (3) kanssa. Epäyhtälön merkki on ainoastaan toisen suuntainen. Kuviossa 4c on esitetty riskin rakastajan hyötyfunktio. On myös mahdollista, että hyötyfunktion muoto vaihtelee eri varallisuuden tasoilla tai ajan kuluessa. Kuvioon 4d on piirretty eräs tällainen hyötyfunktio. Kuvioista havaitaan, että taloudenpitäjä on valmis ottamaan riskejä varallisuuden ollessa pieni mutta varallisuuden lisääntyessä hän muuttaa käyttäytymistään riskin karttajaksi.

Kuten luvun alussa jo mainittiin määräytyy optimaalinen portfolio hyötyfunktioista johdettujen samahyötykäyrien ja vaihtoehtoisten sijoituskohteiden tuottojakaumien perusteella lasketun tehokkaiden portfolioiden uran leikkauspisteen avulla. Ajatellaan esimerkiksi, että päätöksentekijän pyrkimyksenä on maksimoida kvadraattis-

1)

Toteutuneissa tuotoissa ex post voi silti olla suuria poikkeamia mutta poikkeamat eivät saa olla systemaattisia.

ta muotoa oleva tavoitefunktio  $U = 0.8R - 0.2R^2$ ,<sup>1)</sup> jossa  $R$  on sijoitusportfolion tuotto. Tällöin hyödyn odotusarvo voidaan laskea lausekkeesta:

$$(7) \quad EU = 0.8ER - 0.2[ER]^2 - 0.2\text{var}R$$

Yhtälöstä (7) on mahdollista ratkaista eksplisiittisesti mikä taulukossa 2 esitetyistä vaihtoehtoisista portfolioista olisi toivottavin päätöksentekijän kannalta. Laskutoimitusten jälkeen osoittautuu, että tavoitefunktio saa suurimman arvon portfolion C kohdalla. Tuloksen perusteella havaitaan, että taloudenpitäjän riskin karttamisaste on tässä tapauksessa varsin pieni.<sup>2)</sup>

Hyötyfunktion avulla on myös mahdollista laskea ne tuotto-riski -kombinaatiot, joita päätöksentekijä pitää samanarvoisina. Jos päätöksentekijä on esimerkiksi riskin karttaja täytyy odotetun tuoton kasvaa, jotta hän olisi valmis sijoittamaan riskipitoisimpiin arvopapereihin.

Parkastellaan seuraavaksi kvadraattista tavoitefunktioita yleisessä muodossa:

$$(8) \quad U = aR^2 + bR,$$

jossa  $a < 0$ ,  $b > 0$  ja  $0 < R < -b/2a$ . Samahyötykäyrällä hyödyn odotusarvo on vakio ts.

(9)  $EU = a[(ER)^2 + \vartheta^2] + bER = \text{vakio}$ , jossa  $\vartheta$  on tuottoa kuvaavan satunnaismuuttujan  $R$  keskihajonta (=riski). Differentioimalla  $ER$ :n ja  $\vartheta$  suhteen saadaan

- 
- 1) Hyötyfunktio on yksinkertainen alaspäin aukeava paraabeli (=konkaavi=riskin karttaja)  $U$  on maksimissa kuu  $R=2$ . Koska taloudenpitäjän rajahyöty on negatiivinen jos  $R > 2$ , on esimerkissä  $R$  rajattava se.  $0 < R < 2$ .
- 2) Myös riskineutraalisijoittaja valitsisi C:n, koska C:n odotettu tuotto on suurin.

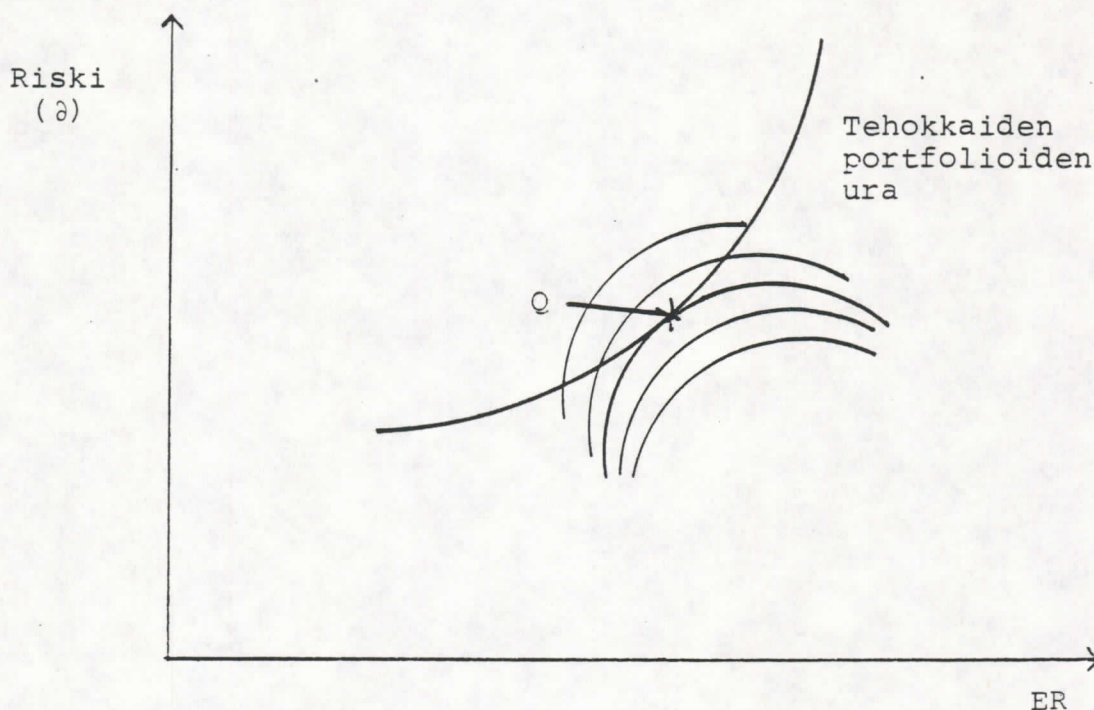


$$(10) \frac{d\delta}{dER} = \frac{-(b+2aER)}{2a\delta}$$

Yhtälö (10) on hyötyfunktioista (8) johdetun samahyötykäyrän ensimmäinen derivaatta (kulmakerroin) riski-tuotto -koordinaatistossa. Osoittajassa oleva termi  $b+2aER$  on odotetun tuoton rajahyöty, joka on positiivinen ja siten koko lauseke (10) on positiivinen. On yksinkertaista osoittaa, että samahyötykäyrän toinen derivaatta on negatiivinen.<sup>1)</sup> Kuten jo todettiin, sijoittajan kannalta optimaalinen portfoliovaihtoehto saadaan määrätyksi hyötyfunktioista johdettujen samahyötykäyrien ja tehokkaiden portfolioiden uran leikkauspisteen avulla. Kuvioon 5 on piirretty mielivaltaisen hypoteettinen tehokkaiden portfolioiden ura ja yleisestä yhtälön (8) muotoa olevasta hyötyfunktioista johdetut samahyötykäyrät.

KUVIO 5.

## OPTIMAALISEN PORTFOLION VALINTA



1)

Ts. samahyötykäyrät ovat konkaaveja.

Optimaalista portfoliovalintaa sijoittajan kannalta on kuviossa 4 merkitty 0:lla.

## 2.5 Riskin karttamisaste

Taloudenpitäjien käyttäytymistä tilanteissa, joihin liittyy epävarmuutta on usein pyritty selittämään riskin karttajan näkökulmasta. Tämä inhimillisen käyttäytymisen piirre tuntuu intuitiivisesti järkevältä ja monet empiiriset ilmiöt tukevat tätä olettamusta. Onhan esimerkiksi erilaisten vakuutuksien ostaminen hyvä osoitus riskin karttamisen olemassaolosta.

Myös portfolioteoriassa ja optimaalista sijoitusstrategiaa määritettäessä usein oletetaan, että sijoittaja on riskin karttaja. Koska yksilöiden välillä on kuitenkin eroja riskin karttamisasteessa on tarkoituksenmukaista pyrkiä määrittämään riskin karttamista kuvaava mittaluku. Kirjallisuudessa käytetään usein nk. absoluuttista ja suhteellista riskiaversiomittaa, jotka on esitetty lausekkeissa 11a ja 11b vastaavasti.<sup>1)</sup>

$$11 a \quad \theta_A = \frac{-U''(W)}{U'(W)}$$

$$11 b \quad \theta_S = \frac{-WU''(W)}{U'(W)}$$

Molemmilla riskiaversiomitoilla on varsin järkevä yksilöiden käyttäytymistä kuvaava selitys. Tarkastellaan edelleen luvusta 2.4 tuttua pelitilannetta. Oletetaan, että taloudenpitäjän varallisuus on  $W$  ja että hänellä on mahdollisuus osallistua peliin, jossa todennäköisyydet voittaa tai hävitä rahasumma  $h$  ovat  $p$  ja  $1-p$ .

---

1)

Ks. Arrow 1974 s. 90-120.

Taloudenpitäjä hyväksyy pelitarjouksen, jos voittotodennäköisyys ( $p$ ) on riittävän suuri ja torjuu sen, jos mahdollisuus hävitä ( $1-p$ ) on merkittävä. On myös luontevaa olettaa, että pelialttius riippuu  $W$ :stä ja  $h$ :sta. Lisäksi on huomattava, että kuten luvussa 2.4 osoitettiin riskin karttamisesta seuraa, että taloudenpitäjä hylkää aina pelitarjouksen jos  $p \leq 0.5$ .

Edellä kuvatussa pelitilanteessa voittotodennäköisyyden, jonka pelaaja kokee yhdentekevänä peliin osallistumisen kannalta on hyötYTEorian mukaisesti täytettävä seuraava ehto:

$$(12) \quad U(W) = p(W+h) + (1-p)U(W-h)$$

yhtälössä (12) olevia termejä  $U(W+h)$  ja  $U(W-h)$  on mahdollista approksimoida Taylorin kehitelmän avulla seuraavasti:

$$(13) \quad U(W+h) = U(W) + U'(W)h + U''(W)\frac{h^2}{2} + H_2,$$

$$(14) \quad U(W-h) = U(W) - U'(W)h + U''(W)\frac{h^2}{2} + H_2,$$

joissa  $H_1$  ja  $H_2$  ovat jäännöstermejä.

Kun lausekkeet (13) ja (14) sijoitetaan yhtälöön (12) saadaan

$$(15) \quad U(W) = U(W) + (2p-1)hU'(W) + \frac{h^2}{2}U''(W) + H,$$

$$\text{jossa } H = pH_1 + (1-p)H_2$$

jos yhtälöstä (15) ratkaistaan  $p$  saadaan edelleen:

$$(16) \quad p = \frac{1}{2} - \frac{h}{4} \frac{U''(W)}{U'(W)} + \frac{H}{2hU(W)}$$

Koska Taylor-approksimaation perusteella jäännöstermien merkitys funktion arvon kannalta on vähäinen, voidaan voittotodennäköisyys  $p$  kirjoittaa muotoon

$$(17) \quad p = \frac{1}{2} + \frac{\theta_A}{4} h,$$

joka on lineaarinen funktio pelisumman  $h$  suhteen. Toisin sanoen mitä suurempi absoluuttinen riskiversio ( $\theta_A$ ) on annetulla pelisummalla  $h$ , sitä suuremman voittotodennäköisyyden tulisi olla, jotta riskinkarttaja ryhtyisi pelaamaan.

Relatiivista riskiaversiomittaa on mahdollista perustella analogisella tavalla. Erona on vain, että absoluuttinen pelisumma  $h$  suhteutetaan taloudenpitäjän varallisuuteen  $ts. h = aW$ , jossa  $a$  on pelisumman suhteellinen osuus varallisuudesta. Näin määriteltynä saadaan yhtälön (17) kanssa analoginen lauseke suhteelliselle riskiaversiomitalle.

$$(18) \quad p = \frac{1}{2} + \frac{\theta_S}{4} a$$

Molemmilla riskiaversiomittakäsitteellä on keskeinen merkitys portfolioteoriassa ja teorian empiirisissä sovellutuksissa. Jäljempänä luvussa 3.2 tarkastellaan eksplisiittisesti valuuttavarannon optimaalista valuuttajakaumaa kahden valuutan tapauksessa esimerkin avulla, minkä ratkaisussa riskiaversion tunteminen on välttämätöntä.

## 2.6. Keskiarvo-variانسsi -lähestymistapaan liittyvät oletukset

Keskiarvo-variانسsi -lähestymistavassa oletetaan impliittisesti, että rationaalinen päätöksentekijä voi valita järkevän sijoitusvaihtoehdon tarkastelemalla ainoastaan portfolioiden variانسseja (keskihajontoja) ja odotettua tuottoa. Milloin tämä on mahdollista? Voisiko esimerkiksi vaihtoehtoisten portfolioiden tuottojakaumien kolmas momentti olla päätöksenteon kannalta keskeinen? Keskiarvo-variانسianalyysia käsittelevässä kirjallisuudessa on yleensä esitetty kolme tapausta, jolloin variansseihin ja odotettuihin tuottoihin perustuva päätöksenteko on perusteltua. Vaatimukset ovat:

- A. Yksittäisten sijoituskohteiden tuotot ovat normaalijakautuneita. Tulos seuraa siitä, että normaalisti jakautuneista muuttujista muodostettu lineaarikombinaatio on myös normaalijakautunut ja kaikki jakaumaan liittyvä informaatio sisältyy jakauman ensimmäiseen ja toiseen momenttiin.
- B. Päätöksentekijä on riskinkarttaja ja hänen hyötyfunktiossa on kvadraattista muotoa. On helppo osoittaa, että jos  $U = -aR^2 + bR$  ( $ab > 0$ ) niin
- $$EU = -aER^2 + bER = -a[\text{var}R + (ER)^2] + bER$$
- $$[ER^2 = \text{var}R + (ER)^2].$$

- C. Epävarmuus on vähäistä. Tällöin on mahdollista kehittää hyötyfunktio Taylor-sarjaksi seuraavasti.  $U(R) = U(\bar{R}) + U'(R - \bar{R}) + \frac{1}{2} [U''(R - \bar{R})^2] + H_n$ , jossa  $H_n$  ei ole merkittävä. Odotetuksi hyödyksi saadaan siten  $EU(R) = U(\bar{R}) + \frac{1}{2}(U''\text{var}R)$ .

