



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

OULUN YLIOPISTON KAUPPAKORKEAKOULU

Tommi Ronkainen

**VAIHTOVELKAKIRJOJEN HINNOITTELU: EMPIIRINEN TUTKIMUS
HINNOITTELUVIRHEISTÄ YHDYSVALTOJEN VAIHTOVELKAKIRJA-
MARKKINOILLA 2005–2013**

Pro gradu -tutkielma

Rahoitus

2016

Yksikkö Rahoituksen yksikkö			
Tekijä Ronkainen Tommi		Työn valvoja Joenväärä J. tutkijatohtori	
Työn nimi Vaihtovelkakirjojen hinnoittelu: Empiirinen tutkimus hinnoitteluvirheistä Yhdysvaltojen vaihtovelkakirjamarkkinoilla 2005–2013			
Oppiaine Rahoitus	Työn laji Pro gradu	Aika Helmikuu 2016	Sivumäärä 56
Tiivistelmä <p>Vaihtovelkakirja (convertible bond) on yrityslaina, joka voidaan vaihtaa ennalta päätettyyn määrään yrityksen osakkeita. Yleensä vaihtovelkakirjalainat ovat amerikkalaistyyllisiä sijoitusinstrumentteja eli niiden muuntaminen osakkeiksi on mahdollista milloin tahansa ennen eräpäivää. Lisäksi vaihtovelkakirjalainoihin sisältyy myös muita ehtoja. Tällaisia ovat esimerkiksi liikkeellelaskijanyrityksen vaihtovelkakirjan ostomahdollisuus (callability), sijoittajan mahdollisuus myydä vaihtovelkakirjansa takaisin liikkeellelaskija yritykselle (putability), osinkosuojaus (dividend protection) ja osakkeiden muutosuhteen uudelleenmäärittelylause (reflex clause). Nämä ehdot tekevät vaihtovelkakirjasopimusten käsittämisen ja niiden hinnoittelun hankalaksi.</p> <p>Vaikka vaihtovelkakirjoilla on pitkä historia, ne ovat useimmille sijoittajille tuntemattomia. Ensimmäisen vaihtovelkakirjalainan laski liikkeelle J. J Hillin yhdysvaltalainen rautatieyhtiö vuonna 1881. Suomessa vvk:t olivat pitkään täysin tuntemattomia useimmille ihmisille, mutta viime aikoina ne ovat nousseet esille sekä poliittisissa että taloudellisissa keskusteluissa. Esimerkiksi Juha Sipilä on maininnut vaihtovelkakirjat yhtenä keinona edistää kasvuyritysten rahoituksen saatavuutta.</p> <p>Vaihtovelkakirjojen hinnoittelemiseksi on olemassa kahdenlaisia malleja: pelkistetyin muodon malleja (reduced-form approach) ja rakenteellisia malleja (structural model). Näiden mallien keskeisenä erona on yrityksen maksukyvyttömyysriskin mallintaminen. Rakenteellisista malleissa tilamuuttujana on yrityksen arvo ja konkurssi määritetään endogeenisenä tapahtumana, joka tapahtuu yrityksen arvon laskiessa velkapääomaa pienemmäksi. Sen sijaan pelkistetyin muodon malleissa tilamuuttujana on yrityksen osakekurssi ja konkurssi mallinnetaan eksogeenisenä prosessina antamalla sille tietty todennäköisyys tietyllä aikavälillä. Näistä malleista rakenteelliset mallit ovat teoreettisesti parempia. Rakenteellisten mallien käyttäminen vaihtovelkakirjan arvonmäärittämisessä on kuitenkin usein hankalaa, sillä dataa ei useimmiten ole riittävästi saatavilla. Tämän vuoksi tutkijat hyödyntävät vvk:en hinnan määrittämisessä yleensä pelkistetyin muodon malleja. Suosituin hinnoittelumalli akateemisten tutkijoiden keskuudessa on Tsioveriksen ja Fernandeksen (1998) kehittämä malli, jota hyödynnän myös omassa tutkimuksessani hinnoitteluvirheen määrittämisessä.</p> <p>Havaintoperiodilla 2005–2013 vvk:t ovat olleet keskimäärin 3,6 % ylihinnoiteltuja. Vaihtovelkakirjojen hinnoitteluvirhe oli suurimmillaan finanssikriisissä vuonna 2009, jolloin vvk:t olivat ylihinnoiteltuja keskimäärin noin 15 %. Finanssikriisin aikaan myös äärimmäiset hinnoittelupoikkeamat saavuttivat maksiminsa molempiin suuntiin. Hinnoitteluvirheiden kasvaminen on mahdollisesti osittain selitettävissä luottoriskipreemion ja volatiliteetin räjähdysmäisellä kasvulla finanssikriisissä. TF-mallin sisältämä oletus vakiovolatiliteetistä ja vakio luottoriskipreemiosta voi siten olla ongelmallinen poikkeuksellisessa tilanteessa. Tutkimuksessani tekemä havainto ylihinnoittelusta on poikkeuksellinen aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna, sillä useimmat tutkimukset ovat todenneet vvk:en olleen alihinnoiteltuja.</p>			

Tutkimuksessani selvitin vaihtovelkakirjojen hinnoitteluvirhettä kolmen tekijän suhteen. Näistä tekijöistä vvk:en juoksuajalla näytti olevan suurin vaikutus hinnoitteluvirheeseen. Pitkien yli 10 vuoden juoksuajan omaavien vvk:en ylihinnointelu oli yli 12 %-yksikköä suurempaa kuin lyhyiden vvk:en. Muita vvk:en hinnoitteluvirheeseen vaikuttavia tekijöitä olivat kohdeyrityksen luottoluokitus ja vaihtovelkakirjan delta. Vaihtovelkakirjan luottoluokituksen vaikutusta tutkin jakamalla vvk:t investointiluokituksen omaaviin lainoihin ja muihin lainoihin ja deltan vaikutusta jakamalla vvk:t tavallisen yrityslainan kaltaisiin ja osakkeen kaltaisiin vaihtovelkakirjoihin estimoimani deltan perusteella.

Asiasanat

Finanssikriisi, TF-malli, regressioanalyysi, maksukyvyttömyysriskin määrittäminen

Muita tietoja

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	YLEISTÄ VAIHTOVELKAKIRJOISTA	8
2.1	Vaihtovelkakirjojen ominaisuudet	8
2.2	Vaihtovelkakirjojen markkinat	11
2.3	Vaihtovelkakirjojen hyödyt ja haitat	15
3	MAKSUKYVYTTÖMYYSRISKIN MALLINTAMINEN	17
4	VAIHTOVELKAKIRJOJEN HINNOITTELU	23
4.1	Vaihtovelkakirjojen hinnoittelun perusteet	23
4.2	Komponenttimalli.....	24
4.3	Margraben malli.....	25
4.4	Brennan Schwartz malli 1980	27
4.5	GS-malli.....	29
4.6	TF-malli.....	30
4.7	AFV-malli.....	33
4.8	Yhteenvedo yksinkertaistetun muodon mallien eroista.....	37
5	ERILAISIA VAIHTOVELKAKIRJOJA	39
5.1	Vaihtovelkakirjatyytit.....	39
5.2	Etuoiikeudetut osakkeet.....	39
5.3	Toisen kohde-etuuden vaihtovelkakirjat.....	40
5.4	Ristikkäisen valuutan vaihtovelkakirjat	40
5.5	Käänteiset vaihtovelkakirjat	41
5.6	Pakkomuunnettavat vaihtovelkakirjat.....	42
6	DATA-KUVAUS	44
7	TULOKSET	46
8	JOHTOPÄÄTÖSET	54
	LÄHTEET	55

TAULUKOT

Taulukko 1. Eri maiden/ maanosien osuus globaaleista vaihtovelkakirja markkinoista.....	12
Taulukko 2. Vaihtovelkakirjojen globaali luottoluokitusjakauma	12
Taulukko 3. Takaisinmaksuosuudet eri velanmaksuprioriteeteillä perustuen Moodyn dataan aikavälillä 1982–2008.....	20
Taulukko 4. Mallien oletukset palautusasteen δ ja luottoriskipreemion CS suhteen	38
Taulukko 5. Yleisimpien vaihtovelkakirjojen osuus kokonaismarkkinoista	39
Taulukko 6. Otokuvaus	45
Taulukko 7. Hinnoitteluvirhe yrityslainan kaltaisilla ja osakkeen kaltaisilla vaihtovelkakirjoilla	50
Taulukko 8. Hinnoitteluvirhe roskalainaluokituksen ja investointiluokituksen vaihtovelkakirjoilla	50
Taulukko 9. Hinnoitteluvirhe lyhyillä ja pitkällä vaihtovelkakirjoilla.....	50
Taulukko 10. Vaihtovelkakirjojen hinnoitteluvirhe del1 ja ttm1 suhteen	50
Taulukko 11. Vaihtovelkakirjojen hinnoitteluvirhettä pe selittävät regressiomallit	51

KUVAAJAT

Kuvaaja 1. Vaihtovelkakirjan arvo	24
Kuvaaja 2. PERCin maksu eräpäivänä	42
Kuvaaja 3. PEPSin maksu eräpäivänä	43
Kuvaaja 4. Keskimääräinen hinnoitteluvirhe	47
Kuvaaja 5. Minimihinnoitteluvirhe eli maksimaalinen alihinnoittelu.....	47
Kuvaaja 6. Maksimihinnoitteluvirhe eli maksimaalinen ylihinnoittelu	48
Kuvaaja 7. Vaihtovelkakirjojen volatilitteetti	48
Kuvaaja 8. Vaihtovelkakirjojen luottoriskipremio	49

1 JOHDANTO

Vaihtovelkakirjojen historia alkaa vuodesta 1881, jolloin J.J. Hillin yhdysvaltalainen rautatieyhtiö laski liikkeelle maailman ensimmäisen vaihtovelkakirjalainan (Spiegeleer & Schoutens 2011: 3). Vvk:t (=vaihtovelkakirjat) ovat sen jälkeen levittäytyneet Kanadaan, Japaniin, Hongkongiin, Iso-Britanniaan ja muutamiin Keski-Euroopan maihin. Suomessa vvk-lainojen liikkeellelasku on ollut suhteellisen vähäistä. Vuosina 1990–2007 niitä on ollut keskimäärin hieman yli kolme vuodessa. (Bancel, Mittoo & Zhang 2009) Viimeisin suuri vvk-lainan liikkeellelasku Suomessa tapahtui Outokummun toimesta helmikuussa 2015. Vaihtovelkakirjat olivat Suomessa pitkään täysin tuntemattomia tavallisille kansalaisille, mutta viime aikoina ne ovat nousseet esille sekä poliittisissa että taloudellisissa keskusteluissa. Esimerkiksi Suomen nykyinen pääministeri Juha Sipilä on ehdottanut, että Suomeen luotaisiin välirahoituksen markkinat niin sanotun kasvurahaston avulla ja esimerkkinä välirahoitusinstrumentista hän on maininnut vaihtovelkakirjat. Sipilän mukaan tällaisen ratkaisun avulla suomalaisten yritysten kasvu helpottuisi ja yritykset säilyisivät todennäköisemmin suomalaisessa omistuksessa. (Kauppalehti 2014).

