

VAASAN YLIOPISTO
KAUPPATIETEELLINEN TIEDEKUNTA
LASKENTATOIMEN JA RAHOITUKSEN LAITOS

Lauri Ripatti

KORONVAIHTOSOPIMUKSEN KORKOERON TEKIJÄT

Empiirinen analyysi yhdysvaltalaisella aineistolla vuosilta 2001–2006

Laskentatoimen ja rahoituksen
pro gradu -tutkielma

Laskentatoimen ja rahoituksen yleinen linja

VAASA 2008

SISÄLLYSLUETTELO**sivu****TIIVISTELMÄ**

1. JOHDANTO	7
1.1. Taustatietoa	7
1.2. Tavoitteet ja hypoteesit	9
1.3. Tutkielman erityispiirteet ja rakenne	11
2. AIEMMAT TUTKIMUKSET	12
2.1. Swap-markkinoiden hyödyllisyydestä	12
2.2. Luottoriskistä	15
2.2.1. Rakenteelliset mallit	16
2.2.2. Supistetun muodon mallit	19
2.3. Korškoerosta	22
2.3.1. Teoreettiset tutkimukset	23
2.3.2. Soveltavat tutkimukset	27
3. KORONVAIHTOSOPIMUS	28
3.1. Swap-markkinat	28
3.2. Korško-swap ja sen perinteisiä muotoja	30
3.3. Hinnoittelu	34
3.3.1. Joukkolainaperusteinen hinnoittelu	35
3.3.2. Korškoterminiperusteinen hinnoittelu	36
3.3.3. Eurodollari-futuuri-perusteinen hinnoittelu	37
3.3.4. Markkinahinnoittelu	39
4. KORONVAIHTOSOPIMUKSEN KORŠKOERON TEKIJÖITÄ	42
4.1. Vastapuolen luottotekijät	42
4.2. Likviditeettitekijät	45
4.3. Markkinakorot	48
5. AINEISTO JA MENETELMÄT	52
5.1. Aineisto	52
5.2. Menetelmät ja tutkimushypoteesit	53
5.3. Swap-korškoerot vuosina 2001–2006	57

6. TILASTOLLISET TESTIT JA TULOKSET	64
6.1. Yhden muuttujan testit ja tulokset	66
6.2. Monimuuttujatestit ja tulokset	68
6.3. Johtopäätökset	73
7. YHTEENVETO	76
LÄHDELUETTELO	

VAASAN YLIOPISTO
Kauppateollinen tiedekunta

Tekijä:	Lauri Ripatti	
Tutkielman nimi:	Koronvaihtosopimuksen korkoeron tekijät: Empiirinen analyysi yhdysvaltalaisella aineistolla vuosilta 2001–2006	
Ohjaaja:	Sami Vähämaa	
Tutkinto:	Kauppateollisuuden maisterin tutkinto	
Laitos:	Laskentatoimen ja rahoituksen laitos	
Oppiaine:	Laskentatoimi ja rahoitus	
Linja:	Yleinen linja	
Aloitusvuosi:	2006	
Valmistumisvuosi:	2008	Sivumäärä: 84

TIIVISTELMÄ:

Tämä tutkimus käsittelee yleisten koronvaihtosopimusten hinnoittelua eli niiden korkoeroa valtion velkakirjoihin verrattuna. Tutkimus on jaettu teoriaosaan ja tilastolliseen tutkimusosaan. Teoriaosassa käsitellään koronvaihtosopimusten eli korko-swappien ominaisuuksia laaja-alaisesti. Tilastollisessa tutkimuksessa pyritään havainnollistamaan hinnoittelun merkityksellisiä tekijöitä empiirisesti.

Teoriaosa käsittelee myös swappien kehitystä ja niiden sisältämien riskien arviointia 1980-luvun alusta lähtien. Lisäksi swappien hinnoitteluun vaikuttavia erilaisia tekijöitä käsitellään lukuisten tieteellisten kirjoitusten kautta. Swap-korkoeron tekijät on jaettu kolmeen osaan: luottoriskeihin, likviditeettitekijöihin ja yleisen korkotason tekijöihin. Samaa kolmijakoa käytetään myös tilastollisessa tutkimuksessa.

Tilastollisessa tutkimuksessa rakennetaan lineaarinen regressiomalli kuvaamaan koronvaihtosopimusten korkoeroa. Tutkimusperiodin aineisto on Yhdysvalloista vuosilta 2001–2006 kattaen 1470 päivittäistä havaintoa. Aikasarja-aineisto testataan lisätyllä Dickey-Fullerin testillä yksikköjuurien olemassaolon eli stationaarisuuden selvittämiseksi. Regressioyhtälöissä päädytään käyttämään tekijöiden ensimmäisiä muutoksia aineiston epästationaarisuuden takia.

Tuloksissa todetaan korkokäyrän jyrkkyydellä luottoriskin mittarina ja 3 kuukauden maksusitoumuksella yleisen korkotason mittarina olevan tilastollisesti merkitsevä negatiivinen vaikutus swap-korkoeroihin kaikilla tutkituilla 2, 5 ja 10 vuoden maturiteeteilla. Lisäksi swap-korkoeroilla havaitaan yhtä laaja ja voimakas, mutta positiivinen riippuvuus likviditeettipremion edustajaan TED-korkoeroon. 2 vuoden swap-korkoeroilla havaitaan myös heikko merkitsevä negatiivinen riippuvuus SP500-osakeindeksiin. Swap-korkoeroilla ei löytynyt tilastollista riippuvuutta luottoriskin kolmannen edustajan VIX-indeksin kanssa millään maturiteetillä. Likviditeettipremio ja kaksi luottoriskitekijää selittivät parhaimmillaan 34,7 % 2 vuoden swap-korkoeroista.

AVAINSANAT: Koronvaihtosopimus, korko-swap, korkoero, luottoriski

1. JOHDANTO

Koronvaihtosopimusmarkkinat muodostavat yhden likvideimmistä ja merkittävimmistä kiinteäkorkoisten arvopapereiden markkinoista maailmassa. Tiettävästi ensimmäinen vaihtosopimus eli swap tehtiin vuonna 1981 Maailmanpankin ja IBM:n välillä 290 miljoonan dollarin suuruisena valuutta-swappina. Muutaman seuraavan vuosikymmenen aikana niin koron- ja valuutanvaihtosopimusten, kuin niihin liittyvien johdannaisten, kasvu on ollut huimaa. Kansainvälinen järjestelypankki (*Bank for International Settlements, BIS*) arvioi joulukuussa 2007 koronvaihtosopimusten nimellisten pääomien yhteismääräksi maailmassa 309 biljoonaa dollaria.

Vaihtosopimusten käyttö on yleisintä rahoitussektorin yrityksissä, mutta niiden käyttö on levinnyt laajasti myös muille toimialoille. Korko-swap on kustannustehokkuudeltaan erinomainen aktiivisessa ja passiivisessa velkakirjaportfolion hallinnassa muun muassa duraation ja konveksisuuden kannalta. Swappeja voidaan hyödyntää sekä velkakirjasaatavien että velkojen hallinnassa. Rahamarkkinoiden korko-swakit ovat perinteisesti olleet tehokkaita yrityksen maksuvalmiuden hallinnassa, mutta nykyään niiden käyttö on lisääntynyt myös korkoriskin hallinnassa.

1.1. Taustatietoa

Tässä koronvaihtosopimuksien hinnoittelua käsittelevässä tutkimuksessa keskeisessä roolissa on swapin korkoero. Kyseinen korkoero määrittellään swap-koron sekä saman maturiteetin riskittömän velkakirjan tuoton erotukseksi. Tämä korkoero mittaa vaihtosopimuksen riskipremiota ja on siten tärkeä tekijä sopimuksien hinnoittelussa. Swap-korkoero on viime vuosina pysynyt yli 25 korkopisteen eli neljänneksen prosenttiyksiköstä, mutta se on vain harvoin ylittänyt 100 korkopisteen rajan.

Aiemmissa vaihtosopimustutkimuksissa pääpaino on ollut luotto- ja likviditeettiriskien sekä korkojen aikarakenteen vaikutuksen tarkasteluissa. Näitä kolmea on pidetty perinteisesti merkittävimpinä yksittäisinä swap-korkoeron tekijöinä. Koronvaihtosopimuksen luottoriskitekijän mittaaminen on moniselitteistä mikä on johtanut ristiriitaisiin empiirisiin tutkimustuloksiin. Likviditeettiriskin merkitys swap-korkoerossa on kasvanut likviditeetin laajemman ymmärryksen myötä rahoitussektorilla. Pelkkä luotto- ja likviditeettiriskitutkimus ei ole antanut yhteneviä ja kattavia tuloksia, joten täydentäväksi tekijäksi

on esitetty esimerkiksi swap-markkinoiden kysynnän ja tarjonnan dynaamisuuden, ja lisäksi sen tuoman korkoeron syklisyyden, tutkimista.

Ottaen huomioon vaihtosopimusten suuren määrän ja niiden merkityksen maailman taloudelle on tärkeää edistää tutkimusta liittyen niiden hinnoitteluun ja riskienhallintaan markkinatilanteiden muuttuessa. Muiden läheisten rahoitusinstrumenttien, kuten luottojohdannaisten, jatkuva kehittyminen ja monimutkaistuminen ovat luoneet tarpeen edistää myös korko-swappien tutkimista. Monien luottojohdannaisten, markkinakorkojen sekä riskittömien velkakirjojen hinnoittelu on yhteydessä toisiinsa, joten muutokset yhdessä vaikuttavat myös muihin tekijöihin joko suoraan tai arbitraasimahdollisuuden kautta niin raha- kuin arvopaperimarkkinoillakin.

Korkoeron tutkiminen on tärkeää jo pelkästään swap-markkinoiden erittäin suuren kokonaisuutensa vuoksi. Lisäksi viime vuosien aikana swap-korkoja on alettu käyttää rahoitusmarkkinoilla viitekorkoina valtion velkakirjakorkojen sijaan. Viimeisen 10 vuoden aikana swap-korkoeron volatiliiteetti on havaittu kasvaneen talouskriisien myötä, mikä on myös herättänyt kiinnostusta lisätutkimusta kohtaan.

Koronvaihtosopimuksilla käydään kauppaa pörssien ulkopuolisilla OTC-markkinoilla (*over-the-counter*). Päätekijöitä markkinoilla ovat suuret investointipankit ja rahoituslaitokset markkinatakaajien ominaisuudessa. Kysyntää vaihtosopimuksille luovat kaupallisten pankkien ja institutionaalisten sijoittajien ohella myös kansainväliset suuryritykset sekä nykyään myös monet valtiot ja kunnat.

Korko-swap on yleensä kahden osapuolen välinen sopimus vaihtaa päittäin määrättyjen velkakirjalainojen jaksottaiset kassavirrat eli kuponkituotot sovittuina ajankohtina. Toinen osapuoli sitoutuu käytännössä maksamaan kiinteän kurssin mukaan ja vastaanottamaan vaihtuvan kurssin mukaiset korkomaksut. Vastapuoli sitoutuu toteuttamaan vastakkaiset toimenpiteet. Pääoma, minkä mukaan vaihdettavat kassavirrat lasketaan, on nimellinen eikä siten vaihda omistajaa. Vaihtuva korkosuoritus perustuu usein LIBOR-indeksiin, kun taas kiinteän swap-koron tason määrää sopimuksen välittäjä tai markkinatakaaja. Kiinteä maksettava suoritus eli swap-korko säilyy samana sovittu sopimuskauden loppuun saakka, kun taas vaihtuvakorkoinen korkosuoritus muuttuu valitun indeksin mukaan sovittuina täsmäyspäivinä. Kiinteän summan maksajan sanotaan ostaneen swapin. Vaihtuvan summan maksaja on sopimuksen asettaja eli myyjä. Yleisimmässä koronvaihtosopimustyyppissä toisen osapuolen osalta vaihtuva korko vaihdetaan

kiinteään. Muita vaihtoehtoisia tapoja rakentaa swap-sopimus on kuitenkin useita, mutta niiden käsittely jätetään tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Joukkovelkakirjalainoilla eli joukkolainoilla ja korko-swapeilla on monia samankaltaisia ominaisuuksia, joten niiden tutkiminen tukee toinen toistaan. Joukkolainoilla ja korko-swapeilla on samankaltainen hintariski, sillä molempien korkosuoritusten herkkyyden koronmuutokselle on identtinen. Swapin erottaa joukkolainoista kassavirtojen osalta selkeimmin siitä, että swapeissa luottoriski on epäsymmetrinen, eli omasta taloudellisesta tilanteesta on varmempi tieto kuin vastapuolen vastaavasta. Luottoriskitön korko-swap ja riskitön valtion velkasitoumus pitäisi teoriassa olla hinnoiteltu yhtäläisiksi. Niiden välistä korkoeroa on pyritty selittämään muun muassa swappien ja joukkolainojen erilaisella likviditeetillä.

Takaisinmaksuriskin eli vastapuolen maksuvelvoitteensa laiminlyömisestä merkitys on korko-swapeissa muuttunut merkittävästi sitten 1980-luvun lopun, jolloin ISDA:n (*International Swaps and Derivatives Association*) kehittämän puitesopimusstandardin käyttö yleistyi maailmanlaajuisesti. Sopimusstandardin ansiosta maksuvelvoitteiden mahdollisten laiminlyöntien aiheuttamiin ongelmiin puututtiin jo ennalta sopimusvaiheessa tietyt ehdot asettamalla. Empiirisissä tutkimuksissa näiden ehtojen on todettu johtaneen swap-korkoeron sisältämän takaisinmaksuriskin pientymiseen.

1.2. Tavoitteet ja hypoteesit

Tämän tutkimuksen tarkoitus on tarkastella koronvaihtosopimuksen hinnoittelua koronvaihtosopimusten korkoeron kannalta. Tutkimus tulee olemaan hyödyksi arvioitaessa luottoriskin, likviditeetin ja yleisen korkotason vaikutuksia swap-korkoeroon. Teoreettinen viitekehys käsittelee koronvaihtosopimusta yleisellä tasolla. Empiirinen tutkimusosa tehdään yhdysvaltalaisesta aineistosta käyttäen ja sen tarkoitus on olla havainnollistava. Aineisto sisältää velkakirjojen tuottoja, markkinakorkoja sekä osakemarkkinoihin liittyviä tekijöitä. Tutkimus on kvantitatiivinen ja tutkimusmenetelmänä käytetään lineaarista regressioanalyysiä.

Vaihtosopimusten hinnoittelussa keskeisenä on korkoeron määrittäminen ja tarkastelu, sillä korkoeroon sisältyvät riskit vaikuttavat vaihtosopimuksen hintaan ja sen tulevaan tuottoon. Aiempia tutkimuksia tarkastellaan laaja-alaisesti tämän tutkimuksen tarkoitusta tukien. Tutkimuksen lopussa tutkitaan yhdysvaltalaisen aineiston ominai-

suuksia ja suoritetaan sille tilastollinen testaus. Tällä tavalla swap-korkoeron olemus ja komponentit tulee havainnollistettua myös käytännössä.

Tilastollisessa testauksessa pyritään löytämään swap-korkoeroille syyt käytettyjen selittävien tekijöiden osalta. Tutkimushypoteesit sisältävät niin luottoriski-, likviditeetti sekä korkotasotekijöitä, joille kullekin on valittu sitä edustava muuttuja. Edustavien muuttujien valinta on tehty varsin intuitiivisesti. Edustajien valinta ja niiden analysointi on tulkinnanvaraista, sillä mitään tarkkoja yleispäteviä sääntöjä tai malleja käytettyjen talousmuuttujien syy-seuraus –suhteista ei ole kehitetty. Hypoteesit, ja niissä käytettävät edustajat, pohjautuvat pääpiirteissään Alworthin (1993) artikkeliin koronvaihtosopimusten hinnoittelusta. Tarkoituksena on verrata tässä tutkimuksessa käytetyn aineiston ja aiemmin tutkittujen aineistojen pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä. Myös eri maturiteetin korkoeroerojen tekijöihin kiinnitetään huomiota.

Yleisen korkotason vaikutusta swap-korkoeroon on tutkittu 1980-luvulta lähtien. Korkeiden markkinakorkojen on katsottu kuvaavan korkeasuhdannetta, jolloin taloudellisten riskien, kuten lainojen takaisinmaksuriskin, on todettu olevan alhainen. Tämän perusteella tilastollisessa tutkimusosiossa testataan negatiivista riippuvuutta Yhdysvaltojen 3 kuukauden maksusitoumuksen korkoa korkotason mittarina swap-korkoeron selittävänä tekijänä. Toiseksi likviditeettiero swappien ja valtioiden velkakirjojen välillä on tutkittu paljon siitä näkökulmasta, että valtion velkakirjojen suurempi likviditeetti vähentää niiden riskiä. Täten tässä tutkimuksessa testataan LIBOR-koron ja 3 kuukauden maksusitoumuksen koron erotuksen vaikuttavan positiivisesti swap-korkoeroon. Kolmanneksi korkokäyrän jyrkkyyden on havaittu selittävän korkojen aikarakenteen vaikutusta swap-korkoeroon. Jyrkkyyden on havaittu aiheuttavan kuitenkin sekä positiivisia että negatiivisia muutoksia korkoerossa, joten hypoteesissa tarkastellaan vain riippuvuuden olemassaoloa. Neljänneksi osakeindeksejä, kuten S&P500-indeksiä, ylläpidetään kuvaamaan riskisten yritysmarkkinoiden yleistä taloudellista tilaa. Swap-korkoeron negatiivista riippuvuutta osakeindeksitasoon testataan tilastollisesti. Korkean indeksilukeman oletetaan kuvastavan vähäistä luottoriskiä yritysmarkkinoilla. Viimeiseksi S&P500-osakeindeksiin perustuvista johdannaisista laskettava volatilitteetti-indeksi mittaa osakemarkkinoiden heiluntaa. Korkea VIX-lukema kuvaa suurempaa keskihajontaa yritysten markkina-arvoissa ja siten korkeampaa riskiä. VIX-indeksin katsotaan vaikuttavan yritysten takaisinmaksuriskiin ja sille oletetaan positiivinen vaikutus swap-korkoeroon.

1.3. Tutkielman erityispiirteet ja rakenne

Tässä tutkimuksessa käsitellään koronvaihtosopimusten korkoeroa ja sen aiheuttavia tekijöitä. Lukuisista erilaisista vaihtosopimuksista keskitytään käsittelemään yleistä peruskorko-swappia (*plain vanilla*), missä maksut suoritetaan kiinteän ja vaihtuvan koron välillä. Kyseisen instrumentin hinnoittelun ymmärtäminen antaa valmiudet monimutkaisempien vaihtosopimusten tarkasteluun ja tarkempaan analysointiin. Peruskorko-swakit ovat kuitenkin jo sinällään yksi merkittävimmistä korkojohdannaisista, joten ne ansaitsevat tarkemman tutkimisen pelkästään oman suosionsa perusteella. Tutkittavat korko-swakit ovat maturiteetiltaan 2, 5 ja 10 vuotta. Swap-korkoeroa tutkittaessa painotetaan tekijöitä, jotka on valittu monista aiemmista tutkimustuloksista. Tämän tutkimuksen empiirisessä osassa tekijöitä pyritään kuvaamaan yksittäisillä markkinamuuttujilla, kuten Yhdysvaltojen valtiovarainministeriön velkakirjojen koroilla, LIBOR-koroilla, sekä SP500-osakeindeksin tasolla ja sen volatilititeetillä.

Tutkielma koostuu koronvaihtosopimukseen tutustuttavasta teoreettisesta viitekehyksestä sekä empiirisestä tutkimuksesta. Teoreettista osuutta ovat tutkielman ensimmäiset neljä lukua. Johdannossa kerrotaan lyhyesti tutkimuksen kohteesta, määritellään tutkimuksen tavoitteet ja käsitellään tutkimuksen erityispiirteet. Luvussa kaksi käydään läpi aiempaa tutkimusta sen kattaessa vaihtelevasti teoreettisen tutkimuksen ja käytännöllisemmän lähestymisen tutkimuksen. Aiempi tutkimus on jaoteltu kolmeen osaan: tutkimukseen vaihtosopimusten hyödyllisyydestä, sen luottoriskistä ja korkoerosta. Kolmannessa luvussa tarkastellaan swap-markkinoiden kehitystä, erilaisia korko-swappeja sekä teoreettista ja käytännön hinnoittelua. Neljännessä luvussa tarkastellaan korkoeron potentiaalisia tekijöitä ja käsitellään eri muuttujien käyttöä tietyn korkoeroteikijän edustajana. Luvussa viisi esitellään tutkimuksen aineisto ja käsitellään selittäviä muuttujia tilastollisesti sekä aikasarjamaisesti laadullisten ominaisuuksien osalta. Luvussa kuusi aineistolle suoritetaan tilastolliset testit, tulkitaan saatuja tuloksia sekä tehdään niistä johtopäätökset. Viimeinen luku vetää yhteen tutkimuksen kokonaisuudessaan.

2. AIEMMAT TUTKIMUKSET

Korko-swappien tutkimus keskittyi 1980-luvun alusta lähtien lähinnä swap-markkinoiden kasvun, swapin hinnoittelun, luottoriskin ja markkinoiden säännöstelyn tarkastelemiseen. 1990-luvulla empiiristä tutkimusta tehtiin yhä enemmän. Yksi syy tähän oli se, että tutkimusaineistoa oli enemmän saatavilla. Suhonen (1999: 6–7) jakoi koronvaihtosopimuksia käsittelevän tutkimuksen kolmeen eri alakategoriaan. Tässä tutkimuksessa sovelletaan Suhosen kolmijakoa. Kolmijako auttaa ymmärtämään niin swap-markkinoiden merkityksiä kuin sen kehitysvaiheitakin 1980-luvun alusta lähtien.

Ensimmäisenä tutkimusosana, swap-markkinoiden alkuvaiheessa tutkimuksen kohteena olivat itse markkinan ominaisuudet ja vaihtosopimusten tuomien uusien rahoitusmahdollisuuksien tarkasteleminen. Toisessa kategoriassa tutkimuskohteena oli vaihtosopimusten sisältämä luottoriski. Kolmas alue swap-tutkimuksessa on ollut swap-korkoeron eli swapin kiinteän koron ero verrattuna riskittömään saman maturiteetin instrumenttiin ja tämän eron tekijöiden tarkasteleminen. Myös tässä tutkimuksessa swap-korkoeron tarkastelu on keskeinen, siten että luotto-, likviditeetti- ja koron aikarakennetekijät ovat korkoeron tekijöistä suurimman mielenkiinnon kohteina.

2.1. Swap-markkinoiden hyödyllisyydestä

Tässä luvussa käsitellään tunnetuimpia akateemisia artikkeleita, joissa perustellaan vaihtosopimusten käyttöä. Koronvaihtosopimuksia on käytetty eri toimialoilla niin arbitraasi-, suojaus-, kuin spekulointitarkoituksissakin. Vaikkakin instrumentti toimii yksinkertaisesti, sen käyttömahdollisuudet ovat laajat. Tyypillisesti sopimuksen osapuoli haluaa suojata ottolainansa korkojen tason tietylle ajalle korkojen mahdollisen nousun varalta tai vaihtoehtoisesti muuttaa korkosaatavan kiinteästä korosta muuttuvaan, eli käyttö perustuu rahavirtojen suojaukseen. Markkinoilla olevilla muilla rahoitusinstrumenteilla vastaavanlaisia suojausmekanismeja ei voida vieläköän yhtä tehokkaasti suorittaa. Edellä mainitun mukaan vaihtosopimusten suosio perustuu markkinoiden täydentymisargumenttiin. (Suhonen 1999: 7.)

Syyt vaihtosopimusten solmimiseen 1980-luvun alussa eivät olleet niin yksiselitteisiä kuin nykyään. Swappeja pidettiin joissain tutkimuksissa hyödyttöminä ja lisäarvoa tuottamattomina instrumentteina, vaikkakin niiden käyttövolyymit eri alojen yrityksissä kasvoivat huomattavasti vuosi vuodelta. Markkinoiden kehittyminen on ollut vauhti-

kasta kahden vuosikymmenen aikana, mikä on aiheuttanut vaihtelevuutta varsinkin empiirisissä tutkimustuloksissa. Alla esitellään merkittävimpiä tutkimuksia swap-markkinoiden alkua ajoilta swapin hyödyllisyydestä ja ominaisuuksista.

Suhteellinen etu

Bicksler & Chen'in (1986) esittämä suhteellisen edun argumentti (*comparative advantage*) on yksi tunnetuimmista selityksistä swap-markkinoiden olemassaolosta. Se perustui esitykseen maailman rahoitusmarkkinoiden epätäydellisyydestä, mikä mahdollistaisi lainanotossa suhteellisen edun olemassaolon. Korkean luottoluokituksen yritykset saivat lainaa niin lyhyelle kuin pitkällekin ajalle halvemmalla kuin matalan luottoluokituksen yritykset, koska antolainaja vaati suuremman premion eli riskilisän korkeamman riskin yrityksiltä luottoriskin kattamiseksi. Bicksler ym. ehdottivat, että korkean luottoluokituksen yrityksen kannattaisi ottaa pitkäaikaista lainaa ja lisäksi tehdä koronvaihtosopimus vaihtuvan koron maksajana. Sen sijaan matalan luottoluokituksen yrityksen kannattaisi ottaa lainaa lyhyelle ajalle sekä solmia vaihtosopimus, missä se maksaisi kiinteää korkoa. Näiden kahden toimintatavan samanaikaisen käytön seurauksena kyseiset yritykset saisivat arbitraasina lyhyen ja pitkän maturiteetin laatuerojen erotuksen, mikä johti madaltuneisiin lainauskustannuksiin molempien yritysten eduksi. Laatueroon perustuva arbitraasi oli siis heidän mukaansa mahdollista.

Yksi merkittävä asia edellä mainitussa suhteellisen edun argumentissa johti lopulta sen hylkäämiseen. Mikäli lainojen laatueroissa havaittaisiin arbitraasimahdollisuus, se johtaisi muutokseen lainojen hinnoitteluissa ja arbitraasin poistumiseen. Vaihtosopimuksien solmimiseen ei jäisi lopulta rationaalista syytä ja niiden määrän pitäisi lähentyä nolaa eikä suinkaan kasvaa. Tämän lisäksi Turnbull'in (1987) mukaan eri riskisten yritysten luoton hinnoitteluerot ja siihen liittyvän laatueron tuoma arbitraasimahdollisuus eivät olleet syynä koronvaihtosopimusten olemassaoloon.

Tiedon epätasainen jakautuminen

Arak, Estrella, Goodman & Silver (1988) ehdottivat vaihtosopimusten suosion syyksi sen, että ne mahdollistivat molemmille osapuolille korkoriskin erottamisen luottoriskistä tehokkaammin kuin muut instrumentit. Heidän argumentointinsa perustui informaation epäsymmetrisyyteen eli epätasaiseen jakautumiseen osapuolten kesken, sillä heidän luomassa mallissaan luottoeron vaihtelulla oli merkittävä rooli. He ehdottivat lyhytaikaisen vaihtuvan koron lainan ja kiinteän korko-swapin maksamisen yhdistelmän suosimista, mikäli vastapuolen odotettiin solmivan vaihtosopimus kaikkien seuraavien syiden takia:

1. Ottolainaja arvioi tulevat korot korkeammiksi kuin markkinat keskimäärin
2. Ottolainaja kaihtaa riskitöntä korkoa enemmän kuin markkinat keskimäärin
3. Ottolainaja epäilee tulevaisuuden luottoeroaan pienemmäksi kuin markkinat
4. Ottolainaja ei odota yhtä suurta muutosta tulevaisuudessa omassa luottoerossaan kuin markkinat

Titmanin analyysi vuodelta 1992 kuvaili koronvaihtosopimusten vaikutusta yritysten syihin valita eri maturiteettien lainoja. Mallissa yritykset käyttivät hyväksi tietoja oman yrityksen luottokelpoisuuden muutoksista tulevaisuudessa eli tiedon epäsymmetriaa. Vaihtosopimuksen käyttö lainan kanssa perustuu suojaustarkoitukseen eli halutun optimaalisen korkotason saavuttamiseen. Titman ehdotti, että matalan luottoluokituksen yritykset, jotka odottavat luokituksen nousevan tulevaisuudessa, haluavat ottaa lyhytaikaista lainaa ja vaihtaa sopimuksella vaihtuva korko kiinteäksi. Tässä mallissa osoitettiin, että mainitunlaisen rahoituksen ottavien yritysten markkina-arvo kasvaa. Edellisen esimerkin sijaan matalan luottoluokan yritykset, jotka eivät odota tilanteensa paranevan, haluavat solmia kiinteän koron ottolainoja.

Sharma (1994) jatkoi Titmanin tutkimusta ja käsitteli tiedon epäsymmetrian vaikutusta vaihtosopimusten käyttöön. Hänen mukaansa yritykset tietyillä luottoriskiominaisuuksilla voivat alentaa maksamiaan luottopremioita käyttämällä vaihtosopimuksia, ja siten kääntää tiedon epäsymmetrian lopulta yrityksen ja sen osakkeen omistajien eduksi. Lisäksi mikäli yrityksen johto näkee oman luottotilanteensa paranevan tulevaisuudessa, vaihtosopimukset mahdollistavat rahallisen hyödyn siirtymisen osakkeenomistajille. Swappien käyttö kulkisi linjassa osakkeenomistajien voiton maksimoinnin kanssa.