Keskiarvovarianssianalyysin empiirissä sovellutuksissa on usein oletettu, että sijoitusvaihtoehtojen tuottojakaumat ovat normaalisia (A) tai ainakin likimain normaalisia. Olettamus kvadraattisesta hyötyfunktioista on sitä vastoin kiusallinen, koska siihen liittyy alenevan hyödyn mahdollisuus jos hyötyfunktion argumentti on riittävän suuri.

### 3. OPTIMAALISEN VALUUTTAPORTFOLION MÄÄRÄÄMINEN

3.1. Yleistä           Valuuttakurssien ja kansainvälisten korkojen huomattavat vaihtelut sekä eri maiden inflaatiokehityksessä ilmenneet suuret erot ovat vaikuttaneet kansainvälisten päävaluuttojen kysyntään varantovaluuttana. Keskuspankkien tehtävänä on valita vaihtoehtoisten valuuttojen ja sijoituskohteiden väliltä paras mahdollinen sijoitusstrategia siten, että valuuttavarannolle asetettu tehtävä toteutuu parhaalla mahdollisella tavalla. Valuuttavarannon tehtäväksi yleensä katsotaan ulkomaisten tulojen ja menojen eriaikaisuudesta johtuvien maksuvaikeuksien tasoittaminen. Sijoitusstrategiassa tulisi tämän vuoksi ottaa huomioon tuonnin rahoitustarpeen turvaaminen ja valuuttamarkkinoiden epävarmuudesta johtuva riskien hallinta. Lisäksi varannon likviditeetin ja reaalisen tuoton on oltava riittävä.

Edellisessä luvussa tarkasteltiin portfolioteorian pääpiirteitä sekä pyrittiin yksinkertaisella tavalla havainnollistamaan teorian johtoajatusta ja siihen liittyviä peruskäsitteitä. Portfolioteoriaa esiteltiin yleisessä muodossa eikä eri sijoitusmarkkinoille tyypillisiä ominaispiirteitä otettu huomioon. Tässä luvussa on tarkoitus selvittää, kuinka portfolioteoriaa on mahdollista soveltaa kansainvälisille valuuttamarkkinoille ja erityisesti kuinka teorian avulla johdettujen tulosten perusteella keskuspankilla on mahdollista määrittää valuuttavarannon optimaalinen rakenne.

#### 3.2. Kansainvälisten valuutta- ja pääomamarkkinoiden erityispiirteistä portfolioteoriassa

Klassinen portfolioteoria on kehitetty lähinnä kansallisille pääomamarkkinoille. Kun teoriaa sovelletaan kansainvälisille valuuttamarkkinoille, on erityisesti

otettava huomioon hyödyke- ja valuuttamarkkinoiden välisiä yhteyksiä koskevat olettamukset. Kansallisille pääomamarkkinoille sijoitettaessa yleensä oletetaan, että hyödyke- ja arvopaperimarkkinoiden hinnat ovat toisistaan riippumattomat. Toisin sanoen hyödykkeiden hintojen ja arvopapereiden hintojen välinen kovarianssirakenne ei ole tilastollisesti merkitsevä. Tämän seurauksena sijoittaja ei voi esimerkiksi suojautua pesukoneiden hinnankorotuksilta ostamalla pesukonetehtaan osakkeita. Lisäksi oletetaan, että sijoittajat kulluttavat ainoastaan kotimaan valuutan määräisiä hyödykkeitä. Tällöin reaalityttöjä laskettaessa käytetään deflaattorina usein elinkustannusindeksiä.

Kansainvälisille pääomamarkkinoille sijoitettaessa tilanne on toinen, koska eri maiden valuuttojen vaihtokurssit vis - á - vis jokin numeraire -valuutta ovat ainakin pitemmällä ajanjaksolla riippuvia ko. maiden välisistä inflaatioeroista. Tämän vuoksi vaihtokurssien ja inflaatioerojen välisen kovarianssirakenteen tunteminen tarjoaa investoijalle informaatiota järkevästä sijoitusstrategiasta päätettäessä. Lisäksi optimaalista valuuttaportfoliostategiaa etsittäessä on tehtävä päätös missä yksikössä tuottoa mitataan. Kirjallisuudessa on yleensä oletettu, että tuottoa mitataan päätöksentekijän maan valuutassa. Olettamusta on perusteltu esimerkiksi kirjanpidollisin perustein. Tuottojen mittaaminen kotimaan rahassa ei välttämättä ole järkevää vaan mittayksikön valinta riippuu päätöksentekijän tavoitteista. Sijoitusten reaalisen kehityksen seuraaminen edellyttää, että tuottoa mitataan suhteessa tiettyyn hyödykekoriin.

Sopiva lähtökohta valuutan reaalityttökäsitteen selvittämiseksi on valuutan ostovoima, jota ovat tarkastelleet mm. Kouri ja Macedo (1978) sekä Macedo (1980).



Oletetaan nyt, että taloudenpitäjä kuluttaa hyödykkeitä  $X_1 \dots X_n$ <sup>1)</sup> tietyssä suhteessa  $\alpha_1 \dots \alpha_n$  ja että tällaista hyödykekorja vastaa jossakin annetussa valuutassa hintavektori  $P = (P_1 \dots P_n)$ . Jos lisäksi oletetaan, että taloudenpitäjän hyötyfunktio on Cobb-Douglas-tyyppinen (loglineaarinen) niin annetun valuutan yhden yksikön ostovoima (= "hyöty") voidaan määrittellä seuraavasti:<sup>2)</sup>

$$(19) \quad U = \prod_{i=1}^n P_i^{-\alpha_i}$$

Toisin sanoen valuutan ostovoimalla tarkoitetaan annetun hyödykekorin lisäystä, joka voidaan ostaa yhdellä yksiköllä tätä valuuttaa. Yleisesti valuutan  $j$  ostovoimaa kuvaava indeksi  $Q_j$  voidaan kirjoittaa

$$(20) \quad Q_j = \prod_{i=1}^n (P_i e_{ji})^{-\alpha_i},$$

jossa  $P_i$  =  $i$  maan hintataso

$e_{ji} = e_j / e_i$      $i$  maan valuutan hinta ilmaistuna  $j$  maan valuutassa

Yhtälö (20) voidaan edelleen kirjoittaa

$$(21) \quad Q_j = P_I e_j^e,$$

jossa  $P_I$  ja  $e_j^e$  ovat tuontiosuuksilla painotetun "tuonti-hintaindeksin" sekä  $j$  valuutan efektiivisen vaihtokursin käänteislukuja. Logaritmiseksi differenssiksi lausekkeesta (20) saadaan ( $\hat{X} = \frac{d \ln X}{dt}$ ).

- 
- 1) Oletus sisältää implisiittisesti sen, että kaikki maat tuottavat yhtä edustavaa hyödykettä.
- 2) Esitys pohjautuu Kourin ja Macedon (1978) artikkeliin.

$$(22) \quad \hat{Q}_j = \sum_{i=1}^n -\alpha_i (\hat{P}_i + \hat{e}_{ji})$$

Toisin sanoen kansainvälisen inflaation ( $=\hat{P}_i$ ) tai vaihtokurssin ( $=\hat{e}_{ji}$ ) positiivinen muutos heikentää valuutan  $j$  ostovoimaa  $Q_j$ .

Edellä esitetyn valuutan ostovoimakäsitteen avulla on mahdollista määritellä valuutan reaalin tuotto seuraavasti:

$$(23) \quad r_j = R_j - \hat{Q}_j,$$

jossa  $r_j$  on valuutan  $j$  reaalitytuotto joka on satunnaismuuttuja,  $R_j$  on  $j$  valuutan sijoituksesta saatava nominaalikorko ja  $\hat{Q}_j$  on valuutan ostovoiman heikkeneminen. Rationaalisen valuuttaportfoliopäätöksen ei tulisi yksinomaan pohjautua valuuttakurssikehityksessä tapahtuneisiin tai odotettavissa oleviin muutoksiin vaan pikemminkin eri valuuttojen suhteelliseen ostovoimakehitykseen. Tehokkaiden valuuttamarkkinoiden olettamuksesta seuraisi, että tietyn valuutan ostovoiman odotetun kehityksen heikentyminen muita valuuttoja nopeammin vaikuttaisi ko. valuutan kysyntää alentavasti, jos ostovoiman heikentyminen ei tulisi vastaavasti kompensoiduksi korkeammalla nominaalikorolla.

Valuutan ostovoiman ja sijoitetulle pääomalle maksetun nominaalikoron avulla määritelty reaalitytuotto  $r$  on riippumaton investoijan kansallisuudesta. Toisin sanoen valuuttojen reaalitytuottoa tarkastellaan kansainvälisen investoijan näkökulmasta. Yksittäisen maan keskuspankin näkökulmasta ja erityisesti optimaalista valuuttadiversifikaatiota laskettaessa on edellä esitettyä lähestymistapaa mahdollista yksinkertaistaa siten, että vaihtoehtoisten sijoitusvaluuttojen reaalitytuottoa mitataan vis-à-vis jokin numeraire -valuutta (esim. oma valuutta). Tällöin valuutan  $j$  reaalitytuotto voidaan määritellä seuraavasti

$$(24) \quad r_{kj} = R_j + \hat{e}_{kj} - \hat{P}_k^I,$$

jossa  $r_{jk}$  = valuutan j reaalitytuotto maalle k

$\hat{e}_{kj}$  = valuutan j arvonnousun prosenttimuutos

$$(\hat{x} = \frac{d \ln x}{dt})$$

$\hat{P}_k^I$  = k maan tuontihintaindeksin prosenttimuutos.

Satunnaismuuttujien  $r_{kj}$  avulla on mahdollista laskea analogisella tavalla yhtälöryhmän (1)-(2) kanssa tehokkaiden valuuttaportfolioiden ura riski-tuotto -koordinaatistoon. Jos valuuttasijoitusten nominaalikorko tunnetaan koostuu  $r_{kj}$ :n sisältämä epävarmuus valuuttakurssiriskeistä ja odottamattomasta kansainvälisen inflaation kehityksestä. Keskuspankin tehtävänä olisi valita sellainen päätössääntö, minkä avulla tehokkaiden valuuttaportfolioiden uralta on mahdollista valita järkevin piste (esim. minimivarianssipiste).

Optimaalisen valuuttavarannon koostumus on yksinkertaista laskea mean-variance -kehikossa eksplisiittisesti yleisessä muodossa kahden valuutan tapauksessa. Useiden vaihtoehtoisten sijoituskohteiden tapauksessa joudutaan operoimaan matriisimerkinnöin mutta tulos on analoginen seuraavan esimerkin kanssa. Esimerkkitapauksessa tutkitaan allokatiota Saksan markan ja Yhdysvaltain dollarin välillä (ks. Dornbusch, 1980b). Merkitään

$w_0$  = sijoitettava alkuvarallisuus,

$r_1$  = dollarin reaalitytuotto, joka on satunnaismuuttuja

$r_2$  = Saksan markan reaalitytuotto, joka on satunnaismuuttuja

$\alpha$  = dollariin sijoitettu kokonaisvarallisuuden osa

Tarkasteltavan periodin loppuvarallisuus voidaan kirjoittaa

$$(25) \quad w^x = w_0(1 + r_2) + \alpha w_0(r_1 - r_2)$$

Loppuvarallisuuden odotusarvoksi ja varianssiksi saadaan:

$$(26) \quad \bar{w}^x = w_0(1 + \bar{r}_2) + \alpha w_0(\bar{r}_1 - \bar{r}_2)$$

$$(27) \quad s_{w^x}^2 = w_0^2 [(1 - \alpha)^2 s_{r_2}^2 + \alpha^2 s_{r_1}^2 + 2\alpha(1 - \alpha) s_{r_1 r_2}]$$

jossa  $s_{r_1}^2$  ja  $s_{r_2}^2$  ovat dollarin ja Saksan markan reaalituottojen varianssit ja  $s_{r_1 r_2}$  niiden välinen kovarianssi.