Vaihtovelkakirjat ovat useimmille yksityissijoittajille tuntemattomia, sillä pääosin ne on suunnattu instituutionaalisille sijoittajille, Yhdysvaltojen tapauksessa erityisesti hedge-rahastoille. Lisäksi vvk:t ovat usein hyvin monimutkaisia sijoituskohteita, joten yksityissijoittajien kyvyt eivät riitä ymmärtämään tarpeeksi hyvin sijoituksen tuottoja ja riskejä. Siten on ymmärrettävää, että he pysyvät poissa vvk-markkinoilta. Vvk-markkinoilla on kahdenlaisia sijoittajia vaihtovelkakirja-arbitraasin tekijöitä eli sijoittajia, jotka ottavat pitkän position vaihtovelkakirjaan ja lyhyen position kohdeyrityksen osakkeeseen ja tavallisia sijoittajia, jotka ottavat vain pitkän position.

Vaihtovelkakirjoista on tehty aikaisemmin paljon tutkimuksia. Tutkimusaiheet ovat jakautuneet pääosin seuraavaan kolmeen kategoriaan: tyypillisiin vaihtovelkakirjoja liikkeellelaskeviin yrityksiin ja niiden liikkeellelaskun syihin, vaihtovelkakirjojen sijoitusstrategioihin ja vaihtovelkakirjojen hinnoitteluun. Tyypillisiä vaihtovelkakirjoja liikkeellelaskevia yrityksiä ja niiden liikkeellelaskun syitä tutkivat ansiokkaasti muun muassa Stephen J. Brown, Bruce D. Grundy, Craig M. Lewis ja Patrick Verwijmejer vuonna 2012. Vvk:en sijoitusstrategioista erinomaisen tutkimuksen

kirjoittivat Vikas Agarwal, William Fung, Yee Cheng Loon ja Narayan Y. Naik (2004). Vvk:en hinnoittelun tunnetuimpia tutkijoita ovat rakenteellisten mallien puolelta Jonathan E. Ingersoll (1977), Michael J. Brennan ja Eduardo S. Schwartz (1977 ja 1980) ja pelkistetyn muodon mallien puolelta Kostas Tsiveriotis ja Chris Fernandes (1998). Näiden tutkimusaiheiden lisäksi on tutkittu vvk-lainan liikkeellelaskun vaikutusta kohdeyrityksen osakkeen tuottoon. Tähän asiaan ovat perehtyneet muun muassa Larry Y. Dann ja Wayne H. Mikkelson (1984). Vaihtovelkakirjojen hinnoittelusta on olemassa paljon teoreettisia artikkeleita, mutta empiiriset tutkimukset ovat jääneet huomattavasti vähemmälle. Siten empiirisille tutkimustuloksille on hyvin rajallinen määrä relevantteja vertailukohteita.

Omassa tutkimuksessani keskityn vaihtovelkakirjojen hinnoitteluun. Aluksi esittelen perustietoa vvk:ista ja niiden markkinoista. Sen jälkeen kerron, millaisia hyötyjä ja haittoja vvk:t tarjoavat yrityksille ja sijoittajille. Sitten esittelen perusteellisesti miten maksukyvyttömyysriskiä voidaan mallintaa, sillä sen syvällinen ymmärtäminen on välttämätöntä vvk:en hinnoittelumallien ymmärtämiseksi. Tämän jälkeen esittelen vvk:en hinnoittelumallit alkaen yksinkertaisesta komponenttimallista päätyen lopulta monimutkaiseen AFV-malliin. Sitten kerroin millaisia eri vaihtovelkakirjoja tai sen kaltaisia sijoituskohteita on olemassa. Lopuksi tutkin empiirisessä osassani vvk:en hinnoitteluvirheitä Yhdysvaltojen markkinoilla ajanjaksolla 2005–2013 TF-mallilla ja selvitän millaiset vvk:t ovat useimmiten ylihinnoiteltuja ja millaiset alihinnoiteltuja. Lisäksi tutkin finanssikriisin vaikutuksia vvk:en hinnoitteluvirheeseen.

2 YLEISTÄ VAIHTOVELKAKIRJOISTA

2.1 Vaihtovelkakirjojen ominaisuudet

Vaihtovelkakirja (convertible bond) on yrityslaina, joka voidaan vaihtaa ennalta päätettyyn määrään yrityksen osakkeita. Yleensä vvk-lainat ovat amerikkalaistyyllisiä sijoitusinstrumentteja eli niiden muuntaminen osakkeiksi on mahdollista milloin tahansa ennen eräpäivää. Lisäksi vvk-lainoihin sisältyy myös muita ehtoja. Tällaisia ovat esimerkiksi liikkeellelaskijanyrityksen vaihtovelkakirjan ostomahdollisuus (callability), sijoittajan mahdollisuus myydä vaihtovelkakirjansa takaisin liikkeellelaskija yritykselle (putability), osinkosuojaus (dividend protection) ja osakkeiden muuntosuhteen uudelleenmäärittäyslause (refix clause). Nämä ehdot tekevät vvk-sopimusten käsittämisen ja niiden hinnoittelun hankalaksi. Sijoittajan on luettava vvk-lainan ehdot huolella läpi ymmärtääkseen vvk:n arvon, sillä standardivaihtovelkakirjasopimuksia ei ole olemassakaan. Vvk:n korko on yleensä pienempi kuin vastaavan yrityslainan korko, sillä sijoittajia kompensoidaan mahdollisuudella vaihtaa vvk osakkeiksi. Vvk-laina on siten erityisen houkutteleva vaihtoehto kasvuyhtiöille. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 5 – 20)

Vaihtovelkakirjan omistajille suoritettava maksu eräpäivänä on

$$\max(N, Cr * S) , \quad (2.1.1)$$

missä N on vaihtovelkakirjan nimellisarvo, Cr on muuntosuhde (conversion ratio) ja S on osakkeen hinta. Vvk:n omistaja valitsee siis eräpäivänä vvk:n nimellisarvon tai vvk:n muunnossa saatavan osakkeiden arvon riippuen siitä kumpi näistä vaihtoehtoista tarjoaa sijoittajalle korkeamman tuoton. Vaihtovelkakirjaa voidaan lähestyä kahdesta eri näkökulmasta: korkosijoittajan näkökulmasta ja osakesijoittajan näkökulmasta. Korkosijoittajan näkökulmasta vvk:n maksu eräpäivänä on

$$N + \max(0, Cr * S - N). \quad (2.1.2)$$

Korkosijoittaja näkee siten vvk:n tavallisen yrityslainan ja osto-option yhdistelmänä. Tässä ”osto-optiossa” oston kohteena ei kuitenkaan ole vain yksi osake vaan oston

kohteena olevien osakkeiden lukumäärä on muuntosuhteen Cr suuruinen. Osakesijoittajan näkökulmasta vvk:n maksu eräpäivänä on

$$Cr * S + \max(0, N - Cr * S). \quad (2.1.3)$$

Osakesijoittajalle vvk on siten tavallisen osakkeen ja myyntioption yhdistelmä. Tässäkin tapauksessa ”myynti-optio” koskee muuntosuhteen mukaista määrää osakkeita. On kuitenkin muistettava, ettei vaihtovelkakirjaa usein pidetä viimeiseen päivään saakka, vaan se muunnetaan osakkeiksi, myydään tai ostetaan takaisin liikkeellelaskijayrityksen toimesta ennen eräpäivää. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 3–4)

Tyypillisesti vvk-laina sisältää liikkeellelaskijayrityksen takaisinostomahdollisuuden, joka on mahdollista hyödyntää tiettyinä päivinä ennalta määrätyllä hinnalla (Zabolotnyuk, Jones & Veld 2010). Takaisinoston toteuttamisen jälkeen sijoittajalla on kuitenkin aina harkintaperiodi, jonka aikana hän voi päättää vaihtaako vvk:n osakkeiksi vai ei. Siten takaisinosto ei koskaan pääse yllättämään sijoittajia. Lähes poikkeuksetta vvk:n alussa on ostosuojausperiodi (call protection period), jolloin liikkeellelaskijayritys ei voi hyödyntää takaisinostomahdollisuuttaan. Lisäksi takaisinoston toteuttamiseen saattaa liittyä ehto, jonka mukaan takaisinosto on mahdollista ainoastaan, kun osakkeen hinta ylittää tietyn ennalta määritetyn rajan. Tämä raja voi olla joustava tai joustamaton. Joustavalla rajalla (soft barrier) tarkoitetaan sitä, että ostomahdollisuus määritetään yhden päivän hinnan sijasta jollakin pidemmällä aikaperiodilla. Esimerkiksi kahtenäkymmenenä päivänä kolmenkymmenen päivän periodilla osakkeen hinnan päiväkeskiarvon on oltava ennalta määritettyä rajaa suurempi tai viitenä päivänä kahdestakymmenestä päivästä osakkeen hinnan on ylitettävä tietty ennalta määritetty arvo. Joustamaton raja (hard barrier) tarkoittaa vastaavasti sitä, että ostomahdollisuus määritetään aina yhden päivän perusteella. Lisäksi sopimukseen voi sisältyä ehto, että tämä raja kasvaa ajan kuluessa. Siten vaihtovelkakirjan takaisinosto tulee yhä vaikeammaksi. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 13–20) Myös vvk:n takaisinostohinta voi olla määritetty kasvavaksi funktioksi ajan suhteen, mikä on itse asiassa tilanne yli 50 % vvk-lainoista (Grimwood & Hodges 2002). Lisäksi vvk-sopimukseen voi sisältyä ehto, että liikkeellelaskijayrityksen takaisinostaessa vvk:n sopimusehdot paranevat. Englanniksi tätä kutsutaan termillä

makewhole. Ehtojen parantaminen voidaan toteuttaa kahdella tavalla: osakkeiden muutosuhteen parantamisella tai ylimääräisen rahasumman maksamisella vaihtovelkakirjaa ostettaessa. Tämä ylimääräinen rahasumma voi riippua vvk:n jäljellä olevasta juoksuajasta. Esimerkkinä tällaisesta sopimusehdosta on vaatimus jäljellä olevien kuponkimaksujen nykyarvon maksamisesta sijoittajille vvk:n takaisinoston yhteydessä. Liikkeellelaskijayrityksen osto-option lisäksi vvk-laina voi sisältää sijoittajan myyntimahdollisuuden. Myyntimahdollisuus parantaa sijoittajan tuottoa, kun yrityksellä menee erittäin huonosti, sillä sijoittaja voi myydä lainansa takaisin ennen kuin yritys ajautuu konkurssiin. Myyntimahdollisuuden sisältävät vvk-lainat kuuluvat kuitenkin vähemmistöön. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 16 –17)

Vuonna 1991 Japanissa keksittiin osakkeiden muutosuhteen uudelleenmäärittäyslause (refix clause) (Grimwood & Hodges 2002). Tämä lause tarkoittaa, sitä että osakkeiden muutosuhde määritetään tiettyinä päivinä uudelleen osakkeen hintakehitykseen perustuen. Jos osakkeen hinta laskee, niin muutosuhdetta parannetaan. Vastaavasti osakkeen hinnan noustessa muutosuhde huononee. Muutosuhteen muutoksen suuruutta rajoitetaan usein ylä- ja alarajoilla, jotka määritetään yleensä prosentteina. Näiden rajojen määrittäminen voidaan tehdä joko edelliseen uudelleenmäärittelyyn tai alkuperäiseen muutosuhteeseen perustuen. Uudelleenmäärittäystapoja on kaksi: yhden päivän hinnan perusteella toteutettava uudelleenmäärittely ja tietyn ajanjakson osakkeen keskihinnan perusteella toteutettava uudelleenmäärittely. Uudelleenmäärittäyslause on edelleen yleisessä käytössä Japanin markkinoilla, mutta muilla markkinoilla sen käyttö on vähäistä. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 142 –144)