Agenttikustannusten ero pitkän ja lyhyen koron välillä

Perinteinen näkökanta swappien suosioon on eri maturiteetin velan kustannuksissa. Wall (1989) väitti, että matalan luottoluokan yrityksen ottaessa pitkäaikaista velkaa, yrityksen tämän velan jälkeen ottama lisäriski jää velkojan kannettavaksi. Velkojat pyrkivät suojautumaan vaatimalla korkeampaa riskilisää. Tämä agenttiongelman pystytään kuitenkin välttämään, mikäli matalan luottoluokan yritys ottaa lyhyen ajan velkaa ja lisäksi sopii maksavansa kiinteän pitkäaikaisen swapin korot. Yritys välttyy maksamasta pitkän ajan riskilisän, koska velkoja arvioi premion useammin.

Vero- ja säännöstelyarbitraasit

Smith, Smithson & Wakeman (1988) tarkastelivat tutkimuksessaan neljää tekijää, jotka voisivat aiheuttaa kustannussäästöjä swappeja käyttämällä. Nämä olivat rahoitusarbi-

traasi, likviditeetti, riskialtistumisen hallinta ja markkinoiden täydentyminen. Erilaisten arbitraasien hyväksikäytön ei todettu olevan syynä markkinoiden kasvulle pitkällä aikavälillä vaan pikemminkin rajoittavan sitä. Veroarbitraasi olisi kuitenkin mahdollista joillekin kansainvälisille yrityksille eri maiden epäyhtenäistä verokohtelua hyväksikäyttämällä, eikä tämä etu poistuisi kuin kansallisia verokantoja muuttamalla. Säännöstelyarbitraasin, tarkoittaen tässä tiedon epätasaista jakautumista erilaisen lainsäädännön johdosta eri maissa, mahdollisuus todettiin epätodennäköiseksi, vaikkakin sitä oli vaikeaa tarkastella. Swappien käyttö todettiin hyödylliseksi erityisesti rahoitusriskien hallinnassa ja ne todettiin tehokkaammaksi kuin muut instrumentit, kuten optiot ja futuurit. Markkinoiden täydentyminen swapeilla nähtiin todelliseksi, sillä varsinkin pitkien maturiteettien osalta muita instrumentteja yhdistelemällä ei saatu samoja etuja.

Epätäydelliset markkinat

Turnbull (1987) tutki artikkelissaan olosuhteita, joissa sopimusten nykyarvoja analysoimalla molemmat swapin osapuolet hyötyisivät. Hän väitti, että aiemmat tutkimustulokset, kuten Smith ym. (1988) ja Arak ym. (1988), voivat olla harhaanjohtavia. Turnbull'in mukaan joukkolainamarkkinoiden ollessa kilpailtuja ja vaihtosopimusten vaikuttavan pelkästään sopimusosapuoliin ilman ulkopuolisia vaikutuksia, molemmat swapin osapuolet eivät voi hyötyä sopimuksesta eli vaihtosopimukset olisivat lisäarvoa tuottamatonta nollasummapeliä. Mikäli molemmat osapuolet kuitenkin näkevät vaihtosopimukset hyödyllisiksi, hyötyjen on oltava markkina-arvottomia. Yksi mahdollinen syy swap-markkinoiden olemassaololle voisi olla markkinoiden epätäydellisyys, kuten myös Smith ym. (1988) ehdottivat.

2.2. Luottoriskistä

Monet swap-tutkimuksista ovat käsitelleet sopimusosapuolten luottoriskin vaikutusta swap-korkoihin Yhdysvalloissa. Yritysjoukkolainojen ja korko-swappien luottoriskin tutkiminen on ollut yhteneväistä instrumenttien samankaltaisuuksien tähden, mikä käy ilmi alla käsiteltävistä artikkeleista. Luottoriskien mallintaminen jaetaan usein kahteen pääkategoriaan: rakenteelliseen ja supistetun muodon -näkökulmaan. Näitä malleja voidaan käyttää hinnoiteltaessa luottoriskiä sisältäviä arvopapereita. Niiden erojen voidaan ajatella syntyvän malleissa käsiteltävään informaatioon liittyen siten, että rakenteellisissa malleissa käytetään jatkuvia tietoja yrityksen omaisuuden ja velkojen tilasta, kun taas supistetun muodon malleissa käytetään markkinoilla yleisesti tiedossa ja saatavilla olevaa osittaista informaatiota. (Guo, Jarrow & Zeng 2005.) Tässä luvussa luottoriskiä kä-

sitellään lähinnä takaisinmaksuriskin (*default risk*) osalta. Luottoriskiä käsitellään laajemmin luvussa 4.1.

Arvioitaessa takaisinmaksuriskin vaikutusta instrumenttien hinnoitteluun käytetään mal-leissa yleisesti riskineutraalia maksujen laiminlyöntitodennäköisyyttä. Yhtälöissä käy-tyt muuttujat eivät ole niissä sijoittajien riskiominaisuuksien vaikutuksen alaisina. Täl-löin laskennassa arvioidaan tappioiden määrän nykyarvo riskittömällä korolla diskontat-tuna. Vastakohtana tälle periaatteelle on niin sanottu todellinen maksujen laiminlyönti-todennäköisyys, mitä käytetään muun muassa skenaarioanalyysissä. Niissä tapahtunei-den laiminlyöntien perusteella arvioidaan tulevien mahdollisten laiminlyöntitappioiden määrä käyttäen avuksi yrityksen luottoluokitusta. Kuitenkin monien tutkijoiden mukaan tiuhaan mitattavien yritysten omaisuuden arvojen perusteella estimoidut laiminlyönti-to-dennäköisyydet antavat parempia tuloksia kuin hitaasti muuttuvien luottoluokitusten perusteella lasketut todennäköisyydet. (Hull 2006: 293, 488–489.)

2.2.1. Rakenteelliset mallit

Perinteinen teoreettinen paradigma luottoriskin mallintamisessa on ollut Black & Scholesin (1973) johdannaislähestymistapa, missä velkoja käsitellään johdannaisina yrityksen omaisuudesta. Suuri osa luottoriskiä koskevasta kirjallisuudesta perustuu myöhempään Mertonin tutkimukseen (1974), missä yrityksen takaisinmaksuriskiä mita-taan sen omaisuuden arvon vaihtelulla. Päätekijät takaisinmaksuriskin toteutumiselle mallissa olivat yrityksen velkaantuneisuus, omaisuuden arvon volatilitteetti ja riskittö-män koron taso. Malli oletti, että yrityksen rahoitus jakautuu omaan pääomaan E ja yh-teen maturiteetin M nollakuponkiseen pääoman D joukkolainaan. Jos maturiteetissa D yrityksen omaisuuden V_T arvo putoaa alle velan D , niin se ei pysty suoriutumaan velois-taan ja takaisinmaksuriski toteutuu. Koska laiminlyönti on mahdollista vain nollaku-ponkisen joukkovelkakirjan laina-ajan lopussa, on yrityksen oman pääoman arvostus mahdollista eurooppalaisella osto-optiolla maturiteetilla T ja toteutushinnalla D . Oman pääoman arvo voidaankin ilmaista seuraavasti:

$$(1) \quad E_t = \max (V_t - D, 0)$$

Mertonin mallissa keskeistä ovat monien oletusten huomioonottaminen. Näitä ovat kau-pankäyntikulujen, verojen, konkurssikustannusten ja lyhyeksi myynnin rajoitusten pois-saolo, jatkuvan kaupankäynnin mahdollisuus, rajoittamaton otto- ja antolainaus riskit-tömällä vakiokorolla, Modigliani-Millerin teoreema pääomarakenteen muutoksien vai-

kuttamattomuudesta yrityksen arvoon, sekä seuraavanlainen satunnaisprosessin vaikutus yrityksen arvoon:

$$(2) \quad dV_t = (\alpha - \lambda) V_t dt + \sigma V_t dW_t$$

missä α kuvaa omaisuuden tuottoa, λ osinkosuhdetta, σ on omaisuuden suhteellinen volatilitiiteetti, ja nämä kaikki oletetaan vakioiksi. W_t on satunnaisuutta kuvaava standardi Brownin liike.

Käyttämällä Black-Scholes'in kaavaa oman pääoman arvo voidaan kirjoittaa muotoon:

$$(3) \quad E_0 = V_0 N(d_1) - De^{-rt} N(d_2)$$

Missä $N(\cdot)$ ilmaisee kumulatiivista normaalijakaumafunktiota. d_1 ja d_2 ilmaistaan:

$$(4) \quad d_1 = \frac{\ln\left(\frac{e^{r(T-t)}V}{D}\right) + \frac{1}{2}\sigma_V^2(T-t)}{\sigma_V\sqrt{T-t}}$$

$$(5) \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Velkojen arvo aikana t on $V_0 - E_0$.

Mertonin malli on osoittautunut yksinkertaiseksi ja hyödylliseksi luottorisktiin vaikuttavia tekijöitä tutkittaessa, mutta käytännön koronvaihtosopimusten tutkimisessa malli on osoittanut heikompia tuloksia kolmen ongelman johdosta. Ensiksi, tulevaisuuden riskittömien korkojen kulku on stokastista eli sisältää virhetermin. Muuttuvan korkosuorituksen arvostus on siten hataralla pohjalla, sillä tuleva korkotaso ja koron volatilitiiteetti määrittävät sen. Toiseksi, swap muodostuu sarjasta maksuja kuponkijoukkolainojen tapaan. Riskittömän kuponkijoukkolainan arvostaminen onnistui portfoliona nollakuponkisia velkakirjoja, mutta sama tapa ei pätenyt riskillisiin jvk-lainoihin, sillä yhden kupongin maksaminen vaikutti tulevaisuuden kuponkien maksukykyyn ja riskiin. Lisäksi optiohinnoittelumallin käyttäminen oli kriittistä, sillä sen perusteella arvoon keskeisesti vaikuttava omaisuuden riski on yrityksen johdon sekä osakkeenomistajien tekojen vaikutuksen alaisena. Eri maturiteetin velat olivat siten eriarvoisessa asemassa. (Alworth 1993.)

Mertonin malli vuodelta 1973 synnytti paljon jatkotutkimuksia ja näitä kaikkia yhdessä on kutsuttu rakenteellisiksi malleiksi, sillä niissä käytetään hyväksi yritysten rakenteellisten muuttujien, kuten omaisuusarvojen, kehitystä. Alla esitellään muutamia merkittävimpiä swap-tutkimuksiin liittyviä malleja. Rakenteelliset mallit voidaan jakaa vielä useisiin alakategorioihin, kuten ensimmäisen läpäisyn ja tilariippuvuuden malleihin, sekä likvidointiprosessiin. Näiden mallien yksityiskohdista voi lukea enemmän Elizalden artikkelista (2005a).

Black & Cox (1976) tutkivat Mertonin mallia pidemmälle ottaen huomioon jvk-lainojen varauksia. Heidän luomaa mallia pidettiin ensimmäisenä niin sanottuna ensimmäisen läpäisyn mallina, missä tietyn parametrirajan saavuttaminen merkitsee takaisinmaksuriskin toteutumista. Oletuksista keskeisenä pidettiin kovenantteja, jotka mahdollistavat velkojen oikeuden ottaa yritys haltuun mikäli omaisuuden arvo laskee tietylle tasolle. Black ym. saivat lisättyä Mertonin malliin realismia siten, että takaisinmaksuriskin toteutuminen oli mahdollista laina-ajan minä tahansa hetkenä. Heikkoutena tässä mallissa oli edelleen vakiona pysyvät korot.

Longstaff & Swartz (1995) veivät Black'in ym. (1976) tutkimusta pidemmälle pääasiassa kahden oletuksen osalta: korkotaso oli muuttuva ja velkojen perimisjärjestys takaisinmaksuriskin toteuduttua joustava. Korkojen aikarakenteen stokastisuus perustui Vasicek'in (1977) malliin. Riskillisten jvk-lainojen luottoerojen tutkimisessa mallissa käytettiin kahta tekijää: omaisuuden arvoa ja korkotekijää. Longstaff ym. myös johtivat kiinteän ja muuttuvan koron jvk-lainoille arvot esittämällä ne yksinkertaisessa matemaattisessa muodossa. Malli vihjasi korkotason ja luottoeron korreloivan keskenään negatiivisesti, mille he saivat myös empiiristä vahvistusta kahden faktorin mallin avulla. Joustava velkojen perimisprioriteetti oli perusteltavissa aiemmilla empiirisillä tutkimustuloksilla. Malli antoi sitä suurempia luottoeroja, mitä suurempia poikkeuksia normaalista perimisprioriteetista käytettiin.

Cooper & Mello (1991) johtivat osittaisen tasapainomallin korko- ja valuutta-swapeille ja suhteuttivat sen velkojen korkoeroon. Geometristä Brownin liikettä ja tasapainomallia hyväksikäyttäen he saivat arvostettua takaisinmaksuriskin yksinkertaisessa matemaattisessa muodossa. Tuloksia he vertasivat vastaavasti tasapainotettujen velkojen luottoriskin eroihin. He havaitsivat swap-korot merkittävästi alemmiksi kuin velkakirjojen vastaavien maturiteettien korot. Tämän todettiin johtuvan pienemmästä vastapuolen luottoriskistä. Artikkelissa jäi testaamatta tasapainomallin soveltuvuus swap-korkoeron tason vaikutuksiin, kuten myös suhde tasapainohinnan määrääviin muuttujiin. Heikkou-

tena mallissa oli oletus yritysten alenevasta velkaisuusasteesta, mikä johtui näkökulmas- ta käsitellä velkaisuutta takaisinmaksuriskin monotonisena funktiona ja yrityksen arvon määrityksestä geometrisen Brownin liikkeen mukaisesti.

Cossin & Pirotte (1997) tutkivat ensimmäisten joukossa markkinoilla jo toteutettuja swappeja eurooppalaista aineistoa käyttäen niin korko- kuin valuutanvaihtosopimusten osalta. Heidän mukaansa osapuolten luottoluokituksella oli merkittävä vaikutus swap- korkoeron suuruuteen korko- ja valuutta-swapeissa. Tutkimusta häytti otoksen pieni koko sekä vakuuksien vaikutuksen erottaminen luottoriskin hinnoittelussa.

Yksinkertaisten rakenteellisten mallien käyttö on ollut erityisen suosittua luottoportfoli- oiden ja luottoriskihallinnan parissa työskenteleville. Niiden intuitiivinen tulkinta on yhtenäistänyt keskustelua luottoriskialtistumisesta. (Arora, Bohn & Zhu 2003). Mallien laajasta tutkimisesta huolimatta aineistojen sovittaminen malleihin on ollut ongelmallis- ta. Yksi ongelma on ollut teoreettisten mallien epälineaarinen tapa suhteuttaa tuotot muuttujiin. Lisäksi rakenteelliset mallit vaativat aineistolta enemmän kuin muut vaihto- ehtoiset tavat. Mallien panoksiksi tarvitaan muun muassa yritysten omaisuuden arvoja ja volatilitetteja, eikä näitä tietoja ole suoraan saatavilla kuin listatuista pörssiyrityksis- tä. Takaisinmaksuriskin mahdollisuus vain maturiteetin lopussa on myös teoreettinen. Toisaalta malleissa oletetun täydellisen tiedon saatavuuden takia laiminlyönti ei tulisi kuitenkaan yllätyksenä vaan pidemmän havaittavissa olevan heikkenemisprosessin tu- loksena. (Anderson & Sundaresan 2002.)

2.2.2. Supistetun muodon mallit

Tässä kappaleessa käsitellään niin sanottuja supistetun muodon malleja (*reduced form model*). Ne eroavat Mertonin mallista hieman enemmän kuin muut rakenteellisen mallit, mutta nekin perustuvat Black-Scholes-Mertonin arbitraasittomaan analyysiin.

Puutteet rakenteellisissa malleissa johtivat supistetun muodon mallien syntyyn ja sitä kautta uuden näkökulman ottamiseen luottoriskin tutkimisessa. Supistetun ja intensiteet- timuodon termejä on käytetty usein kirjallisuudessa yhtenevästi kuvaamaan takaisin- maksuriskimalleja, joissa takaisinmaksuriski mallinnetaan ulkopuolisen tekijän tai ta- pahtuman perusteella. Malleissa ei tarvita yrityskohtaisia tarkkoja tietoja omaisuuden ja velkojen arvoista, vaan niissä hyväksikäytetään muiden markkinoilla noteerattujen yri- tyksen instrumenttien, kuten jvk-lainojen tai luotto-swappien, hinnoittelua ja päätellään

niistä korot luottoriskimalliin. Yksinkertaisin sovellus tästä on matriisihinnoittelu, missä haluttu korko johdetaan interpoloimalla halutun viiteryhmän korkoja.

Supistetun muodon malleissa laiminlyönti voi tapahtua kesken laina-ajan. Toinen mallin etu on sen kyky ottaa huomioon pääoman arvon volatilitietin ja pääomarakenteen muutoksien vaikutukset. Lisäksi se mahdollistaa useiden aikarakennemallien käyttämisen. Muiden arbitraasittomien mallien mukaan myös supistetun muodon mallit vaativat aineistolta tiettyjä hyviä ominaisuuksia, jotta takaisinmaksuriskin riskineutraali todennäköisyys saadaan estimoitua.

Perusajatus supistetun muodon mallissa on seuraavanlainen:

$$(6) \quad B = DF \times [(1 - \lambda) \times F + \lambda \times (1 - LGD)]$$

Kaavassa (6) B on yksivuotinen velkakirja, minkä hinta määräytyy diskonttaustekijän DF , nykyhetken oletetun laiminlyönnin todennäköisyyden λ , nimellispääoman F sekä takaisinmaksuriskin toteutumisesta syntyneen tappio-osuuden LGD mukaan.

Jarrow ja Turnbull (1995) julkaisivat ensimmäisen uutta metodologiaa käsitelleen artikkelin pyrkiessään luomaan teorian luottoriskillisten johdannaisarvopapereiden hinnoittelusta ja suojauksesta. He oletivat vaihtosopimuksen takaisinmaksuriskin ja sen aiheuttaman tappion vakioksi sekä takaisinmaksuriskin molemminpuoliseksi. Lisäksi he oletivat laiminlyöntiriskin ja riskittömän koron keskenään korreloimattomiksi. Heidän artikkelinsa esitti tekniikan, millä hinnoitellaan luottoriskillisiä optioita. Sitä voidaan käyttää hyödyksi myös muun muassa korko-swappeja hinnoitellessa.

Duffie & Huang (1996) loivat tutkimuksessaan hinnoittelumallin, jossa molempien osapuolten oli mahdollista jättää suoriutumatta velvoitteistaan. Tätä takaisinmaksuriskiä he mittasivat pelkästään swapin luottoeroilla eli eri luottoluokan yritysten kustannuseroista solmia swap. Heidän mallinsa mukaan korkokäyrän muodon vaikutus swapin luottoeroon jäi pieneksi. Lisäksi he totesivat artikkelissaan netotuksen johtavan swapeissa pienempään luottoriskiin jvk-lainoihin verrattuna sekä swapin olevan edullisempi korkeamman luottoluokan osapuolelle. Heidän mukaansa maturiteetilla oli positiivinen vaikutus swapin luottoeroihin. Vaikkakin luotu malli perustui käytäntöön, se ei kuitenkaan täysin pystynyt ottamaan huomioon luottoriskille altistumisen epäsymmetrisyyttä, mahdollisuutta sopimuksen aikaisesta toteuttamisesta, vakuuksien antamista eikä sopi-

muksen arvostamista päivän kurssiin (*mark-to-market*), joten mallin arvot luottoriskille olivat hieman liian suuria.

Duffie & Singleton (1997) tekivät supistetun muodon mallin käyttöön perustuvan tutkimuksen, missä yrityksen todennäköisyys jättää suoriutumatta veloistaan sekä yritykseltä lopulta kerättyjen maksujen määrä muuttuvat stokastisesti ajassa. Tämä satunnaisprosessi määräsi hinnan luottoriskille. Nämä tekijät eivät ole kuitenkaan suorassa yhteydessä yrityksen omaisuusarvoihin ja siten perinteisiin luottoriskimalleihin, mutta niillä oletettiin olevan piilevä vaikutussuhde, joten supistetun muodon malliksi nimeäminen oli perusteltua. (Duffie 1999.)

Duffien ym. (1997) mallissa ei suoranaisesti käsitelty swap-korkoeroa vaan swapin tuottoja. Tutkimuksessa luotiin arbitraasivapaa useamman muuttujan aikarakennemalli, mihin aineistoa sovittamalla pystyttiin tarkastelemaan swappien sisältämien implisiittisten takaisinmaksuriskillisten nollakuponkituottojen ominaisuuksia. He osoittivat tutkimuksessaan, että symmetristä takaisinmaksuriskiä käyttäen swapin nykyarvo saadaan diskonttaamalla tulevat kassavirrat riski- ja likviditeettikorjatulla lyhyellä korolla. Riskin osalta takaisinmaksukorjaukseen sopi liki mikä tahansa aiemmista esimerkiksi valtion tuottokäyriä kuvanneista korkomalleista, kuten affiiniset prosessit tai Heath-Jarrow-Mortonin malli. Duffien ym. ekonometrinen monimuuttujamalli havaitsi muun muassa luotto- ja likviditeettimuuttujien vaikuttaneen nollakuponki-swapin korkoeron muutoksiin edellisen vuosikymmenen aikasarja-aineistossa. Tämän artikkelin sisältöön palataan myöhemmin tässä luvussa swappien hinnoittelun yhteydessä.

Tässä luvussa mainituissa malleissa on samankaltaisuuksien ohella havaittu myös paljon eroavaisuuksia lähinnä erilaisiin lähtöoletuksiin liittyen. Nämä ovat olleet erilaisia muun muassa seuraavin osin: ulkopuolisten muuttujien vaikutukset yrityksen ominaisuuksiin, laiminlyöntiriskin jakautuminen, laiminlyöntien korreloituminen, laiminlyöntin mahdollinen ajankohta, luottoluokan vaihtumisen mahdollisuus, velkaisuusasteen muutokset, takaisinperinnän oletukset (rakenteellisissa malleissa omaisuus ja velat määrittävät, supistetun muodon malleissa määritys ulkoisesti), parametrien hyppyjen mahdollisuus ja korkojen stokastisuus.

Arora ym. (2005) testasivat empiirisesti kahta rakenteellista ja yhtä supistetun muodon mallia ja vertasivat niiden antamia tuloksia keskenään. Tutkimuksen lähtökohtana olivat oletukset luottomallien hyödyttävän takaisinmaksuriskin havainnoinnissa sekä suhteellisen arvon analyysin tuottamisessa. Tutkimuksessa he testasivat rakenteellisista malleista

Mertonin ja Vasicek-Kealhofer'in malleja sekä supistetun muodon malleista Hull-White'a. Mertonin mallin havaittiin antavan heikoimpia tuloksia takaisinmaksuriskin arvioinnissa. Luottotappioriskin vaihtosopimuksien (CDS) korkoerojen arvioinnissa, mitä käytettiin hyvänä suhteellisen arvon analyysin (*relative value*) työkalun mittarina, menestyi parhaiten Vasicek-Kealhofer -malli. Se oli tarkin mittari lukuun ottamatta tapauksia, joissa lainanantaja oli laskenut liikkeelle monta joukkolainaa samanaikaisesti. Tällöin Hull-White antoi parhaimmat tulokset. Mertonin malli menestyi tutkimuksessa heikosti, vaikkakin siihen tehtyjen asteittaisten parannusten havaittiin parantaneen mallin ominaisuuksia huomattavasti.

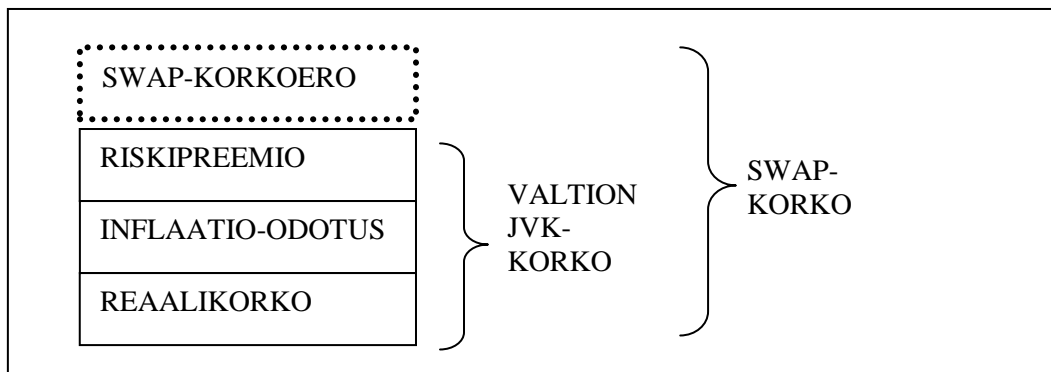
Supistetun muodon mallien käyttö on antanut lupaavia tuloksia ja ne ovat osoittautuneet käyttökelpoisiksi monissa käytännön sovelluksissa perustuen lähinnä hyvään matemaattiseen johdettavuuteen. Niiden kyky sovittaa aineisto on havaittu vahvaksi, mutta niiden kyky ennustaa on kuitenkin ollut heikko (Arora ym. 2005). Ongelmat liittyvät hinnoittelussa käytettävien viiteparametrien epäluotettavuuteen ja tulkinnanvaraisuuteen. Lisäksi malleilla on taipumus vähätellä jvk-portfolioiden systemaattista riskiä johtuen erilaisten yritysten laiminlyöntien todennäköisestä korrelaatiosta esimerkiksi taloudellisten laskukausien aikana. Yrityksen omaisuus- ja velkarakenteiden vaikutuksia malleissa ei myöskään pystytä ottamaan huomioon sen luottoriskiä arvioitaessa, eikä maksujen laiminlyöntihetkeä pystytä ennakoimaan (Elizalde 2005b). Muun muassa näiden ongelmien takia Anderson ym. (2002) suosittelivat lisätutkimusta kiinteän koron instrumenttien luottoriskin hinnoittelusta.

Tässä luvussa käsiteltyjen luottoriskin hinnoittelumallien käyttöönotto on ollut vaihtelevaa. Rakenteelliset mallit ovat analyttiseltä johdettavuudeltaan kehittyneet erittäin monimutkaisiksi, mikä on vaikeuttanut niiden käytettävyyttä. Tämä on johtunut lähinnä malleille asetettujen rajoitteiden epäonnistumisesta. Uusia, käytännönläheisempiä ja kohdennettumia malleja on kuitenkin vuosien varrella rakennettu korjaamalla vanhojen mallien puutteita.

2.3. Korkoerosta

Kolmas tutkimuskategoria koronvaihtosopimuksista oli Suhosen (1998: 7–8) mukaan korkoeron tutkiminen. Tässä luvussa käsitellään merkittävimpiä ensimmäisten joukossa olleita tutkimuksia korkoerojen tekijöistä, sekä uudempia tutkimuksia paikallisten korkoerojen vaikutuksista muilla kansainvälisillä markkinoilla. Lisää merkityksellisiä tut-

kimuksia korkoeron tekijöistä luottorisktiin, likviditeettirisktiin ja yleiseen korkotasoon liittyen käsitellään luvussa 3.4.



Kuvio 1. Swap-korkoeron muodostuminen.

Yllä oleva kuvio esittää graafisessa muodossa swap-korkoeron suhteen joukkovelkakirjoihin ja swap-korkoon. Swap-korkoero on kuvion mukaisesti swap-koron ja valtion velkakirjan koron erotus. Tämä tutkimus kokonaisuudessaan paneutuu tarkastelemaan swap-korkoeroa.

2.3.1. Teoreettiset tutkimukset

Yksi tunnetuimmista 1990-luvulla tehdyistä koronvaihtosopimustutkimuksista oli Brown, Harlow & Smith'in (1994) artikkeli swap-korkoeron ratkaisevista tekijöistä. He tarkastelivat taloudellisten muuttujien vaikutuksia korkoeroon yhdysvaltalaisaineistossa vuosilta 1985–1991 ja löysivät neljä tilastollisesti merkitsevää, vaikkakin selityssteelehtaan pääasiassa matalaa, muuttujaa. He havaitsivat swap-korkoeron muuttuvan negatiivisessa suhteessa Yhdysvaltojen valtion pitkän jvk-lainan yön yli repo-koron kanssa. Toisin sanoen matalampi repo-korko teki jvk-lainojen myymisen kalliimmaksi, joten noteeraajien oli pakko kasvattaa swap-korkoeroa houkuttamaan swapin ostamista. Toiseksi he havaitsivat jvk-lainojen luottoerojen ja swappien välisen riippuvuuden positiiviseksi. Se tarkoitti, että suuremmat luottoerot kasvattivat swap-korkoeroa, mikä taas viittasi takaisinmaksuriskin olevan merkittävä tekijä swap-korkoerossa. Lisäksi 3 kuukauden TED-korkoeron (*Treasury-EuroDollar spread*, katso luku 5.2.) odotukset sekä riskittömien diskonttopapereiden ja kuponkivelkakirjojen erot olivat positiivisessa suhteessa merkitseviä korkoeron tekijöitä, joten yleisellä korkotasolla oli ainakin osaksi

merkitystä swap-korkoeron suuruuteen. Tutkimuksen lähtökohtana oli korkojen määrytyminen puhtaan odotushypoteesin perusteella eikä arbitraasi ollut mahdollista. Puh- taassa odotushypoteesissa pitkän velkakirjan maturiteettituotto oletettiin samaksi kuin toistettujen lyhyemmän laina-ajan velkakirjojen tuotot.