Kuten aikaisemmin on todettu, voidaan mean-variance-lähestymistavassa päätöksentekijän hyötyfunktio kuvata loppuvarallisuuden odotusarvon ja varianssin avulla

$$(28) \quad U = U(\bar{w}^x, s_{w^x}^2)$$

Jos oletetaan, että investoija pyrkii valitsemaan allokaatioparametrin  $\alpha$  siten, että hänen hyötyfunktionsa saavuttaa mahdollisimman suuren arvon, saadaan differentioimalla  $\alpha$ :n suhteen ja merkitsemällä saatu lauseke nolllaksi

$$(29) \quad \frac{dU}{d\alpha} = U_1 \frac{d\bar{w}^x}{d\alpha} + U_2 \frac{ds_{w^x}^2}{d\alpha} = 0$$

Kun ratkaistaan yhtälö (29) saadaan optimaalinen dollarin osuus määräytyksi (ja siten myös  $1 - \alpha$ ),

$$(30) \quad \alpha = \frac{(\bar{r}_1 - \bar{r}_2) + \theta (s_{r_2}^2 - s_{r_1 r_2})}{\theta s^2}$$

jossa  $s^2 = (s_{r_2}^2 + s_{r_1}^2 - 2s_{r_1 r_2})$ ,  $\theta = -2U_2 w_0 / U_1$

Voidaan osoittaa, että lausekkeessa (30) esiintyvä  $\theta$  kuvaa investoijan suhtautumista riskiin. Lauseke (30)

on vielä mahdollista jakaa nk. spekulatiiviseen ja minimivarianssi portfolioon.

$$(31) \quad \alpha = \frac{(\bar{r}_1 - \bar{r}_2)}{\theta s^2} + F$$

jossa F on  $(s_{r_2}^2 - s_{r_1 r_2})/s^2$ .

Yhtälöstä (31) havaitaan, että minivarianssiportfolio ei riipu riskiaversiomitasta vaan määräytyy ai-noastaan dollarin ja Saksan markan reaalityottojen variansseista ja tuottojen välisestä kovarianssista. Spekulaatiivinen portfolio sitä vastoin riippuu riskiaversiomitasta ja ko. valuuttojen odotettujen tuottojen välisestä erotuksesta. Lisäksi havaitaan, että mitä suurempi riskin karttamisen aste on sitä pienempi "paino" spekulatiivisella portfoliolla on. Jos keskuspankin sijoitusstrategiana ei ole yksinomaan minimivarianssi strategia, käytännön sovellutuksissa tulisi tällöin arvioida parametrin  $\theta$  arvo.

### 3.3. Optimaalisen valuuttadiversifikaation määrääminen tehokkailla markkinoilla

Tarkasteltaessa optimaalisen valuuttavarannon diversifikaation määrittämisen ongelmaa keskuspankin ja erityisesti empiiristen sovellutusten kannalta, valuutta- ja pääomamarkkinoiden toimivuutta koskevat oletukset ovat keskeisiä. Jos oletetaan, että markkinat ovat tehokkaat ja että markkinoilla toimii riittävän monia rationaalisesti käyttäytyviä ja riskineutraaleja investoijia, vaihtoehtoisten sijoitusvaluuttojen odotetut tuotot ovat yhtä suuria. Olettamus sisältää myös implisiittisesti sen, että keskuspankki ei voi omilla sijoituspäätöksillään vaikuttaa eri valuuttojen odotettuihin tuottoihin. Vaihtoehtoisten sijoituskohteiden toteutuneet tuotot ex post eivät kuitenkaan välttämättä ole yhtä suuria, koska poikkeamat odotetuista tuotoista ex ante ovat mahdollisia. Markkinoiden tehokkuuden vuoksi poikkeamat eivät kuitenkaan voi olla

systemaattisia. Toisin sanoen toteutuneiden poikkeamien informaatioarvo ei ole merkitsevä.

Jos edellä kuvattua markkinoita koskevaa olettamusta voidaan pitää realistisena, keskuspankin tulisi tässä tapauksessa diversifioida valuuttavaranto eri valuuttojen kesken siten, että varannon tuoton varianssi minimoituu. Toisin sanoen markkinoilla ei olisi odotetun tuoton ja tuottoon liittyvän epävarmuuden välistä trade-offia, minkä vuoksi optimaalinen päätös-sääntö on epävarmuuden minimoiminen päätöksentekijän tavoitefunktioista riippumatta. Edellä esitetyssä kahden valuutan esimerkissä tämä tarkoittaisi, että spekulatiivinen portfolio olisi nolla. Tulos on merkittävä optimaalisen valuuttaportfolion määrittämisen kannalta käytännössä, koska minimivarianssiportfolio on mahdollista laskea yksinkertaisen pienimmän neliösummatekniikan avulla (Healy 1981).

Ajatellaan nyt,<sup>1)</sup> että valuutan  $j$  reaalista tuottoa mitataan yhtälön (24) osoittamalla tavalla. Tällöin mielivaltaisen valuuttaportfolion reaalityttö muodostuu erillisten portfolioissa mukana olevien valuuttojen reaalityttöjen painotettuna keskiarvona.

$$(32) \quad y_k = \sum_{j=1}^m \beta_j (R_j + \hat{e}_{kj} - \hat{P}_k^I) ,$$

jossa  $\beta_j$  kuvaa  $j$  valuutan osuutta portfolioissa s.e.  $\sum \beta_j = 1$  ja  $m$  on vaihtoehtoisten sijoitusvaluuttojen lukumäärä. Kirjoitetaan vielä

$$(33) \quad u_k = y_k - E y_k ,$$

---

1)

Esitys perustuu pääosin Healyn artikkeliin.

jossa E on odotusarvo-operaattori. Minimivarianssiportfolion löytämiseksi keskuspankin olisi ratkaistava yhtälö (34) parametrien  $\beta_j$  ( $j = 1 \dots m$ ) suhteen

$$(34) \quad \min_{\beta_j} E(u_k^2)$$

ehdolla että  $\sum \beta_j = 1$ . Jos oletetaan, että valuuttasijoituksesta saatava nimelliskorko  $R_j$  tunnetaan varmuudella sijoitushetkellä (esim. aikatalletus), ei sitä tarvitse ottaa huomioon minimivarianssiportfoliota laskettaessa. Kun sijoitetaan yhtälö (32) yhtälöön (33) saadaan

$$(35) \quad u_k = \beta_1 \hat{e}_{k1} - \beta_1 \hat{p}_{k1}^I + \dots + \beta_m \hat{e}_{km} - \beta_m \hat{p}_{km}^I - \beta_1 E \hat{e}_{k1} + \beta_1 E \hat{p}_{k1}^I \\ + \dots - \beta_m E \hat{e}_{km} + \beta_m E \hat{p}_{km}^I$$

Jos yhtälön (35) molemmat puolet kerrotaan -1:llä ja muuttujien poikkeamaa odotusarvosta merkitään  $\tilde{\cdot}$  (ts.  $\tilde{x} = \hat{x} - E\hat{x}$ ) voidaan yhtälö (35) edelleen kirjoittaa

$$(36) \quad -u_k = \tilde{p}_{k1}^I - \beta_1 \tilde{e}_{k1} - \dots - \beta_m \tilde{e}_{km}$$

Ehto  $\sum \beta_j = 1$  voidaan kirjoittaa "sisään" yhtälöön

(36) s.e.  $\beta_m = 1 - \sum_{j=1}^{m-1} \beta_j$ . Yhtälö (36) on tämän jälkeen mahdollista kirjoittaa muotoon

$$(37) \quad \tilde{p}_{k1}^I - \tilde{e}_{km} = \beta_1 (\tilde{e}_{k1} - \tilde{e}_{km}) + \beta_2 (\tilde{e}_{k2} - \tilde{e}_{km}) + \dots \\ + \beta_{m-1} (\tilde{e}_{km-1} - \tilde{e}_{km}) - u_k$$

Lausekkeesta (37) havaitaan, että se on tyypillinen regressioyhtälö, jossa  $-u_k$  on jäännöstermi. Pns-tekniikan avulla on mahdollista ratkaista yhtälössä (37) esiintyvät  $\beta_1, \dots, \beta_{m-1}$  siten, että  $-u_k$ :n neliosumma minimoituu.

Estimoinnin ja johtopäätösten teon kannalta yhtälö (37) on muokattavissa yksinkertaisempaan muotoon. Koska tunnetusti identiteetistä  $e_{mi} = e_{ki}/e_{km}$  seuraa, että  $\hat{e}_{mi} = \hat{e}_{ki} - \hat{e}_{km}$  ja siten  $\tilde{e}_{mi} = \tilde{e}_{ki} - \tilde{e}_{km}$ , voidaan (37) kirjoittaa muotoon:

$$(38) \quad \tilde{p}_k^I + \tilde{e}_{mk} = \beta_1 \tilde{e}_{m1} + \beta_2 \tilde{e}_{m2} + \dots + \beta_{m-1} \tilde{e}_{mm-1} - u_k$$

Yhtälön (38) vasen puoli kuvaa k maan tuontihintaindeksin muutoksen odotusvirhepoikkeamaa ilmaistuna m maan valuutassa. Vastaavasti yhtälön oikean puolen termit ovat m-1 sijoitusvaluutan vaihtokurssimuutosten odotusvirhepoikkeamia numerairevaluutassa m mitattuna. Lausekkeesta (38) seuraa, että optimaalinen valuuttadiversifikaatio vaihtelee maittain, koska eri maiden painojärjestelmien generoima tuontihintaindeksi on erilainen. Jos keskuspankin tavoitteena olisi ainoastaan valuuttaportfolion odotetun reaalityoton maksimointi ja markkinat olisivat tehokkaat edellä esitettyssä mielessä, keskuspankki voisi valita minkä tahansa mieltävaltaisen portfolion.

Yhtälön (38) avulla on mahdollista tehdä muutamia mielenkiintoisia havaintoja. Jos tuontihintaindeksi on tuontiosuuksilla painotettu geometrinen keskiarvo tuontihinnoista voidaan kirjoittaa

$$(39) \quad \tilde{p}_k^I + \tilde{e}_{mk} = \sum_{j=1}^n \alpha_j (\tilde{p}_j + \tilde{e}_{mj}) ,$$



jossa  $n$  on niiden maiden lukumäärä, josta  $k$  maa ostaa tuontihyödykkeitä ja  $\sum \alpha_j = 1$ . Jos (35) sijoitetaan yhtälöön (38) saadaan

$$(40) \quad \sum_{j=1}^n \alpha_j (\tilde{p}_j + \tilde{e}_{mj}) = \sum_{i=1}^{m-1} \beta_i \tilde{e}_{mi} - u_k$$

Jos oletetaan, että kansainväliseen inflaatioon ei liity epävarmuutta ja kaikki maat, joista  $k$  maa ostaa tuontihyödykkeitä tarjoavat myös finanssisijoituskohteita (ts  $n = m-1$ ), voidaan (40) kirjoittaa

$$(41) \quad \sum_{j=1}^{m-1} \alpha_j \tilde{e}_{mj} = \sum_{i=1}^{m-1} \beta_i \tilde{e}_{mi} - u_k$$

Yhtälöstä (41) nähdään, että keskuspankin tulisi diversifioida valuuttavarantonsa tuontiosuuksien suhteessa ( $\alpha_j = \beta_i$ ), jotta minimivarianssitavoite toteutuisi ( $u_k = 0$ ).

Minimivarianssiportfolion kannalta mielenkiintoinen tulos seuraa myös siitä, että oletetaan ostovoimapariteetin olevan voimassa. Tällöin  $\tilde{p}_k^I + \tilde{e}_{mk}$  on aina yhtä suuri kuin  $\tilde{p}_m^I$ . Yhtälö (38) voidaan nyt kirjoittaa muotoon:

$$(42) \quad \tilde{p}_m^I = \beta_1 \tilde{e}_{m1} + \beta_2 \tilde{e}_{m2} + \dots + \beta_{m-1} \tilde{e}_{mm-1} - u_k$$

Ostovoimapariteettiolettamuksesta seuraa, että keskuspankin optimaalinen valuuttaportfolio ei riipu kansallisista tekijöistä ( $=k$ ) ja on siten kaikille niille maille sama, jotka pyrkivät minimoimaan valuuttaportfolion pitoon liittyvän epävarmuuden.

#### 4 EMPIIRISIÄ KOKEITA MINIMI-VARIANSSI -VALUUTTAPORTFOLION LASKEMISEKSI

##### 4.1 Muuttujien empiiriset vastineet ja estimointiperiodit

Edellisessä luvussa todettiin, että tehokkailla valuutta- ja pääomamarkkinoilla vaihtoehtoisten sijoitusvaluuttojen odotetut tuotot ovat yhtä suuria jos markkinoilla toimii riittävän monia riskineutraaleja sijoittajia.<sup>1)</sup> Tällöin keskuspankit eivät voi vaikuttaa omilla sijoituspäätöksillään eri valuuttojen odotettuun tuottoon ja ainoa rationaalinen päätössääntö olisi sijoitusportfolion varianssin minimointi. Luvussa 3 osoitettiin lisäksi, että sijoitusportfolion varianssin minimointi voidaan esittää yhtälön (30) osoittamassa muodossa, joka on mahdollista ratkaista pns-tekniikan avulla.

$$(38) \quad \tilde{P}_k^I + \tilde{e}_{mk} = \beta_1 \tilde{e}_{m1} + \beta_2 \tilde{e}_{m2} + \dots + \beta_{m-1} \tilde{e}_{mm-1} - u_k,$$

jossa  $P_k^I$  on k maan tuontihintaindeksi ja  $e_{mi}$  on i maan valuutan arvo m maan valuutassa mitattuna. Muuttujien yläpuolella oleva " $\sim$ " merkitsee vastaavien muuttujien prosenttimuutosten odotusvirhepoikkeamaa (ts.  $\tilde{x} = \hat{x} - E\hat{x}$ ).

Empiiristen tulosten kannalta osoittautui keskeiseksi se, mitä odotusten muodostumishypoteesia yhtälössä (38) käytetään (ts.  $E\hat{x}$ ). Estimoinneissa testattiin neljää odotusten muodostumishypoteesia.