Osinkojen kasvattaminen vähentää osakkeiden arvoa ja on siten haitallinen vvk-sijoittajille. Sijoittajia suojataan osinkojen kasvattamiselta kahdella tavalla: lisäosingot maksetaan sijoittajalle ylimääräisenä kuponkimaksuna tai osakkeiden muutosuhdetta parannetaan osingon kasvattamisen mukaisessa suhteessa. Sijoittajaa myös suojataan kohdeyrityksen haltuunottotilanteissa. Ostajayrityksen tehdessä vain rahatarjouksen vvk:n omistaja menettää tuoton kuponkimaksuista sekä mahdollisen tuoton vvk:n muuttamisesta osakkeiksi tulevaisuudessa. Siten yrityksen haltuunotto vaikuttaa samalla tavalla kuin liikkeellelaskijayrityksen vvk:n yllättävä takaisinosto. Yksi mahdollinen tapa suojata sijoittajaa tällaisessa tilanteessa on ylimääräisen myyntimahdollisuuden tarjoaminen. Ostajayrityksen kannalta tämä on tietysti huono

asia, sillä haltuunoton suojaus voi nostaa haltuunoton hintaa esimerkiksi nimellisarvoa korkeamman myyntimahdollisuuden johdosta. Vvk-sopimukseen voi sisältyä myös negatiivisen panttauksen ehto, mikä parantaa vvk-sijoittajien asemaa liikkeellelaskijayrityksen konkurssissa. Negatiivinen panttaus (negative pledge) tarkoittaa, ettei yritys saa antaa vakuudeksi mitään varojaan ilman kaikkien velkakirjojen omistajien suostumusta. Lisäksi on mahdollista, että vvk:lle maksettavan koron suuruus on määrätty riippumaan liikkeellelaskijayrityksen osakekurssista. Vaihtovelkakirjaan voi liittyä myös ehto, että vvk:n vaihtaminen osakkeiksi on mahdollista vain kun osakkeen hinta on ylittänyt tietyn raja-arvon. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 18–20)

2.2 Vaihtovelkakirjojen markkinat

Vaikka vaihtovelkakirjoilla on pitkä historia, ne ovat useimmille sijoittajille tuntemattomia. Ensimmäisen vvk-lainan laski liikkeelle J. J Hillin yhdysvaltalainen rautatieyhtiö vuonna 1881 (Spiegeleer & Schoutens 2011: 3). Vvk:en juoksuaika on usein suhteellisen pitkä 10–20 vuotta (Choudhry 2008: 357). Suurin osa vvk:ista on kiinteäkorkoisia, mutta vaihtuvakorkoisiaakin lainoja on olemassa (Spiegeleer & Schoutens 2011: 15). Useat suuret yritykset ovat liikkeellelaskeneet yli miljardin euron vvk-lainoja. Suurimman vvk-lainan, noin 5 miljardia euroa, laski liikkeelle saksalainen KFW Bank vuonna 2003. (Fabozzi 2005: 1396) Vvk:n suurimpia liikkeellelaskijoita ovat olleet sähkö- ja kuljetusyhtiöt. Myös valtiot ovat liikkeellelaskeneet vaihtovelkakirjoja. Tällöin vvk:n vaihto-oikeuden kohteena on ollut osakkeen sijasta toinen velkainstrumentti. (Choudhry 2001: 357–358) Yleensä vvk-lainat liikkeellelasketaan at-the-money tilassa eli tilanteessa, jossa vvk:n välitön muunnosarvo (S^*Cr) on vvk:n nimellisarvon suuruinen (Zadikov 2010). Vvk:en markkinat eroavat merkittävästi maiden välillä. Yhdysvalloissa vvk-lainojen liikkeellelaskukoko on suuri ja ne myydään useimmiten vain rahastoille. Sen sijaan Japanissa liikkeellelaskukoko on erittäin pieni ja kaikki sijoittajat voivat käydä vvk:illa kauppaa Tokion pörssissä. (Fabozzi 2008: 320) Japanin markkinan erityispiirteenä on myös se, että lähes 80 % vvk:issa lasketaan liikkeelle muussa kuin kotimarkkinoiden valuutassa jenseissä. Yleensä liikkeellelasku valuuttana toimii dollari, mutta 90-luvulla vvk:t liikkeellelaskettiin Japanissa lähes yksinomaan Sveitsin frangeissa. (Grimwood & Hodges 2002) Markkinat eroavat myös merkittävästi sen suhteen millaiset yritykset

liikkeellelaskevat vvk-lainoja. Yhdysvalloissa vvk-lainoja liikkeellelaskevat pienet yritykset, joiden luottoluokitus BB tai alhaisempi. (Fabozzi 2008: 320) Lisäksi Yhdysvaltojen markkinoilla on suhteellisen yleistä, ettei vaihtovelkakirjoja liikkeellelaskevilla yrityksillä ole lainkaan tavallista yrityslainaa (Zabolotnyuk, Jones & Veld 2010). Sen sijaan Euroopassa vvk:en liikkeellelaskijat ovat suuria vähintään BBB luottoluokituksen omaavia yrityksiä, jotka lähes poikkeuksetta omaavat myös tavallista yrityslainaa (Fabozzi 2008: 320). Myös korkojen maksutiheys erottaa markkinoita, sillä Yhdysvalloissa ja Japanissa korot maksetaan puolivuositain, mutta Euroopassa vuosittain (Spiegeleer & Schoutens 2011: 15).

Taulukko 1. Eri maiden / maanosien osuus globaaleista vaihtovelkakirja markkinoista.

Maa/ Maanosa	%
USA	50,69
Eurooppa	29,22
Japani	9,80
Muu Aasia	9,75
Latinalainen Amerikka	0,54

Lähde: Spiegeleer ja Schoutens 2011: 58

Taulukko 2. Vaihtovelkakirjojen globaali luottoluokitusjakauma.

Luottoluokitus	%
AAA	3,7
AA	2,58
A	11,79
BBB	23,37
BB	12,51
B	10,83
C	3,33
Ei luokitusta	31,89

Lähde: Spiegeleer ja Schoutens 2011: 56

Kuten ylläolevista taulukoista on havaittavissa, noin puolet vaihtovelkakirjamarkkinoista on keskittynyt Yhdysvaltoihin. Markkinoiden keskittymistä Yhdysvaltoihin selittää rahoitusmarkkinoiden edelläkävijämaan asema sekä monien suurten hedge-rahastojen sijoittautuminen sinne. Japani oli parikymmentä vuotta ylivoimaisesti toiseksi tärkein vvk-markkina ja parhaimmillaan se edusti lähes puolta markkinoista. Lisäksi siellä kehitettiin eräs uusi ominaisuus vvk:ille, osakkeiden

muuntosuhteen uudelleenmäärittäyslause, joka on käytössä edelleen valtaosassa Japanissa liikkeellelasketuissa vaihtovelkakirjoissa. Nykyään Japanin osuus globaaleista vvk-markkinoista on pienentynyt alle kymmeneen prosenttiin. Euroopan osuus globaaleista vvk-markkinoista alkoi kasvaa 90-luvun lopussa ja nykyään sen osuus on lähes 30 %. Euroopassa tärkeitä vvk:en markkinoita ovat Iso-Britannia ja Keski-Euroopan maat. (Bancel, Mittoo & Zhang 2009) Japanin ulkopuolisen Aasian tärkeänä vvk:en kauppapaikkana toimii Hongkong. Japanin ulkopuolisen Aasian osuus vvk-markkinoista on lähes 10 %. Luottoluokitusjakaumassa silmäänpistävässä asiana on suuri määrä vvk-lainoja, joiden liikkeellelaskijayrityksellä ei ole lainkaan luottoluokitusta. Tällaiset vvk-lainat edustavat lähes 32 % globaaleista vvk-markkinoista. Yhdysvalloissa tällaisten vvk-lainojen osuus on huomattavasti suurempi ja vastaavasti muilla markkinoilla osuus on huomattavasti pienempi. Toinen huomionarvoinen seikka luottoluokitusjakaumassa on liikkeellelaskijayritysten keskittyminen jakauman keskelle B-BBB luottoluokituksille, jotka edustavat 46,7 % kaikista vaihtovelkakirjojen liikkeellelaskijayrityksistä. Erittäin korkean tai erittäin matalan luottoluokituksen omaavia vvk:en liikkeellelaskijoita on suhteellisen vähän. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 56–58)

Vaihtovelkakirjamarkkinoilla on kahden tyyppisiä sijoittajia: tavallisia sijoittajia ja vaihtovelkakirja-arbitraasin tekijöitä. Tavalliset sijoittajat ottavat vain pitkän position ja perustavat sijoituspäätöksensä vvk:n houkuttelevan hintaan tai arvioon osakkeen alihinnoittelusta. Tyypillisesti ainut riski, jolta he suojautuvat on valuuttariski. Vvk-arbitraasin tekijät sitä vastoin suojaavat positionsa eliminoimalla vvk:n komponentit, jotka heidän mielestään ovat liian riskisiä tai yliarvostettuja. He voivat suojautua neljältä erilaiselta riskiltä: 1. suojautuakseen konkurssiriskiltä he voivat ostaa konkurssivakuutuksen (credit default swap), 2. suojautuakseen korkoriskiltä he voivat myydä velkakirjafutuurin tai ostaa swapin, jolla he maksavat korot kiinteällä korolla ja saavat ne vaihtuvalla korolla, 3. suojautuakseen volatilitteettiriskiltä he voivat myydä osto-option, 4. suojautuakseen osakeriskiltä he voivat myydä osakkeita. Viimeiseltä suojautuminen on ylivoimaisesti näistä yleisin tapa ja siksi vaihtovelkakirja-arbitraasi usein samaistetaan siihen. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 58–60) Erityisesti arbitraasin tekijät suosivat tilanteita, joissa vvk on vahvasti in-the-money, sillä silloin osakeriskiltä suojautuminen on kaikkein helpointa (Asness, Berger & Palazzolo 2009). Yleisin vvk-arbitraasistrategia on tuottanut vakaata tuottoa viime vuosina ja se on ollut

aikaisemmin yksi parhaiten tuottaneista hedge-rahastojen sijoitusstrategioista (Loncarski, Ter Horst & Veld 2006). Tyypillisesti vvk-arbitraasin tekijät ovat hedge-rahastoja, jotka useimmiten toimivat Yhdysvaltojen markkinoilla. Näiden arbitraasin tekijöiden osuus on ollut keskimäärin noin puolet vvk-sijoittajista. Ennätys tapahtui vuonna 2008, jolloin heidän osuutensa oli peräti 75 %. Viime vuosina vvk-arbitraasin tekijöiden osuus on laskenut ja vastaavasti tavallisten sijoittajien osuus noussut. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 58–60)