Sorensen ja Bollier (1994) loivat optiohinnoittelumallin mukaisen swap-mallin, minkä avulla he vahvistivat hypoteesin korkokäyrän muodon negatiivisesta riippuvuudesta swap-korkoeroon. Näkemys oli vastakkainen Brownin ym. (1994) tulosten kanssa. Mal- lissa takaisinmaksuriski oletettiin molemminpuoliseksi. He väittivät, että kyseisen riskin hinta määräytyy korkokäyrän ja koron volatiliteetin perusteella, sillä nämä tekijät mää- rittävät myös swap-position uudelleen järjestelyn kustannuksista muodostetun option hinnan. Mallin muuttuvina tekijöinä olivat esimerkiksi odotetut korkotermiinituotot ja korkotason volatiliteetti, sekä lisäksi takaisinmaksuriskin todennäköisyys. Heidän mu- kaansa pelkän nousevan korkokäyrän perusteella oli edullista hankkiutua kiinteään swap- koron maksajaksi, mutta takaisinmaksuriskin tuoma epävarmuus tulevaisuuden korke- ampiriskisten suoritusten saamisesta antoi syyn laskea swap-korkoa, jolloin korkoero riskittömään korkoon verrattuna pieneni.

Jo aiemmin luottoriskin osalta käsitelty Duffie'n ym. (1997) tekemä tutkimus oli mer- kittävä myös swap-korkoeron kannalta. Tutkimuksessa kehitettiin monimuuttujamalli, millä tavoiteltiin hinnoittelumallin luomista ilman tarkkaa swap-korkoeron syntymeka- nismin määrittelemistä. Mallin silti haluttiin kykenevän ottavan huomioon swap- markkinoiden erityispiirteitä. Rakennettu malli näytti, että LIBOR-korkoon perustuneen perus-swapin kiinteä korko voitiin ilmaista kassavirtojen nykyarvoina diskontattuna luotto- ja likviditeettikorjatulla hetkellisellä lyhyellä korolla. Riskikorjatun diskonttote- kijän avulla malli pystyi luomaan korko-swapeille aikarakenteen samalla tavalla kuin aiemmat mallit olivat esittäneet esimerkiksi riskittömien joukkolainojen aikarakenteen. Investointipankit saivat mallista hyvän vaihtoehdon omille korkotermeineistä interpo- loiduille tuottovaatimuksille perustuviin hinnoittelumalleille. Luotu arbitraasivapaa mal- li tuotti implisiittisen tuottokäyrän, mikä oli avuksi uusien korko-swappien ja niihin liittyvien johdannaisten hinnoittelussa sekä suojaamisessa.

Duffie ym. (1997) ajoivat mallissaan neljän muuttujan vektoriautoregression (VAR) sisältäen muun muassa swap-koroista lasketut edustajat luottoriski- ja likviditeettikom- ponenteille. Käytetyt muuttujat olivat Yhdysvaltojen 6 kuukauden valtion maksusitou- mus, viimeksi liikkeelle lasketun valtion maksusitoumuksen repo-sopimuksen ja yleis- vakuudellisen repo-sopimuksen koron erotus, valtion velkakirjan repo-korko, sekä kor-

koero AAA- ja BBB-luottoluokan yritysarpapereiden välillä. Merkittävimmän selityksasteen he löysivät mallintamansa 10-vuotisen swapin tuottokäyrän viipeellisestä arvosta sekä uusien ja vanhojen repo-sopimuksien erosta. Repo-korkoeron vaikutus havaittiin kokonaisuudessaan yhteneväiseksi Grinblatt'in (2001) tunnetun likviditeetin hyödyllisyystuoton (*liquidity convenience yield*) käsitteen kanssa. Tutkijat huomauttavat, että puolet implisiittisen swap-korkoeron vaihtelusta selittyi sen omilla viipeellisillä arvoilla. Tämä autokorreloituminen herätti heidän mukaansa tarpeen lisätutkimukselle swappien kysynnän ja tarjonnan tekijöistä.

Vaihtosopimusosapuolten riskien muutoksia tutkivat Lang, Litzenberger & Liu (1998) perusolettamuksella, että koronvaihtosopimukset tuovat lisäarvoa. Swapeista siis aiheutuisi hyötyä molemmille sopimusosapuolille, millä taas olisi vaikutusta swap-korkoeron suuruuteen. Litzenbergerin (1992) väite riskien vaihtelun riippuvuudesta taloussykleistä sai Lang'in ym. ottamaan taloussyklitekijän mukaan tutkimukseen. Swap-korkoeroon suoranaisesti liittyen he testasivat hypoteesia A-luottoluokan jvk-lainojen ja Yhdysvaltojen valtionlaitosten jvk-lainojen (*agency bond*) korkoerojen positiivista korreloitumista swap-korkoerojen kanssa. He regressoivat 5- ja 10-vuotiset swap-korkoerot yhdysvaltalaisella aineistolla vuosilta 1986–1992. Selittävinä tekijöinä he käyttivät A-luottoluokan jvk-lainojen korkoeroa, valtionlaitosten jvk-lainojen korkoeroa, sekä työttömyyslukujen tasoa ja muutosta taloussyklin muuttujina. A-luottoluokan jvk-lainojen korkoeron havaittiin selittävän 75 % ja valtionlaitosten jvk-lainojen 48 % muutoksista swap-korkoeroissa 5 ja 10 vuoden maturiteeteilla. (Kobor, Shi & Zelenko 2005.)

Jo ylempänä mainittu Grinblatt'in (2001) artikkeli käsitteli swap-korkoeroa yksin likviditeettiriskin aiheuttamaksi. Hän loi mallissaan tuottokäyrän LIBOR-korolle, mistä vähentämällä stokastisen likviditeettitekijän nykyarvon, eli tässä mallissa swap-korkoeron, hän muodosti riskittömän korkokäyrän. Tätä tuottokäyrän yhden faktorin mallia voitiin käyttää sekä valtion velkakirjojen että riskillisempien LIBOR-korkoperusteisten velkakirjojen tuotto-odotuksia arvioitaessa. Valtion tuottokäyrää hän käsitteli lisäksi ylimääräisellä likviditeettitekijällä Yhdysvaltojen velkakirjojen erittäin suuren likviditeetin johdosta. Mallin mukainen implisiittinen valtion riskitön korko oli eriävä yritysarpapereiden hinnoittelumalleilla, kuten CAPM:llä tai APT:lla, laskettuihin riskittömiin korkoihin. Yritysarpapereiden hinnoittelumallien mukaiset riskittömät korot olivat olleet merkittävästi korkeampia kuin riskitön Yhdysvaltojen valtion maksusitoumus. Oikeellisempi riskitön näihin malleihin perustuva korko oli mahdollista johtaa LIBOR-korosta sekä myös optioiden hinnoista. Valtion maksusitoumusten korko havaittiin liian matalaksi yritysarpapereiden hinnoitteluun korkeaan likviditeettiin perustuvan hyödyn

takia, ja siksi se sopi huonosti historialliseen aineistoon. Kaikesta huolimatta Grinblatt'in malli ei kuitenkaan pystynyt käsittelemään repo-sopimusten spesiaalisuutta, eli valtion velkakirjan käyttämistä vakuutena repo-sopimuksen vakuutena ja siten lainan saamista merkittävästi alle riskittömän koron. (Duffie ym. 1996.)

Kambhu (2004; 2006) otti tutkimuksissaan huomioon spekulatiivisen kaupankäynnin volyymien muutoksien vaikutuksen koronvaihtosopimusten korkoeroon. Hän keskittyi konvergenssikaupankäynnin (*convergence trading*) vaikutuksien tarkasteluun, missä spekuloidijat ottavat position sille, että omaisuusarvot palaavat niin sanotulle pitkän aikavälin normaalille tasolle. Korko-swapeissa konvergenssikaupankäynti voi tapahtua swapin koron ollessa yli oman pitkän ajan keskiarvonsa siten, että kiinteän swapin vastaanottaminen tapahtuu samanaikaisesti riskittömän jvk-lainan myymisen kanssa. Position on tuottava, mikäli swap-korkoero pienenee eli swapin korko laskee odotetulle tasolle lähemmäs riskitöntä korkoa. Päinvastainen muutos koroissa ei tuottaisi muutosta position kokonaistuottoon. Kambhun mukaan spekulatiivisen konvergenssikaupan vaikutus swap-korkoeroon saattoi olla samanaikaisesti sekä vakauttava että epävakauttava. Hän löysi vahvistusta swap-koron palautumisen hidastumisesta pitkän ajan keskiarvoaan kohti niinä aikoina kun sijoittajat olivat kärsineet tappioita. Lisäksi spekuloidijilla oli taipumus tasapainottaa swap-korkoeron tasoa, mutta sillä oli ajoittain myös päinvastainen vaikutus. Konvergenssikaupan menestyksellä myös näytti olevan positiivinen riippuvuus repo-sopimusten volyymiin, joten repo-sopimuksilla ja swap-korkoerojen epävakaudella oli yhteys. Kokonaisuudessaan tulokset kuitenkin viittasivat lisätutkimuksen tarpeellisuuteen kaupankäyntiaktiivisuuden shokkien vaikutuksesta koronvaihtosopimuksiin.

Heppke-Falk & Hufner (2004) tekivät tutkimuksen kysynnän ja tarjonnan vaikutuksista tarkastelemalla Ranskan, Saksan ja Italian valtioiden seuraavien 12 kuukauden odotettujen budjettialijäämien vaikutuksia swap-korkoeroihin. Vuosien 1994–2004 aineistoa käyttämällä he eivät löytäneet tilastollisesti merkittävää vaikutusta budjettialijäämillä, mutta he havaitsivat vaikutuksen kasvaneen tarkasteluperiodin aikana. Muun muassa Saksassa odotetun alijäämän 1 prosenttiyksikön kasvu vaikutti keskimäärin swap-korkoeroon 5 korkopisteen pienennyksenä. He olettivat markkinoiden tehokkuuden kasvaneen periodilla muun muassa Euroopan talous- ja rahaliitto EMU:n synnyn myötä sekä julkisen velan kasvun aiheuttavan vaikutuksia rahoitusmarkkinoilla.

Afonso & Strauch (2004) suorittivat tutkimuksen samasta aiheesta Heppke-Falk ym. (2004) kanssa tarkastellen vuoden 2002 taloustapahtumia euroalueella. Heidän mukaan-

sa alkuvuoden 2002 huhut Portugalin ja Saksan budjettivajeista eivät vaikuttaneet swap-korkoeroihin, mutta loppuvuodesta Portugalin ilmoittama odotettua pienempi budjettivaje kasvatti niin Portugalin swap-korkoeroa tilastollisesti merkittävästi, kuin myös Saksan vastaavaa. Havaitut merkittävät muutokset swap-korkoeroissa olivat alle 10 korkopistettä.

2.3.2. Soveltavat tutkimukset

Swap-korkoeron tutkimuksessa oli Kobor'in ym. (2005) mukaan havaittavissa jakautumista teoreettiseen ja soveltavaan eli käytännönläheiseen ekonometriseen tutkimukseen. Teoreettisten tutkijoiden näkökulma on ollut tiettyjen hypoteesien, kuten swap-korkoeron, tekijöiden tieteellinen todistaminen. Soveltavassa tutkimuksessa, mitä lähinnä investointipankit ja muut swap-kauppiaat ovat tehneet, on pyritty luomaan ennustavia ekonometrisiä malleja regressoimalla aineistoon valittuja muuttujia. Potentiaaliset tutkittavat korkoeron tekijät ovat syntyneet joko teorian pohjalta *tai* tutkijoiden omien käsitysten pohjalta swap-markkinoiden dynaamisuudesta. Käytettyjen muuttujien pitäisi kuitenkin olla intuitiivisia, jotta tulosten tulkinta olisi yksinkertaista ja vastaisi operatiivisen pankkityön vaatimuksia. Parametrien saatavuuden pitäisi lisäksi olla hyvä, jotta luotujen mallien käyttö olisi mahdollisimman vaivatonta. Ekonometrisen menetelmän valinnasta tulee tällöin lisäksi keskeistä, jotta selityksasteesta saadaan riittävä ja mallista robusti eli vankka. Kaupallisten ja investointipankkien tekemät tutkimukset swap-korkoerosta ovat usein saatavilla vain valittujen ammatinharjoittajien ja tutkijoiden keskuudessa. Saatavuusongelmaan nojaten näiden tutkimusten ja artikkeleiden yksityiskohmainen käsittely jää siten tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Vuoden 2001 jälkeinen käytännölliseen ekonometriaan pohjautuva korkoerotutkimus on Kobor'in ym. (2005) mukaan ollut hyvin yhteneväistä käytettyjen muuttujien sekä lineaarisen regressiomenetelmän käyttämisen osalta. Korkokäyrän muoto luottoriskin mittarina, osakeindeksioptioiden implisiittistä volatilitteettia mittaava VIX yleisenä riskimitarina, sekä uusien ja viimeksi liikkeelle laskettujen Yhdysvaltojen pitkien joukkolainojen tuottoero likviditeettipreemiona ovat olleet suosittuja muuttujia viimeaikaisissa tutkimuksissa. Lisäksi valtioiden kasvava velkaantuneisuus on ollut tutkinnan kohteena. Yksimielisyys aiemmin usein käytetyn muuttujan, LIBOR-koron ja yleisvakuudellisen repo-sopimuksen korkoeron, korreloimattomuudesta swap-korkojen ja swap-korkoeron kanssa on lisäksi syntynyt.

3. KORONVAIHTOSOPIMUS

Tässä luvussa käsitellään korko-swappien merkitystä raha- ja arvopaperimarkkinoilla, tuodaan esiin erilaisten swappien ominaisuuksia sekä esitellään yksinkertaisia tapoja swappien hinnoittelun määrittämiseen. Ensiksi käsitellään swap-markkinan syntyä ja kasvun aiheuttamia tekijöitä pääpainon ollessa Yhdysvaltojen markkinoilla. Tämän jälkeen esitellään korko-swappien perinteisimpiä muotoja ja niiden eroavaisuuksia perustuen lähinnä vaihteleviin korkoperusteisiin. Viimeiseksi esitellään swappien teoreettisia hinnoittelutapoja ja Yhdysvaltojen markkinoiden kaupankäyntikäytäntöjä. Samalla käsitellään swappien hintojen riippuvuutta muiden sille läheisten instrumenttien hinnoittelussa.

3.1. Swap-markkinat

Ensimmäinen korko-swap tehtiin tietävästi vuonna 1982 yhdysvaltalaisen valtiomisteisen opintolainarahoittaja Sallie Mae'n ja yksityisen ITT:n välillä. Koronvaihto perustui mainitun rahoituslaitoksen saamaan suhteessa edulliseen kiinteän koron rahoitukseen ensisijaistarpeen ollessa kuitenkin lyhyen vaihtuvan koron mukaista. Vaihtosopimukseen ja niiden johdannaisiin kuuluvat muun muassa korko-swakit, valuutta-swakit, swap-optiot ja luottotappioriskin vaihtosopimukset (*credit default swaps, CDS*). Vaihtosopimukset ovat suosittuja maailmalla kaikissa päävaluutoissa siten, että dollareissa, euroissa ja jenseissä vaihtosopimusten kysyntä on suurinta kattaen yli 80 % kokonaismäärästä. Swakit ovat paikoin likvidimpiä kuin valtioiden jvk-lainat (He 2001).

Alworthin (1993) mukaan swap-markkinoiden kasvaminen tapahtui samaan aikaan rahoitusmarkkinoiden muiden sektoreiden muutosten kanssa. Esimerkiksi 1980-luvulla futuuri- ja valuuttakaupan avointen positioiden määrä, transaktioiden koko sekä näiden kokonaisliikevaihto kasvoivat merkittävästi. Rahoitusmarkkinoiden eri segmentit lähenyivät samaan aikaan toisiaan muun muassa siten, että shokit ja kaupankäyntivolyymien muutokset yhdessä segmentissä vaikuttivat välittömästi muihin. Lisäksi elektronisten kauppapaikkojen kehittyminen ja sen myötä syntynyt hintojen läpinäkyvyys ja kaupankäynnin helpottumien teki korko-swapeista merkittävän työkalun omaisuuden ja velkojen hallinnassa mahdollistaen nopeat muutokset riskialtistumisissa.

Koronvaihtosopimusten kasvuvauhti 1980-luvulta alkaen on ollut erittäin nopeaa. Vielä vuosina 2005–2007 yhteenlaskettujen nimellisten pääomien kasvu oli vuositasolla lähes 30 %. Vuonna 2007 Kansainvälinen järjestelypankki (BIS) arvioi pelkästään korko-

swappien nimellisen pääoman määräksi maailmassa 309 biljoonaa dollaria. Howton & Perfect (1998) tutkivat artikkelissaan Fortune 500 sekä S&P500–osakeindekseihin kuuluvien yritysten johdannaisten käyttöä ja raportoivat yli 60 % näistä yrityksistä käyttävän jonkinlaisia johdannaisia. Käytetyistä korkojohdannaisista yli 90 % olivat swappeja niin suurien kuin myös vertailuryhmänä toimineen pienten ja keskisuurten yritysten joukossa. Yritysten ohella myös muun muassa Ranskan ja Saksan valtiot ovat alkaneet hallita velkaportfolioitaan swappien avulla, minkä on tutkimuksissa todettu vaikuttaneen hinnoitteluun ja swap-korkoeroihin. Vuosien 1998–2001 aikana myös Yhdysvaltojen valtiovarainministeriö aloitti aktiivisesti toiminnan swap-markkinoilla, millä on myös mahdollisesti ollut suuri vaikutus paikallisten swap-markkinoiden toimintaan (Huang & Neftci 2002). Vuonna 2005 raportoitiin yhdysvaltalaisen kaupunkien alkaneen käyttää korko-swappeja julkisrahoituksessa (Huang & Chen 2007).

Yhdysvalloissa korko-swappien kysyntä on painottunut pitkän maturiteetin sopimuksiin. Muiden rahamarkkinainstrumenttien käyttö muun muassa maksuvalmiuden hallinnassa on Yhdysvalloissa erittäin tehokasta markkinoiden ollessa likvidit sekä selvitysjärjestelmien yhtenäisiä. Euroalueella taas koronvaihtosopimuksista on syntynyt korvike epäyhtenäisille valtiolainamarkkinoille, ja likviditeetti onkin runsainta juuri lyhyen maturiteetin vaihtosopimuksissa. Euroalueen ja Yhdysvaltojen swap-markkinoiden tutkimusten vertailussa on tärkeää ottaa huomioon markkinoiden varsin erilaiset luonteet, kuten myös swappien läheisten yksittäisten instrumenttien, esimerkiksi termiinien ja futuurien, merkittävät likviditeettierot.

Swap-markkinoiden kasvun johdattamina tutkijat ja ammatinharjoittajat ovat vuosien varrella tehneet niin teoreettisia kuin empiirisiä tutkimuksia korko-swappien hinnoittelumalleista. Paljon artikkeleita on kirjoitettu tekijöistä, jotka vaikuttavat korko-swappien korkoeron muutoksiin. Suuri nimellisten pääomien määrä selittää, miksi koronvaihtosopimusten riskien tekijöiden tarkastelu on erityisen tärkeää. Itse asiassa löytyy viitteitä sille, että swappien jatkuva tarkastelu on välttämätöntä. Nimittäin markkinoiden muuttuessa, niin toimintatapojen kuin eri instrumenttien ominaisuuksien ja suosion osalta, muun muassa swappien hinnoittelun tekijöiden vaikutukset muuttuvat tai jopa vaihtuvat kokonaan. Myös poliittiset tekijät, kuten Euroopan Unionin ja sen rahaliiton syntyminen, ovat tuoneet muutoksia maailman rahamarkkinoihin ja siten vaikuttaneet osaltaan raha- ja arvopaperimarkkinoiden toimintaan.

Koronvaihtosopimusten kasvun taustalla vaikuttavina tekijöinä ovat myös olleet niin elektronisen kaupankäynnin tuomat uudet mahdollisuudet, kasvanut volatilitteetti omai-

suusarvoissa, sallivampi lakeihin perustuva sääntelyilmapiiri kuin myös standardoitujen puitesopimusten käyttöönotto (Alworth 1993). Ensimmäiset swapit olivatkin asianajajien laatimia laajoja sopimusasiakirjoja sisältäen tarkoin eriteltyjä tietoja niin maksujärjestelyistä kuin sopimusrikkomussanktiosta. Koska sopimusmenettely oli raskas, syntyi tarve sopimusten harmonisointiin. Puitesopimusten luonnissa merkittävässä asemassa ovat olleet BBA (*British Bankers' Association*) sekä ISDA (*International Swaps and Derivatives Association*). Varsinkin jälkimmäisen luoma puitesopimus saavutti laajan kansainvälisen hyväksynnän 1980-luvun lopulla. Mallisopimusta täydennetään yhä aika ajoin vastaamaan markkinoiden vaatimuksia.

Standardoidun swap-puitesopimuksen mukaan osapuolet muun muassa netottavat kyseisen position korkomaksut ja asettavat vakuuden vastaamaan markkinahinnoitellun nettovastuunsa määrää. Tämä on johtanut siihen, ettei huonomman luottoluokan yrityksen tarvitse maksaa sopimuksesta paremman luokan yrityksen kanssa. Sopimukseen sisältyvän netotuksen ja takauksen katsotaan jo itsessään kattavan luottoriskin. Tällä toimintatavalla on ollut suuri vaikutus vaihtosopimuksen ominaisuuksiin, sillä luottoriskiä ei enää tarvitsisi hinnoitella. Asian vaikutuksesta käytäntöön on kuitenkin eriäviä mielipiteitä ja niitä on myös paljon tutkittu. Teoriassa kuitenkin vaihtosopimuksen analysoiminen ilman luottoriskiä vastaa tilannetta, missä kiinteän swap-koron vastaanottajan tilanne vastaa riskittömän valtion velkakirjan omistamista ja tämän position rahoittamista 6 kuukauden LIBOR-korkoon sidotulla lainalla. (He 2000.)

3.2. Korko-swap ja sen perinteisiä muotoja

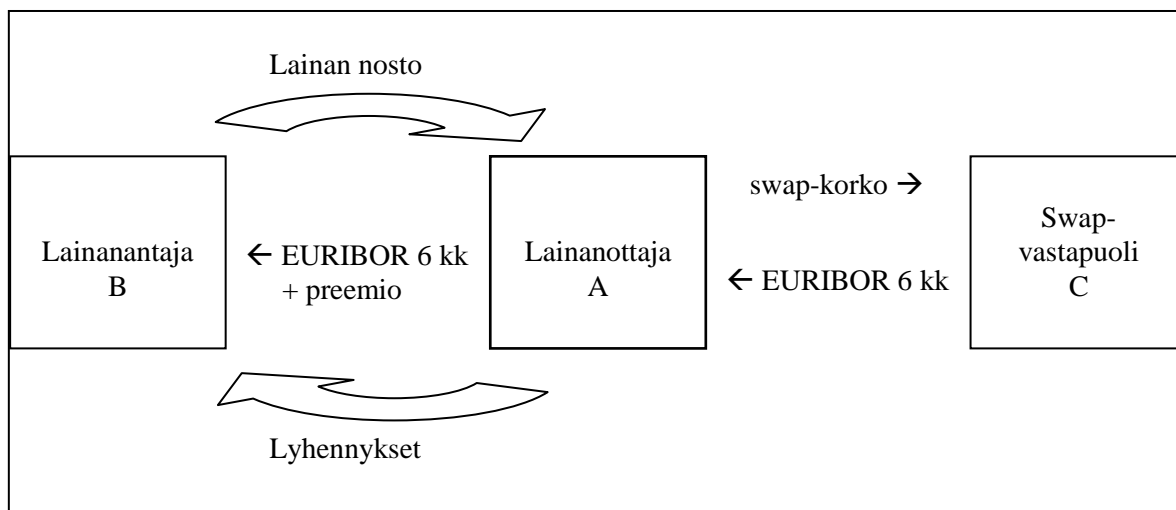
Tässä luvussa keskitytään tarkentamaan geneerisen korko-swapin (*plain vanilla*) käsitettä. Peruskorko-swapin korkoa ei tule kuitenkaan sekoittaa esimerkiksi Suomessa valtiovarainministeriön määräämään hallinnollisena korkona käytettyyn peruskorkoon. Lisäksi tässä luvussa käsitellään lyhyesti muita erilaisia korko-swap tyyppisiä. Markkinoiden kehittyessä ja kysynnän muuttuessa on uusia johdettuja vaihtosopimustapoja otettu käyttöön. On hyvä tiedostaa erilaisten koronvaihtosopimusten ominaisuuksia ja niiden merkitystä markkinoilla, jotta tässä tutkimuksessa keskeisen peruskorko-swapin syvempi tutkiminen ja analysointi mahdollistuvat. Eri valuuttojen käyttö korko-swapeissa on jätetty kokonaan käsittelyn ulkopuolelle. Vaihtosopimuksia voidaan räätälöidä vaihtuvien tarpeiden mukaan. Tässä luvussa käsitellään yksinkertaisimpia koronvaihtosopimusten muotoja.

Korko-swapeilla käydään kauppaa OTC-markkinoilla. Niillä ei siis tarvitse olla mitään vakioituja muotoja, vaan kaikki sopimusten ominaisuudet on periaatteessa sovittavissa. Käytännön sanelemana sopimusmuodot ovat kuitenkin pitkälti standardoituneet. Kiinteän swap-koron maksajan sanotaan ostaneen swapin. Vaihtuvan korkosuorituksen maksaja on sopimuksen asettaja eli myyjä.

Korko-swap on erinomainen instrumentti käytettäväksi joukkolainaportfolion hallinnassa ja hintariskin määrittelyssä. Swapin avulla voidaan portfolion riskiä muuttaa ilman taseeseen kuuluvien omaisuuserien myymistä tai ostamista. Swapit ovat tehokkain tapa muuttaa velkakirjaportfolion duraatiota ja siihen liittyvää konveksisuutta. Duraatiolla mitataan velkasitoumuksen keskilaina-aikaa, mikä osoittaa korkositoumuksen hinta-herkkyyttä korkojen muuttuessa. Konveksisuus mittaa duraation muutosta korkojen muuttuessa siten, että hintojen ja korkojen dynaaminen suhde tulee huomioitua. Konveksisuudesta tulee sitä suurempi, mitä matalampi on velkasitoumuksen kuponkikorko. Kuponkikorkolainojen konveksisuus on siten matalampi verrattuna diskonttoarvopapereihin. (Tuhkanen 2006: 144.)

Plain vanilla peruskorko-swap

Korko-swap on yleensä kahden osapuolen välinen sopimus sarjasta korkomaksuja, missä toinen osapuoli sitoutuu maksamaan kiinteän kurssin mukaisia ja vastaanottaa vaihtuvan kurssin mukaisia rahamääriä. Vastapuoli sitoutuu toteuttamaan vastakkaiset toimenpiteet. Nimellinen pääoma, minkä mukaan kassavirrat vaihtavat omistajaa, ei yleensä vaihda omistajaa. Maksut ovat useimmiten sidottu tiettyyn indeksiin. Käytetyin peruskorko-swap sisältää kiinteän koron vaihtamisen vaihtuvaan. Euroopassa vaihtuva swap-maksu perustuu usein EURIBOR- tai LIBOR-indekseihin. Kiinteän summan määräksi ei ole sen sijaan mitään ohjeellista määritelmää, vaan se määräytyy olosuhteista riippuen. Kiinteä taso säilyy yleensä samana sopimuskauden loppuun saakka, kun taas vaihtuvakorkoinen maksu muuttuu indeksin mukaisesti.



Kuvio 2. Ottolainan koron vaihtaminen vaihtuvasta kiinteäksi swapin avulla.

Korko-swapin perusolemuksen voidaan ajatella perustuvan joko lainoihin tai joukkoon termiinisopimuksia. Korko-swapin kassavirrat käyttäytyvät samoin kuin kahden otto- ja antolainan kassavirrat. Osapuoli antaa lainaa kiinteällä korolla ja maksaa otettua lainaa vaihtuvalla korolla tai päinvastoin. Vaihtoehtoisena laina-ajattelulle korko-swapin vaihtuvat kassavirrat voidaan olettaa portfolioksi sovituita termiinisopimuksia. Tähän näkökulmaan paneudutaan enemmän luvussa 3.3.