---

1) Itse asiassa yksikin riskineutraalisijoittaja, jolla on mahdollisuus velkaantua riittävästi takaisi sen, että odotetut tuotot ovat yhtä suuria.

A) Valuuttakurssien oletettiin noudattavan random walk -prosessia. Toisin sanoen valuuttakurssien toteutunut kehitys ei tarjoa informaatiota kurssien tulevaa kehitystä ajatellen. Oletuksesta seuraa, että paras valuuttakurssiennuste huomiseksi on valuuttakurssin arvo tänään (staattiset odotukset) 1.  $E\hat{e}_{mi} = 0$  ja  $\tilde{e}_{mi} = \hat{e}_{mi}$ .

B) Valuuttakurssimuutosodotukset muodostuvat ekstrapolatiivisesti. Hypoteesista seuraa, että jos periodilla  $t$  tietty valuuttakurssi nousi  $x$ -prosenttia nousee ko. kurssi myös periodilla  $t+1$   $x$ -prosenttia. Tällöin  $\tilde{e}_{mi}$  on muotoa

$$(43) \tilde{e}_{mi} = \log \left( \frac{e_{mi}(t)}{e_{mi}(t-1)} \right) - \log \left( \frac{e_{mi}(t-1)}{e_{mi}(t-2)} \right),$$

jossa  $e_{mi}(t)$  on  $i$  valuutan arvo  $m$  valuutassa ajanjaksolla  $t$ .

C) Odotusmuuttujat laskettiin toteutuneiden valuuttakurssien termiinoteerauksien avulla. Hypoteesina on tällöin, että valuuttojen termiinkurssit ovat odotetun päiväkurssin harhaston estimaatti<sup>2)</sup>. Oletuksesta seuraa, että

$$(44) \tilde{e}_{mi} = \log \left( \frac{e_{mi}(t)}{e_{mi}(t-1)} \right) - \log \left( \frac{f_{mi}(t-1)}{e_{mi}(t-1)} \right),$$

1) Laskuissa on käytetty log-prosentteja.

2) Ehdoista jolloin hypoteesi on voimassa ks. Frankel (1979).

jossa  $f(t-1)$  on  $e_{mi}$ :tä vastaava termiininoiteeraus ajanjaksona  $t-1$  ajanjaksolle  $t$ .<sup>1)</sup>

D) Valuuttakurssimuutosodotukset laskettiin korkopariteetin likiarvokaavan avulla<sup>2)</sup>. Odotusvirhepoikkeama on tällöin muotoa:

$$(45) \tilde{e}_{mi} = \log \left( \frac{e_{mi}(t)}{e_{mi}(t-1)} \right) - (r_m - r_i)/1200,$$

jossa  $r_m$  ja  $r_i$  ovat vastaavien maiden 1 kk eurokorkoja (p.a.)<sup>3)</sup>.

Tuontihintaindeksin muutosodotuksia laskettaessa käytettiin sekä ekstrapolatiivista että staattista odotusten muodostumishypoteesia. Staattinen odotushypoteesi osoittautui jonkin verran paremmaksi kuin ekstrapolatiivinen, minkä vuoksi jäljempänä esitetyissä tuloksissa tuontihintaindeksin muutosodotus on kaikissa tapauksissa staattinen ts.

$$(46) \tilde{P}_k^I = \log \frac{P_k^I(t)}{P_k^I(t-1)} \quad 4)$$

Edellä esitettyjä neljää odotusten muodostumishypoteesia käytettiin yhtälössä (38), joka ratkaistiin valuuttaosuuksia osoittavien parametrien  $\beta_1 \dots \beta_{m-1}$  suhteen ( $\beta_m = 1 - \sum_{i=1}^{m-1} \beta_i$ ) ajanjaksoilla 1979M1-1980M12 ja

- 
- 1) Kaikissa laskelmissa on käytetty kuukausiaineistoa. Päävaluuttojen USD-määräiset 1 kk termiinikurssit kerättiin London Currency Reportista.
  - 2) Ks. esim. Nars-Pekonen s. 40.
  - 3) Yhtälössä (45) on käytetty sekä log-prosenttia että "tavallista" prosenttia. 1 kk eurokorot kerättiin London Currency Reportista. Suomen "eurokorkona" käytettiin keskuspankkiluoton marginaalikorkoa.
  - 4) Estimointitulokset saattaisivat muuttua, jos  $E(\hat{P}_k^I)$ :lle laskettaisiin ARIMA spesifikaatio.

1981M1-1982M5. Estimointi suoritettiin useille eri valuuttakoreille. Estimointien tuloksena saatuja parametrien arvoja käytettiin painoina vaihtoehtoisten valuuttaportfolioiden tuontihintaindeksillä deflatoitujen reaalityötojen laskemiseksi. Yhtälön (24) avulla lasketut päävaluuttojen reaalityötöt (p.a.) on esitetty kuvioissa 6 ja 7.

#### 4.2. Empiiriset tulokset

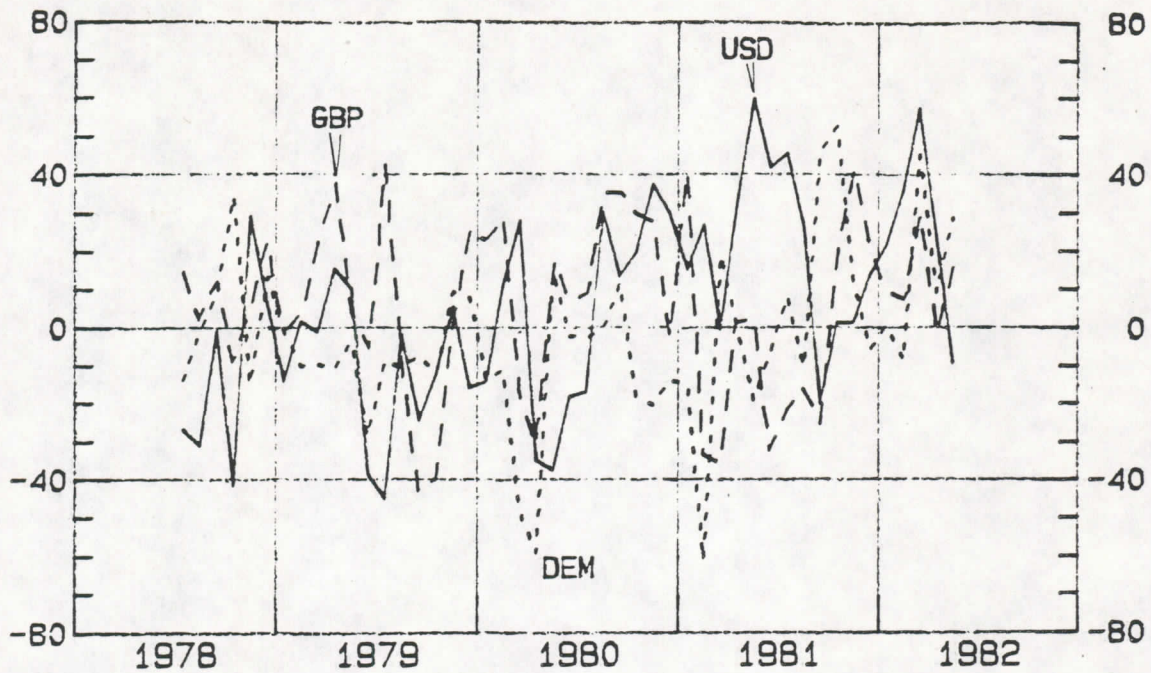
Alustavien kokeiden perusteella osoittautui, että ekstrapolatiivinen odotushypoteesi ja eri valuuttojen toteutuneiden termiinoteerauksien avulla lasketut kurssimuutosodotukset eivät sopineet tyydyttävästi aineistoon. Näiden oletusten perusteella laskettujen vaihtoehtoisten valuuttaportfolioiden varianssit olivat huomattavasti suuremmat kuin vastaavat varianssit, jotka saatiin random walk- ja korkopariteettioletusten avulla. Ekstrapolatiivisen odotushypoteesin osalta portfolioiden tuottojen varianssien suuret arvot eivät liene yllättäviä. Sitä vastoin termiinikurssien sopimattomuus odotustekijänä ei vastanne yleistä käsitystä. Tulos selittyyneen pääosin sillä, että yhtälön (38) estimoinnissa tarvittiin USD/FIM 1 kk termiinikurssia, joka institutionaalisista syistä ei vastaa estimointiajanjaksoilla tehokkaiden markkinoiden olettamusta.<sup>1)</sup> Lisäksi yritysten maksuvalmiusasemalla saattaa olla vaikutusta niiden halukkuuteen käyttää termiinimarkkinoita. Tästä ja rahamarkkinoiden epätäydellisyyksistä seuraa, että termiinidiskontto voi heilahdella huomattavasti. Termiinikurssit voivat tämän vuoksi poiketa runsaasti odotetusta avistakurssista (ks. Suvanto 1983).

1)

Myös korkopariteettioletuksen tapauksessa jouduttiin turvautumaan Suomen markan "eurokoron" korvikkeeseen (keskuspankkivelan marginaalikorko), mikä on otettava huomioon tuloksia arvioitaessa.

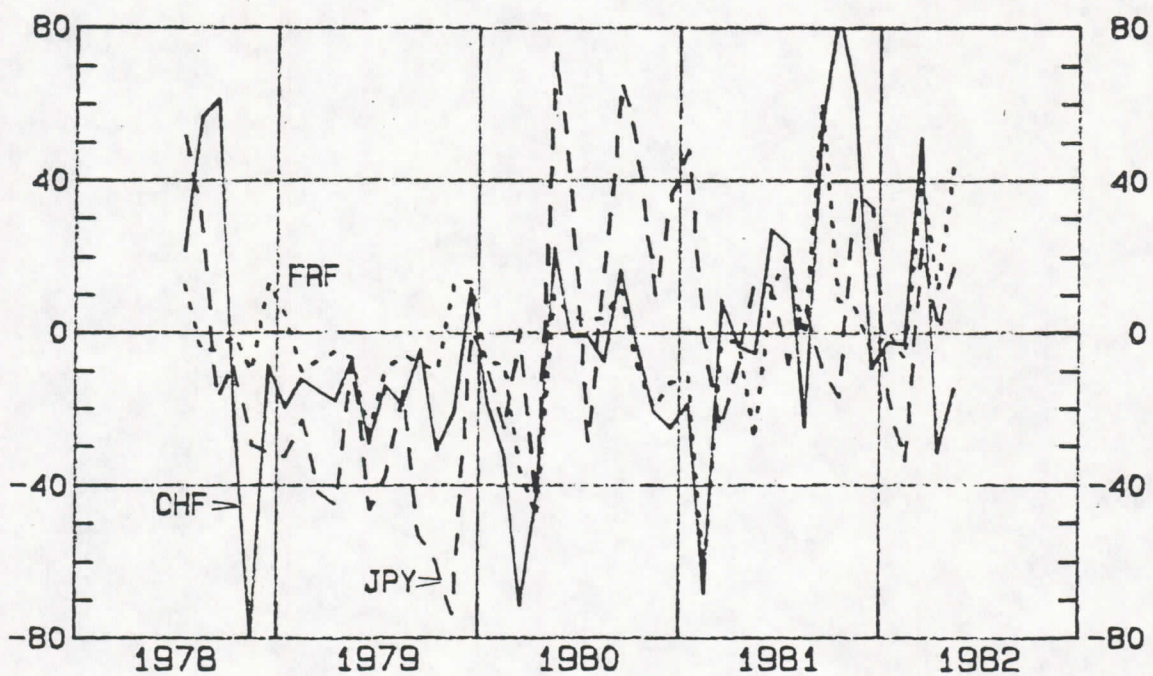
KUVIO 6

TUONTIHINTAINDEKSILLÄ DEFLATOITUJA VALUUTTATUOTTOJA,  
% PER ANNUM



KUVIO 7

TUONTIHINTAINDEKSILLÄ DEFLATOITUJA VALUUTTATUOTTOJA,  
% PER ANNUM



Yhtälöstä (38) estimoidut neljän valuutan porfolion painot on esitetty taulukossa 5. Estimointiajanjakso on 1979M1-1980M12 ja odotusten muodostumishypoteesina on käytetty random-walk- ja korkopariteettiolettamusta. Taulukossa on esitetty lisäksi muita vaihtoehtoisia painojärjestelmiä, jotka on laskettu valuuttojen korrelaatiomatriisin (K2, K3) ja yksinkertaisen tasaisen painojakauman (K1) avulla. Taulukosta havaitaan, että tarkasteluajanjaksolla molemmilla odotusten muodostumisolettamuksilla valuuttaportfolion reaalituoton minimoiva USD-paino on n. 30 prosenttia. Vastaavaksi DEM-painoksi saatiin n. 40-prosenttia GBP:n ja JPY:n kohdalla tulokset poikkesivat jonkin verran toisistaan. Negatiivinen etumerkki JPY:n kohdalle random-walk -tapauksissa merkitsee, että portfoliovarallisuudesta runsaat 7 prosenttia tulisi olla jenimääräistä velkaa, joka olisi sijoitettava muihin portfoliossa oleviin valuuttoihin.<sup>1)</sup>

TAULUKKO 5.