Vaihtovelkakirjamarkkinoilla toimii ostajien ja myyjien lisäksi myös muita osapuolia. Näitä osapuolia ovat: pääjärjestäjä (lead manager), markkinatakaaja (market maker), edunvalvoja (trustee) ja maksuasiamies (paying agent). Pääjärjestäjänä toimii usein investointipankki tai pankkien yhteenliittymä. Pääjärjestäjän tehtävänä on avustaa yritystä vvk-sopimuksen ehtojen määrittelyssä ja laatia vvk-sopimus. Pääjärjestäjä saa luonnollisesti näistä tehtävistä liikkeellelaskijayritykseltä palkkion. Pääjärjestäjä ottaa vastuulleen myös vvk:en jälleenmyynnin, ja myymättä jääneet vvk:t jäävät pääjärjestäjän haltuun. Pääjärjestäjä maksaa yritykselle vvk-sopimuksen arvon rahana ennen jälleenmyynnin toteutusta. Siten vvk:en jälleenmyyntiin liittyvä rahoitusriski on pääjärjestäjällä eikä liikkeellelaskijayrityksellä. Edunvalvoja on liikkeellelaskijayrityksen nimittämä henkilö, jonka tehtävä on valvoa vvk-sijoittajien etua. Hänen tehtävänä on pitää kirjaa vvk:en omistajista ja varmistaa näille kuponkikorkojen maksu. Lisäksi hänen tulee tarkistaa vvk-sopimus. Edunvalvojan rooli on erityisen tärkeä, jos yritys laiminlyö velkansa. Maksuasiamiehen tehtävänä on maksaa kuponkikorot sijoittajille liikkeellelaskijayrityksen puolesta. Markkinatakaajien tehtävänä on pitää silmällä vaihtovelkakirjoista tehtyjä tarjouksia tehdäkseen voittoa osto- ja myyntihintojen erolla. Vaikka vvk:t ovat yleensä pörssilistattuja, ne eivät ole kovin likvidejä sijoituskohteita. Pörssilistauksen syynä on sääntely, joka mahdollistaa institutionaalisten sijoittajien sijoittavan vain pörssilistattuihin sijoituskohteisiin. Pörssilistauksesta huolimatta suurin osa vvk:en kaupankäynnistä erityisesti Yhdysvaltojen markkinoilla on osapuolten kahdenvälistä kaupankäyntiä. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 62–64)

2.3 Vaihtovelkakirjojen hyödyt ja haitat

Yleisesti ottaen hyvät yritykset liikkeellelaskevat velkaa ja huonot osakkeita. Vaihtovelkakirja sijoittuu näiden välimaastoon, joten olisi loogista ajatella, että keskitason yritykset liikkeellelaskevat vaihtovelkakirjoja. Erityisesti korkean volatiliteetin yritykset hyötyvät vvk:ista, sillä korkea volatiliteetti tarkoittaa muunto-oikeuden korkeaa arvoa, jota yritykset voivat kompensoida alhaisemmalla korolla (Asness, Berger & Palazzolo 2009). Velkainstrumentteihin, myös vaihtovelkakirjoihin, liittyy osakkeisiin nähden verotuksellinen etu. Velkainstrumenteille maksettavat korot ovat verotuksessa vähennyskelpoisia, mutta osakkeenomistajille maksettavat osingot eivät ole. Vvk-laina on erityisen houkutteleva vaihtoehto kasvuyrityksille, sillä vvk minimoi yrityksen rahoituskustannukset. Koska standardia vvk-sopimusta ei ole olemassa yritys voi räätälöidä lainaehdonsa juuri omiin tarpeisiinsa sopiviksi. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 5–8) Esimerkki tällaisesta räätälöidystä vvk:sta on nousevan koron vaihtovelkakirjat (step-up convertible), jotka maksavat alkuvuosina alhaisempaa korkoa ja sen jälkeen korkeampaa korkoa. Nousevan koron vvk:n koron maksun voidaan siten jakaa kahteen periodiin maksettavan koron suuruuden suhteen. (Choudhry 2001: 358) Tällaisella lainasopimuksella yritys voi helpottaa alkuvuosien hankalaa rahoitustilannettaan ja panostaa kasvuun. Tavoitteena on maksaa vvk-sijoittajille kunnon tuottoa vasta sitten kun yrityksen rahoitusasema ja liiketoiminta on saatu vakaalle pohjalle.

Nykyisille osakkeenomistajille uuden vvk-lainan liikkeellelaskun huonona puolena on omistuksen arvon laimentuminen (dilution). Omistuksen arvon laimentumisella tarkoitetaan sitä, että uusien osakkeiden luominen vähentää nykyisille osakkeenomistajille tulevien suhteellisten osinkojen määrää tulevaisuudessa, sillä yrityksen voitolle on uusien osakkeiden luonnin vuoksi enemmän jakajia. Lisäksi uusien osakkeiden luominen vähentää nykyisten osakkeenomistajien päätösvaltaa yrityksen asioista. Osakkeiden liikkeellelaskun yhteydessä osakekurssi on laskenut keskimäärin 2-4 %, mutta vaihtovelkakirjojen tapauksessa lasku on ollut pienempi. Osakekurssin lasku on yleensä sitä suurempi mitä suurempi on vvk:n delta. Laimenemisen lisäksi osakekurssin alenemisen syynä ovat olleet arbitraasiaktiviteetit eli liikkeellelaskijayrityksen osakkeiden lyhyeksi myynnit. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 7)

Sijoittajan näkökulmasta vaihtovelkakirjojen hyötynä on negatiivinen konveksisuus osakkeen arvoon nähden. Osakkeen arvon kasvaessa vvk:n optio-osa dominoi ja vvk:n arvo tulee yhä enemmän riippuvaisemmaksi osakkeen arvosta. Sen sijaan osakkeen arvon laskiessa yrityslainaosa dominoi ja vvk:n arvo tulee yhä vähemmän riippuvaiseksi osakkeen arvosta. Poikkeuksena yllä olevaan ovat äärimmäisen alhaiset osakkeiden hinnat, jolloin osakkeen hinnan alentuminen toimii merkinä konkurssitodennäköisyyden noususta. Vvk tarjoaa siten sijoittajille mahdollisuuden korkeaan tuottoon suhteellisen alhaisella riskillä. Vvk:n riski on osaketta huomattavasti pienempi, mutta optio-osan ja osinkotuottoa yleensä korkeamman kuponkikoron ansiosta, sillä on mahdollista saavuttaa korkeampi tuotto. Vvk-laina lisää myös sijoittajan hajautushyötyjä, sillä sen korrelaatio muihin sijoituskohteisiin on ykköstä pienempi. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 9–11)

3 MAKSUKYVYTTÖMYYSRISKIN MALLINTAMINEN

Vaihtovelkakirjojen hinnoittelun mahdollistamiseksi on välttämätöntä määrittää yrityksen maksukyvyttömyysriski (default risk), jonka perusteella voidaan määrittää yrityksen luottoriskipreemio (credit spread). Maksukyvyttömyysriskin määrittämiseksi on olemassa kaksi tapaa: pelkistetyn muodon mallit (reduced-form approach) ja rakenteellinen mallit (structural model). Pelkistetyn muodon mallit perustuvat eksogeeniselle prosessille, jonka tilamuuttujana on liikkeellelaskijayrityksen osakkeen arvo. Sen sijaan rakenteelliset mallit perustuvat endogeeniselle prosessille, jonka tilamuuttujana on liikkeellelaskijayrityksen arvo. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 204—205) Ymmärtääksemme maksukyvyttömyysriskin ja luottoriskipreemion yhteyttä paremmin johdamme pelkistettyjen mallien perustana toimivan luottokolmioyhtälön.

Oletetaan, että yrityksen selviytymistodennäköisyys on p_s , jolloin konkurssin todennäköisyys on $1-p_s$. Tällöin ehdollinen konkurssin todennäköisyys $p(B|A)$ sille, että aikavälillä $t \rightarrow t+\Delta t$ yritys ajautuu konkurssiin on

$$p(B|A) = (p_s(t) - p_s(t + \Delta t)) / p_s(t), \quad (3.1)$$

missä

A= yritys selviytyy t:hen asti ja

B = yritys ajautuu konkurssiin aikavälillä $t \rightarrow t+\Delta t$.

Tämän perusteella saadaan johdettua konkurssin todennäköisyydelle λ seuraava kaava

$$\lambda dt = (p_s(t) - p_s(t + dt)) / p_s(t) \quad (3.2)$$

$$\lambda dt \sim \log(p_s(t) - \log(p_s(t + dt))). \quad (3.3)$$

Tämän perusteella selviytymistodennäköisyys saadaan seuraavaan muotoon

$$p_s = e^{\int_0^t \lambda(s) ds}. \quad (3.4)$$

Konkurssin todennäköisyys $\lambda(S)$ on käänteisesti riippuva liikkeellelaskijayrityksen osakkeen hinnasta S . Jos konkurssin todennäköisyyden aikarakenne on suora eli se pysyy ajan suhteen vakiona, niin

$$p_s(T) = e^{(-\lambda(T))} \quad (3.5)$$

$$p_s(T) \sim 1 - \lambda t. \quad (3.6)$$

Tavalliselle nollakuponkivelkakirjalla voidaan johtaa seuraava kaava:

$$B = N * (p_s + (1 - p_s)R)e^{-r*T}, \quad (3.7)$$

missä

N = velkakirjan nimellisarvo,

B = vaihtovelkakirjan hinta,

p_s = selviytymistodennäköisyys,

R = takaisinmaksuosuus yrityksen ajautuessa maksukyvyttömäksi (recovery rate),

r = riskitön korkokanta ja

T = velkakirjan juoksuaika.

Ylläoleva kaava toimii lähtökohtana pelkistetyn muodon lähestymistavoille. Nollakuponkivaihtovelkakirjan arvon määrittämiseen voidaan käyttää myös alla olevaa kaavaa

$$B = N * e^{-(r+CS)T}, \quad (3.8)$$

missä CS on luottoriskipremio. Yhdistämällä edellä olevat kaksi kaavaa saadaan

$$e^{-CS*T} = p_s + (1 - p_s)R \quad (3.9)$$

Koska $p_s(T) \sim 1 - \lambda * T$ niin

$$1 - CS * T = 1 - \lambda * T + \lambda * T * R$$

$$\lambda = CS/(1-R) \quad (3.10)$$

eli konkurssin todennäköisyys λ on suoraan riippuvainen luottoriskipreemiosta CS ja kääntäen riippuvainen odotetusta suhteellisesta tappiosta konkurssissa 1-R. Yllä olevaa yhtälöä kutsutaan luottokolmioksi, sillä se muodostaa selvän yhteyden konkurssin todennäköisyyden, luottoriskipreemion ja takaisinmaksuosuuden välille. Luottokolmioyhtälö voidaan esittää myös seuraavassa muodossa:

$$\frac{CS_{senior}}{1 - R_{senior}} = \frac{CS_{subordinated}}{1 - R_{subordinated}} = \lambda, \quad (3.11)$$

sillä yrityksellä on vain yksi konkurssin todennäköisyys λ . Siten yrityksellä olevien velkojen korkoerot ovat vain ja ainoastaan selitettävissä erilaisilla velan senioriteeteillä. Luottoriskipreemiot voitaisiin siis määrittää ylläolevalla kaavalla, mutta yleisemmin käytetään saman luottoluokituksen omaavan yrityksen luottoriskipreemiota oikean velkakirjan arvon laskemiseksi. Tämä mahdollistaa luottoriskipreemion laskemisen myös tapauksissa, jolloin yritykselle ei ole lainkaan tavallista velkaa. Konkurssin todennäköisyys λ voidaan olettaa vakioksi, mutta realistisempaa on käyttää osakkeenhinnan suhteen laskevaa funktiota. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 95—99) Esimerkiksi japanilaiset tutkijat Akihiko Takahashi, Takao Kobayashi ja Naruhisa Nakagawa (2001) käyttivät konkurssitodennäköisyyden λ laskemiseen seuraavaa kaavaa:

$$\lambda(S_t, t) = \lambda(S_t) = \theta + c / S_t^b, \quad (3.12)$$

missä θ , c ja b ovat vakioita ja S_t osakkeen hinta ajanhetkellä t . Nämä vakiot voidaan määrittää hyödyntämällä saman yrityksen tavallista velkakirjaa, jonka perusteella saadaan luottoriskipreemio CS ja luottokolmion perusteella myös konkurssiriski λ .