Käytetty korkojakso on useimmiten kolme tai kuusi kuukautta. Vaihtuvan koron kiinnittäminen tai vahvistaminen tapahtuu käytännön mukaan kaksi pankkipäivää ennen uuden korkojakson alkua. Korko saattaa olla vaihtoehtoisesti myös korkokauden keskiarvo, mikä on yleistä varsinkin Yhdysvaltojen yritystodistusperustaisissa korko-swapeissa. (Tuhkanen 2006: 284.)

Alla oleva taulukko 1 havainnollistaa 3 vuoden swapin maksusuorituksia, joissa sovelletaan 6 kuukauden korkojaksoa. Vaihtuva korko määräytyy maksuajankohtaa edeltävän 6 kuukauden jakson ensimmäisen päivän LIBOR-koron mukaan. Mikäli LIBOR-korko ylittää 5,5 % rajan, niin vaihtuvan koron maksaja on veloitettu maksamaan ylimenevä osuus swapin ostajalle. Oikean reunan sarakkeesta näkee kiinteän swap-koron maksajan jäävän tässä esimerkkitapauksessa kokonaisuudessaan 7500 yksikköä voitolle. Käytetyt korkotasot ovat kuvitteellisia.

Taulukko 1. Puolivuositain vaihdettavat korko-swapin maksusuoritukset.

Päivämäärä	LIBOR-korko	Vaihtuvan koron maksu * (LIBOR)	Kiinteän swap-koron maksu ** (5,5 %)	Vaihdeettava Nettokorkosuoritus
1.3.2005	4,50 %			
1.9.2005	5,00 %	22500	27500	-5000
1.3.2006	5,50 %	25000	27500	-2500
1.9.2006	6,00 %	27500	27500	0
1.3.2007	6,50 %	30000	27500	2500
1.9.2007	7,00 %	32500	27500	5000
1.3.2008		35000	27500	7500
* (LIBOR / 2) (1.000.000)				
** (5,5 % / 2) (1.000.000)				

Kiinteäkorkoinen koronvaihtosopimus

Kiinteäkorkoinen koronvaihtosopimus pohjautuu samaan ideologiaan kuin perus-swap. Osapuoli sitoutuu maksamaan toiselle sovitun kiinteän koron (ei kuitenkaan swap-koron) mukaisia maksusuorituksia ja vastaanottaa vaihtuvan koron perusteisia suorituksia. Näiden korkosuoritusten erotus siirtyy osapuolelta toiselle. Englantilaisia termejä kiinteäkorkoiselle korko-swapille ovat muun muassa *coupon swap*, *par swap* ja *fixed-interest rate swap*.

Nimellisen pääoman vaihtuminen kesken sopimusajan

Korko-swapin vaihdettavat maksut määräävä nimellinen pääoma säilyy useimmiten samana läpi sopimuksen voimassaoloajan. OTC-markkinoille tyypilliseen tapaan myös toisenlainen toiminta on mahdollista. Lyhennysohjelmallisessa korko-swapissa (*amortizing swap*) nimellinen pääoma laskee sovitun mukaisesti. Nimellinen pääoma voi myös kasvaa maturiteetin lähestyessä (*accreting swap*).

Korkoperuste-swap

Korkoperusteisessa (*basis swap*) vaihtosopimuksessa molemmat sopimuksen osapuolet vaihtavat kassavirtoja perustuen erilaiseen vaihtuvaan korkoon. Mitkä tahansa markkinoilla noteeratut vaihtuvat korot voivat olla perusteena kassavirran määrille, kuten eripituiset EURIBOR- tai LIBOR-korot, Yhdysvaltojen lyhyiden maksusitoumusten korot, kaupalliset arvopaperit tai pankkien prime-korot.

OIS-koronvaihtosopimus

OIS-lyhenne tulee sanoista *Overnight Index Swap*. Siinä kiinteää korkoa vastaan maksettava vaihtuva korko määräytyy pankkien välisen yön yli -lainauskoron mukaisen indeksin perusteella. Instrumentti on suosittu eri talousalueilla ja eri valuutoissa, mutta käytön laajuus ja merkitys on suurin euro-alueella. Alla käsiteltävä EONIA-swap on merkittävin yön yli -koronvaihtosopimus. Siitä on tullut 2000-luvulla likvidein koronvaihtosopimus euro-alueella ja suuren suosion myötä viitetuote rahamarkkinajohdannaisten keskuudessa.

EONIA-termi tulee sanoista *Euro Over-Night Index Average*. Siihen perustuva swap antaa mahdollisuuden lyhyisiin rahamarkkinakorkoihin liittyvän korkoriskin hallintaan euromääräisesti. Sopimuksen kesto vaihtelee kahdesta päivästä 24 kuukauteen kuitenkin siten, että alle kuukauden maturiteetin sopimukset kattavat nykyisin noin 50 % kaikista sopimuksista. Eräpäivinä maksettava EONIA-korko lasketaan muuttuneiden päivittäisten korkojen perusteella. Korko lasketaan rahamarkkinainstrumenteille tyypillisen ”todelliset päivät per 360 päivää” -säännön mukaan. Sopimusasiakirjat laaditaan useimmiten ISDA:n puitesopimuksen mukaisiksi.

Kuten edellisissä kappaleissa kerrottiin, erilaisia tapoja solmia koronvaihtosopimus on monia. Swappien välittäjillä on mahdollisuus tehdä sopimustarjouksia aina kunkin asiakkaan kanssa erikseen. Käytännössä yksinkertaisimmat swapit ovat myös suosituimpia. Portfolioiden hallinnassa pysyttäytyään usein mahdollisimman käytännöllisissä riskienhallintatuotteissa riippuen lopulta paljon kunkin yrityksen lähtökohdista.

3.3. Hinnoittelu

Tässä luvussa käsitellään koronvaihtosopimuksen hinnoittelua. Perinteisesti instrumentin hinnoittelussa on käytetty kahta eri teoreettista lähestymistapaa, joista molempia käsitellään tässä luvussa erikseen. Ensimmäinen, jvk-lainaperusteinen hinnoittelu, nojautuu kahden eri joukkovelkakirjan hinnan erotukseen. Toinen, korkoterminiperusteinen tapa, käsittelee vaihtosopimusta korkoterminien portfoliona. Kummassakin näkökulmassa vaihtosopimuksen arvo on sen alussa joko nolla tai lähellä sitä. Sopimuksen arvo muuttuu sovittujen viitekorkojen muutosten perusteella ajan kuluessa. (Hull 2006: 161.)

Teoreettisten hinnoittelumallien esittämisen jälkeen seuraa käytännöllisemmän hinnoittelun tarkasteleminen. Siinä on merkittävässä asemassa swapille läheisten korkoinstrumenttien vaikutussuhteet toisiinsa nähden siten, että hinnoittelumuutos yhdessä instrumentissa johtaa samanaikaiseen vastaavanlaiseen muutokseen toisessa instrumentissa. Ajatus perustuu rahoitusteoriassa yleiseen arbitraasivapauteen, eli ettei instrumentilla voi olla pysyviä hinnoitteluvirheitä.

3.3.1. Joukkolainaperusteinen hinnoittelu

Koronvaihtosopimuksissa ei perinteisesti vaihdeta nimellisiä pääomia. Joukkolainaperusteista hinnoittelumallia rakennettaessa kuitenkin oletetaan, että sopimuksen maturiteetissa identtiset pääomat vaihdetaan päittäin. Näin tekemällä kiinteän koron maksaja voidaan ajatella kiinteän tulon velkakirjan ostajaksi ja vaihtuvan velkakirjan myyjäksi. Tästä saadaan hinnoittelukaava vaihtuvan koron maksajan näkökulmasta (Hull 2006: 161),

$$(7) \quad V_{\text{swap}} = B_{\text{kiinteä}} - B_{\text{vaihtuva}}$$

missä V_{swap} on vaihtosopimuksen hinta, $B_{\text{kiinteä}}$ kiinteän koron jvk-lainan hinta (saatuja maksuja vastaten) ja B_{vaihtuva} vaihtuvakorkoisen jvk-lainan hinta (tehtyjä maksuja vastaten). Kiinteän koron maksajan näkökulmasta koronvaihtosopimuksen hinnaksi tulee vastaavasti käänteisen tilanteen mukaan $B_{\text{vaihtuva}} - B_{\text{kiinteä}}$. (Hull 2006: 162).

Kiinteäkorkoisen jvk-lainan hinta lasketaan diskonttaamalla sen tulevat korkosuoritukset sekä pääoma nykyarvoon. Vaihtuvan koron jvk-laina hinnoitellaan nimellisarvoonsa aina välittömästi kupongin maksun jälkeen, minkä jälkeen pääoma kasvaa korkoa taas seuraavaan kuponkiin saakka. Mainittu jvk-lainan hinta välittömästi kupongin maksun jälkeen voidaan ilmaista muotoa $B_{\text{vaihtuva}} = L$, missä L on pääoma, seuraava kuponkisuorituksen ajankohta t^* ja kuponkisuoritus k^* . Tästä saadaan jvk-lainan arvoksi ennen kuponkimaksua $B_{\text{vaihtuva}} = L + k^*$ aikana t^* . Diskonttaamalla se saadaan vaihtuvan koron jvk-lainan arvoksi:

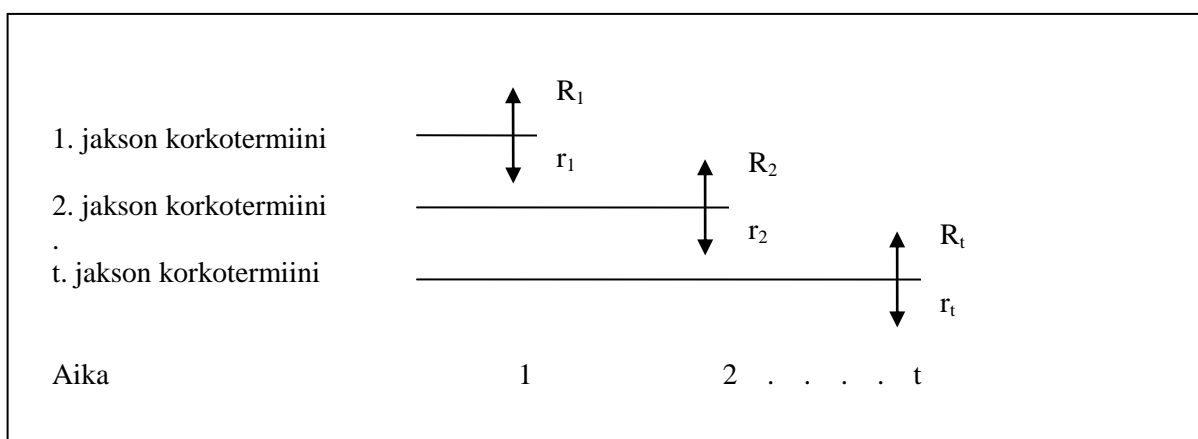
$$(8) \quad (L + k^*) e^{-r^* t^*}$$

missä r^* on swap-korko maturiteetille t^* .

Swappien hinnoittelu markkinoilla toimisi jvk-lainaperusteisesti vain mikäli luotto- ja likviditeettiriskejä ei otettaisi huomioon (Eom, Subrahmanyam & Uno 2002). Jvk-lainaperusteinen hinnoittelu antaa kuitenkin hyvän perustan hinnoittelun syvemmälle tarkastelulle ja swappien ominaisuuksien ymmärtämiselle.

3.3.2. Korkoterminiperusteinen hinnoittelu

Koronvaihtosopimus voidaan esittää portfoliona korkotermiinejä (*forward rate agreement, FRA*), joiden maturiteetit vastaavat swapin korkosuoritusten täsmäytyspäiviä. Korkoterminit ovat OTC-instrumentteja, missä sovitun koron mukaiset maksusuoritukset joko maksetaan tai vastaanotetaan sovittuina ajankohtina tulevaisuudessa. Alla olevassa kuviossa 3 swap kuvataan portfoliona korkotermiinejä, missä osapuoli aikana t on sitoutunut maksamaan ennalta tunnetun summan R_t ja on oikeutettu vastaanottamaan edeltävältä yhdeltä periodilta kerääntyneen koron r_t .



Kuvio 3. Korko-swapin maksusuoritukset korkotermiinein ilmaistuna.

Korkotermiinin hinta lasketaan molempien maksusuoritusten diskontattuna erona. Ensimmäisessä maksetaan LIBOR-korkotermiinin R_F tuotto pääomalle L aikavälillä t_1-t_2 . Toisessa maksetaan korko R_K samalle pääomalle samalla aikajaksolla. Suoritukset ovat siis identtisiä lukuun ottamatta korkosuorituksen määrää aikaan t_2 . Koska LIBOR-korkoon perustuvan termiinin arvo on 0, toisen korkoon R_K nojautuvan termiinin arvoksi saadaan:

$$(9) \quad V_{FRA} = L (R_K - R_F) (T_2 - T_1) e^{-R_2 T_2}$$

missä R_2 on jatkuva riskitön korko maturiteetissa T_2 . Tätä näkökulmaa voidaan käyttää peruskorko-swapin hinnoittelussa olettamalla termiinkorot oikein hinnoitelluiksi. Hull (2006: 87–88; 163) ohjeisti laskentaprosessissa seuraavasti:

1. Laske termiinkorot kaikille swapin vaihtuville korkosuorituksille käyttämällä hyväksi swapin nollakäyrää.
2. Laske swapin kassavirtojen arvot olettamalla LIBOR-korot samaksi kuin termiinkorot.
3. Diskonttaa swapin kassavirrat nollakäyrää käyttämällä saadaksesi korko-swapin arvo.

Kiinteä swap-korko määräytyy sen mukaan, että swapin arvoksi tulee nolla sopimuksen alussa. Sopimuksen alaisten korkoterminisopimusten arvojen erotus on siten myös nolla. Korkokäyrän muoto vaikuttaa vaihtuvaan korkoon perustuvien maksusuoritusten arvoon sillä periaatteella, että nouseva korkokäyrä on edullinen kiinteän swap-koron maksajalle. Mikäli korkokäyrä on tasainen, nettokassavirrat swapin ja termiinin välillä pysyvät nollassa.

3.3.3. Eurodollari-futuuri-perusteinen hinnoittelu

Edellisissä alaluvuissa esiteltyjen hinnoittelumallien lisäksi tyypillinen ja hieman käytännöllisempi tapa on pörssivälitteisten instrumenttien hinnoitteluun perustuva menetelmä, missä käytetään hyväksi eurodollari-futuuriin kykyä matkia swapin kassavirtoja. Jo aiemmissa luvuissa eurodollari-futuuriin hinnoittelun kerrottiin seuraavan muutoksia varsinkin lyhyissä LIBOR-koroissa. Kassavirrat vaihtuvat muun muassa siten, että eurodollari-futuuriin myyjä ansaitsee nimelliselle pääomalle maksettavan koron erotuksen, kun futuurikorko myynnin ajankohtana on pienempi kuin 3 kuukauden LIBOR-korko juoksuajan lopussa. Jotta korko-swapin kassavirtojen kaltainen sarja rakentuu, eurodollari-futuuriin maturiteettien pitää luonnollisesti vastata kyseessä olevan korko-swapin kassavirtojen ajankohtia. (Brown & Fang 2005.) Swapeissa koron määräytymispäivä on kuitenkin jakson alussa, kun taas futuureissa se on kauden lopussa.

Eurodollarin käsite tarkoittaa Yhdysvaltojen ulkopuolella talletettuja dollareita, ja erityisesti kiinnostuksen kohteena on niille tarjottu korko. Eurodollari-futuuri ja LIBOR-korko muuttuvat samassa suhteessa toisiinsa nähden. Peräkkäisistä eurodollari-futuureista voidaan rakentaa portfolio, joka muistuttaa swappia, missä korkosuoritukset tehdään neljännesvuosittain. Likvidimpänä korkofutuuri-instrumenttina pidetään Chicagon pörssissä kaupankäynnin kohteena olevia eurodollari-futuureja.

Edellisessä alaluvussa käsitelty termiiniperusteinen hinnoitteluperiaate toimii käytännössä huonosti, koska termiinkauppa on epälikvidiä varsinkin pidempien maturiteettien osalta ja noteeraukset on saatavilla vain LIBOR-termiineistä. Tämä ongelma voidaan kuitenkin ratkaista johtamalla termiinkorot pörssivälitteisistä korkofutuureista. Cox, Ingersoll & Ross'in (1987) mukaan, olettamalla korkojen ja futuurihintojen välille nol-lakorrelaatio, termiinien ja futuurien tuotot ovat identtisiä. Vaikka futuurikaupassa sovelletaan päivittäistä markkinahinnoittelun periaatetta verrattuna termiineissä käytettävään kertamaksuun, korkoterminien arviointi futuurien mukaisina on perusteltua erittäin pienen korkojen ja futuurien korrelaation takia.

Alworth (1993) käsitteli osittain tutkimuksessaan lyhyiden korko-swappien suhdetta eurodollari-futuureihin eritoten niiden välisen arbitraasittomuuden kannalta. Hän totesi futuureja käytettävän laajasti swap-positioiden suojauksessa ja sarjan kyseisiä futuureja sopivan korkoaltistumisen suojaukseen erityisesti alle kolmen vuoden koroissa. Swap-pien ja korkofutuurien merkittävimmiksi eroiksi Alworth mainitsi *basis* riskin, mikä johtui muun muassa erilaisen täsmäytyspäivien aiheuttamien erojen takia, sekä LIBOR-koron mahdollisesta vaikuttamattomuudesta eurodollari-futuurien muutoksiin. Hän käsitteli lisäksi pörssivälitteisten ja OTC-instrumenttien välisiä eroavaisuuksia ja mainitsi myös ajoittaisten likviditeettierojen vaikuttavan arbitraasittomuuteen.

Minton (1997) löysi merkittävässä tutkimuksessaan swap-korkojen yhteyden korkokäyrän muotoon ja nimellishintaisten yritysjoukkolainojen tuottoon. Korko-swappien erisuuruista takaisinmaksuriskiä kuvaavat muuttujat olivat tilastollisesti merkitseviä tekijöitä swap-korkojen ja eurodollari-futuurien implisiittisten swap-korkojen erolle kolmen ja neljän vuoden sopimusajoilla. Tulos perustui pörssikaupan ja OTC-kaupan eroihin luottoriskin käsittelyssä. Lisäksi Minton havaitsi lyhyiden korkojen volatilitietin ja swap-korkoerojen olevan positiivisesti riippuvaisia ja takaisinmaksuriskin olevan otettu huomioon swappien hinnoittelussa. Hän kertoi swappien hinnoittelun olevan lähellä sekä yritysjoukkolainojen että eurodollari-futuurien hinnoittelua, vaikka molempien mallien tulokset erosivat todellisuudesta erilaisen takaisinmaksuriskin takia.

Möyhemmin Gupta & Subrahmanyam (2000) havaitsivat todisteita Mintonin (1997) tuloksia vastaan, kun heidän tutkimuksessaan swap-koron ja implisiittisen eurodollareista johdetun swap-koron konveksisuusristiriita otettiin huomioon. Heidän mukaansa korkoero näiden kahden välillä selittyi täysin konveksisuuden oikaisulla, eikä suinkaan vastapuolen luottoriskillä.

Bomfim (2002) loi tutkimuksessaan sarjan synteettisiä swap-korkoja eurodollari-futuureista sekä korkotermiineistä tutkiessaan vastapuolen luottoriskiä swapeissa markkinahäiriöiden, kuten Venäjän talouskriisin, aikana vuonna 1998. Hän jatkoi Mintonin (1997) sekä Guptan ym. (2000) empiiristä analyysiä painottaen luottoriskin roolia swap-korkoerossa nimenomaan normaalia suuremman markkinaepävarmuuden aikoina käytämällä aineistoa vuosilta 1994–2002. Hän havaitsi synteettiset swap-käyrät samankaltaisiksi vastaavien aitojen kanssa, ja tämä ominaisuus säilyi markkinahäiriön aikana. Käyrien samankaltaisuus viittasi swap-korkojen takaisinmaksuriskittömyyteen, mikä Bomfim’in analyysin perusteella oli seurausta tehokkaasta netotuksen ja muiden luottoriskin hallintamekanismien käytöstä. Riskittömäksi instrumentiksi korko-swappia hän ei kuitenkaan havainnut, vaan totesi riskin siirtyneen muun muassa vakuuksien hallintaan ja riskialtistumisten tarkkailuun.

Aiemmin mainittuihin perinteisiin teoreettisiin vaihtosopimushinnoittelumallien liittyen Johannes & Sundaresan (2007) tutkivat teoreettisesti ja empiirisesti nykyisin markkinoilla käytettyjen vakuuksien ja päivän kurssiin arvostamisen vaikutuksia swap-korkoihin. Heidän mukaansa swapit oli yleensä hinnoiteltu lähemmäs futuuri- kuin korkotermiiniportfoliota LIBOR-korolla diskontattuna. Lisäksi he näyttivät teoreettisesti, että vakuutetut vaihtosopimukset olivat luottoriskittömiä ja että vakuudella oli vaikutusta swapin korkomaksujen diskonttokorkoon.

3.3.4. Markkinahinnoittelu

Fehle (2003) havaitsi swap-korkoeron olleen Yhdysvalloissa vuosina 1992–1998 keskimäärin 36 korkopisteen suuruinen. Eri maturiteettien korkoerot olivat keskimäärin 27–44 pistettä. Muissa hänen tutkimissaan valuutoissa swap-korkoerot olivat keskimäärin 11–42 korkopisteen välillä.

Koronvaihtosopimusten korkojen noteeraamisessa käytetään eri tapoja eri markkina-alueilla. Yleisesti ottaen noteerattu korko eli swapin kiinteä korko sisältää kaikki kustannukset sopimuksesta. Esimerkiksi Yhdysvalloissa swap-korko ilmoitetaan sen erona riskittömään saman maturiteetin valtion velkakirjan tuottoon eli swap-korkoerona, kun taas euromarkkinoilla swap-korko ilmoitetaan sen absoluuttisena arvona. (Alworth 1993.)

Koronvaihtosopimuksia myyvät, ostavat ja välittävät pankit, rahoituslaitokset ja -instituutiot. Koska toiminta rajoittuu vapaille OTC-markkinoille, eri yritysten noteeraamat swap-korot saattavat olla eroavaisia. Yksittäisen tahon noteeraama swap-korko ei siis edusta koko markkinoiden käsitystä kyseisen swapin tasosta. Osapuolilla onkin oikeus solmia sopimus, mikä vastaa parhaiten heidän omia lähtökohtiaan esimerkiksi maksuvalmiuden tai korkoriskin hallinnasta, vaikka päivän markkinoilla noteerattu swap-korko olisi eri. Nämä asiat heikentävät swap-tutkimuksen reliabiliteettia ja validiteettia, vaikkakin Alworth (1993) testasi kahden markkinatakaajan antamia noteerauksia, eikä havainnut niiden välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Litzenbergerin (1992) mukaan välittäjät pitävät kuitenkin swap-korkotason samana riippumatta vastapuolen ominaisuuksista, mutta hoitavat riskialtistumistaan erilaisilla sopimukseen liittyvillä luotonparannustoimenpiteillä. Bomfin (2002) arveli noteerattujen swap-korkojen olevan tarjolla vain tiettyjen luottoluokan edustajille. Markkinahäiriön aikana tämän luottoluokan pitäisi kuitenkin muuttua vastaamaan haluttua riskiä, mille hän ei kuitenkaan löytänyt tutkimuksessaan todisteita.

Swap-tasojä säätelee kuitenkin merkittävimmin sen arbitraasisuhde termiinkorkojen ja eurodollari-futuuriin kanssa. Kunkin instrumentin hinnat ovat siis tiukasti sidoksissa toisiinsa ja muutos yhden instrumentin noteerauksissa aiheuttaa muutoksia myös muissa. Eurodollari-futuureja käytetään lisäksi runsaasti korko-swappien suojaamiseen. Mainittu arbitraasisuhde sisältää lisäksi osittain likviditeettiriskin ja luotto-premion aiheuttamat muutokset hinnoitteluun, mitä teoreettisemmat hinnoittelunäkökulmat eivät pystyneet tehokkaasti huomioimaan.

Swap-markkinoiden alkuvaiheessa yhtenä merkittävimmistä tekijöistä swap-korkojen tasoissa pidettiin vakuuksien käyttöä ja sopimusten arvostamista päivän hintaan. Nämä toimenpiteet ovat edelleen laajassa käytössä OTC-johdannaismarkkinoilla ympäri maailmaa. Vakuuden vastaanottaja saa hyödyn uudelleen käytön mahdollisuuden takia, kun vastaavasti vakuuden antajalle aiheutuu kulu menetettynä tulona. Jossain tapauksissa kuitenkin vakuudelle kertynyt riskitön korko on palautettu vakuuden maksajalle (Johannes ym. 2007).

Samaan aikaan vakuuksien käytön myötä tulivat käyttöön ISDA:n kehittämät standardoidut puitesopimukset. Vielä vuonna 1992 Litzenbergerin mukaan varsinkin alemman luottoluokan yrityksiltä vaadittiin yksipuolinen etukäteisvakuus swappia solmittaessa ylempään luottoluokan yrityksen kanssa. ISDA:n markkinatutkimuksen (2001) mukaan yli 65 % peruskorko-swapeissa oli käytössä ISDA:n standardin mukainen vakuus. Suu-

rimpien investointipankkien swapit ovat kuitenkin nykyään lähes kaikki vakuudellisia. Lisäksi useimmat vakuuksista ovat kahdenvälisiä ja nettomaksajan asemassa oleva antaa vakuuden.

Hinnoittellessa koronvaihtosopimuksia voidaan käyttää joko maturiteettituotto- tai nollakuponkikäyrän näkökulmaa riippuen siitä mitä diskonttotehtäviä käytetään. Maturiteettituottotapa on näistä yksinkertaisempi, sillä siinä käytetään samaa tuottovaatimusta eri ajan korkovirroille. Nollakuponkikäyrää käyttämällä sen sijaan kunkin ajan rahavirta diskontataan sen hetkellä korkotekijällä. Nollakuponkikäyrän estimoiminen on välttämätöntä diskonttaamista tehdessä, mutta sen voi yksinkertaisesti rakentaa niin sanottua *bootstrapping*-menetelmää käyttäen siten, että kahden eri maturiteetin nollakuponkioswapin tuotot ja näiden muodostaman kokonaismaturiteetin swapin tuotot oletetaan yhtä suuriksi. Nykyisin *bootstrapping*-menetelmän korkomarkkinoiden hinnoittelun työkaluna on korvannut tietoteknisesti yksinkertainen eksponentiaalinen kuutiosplini-menetelmä (*cubic spline*). Se pystyy paremmin ottamaan huomioon muun muassa erisuuruisten kuponkien, eri korkopäivien sekä uusien että vanhojen lainojen välisen korkoeron aiheuttamat laskennalliset ongelmat.

4. KORONVAIHTOSOPIMUKSEN KORKOERON TEKIJÖITÄ

Kuten aiemmissa luvuissa esitettiin, swap-koron ja identtisen maturiteetin valtion velkakirjan koron erotus muodostavat swap-korkoeron. Tässä tutkimuksessa jo käsiteltiin tekijöitä, joilla on jonkinlaista vaikutusta swap-korkoeroon. Näitä ovat olleet esimerkiksi luottoriskin osalta yrityksen velkaantuneisuusaste sekä omaisuuden arvon volatiliti, korkojen yleinen taso ja korkokäyrän muoto. Korkofutuuriin ja termiinien hinnoittelu on myös todettu vaikuttavan swap-koron määritykseen. Fang & Muljono (2002) jaottelivat swap-korkoerotutkimuksen kolmeen osaan: luotto-, likviditeetti- ja korkotekijöihin. Tässä luvussa korkoeron tekijät käsitellään samaa kolmijakoa käyttäen.

Tilastollisten tutkimusten tulokset swap-korkoeron tekijöistä ja niiden vaikutuksista ovat olleet varsin vaihtelevia. Yhteneväistä linjaa korkoeron tekijöiden vaikutuksista ei ole löytynyt, vaan tulokset ovat pikemminkin muuttuneet ajan ja käytettyjen aineistojen vaihdellessa. Tässä luvussa esiteltävien artikkelien tutkimustuloksia on osittain jaettu keinoitekoisesti kolmeen eri alalukuun riippuen mistä korkoeron tekijästä on kyse. Tähän on syynä yksittäisten artikkelien monipuolinen korkoerojen tarkastelu siten, että montaa tekijää on tarkasteltu samanaikaisesti. Kukin käsitelty artikkeli on sijoitettu parhaiten sopivaan tämän tutkimuksen alalukuun.