Neljän valuutan korin painot (1979M1-1980M12)

	K1	K2	K3	RANDOM WALK	KORKOPA- RITEETTI
USD	.25	.25	.30	.296	.289
DEM	.25	.50	.50	.392	.439
GBP	.25	.20	.15	.391	.229
JPY	.25	.05	.05	-.079	.042

Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty viiden ja kuuden valuutan korien painot. Erityisesti korkopariteettilaskelmiin perustuvissa jakaumissa korostuu Saksan mar-

1)

Toisin sanoen myös nk. lyhyet positiot olivat sallittuja.

kan huomattava negatiivisuus sekä Ranskan frangin merkittävä positiivisuus. Kuviossa 8 - 11 on esitetty vaihtoehtoisten valuuttaportfolioiden K2, K3, K4, K5 ja random walk -(RW) sekä korkopariteettioletuksiin (KP) perustuvien portfolioiden reaalitytuottosarjat ajanjaksolla 1979M1-1980M12.

#### TAULUKKO 6

Viiden valuutan korin painot (1979M1-1980M12)

	K4	RANDOM WALK	KORKO- PARITEETTI
USD	.42	.274	.249
DEM	.19	.102	-.232
GBP	.13	.387	.165
FRF	.13	.318	.759
JPY	.13	-.081	.059

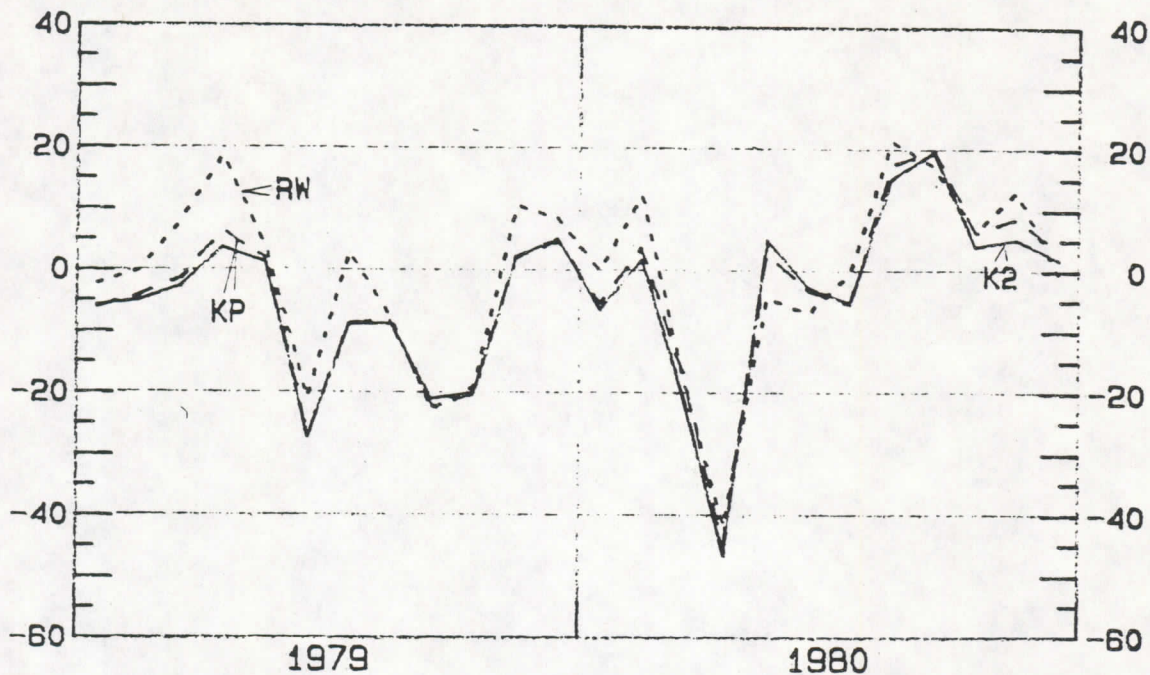
#### TAULUKKO 7

Kuuden valuutan korin painot (1979M1-1980M12)

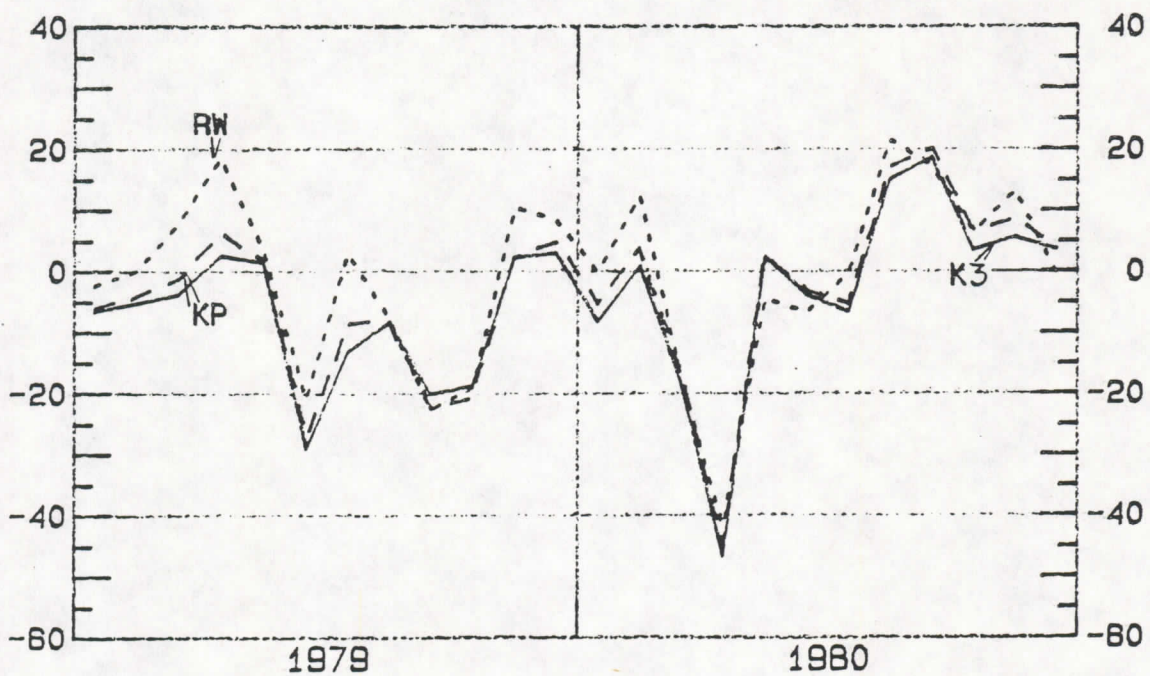
	K5	K6	RANDOM WALK	KORKOPA- RITEETTI
USD	.25	.25	.332	.265
DEM	.40	.42	-.071	-.361
GBP	.10	.07	.370	.165
CHF	.10	.05	.276	.100
FRF	.05	.13	.219	.789
JPY	.10	.04	-.125	.041



KUVIO 8  
 VALUUTTAPORTFOLIOIDEN REAALITUOTOT, % PER ANNUM  
 1979M1-1980M12 (NELJÄN VALUUTAN KORI)

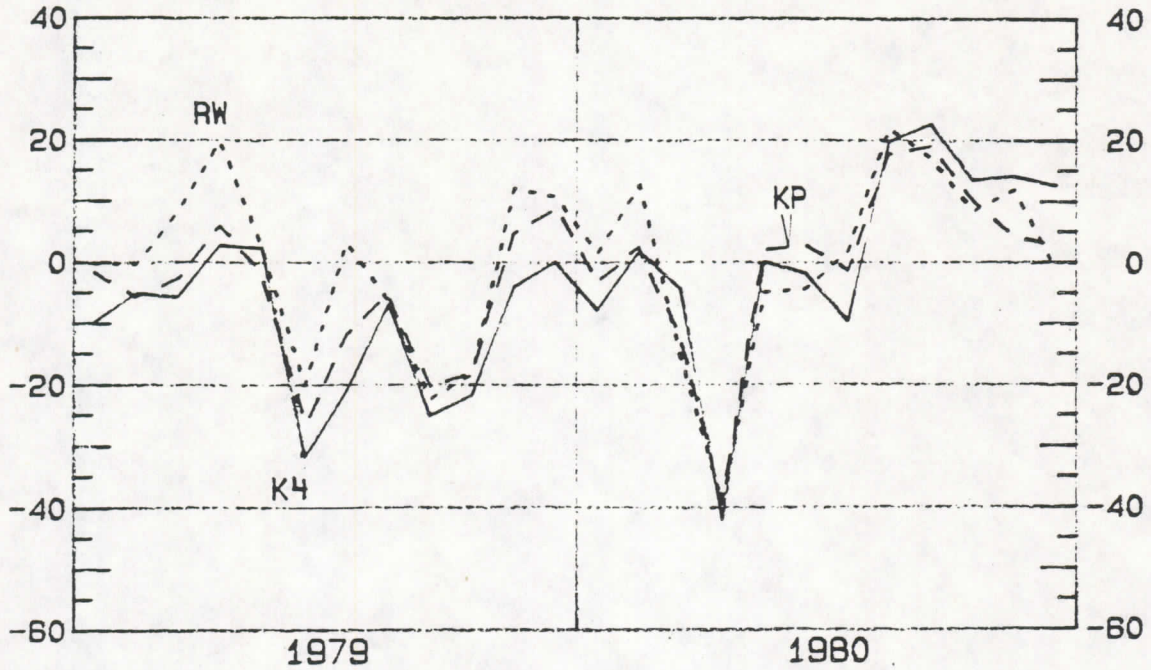


KUVIO 9  
 VALUUTTAPORTFOLIOIDEN REAALITUOTOT, % PER ANNUM  
 1979M1-1980M12 (NELJÄN VAALUUTAN KORI)



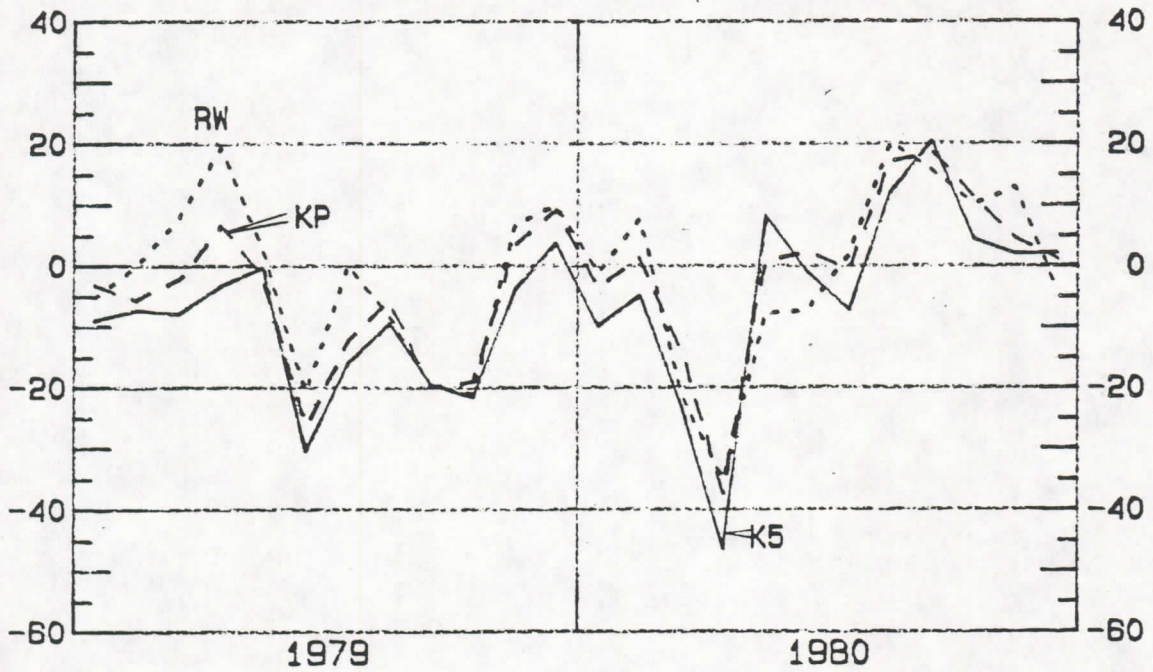
KUVIO 10

VALUUTTAPORFOLIOIDEN REAALITUOTOT, % PER ANNUM  
1979M1-1980M12 (VIIDEN VALUUTAN KORI)



KUVIO 11

VALUUTTAPORFOLIOIDEN REAALITUOTOT, % PER ANNUM  
1979M1-1980M12 (KUUDEN VALUUTAN KORI)



Taulukossa 8 on vastaavasti esitetty RW- ja KP-portfolioiden painot, jotka ratkaistiin ajanjaksolta 1981M1-1982M5.<sup>1)</sup> Jos verrataan taulukossa 8 esitettyjä painoja taulukkojen 5-7 painoihin havaitaan, että neljän valuutan korissa korkopariteettioletuksen avulla ratkaistut valuuttaosuudet ovat lähes samoja molemmilla ajanjaksoilla. Viiden ja kuuden valuutan koreissa sitä vastoin Saksan markan lyhyet positiot ovat muuttuneet vastaavan suuruiseksi saamisiksi ja Ranskan frangin osuus on pienentynyt huomattavasti. Lisäksi taulukoista nähdään, että RW-odotushypoteesin avulla estimoidut painojakaumat ovat jonkin verran erilaisia tarkasteltavilla ajanjaksoilla.

## TAULUKKO 8

Neljän valuutan korin painot (1981M1-1982M5)

	K1	K2	K3	RANDOM WALK		KORKOPA- RITEETTI	
USD	.25	.25	.30	.415	(.296)*	.262	(.289)*
DEM	.25	.50	.50	.320	(.392)	.448	(.439)
GBP	.25	.20	.15	-.039	(.391)	.199	(.229)
JPY	.25	.05	.05	.303	(-.079)	.090	(.042)

\* Suluissa olevat arvot viittaavat estimointiperiodiin. 79M1-80M12.