Taulukko 3. Takaisinmaksuosuudet eri velanmaksuprioriteeteillä perustuen Moodyn dataan aikavälillä 1982–2008.

Velkakirjan senioriteetti	Takaisinmaksuosuus (%)
Vakuudellinen seniorivelka	52,3
Vakuudeton seniorivelka	36,4
Alisteinen seniorivelka	31,7
Alisteinen velka	31,0
Alisteinen juniorivelka	24,0
Etuoikeutetut osakkeet	11,0

Lähde: Spiegeleer ja Schoutens 2011: 98

Yllä olevasta taulukosta nähdään, että takaisinmaksuasteella on huomattavia eroja velan senioriteetistä riippuen. Vakuudellisen seniorivelan takaisinmaksuosuus konkurssissa on peräti 52,3 %, kun alisteisella juniorivelalla se on vain 24 %. Myös saman senioriteetin sisällä velan takaisinmaksuosuudet eroavat huomattavasti, sillä takaisinmaksuosuuksien keskihajonta on korkea 20 - 25 %. Takaisinmaksuosuuksien keskihajonta on hieman suurempi korkean senioriteetin kuin alhaisen senioriteetin velkakirjoilla. (Wilmott 2007: 485)

Rakenteelliset mallit perustuvat seuraavalle kaavalle:

$$S(A, T) = \max(A - D, 0) \text{ ja } V(A, T) = \min(D, A), \quad (3.13)$$

missä $S(A, T)$ on yrityksen osakepääoma A on yrityksen varat ja D on yrityksen velat. Kaavassa yrityksen varat A seuraavat seuraavaa prosessia:

$$\Delta A = \mu A \Delta t + \sigma A \Delta X. \quad (3.14)$$

Soveltaen Black-Scholes 1973 mallia saadaan muodostettua tavallisista velkakirjoista ja lyhyeksi myydyistä osakkeista riskitön portfolio

$$\Pi = V - \beta S. \quad (3.15)$$

Siten portfolion arvon muutos on

$$d\Pi = dV - d\beta S.$$

hyödyntäen Ito lemmaa saadaan

$$d\Pi = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 A^2 \frac{\partial^2 V}{\partial A^2} - \beta \frac{\partial S}{\partial t} - \frac{1}{2} \beta \sigma^2 A^2 \frac{\partial^2 S}{\partial A^2} \right) \Delta t + \left(\frac{\partial V}{\partial A} - \beta \frac{\partial S}{\partial A} \right) \Delta A.$$

Sitten valitaan riskin neutraloimiseksi

$$\beta = \frac{\frac{\partial V}{\partial A}}{\frac{\partial S}{\partial A}}$$

ja asetetaan portfolion tuotto riskittömän korkokannan r suuruiseksi, sillä näin muodostettu portfolio on riskitön.

Tällöin saadaan

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 A^2 \frac{\partial^2 V}{\partial A^2} + rA \frac{\partial V}{\partial A} - rV = 0. \quad (3.16)$$

Koska $V(A, T) = \min(D, A)$ ja

$$S(A, T) = \max(A - D, 0),$$

niin osakepääoman arvo (ja siten myös osakkeen) saadaan laskettua osto-optiona, jonka kohde-etuutena on yhtiön arvo A ja lunastushintana yhtiön velan määrä D . Jos tämän osto-option arvo on out-of-money, niin se tarkoittaa, että yhtiö on konkurssissa. Siten ylläolevalla mallilla voidaan löytää konkurssin riskineutraali todennäköisyys ja takaisinmaksuosuus konkurssitilanteessa vertaamalla sitä tavallisesti käytettävään velkakirjan hinnoittelukaavaan (Wilmott 2007: 474—475). Vaikka rakenteelliset mallit ovat pelkistetyn muodon malleja teoreettisesti parempien, niiden soveltaminen käytäntöön on vaikeaa, sillä yrityksen arvo ei ole vapaasti havaittavissa markkinoilta toisin kuin osakekurssi (Takahashi, Kobayashi & Nakagawa 2001). Lisäksi

liikkeellelaskijayritysten monimutkainen pääomarakenne vaikeuttaa rakenteellisten mallien soveltamista käytäntöön, mutta pelkistetyn muodon malleilla vastaavaa ongelmaa ei ole (Spiegeleer & Schoutens 2011: 204—205). Rakenteellisille malleille on esitetty kritiikkiä siitä, että ne käyttävät maksukyvyttömyysriskin mallintamisessa diffuusioprosessia hyppyprosessin sijasta (Takahashi, Kobayashi & Nakagawa 2001). Diffuusioprosessi kuvaa konkurssin jatkuva prosessin tuloksena, jolloin se tapahtuu jonkin muuttujan arvon alittaessa tietyn raja arvon. Hyppyprosessissa konkurssi sen sijaan kuvataan äkillisenä prosessina. Hyppyprosessi antaa konkurssille jonkin todennäköisyyden tietyllä aikavälillä, joka voi olla riippuvainen yrityksen osakekurssista. Diffuusioprosessin ongelmana on se, ettei se kykene selittämään empiirisesti havaittuja suuria luottoriskipreemioita juuri ennen vaihtovelkakirjan eräpäivää, toisin kuin hyppyprosessi, jota käytetään yksinkertaistetun muodon malleissa.

4 VAIHTOVELKAKIRJOJEN HINNOITTELU

4.1 Vaihtovelkakirjojen hinnoittelun perusteet

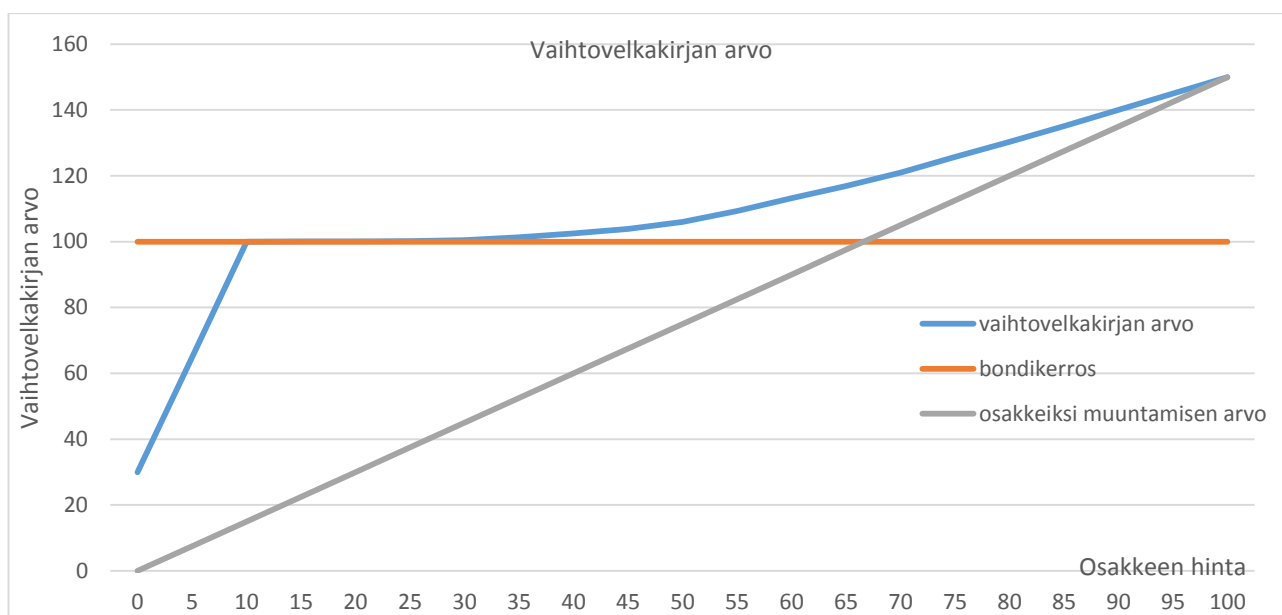
Vaihtovelkakirjan arvo on aina vähintään bondikerroksen (bond floor) suuruinen, ellei osakkeen hinta ole erityisen alhainen, jolloin osakkeen hinta toimii maksukyvyttömyysriskin ennusteena, kuten kuvaaja 1 osoittaa. Bondikerros kuvaa siis vvk:n tavalliseen yrityslainaosaan perustuvaa arvoa eli vvk:n arvoa ilman osakkeiksi muuntamisen mahdollisuutta. Bondikerroksen arvoa kasvattaa vvk:n myyntimahdollisuudet. Osakkeen arvon ollessa korkealla osakkeiden muunnosarvo toimii miniminä vvk:n arvolle. Vaihtovelkakirjan arvo ylittää yleensä tämän arvon, sillä vvk:n kuponkikorot ovat usein suurempia kuin yrityksen osinkotuotto. Siten sijoittajan kannattaa kerätä vvk:n antamaa ylituottoa mahdollisimman pitkän aikaa ja vaihtaa vvk vasta lopussa osakkeiksi. Yrityksen takaisinostomahdollisuus tosin rajoittaa tätä mahdollisuutta ja usein pakottaa sijoittajan toteuttamaan vaihtamisen jo suhteellisen varhaisessa vaiheessa. Investointipreemio (investment premium) kuvaa, kuinka paljon sijoittaja on valmis maksamaan hintaa mahdollisuudesta vaihtaa vvk osakkeiksi. Eli

$$\text{Investointipreemio} = P - B_f, \quad (4.1.1)$$

missä P on vaihtovelkakirjan hinta ja B_f on bondikerroksen arvo. Investointipreemio kuvaa siten vvk:n arvoon liittyvä osakeriskiä. Mitä suurempi investointipreemio, sitä suurempi hyöty sijoittajan pitää saada vvk:n vaihtamisesta osakkeisiin. Muuntopreemio sen sijaan kertoo kuinka paljon enemmän sijoittaja on valmis maksamaan vvk:sta verrattuna muuntokertoimen mukaisen osakemäärään.

$$\text{muuntopreemio} = (P - P_a)/P_a, \quad (4.1.2)$$

missä P on vaihtovelkakirjan hinta ja P_a on muunnosarvo. Muuntopreemiota (conversion premium) kasvattavat tuottohyöty, ostosuojaus, myyntimahdollisuudet ja resetit. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 32—35)



kuvaaja 1. Vaihtovelkakirjan arvo.