4.1. Vastapuolen luottotekijät

Luottoriskiä voidaan pitää yhtenä suurimmista riskeistä esimerkiksi yritysvelkakirja- ja pankkilainoissa. Luottoriski voidaan jakaa kolmeen eri osaan: luottoluokan muutokseen, takaisinmaksuriskiiin sekä tappioiden palautumissuhteeseen. Luottoluokan muutos tarkoittaa esimerkiksi velallisen luottoluokan vaihtumista alempaan. Takaisinmaksuriskillä tarkoitetaan velallisen jättävän maksamatta suorituksiaan. Tappioiden palautumissuhteella viitataan laiminlyöntihetkellä maksamattomien suoritusten määrään ja niiden perimisprosenttiin. (Bingham & Kiesel 2004: 376.) Tässä luvussa luottoriskin käsittely painottuu takaisinmaksuriskiiin.

Koronvaihtosopimusten osapuolten altistuminen luottoriskille on huomattavasti pienempi verrattuna esimerkiksi pankkilainaan. Swapeissa takaisinmaksuriski on molempipuolinen, kun pankkilainoissa vain lainanantaja altistuu sille. Swapeissa ei myöskään makseta nimellistä pääomaa, vaan ainoastaan sen mukaan määräytyneet korko-

maksut nettomääräisinä. Näiden lisäksi vaihtosopimuksissa käytetään usein pykälää, missä toisen osapuolen kykenemättömyys suoriutua maksuistaan aiheuttaa vastapuolen sopimusvelvoitteiden raukeamisen. (Malhotra 1997.)

Malhotra (1997) tutki empiirisesti uudella aineistolla swappien takaisinmaksuriskiä käyttäen Sun, Sundaesan & Wangin (1993) tutkimusrajauksia. Hänen käyttämänsä aineisto kattoi markkinatakaajien käyttämiä noteerauksia vuosilta 1987–1991, mistä hän käytti kahta havaintoa kultakin viikolta. Malhotra tutki swap-korkojen sisältämän takaisinmaksuriskipreemion olemassaoloa vertaamalla swapin myyntitasoa osapuolten velkakirjatuotoista muodostettuun diskonttokäyrään sekä swap välittäjän velkakirjatuotoista muodostettua diskonttokäyrää swapin ostotasoon. Swap-noteerauksissa havaittiin takaisinmaksuriskilisä ja se havaittiin nousevaksi maturiteetin kasvaessa. Saadut tulokset olivat Sunin ym. tutkimustuloksien mukaisia.

Liu, Longstaff & Mandell (2006) käyttivät Duffie'n ym. (1997) artikkelin lähestymistapaa, missä korkoerojen ominaisuuksien ja swap-tuottokäyrän tarkastelemisessa käytettiin luottomallia. Tutkimuksen tarkoituksena oli käsitellä luottoriskin markkinahinnittelun ongelmaa, mikä tuli mahdolliseksi mallintamalla swap-, repo-sopimus- ja Yhdysvaltojen velkakirjatuottokäyrät samanaikaisesti. Mallinnuksessa he käyttivät viiden tekijän affiinista viitekehystä ja parametrien estimoinnissa suurimman uskottavuuden menetelmää. Käytetty aikasarja-aineisto oli vuosilta 1988–2002 siten, että vain perjantain havainnot tarkasteltiin. He löysivät useita merkityksellisiä tutkimustuloksia, kuten havainnon swappien luottoeron koostuvan sekä likviditeetti- että takaisinmaksuriskistä. Luottoerossa takaisinmaksuriski oli keskimäärin suurempi ja likviditeettiriski volatiliimpi. Lisäksi he havaitsivat pienemmän likviditeetin aiheuttavan merkittävän riskilisän. Riskilisä muille kuin kaikkein lyhyimmille maturiteeteille oli likviditeettiriskin kompensatiosta, likviditeettipreemion aikarakenteen ollessa samalla jyrkästi kasvava. Täten siis suurin osa swapin luottopreemiokäyrästä yli 2 vuoden maturiteeteissa havaittiin likviditeettipreemioksi. Keskimääräinen takaisinmaksuriskilisä sen sijaan vaihteli 0–30 korkopisteen välillä, sen aikarakenteen ollessa melko tasainen. Sekä likviditeetti- että takaisinmaksuriskilisät vaihtelivat merkittävästi tutkitulla ajanjaksolla.

Huang ym. (2002) tutkivat likviditeetti- ja luottotekijöiden vaikutusta swap-korkoerojen muutoksiin yhdysvaltalaisella aineistolla vuosilta 1999–2002. He käyttivät vektoriautoregressio -mallia (VAR) estimoidakseen viittä muuttujaa: 10-vuoden swap-korkoeroa, korkokäyrän muotoa maturiteeteilla 2–10 vuotta, 6 kuukauden LIBOR-korkoa, sekä korkean luottoluokan yritysjoukkolainaindeksiä ja sen duraatiota. Tarkastellut swapit

olivat yleisiä ja erittäin likvidejä yhdysvaltalaisia termiini-swappeja. He löysivät Duffie'n ym. (1997) tavoin swap-korkoeron luottotekijän olevan suurempi pitkällä maturiteeteilla, sekä luottoeron kasvamisella olevan taipumusta pienentää swap-korkoeroa.

Collin-Dufresne & Solnik (2001) tarkastelivat yritysjoukkolainojen tuottojen sekä swap-korkojen välisen korkoeron aikarakennetta. Heidän luomansa malli sopi yhteen käytännön kanssa siitä, että LIBOR-korkoon sidottujen yrityslainojen tuotot ovat yleensä korkeampia kuin swap-korot. Kahdesta tutkimuksessa käytetystä oletuksesta, swapit ovat vähemmän luottoriskillisiä kuin yritysjoukkolainat sekä yrityksen luottolaatu muuttuu itsenäisesti ja voi laskea periodin aikana, ensimmäinen ei kuitenkaan sopinut malliin. Yritysten odotetun luottoluokan laskun merkitys joukkolainojen ja swap-korkojen erolle oli kuitenkin tilastollisesti merkitsevä. Tutkijoiden mukaan swap-korko ei selittänyt luottoluokan laskua. Swap-korko oli indeksoitu 6 kuukauden LIBOR-korkoon, jonka sanottiin mittaavan nykyistä ja yleistä yritysten luottoriskiä.

He (2000) tutki artikkelissaan swap-korkoeron aikarakenteen eri analysointimenetelmiä. Ensiksi hän johti korkoerolle uuden kaavan perustuen ajatukseen, että swapit rahoitetaan LIBOR-koroilla. LIBOR-korot ovat yleensä korkeampia kuin yleisvakuudelliset repo-korot, joita taas käytetään valtion velkakirjojen hankinnan rahoituksessa. Hän tutki lisäksi eri tekijöiden vaikutuksia swap-korkoeron aikarakenteeseen etenkin lyhyen ajan rahoituseron, likviditeettipreemion sekä pitkien valtion jvk-lainojen ja pitkien swappien yhtäaikaisen omistamisen tuoman riskipreemion osalta. Hänen tekemänsä empiirinen tutkimus yhdysvaltalaisella aineistolla tuki esitettyjä väitteitä swap-korkoeron aikarakenteesta ja sen suhteesta tutkittuihin tekijöihin. Tutkimuksessa oletettiin swapin olevan takaisinmaksuriskiton. He'n perustelu LIBOR-koron ja yleisvakuudellisen repo-koron eroista keskeisenä swap-korkoeron tekijänä oli uusi ja perustui siihen, että swap-koron pitää olla korkeampi kuin riskittömissä instrumenteissa, sillä swapin velkarahoituksessa yleisimmin käytetty korko on korkeampi kuin velkarahoitteisen riskittömän instrumentin korko.

Litzenberger (1992) pyrki käsittelemään korko-swappeja teoreettisessa tutkimuksessaan vaihtoehtoiselta kannalta sen aikaisiin verrattuna. Hänen mielestään aiempi swap-tutkimus ei ollut yhteneväistä 1990-luvun standardoitujen puitesopimusten kanssa eivätkä tulokset päteet konkurssitapauksissa. Litzenberger halusi kehittää swap-teoriaa ja antaa selitys swap-korkoerojen syklisen muutosten puuttumiselle ja swap-korkojen riippumattomuudelle vastapuolen luottoluokasta. Swap-korkoerojen suhteelliselle stabiiliudelle hän ajatteli selityksen löytyvän mahdollisesta luottoluokan alenemisen riskis-

tä ja sen aiheuttamasta vaikutuksesta yrityksen lyhytaikaisten lainojen korkokuluihin. Osapuolten luottoluokan vaikuttamattomuudelle swap-korkoihin hän nimesi neljä syytä: velkojan hyvät oikeudet takaisinmaksuriskin toteutuessa, swapin maksuvelvoitteiden epäsymmetrisen jakautumisen, luottoliipaisimien käytön yli 10 vuoden maturiteetin swapeissa sekä vakuusvaatimukset tai sopimuksen hylkääminen alhaisen luokan yrityksiltä.

Chen & Selender'in (1995) tutkimustulosten mukaan AA- ja AAA-luottoluokan yrityslainojen korkoerojen kyky selittää swap-korkoeroa oli erittäin matala, vaikkakin se oli merkittävä tekijä yli 5 vuoden koronvaihtosopimusten korkoerojen muutoksissa. Lyhyen maturiteetin swap-korkoeroja selittivät merkittävästi eurodollarikorkojen muutokset. Valtion velkakirjojen korot sekä tuottokäyrän muoto selittivät 5 vuoden swap-korkoeroja tehokkaimmin.

Sopimuksen vastapuolen luottokelpoisuutta on perinteisesti pidetty merkittävimpanä swap-korkoon tai swap-korkoeroon vaikuttavana tekijänä. Lukuisat teoreettiset ja empiiriset tutkimukset ovat havainneet vastapuolen laiminlyöntiriskin vaikuttavan swapin korkosuoritusten maksukykyyn ja siten swapin korkoeroon (Cooper ym. 1991, Litzenberger 1992, Sorensen ym. 1994, Duffie ym. 1996). Tämä havainto päti varsinkin swappien kehityksen alkuvaiheessa, sillä 2000-luvun tutkimuksissa katsotaan ISDA:n puitesopimukseen perustuvan netotuksen ja vakuuksien käytön johtavan takaisinmaksuriskin häviämiseen liki kokonaan. (He 2000.)

4.2. Likviditeettitekijät

Instrumentin likviditeetillä on todettu olevan merkittävä vaikutus sen hintaan yleisesti kaikissa kaupankäynnin kohteena olevilla rahoitusinstrumenteilla. Tämä pätee myös koronvaihtosopimukseen, vaikkakin niiden kaupankäynti on tyypillisesti rajoittunut vain ensisijaismarkkinoille sopimusten kahdenvälisyyden ja siitä seuraavan jälkimarkkinakelvottomuuden johdosta. Likviditeetillä tarkoitetaan kaupan osapuolen kykyä suorittaa haluamansa transaktiot tehokkaasti vaikuttamatta merkittävästi kaupankäyntihintojen muuttumiseen. Standardimittarina likviditeetille toimii osto- ja myyntitason välinen ero siten, että mitä pienempi ero, sen parempi likviditeetti. Mikäli likviditeetti kasvaa, osto/myyntieron pitäisi pienentyä. Markkinatakaajien määrän ja kilpailun lisääntyessä osto/myyntieron pitäisi myös pienentyä.

Smith'in ym. (1988) mukaan osto/myyntierot vuonna 1982 olivat korko-swapeissa yli 200 korkopistettä. Viisi vuotta myöhemmin ne olivat usein alle 10 korkopisteen rajan. Osto- ja myyntihinnan välinen ero merkitsee lisäksi korko-swappien markkinatakaajien preemiota sopimusten solmimisesta, sillä perinteisesti swap-välittäjä ei ota avointa positiota, vaan pyrkii ostamaan ja myymään identtisen sopimuksen markkinoilla samanaikaisesti. Brown, In & Fang (2002) käyttivät osto/myyntieroja kuvaamaan likviditeettiriskiä tutkiessaan Australian swap-markkinoita, mutta havaitsivat osto/myyntieron muutoksen olevan kykenemätön kuvaamaan muutoksia eri maturiteettien swap-korkoerossa. Tämä johtui mahdollisesti markkinoiden tarpeeksi riittävästä nykyisestä likviditeetistä. Australian swap-markkinoilla yli kolmen vuoden maturiteetin vaihtosopimusten likviditeetti oli kuitenkin aiemmissa tutkimuksissa todettu merkittävän heikoksi verrattuna lyhyempiin.

Likviditeetin vaikutusta hinnoitteluun on hankala mitata, eikä yksittäistä likviditeettitekkijän edustajaa tilastollisiin tutkimuksiin ole löydetty. Yksi varsinkin 2000-luvulla suosittumaksi tullut ja hyväksi havaittu likviditeettitekkijän edustaja on ollut ero uusien ja vanhojen valtion joukkolainojen korkojen välillä. Tätä teoreettiseen pohdintaan pohjautuvaa mittaria on käyttänyt, ja sen merkittäväksi korkoeron tekijäksi havainnut, muun muassa Kobor ym. (2005).

Kobor'in ym. (2005) mukaan aukottomimman teorian swap-korkoeron selittämiseksi on tarjonnut Grinblatt. Myös luvussa 2.3. jo esitetystä analyttisessä swap-korkoeroa käsittelevässä artikkelissaan Grinblatt (2001) esitti swap-korkoeron syntyvän pelkästään valtion lainojen ja lyhytaikaisen LIBOR-koron välisestä likviditeettierosta. Hänen mukaansa empiria ei tue väitettä luottoriskin ja LIBOR-koron olevan merkittäviä tekijöitä swap-korkoerossa. Muun muassa Duffie'n ym. (1997) tutkimusmalleissa swap-korkoero oletetaan aina positiiviseksi perustuen swapin noteeraustasojen reiluuteen. Grinblatt'in tarkoituksena oli näyttää tutkimuksessaan, että jo aiemmin havaittu likviditeetin kyky aiheuttaa hintamuutoksia muissa kiinteän koron instrumenteissa voisi mahdollisesti olla voimassa myös koronvaihtosopimusten hinnoittelussa. Hän ajatteli swap-korkoeron perustuvan valtion joukkolainojen korkean likviditeetin aiheuttamaan mukavuustuotoon. Hän loi tutkimuksessaan kolme eri teoreettista ja yhden numeerisesti esitetyn mallin, joiden pohjalta hän loi menetelmän aineiston tarkasteluun. Hän käytti empiirisessä tutkimusosassaan viikoittaista aineistoa neljästä maasta: kanadalaista ja yhdysvaltalaisista vuosilta 1993–2001, brittiläistä vuosilta 1998–2001 sekä japanilaista vuosilta 1999–2001. Aineisto sopi Grinblatt'in luomaan malliin hyvin. Malli selitti 35–40 % swap-korkoeron muutoksista eri maturiteeteissa.

Lekkos & Milas (2001) tutkivat swap-korkoeroa käyttämällä paljon jo aiemmin tutkittuja selittäviä tekijöitä käyttämällä aineisto Yhdysvalloista ja Britanniasta vuosilta 1991–1999. Likviditeettitekijän mittarina he käyttivät Grinblatt'in tapaan LIBOR-koron ja lyhyen valtion maksusitoumuksen korkoeroa ja havaitsivat sen merkittäväksi korkoeron selittäjäksi, vaikutuksen kuitenkin vaihdellessa eri maturiteeteissa. Likviditeettipremio havaittiin yhdysvaltalaisessa aineistossa enemmän merkittäväksi lyhyillä maturiteeteilla selittäen esimerkiksi 3 vuoden swapin korkoeron muutoksista 15,5 % seuraavan 52 viikon aikana. Tekijöiden viipeelliset vaikutukset saatiin selville VAR-menetelmää käyttämällä. Pidemmässä maturiteeteissa likviditeettipremion vaikutus vaimeni mahdollisesti pidemmän maturiteetin koronvaihtosopimusten korkeamman likviditeetin takia. Lekkos ym. ajattelivat lyhyen maturiteettien korkoinstrumenttien puutteen vaikuttavan swapin likviditeettipremioon. Lisäksi pidemmän maturiteetin instrumenteissa luottoriskin merkitys oli suurempi verrattuna lyhyisiin maturiteetteihin. Likviditeetillä oli merkittävämpi vaikutus Britannian swap-korkoeroihin kuin Yhdysvaltojen, missä myös likviditeettipremio kasvoi maturiteetin myötä toisin kuin Yhdysvalloissa. Syynä Britanniassa tähän saattoi olla ajoittainen puute valtion lyhyistä maksusitoumuksista ja niiden vähäinen likviditeetti.

Huang'in ym. (2002) mukaan likviditeetillä on negatiivinen riippuvuus swap-korkoeron muutoksiin ja riippuvuuden olevan erittäin merkittävä korkoeron vaihteluissa. He käyttivät tutkimuksessaan jo liikkeelle laskettujen valtion pitkien velkainstrumenttien aikarakenteen kulmakerrointa mittaamaan likviditeetin vaikutusta. Duffie ym. (1997) kuitenkin havaitsivat likviditeetille pienen negatiivisen suhteen vain kahden ensimmäisen viikon ajalle, mutta tämän jälkeen sen olevan pääsääntöisesti positiivinen.

Erilaista likviditeettimittaria korkoerotutkimuksessaan käyttivät Liu ym. (2006) käsitellessään likviditeettiriskiä luottoriskin osana. Likviditeettitekijänä he käyttivät yleisvaikudellisen repo-koron ja erittäin likvidien Yhdysvaltojen pitkien joukkolainojen tuottojen erotusta. Likviditeettipremion valtion velkakirjoihin verrattuna he katsoivat syntyvän swappien kelpaamattomuudesta repo-sopimuksien käyttöön. Tutkimustuloksia käsiteltiin laajemmin edellisessä luvussa 4.1.

Feldhütter & Lando (2007) analysoivat kuuden faktorin mallilla Yhdysvaltojen valtion ja yritysten joukkolainojen sekä swappien tuottoja. He jakoivat swap-korkoerojen tekijät kolmeen osaan: valtion jvk-lainojen mukavuustuottoon, LIBOR-korkoon sisältyvään luottoriskielementtiin sekä swap-markkinoille tyypilliseen tekijään. Heidän mukaansa

näitä swap-markkinaspesifisiä tekijöitä olisi voinut olla muitakin, mutta he päätyivät käyttämään vain yhtä tekijää: suojausaktiivisuutta arvopaperistetuilla asuntolainoilla (*mortgage backed securities, MBS*). Vallitsevan korkotason muutokset vaikuttavat yleisesti asuntolainojen lyhennysten volyymeihin, millä on suora vaikutus asuntolainoihin sidottujen MBS-tuotteiden duraatioon. Korko-swakit ja swap-optiot ovatkin suosituimpia instrumentteja MBS-tuotteiden duraation suojauksessa, joten suojauksen tarve vaikuttaa siten swappien hintaan. Tutkimuksessa todettiin valtion jvk-lainojen mukavuus-tekijän selittävän suurimman osan korkoeroista koko aineistolla. Yrityslainatuottojen todettiin olevan parempi luottoriskin edustaja kuin LIBOR-koron ja yleisvakuudellisen repo-koron erotus. Swap-markkinatekijän vaikutus havaittiin lähes vakioksi maturiteettiin nähden, mutta silti muuttuvaksi tekijäksi lyhyemmällä ajalla. Tehtyjen havaintojen perusteella he näkivät kaikilla maturiteeteilla swap-koron olevan parempi selittäjä riskittömälle korolle kuin valtion jvk-lainojen.

4.3. Markkinakorot

Tässä luvussa käsitellään yleisten korkojen ominaisuuksien vaikutusta korkoeroon. Kiinteänä sopimuksen ajan pysyvä swap-korko sisältää riskittömän koron lisäksi myös riskilisiä, jotka yhdessä vaikuttavat swapin tasoon. Swappeihin vaikuttavien korkojen, kuten riskittömän sekä kassavirran perusteena toimivan koron taso ja aikarakenne, vaikuttavat suoraan myös swapin hinnoitteluun.

Yleisen korkoympäristön vaikutuksia koronvaihtosopimusten korkoeroon on tutkittu paljon korkotason, korkokäyrän muodon sekä korkojen volatiliteetin osalta. Korkotason ja -käyrän vaikutuksen tutkiminen ovat perinteisempiä selittäjiä swap-korkoerolle, kun taas korkojen volatiliteetti on kiinnostanut tutkijoita vain lähinnä viimeisen 10 vuoden aikana. Muun muassa Litterman & Scheinkman'in (1993) mukaan korkojen taso sekä kuvaajan kulmakerroin pystyvät kuvaamaan riittävästi valtion instrumenttien tuottojen aikarakennetta.

Lyhyiden markkinakorkojen vaikutusta koronvaihtosopimusten hinnoitteluun on tutkittu erityisesti LIBOR-korkojen ja valtioiden lyhyiden maksusitoumusten tuottojen osalta. Pidemmän maturiteetin instrumenteista lähinnä valtion velkakirjojen tuotot on nähty merkityksellisimmiksi korkotekijöiksi. Pitkän ja lyhyen maturiteetin korkojen erolla on taas tyypillisesti kuvattu tuottokäyrän jyrkkyyttä ja muotoa swap-tutkimuksessa.

Useimmin käytetty vaihtuva lyhytaikainen viitekorko koronvaihtosopimuksissa on LIBOR (*London Interbank Offer Rate*). Se on myös laajassa käytössä OTC-markkinoiden ulkopuolella johdannaispörsseissä. LIBOR-korko on noteerattu eri maturiteeteille kuukaudesta kahteentoista kuukauteen eri valuutoille. Korko kuvaa sitä korkotasoa, millä euroalueen pankit lainaavat toisilleen. LIBOR-korkoja käytetään viitekorkoina lähinnä kansainvälisillä eikä niinkään kansallisilla rahoitusmarkkinoilla. (Hull 2006: 150.) LIBOR-koron noteerausta ylläpitää brittiläinen BBA (*British Bankers' Association*). Se valitsee euroalueen maineikkaimmista ja suurimmista pankeista referenssipaneeliin, joiden antamien korkotasojen mukaan LIBOR-korko määrätään päivittäin (Tuhkanen 2006: 43).

LIBOR-koron ohella keskeisinä viitteinä korko-swappien hinnoittelussa käytetään niin sanottuja riskittömiä valtioiden velkakirjojen korkoja. Yhdysvaltojen velkakirjamarkkinat ovat kooltaan suurimmat velkakirjamarkkinat maailmassa. Toisin kuin Euroopassa, yrityslainojen määrä on siellä merkittävä. Valtion lainat laskee liikkeelle valtiovarainministeriö. Heidän laskemiaan lainoja pidetään maailmalla yleisesti luottoriskittöminä, sillä vakuutena ovat valtion verotus- ja rahan liikkeellelaskuoikeudet. Joukkovelkakirjalla tarkoitetaan asiakirjaa, mikä lasketaan liikkeelle joukkolainan yhteydessä. Lainanottaja, eli jvk-lainan liikkeellelaskija, myy joukkovelkakirjan lainanantajalle käteissuoritusta vastaan. Jvk-laina on yleisnimitys pitkäaikaisille lainainstrumenteille, joita ovat muun muassa obligaatio-, debentuuri- tai vaihtovelkakirjalainat. Yhdysvaltojen valtiovarainministeriö laskee liikkeelle kolmenlaisia instrumentteja maturiteetin mukaan jaoteltuina. Tässä tutkimuksessa merkittävässä osassa ovat maksimissaan vuoden maturiteetin maksusitoumukset sekä yli vuoden mutta enintään 10 vuoden maturiteetin pitkät velkakirjat. (Tuhkanen 2006: 175–180.) Pitkiä yli 10 vuoden maturiteetin joukkolainoja ei tässä tutkimuksessa käsitellä.

Korkojen aikarakenne kuvaa maturiteetin vaikutusta haluttuun tuottoon tiettyä ajankohtana mitattuna. Sen graafinen esitysmuoto on korko- tai tuottokäyrä, jonka määrittämisessä lasketaan ensin tuottotasot valituille yksittäisille maturiteeteille. Sen jälkeen näiden pisteiden välissä oleville maturiteeteille määritetään korkotaso interpoloimalla, eli yksinkertaisimmillaan vedetään niiden välille suora. Tuottokäyrän perusmuodot ovat nouseva, laskeva ja tasainen. Ajoittain käyrällä voidaan havaita myös lisämuotoja kuten kyttyröitä tai kuoppia.

Alworth (1993) käsitteli tutkimuksessaan muun muassa Mertonin mallin kykenemättömyyttä huomioida riskittömän korkotason ja korkorakenteen välistä suhdetta liittyen

swappien luottoriskipreemion rakenteeseen. Alworth päätteli näiden kahden muuttujan vaikuttavan mahdollisesti luottoriskilisään siten, että korkeampi korkotasosta nostaa mallempien swapin osapuolten takaisinmaksuriskin toteutumisen todennäköisyyttä. Nimelliset ja reaaliset korot oletettiin yhtäläisiksi. Tutkimuksessa tehdyn analyttisen esimerkin mukaan korkotasolla ei kuitenkaan ollut merkitystä swap-korkoeroon. Sen sijaan swapissa vaihtuvan koron maksajalle hän päätteli nousevan korkokäyrän olevan luottoriskimpi, joten käyrän muoto olisi käänteinen riskin määrään nähden.

Tutkimuksessaan yhdysvaltalaisella aineistolla vuosilta 1987–1992 päivittäisiä havaintoja käyttämällä, Alworth (1993) havaitsi swap-korkoerojen aikarakenteen muuttuvan samassa suhteessa valtion velkakirjojen tuottojen kanssa. Korkokäyrän ollessa kuoppainen hän havaitsi eri maturiteetin swap-korkoerojen välisten erojen suuruuksien kaventuneen. Pitkällä aikavälillä Alworth havaitsi swap-korkoeroon vaikuttavan niin tuottokäyrän muodon, pitkien ja lyhyiden korkojen tason, liiketoimintasyklin ja yksityissektorin riskin. Tuottokäyrällä oli negatiivinen vaikutus swap-korkoeroon, mikä viittasi korkoeron taipumukseen pienentyä korkeasuhdanteiden aikoina. Korkotason mittarina tutkimuksessa käytettyjen Yhdysvaltojen 3 kuukauden maksusitoumuksen sekä swapin maturiteetin valtion velkakirjan estimaattien etumerkit sen sijaan olivat vaihtelevia siten, että pitkän maturiteetin swapeissa korkea korkotasosta pienensi swap-korkoeroa. 2 vuoden maturiteetissa korkotason nousun myötä myös korkoero kasvoi.

Brown ym. (2002) esittivät kahta uutta innovaatiota tutkiessaan Australian swapmarkkinoita. Ensiksi, he ajoivat korkoeron tekijöiden regressiot yhdessä eri maturiteetin korkoerojen kanssa. Lisäksi he käyttivät korkojen volatilitteettia korkojen aikarakenteen mittarina. Eksponentiaalista yleistettyä ARCH-mallia käyttämällä he tutkivat swap-korkoeron ajassa muuttuvaa volatilitteettirakennetta ja estimoivat dynaamista yhteisriippuvuutta eri maturiteettien korkoerojen välillä volatilitteettijäänteet mukaan lukien. 13–viikon valtion maksusitoumukselle korkotason mittarina he havaitsivat merkittävän vaikutuksen swap-korkoerolle kaikissa maturiteeteissa. Myös korkokäyrän jyrkkyys oli merkitsevä tekijä kaikilla maturiteeteilla negatiivisella riippuvana siten, että swap-korkoero pieneni mitä suurempi kulmakerroin oli. Tasaisempi kulmakerroin aiheutti korkoeron kasvua. Kaikkien kolmen tutkitun maturiteettien swap-korkoerojen volatilitteetit olivat erittäin yhteneviä. Lisäksi tulosten mukaan lyhyen ja pitkän maturiteetin takaisinmaksuriskipreemiot olivat merkittäviä swap-korkoerojen tekijöitä. Korkojen likviditeetin vaikutuksesta swap-korkoeroihin he eivät löytäneet vahvistusta.

Eom ym. (2002) käyttivät korkorakenteen muotoa edustajana korkojen volatiliteetille, ja havaitsivat Japanin 10-vuotisen swap-korkoeron ja käyrän muodon tekijän positiivisesti riippuvaisiksi. Korkojen volatiliteetin kuitenkin voi väittää näkyvän huonosti korkokäyrän muodosta, sillä tasainen korkokäyrä ei takaa pientä volatiliteettiä eikä korkokäyrän jyrkkyys poista matalaa volatiliteettiä. Niin Japanissa kuin Yhdysvalloissa korkotason muutoksilla oli vaikutusta Japanin, muttei Yhdysvaltojen, swap-korkoeroon. Swappien luottoriskitekijä havaittiin maakohtaiseksi, sillä Japanin ja Yhdysvaltojen korkoerojen välillä ei havaittu merkittävää korrelaatiota. 10-vuotinen japanilainen korko-swap sen sijaan muuttui hieman yhdysvaltalaisen vastineen mukaisesti.