1) "K"-portfolioiden painot ovat samat kuin taulukoissa 5-7.

TAULUKKO 9

Viiden valuutan korin painot (1981M1-1982M5)

	K4	RANDOM WALK		KORKOPA- RITEETTI	
USD	.42	.422	(.274)*	.264	(.249)*
DEM	.19	.235	(.102)	.375	(-.232)
GBP	.13	-.044	(.387)	.222	(.165)
FRF	.13	.101	(.318)	.076	(.759)
JPY	.13	.285	(-.081)	.064	(.059)

\* Suluissa olevat arvot viittaavat estimointiperiodiin 79M1-80M12.

TAULUKKO 10

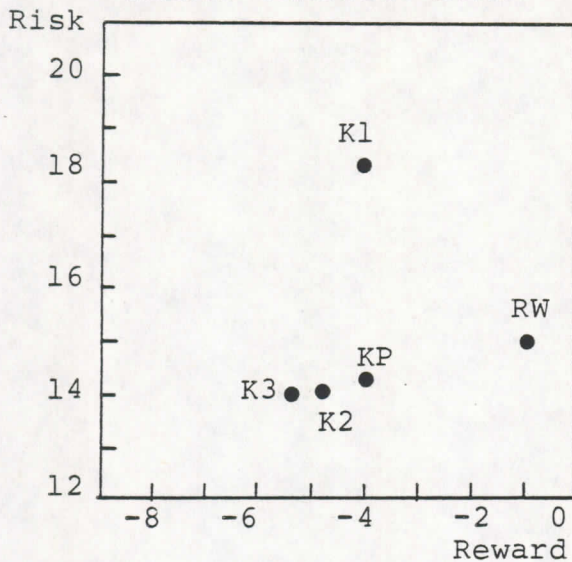
Kuuden valuutan korin painot (1981M1-1982M5)

	K5	K6	RANDOM WALK		KORKOPA- RITEETTI	
USD	.25	.25	.428	(.332)*	.263	(.265)*
DEM	.40	.42	.383	(-.071)	.356	(-.361)
GBP	.10	.07	-.049	(.370)	.223	(.165)
CHF	.10	.05	-.105	(.276)	.012	(.100)
FRF	.05	.13	.051	(.219)	.082	(.789)
JPY	.10	.04	.293	(-.125)	.063	(.041)

\* Suluissa olevat arvot viittaavat estimointiperiodiin 79M1-80M12.

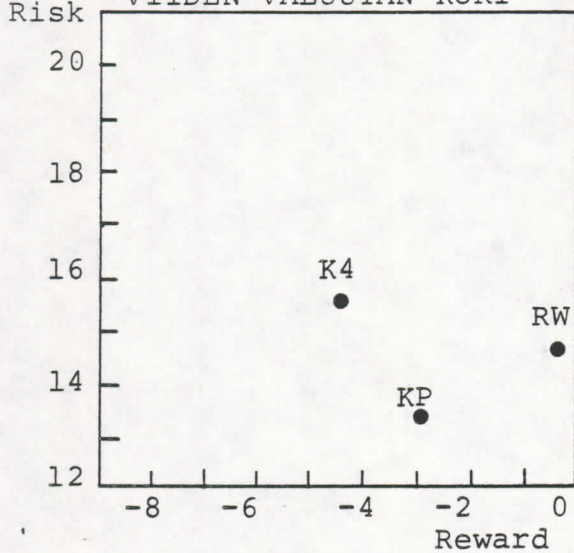
(A)

NELJÄN VALUUTAN KORI



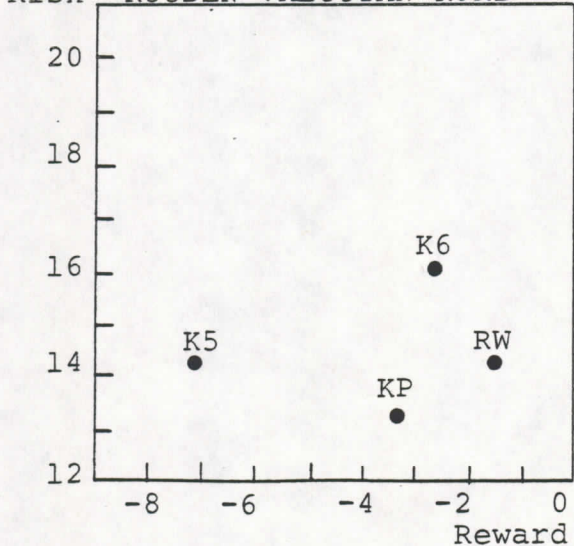
(B)

VIIDEN VALUUTAN KORI



(C)

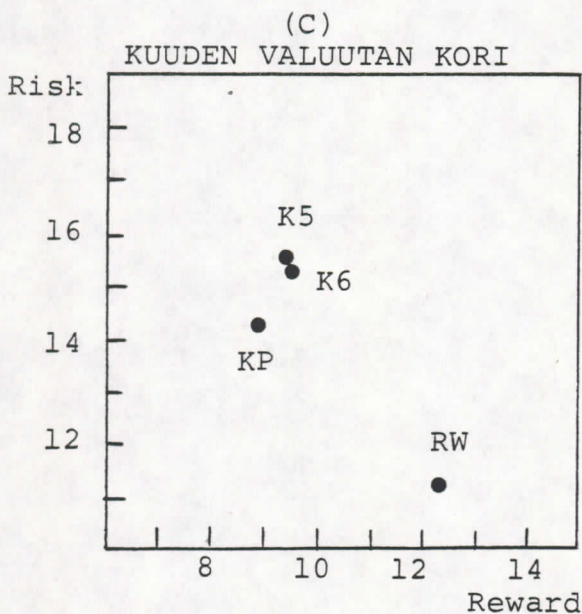
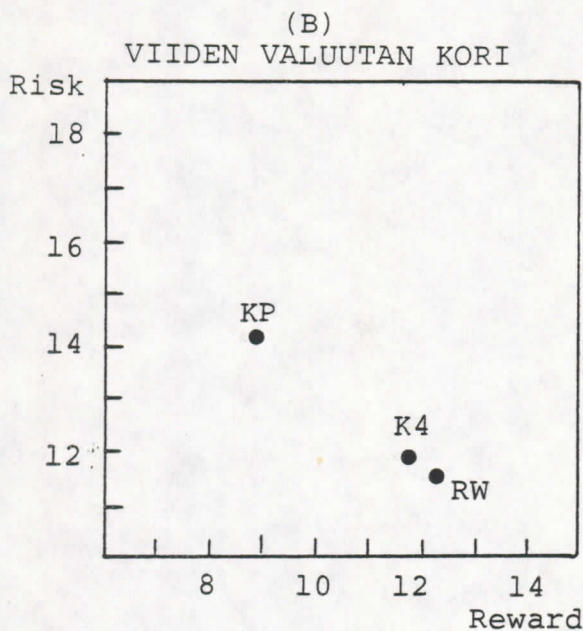
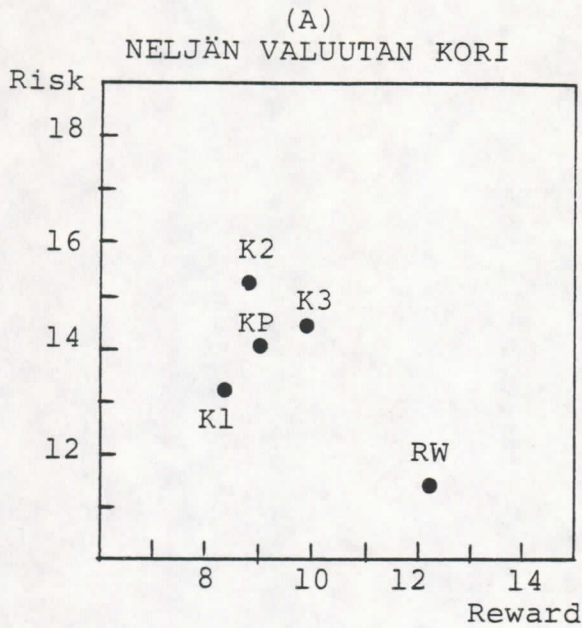
KUUDEN VALUUTAN KORI



Jotta erilaisia valuuttaportfolioita ja vaihtoehtoisia painojakaumia olisi mahdollista verrata keskenään, portfoliot on kuvattu riski-tuotto -koordinaatistossa kuvioissa 12A-12C.

Kuvioista havaitaan selvästi, että jos oletetaan valuuttakurssien noudattavan random walk -prosessia, valuuttaportfolioiden keskimääräiset tuotot ovat selvästi parempia kuin, että oletetaan korkopariteetin olevan voimassa. Keskimääräiset tuotot ovat myös tässä tapauksessa parempia verrattuna valuuttakoreihin K1-K6. Korkopariteettioletuksen avulla saatujen portfolioiden tuottojen varianssit ovat sen sijaan selvästi pienempiä kuin vastaavat varianssit, jotka saadaan random walk oletuksen avulla. Neljän valuutan korissa K2:n ja K3:n varianssit ovat sitä vastoin hiukan pienempiä kuin vastaavat korkopariteettioletuksesta saadut mutta niiden keskimääräinen tuotto on pienempi.

Kuvioissa 13A-13C on esitetty vaihtoehtoisten valuuttaportfolioiden reaalitytuotot riski-tuotto -koordinaatistossa ajanjaksona 1981M1-1982M12. Kuvioiden perusteella voidaan sanoa, että random walk hypoteesin avulla ratkaistut valuuttaportfoliot ovat kaikissa tapauksissa selvästi muita portfolioita parempia jos kriteerinä käytetään tuoton ja riskin välistä pareto-optimaalisuuskäsitettä. Lisäksi kuvioista havaitaan, että kaikkien portfolioiden reaalitytuotot ovat positiivisia, mikä johtuu kansainvälisten korkojen voimakkaasta noususta tarkasteluajanjaksolla. Portfolioiden reaalitytuottosarjat on esitetty kuvioissa 14-17.

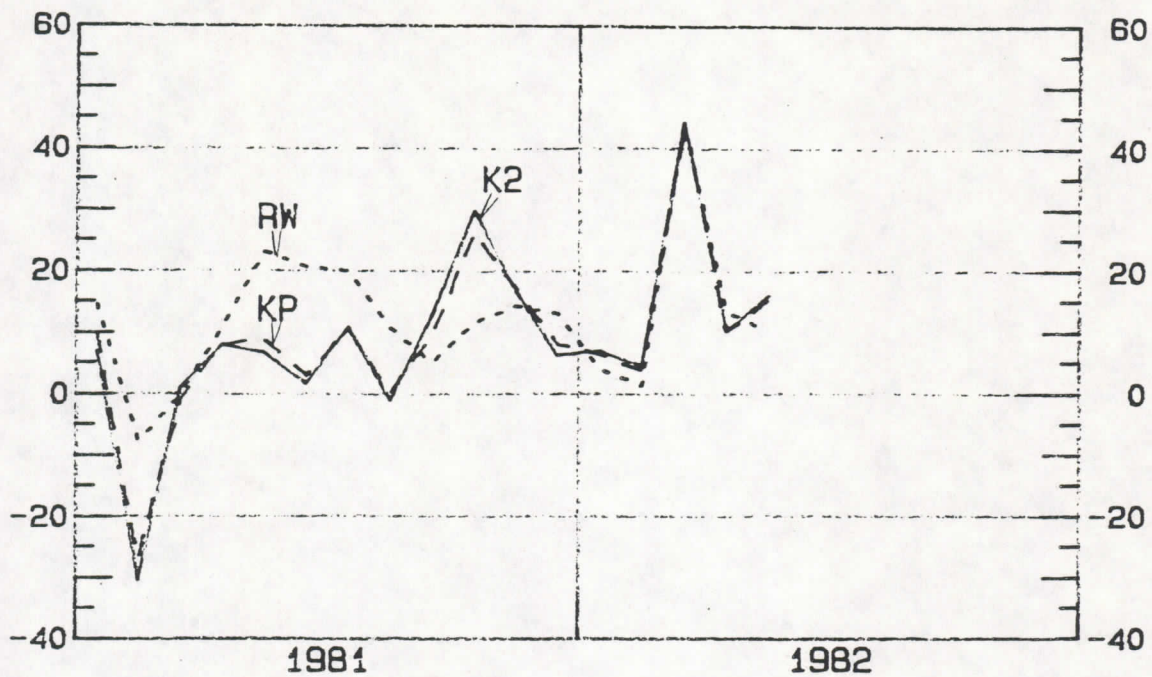


Jos verrataan ajanjaksolta 1979M1-1980M12 ja 1981M1-1982M5 laskettujen eri valuutta-portfolioiden reaalityottojen variansseja toisiinsa huomataan, että jälkimmäiseltä periodilta lasketut varianssit ovat jonkin verran pienempiä verrattuna edelliseen ajanjaksoon. Esimerkiksi random walk hypoteesin avulla ratkaistujen portfolioiden tuottojen keskihajonta oli estimointiajanjaksolla 1981M1-1982M5 runsaat 11 %, kun vastaava pienin luku ajanjaksolla 1979M1-1980M12 oli runsaat 14 % (K3).<sup>1)</sup> Jos lisäksi verrataan portfolioita K1-K6 portfolioihin KP ja RW ajanjaksolla 1982M1-1982M5 havaitaan, että "K" -portfolioista K4 (SDR) on paretomielessä selvästi muita "K" -portfolioita parempi.