4.2 Komponenttimalli

Komponenttimalli on yksinkertaisin malli vaihtovelkakirjojen hinnoittelulle. Vaikkei malli itsessään olekaan koskaan soveltamiskelpoinen vvk:en hinnoitteluun, se tarjoaa hyvän lähtökohdan monimutkaisempien hinnoittelumallien ymmärtämiselle. Komponenttimalli perustuu oletukselle, että vvk:n arvo voidaan jakaa kahteen komponenttiin: tavalliseen yrityslainaosaan ja osakkeiksi muunto-mahdollisuudesta aiheutuvaan optio-osaan. Tällöin vaihtovelkakirjan arvo V on

$$V = B + K, \quad (4.2.1)$$

missä B on tavallisen yrityslaina osan arvo ja K on optio-osan arvo. Vastaavasti

$$B = N * e^{-(r+CS)T} + \sum C_t * e^{-(r+CS)t}, \quad (4.2.2)$$

missä N on velkakirjan nimellisarvo ja C_t on maksettava kuponkikorko ajanhetkellä t . vastaavasti K arvo voidaan laskea hyödyntäen tavallisen eurooppalaisen osto-option hinnoittelukaavaa:

$$c = Se^{-qT}N(d1) - Xe^{-rT}N(d2) \quad (4.2.3)$$

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + d + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{ja } d2 = d1 - \sigma\sqrt{T}.$$

Tämän jälkeen tavallisen osto-option arvo pitää kertoa vielä muuntosuhteen Cr arvolla, jotta saadaan vaihtovelkakirjan optio-osan arvo K. Eli

$$K = Cr * c, \quad (4.2.4)$$

missä Cr on osakkeiden muuntosuhte ja c on tavallisen osto-option arvo. (Labuschagne & Offwood 2011)

4.3 Margraben malli

Margraben malli on toinen melko yksinkertainen suljetun kaavan malli vaihtovelkakirjojen hinnoitteluksi. Margraben mallissa vvk nähdään summana tavallisesta velkakirjasta ja vaihto-optiosta (exchange option), joka tarjoaa mahdollisuuden vaihtaa velkakirjan tiettyyn määrään osakkeita. Brownin liike on jatkuva stokastinen prosessi, joka kuvaa muuttujan arvon kehityksen satunnaisena prosessina. Margraben malli perustuu seuraaville osakkeen ja velkakirjan geometrisen Brownin liikkeen mukaisille arvonkehitys prosesseille:

$$\Delta S_t = (r - q)S_t\Delta t + \sigma_s S_t \Delta W_t^S \quad (4.3.1)$$

$$\Delta B_t = (r - c)B_t\Delta t + \sigma_B B_t \Delta W_t^B, \quad (4.3.2)$$

missä

r = riskitön korkokanta

q = osinkotuotto

c = velkakirjan kuponkikorkotuotto

S_t = osakkeen hinta ajanhetkellä t

B_t = velkakirjan hinta ajanhetkellä t

σ_s = osakkeen hinnan keskihajonta

σ_B = velkakirjan hinnan keskihajonta

W_t^S = osakkeen hinnan satunnaisprosessi ja

W_t^B = velkakirjan hinnan satunnaisprosessi.

Mallissa W_t^S ja W_t^B korreloivat keskenään, joten malli ottaa huomioon velkakirjan ja osakkeen välisen korrelaation.

Vaihto-option arvo saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$E = SQ_S N(d1) e^{(b_1-r)T} - BQ_B N(d2) e^{(b_2-r)T} \quad (4.3.3)$$

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{Q_S^S}{Q_B^B}\right) + (b_1 - (b_2 + \frac{\sigma}{2}))T}{\sigma\sqrt{T}} \text{ ja } d2 = d1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_S^2 + \sigma_B^2 - 2\rho\sigma_S\sigma_B},$$

missä ρ on korrelaatio W_t^S ja W_t^B välillä ja Q_S ja Q_B ovat varojen määriä, mitkä saadaan määritetyksi osakkeiden muuntosuhteen perusteella esimerkiksi siten, että Q_B asetetaan ykköseksi ja Q_S asetetaan osakkeiden muuntosuhteeksi. (Labuschagne & Offwood 2011) Normaalissa luottoriskin sisältävässä mallissa $b_1 = r - q$ ja $b_2 = r + CS$ (Zadikov 2010).

Margraben malli ja komponenttimalli ovat suljetun kaavan malleja, joten ne sopisivat vain eurooppalaistyyppisten vaihtovelkakirjojen hinnoitteluun. Tällaisia vaihtovelkakirjoja ei kuitenkaan ole olemassa, mikä tekee näiden mallien hyödyntämisen ongelmalliseksi. Suljetun kaavan mallit eivät pysty ottamaan huomioon ennen vvk:n eräpäivää tapahtuvaa liikkeellelaskijan takaisinostoa, sijoittajan vvk:n myyntiä, aikaisemman osakkeiksi muunnon mahdollisuutta eikä osakkeiden muuntosuhteen uudelleenmäärittelylauseita. Lisäksi Margraben mallin haittana on epärealistinen oletus, että tavallinen velkakirja seuraisi geometrista Brownin prosessia, sillä geometrinen Brownin liike ei ota huomioon korkotason palaamista kohti pitkän ajan keskiarvoaan. (Labuschagne & Offwood 2011)

4.4 Brennan Schwartz malli 1980

Ensimmäiset rakenteelliset vaihtovelkakirjojen hinnoittelumallit kehittivät Ingersoll (1977) ja Brennan ja Schwartz (1977). Kolme vuotta myöhemmin Brennan ja Schwartz (1980) kehittivät aikaisemmasta hinnoittelumallissaan parannellun version. Schwartz jatkoi mallin kehittämistään myöhemmin Longstaffin kanssa. (Longstaff & Schwartz 1995). Rakenteelliset mallit eivät kuitenkaan ole oman tutkimukseni keskiössä niiden käytäntöön soveltamiseen liittyvien vaikeuksien vuoksi, joten tässä esitellään vain yksi näistä malleista Brennan ja Schwartzin (1980) kehittämä malli.

Brennanin ja Schwartzin (1980) malli perustui viidelle keskeiselle oletukselle:

1. Yrityksen arvo W on keskeinen tilamuuttuja ja riskikorjattu tuotto on riskitön korkokanta jokaisella ajanhetkellä
2. Osakkeiden arvon laimentuminen vaihtovelkakirjan osakkeiksi muunnon seurauksena tulee käsitellä johdonmukaisesti
3. Kaikkien kassavirtojen vaikutus yrityksen arvoon on otettava huomioon
4. Yrityksen varojen tulee olla riittävät maksaakseen kaikki oletetut maksut konkurssitilanteessa
5. Osakkeen hinnan kehitysprosessi on endogeeninen perustuen kaikelle ylläolevalle.

Yrityksen arvon W oletetaan seuraavan alla olevaa stokastista prosessia:

$$dW = (rW - D(W) - rBs - cBc) dt + \sigma W dW, \quad (4.4.1)$$

missä

r = riskitön korkokanta

Bs = seniori velkojen nimellisarvo

Bc = vaihtovelkakirjojen nimellisarvo

c = vaihtovelkakirjan kuponkikorko

σ = yrityksen arvon volatilitiiteetti ja

$D(W) = d \max\{0, W - Bs - Bc\}$ = kokonaisuosinkojen määrä, missä

d = osinkotuotto prosentti osakepääoman kirjanpitoarvoon perustuen.

Malli olettaa seniorivelan olevan riskitön sijoituskohde, sillä seniorivelan korko on mallissa asetettu riskittömän korkokannan r suuruiseksi. Ylläolevaa stokastista prosessia sovelletaan kun yritys ei ole konkurssissa eli $W > W_K$. Brennan and Schwartz (1980) olettivat että konkurssi tapahtuu kun

$$W_K = B_s + \rho B_c, \quad (4.4.2)$$

missä ρ on vaihtovelkakirjan takaisinmaksuaste konkurssissa. Brennan and Schwartz (1980) olettivat mallissaan takaisinmaksuasteen olevan $2/3$.

Siten W riittää konkurssissa täysin seniori velkakirjojen maksuun ja takaisinmaksuasteen suuruiseen maksuun vaihtovelkakirjojen omistajille. Mallin perusteella osakkeenomistajat eivät saa konkurssitilanteessa mitään. (Zabolotnyuk, Jones & Veld 2010)

Hyödyntäen arbitraasivapaata hinnoitteluteoriaa vaihtovelkakirjalle saadaan seuraava osittaisdifferentiaaliyhtälö:

$$\frac{1}{2}V_W\sigma^2W^2 + (rW - D(W) - rB_s - rB_c)V_W + cB_c + V_t - rV = 0. \quad (4.4.3)$$

Vaihtovelkakirjan arvo eräpäivänä on

$$V(W, T) = \begin{cases} \max[B_c, C(W)] & \text{jos } W \geq B_c + B_s \\ \max[0, W - B_s] & \text{jos } W < B_c + B_s, \end{cases}$$

missä $C(W)$ on vaihtovelkakirjan osakkeiksi muuntamisen arvo.

Vaihtovelkakirjan arvon tulee aina täyttää myös seuraavat ehdot:

1. Vaihtovelkakirjan osakkeiksi muuntomahdollisuudesta johtuva ehto

$$V(W,t) \geq C(W) \text{ kaikilla } W:n \text{ ja } t:n \text{ arvoilla}$$

2. Konkurssista johtuva ehto

$$V(W_K,t) = \rho Bc$$

3. Liikkeellelaskijan takaisinostomahdollisuudesta johtuva ehto

$$V(W,t) = \max[P_c, C(W)] \quad \text{jos } V \geq (1 + \pi)P_c \quad \text{kun takaisinosto}$$

mahdollista eli $t \geq T_c$,

missä P_c on takaisinostohinta, T_c on ensimmäinen mahdollinen takaisinostopäivä, $C(W)$ on vaihtovelkakirjan osakkeiksi muuntamisen arvo ja π on ostopremio eli kuinka paljon osakkeen hinnan pitää ylittää alkupäivän arvo, jotta takaisinostoa pidetään mahdollinen. π voidaan olettaa myös nolllaksi. Edellä esitetty malli sallii osakkeen arvon laimentumisen konversion johdosta, mutta yksinkertaistetun muodot mallit eivät yleensä salli sitä eli ne olettavat ettei sitä tapahdu. Brennan ja Schwartz (1980) käyttivät mallissaan stokastista korkotasoa, mutta huomasivat että stokastisen korkotason käytöllä oli mallin antamiin tuloksiin erittäin vähäinen merkitys. Niinpä nykyisissä hinnoittelumalleissa korkokanta oletetaan useimmiten vakioksi. (Zabolotnyuk, Jones & Veld 2010)