Australian korko-swappeja verrattuna takaisinmaksuriskittömään korkoon tutkivat myös Fang ym. (2002). Heidän havaitsemansa swap-korkoerot olivat läheisessä yhteydessä valtion korkotuottojen kanssa, pienen eroavaisuuden johtuessa swappien takaisinmaksuriskistä. Australian swap-korkoerot olivat positiivisesti riippuvaisia korkotason ja aikarakenteen muodon kanssa, sekä negatiivisesti riippuvaisia takaisinmaksuriskittömän korkokäyrän jyrkkyyden kanssa. Yhdysvaltalaiset swap-korkoerot havaittiin kaikilla maturiteeteilla suuremmiksi kuin paikalliset korkoerot. Myös Australian swappien likviditeettipremio havaittiin pienemmäksi kuin Yhdysvaltojen. Fang ym. suorittivat testaukset käyttämällä sekä nimellisiä swap-korkoeroja että diskontto-swapin korkoeroa, eli korkoeroa nollakuponki-swapin ja nollakuponkisen valtiovelkakirjalainan välillä. He eivät havainneet suurta eroa kahden eri mallinnustavan regressiotuloksissa.

Huang ym. (2007) rakensivat tutkimuksessaan VAR-mallin, jolla he testasivat swap-korkoeroon vaikuttavia muuttujia Yhdysvaltojen keskuspankin harjoittamien eri rahapolitiikan aikakausina. Potentiaalsiin testattaviin tekijöihin kuuluivat niin swap-korkoerot itse, riskittömän koron aikarakenne, yritysten luottoerot, eurodollari-korot, sekä korkojen volatiliteetti. Tutkittu aineisto oli tammikuusta 1990 vuoden 2004 heinäkuuhun. Swap-korkoeron muutosten varianssiin vaikutti aineistossa selvästi eniten korkoeron oma aiempi muutos. Muillakin tekijöillä oli kuitenkin selitysvoimaa. Keskuspankin elvyttävän rahapolitiikan aikoina merkittävinä selittävinä tekijöinä olivat muun muassa takaisinmaksuriskipremion mittari, korkojen volatiliteetti, ja korkojen aikarakenteen kulmakerroin. Mitä suurempi korkojen lasku keskuspankilta, sitä suurempi merkitys korkokäyrän kulmakertoimen jyrkkyydellä oli. Kaiken kaikkiaan selittävien tekijöiden aiheuttamat vaikutukset korkoeroon vaihtelivat eri tutkimusaikakausien välillä kuin mitä eri swappien maturiteettien välillä.

5. AINEISTO JA MENETELMÄT

Luvut 5 ja 6 muodostavat yhdessä tutkimuksen empiirisen osan. Tässä luvussa tarkastellaan tutkimusperiodin swap-korkoerojen tasoja ja muutoksia. Lisäksi käsitellään tutkimuksessa käytetyn aikasarja-aineiston tilastollisia ominaisuuksia. Aineistolle tehdään yksikköjuuritestaus, jotta myöhemmin suoritettavien lineaaristen regressioyhtälöiden tuloksista saataisiin mahdollisimman tulkintakelpoisia.

5.1. Aineisto

Tämän tutkimuksen empiirisessä osassa tarkastellaan koronvaihtosopimuksen korkoeroa 2, 5 ja 10 vuoden maturiteeteilla käyttämällä aineistoa tammikuun alusta 2001 joulukuun loppuun 2006. Käytetty jakso koostuu 1470 päivittäisestä havainnosta kutakin muuttujaa kohti. Aineisto on hankittu pääasiassa Datastream-tietokannasta ja sen luovutti tutkimuskäyttöön Vaasan yliopiston Laskentatoimen ja rahoituksen laitos. Yhdysvaltojen LIBOR-korot otettiin niitä ylläpitävän BBA:n verkkosivuilta. Korko-swapin korkoero lasketetaan swap-koron ja vastaavan maturiteetin riskittömän instrumentin tuoton erosta. Riskittöminä instrumentteina tutkimuksessa käytetään Yhdysvaltojen valtion pitkiä velkakirjoja. Käytetyt hinnat ovat osto- ja myyntinoteerausten päivittäisiä keskiarvoja.

Selittävinä tekijöinä regressioyhtälöissä käytetään 3 kuukauden Yhdysvaltojen valtion maksusitoumuksen tasoa, sen tuoton eroa 3 kuukauden LIBOR-korkoon, Yhdysvaltojen 10-vuotisen velkakirjan ja 3 kuukauden maksusitoumuksen tuoton erotusta sekä S&P500-osakeindeksin ja VIX-indeksin tasoja. 3 kuukauden maksusitoumuksella on suuri merkitys selittävinä tekijöinä. Se valittiin mittaamaan yleistä korkotasoa yksinään, LIBOR-koron kanssa likviditeettipreemiota sekä 10 vuoden velkakirjan kanssa korkokäyrän jyrkkyyttä. S&P500-osakeindeksi valittiin regressioihin kuvaamaan luottamusta yrityssektorilla, kun taas S&P500-indeksiin liittyvä VIX kuvaa yleistä takaisinmaksuriskiä. Alworth (1993) käytti samoja mittareita selittävinä korkoeron tekijöinä lukuun ottamatta korkotasoa edustavaa muuttujaa.

5.2. Menetelmät ja tutkimushypoteesit

Tutkimuksessa luodaan kunkin swapin maturiteetille staattinen regressiomalli, missä viittä selittävää muuttujaa käyttämällä luodaan lineaarinen regressiosuora kuvaamaan swap-korkoeroa. Staattisuus viittaa mallin kykenemättömyyteen ottaa huomioon selittävien tekijöiden arvojen muutoksien viipeellisiä vaikutuksia korkoeron selittämisessä. Sekä toisaalta, staattisuus merkitsee selitettävän muuttujan odotusarvon muuttumattomuutta ilman muutosta selittävien muuttujien arvoissa. Mallilla tavoitellaan ennustavuuden sijasta edellytyksiä menneisyyden analysoimiseen yleisellä tasolla. Tilastollinen tutkimus suoritetaan Econometric Views -ohjelmaa käyttäen.

Käytetty metodologia perustuu pienimmän neliösumman -menetelmään (PNS). Menetelmässä selitettävä muuttuja Y regressoidaan lineaarisesti suhteessa selittäviin muuttujiin X_k . Lineaarisen regression kaava voidaan esittää seuraavasti:

$$(10) \quad Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{t1} + \beta_3 X_{t2} + \dots + \beta_k X_{tk} + u_t$$

missä Y_t on selitettävä muuttuja, jonka riippuvuutta selittäviin muuttujiin X_k selvitetään. PNS-menetelmä antaa estimaatit vakiolle β_1 ja parametreille β_k minimoimalla niiden neliösummat. Virhe- tai jäännöstermi u_t mittaa malliin sopimatonta tietoa.

PNS-menetelmän käyttäminen aikasarja-aineiston analysoimisessa vaatii erityistä aineiston ominaisuuksien tarkastelua ja mahdollisesti esikäsittelyä. Ennen varsinaisen empiirisen tutkimuksen aloittamista aikasarja-aineistossa joudutaan testaamaan aineiston yksikköjuuriominaisuuksia eli stationaarisuutta. Tämä toteutetaan siksi, että puhtaisessa empiirisissä aikasarja-aineistoissa on usein joku trendimäinen muutos, mikä vaikuttaa keskiarvon ja/tai varianssin muuttumiseen ajassa. Stationaariset sarjat, joilla on keskiarvo, johon parametreilla on taipumus palata, antavat lähtökohtaisesti luotettavia estimaatteja. Tässä tutkimuksessa testataan kaikkien käytettyjen muuttujien stationaarisuus mahdollisimman hyvien PNS-estimaattien saamiseksi. (Ramanathan 1998: 523.)

Aiemmissa lukuisissa empiirisissä tutkimuksissa on huomattu, että lineaarinen trendikkyys eli integroituneisuus aikasarjoissa voidaan yksinkertaisesti eliminoida differensoimalla. Stationaarisuutta testataan yksikköjuuritesteillä, joista suosituimpia on ollut lisätty Dickey-Fullerin (ADF) testi. Epästationaarista aikasarjaa, joka saadaan stationaariseksi differensoimalla, kutsutaan integroituvaksi tai differenssistationaariseksi aikasarjaksi. (Ramanathan 1998: 523–525.)

ADF-testissä nollahypoteesina on, että sarja sisältää yksikköjuuren eli on epästationaarinen. Lisätyssä Dickey-Fullerin testissä käytettävä F-testi koostuu seuraavista kahdesta, rajoittamattomasta ja rajoitetusta, estimoidusta yhtälöstä:

$$(11) \quad \Delta Y_t = \alpha + \beta t + \rho - 1 \bar{Y}_{t-1} + \sum_{i=1}^{i=p} \theta_i \Delta Y_{t-1} + u_t$$

$$(12) \quad \Delta Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^{i=p} \theta_i \Delta Y_{t-1} + u_t$$

Collin-Dufresne, Goldstein & Martin (2001) raportoivat luottoeroja tutkiessaan, että mikäli swap-korkoeron tekijät ovat tiedossa, niin korkoeron muutokset selittyvät itseensä muuttujien muutoksilla. Tämän tutkimuksen aineiston osoittautuessa mahdollisesti epästationaariseksi, lineaarinen regressioyhtälö kaavassa (14) muuttuu differenssimuotoon.

Kun aineisto on sovitettu valittuun regressioyhtälöön, suoritetaan tarpeellinen analysointi sisältäen muun muassa virhetermien heteroskedastisuuden ja autokorrelaation tarkastelut. Mikäli virhetermissä havaitaan autokorrelaatiota, eli virhetermit eivät ole satunnaisia, regressioyhtälöön lisätään ensimmäisen asteen sarjakorrelaation virhetermin vakio. Auto- eli sarjakorreloituneisuutta voidaan ilmaista autoregressiivisellä mallilla

$$(13) \quad u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t$$

missä selitettävä muuttuja u_t ilmaistaan riippuvaksi omasta edeltävästä arvosta. Virhetermi ε_t oletetaan valkoiseksi kohinaksi ja ensimmäinen u_t havainto sovitukseksi. Vakio ρ on itseisarvoltaan pienempi kuin yksi. Kaavan (13) virhetermin u_t alkuperäinen sijainti löytyy kaavasta (10).

Edellä mainittua yhtälöä kutsutaan ensimmäisen asteen autoregressiiviseksi prosessiksi ja sitä merkitään yleisesti AR(1). Prosessin aiheuttamien uusien virhetermien oletetaan täyttävän regressioanalyysin aineistovaatimuksia siten, että niiden keskiarvo on nolla ja varianssi vakio. Mallin antamat estimaatit ovat tällöin tarkentuvia ja harhattomia, mutta eivät tehokkaita. Autokorrelaatiolla, mitä kyseisellä menetelmällä yritetään oikaista, on tapana aliarvioida PNS-estimaatteja. (Ramanathan 1998: 431–432.)

Seuraavaksi esitellään tutkimushypoteesit, joita seuraa niistä muodostettu regressioyhtälö. Tämän jälkeen seuraa lyhyet perustelut hypoteesien valinnoista, ja aiempia tutkimuksia, joissa samankaltaisia hypoteeseja on testattu.

- (H₁) Yleisellä korkotasolla on negatiivinen vaikutus swap-korkoeroon.
- (H₂) Swap-korkoerolla on positiivista riippuvuutta likviditeettipreemioon.
- (H₃) Korkokäyrän jyrkkyydellä ja swap-korkoerolla on riippuvuutta.
- (H₄) Osakeindeksin tason vaikutus swap-korkoeroon on negatiivinen.
- (H₅) Swap-korkoerolla on positiivista riippuvuutta VIX-indeksin tasoon.

Tutkimushypoteeseihin perustuvat muuttujat voidaan esittää lineaarisessa regressioyhtälössä n -vuoden korko-swapille:

$$(14) \quad \text{ERO}_{n,t} = \beta_{n,0} + \beta_{n,1} \text{KORKO}_t + \beta_{n,2} \text{TED}_t + \beta_{n,3} \text{KÄYRÄ}_t + \beta_{n,4} \text{SP500} + \beta_{n,5} \text{VIX}_t + u_t$$

$\text{ERO}_{n,t}$	n -vuoden swap-korkoero hetkellä t . Mitataan saman maturiteettien swap-koron ja Yhdysvaltojen pitkän velkakirjan tuoton erona.
KORKO_t	Yleisen korkotason mittari. Mitataan 3 kuukauden Yhdysvaltojen maksusitoumuksen tuotolla.
TED_t	Likviditeettipreemion mittari. Mitataan 3 kuukauden LIBOR-koron ja 3 kuukauden Yhdysvaltojen maksusitoumuksen tuoton erona.
KÄYRÄ_t	Korkokäyrän jyrkkyyden mittari. Käyrän jyrkkyys määritellään 10-vuotisen Yhdysvaltojen velkakirjan tuoton ja 3 kuukauden Yhdysvaltojen maksusitoumuksen tuoton eroksi.
S\&P500_t	Yrityssektorin luottokelpoisuuden mittari. Mitataan S&P500-osakeindeksin lukemalla.
VIX_t	Vastapuoliriskin mittari. Mitataan S&P500-osakeindeksin volatiliiteettia mittaavalla VIX-indeksillä.

Regressiossa käytettyjä selittäviä muuttujia on käytetty usein aiemmissa tutkimuksissa. Ne on valittu kuvaamaan haluttuja taloudentekijöitä osittain varsin intuitiivisesti ja suoraviivaisesti. Mainittakoon, että absoluuttisesti oikeita muuttujia ei ole löydetty, tai niitä ei ole. Merkittävä perinteinen muuttuja, yrityslainojen laatuerojen vaikutus tuottoon, sivuutetaan tässä empiirisessä tutkimuksessa. 2000-luvun tutkimuksessa swap-

korkeeron selittävinä tekijöinä yleistyivät muun muassa repo-korot, valtioiden budjettijäämät ja MBS-instrumentit, mutta ne myös sivuutetaan tässä tutkimuksessa.

KORKO

Yleisen korkotason kuvaajana käytetään 3 kuukauden maksusitoumuksen tuottoa. Se on Yhdysvaltojen valtion velkakirjoista likvidein ja myös volatiilein. Aiemmissä tutkimuksissa korkotason kuvaajana on käytetty muun muassa tutkittavan swap-maturiteetin valtion instrumentin tuottoa tai vaihtoehtoisesti 2 vuoden valtion velkakirjan tuottoa.

TED

Likviditeettipremio swapeissa tyypillisen LIBOR-koron ja erittäin likvidin 3 kuukauden maksusitoumuksen tuoton välillä kuvaa kyseisten instrumenttien likviditeettien vaikutusta niiden tuottoon. TED-korkoero kuvaa lisäksi pankkien välisten lainojen ja valtion lainojen tuottojen erotusta. TED-lyhenne tuli alun perin valtiovarainministeriön (*Treasury*) ja eurodollari-futuurin kaupankäyntisymbolin yhdistelmästä. Johtuen myöhemmistä muutoksista Chigacon pörssin kaupankäyntitavoissa, TED määritellään nykyään käyttämällä eurodollari-futuuriin sijasta Yhdysvaltojen LIBOR-korkoa. LIBOR-korkojen ja Eurodollari-futuuriin yhteyttä swap-korkoeroon käsiteltiin luvussa 3.3.3.

Grinblatt (2001) käsitteli 1 kuukauden LIBOR-koron ja maksusitoumuksen tuoton eroa likviditeettiriskin mittarina menestyksekkäästi. Tätä näkökulmaa noudatetaan myös tässä tutkimuksessa lukuun ottamatta maturiteetin muutosta kolmeen kuukauteen. Alworth (1993) raportoi tutkimuksessaan TED-korkoeron kuvastavan lähitulevaisuudessa pankkien luottokelpoisuutta LIBOR-perusteisen rahoituksen sisältävän riskilisän kautta. Hän havaitsi sillä olevan pientä vaikutusta lyhyisiin swap-korkoeroihin etumerkin ja voimakkuuden kuitenkin vaihdellessa.

KÄYRÄ

Aikarakennetta on useissa tutkimuksissa pyritty kuvaamaan yksinkertaisesti käyttämällä pitkän ja lyhyen maturiteetin korkoinstrumenttien tuottojen eroa. Käyrän jyrkkyyttä mitataan tässä kulmakertoimen arvolla siten, että mitä suurempi positiivinen lukema, sitä jyrkempi korkokäyrä. Pitkä maturiteetti käyrän jyrkkyyden mittaamisessa on voinut olla 10–30 vuotinen jvk-laina, kun taas lyhyttä korkoa on kuvattu 3–24 kuukauden instrumenteilla.

Tutkimushypoteesissa odotetaan, että käyrällä on vaikutusta swap-korkoeroon ottamatta kantaa etumerkkiin eli riippuvuuden laatuun. Tämä oletus perustuu aiempiin tutkimuk-

siin, missä etumerkin on havaittu riippuvan swapin maturiteetista. Alworth (1993) muun muassa esitti nousevan korkokäyrän merkitsevän normaalisti kasvun odotusta, joka vaikuttaa luottopremioiden ja swap-korkoerojen pienenemiseen.

Korkojen aikarakenteen vaikutusta on monimutkaista tulkita, sillä aikapremio ja sen tuoma luottoriski liittyvät läheisesti vallitsevan liiketoimintasyklin vaiheeseen. Liiketoiminnan kasvaessa talousalueella, aikapremiolla on taipumus nousta maturiteetin myötä, kun taas taantumien seurauksena aikarakenteesta tulee kuoppainen.

S&P500

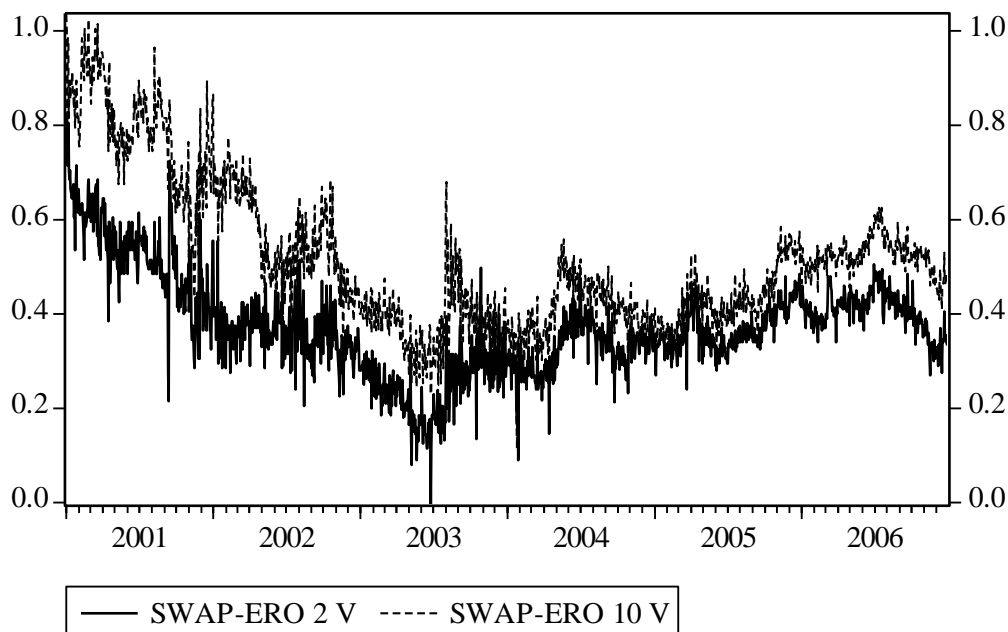
Luottoluokituslaitos Standard & Poors'in ylläpitämän 500 yhdysvaltalaisen yrityksen muodostama osakeindeksi kuvaa tässä tutkimuksessa yritysten yleistä taloudellista tilaa ja sen myötä niiden luottoriskiä. Indeksini voi myös nähdä kuvastavan yritysten omaisuuden arvon määrää. Lukeman ollessa korkealla yritysten oletetaan toimivan vähäisen takaisinmaksuriskin markkinoilla. Indeksini ollessa alhainen maksuvaikeuksien ja konkurssien oletetaan kasvavan.

VIX

Osakemarkkinoiden volatilitiiteetti-indeksi kuvaa yritysmarkkinoilla olevaa takaisinmaksuriskiä siten, että riskin oletetaan kasvavan VIX-indeksin nousun myötä. Suhde swap-korkoeroon oletetaan positiiviseksi, sillä swapin riskin nähdään kasvavan yritysmarkkinoilla havaitun riskin mukana.

5.3. Swap-korkoerot vuosina 2001–2006

Tässä luvussa tarkastellaan yhdysvaltalaisen aineiston ominaisuuksia. Ensin kustakin maturiteetista tarkastellaan swap-korkoerot ja sen jälkeen havainnoidaan selittävien tekijöiden ominaisuuksia ja tunnuslukuja. Havainnollistamisessa käytetään hyväksi runsaasti kuvioita ja taulukoita.



Kuvio 4. 2 ja 10 vuoden swap-korkoero prosenttiyksiköinä ajalla 1/2001–12/2006.

Kuviossa 4 esitetään graafisesti swap-korkoerot tarkasteluperiodilla. 5 vuoden swap-korkoero liikkuu 2- ja 10-vuotisten korkoerojen välissä (ei esitetty tässä). Kuvioista havaitaan korkoeron liikkuvan likimain 0 ja 100 korkopisteen vaihteluvälillä. Korkeimmat arvot korkoeroille ovat heti tarkasteluperiodin alussa kummassakin kahdessa maturiteetissa. Matalimmat arvot osuvat vuoden 2003 keskivaiheille, josta eteenpäin swap-korkoerot kasvavat maltillisesti vuoden 2006 loppupuolelle saakka. Kummassakin maturiteetissa swap-korkoerot ovat keskimäärin vähän 40 korkopisteen yläpuolelle silmämääräisesti arvioituna.

2 vuoden swap-korkoero pysyttelee 10-vuotista matalammalla tasolla jakson läpi, eron ollessa suurimmillaan likimain 30 korkopistettä periodin alkupuolella. Korkoerojen muutokset ovat erittäin nopeita. Varsinkin jakson ensimmäisellä puoliskolla nähdään suuria piikkejä. Erotus 2 ja 10 vuoden korkoeron välillä on pienimmillään vuoden 2005 alussa vain muutamien korkopisteiden suuruinen.

Taulukko 2. Kuvailevia tunnuslukuja swap-korkoeroista.

	SWAP-ERO 2 V	SWAP-ERO 5 V	SWAP-ERO 10 V
Keskiarvo	0,372	0,481	0,516
Maksimi	0,815	1,025	1,035
Minimi	-0,003	0,128	0,115
Keskihajonta	0,106	0,141	0,158
Vinous	0,552	1,073	1,021
Huipukkuus	4,117	4,000	3,537
Jarque-Bera	160,889	365,323	290,752
Havaintoja	1470	1470	1470

Taulukon 2 mukaan swap-korkoerojen keskiarvot kasvavat maturiteetin myötä 2 vuoden swapin 37 korkopisteestä ylöspäin. 5 ja 10 vuoden swap-korkoerojen maksimit ovat korkopisteen päässä toisistaan ylittäen sadan korkopisteen. Pienin arvo korkoerolle on 2 vuoden swapin hieman negatiivinen lukema. Keskihajonta kasvaa maturiteetin myötä 2 vuoden korkoeron 0,106:sta 10 vuoden vastaavaan arvolla 0,158.

Havaintojen käyrät ovat vinoja oikealle 2 vuoden swapin ollessa lähimpänä normaalisuutta. Vinous mittaa jakauman epäsymmetrisyyttä keskiarvon ympärillä normaalijakauman saadessa arvon nolla. Swap-korkoerojen arvot jäävät siis useammin alle keskiarvon, joten jakauman oikea häntä muodostuu pitkäksi. Huipukkuus mittaa jakauman korkeutta tai tasaisuutta normaalijakauman saadessa arvon 3. 10 vuoden korkoeron arvot ovat lähimpänä normaalijakaumaa, huipukkuuden lisääntyessä 2 vuoden maturiteettia kohti. Jarque-Bera mittaa jakauman normaalisuutta vinouden ja huipukkuuden perusteella. Nollahypoteesit jakaumien normaalisuudesta hylätään kaikilla maturiteeteilla 0,1 % merkitsevyystasolla (ei raportoitu tässä).

Taulukko 3. Korrelaatiomatriisi eri maturiteetin swappien välillä.

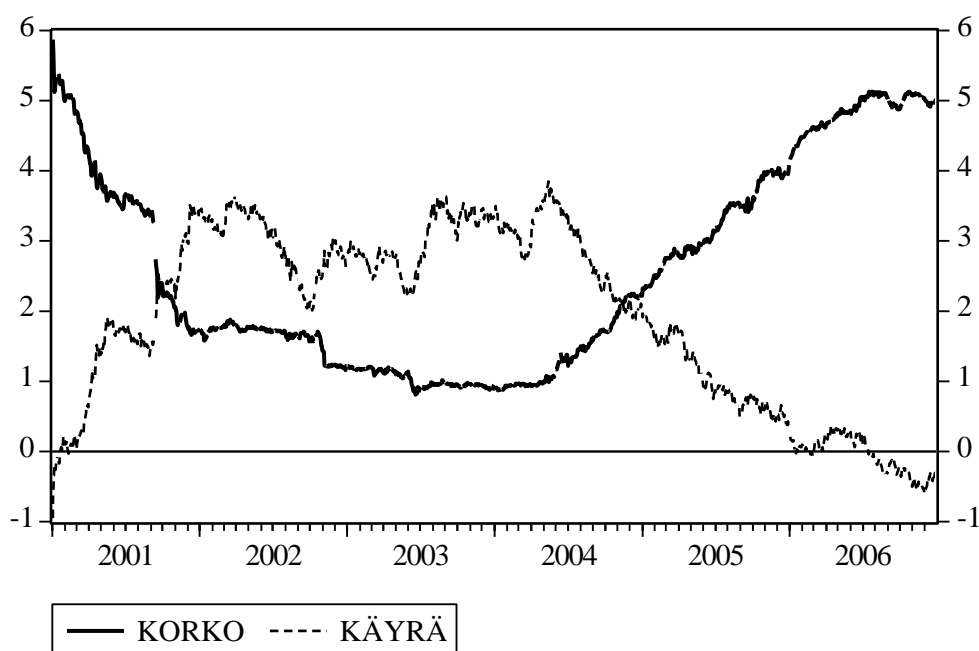
	SWAP-ERO 2 V	SWAP-ERO 5 V	SWAP-ERO 10 V
SWAP-ERO 2 V	1,000		
SWAP-ERO 5 V	0,896	1,000	
SWAP-ERO 10 V	0,857	0,961	1,000

Taulukko 3 esittämän matriisin perusteella korrelaatio vähenee maturiteettieron kasvaessa. Suurin korrelaatio havaitaan kuitenkin 5 ja 10 vuoden korkoerojen välillä. Maturiteettien väliset korrelaatiot ovat yleisesti ottaen suuria, joten eri maturiteetin swap-korkoerot ovat yhtenäisiä.

Taulukko 4. Kuvailevia tunnuslukuja selittävistä muuttujista.

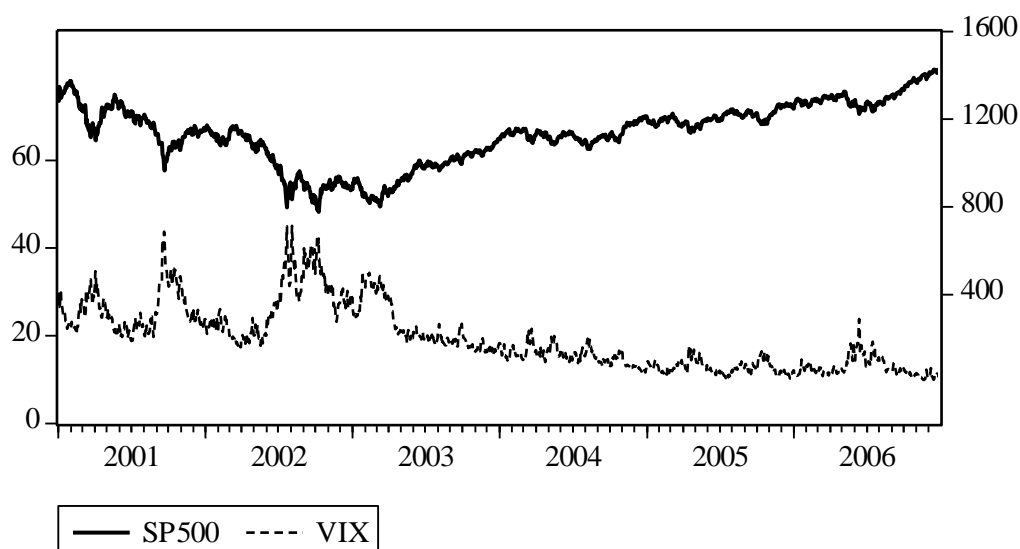
	KORKO	TED	KÄYRÄ	S&P500	VIX
Keskiarvo	2,602	0,261	1,896	1133,4	19,37
Maksimi	5,870	0,918	3,850	1427,1	45,08
Minimi	0,810	0,026	-0,950	776,8	9,90
Keskihajonta	1,468	0,116	1,284	141,2	7,33
Vinous	0,474	1,238	-0,382	-0,4	0,95
Huipukkuus	1,747	5,128	1,751	2,6	3,22

Taulukosta 4 näkyy swap-korkoja selittävien muuttujien tunnuslukuja. Kokonaisuutena tarkastelujaksen muuttujien arvot vaihtelevat paljon. Yhdysvaltojen 3 kuukauden maksusitoumuksen koron keskiarvo on 2,60 % kun se tarkastelujaksolla vaihteli 0,81 % ja 5,87 % välillä. TED-korkoero vaihtelee 2 ja 92 korkopisteen välillä. Korkokäyrä on tarkastelujaksolla laskeva sekä nouseva. Pitkä korko on korkeimmillaan 385 peruspistettä lyhyen koron yläpuolella, mutta käy myös 95 pistettä sen alapuolella. S&P500-osakeindeksi vaihtelee välillä 776–1428 indeksipistettä. VIX-indeksin keskiarvo on jaksolla 19,4. Sen arvot liikkuvat välillä 9,9–45,1.