1) Yhden valuutan portfolioiden reaalityottojen keskihajonnat olivat ajanjaksolla 1979M1-1980M12 USD 23.7 %, DEM 16.8 %, GBP 24.3 %, CHF 19.6 %, FRF 15.1 % ja JPY 40.2 %. Vastaavat luvut ajanjaksolla 1981M1-1982M5 olivat 22.6 %, 27.9 %, 25.2 %, 38.6 %, 28.5 % ja 22.8 %.

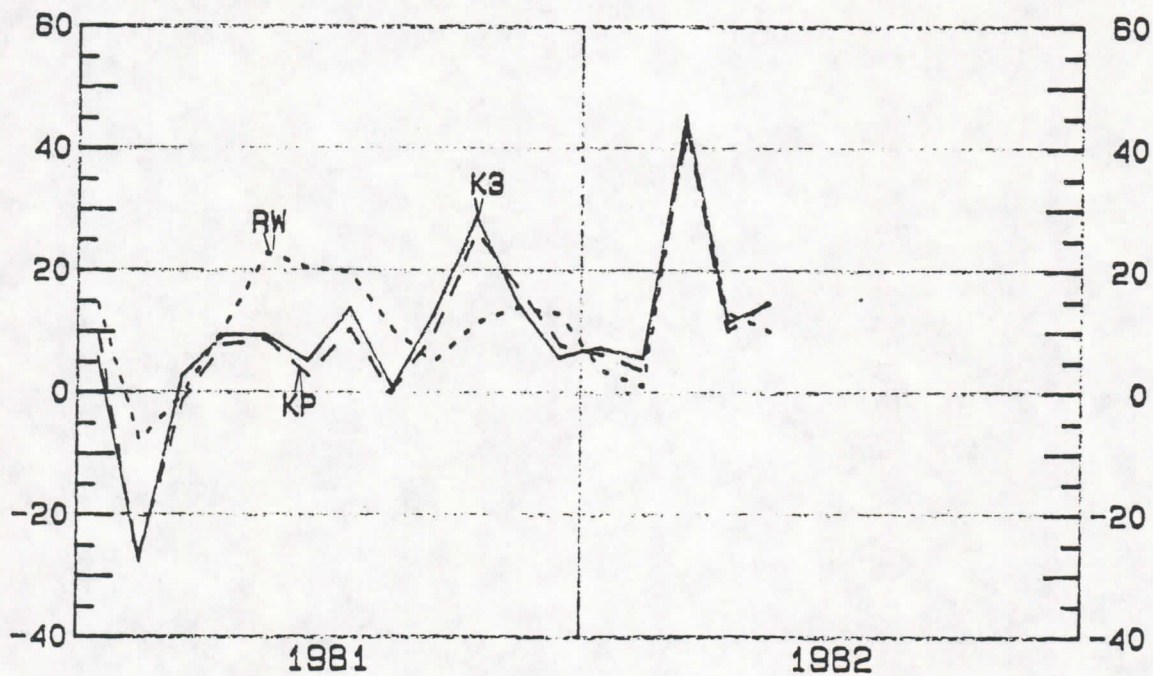
KUVIO 14

VALUUTTAPORTFOLIOIDEN REAALITUOTTO, % PER ANNUM  
1981M1-1982M5 (NELJÄN VALUUTAN KORI)

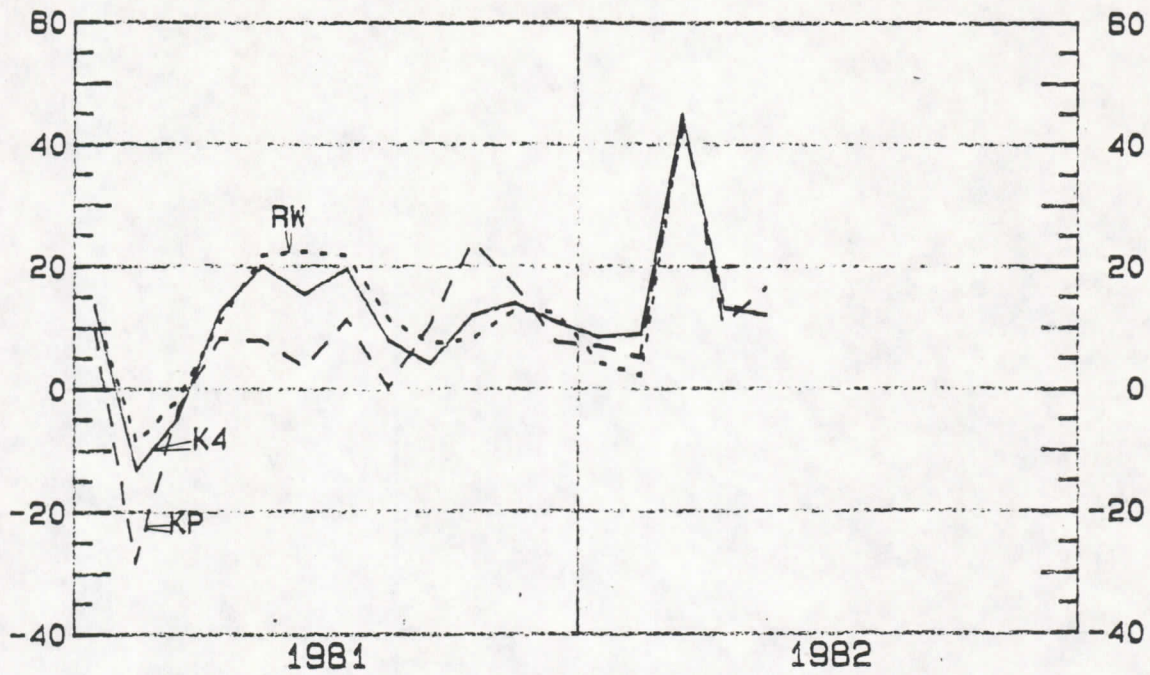


KUVIO 15

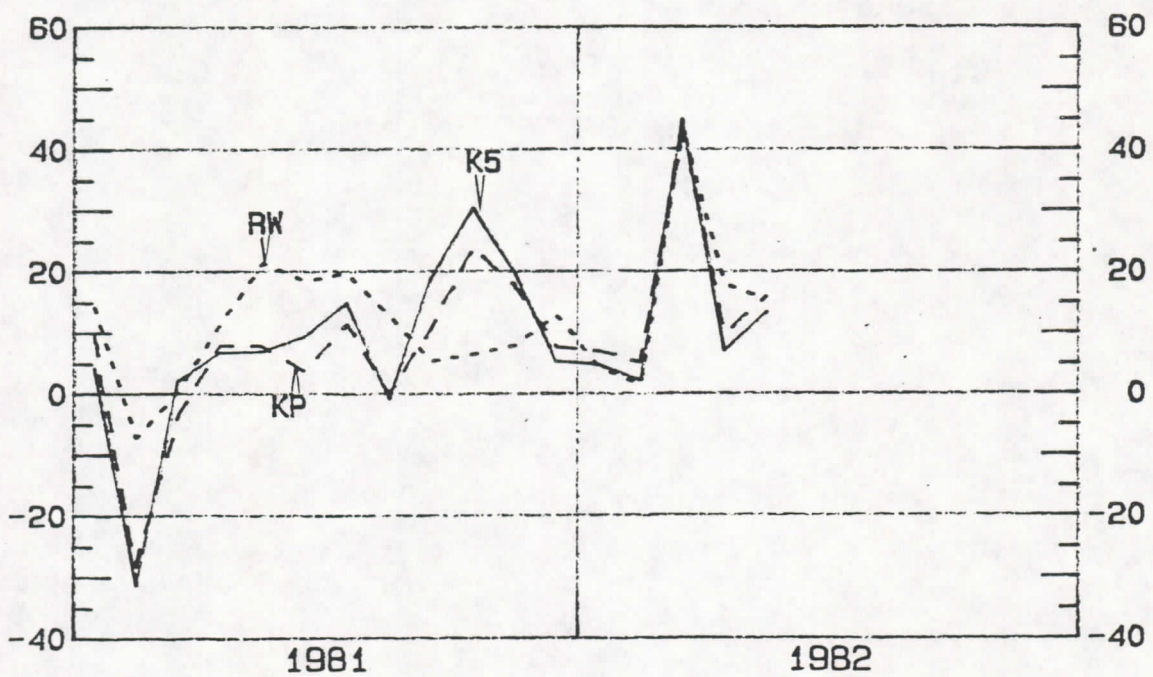
VALUUTTAPORTFOLIOIDEN REAALITUOTTO, % PER ANNUM  
1981M1-1982M5 (NELJÄN VALUUTAN KORI)



KUVIO 16  
 VALUUTTAPORTFOLIOIDEN REAALITUOTOT, % PER ANNUM  
 1981M1-1982M5 (VIIDEN VALUUTAN KORI)



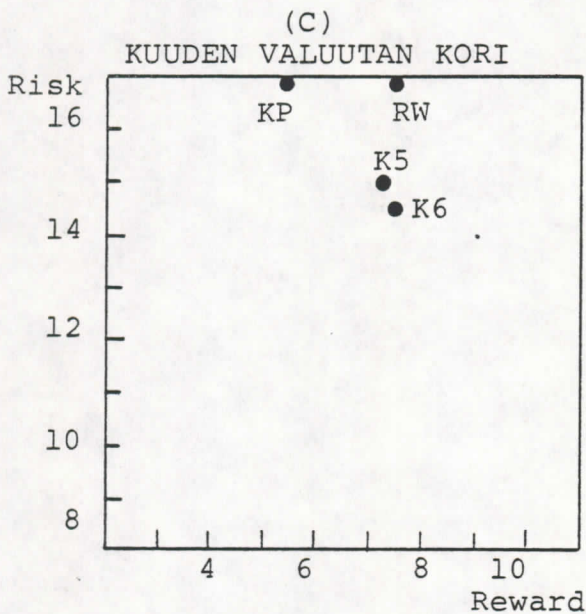
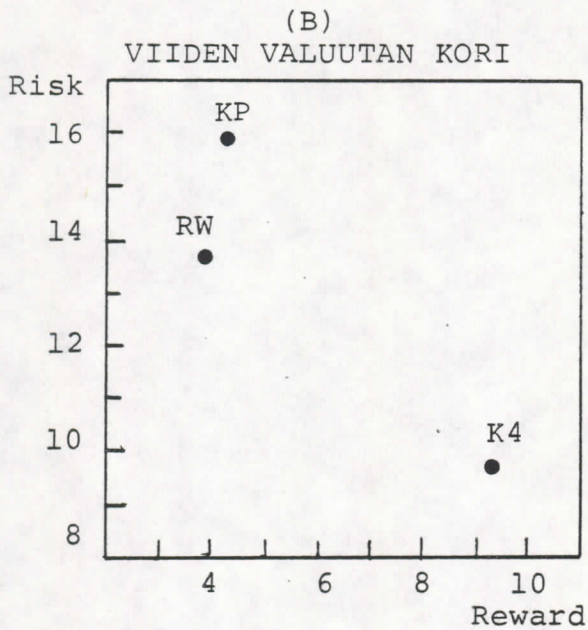
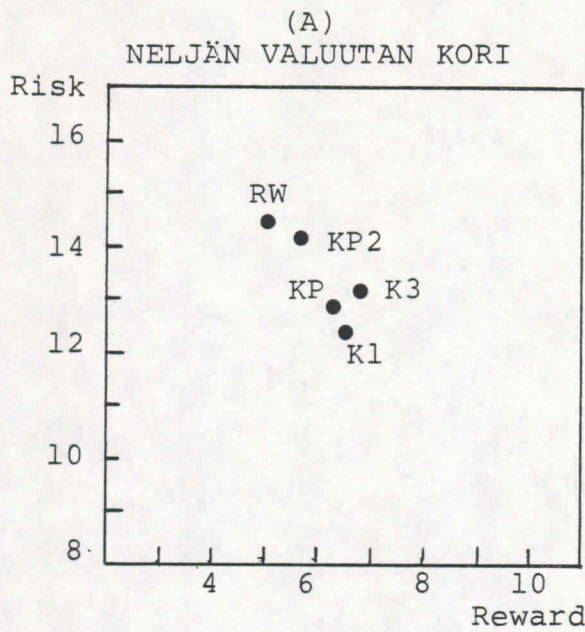
KUVIO 17  
 VALUUTTAPORTFOLIOIDEN REAALITUOTOT, % PER ANNUM  
 1981M1-1982M5 (KUUDEN VALUUTAN KORI)





Edellä esitetyissä tarkasteluissa on tyydytty tavanomaiseen ex post lähestymistapaan vaihtoehtoisten valuuttaportfolioiden ja menetelmien paremmuutta toisiinsa nähden arvioitaessa.<sup>1)</sup> Koska käytännön päätöksentekotilanteissa toimitaan aina ex ante ja toteutuneella kehityksellä on ainoastaan informaatioarvoa jos menneisyyden tunteminen auttaa ennakoimaan tulevaisuutta, laskettiin korkopariteetti- ja random walk olettamusten pohjalta johdettujen valuuttaportfolioiden reaalityuotosarjat myös ajanjaksolle 1981M1-1981M12 ex ante. Toisin sanoen painot estimoitiin ajanjaksolta 1979M1-1980M12 ja niiden avulla laskettiin portfolioiden reaalityuotot ajanjaksolta 1981M1-1981M12. Koska vastaavia laskelmia ei ollut mahdollista suorittaa "K" -portfolioille tämän selvityksen rajoissa<sup>2)</sup>, tyydyttiin "K" -portfolioiden osalta ex post laskelmiin.