4.5 GS-malli

Goldman Sachs kehitti ensimmäisen tunnetun yksinkertaistetun muodon mallin vuonna 1994. Mallissa oli vain yksi stokastinen muuttuja liikkeellelaskijayrityksen osakekurssi. Goldman Sachs (1994) oletti mallissaan, että osakkeiden tulevat hinnat noudattivat logaritmista normaalijakaumaa ennalta tiedetyllä vakiovolatiliteetillä. Lisäksi kaikki tulevat korkotasot: riskitön korkotaso, osakkeiden lainauskorko (stock loan rate) ja liikkeellelaskijan luottoriskipremio oletettiin ennalta tiedetyiksi ja liikkeellelaskijan tavallisen velkakirjan luottoriskipremion sisältävän kaiken tarvittavan informaation maksukyvyttömyysriskin määrittämiseksi. Goldman Sachs (1994) hyödynsi vaihtovelkakirjan arvon määrittämisessä Cox, Ross Rubinsteinin 1979

kehittämää binomipuumallia. Kassavirtojen diskontauksessa Goldman Sachs (1994) käytti luottoriskikorjattua diskonttausastetta (credit-adjusted discount rate). Luottoriskikorjattu diskonttausaste perustui muunnostodennäköisyyteen (conversion probability), joka sai vvk:n eräpäivänä arvon yksi, mikäli vvk muunnettiin osakkeiksi ja muussa tapauksessa arvon nolla. Luottoriskikorjattu diskonttausaste määritettiin eräpäivänä riskittömän korkokannan r suuruiseksi, kun vvk muunnettiin osakkeiksi ja muussa tapauksessa riskittömän korkokannan ja luottoriskipreemion summaksi $r + CS$. Liikkeellelaskupäivän ja vaihtovelkakirjan eräpäivän välillä luottoriskikorjattu diskonttausaste r_{ca} määräytyi seuraavan kaavan mukaan:

$$r_{ca} = p * r + (1 - p) * (r + CS), \quad (4.5.1)$$

missä p on muunnostodennäköisyys perustuen Cox, Ross ja Rubinsteinin binomipuumalliin. Mikäli vvk:n muunto osakkeiksi suoritettiin ennen eräpäivää, niin kyseisen binomipuunsolun muunnostodennäköisyys p määritettiin ykköseksi. Vastaavasti jos vvk myytiin takaisin liikkeellelaskijalle, p määritettiin nolaksi. (Goldman Sachs 1994)

Vaihtovelkakirjan arvo saatiin lopulta lasketuksi rullaamalla binomipuu lopusta alkuun valitsemalla vvk:n arvo V solussa seuraavan kaavan mukaan:

$$V = \max(Cr * S, P + a, \min(H, C + a)), \quad (4.5.2)$$

missä P on takaisinmyyntihinta, C on takaisinostohinta, H on vaihtovelkakirjan pitämisarvo (holding value) ja a on kertynyt korko (accrued interest). (Goldman Sachs 1994)

4.6 TF-malli

Tsiveriotiksen ja Fernandeksen (1998) yksinkertaistetun muodon hinnoittelumalli on akateemisten tutkijoiden keskuudessa suosituin vaihtovelkakirjojen hinnoittelumalli. Yksinkertaistetun muodon mallien käytäntöön soveltaminen on helppoa, sillä niihin tarvitaan suhteellisen vähän parametreja ja tarvittavat parametrit on usein helposti saatavissa markkinoilta. Tsiveriotiksen ja Fernandeksen hinnoittelumallin

lähtökohtana oli, että vvk:n hinnasta on mahdotonta erottaa tavallinen velkakirja ja optio-osa erilleen lukuisten monimutkaisten sopimusehtojen vuoksi. He perustivat mallinsa faktaan, että rationaalisen vvk:n omistajan tuleva kassavirta riippuu johdannaisesta, jonka arvo riippuu osakkeen ja korkotason kehityksestä. Kuten Brennan ja Schwartz (1980) havaitsivat, korkotason vaikutus vvk:n arvoon on yleensä hyvin vähäinen, ja siksi Tsiveriotis ja Fernandes (1998) käyttivät mallissaan vakiokorkoa. Siten vvk:n hinnoittelussa käytettiin johdannaista, jonka hinta riippui vain osakkeen hintakehityksestä. Hinnoittelumallissa myös volatilitteetti oletettiin vakioksi (Zadikov 2010).

Tsiveriotis ja Fernandes (1998) lähtivät rakentamaan malliaan seuraavan osittaisdifferentiaaliyhtälön pohjalta

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 u}{\partial S^2} + r_g S \frac{\partial u}{\partial S} - (r + CS)u + f(u, S, t) = 0, \quad (4.6.1)$$

missä

r = riskitön korkokanta,

CS = luottoriskipreemio ja

r_g = osakkeen hinnan kasvuvauhti = $r-d$, missä d on osinkotuotto.

Ylläolevan yhtälön ongelmana on kuitenkin se, ettei se erota luottoriskiä osakeperusteisen tuoton ja velkakirjaperusteisen tuoton välillä. Koska vvk sisältää luottoriskillistä ja luottorikitöntä arvoa, ylläoleva yhtälö alihinnoittelee vvk:n. Oikean vvk:n hinnan laskemiseksi Tsioveris ja Fernandes (1998) kehittivät seuraavan osittaisdifferentiaaliyhtälöparin:

$$\text{CB:} \quad \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 u}{\partial S^2} + r_g S \frac{\partial u}{\partial S} - r(u - v) - (r + CS)v + f(t) = 0$$

$$\text{COCB:} \quad \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 v}{\partial S^2} + r_g S \frac{\partial v}{\partial S} - (r + CS)v + f(t) = 0,$$

missä luottoriskipreemiona r_c . Tsioveris ja Fernandes (1998) käyttivät saman liikkeellelaskijan saman juoksuajan omaavan tavallisen yrityslainan luottoriskipreemiota. Ylläolevat differentiaaliyhtälöt eroavat toisistaan vain diskonttaustekijöiden suhteen. Ylemmässä yhtälössä vvk:n kokonaisarvoon perustuvassa osassa diskonttaustekijä on $r(u - v) - (r + CS)v$ ja alemmassa vain tavalliseen velkakirjaan perustuvassa osassa (COCB= cash-only convertible bond) $(r + CS)v$. Tämä tarkoittaa, että vvk:n osakeperusteinen tuoton osa $u-v$ diskontataan riskittömällä korolla r ja tavalliseen velkakirjaan perustuva osa v luottoriskin omaavalla korolla $r + CS$ (Grimwood & Hodges 2002). Vaihtovelkakirjan arvo muodostuu siten riskittömällä korolla diskontatun osakeperusteisen kassavirran ja luottoriskin omaavalla korolla diskontatun tavallisen velkakirjaperusteisen kassavirran summasta. Yllä olevat yhtälöt on ratkaistava samanaikaisesti, sillä ylempi yhtälö sisältää alemman differentiaaliyhtälön ratkaisussa tarvittavan v :n. (Tsiveriotis & Fernandes 1998)

Yhtälöiden arvot eräpäivänä ovat

$$u(S,T) = \begin{cases} (aS, & \text{jos } S > N/a \\ N & \text{muulloin) ja} \end{cases}$$

$$v(S,T) = \begin{cases} (0, & \text{jos } S \geq N/a \\ N & \text{muulloin).} \end{cases}$$

Vaihtovelkakirjan osakkeiksi muuntamismahdollisuudesta johtuva yhtälöiden rajoite:

$$\begin{aligned} u(S,t) &\geq aS, & \text{kun } t \in [0, T] \text{ ja} \\ v(S,t) &= 0, & \text{jos } u(S,t) \leq aS \text{ kun } t \in [0, T]. \end{aligned}$$

Liikkeellelaskijan ostomahdollisuudesta johtuva rajoite:

$$\begin{aligned} u(S,t) &\leq \max(B_c, aS) & \text{kun } t \in [T_c, T] \text{ ja} \\ v(S,t) &= 0, & \text{jos } u(S,t) \geq B_c \text{ kun } t \in [T_c, T]. \end{aligned}$$

Myyntimahdollisuudesta johtuva rajoite:

$$\begin{array}{ll} u(S,t) \geq B_p & \text{kun } t \in [T_p, T] \text{ ja} \\ v(S,t) = B_p & \text{jos } u(S,t) \leq B_p \text{ kun } t \in [T_p, T]. \end{array}$$

Tavalliseen velkakirjaan perustuva osa $v(S,t)$ saa siten aidosti positiivisen arvon vain kahdessa tapauksessa: jos vvk lunastetaan eräpäivänä tai vvk:n omistaja päättää hyödyntää vvk:an mahdollisesti sisältyvän takaisinmyyntimahdollisuuden liikkeellaskijayritykselle. Muissa tilanteissa $v(S,t)$ arvo on nolla. (Tsiveriotis & Fernandes 1998)

4.7 AFV-malli

Ayachen, Forsythin ja Vetzelin vuonna 2003 kehittämä malli on tähän mennessä teoreettisesti tarkin yksinkertaistetun muodon hinnoittelumalli. He esittivät artikkeleissaan vuonna 2002 ja 2003, että Tsiveriotiksen ja Fernandeksen malli on sisäisesti epäkonsistentti. Heidän pääkritiikkinsä kohdistui kahteen asiaan. Ensinnäkin TF-malli olettaa, ettei osakkeen arvolle tapahdu mitään konkurssissa, vaan sijoittajat voivat vaihtaa vaihtovelkakirjansa osakkeiksi saaden osakkeista niiden konkurssia edeltävän hinnan. Todellisuudessa konkurssin ilmitulo vaikuttaa osakekurssiin siten, että osakkeen arvo laskee nolnaan tai ainakin hyvin lähelle sitä. (Zadikov 2010) Toinen heidän esittämä kritiikkinsä kohdistui TF-mallin oletukseen, että takaisinmaksuaste on nolla. Todellisuudessa vvk-sijoittajat eivät kuitenkaan yleensä menetä kaikkea vaan saavat sijoituksestaan takaisin keskimäärin taulukon 3 (s. 13) mukaisen takaisinmaksuprioriteettiin perustuvan prosenttiosuuden. Yllä olevan perusteella voidaan todeta TF-mallin mallintavan yrityksen konkurssitilanteen väärin. Nämä samat ongelmat ovat myös GS-mallissa. (Zabolotnyuk, Jones & Veld 2010) Lisäksi Ayache, Forsyth ja Vetzeli (2003) kritisoivat sitä, että vvk:n jakaminen osakeperusteiseen ja velkakirjaperusteiseen osaan ja luottoriskipreemion soveltaminen vain velkakirjaosaan ei ollut oikea tapa lähestyä ongelmaa, sillä osakekurssi toimii maksukyvyttömyysriskiä ennustavana muuttujana. Ayache, Forsyth ja Vetzeli (2003)

mallinsivat vvk:n hinnoitteluprosessin yhdellä osittaisdifferentiaaliyhtälöllä ja käyttivät luottoriskin mallintamiseen funktiota, joka oli käänteisesti riippuvainen osakkeen hinnasta.

Aloitamme AFV-mallin johtamisen tavallisista osakkeesta ja johdannaisesta muodostetun portfolion arvoa kuvaavista yhtälöistä.