Kuvio 5. Korkokäyrän ja korkotason kuvaajat.

Kuvion 5 perusteella korkotason kuvaajan voidaan todeta olevan kuoppainen ja selvästi U-muotoinen. 2000–vuoden jälkeisen IT-kuplan seurauksena todettakoon Yhdysvaltojen keskuspankin laskeneen ohjauskorkoan 13 kertaa. Ohjauskorkoa alettiin nostaa jälleen kesäkuussa 2004. Molemmat käyrät ovat selkeästi trendillisiä. WTC-terroriteon aikaan syyskuun 11. vuonna 2001 ja sitä seuraavina päivinä nähdään merkittävä hyppy kummassakin kuvaajassa. 10- ja 2-vuotisen velkakirjan tuoton ero on negatiivinen aivan tarkastelujakson alussa sekä taas sen lopulla suuren osan vuodesta 2006. Kuvaajien liikkeet ovat kokonaisuudessaan sangen rauhallisia, vaikkakin 3 kuukauden maksitoumuksen korko laskee nopeasti jakson alussa vuosien 2001–2002 aikana. Tällöin myös pitkät korot kasvavat nopeasti yli 3 prosenttiyksikköä lyhyitä korkoja suuremmiksi vain yhden vuoden aikana. Tarkastellut kuvaajat liikkuvat varsin vastakkaisiin suuntiin.



Kuvio 6. S&P500- ja VIX-indeksin kuvaajat indeksipisteillä mitattuna.

Kuviossa 6 näkyy S&P500-osakeindeksin muodostama kuvaaja olevan kuoppainen suurimpien liikkeiden painottuessa periodin kahdelle ensimmäiselle vuodelle. Indeksien kolmoispohjan jälkeen vuosien 2002–2003 vaihteessa alkaa tasainen nousu kohti 1400 indeksipistettä (oikea pystyakseli). VIX-indeksin korkeimmat arvot nähdään vuosina 2001–2003, jolloin kuvaaja ylittää muutamaan otteeseen arvon 40, jota pidetään erittäin korkeana markkinaepävarmuuden merkkipaaluna. Likimain arvoa 20 pidetään yleisesti normaalina VIX-indeksin lukuna. Vuoden 2003 puolenvälin jälkeen VIX-indeksi alkaa laskea kohti arvoa 10, mitä pidetään matalana arvona. Vuoden 2006 keskivaiheilla on piikki ylittäen koko tarkasteluperiodin keskiarvon.

Taulukko 5. Selittävien muuttujien korrelaatiomatriisi.

	KORKO	TED	KÄYRÄ	S&P500	VIX
KORKO	1,000				
TED	0,645	1,000			
KÄYRÄ	-0,949	-0,642	1,000		
S&P500	0,806	0,577	-0,723	1,000	
VIX	-0,346	-0,321	0,378	-0,699	1,000

Taulukosta 5 nähdään selittävien muuttujien välisten korrelaatioiden olevan pääsääntöisesti korkeita. Korrelaatioiden etumerkit vaihtelevat odotetusti. Suurin ja erittäin korkea negatiivinen korrelaatio havaitaan KÄYRÄ- ja KORKO-muuttujien välillä, joissa molemmissa tekijänä on 3 kuukauden maksusitoumuksen tuotto. Muiden muuttujien suhteen vahvaa korrelaatiota ei havaita niiden itseisarvojen jäädessä alle arvon 0,80. Selittävien muuttujien välisen korrelaation eli multikollineaarisuuden ongelmaa käsitellään lisää luvun 6 taulukko 8 yhteydessä.

Seuraavaksi ennen varsinaista regressioanalyysiä testataan aikasarja-aineiston yksikköjuuriominaisuuksia. Yksikköjuuritestauksessa saadaan myös selville kuinka monta kertaa sarja on differensoitava, jotta siitä saadaan stationaarinen. Kaikkien tekijöiden stationaarisuutta testataan käyttämällä lisättyä Dickey-Fullerin testiä. Testissä nollahypoteesina on, että sarja sisältää yksikköjuuren eli sarja on epästationaarinen.

Taulukko 6. ADF-yksikköjuuritestin tulokset.

Muuttuja	ADF taso	ADF 1. differenssi
SWAP-ERO 2 V	-3,595 ^{***}	-21,393 ^{***}
SWAP-ERO 5 V	-3,070 ^{**}	-21,578 ^{***}
SWAP-ERO 10 V	-2,489	-20,928 ^{***}
KORKO	-1,779	-30,650 ^{***}
TED	-2,813 [*]	-26,092 ^{***}
KÄYRÄ	-1,857	-34,762 ^{***}
S&P500	-1,193	-41,033 ^{***}
VIX	-3,086 ^{**}	-30,419 ^{***}

Merkitsevyystasot: * = 10 %, ** = 5 %, *** = 1 %

Taulukon 6 yksikköjuuritestitulosten perusteella kaikkien muuttujien differenssit havaitaan stationaarisiksi. Muutosten sanotaan olevan differenssistationaarisia astetta 1 ja sitä voidaan merkitä I(1). Tasoilla epästationaarisuus on sen sijaan hallitseva piirre, sillä vain neljän muuttujan kohdalla nollahypoteesi epästationaarisuudesta voidaan hylätä korkeintaan 10 % prosentin merkitsevyystasolla. Swap-korkoerojen osalta 2 vuoden tasot ovat ainoa stationaarinen aikasarja 1 % merkitsevyystasolla.

6. TILASTOLLISET TESTIT JA TULOKSET

Tässä luvussa tarkastellaan valittujen tekijöiden kykyä selittää swap-korkoeroja 2, 5 ja 10 vuoden maturiteeteissa. Käytettävän aikasarja-aineiston epästationaarisuudesta johtuen tilastollinen tutkimus tehdään käyttämällä tekijöiden ensimmäisiä muutoksia trendimäisten kausivaihteluiden eliminoimiseksi. Ensin tarkastellaan selittävän tekijän muutoksien vaikutusta korkoeron muutoksiin yksi kerrallaan. Tämän jälkeen muuttujille tehdään monimuuttujaregressioita, jolloin havaitaan tekijöiden muutosten yhteinen vaikutus swap-korkoeron muutoksiin. Näitä regressioyhtälöitä muodostetaan kullekin maturiteetille kolme kappaletta. Kaksi näistä yhtälöistä sisältää kolme tutkittavaa tekijää ja kolmas sisältää kaikki viisi tekijää. Yhtälöryhmien valinnassa pyritään eliminoimaan multikollineaarisuuden aiheuttamia haittoja.

Taulukko 7. Tekijöiden muutoksia kuvaavia tunnuslukuja.

	Keskiarvo	Maksimi	Minimi	Keskihajonta
Δ SWAP-ERO 2 V	0,000	0,300	-0,300	0,053
Δ SWAP-ERO 5 V	-0,001	0,300	-0,220	0,056
Δ SWAP-ERO 10 V	-0,001	0,270	-0,270	0,052
Δ KORKO	-0,001	0,140	-0,320	0,033
Δ TED	0,001	0,399	-0,530	0,045
Δ KÄYRÄ	0,000	0,400	-0,200	0,058
Δ S&P500	-0,012	64,290	-53,770	11,256
Δ VIX	-0,035	9,920	-5,570	1,141

Taulukossa 7 esitetään tunnuslukuja selittävien tekijöiden päivittäisistä muutoksista. Taulukosta havaitaan muuttujien keskiarvojen asettuvan likimain nolnaan. Muuttujien maksimi- ja minimiarvot on ilmoitettu prosenttiyksikkönä lukuun ottamatta muuttujia Δ S&P500 ja Δ VIX, joiden yksikkö on indeksipiste. Kyseiset osakemarkkinamuuttujat poikkeavat keskiarvoltaan nollasta kaikkein eniten.

Swap-korkoerojen muutoksista 2 vuoden maturiteetti saa suurimman ja pienimmän arvon. 5-vuotisella swapilla on suurin keskihajonta swap-korkoeron muutoksista. TED-korkoero saa maksimiarvokseen 39,9 korkopistettä ja minimimuutokseksi 53 korkopis-

tettä. Yleisen korkotason päivämuutos on positiivisen 14 korkopisteen ja negatiivisen 32 korkopisteen välillä.

Taulukko 8. Selittävien tekijöiden korrelaatiomatriisi.

	$\Delta KORKO$	ΔTED	$\Delta KÄYRÄ$	$\Delta S\&P500$	ΔVIX
$\Delta KORKO$	1,000				
ΔTED	-0,598	1,000			
$\Delta KÄYRÄ$	-0,289	0,177	1,000		
$\Delta S\&P500$	0,093	-0,023	0,203	1,000	
ΔVIX	-0,057	-0,026	-0,187	-0,791	1,000

Yllä olevan korrelaatiomatriisin perusteella selittävien tekijöiden välisten korrelaatioiden itseisarvot jäävät alle kriittisen rajan (noin 0,80–0,90). Osake- ja VIX-indeksien muutosten välinen -0,791 korrelaatio havaitaan itseisarvoltaan suurimmaksi tarkasteltujen muuttujien välillä. Seuraavaksi voimakkain korrelaatio on yleisen korkotason ja TED-korkoeron havaintojen välillä. Heikoin korrelaatio -0,023 havaitaan SP500-indeksin sekä TED-korkoeron välillä.

Multikollinearisuus on autokorrelaation ohella ei-toivottu ominaisuus aineistolle. Se on seurausta selittävien muuttujien välisestä likimain lineaarisesta riippuvuudesta. PNS-menetelmän tapa pitää vakioina muut kuin yksi tekijä kerrallaan ei enää toimi aukottomasti, mikäli kaksi tai useampi selittävä tekijä muuttuu keskenään läheisesti. Tällöin yksittäisen tekijän osittaisvaikutuksen eristäminen ei enää mallissa onnistu.

3 kuukauden maksusitoumuksen käyttäminen kolmessa eri selittävässä muuttujassa lisää multikollinearisuuden todennäköisyyttä. Korkotason tai käyrän jyrkkyyden poistaminen myöhemmistä monimuuttujaregressioista ei aiheuttanut merkittäviä muutoksia regressiotuloksissa (ei raportoitu tässä). In, Fang & Brown (2004) käyttivät omassa tutkimuksessaan Yhdysvaltojen 3 kuukauden maksusitoumuksen tuottoa neljässä viidestä eri selittävästä tekijästä.

6.1. Yhden muuttujan testit ja tulokset

Regressioyhtälöiden muodostaminen aloitetaan käyttämällä yhtä selittävää tekijää kerrallaan. Kaikki regressiotulokset raportoivat merkitsevää autokorrelaatiota virhetermeissä, joten yhtälöihin lisätään ensimmäisen asteen autoregressiivinen termi AR(1) korjaamaan autokorrelaation aiheuttamaa haittaa. Virhetermin auto- eli sarjakorrelaation testaamiseen käytetään Breusch-Godfrey'n testiä. Muuttujan AR(1) estimaatit ovat kaikissa tutkituissa tapauksissa tilastollisesti merkitseviä 1 % riskitasolla. Autokorrelaatiota voivat mahdollisesti aiheuttaa virheet mallin oletuksissa sekä merkittävien tekijöiden puuttuminen regressioista.

Taulukko 9. 2 vuoden swap-korkoeron tekijät yksitellen.

Vakio	Δ KORKO	Δ TED	Δ KÄYRÄ	Δ S&P500	Δ VIX	AR(1) ^{***}	R ²	F	DW
-0,0002 (-0,292)	-0,101 ^{***} (-3,301)					-0,514 (-22,310)	27,7 %	261,3	2,31
-0,0002 (-0,204)		0,118 ^{***} (7,203)				-0,496 (-22,016)	26,0 %	258,5	2,31
-0,0003 (-0,306)			-0,111 ^{***} (-6,025)			-0,509 (-21,723)	29,2 %	275,3	2,29
-0,0003 (-0,341)				-0,0003 ^{***} (-3,404)		-0,474 (-21,246)	23,4 %	238,9	2,27
-0,0003 (-0,343)					0,002 ^{**} (2,345)	-0,477 (-21,427)	23,1 %	234,9	2,27

t-arvot ilmoitettu sulkeissa, DW sarakkeessa Durbin-Watson testitulokset.
 Merkitsevyystasot: * = 10 %, ** = 5 %, *** = 1 %.

Taulukon 9 regressiotulosten mukaan 2 vuoden swap-korkoeroilla on voimakasta tilastollista riippuvuutta kaikkien selittävien tekijöiden kanssa. Selittävät tekijät ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % riskitasolla lukuun ottamatta VIX-indeksiä, joka havaitaan tilastollisesti merkitseväksi 5 % riskitasolla. Sen selitysaste jää myös pienimmäksi. Korkokäyrän jyrkkyydellä havaitaan suurin selitysaste sen ollessa 29,2 %.

Parametrien estimaattien etumerkit ovat yhdenmukaisia asetettujen hypoteesien kanssa. Yleisellä korkotasolla on negatiivinen, TED-korkoerolla positiivinen, osakeindeksillä negatiivinen ja VIX-indeksillä negatiivinen vaikutus swap-korkoeron muutoksiin. Korkokäyrän jyrkkyyden etumerkkiin hypoteeseissa ei otettu kantaa, mutta taulukosta 9 kyseinen estimaatti havaitaan negatiiviseksi. Korkokäyrän jyrkkeneminen siis vaikuttaa laskevan 2 vuoden maturiteetin swap-korkoeroa tarkastelujaksolla.

Taulukko 10. 5 vuoden swap-korkoeron tekijät yksitellen.

Vakio	Δ KORKO	Δ TED	Δ KÄYRÄ	Δ S&P500	Δ VIX	AR(1) ^{***}	R ²	F	DW
-0,0003 (-0,287)	-0,104 ^{***} (-3,188)					-0,497 (-21,308)	25,8 %	237,0	2,28
-0,0003 (-0,409)		0,092 ^{***} (5,351)				-0,500 (-22,191)	25,4 %	251,4	2,27
-0,0004 (-0,408)			-0,111 ^{***} (-5,532)			-0,490 (-20,447)	27,1 %	248,4	2,24
-0,0004 (-0,445)				-0,0003 ^{***} (-3,294)		-0,478 (-21,515)	23,8 %	244,0	2,23
-0,0004 (-0,438)					0,003 ^{***} (2,921)	-0,481 (-21,689)	23,7 %	242,5	2,24

Selittävät tekijät ovat kokonaisuudessaan tilastollisesti merkitseviä myös 5 vuoden swap-korkoeron tekijöiden osalta. Kaikki tekijät ovat merkitseviä 1 % riskitasolla. Estimoitujen parametrien etumerkit ovat yhdenmukaisia asetettujen hypoteesien kanssa. Korkokäyrän etumerkki on jälleen negatiivinen ja saa edelleen suurimman selityssasteen (27,1 %). Osakemarkkinamuuttujat S&P500 ja VIX saavat heikoimmat selityssasteet, samoin kuin havaittiin kahden vuoden regressioiden yhteydessä. Selityssasteet jäävät keskimäärin hieman matalammiksi kuin 2 vuoden maturiteetin regressioissa.

Taulukko 11. 10 vuoden swap-korkoeron tekijät yksitellen.

Vakio	Δ KORKO	Δ TED	Δ KÄYRÄ	Δ S&P500	Δ VIX	AR(1) ^{***}	R ²	F	DW
-0,0002 (-0,176)	-0,065 ^{**} (-2,104)					-0,481 (-20,645)	24,3 %	218,8	2,25
-0,0003 (-0,414)		0,058 ^{***} (3,626)				-0,491 (-21,765)	24,5 %	239,0	2,23
-0,0004 (-0,418)			-0,108 ^{***} (-5,674)			-0,471 (-19,599)	26,1 %	235,4	2,20
-0,0003 (-0,417)				-0,0003 ^{***} (-2,935)		-0,472 (-21,176)	23,2 %	235,5	2,22
-0,0003 (-0,418)					0,002 ^{**} (2,109)	-0,475 (-21,329)	23,0 %	232,9	2,22

Tutkitut muuttujat ovat jälleen tilastollisesti merkitseviä kokonaisuudessaan. 10 vuoden maturiteetissa korkotason merkitsevyys jää vain 5 % tasolle VIX-indeksin ohella. Muiden tekijöiden merkitsevyytensä säilyy 1 %. Suurimman selitysasteen saa jälleen korkokäyrän jyrkkyys arvolla 26,1 %. Estimaattien etumerkit ovat samoja kuin kahden vuoden regressiotuloksissa. Selitysasteet kokonaisuudessaan alenevat 5 vuoden maturiteettiin verrattuna. Pienimmät selitysasteet 23,2 % ja 23,0 % havaitaan jälleen kahdella osakemarkkinamuuttujalla.

6.2. Monimuuttujatetit ja tulokset

Tässä alaluvussa tutkitaan itsenäisten muuttujien yhteisten päivittäisten muutoksien vaikutusta swap-korkoerojen muutoksiin. Edellisessä alaluvussa yksitellen testattujen muuttujien regressiotulokset eivät antaneet syytä jättää pois mitään yksittäistä muuttujaa monimuuttujatesteistä. Muuttujien multikollineaarisuuden takia regressioyhtälöitä muodostetaan kolmen tutkittavan muuttujan ryhmissä multikollineaarisuuden aiheuttamien ongelmien minimoimiseksi. Virhetermien autokorreloituneisuuden vuoksi käytetään jälleen ensimmäisen asteen autoregressiivistä prosessia AR(1) selittävänä tekijänä.

Kaikissa kolmessa tutkitussa maturiteetissa yhtälöihin sisällytetty autoregressiivinen tekijä AR(1) havaitaan tilastollisesti merkitseväksi tekijäksi. Edeltävän havainnon swap-korkoeron virhetermin suuruudella on siis suuri merkitys seuraavan havainnon muutoksen suuruuteen. AR(1) saa kaikilla maturiteeteilla negatiivisen arvon. Tämän tekijän merkityksen analysoimiseen ei tässä tutkimuksessa kuitenkaan enempää paneuduta alkuperäisten tekijöiden ollessa tutkimuksen ensisijainen kohde.

Taulukko 12. 2 vuoden swap-korkoeron monimuuttujayhtälöt.

Vakio	Δ KORKO	Δ TED	Δ KÄYRÄ	Δ S&P500	Δ VIX	AR(1) ^{***}	R ²	F	DW
-0,0004 (-0,455)		0,282 ^{***} (10,266)	-0,137 ^{***} (-7,467)	-0,0002 [*] (-1,876)		-0,510 (-21,781)	34,7 %	176,9	2,27
-0,0004 (-0,495)	-0,162 ^{***} (-4,975)		-0,141 ^{***} (-7,113)		0,001 (0,672)	-0,499 (-21,087)	30,6 %	147,0	2,26
-0,0004 (-0,496)	0,008 (0,215)	0,285 ^{***} (9,005)	-0,136 ^{***} (-7,059)	-0,0003 [*] (-1,731)	-0,001 (-0,726)	-0,510 (-21,728)	34,8 %	117,9	2,27

Ensimmäisessä kolmen muuttujan regressiossa TED-korkoero ja korkokäyrän jyrkkyys ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % riskitasolla sekä osakeindeksi 10 % riskitasolla. TED-korkoerolla likviditeettipreemion edustajana havaitaan hypoteesin mukainen positiivinen vaikutus swap-korkoeroon. Korkokäyrämuuttujan mukaan nouseva korkokäyrä madaltaa kahden vuoden swap-korkoeroa. Korkean osakeindeksitason madaltava vaikutus tämän tutkimuksen lyhyimmän maturiteetin swap-korkoeroon saa myös tilastollista vahvistusta. Regression selitysaste on 34,7 %.

Toisessa kolmen muuttujan regressiossa havaitaan jälleen kaksi 1 % merkitsevyystason saavaa muuttujaa: yleinen korkotaso ja korkokäyrän jyrkkyys. 2 vuoden swap-korkoeroilla ei havaita tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta VIX-indeksiin. Yhtälön selitysaste nousee jälleen yli 30 % ollen nyt 30,6 %. Kummassakin kolmen muuttujan regressiossa jokaisen estimaatin etumerkki on sama kuin yhden muuttujan regressioiden tuloksissa.

Ensimmäisessä viiden muuttujan regressioyhtälössä havaitaan kolme tekijää tilastollisesti merkittäviksi. Näistä likviditeettipremio ja korkokäyrän jyrkkyys ovat merkitseviä 1 % riskitasolla. SP500-indeksi on tilastollisesti merkitsevä 1 % riskitasolla. Regression selitysaste nousee korkeimmaksi koko tutkimuksessa sen ollessa 34,8 %. Yleinen korkotaso sekä likviditeettipremio saavat positiivisen etumerkin muiden etumerkkien ollessa negatiivisia. Korkotason ja VIX-indeksin etumerkit ovat hypoteesin vastaisia. Näiden kahden muuttujan etumerkkien vaihtumiseen vaikuttaa todennäköisesti multikollinearisuus eli selittävien muuttujien välinen korrelaatio. Multikollinearisuus aiheuttaa mahdollisesti myös sen, että yleinen korkotaso ei ole viiden muuttujan regressiossa tilastollisesti merkitsevä swap-korkoerojen selittäjä.

Taulukko 13. 5 vuoden swap-korkoeron monimuuttujayhtälöt.

Vakio	Δ KORKO	Δ TED	Δ KÄYRÄ	Δ S&P500	Δ VIX	AR(1) ^{***}	R ²	F	DW
-0,0004 (-0,514)		0,257 ^{***} (8,553)	-0,134 ^{***} (-6,655)	-0,0002 (-1,540)		-0,492 (-20,522)	31,1 %	150,4	2,22
-0,0005 (-0,568)	-0,167 ^{***} (-4,698)		-0,14 ^{***} (-6,492)		0,001 (1,110)	-0,480 (-19,874)	28,5 %	132,9	2,22
-0,0004 (-0,495)	-0,019 (-0,478)	0,250 ^{***} (7,209)	-0,137 ^{***} (-6,453)	-0,0001 (-0,469)	0,001 (0,505)	-0,492 (-20,467)	31,2 %	100,2	2,22

5 vuoden swap-korkoerojen tarkastelussa havaitaan yllä olevasta taulukosta 13 ensimmäisen monimuuttujayhtälön osalta merkitseviksi tekijöiksi vain likviditeettipremio sekä korkokäyrän jyrkkyys (1 % riskitasolla). Maturiteetin noustessa 2 vuodesta 5 vuoteen osakemarkkinaindeksin tilastollisen riippuvuuden havaitaan kadonneen. Regression selitysaste pysyy kuitenkin 31,1 %. Muuttujien etumerkit ovat odotettuja.

Seuraavan kolmen tekijän monimuuttujaregression tulokset ovat johdonmukaisia edellisten tulosten kanssa. Yleinen korkotaso ja korkokäyrän jyrkkyys vaikuttavat tilastollisesti merkitsevästi swap-korkoeroihin myös 5 vuoden maturiteetissa. Korkokäyrän jyrkkyyden havaitaan antavan johdonmukaisesti negatiivisia tilastollisesti merkitseviä estimaatteja. Hypoteesi näyttää saavan vahvistusta, että korkokäyrällä on riippuvuutta swap-korkoeroihin, mutta riippuvuuden muoto vaikuttaa lisäksi olevan negatiivinen.

Tutkittaessa 5 vuoden swap-korkoeron riippuvuutta viiteen selittävään tekijään havaitaan taulukosta 13 likviditeettipremio ja korkokäyrän jyrkkyys tilastollisesti merkitseviksi. 2 vuoden estimaatteihin verrattuna merkitsevyyden ohella myös mainittujen muuttujien estimaattien etumerkit ovat samoja. Kun likviditeettipremio kasvaa, niin swap-korkoero havaitaan suuremmaksi. Korkokäyrän jyrkentyessä swap-korkoero pienenee. Regression selitysaste on 31,2 %, mikä on pienempi kuin vastaava arvo 2 vuoden maturiteetissa. Korkotason ja VIX-indeksin etumerkit vaihtuvat 2 vuoden swap-korkoeron vastaaviin verrattuna siten, että yleisen korkotason nousu laskee 5-vuotista korkoeroa ja volatilitietin nousu osakemarkkinoilla hieman nostaa swap-korkoeroa. Näillä muuttujilla ei kuitenkaan ole tilastollista merkitsevyyttä. Multikollineaarisuus saattaa jälleen vaikuttaa etumerkkien vaihtumiseen sekä lisäksi swap-korkoeron tilastolliseen riippumattomuuteen joistain tekijöistä.

Taulukko 14. 10 vuoden swap-korkoeron monimuuttujayhtälöt.

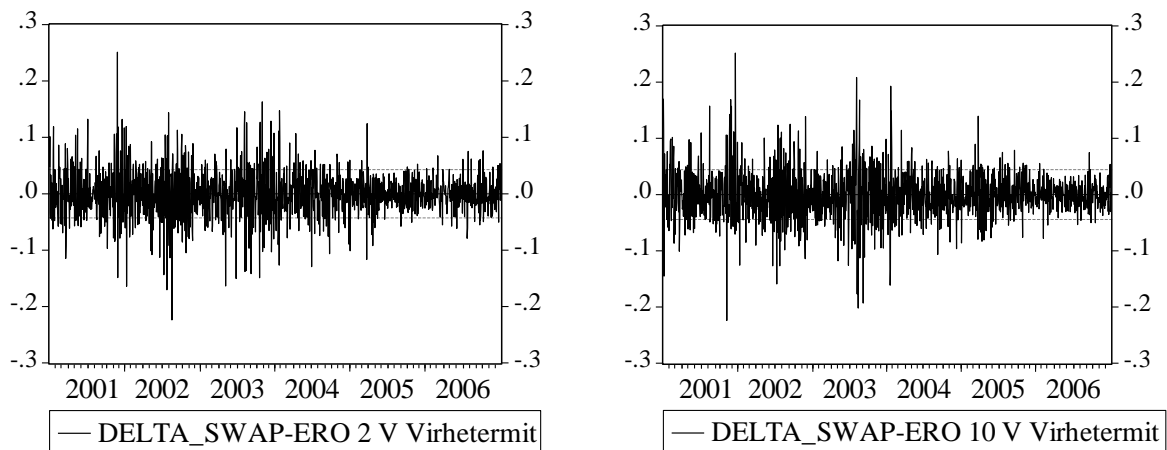
Vakio	Δ KORKO	Δ TED	Δ KÄYRÄ	Δ S&P500	Δ VIX	AR(1) ^{***}	R ²	F	DW
-0,0004 (-0,478)		0,185 ^{***} (6,470)	-0,124 ^{***} (-6,429)	-0,0001 (-1,203)		-0,473 (-19,613)	28,5 %	132,5	2,18
-0,0005 (-0,557)	-0,122 ^{***} (-3,621)		-0,131 ^{***} (-6,399)		0,0003 (0,336)	-0,461 (-19,019)	26,8 %	122,2	2,18
-0,0004 (-0,525)	-0,012 (-0,300)	0,180 ^{***} (5,448)	-0,127 ^{***} (-6,229)	-0,0002 (-1,104)	-0,001 (-0,520)	-0,472 (-19,522)	28,5 %	88,3	2,18

10-vuotista swap-korkoeroa tutkittaessa yllä olevasta taulukosta likviditeettipremio sekä korkokäyrän jyrkkyys havaitaan merkitseviksi korkoeron tekijöiksi jälleen 1 % riskitasolla. Estimaattien etumerkit ovat samoja kuin aiemmin tutkituissa maturiteeteissa. Tämän maturiteetin ensimmäisen kolmen muuttujan regression selitysaste jää 28,5 % eli se saa pienimmän selitysasteen eri maturiteettien kesken verrattuna.

Saman taulukon mukaan seuraavassa regressioyhtälössä merkitseviä tekijöitä ovat jälleen yleinen korkotaso sekä korkokäyrän jyrkkyys 1 % riskitasolla. Volatilitietin indeksillä ei ole tilastollista merkitsevyyttä tässäkin yhtälössä. Sen etumerkki on kui-

tenkin hypoteesin mukainen. Selitysaste jää matalimmaksi tämän maturiteetin yhtälöissä eli 26,8 %.