- 
- 1) Portfolioiden painot, jotka saatiin random walk- ja korkopariteettiolettamusten avulla; ratkaistiin markkinoiden luonnetta koskevien hypoteesien avulla. "Puhdas" ex post tarkastelu tarkoittaisi, että  $Ee_{mi}$  voitaisiin korvata tietyltä ajanjaksolta otoksesta lasketulla aritmeettisella keskiarvolla, jota käytettäisiin samalta ajanjaksolta estimoitujen minimivarianssi -painojen laskemisessa. Markkinoiden luonnetta koskevien hypoteesien käyttö on tässä mielessä huomattavasti realistisempi lähestymistapa, joskin laskelmista saadut varianssit ovat luonnollisesti "puhdasta" ex post tarkastelua suuremmat.
- 2) Vaihtoehtoisten menetelmien suorituskykyä optimaalisten portfolio-osuuksien määrittämisessä tulisi arvioida niiden "ennustamiskyvyn" mukaan. Jos eri valuuttojen kurssikehitystä säätelevä rakenne on hyvin epästabiili saattavat eri menetelmien tuottamat tulokset poiketa suurestikin toisistaan. Jatkotyöskentelyssä tulisi esim. selvittää yhtälöistä (1) ja (2) lasketun minimivarianssiportfolion ja vastaavan pns-tekniikan avulla lasketun portfolion käyttäytyminen ex ante.



Kuvioissa 18A-18C on esitetty ex ante tarkastelun avulla laskettujen korkopariteetti- ja random walk olettamuksiin perustuvien portfolioiden reaalitytuotot riski-tuotto -koordinaatistossa yhdessä "K" korien kanssa ajanjaksolta 1981M1-1981M12. Jos verrataan kuvioita 18A-18C kuvioihin 12A-12C havaitaan, että neljän valuutan korissa RW- ja KP portfolioiden keskihajonnat eivät poikkea huomattavasti toisistaan.<sup>1)</sup> RW-portfolioiden keskihajonnat ovat molemmissa tapauksissa n. 14 %. KP-portfoliojen hajonta ajanjaksolla 1981M1-1981M12 on n. prosentin pienempi kuin vastaava luku ajanjaksolla 1979M1-1980M12. Kuvioita vertailtaessa on mielenkiintoista havaita portfolio K1 (tasainen jakauma) keskihajonnan lähes 6 prosentin väheneminen siirryttäessä ajanjaksosta toiseen.

Viiden ja kuuden valuutan koreja tarkasteltaessa huomataan erityisesti portfolio K4 (SDR-painot) hyvä sijoittuminen ajanjaksolla 1981M1-1981M12 muihin portfolioihin verrattuna. Lisäksi havaitaan, että RW- ja KP-portfolioiden ratkaisujen luonteen vuoksi (ex ante), portfolioiden keskihajonnat ovat suuremmat kuvioissa 18A-18C kuvioon 12A-12C verrattuna.

1) Keskimääräiset reaalitytuotot ovat luonnollisesti korkeammat kuviossa 18A-18C, koska kansainvälinen korkotaso nousi voimakkaasti v. 1981 verrattuna vuosiin 1979-80.

## 5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kelluvien valuuttakurssien järjestelmä on huomattavasti lisännyt avoimessa taloudessa toimivien taloudenpitäjien päätöksenteko-ongelmia. Valuuttakurssien tulevaan kehitykseen liittyvä epävarmuus on sekä ulkomaan rahan määräisten velkojen ottajille että sijoitusten tekijöille muodostunut kiusalliseksi häiriötekijäksi optimaalisesta valuuttasalkusta päätettäessä. Keskuspankin näkökulmasta lisääntynyt epävarmuus on erityisesti asettanut lisävaatimuksia valuuttavarannon hoidolle.

Tässä esityksessä on pyritty tarkastelemaan modernin portfolioteorian tuloksia ja tutkittu mahdollisuuksia niiden soveltamiseen käytännön päätöksenteon apuvälineenä erityisesti valuuttavarannon parasta valuuttajakaumaa etsittäessä. Selvityksessä ei ole pyritty antamaan vastausta siihen, kuinka tietyn valuutan kohdalla sijoitukset tulisi diversifioida vaihtoehtoisten kohteiden välille tai mikä olisi sijoitusten optimaalinen maturiteettijakauma. Tutkimuksen alustavan luonteen vuoksi eivät myöskään mahdolliset markkina- ja instituutionaaliset rajoitukset ole kaikilta osin tulleet riittävässä määrin huomioiduksi empiirisissä kokeissa.

Luvussa kaksi esitettiin yleinen portfolioteoria pelkistetyssä muodossa (keskiarvo-varianssi -lähestymistapa) ja tarkasteltiin yksinkertaisen esimerkin avulla, kuinka varallisuuden diversifiointi vaihtoehtoisiin sijoituskohteisiin pienentää odotettuihin tuottoihin liittyvää epävarmuutta. Lisäksi osoitettiin, että riski-tuotto -koordinaatistoon on mahdollista laskea nk. tehokkaiden portfolioiden ura, joka kuvaa vaihtoehtoisista sijoituskohteista muodostettuja pareto-optimaalisia si-

joituskombinaatioita odotetun tuoton ja riskin suhteen. Rationaalisesti käyttäytyvän päätöksentekijän on valittava täältä uralta portfolio, joka vastaa mahdollisimman hyvin hänen sijoitustoiminnalle asettamia tavoitteita. Päätöksentekijän käyttäytymistä valintatilanteessa on mahdollista arvioida nk. von Neuman-Morgenstern-hyötyteorian avulla. Luvun kaksi lopussa esitettiin tämän teorian perusteella johdetut yleisimmät hyötyfunktiot ja arvioitiin niiden implikaatioita yksinkertaisessa päätöstilanteessa. Lisäksi tarkasteltiin vaatimuksia, joiden on oltava voimassa, jotta päätöksenteko voidaan järkevästi suorittaa portfolion odotetun tuoton ja varianssin suhteen.

Luvussa kolme tarkasteltiin, kuinka portfolioteoriaa on mahdollista soveltaa kansainvälisille pääomamarkkinoille. Erityisesti arvioitiin kansallisten ja kansainvälisten sijoitusmarkkinoiden eroja portfoliostategian kannalta. Lisäksi pohdittiin valuuttasijoitusten tuoton mittaamiseen liittyviä näkökohtia ja osoitettiin, että järkevän lähestymistavan valuutan reaalisuuden tuoton mittaamiseksi keskuspankin kannalta tarjoaa valuutan ostovoimakäsite. Luvun kolme lopussa esitettiin eräs operationaalinen lähestymistapa optimaalisen valuuttadiversifikaation määrittämiseksi tehokkailla valuuttamarkkinoilla. Markkinoiden tehokkuudesta seurasi, että keskuspankin tulisi diversifioida valuuttavaranto siten, että varannon odotetun tuoton varianssi minimoituu. Lisäksi osoitettiin, että (minimivarianssi -portfolio) voidaan tässä tapauksessa laskea pienimmän neliosuma-tekniikan avulla.

Luvussa neljä suoritettiin joitakin empiirisiä kokeita minimivarianssi -portfolion laskemiseksi. Tulosten kannalta osoittautui keskeiseksi, mitä odotusten muodostumishypoteesia estimoitavassa regressioyhtälössä käytettiin. Yhtälössä kokeiltiin random walk-, ekstrapolatiivista-, korkopariteetti- ja termiinoteeraushypoteesia. Termiinoteerauksien avulla sekä ekstrapolatiivisesti muodostetut odotukset näyttivät sopivan huonosti aineistoon minimivarianssi -kriteerin perusteella. Sitä vastoin random walk- ja korkopariteettihypoteesi toimivat hyvin estimointiajanjaksoilla, joka ulottui v. 1979 alusta v. 1982 toukokuuhun. Minimivarianssi-koostumus laskettiin näissä kokeissa neljän, viiden ja kuuden valuutan koreille, joissa valuuttojen nimelliset tuotot (korko+valuuttakurssimuutos) deflatoitiin tuontihintaindeksillä. Numeraire -valuuttana käytettiin USA:n dollaria. Saatuja tuloksia verrattiin toisiinsa sekä annettuihin referenssikoreihin riski-tuotto -koordinaatistossa.

Random walk -hypoteesin avulla ratkaistut neljän, viiden ja kuuden valuutan salkut olivat reaalitytuotoiltaan molemmilla tarkasteluajanjaksoilla selvästi muita vaihtoehtoja parempia. Lisäksi ajanjaksolla 1981M1-1982M5 random walk ratkaisut olivat salkun varianssilla mitattuna parhaita. Sen sijaan ajanjaksolta 1979M1-1980M12 korkopariteettioletuksen avulla ratkaistuilla valuuttasalkuilla oli jonkin verran alhaisemmat varianssit kuin vastaavat tunnusluvut random walk tapauksessa.

Mielenkiintoista oli lisäksi havaita, että viiden valuutan korissa SDR-painojen avulla laskettu portfolio

osoittautui varsin hyväksi molemmilla tarkasteluajanjaksoilla. Tulos on luonnollinen, koska SDR:ää "luotaessa" on pyrkimyksenä ollut vakaan valuuttakorin aikaansaaminen.

Koska suoritetuissa laskelmissa ei ole otettu huomioon kaikkia kansainvälisille pääomamarkkinoille ominaisia rajoituksia, tulisi jatkotyöskentelyssä nämä ottaa huomioon lisäehtojen muodossa. Jatkotutkimuksissa olisi myös välttämätöntä pyrkiä kvadraattisen optimointiteknikan hyväksikäyttöön. Lisäksi tulisi selvittää vaihtoehtoisten laskuteknikoiden (pns-tekniikka, kvadraattinen optimointi) soveltuvuus päätöksenteon apuvälineinä. Pyrkimyksenä tulisi olla operationaalisen menetelmän kehittäminen valuuttajakauman normittamiseksi lyhyellä aikavälillä. Edellä esitetyn selvityksen toivotaan palvelevan tätä tavoitetta.

LÄHDELUETTELO:

- ALIBER, R.Z. (1978): Exchange Risk and Corporate International Finance, Lontoo.
- BRANSON, W.H. (1979): Exchange Rate Dynamics and Monetary Policy, kirjassa Inflation and Employment in Open Economies, toim. Assar Lindbeck, North-Holland.
- DORNBUSCH, R. (1980a): Open Economy Macroeconomics, Basic Books.
- DORNBUSCH, R. (1980b): Exchange Rate Risk and the Macroeconomics of Exchange Rate Determination, NBER Working Paper no 493.
- EITEMAN, D.K.-STONEHILL, A.I. (1979): Multinational Business Finance, Addison-Wesley.
- FRANKEL, J.A. (1979): The Diversifiability of Exchange Risk, Journal of International Economics, Vol. 9, s. 379-393.
- HEALY, J. (1981): "A Simple Regression Technique for the Optimal Diversification of Foreign Exchange Reserves", IMF DM/81/64.
- HELLER, R.H. & KNIGHT, M. (1978): Reserve-Currency Preferences of Central Banks; Essays in international finance, No. 131, Dec, s. 1-31.
- HEY, D.J. (1979): Uncertainty in Microeconomics, Oxford.
- KENYON, A. (1981): Currency Risk Management, John Wiley & Sons.
- KOURI, P.J.K. (1976): The Exchange Rate and the Balance of Payments in the Shortrun and in the Longrun. Scandinavian Journal of Economics no. 78.

- KOURI, P.J.K. (1977): International Investment and Interest Rate Linkages Under Flexible Exchange Rates, kirjassa The Political Economy of Monetary Reform ed. Aliber R.Z.,
- KOURI, P.J.K. ja MACEDO, J. (1978): Exchange Rates and the International Adjustment Process, Brookings Papers on Economic Activity, 1.
- LEVY, H. (1981): Optimal Portfolio of Foreign Currencies with Borrowing and Lending, Journal of Money, Credit and Banking, Vol. 13, no 3.
- MACEDO, J. (1982): Portfolio Diversifications Across Currencies, kirjassa The International Monetary System under Flexible Exchange Rates, ed. Cooper, R. ja Macedo, J., Ballinger.
- MARKOWITZ, H.M. (1959): Portfolio Selection, John Wiley
- MENDELSONH, M.S. (1982): How Central Banks Manage Their Reserves, The Banker, April.
- MERTON, R.C. (1972): "An Analytic Derivation of the Efficient Portfolio Frontier" Journal of Financial and Quantitative Analysis, Sept.
- 
- NARS, K. (1979): Företagets Valutastrategi, Undersökning av ett urval finska företags beteende under valutaosäkerhet 1970-77, Suomen Pankki, B.32.
- NARS, K. & PEKONEN, K. (1980): Ulkomainen Rahoitus ja Valuuttastrategia, Weilin-Göös.
- OKSANEN, H. (1981): Valuuttakurssiriskien hallinta suomalaisessa yrityksessä, TTT, Tutkimuksia No 10.



SOENEN, L.A. (1979): Foreign Exchange Exposure Management,  
A Portfolio Approach, Sijthoff&Noordhoff.

SUVANTO, A. (1983): Valuuttakauppa ja Ulkomaisen Rahoituksen  
Välitys Suomalaisten Pankkien Toiminnassa, Elinkeino-  
elämän Tutkimuslaitoksen tutkimuksia, B 36, Helsinki.

TOBIN, J. (1965): "The Theory of Portfolio Selection" kirjassa  
The Theory of Interest Rates ed. HAHN, F.H., Bzechling  
F.P.Z. London.

VON NEUMANN, J. ja MORGENSTERN, O. (1947): Theory of Games  
and Economic Behavior, Princeton University Press.