Kaikkien tutkittavien muuttujien regressioyhtälössä likviditeetti-premio ja korkokäyrän jyrkkyys ovat jälleen tilastollisesti merkitseviä samoilla etumerkeillä kuin lyhyempien maturiteettien swapeissa. Yleisen korkotason etumerkki on edelleen negatiivinen, samoin kuin osakemarkkinaindeksin. VIX-indeksin etumerkki vaihtuu kuitenkin jälleen negatiiviseksi eli samaksi kuin 2 vuoden swap-korkoerossa. Kyseisen etumerkin vaihtuminen, samoin kuin yleisen korkotason tilastollinen merkitsemättömyys, saattavat olla tässäkin tapauksessa seuraus multikollinearisuudesta. Selitysaste laskee jälleen maturiteetin kasvaessa ollen nyt 28,5 %.



Kuvio 7. 2- ja 10-vuotisen swapin regressioiden virhetermit.

Yllä olevasta kuvista 7 näkyy kaikki selittävät tekijät sisältävien monimuuttujaregressioiden virhetermien koot 2 ja 10 vuoden swap-korkoerojen muutosten osalta. Yhtälöiden virhetermit ovat silmämääräisesti heteroskedastisia tarkastelujaksolla sekä hyvin samanlaisia maturiteettien välillä. Kuvista havaitaan monta suurta piikkiä ja varsinkin vuosien 2001–2004 aikana virhetermien koko vaihtelee huomattavasti. Sen sijaan vuosien 2004–2006 välillä virhetermien koko pienenee merkittävästi sekä piikkien määrä vähenee. Tällöin myös piikkien suhteellinen koko pienenee, varsinkin 10 vuoden swapin osalta. Heteroskedastisuus ei niinkään vaikuta regressiokertoimien arvoon, mutta se saattaa vähentää niiden tilastollista merkitsevyyttä.

6.3. Johtopäätökset

Lineaarisen regression, PNS-menetelmän ja käytetyn aineiston ominaisuuksista johtuen regressiotuloksista tehdään johtopäätökset pääasiassa estimaattien etumerkkien perusteella. Selitysasteiden suuruudella mitattuna regressioissa käytetyt tekijät eivät ole ainoita swap-korkoerojen selittäviä tekijöitä. Rakennetusta mallista jää puuttumaan keskeisiä tekijöitä, sillä suurin osa swap-korkoerojen muutoksista jää selittämättä. Merkitsevien tekijöiden puuttuminen tutkimuksesta vähentää mallin tuloksien luotettavuutta. Multikollinearisuudesta johtuen muutamien estimaattien etumerkit myös vaihtelevat eri regressioyhtälöiden tuloksissa.

Taulukko 15. Estimaattien oletetut ja toteutuneet etumerkit.

Parametri	Oletettu etumerkki	Toteutunut etumerkki
Δ KORKO	-	-
Δ TED	+	+
Δ KÄYRÄ	+/-	-
Δ S&P500	-	-
Δ VIX	+	ei tulosta

Taulukon 15 esittämät tulokset etumerkeistä ovat jonkin verran eriäviä asetettujen tutkimushypoteesien kanssa. Likviditeettipreemion ja osakeindeksin estimaattien etumerkit ovat yhtäläisiä hypoteesien kanssa jokaisen tutkitun maturiteetin kaikissa monimuuttujaregressioissa. Yleisen korkotason vaikutus on pääasiassa hypoteesin mukainen, mutta 2 vuoden viiden muuttujan regressio antaa sille positiivisen etumerkin, mikä on ilmeinen seuraus multikollinearisuudesta. Korkokäyrän jyrkkyyden vaikutuksesta swap-korkoeron suuntaan ei hypoteesissa otettu kantaa, mutta tulokset osoittavat johdonmukaisesti sen vaikuttavan korkoeroon negatiivisesti.

Kolmen tekijän regressioissa swap-korkoerojen negatiivinen riippuvuus yleisestä korkotasosta saa tilastollista vahvistusta. Tämä riippuvuus viiden tekijän regressioissa jää kuitenkin todistamatta, mikä johtuu ilmeisesti myös multikollinearisuudesta. Hypoteesin mukaisen negatiivisen vaikutuksen voi kuitenkin sanoa pitävän likimain paikkansa. Yleisen korkotason vaikutuksen voimakkuus swap-korkoeroon havaitaan eri maturiteeteissa pienimmäksi 5 vuoden korko-swapin kohdalla. In, Brown & Fang (2003) havait-

sivat swap-korkoeroilla myös tilastollista riippuvuutta 3 kuukauden maksusitoumukseen, mutta heidän koko 1990-luvun kattaneessa aineistossaan riippuvuus oli heikointa kolmen vuoden maturiteetin kohdalla.

Likviditeettipremio saa positiivisia estimaatteja 1 % merkitsevyystasolla kaikissa maturiteeteissa. Estimaatin itseisarvo pienenee hieman maturiteetin kasvaessa, mikä on yhdenmukaista Fehle'n (2003) tutkimuksen kanssa. Fehle määritteli TED-eron kuitenkin 12 kuukauden LIBOR-koron ja riskittömän koron eroksi, mutta havaitsi swap-korkoeroilla siihen tilastollista riippuvuutta Yhdysvalloissa ja myös euroalueen suurimmissa talousmaissa. Lekkos ym. (2001) sen sijaan käyttivät 3 kuukauden instrumentteja TED-eron määrittelyssä ja 1990-luvun aineistolla suorittamassa tutkimuksessaan totesivat selittävyuden olevan suurinta samoin juuri pienillä maturiteeteilla.

Korkokäyrän jyrkkyyden vaikutus swap-korkoeroon on johdonmukainen eri maturiteeteissa. Muuttujan estimaatit ovat tilastollisesti merkitseviä kaikissa tutkituissa regressioissa ja lisäksi se saa aina negatiivisen etumerkin. Tämän perusteella voimakkaiden taloudellisten kasvuodotusten aikana swap-korkoerolla on ollut taipumus pienentyä. Lekkos, Milas & Panagiotidis (2007) havaitsivat kuitenkin lineaaristen mallien tulkitsevan heikosti swap-korkoeron tekijöitä epälineaarisiin verrattuna taloudellisten suhdannevaihteluiden aikoina. Parhaiten suhdanteiden muutoksia ilmaisivat heidän mukaansa kuitenkin juuri Yhdysvaltojen korkokäyrän suunnanmuutokset.

S&P500-indeksi osakemarkkinoilla olevan luottoriskin edustajana saa estimaattien etumerkeiksi vain negatiivisia arvoja. Tilastollinen selittävyys jää heikoksi, kuten myös riippuvuuden voimakkuus. Monimuuttujaregressioissa osakemarkkinoiden tason havaitaan vaikuttaneen swap-korkoeroon alentavasti vain 2 vuoden maturiteetilla 10 % merkitsevyystasolla. Afonso ym. (2004) havaitsivat osakemarkkinaindeksillä samoin erittäin lievää vaikutusta swap-korkoeroon käyttämässään eurooppalaisessa aineistossa. Alworth (1993) havaitsi kuitenkin omassa tutkimuksessaan osakemarkkinoiden selittävän swap-korkoeroja pitkällä aikavälillä.

Swap-korkoeron sisältämän luottoriskin tutkiminen osakemarkkinoiden tasojä kuvaavien indeksien kautta on Yhdysvalloissa jäänyt vähemmälle huomiolle viimeisen vuosikymmenen aikana. Eri luottoluokan välisten yrityslainojen korkoerot ovatkin ottaneet luottoriskin edustajan roolin. Osakeindeksin tason tulkinta swap-korkoeron selittäjänä on ilmeisesti havaittu liian monimutkaiseksi.

VIX-indeksin muutos ei ole tilastollisesti merkitsevä tekijä yhdessäkään toteutetussa monimuuttujaregressiossa. Kyseinen muuttuja aiheuttaa epäjohdonmukaisimpia tuloksia, koska sen etumerkki vaihtelee eniten. Etumerkkien mukaan osakemarkkinoilla havaittu korkeampi riski laskee swap-korkoeroa 2 ja 10 vuoden maturiteeteilla. Tämä on vastoin tutkimuksessa käytettyä mallia, missä volatilitteetti-indeksin oletetaan edustavan swappien takaisinmaksuriskiä. Etumerkin heilunta johtuu tässäkin tapauksessa todennäköisesti multikollinearisuudesta. Samankaltaisia tuloksia VIX-indeksin vaikutuksesta saivat tuoreella aineistolla myös Kobor ym. (2005), jotka jättivät alustavan tutkimisen jälkeen kyseisen muuttujan pois omasta virheenkorjaus mallilla tehdystä tutkimuksesta sen heikkoon selittävyteen vedoten.

Tilastollisesti merkitsevän selittävän tekijän jättäminen regressioyhtälön ulkopuolella tekee PNS-estimaateista harhaisia, ellei puuttuva tekijä ole korreloimaton valittujen tekijöiden kanssa. Tutkittujen tekijöiden estimaattien varianssit muuttuvat lisäksi pääosin harhaisiksi, mikä tekee hypoteesien testauksen kelvottomaksi. (Ramanathan 1998: 180.) Vaikkakin hypoteeseissa ennustetut etumerkit pitävät kokonaisuudessaan likimain paikkansa, muodostettujen regressioyhtälöiden tulokset osoittavat käytetystä mallista puuttuvan merkittäviä swap-korkoerojen selittäjiä. Mikäli mallista puuttuvat selittävät tekijät eivät korreloi voimakkaasti jo käytettyjen tekijöiden kanssa, täydennetyt mallin selitysasteet nousisivat nykyisiin verrattuna.

Regressioyhtälöiden selitysasteet muuttuivat verrattain maltillisesti saman maturiteetin eri regressioissa riippumatta selittävien tekijöiden lukumäärästä. Muun muassa viiden tekijän regressiot selittivät suurimmillaan vain alle 0,1 % enemmän verrattuna ensimmäiseen likviditeettipreemion, korkokäyrän jyrkkyyden sekä osakeindeksin tason sisältäneeseen kolmen tekijän regressioyhtälöön. Verrattaessa selitysasteita eri maturiteettien välillä, niiden havaitaan johdonmukaisesti pienenevän maturiteetin kasvaessa. Suurimmat selitysasteet saatiin siis 2 vuoden swap-korkoerojen regressioissa ja pienimmät 10 vuoden vastaavissa.

7. YHTEENVETO

Koronvaihtosopimukset eli korko-swakit ovat nimellisellä pääomalla mitattuna maailman käytetyin rahoitusinstrumentti. Niiden merkitys rahoitusmarkkinoilla maailmanlaajuisesti on kasvanut 1980-luvun alusta lähtien erittäin nopeasti. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella koronvaihtosopimusten kehitystä 2000-luvulle käsitellen sen merkitystä kahden suurimman markkina-alueen, Yhdysvaltojen ja euroalueen, näkökulmasta. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään aiempien teorioiden ja tutkimustulosten paikkansapitävyyttä varsin yleisellä tasolla 2000-luvun swap-markkinoilla. Tämän lisäksi koronvaihtosopimuksen korkoeron tekijöitä tarkasteltiin teoreettiselta ja empiiriseltä kannalta käyttäen runsaasti tutkimusartikkeleita lähteinä.

Korkoerotutkimuksen mukaan 1980-luvulla swakit olivat varsin luottoriskillisiä instrumentteja erityisesti takaisinmaksuriskin osalta. Swap-korkoerot, eli swap-koron erot riskittömiin korkoihin verrattuna, olivatkin korko-swappien alkuaikoina yli 200 korkopistettä. Swappien sisältämän luottoriskin tutkimisessa käytettiin hyväksi ominaisuuksiltaan varsin läheisiä jvk-lainoja, joiden tutkimus oli jo pidemmällä. Luottoriski swapeissa nähtiin kuitenkin pienemmäksi kuin jvk-lainoissa, sillä sovitut maksut koskivat vain nimelliselle pääomalle laskettujen korkojen erotusta. Likviditeetin merkitystä korkoeron tekijänä ei vielä otettu huomioon.

1990-luvulle siirryttäessä korko-swappien muodot olivat standardoituneet puitesopimusten käytön yleistyttyä. Niiden käytön myötä luottoriskiä ryhdyttiin hallitsemaan muun muassa vakuuksia käyttämällä. Luottoriskin vähentyessä vakuuksien hallinnan merkitys nousi keskeiseksi. 1990-luvun loppupuolella likviditeetin painottaminen hinnoittelun tutkimisessa kasvoi. Kaiken kaikkiaan swap-korkoerot pienenevät huomattavasti 1990-luvun aikana, jolloin ne olivat Yhdysvalloissa keskimäärin 30–40 korkopistettä.

Tämän tutkimuksen empiirisen osan tarkoituksena oli selvittää swap-korkoerojen riippuvuutta viiteen valittuun tekijään kolmessa eri maturiteetissa, jotka olivat 2, 5 ja 10 vuotta. Tutkimuksessa käytettiin Datastream-tietokannasta saatua yhdysvaltalaista aineistoa vuosilta 2001–2006. Aikasarja kattoi 1470 päivittäistä havaintoa ja sen tilastolliseen tutkimiseen käytettiin Eviews-ohjelmaa.

Selittävinä tekijöinä käytettiin viime vuosikymmenien aikana jo aiemmin tutkittuja varsin perinteisiä tekijöitä. Tekijät jaettiin yleiseen korkotasoon sekä luotto- ja likviditeetti-

tekijöihin. 3 kuukauden maksusitoumusta käytettiin yleisen korkotason edustajana. Luottoriskiä kuvasi kolme edustajaa: korkokäyrän jyrkkyys sekä osakemarkkinoiden tason ja volatiliteetin indeksit. Likviditeettitekijänä toimi likviditeettipremio mitattuna TED-korkoerolla eli 3 kuukauden LIBOR-koron ja saman ajan valtion maksusitoumuksen koron erotuksella.

Tilastollisessa tutkimuksessa muodostettiin regressioyhtälöt ensin yhtä selittävää muuttujaa käyttäen ja lopuksi monimuuttujaregressiot ensin kolmea selittävää ja lopuksi viittä selittävää muuttujaa samanaikaisesti käyttäen. Tätä ennen aikasarja havaittiin lisätysissä Dickey-Fullerin testissä epästationaariseksi, minkä seurauksena selittävinä tekijöinä regressioanalyysissä käytettiin ensimmäisiä muutoksia tasojen sijaan. Virhetermeissä havaittiin heteroskedastisuutta ja autokorrelaatiota. Selittävien tekijöiden multikollineaarisuus nousi ongelmaksi varsinkin yleisen korkotason ja likviditeettipremion välillä sekä lisäksi osakemarkkinamuuttujien välillä.

Yhden muuttujan regressioissa kaikkien maturiteettien swap-korkoeroilla havaittiin tilastollista riippuvuutta selittäviin tekijöihin. Riippuvuuden voimakkuudet olivat kokonaisuudessaan vahvoja ja muodot yhteneviä eri maturiteeteissa. Monimuuttujaregressioissa tutkitut muuttujat osoittautuvat riippuvuuden muodon suhteen jälleen sangen yhteneviksi hypoteesien kanssa. Swap-korkoeroilla havaittiin tilastollista riippuvuutta neljään eri muuttujaan. Likviditeettipremion ja korkokäyrän jyrkkyyden vaikutus luottoriskin edustajana olivat merkitseviä tekijöitä kaikilla tutkituilla maturiteeteilla. Osakemarkkinaindeksin taso osoitti heikompaa riippuvuutta lyhyissä swapeissa. Selitysasteet nousivat parhaimmillaan liki 35,0 %.

Likviditeettipremiolla ja korkokäyrän jyrkkyydellä löydettiin tilastollisesti merkitsevä vaikutus swap-korkoeroon lyhyillä sekä pitkillä maturiteeteilla. Merkittävien riippuvuussuhteiden laatu oli likviditeettipremion osalta positiivinen odotetusti mitattuna LIBOR-koron ja riskittömän maksusitoumuksen välisten korkojen eroilla. Korkokäyrän jyrkkyydellä havaittiin negatiivinen vaikutus swap-korkoeroon perustuen siihen, että vahvat talouskasvuodotukset pienentävät swappeihin kohdistuvaa luottoriskiä. Yleisen korkotason havaittiin vaikuttavan kolmen tekijän regressioissa negatiivisesti swap-korkoeroihin. Viiden tekijän regressioissa yleisen korkotason estimaatit eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä eivätkä etumerkiltään yhdenmukaisia, mikä viittasi multikollineaarisuuteen.

Osakemarkkinaindeksin tasolla havaittiin swap-korkoeroihin vain heikko vaikutus, vaikkakin 2 vuoden swapeilla se oli tilastollisesti merkitsevä. Tämän riippuvuussuhteen muoto kaikilla maturiteeteilla tuki hypoteesia, että korkea osakeindeksin taso madaltaa korko-swappien luottoriskiä. Osakeindeksin volatilitteetillä sen sijaan ei havaittu mitään vaikutusta swap-korkoeroon. Hypoteesi osakemarkkinoiden volatilitteetin vaikutuksesta swappien takaisinmaksuriskin hinnoitteluun jäi vahvistamatta.

Valitun metodologian perusteella johtopäätöksiä tekeminen tässä tutkimuksessa oli odotuksen mukaisesti mahdollista vain varsin yleisellä tasolla. Käsitelty johtopäätösten vaikeudesta vain vahvistui aineiston tutkimusta rajoittavien ominaisuuksien takia, mikä johti tuloksina saatujen estimaattien etumerkkien tulkitsemisen nousuun merkityksellisimmiksi empiirisen tutkimuksen tuloksiksi.

Yksi merkittävä liki kokonaan tässä tutkimuksessa sivuutettu tekijä ja hyödyllinen jatkotutkimuksen aihe olisi swap-korkoerojen omat viipeelliset arvot. Lisäksi jonkin modernin 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä suosittu luottoinstrumentin käyttäminen selittäjänä tekijänä toisi jotain uutta tämän hetkiseen tietoon swappien hinnoittelusta. Monimutkaisempien tilastollisten menetelmien, kuten epälineaarisen regression ja virheenkorjaus tai vektoriautoregressiivisen mallin, hyödyntäminen antaisi lisäksi paremmat lähtökohdat tarkempien johtopäätösten tekemiseen.

LÄHDELUETTELO

- Afonso, António & Rolf Strauch (2004). Fiscal Policy Events and Interest Rate Swap Spreads: Evidence from the EU. European Central Bank Working Paper Series No. 303.
- Alworth, Julian (1993). The Valuation of US Dollar Interest Rate Swaps. BIS Economic Papers No. 35, 1–45.
- Anderson, Ronald & Suresh Sundaresan (2002). A Comparative Study of Structural Models of Corporate Bond Yields: An Exploratory Investigation. *Journal of Banking & Finance* 24, 255–269.
- Arak, Marcelle; Arturo Estrella; Laurie Goodman & Andrew Silver (1988). Interest Rate Swaps: An Alternative Approach. *Financial Management*, Summer, 12–18.
- Arora, Navneet; Jeffrey R. Bohn & Fanlin Zhu (2005). Reduced Form vs. Structural Models of Credit Risk: A Case Study of Three Models. Moody's KMV.
- Bicksler, James & Andrew Chen (1986). An Economic Analysis of Interest Rate Swaps. *Journal of Finance* 41, 645–655.
- Bank for International Settlements (2007). Semiannual OTC Derivatives Statistics at End-December 2007.
- Bingham Nicholas H. & Rüdiger Kiesel (2004). Risk-Neutral Valuation: Pricing and Hedging of Financial Derivatives. 3. painos. London: Springer.
- Black, Fischer & J. C. Cox (1976). Valuing Corporate Securities: Some Effects of Bond Indenture Provisions. *Journal of Finance* 31, 351–367.
- Black, Fischer & Myron Scholes (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy* 81, 81–98.
- Bomfim, Antulio N. (2002). Counterparty Credit Risk in Interest Rate Swaps during Times of Market Stress. Federal Reserve Board, draft.

- Brown, Keith C.; W. V. Harlow & Donald J. Smith (1994). An Empirical Analysis of Interest Rate Swap Spreads. *Journal of Fixed Income* 3, 61–78.
- Brown, Rob & Victor Fang (2005). Can the Choice of Interpolation Method Explain the Difference between Swap Prices and Futures Prices? *Accounting and Finance* 45, 199–216.
- Brown, Rob; Francis In & Victor Fang (2002). Modeling the Determinants of Swap Spreads. *The Journal of Fixed Income*, June, 29–40.
- Chen Andrew & Arthur Selender (1995). Determination of Swap Spreads: An Empirical Analysis. Working Paper, Southern Methodist University.
- Collin–Dufresne, Pierre; Robert S. Goldstein & J. Spencer Martin (2001). The Determinants of Credit Spread Changes. *Journal of Finance* 56, 2177–2207.
- Collin–Dufresne, Pierre & Bruno Solnik (2001). On the Term Structure of Default Premia in the Swap and LIBOR Markets. *The Journal of Finance* 56:3, 1095–1115.
- Cooper, Ian A. & Antonio S. Mello (1991). The Default Risk of Swaps. *The Journal of Finance* 46:2, 597–620.
- Cossin, Didier & Hugues Pirotte (1997). Swap Credit Risk: An Empirical Investigation on Transaction Data. *Journal of Banking & Finance* 21, 1351–1373.
- Cox, John C; Jonathan E. Ingersoll & Stephen A. Ross (1987). The Relationship between Forward Prices and Futures Prices. *Journal of Financial Economics* 9, 321–346.
- Dai, Qiang & Kenneth Singleton (2003). Term Structure Dynamics in Theory and Reality. *The Review of Financial Studies* 16:3, 631–678.
- Duffee, Gregory R. (1999). Estimating the Price of Default Risk. *Review of Financial Studies* 12:1, 197–226.

- Duffie, Darrell & Ming Huang (1996). Swap Rates and Credit Quality. *Journal of Finance* 51:3, 921–949.
- Duffie, Darrell & Kenneth J. Singleton (1997). An Econometric Model of the Term Structure of Interest Rate Swap Yields. *Journal of Finance* 52:4, 1287–1321.
- Elizalde, Abel (2005a). Credit Risk Models II: Structural Models. [online] [siteerattu 10.4.2008]. Saatavana World Wide Webistä:<URL:http://www.abelelizalde.com>.
- Elizalde, Abel (2005b). Credit Risk Models III: Reconciliation Reduced – Structural Models. [online] [siteerattu 10.4.2008]. Saatavana World Wide Webistä:<URL:http://www.abelelizalde.com>.
- Engle Robert F. & C.W.J. Granger (1987). Co–Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica* 55, 251–276.
- Eom, Young Ho; Marti G. Subrahmanyam & Jun Uno (2002). Transmission of Swap Spreads and Volatilities in the Japanese Swap Market. *Journal of Fixed Income* 12:1, 6–28.
- Fang, Victor & Ronny Muljono (2003). An Empirical Analysis of the Australian Dollar Swap Spreads. *Pacific–Basin Finance Journal* 11, 153–173.
- Fehle, Frank (2003). The Components of Interest Rate Swap Spreads: Theory and International Evidence. *Journal of Futures Markets* 23:4, 347–387.
- Feldhütter, Peter & David Lando (2007). Decomposing Swap Spreads. Working Paper, Copenhagen Business School.
- Grinblatt, Mark (2001). An Analytic Solution for Interest Rate Swap Spreads. *Review of International Finance* 2:3, 113–149.
- Guo, Xin; Robert Jarrow & Yan Zeng (2005). Modeling the Recovery Rate in a Reduced Form Model. Working Paper, Cornell University.

- Gupta, Anurag & Marti G. Subrahmanyam (2000). An Empirical Examination of the Convexity Bias in the Pricing of Interest Rate Swaps. *Journal of Financial Economics* 55, 239–279.
- He, Hua (2000). Modeling Term Structures of Swap Spreads. Working Paper, Yale University.
- Heppke–Falk, Kirsten & Felix Hübner (2004). Expected Budget Deficits and Interest Rate Swap Spreads – Evidence for France, Germany and Italy. Deutsche Bundesbank Discussion Paper Series 1:40.
- Howton, Shawn T. & Steven B. Perfect (1998). Currency and Interest-Rate Derivatives Use in US Firms. *Financial Management* 27:4, 111–121.
- Huang, Ying & Carl R. Chen (2007). The Effect of Fed Monetary Policy Regimes on the US Interest Rate Swap Spreads. *Review of Financial Economics* 16, 375–399.
- Huang, Ying & Salih Neftci with Ira Jersey (2002). What Drives Swap Spreads, Credit or Liquidity? Discussion Paper, University of Reading.
- Hull, John C. (2006). *Options, Futures and Other Derivatives*. 6. painos. New Delhi: Prentice–Hall of India.
- In, Francis; Rob Brown & Victor Fang (2003). Modeling Volatility and Changes in the Swap Spread. *International Review of Financial Analysis* 12, 545–561.
- In, Francis; Victor Fang & Rob Brown (2004). Australian and US Interest Rate Swap Markets: Comparison and Linkages. *Accounting and Finance* 44, 45–56.
- International Swaps and Derivatives Association, Inc. (2001). ISDA Margin Survey 2001.
- Jarrow, Robert & Stuart Turnbull (1995). Pricing Derivatives on Financial Securities Subject to Credit Risk. *Journal of Finance* 50:1, 53–85.
- Johannes, Michael & Suresh Sundaresan (2007). The Impact of Collateralization on Swap Rates. *Journal of Finance* 62:1, 383–404.

- Kambhu, John (2004). Trading Risk and Volatility in Interest Rate Swap Spreads. Federal Reserve Bank of New York Staff Reports, no. 178. February.
- Kambhu, John (2006). Trading Risk, Market Liquidity & Convergence Trading in the Interest Rate Swap Spread. The Federal Reserve Bank of New York: FRBNY Economic Policy Review. May. 1–13.
- Kobor, Adam; Lishan Shi & Ivan Zelenko (2005). What Determines U.S. Swap Spreads? World Bank Working Paper No: 62. The World Bank: Washington D.C.
- Lang, Larry H. P.; Robert H. Litzenberger & Andy Luchuan Liu (1998). Determinants of Interest Rate Swap Spreads. *Journal of Banking and Finance* 22:12, 1507–1532.
- Lekkos, Ilias & Costas Milas (2001). Identifying the Factors that Affect Interest-Rate Swap Spreads: Some Evidence from the United States and the United Kingdom. *Journal of Futures Markets* 21:8, 737–768.
- Lekkos, Ilias; Costas Milas & Theodore Panagiotidis (2006). Forecasting Interest Rate Swap Spreads Using Domestic and International Risk Factors: Evidence from Linear and Non-Linear Models. *Journal of Forecasting* 26, 601–619.
- Litterman R. & J. Scheinkman (1993). Common Factors Affecting Bond Returns. *Journal of Fixed Income* 1, 54–61.
- Litzenberger, Robert H. (1992). Swaps: Plain and Fanciful. *Journal of Finance* 47:3, 831–850.
- Liu, Jun; Francis A. Longstaff & Ravit E. Mandell (2006). The Market Price of Risk in Interest Rate Swaps: the Roles of Default and Liquidity Risks. *Journal of Business* 79:5, 2337–2359.
- Longstaff, Francis A. & Eduardo S. Schwartz (1995). A Simple Approach to Valuing Risky Fixed and Floating Rate Debt. *Journal of Finance* 50:3, 789–819.
- Malhotra, D.K. (1997). An Empirical Examination of the Interest Rate Swap Market. *Quarterly Journal of Business and Economics* 36:2, 19–29.

- Minton, Bernadette A. (1997). An Empirical Examination of Basic Valuation Models for Plain Vanilla U.S. Interest Rate Swaps. *Journal of Financial Economics* 44, 251–277.
- Ramanathan, Ramu (1998). *Introductory Econometrics with Applications*. 4. painos. Orlando: Harcourt College Publishers.
- Sharma, Maneesh (1994). Asymmetric Information and Swap Spreads. *American Business Review*, May, 76–79.
- Smith, Clifford. W. Jr.; Charles W. Smithson & Lee Macdonald Wakeman (1988). The Market for Interest Rate Swaps. *Financial Management* 17, 34–44.
- Sorensen, Eric H. & Thierry F. Bollier (1994). Pricing Swap Default Risk. *Financial Analysts Journal* 50, 23–33.
- Suhonen, Antti (1998). *Three Essays on the Finnish Fixed Income Markets*. Väitöskirja. Helsingin kauppakorkeakoulu. A–146. Helsinki.
- Sun, Tong-Sheng; Suresh Sundaresan & Ching Wang (1993). Interest Rate Swaps: An Empirical Investigation. *Journal of Financial Economics* 34, 77–99.
- Titman, Sheridan (1992). Interest Rate Swaps and Corporate Financing Choices. *The Journal of Finance* 47:4, 1503–1516.
- Tuhkanen, Jorma (2006). *Korkokäsikirja sijoittajalle ja lainanottajalle*. Helsinki: Edita.
- Turnbull, Stuart (1987). Swaps: A Zero Sum Game? *Financial Management* 15, 15–21.
- Vasicek, Oldrich (1977). An Equilibrium Characterisation of the Term Structure. *Journal of Financial Economics* 5, 177–188.
- Wall, Larry D. (1989). Interest Rate Swaps in an Agency Theoretic Model with Uncertain Interest Rates. *Journal of Banking and Finance* 13:2, 261–270.