Portfolion arvo ajanhetkellä t on

$$\Pi = V - \beta S. \quad (4.7.1)$$

Jos yrityksen todennäköisyys ajautua maksukyvyttömäksi on nolla, niin portfolion arvon muutos on

$$\Delta \Pi = \Delta V - \beta \Delta S.$$

Vastaavasti osakkeen hinta seuraa seuraavaa prosessia:

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \Delta W \quad (4.7.2)$$

ja johdannaisen hinta prosessia

$$\Delta V = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \mu S \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) \Delta t + \sigma S \frac{\delta V}{\delta S} \Delta W.$$

Valitsemalla $\beta = \frac{\delta V}{\delta S}$ saadaan

$$\Delta \Pi = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) \Delta t.$$

Koska portfolio on riskitön, niin sen tuotolle saadaan seuraava yhtälö:

$$\Delta \Pi = r \Pi \Delta t = r \left(V - \frac{\delta V}{\delta S} S \right) \Delta t. \quad (4.7.3)$$

Ayache, Forsyth ja Vetzal (2003) mallinsivat konkurssin ilmitulon vaikutuksen osakkeen hintaan seuraavalla kaavalla:

$$S^+ = S^-(1 - \eta), \quad (4.7.4)$$

missä

S^+ = osakkeen hinta välittömästi konkurssin ilmitulon jälkeen,

S^- = osakkeen hinta juuri ennen liikkeellelaskijayrityksen konkurssia ja

$$0 \leq \eta \leq 1.$$

Jos $\eta=1$, niin liikkeellelaskijayrityksen osakkeen arvo menee nolaksi välittömästi konkurssin ilmitulon jälkeen. vastaavasti jos $\eta=0$, niin osakkeen arvo säilyy konkurssissa muuttumattomana. Konkurssissa vvk:n omistaja voi valita, vaihtaako hän vvk:n osakkeiksi osakkeiden hinnan ollessa ylläolevan kaavan mukainen vai ottaako hän vvk:n tarjoaman takaisinmaksuosuuden. Sijoittajan ollessa rationaalinen hän valitsee näistä kahdesta vaihtoehdosta suuremman tuoton antavan vaihtoehdon. Sijoittajan valintaa konkurssissa voidaan siten kuvata alla olevalla yhtälöllä:

$$Vk = \max(R * N, Cr * S^-(1 - \eta)). \quad (4.7.5)$$

Luottoriskin huomioon ottavassa maailmassa portfolion tuotolle saadaan seuraava yhtälö:

$$\Delta\Pi = (1 - p\Delta t) \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) \Delta t - p\Delta t \left(V - \frac{\delta V}{\delta S} S \eta \right) + p\Delta t \max(Cr(1 - \eta)S, RB), \quad (4.7.6)$$

missä p on liikkeellelaskijayrityksen todennäköisyys ajautua konkurssiin.

Yhdistämällä tämä aikaisempaan portfolion riskittömän tuoton yhtälöön saadaan

$$r \left(V - \frac{\delta V}{\delta S} S \right) \Delta t = (1 - p\Delta t) \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) \Delta t - p\Delta t \left(V - \frac{\delta V}{\delta S} S \eta \right) + p\Delta t \max(Cr * S(1 - \eta), R * B).$$

Tästä saadaan muodostettua AFV-mallin perusyhtälö

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (r + p\eta)S \frac{\delta V}{\delta S} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} - (r + p)V + p \max(Cr(1 - \eta)S, RB) = 0. \quad (4.7.7)$$

Liikkeellelaskijan takaisinostomahdollisuudesta johtuva rajoite:

$$V(t) \leq \max(C(t), Cr * S(t))$$

ja vaihtovelkakirjan omistajan takaisinmyynti mahdollisuudesta johtuva rajoite:

$$V(t) \geq \max(P(t), Cr * S(t)).$$

AVF-mallin perusyhtälöstä saadaan lopulta muodostettua seuraavanlainen differentiaaliyhtälöpari vaihtovelkakirjan oikean hinnan ratkaisemiseksi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial B}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 B}{\partial S^2} + (r + p\eta)S \frac{\delta B}{\delta S} - (r + p)B + pRB &= 0 \\ \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 E}{\partial S^2} + (r + p\eta)S \frac{\delta E}{\delta S} - (r + p)E + \max(Cr(1 - \eta)S - &RB, 0) = 0, \end{aligned}$$

missä B kuvaa vaihtovelkakirjan velkakirjaperusteista osaa ja E kuvaa osakeperusteista osaa. Vertaamalla AFV-mallin differentiaaliyhtälöparia TF-mallin vastaavaan yhtälöpariin havaitaan, että TF-malli on AFV-mallin erikoistapaus oletuksilla $\eta=0$ ja $R = 0$. (Zadikov 2010)

Yhtälöille pätee seuraavat alkuehdot:

$$B(S, T) = N \text{ ja } E(S, t) = \max(Cr * S - N, 0),$$

missä N on vaihtovelkakirjan nimellisarvo. Näille yhtälöille pätee myös alla olevat ehdot, jotka osoittavat vvk:n oikean hinnan ratkaisemisen olevan epälineaarinen ongelma.

jos $P(t) > Cr^*S$ ja vaihtovelkakirjan pitämisarvo $B+E < P(t)$, niin $B = P(t)-E$
 jos $P(t) \leq Cr^*S$ ja vaihtovelkakirjan pitämisarvo $B+E < Cr^*S$, niin $E = Cr^*S-B$
 jos $C(t) < Cr^*S$, niin $E = Cr^*S-B$
 jos $C(t) \geq Cr^*S$ ja vaihtovelkakirjan pitämisarvo $B+E > Cr^*S$, niin $E = C(t)-B$,
 missä $B = B +$ maksetut kuponkikorot.

Ayache, Forsyth ja Vetzal (2003) mallinsivat konkurssintodennäköisyyden p seuraavan funktion avulla:

$$p(s) = p_0' \left(\frac{S}{S_0}\right)^\alpha, \quad (4.7.8)$$

missä p_0' on konkurssin todennäköisyys, kun osakkeen hinta on S_0 .

4.8 Yhteenveto yksinkertaistetun muodon mallien eroista

Yksinkertaistetun muodon mallit tekevät erilaisia oletuksia oikeasta diskonttauskorosta, takaisinmaksuasteesta, stokastisista muuttujista ja konkurssi-tilanteen mallintamisesta. Aiemmin esitettyjen mallien lisäksi tunnettuihin pelkistetyn muodon malleihin kuuluu myös Ho ja Preffer (1996) kehittämä kahden stokastisen muuttujan malli, jossa liikkeellelaskija yrityksen osakekurssin lisäksi stokastisena muuttujana oli myös korkotas. Korkotas r noudatti seuraavaa prosessia:

$$\Delta r = f(r, t)\Delta t + d(r, t)W\Delta t, \quad (4.8.1)$$

missä

$f(r, t)$ = korkotason poikkeama,

$d(r, t)$ = korkotason volatilititeetti ja

W = Wienerin prosessi.

Kuten alla olevasta taulukosta havaitaan Ho ja Prefferin (1996) mallissa kaikki kassavirrat diskontataan luottoriskin sisältävällä korkotasolla $r + CS$, toisin kuin GS- ja TF-malleissa, joissa luottoriskipreemiota käytetään vain velkaperusteisten kassavirtojen diskonttaamiseen. Muista malleista poiketen AFV-mallissa konkurssi-

todennäköisyys ei ole vakio, vaan on osakekurssista käänteisesti riippuva funktio $p(s) = p_0' \left(\frac{s}{s_0}\right)^\alpha$. Lisäksi AFV-malli ei hyödynnä vaihtovelkakirjojen hinnoittelussa lainkaan luottoriskipreemiota, toisin kuin muut mallit, vaan määrittää vvk:n hinnan konkurssitodennäköisyyden p avulla. AFV-malli olettaa palautusasteen δ positiiviseksi, toisin kuin muut mallit, jotka olettavat sen nolllaksi.

Taulukko 4. Mallien oletukset palautusasteen δ ja luottoriskipreemion CS suhteen.

malli	Osakeperusteiset kassavirrat		Velkaperusteiset kassavirrat	
naiivi malli	$\delta = 0$	CS = 0	$\delta = 0$	CS = 0
GS-malli	$\delta = 0$	CS = 0	$\delta = 0$	CS > 0
TF-malli	$\delta = 0$	CS = 0	$\delta = 0$	CS > 0
Ho ja Preffer	$\delta = 0$	CS > 0	$\delta = 0$	CS > 0

Lähde: Grimwood ja Hodges 2002

5 ERILAISIA VAIHTOVELKAKIRJOJA

5.1 Vaihtovelkakirjatyytit

Vaihtovelkakirjat on mahdollista jakaa kolmeen erilaiseen pääryhmään: tavallisiin vaihtovelkakirjoihin, pakkomuunnettaviin vaihtovelkakirjoihin (mandatory convertible bond) ja etuoikeutettuihin osakkeisiin (preferred shares). Näistä tavalliset vvk:t ovat ylivoimaisesti suurin ryhmä yli 90 % osuudellaan kaikista vvk:ista. Pakkomuunnettavien vvk:en osuus on noin 2,5 % ja etuoikeutettujen osakkeiden 5,5 %. Näiden kolmen lisäksi on olemassa toisen kohde-etuuden vaihtovelkakirjoja (exchangeable convertible bond), ristikkäisen valuutan vaihtovelkakirjoja (cross-currency convertible bond) ja käänteisiä vaihtovelkakirjoja (reverse convertible bond). (Spiegeleer & Schoutens 2011: 43—52)

Taulukko 5. Yleisimpien vaihtovelkakirjojen osuus kokonaismarkkinoista.

Vaihtovelkakirjan ryhmä	Osuus markkinoista (%)
tavalliset vaihtovelkakirjat	91,92
etuoikeutetut osakkeet	5,46
pakkomuunnettavat vaihtovelkakirjat	2,63

Lähde: Spiegeleer & Schoutens 2011: 56

5.2 Etuoikeutetut osakkeet

Nimestään huolimatta etuoikeutetut osakkeet jakavat lähes kaikki vaihtovelkakirjojen ominaisuudet muun muassa liikkeellelaskijan takaisinostomahdollisuuden. Etuoikeutetut osakkeet (preferred shares) ovat äänioikeudettomia osakkeita, jolle maksetaan kiinteä osinko ja jotka voidaan vaihtaa tiettyyn määrään tavallisia liikkeellelaskijayrityksen osakkeita. Tämä kiinteä osinko on etuoikeutetussa asemassa tavallisiin osakkeisiin nähden eli se maksettava ennen kuin tavalliset osakkeen omistajat voivat saada osinkoja. Yleensä tämä kiinteä osinko ei kuitenkaan kumuloidu aikaisemmilta vuosilta eli jos liikkeellelaskijayritys ei ole aikaisempaan vuonna pystynyt maksamaan osinkoa, ei etuoikeutetun osakkeen omistaja voi sitä myöhemminkään saada. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 43—45) Etuoikeutettujen osakkeiden juoksuaika on tavallisesti pidempi kuin tavallisilla vaihtovelkakirjoilla (Goldman Sachs 1994).

5.3 Toisen kohde-etuuden vaihtovelkakirjat

Liikkeellelaskijayritys voi määritellä vaihtovelkakirjalainan ehdot siten, että sijoittajan muuntaessa vvk:n osakkeiksi hän saa jonkin muun kuin liikkeellelaskijayrityksen osakkeita. Tällaisten vvk:en luottoriski on tavallisia vaihtovelkakirjoja pienempi, sillä liikkeellelaskijayrityksen konkurssi ei vaikuta osakkeiden muunnosarvoon. Sijoittaja joutuu siten vaikeuksiin vain, jos molemmilla yrityksillä menee erittäin huonosti. Toisen kohde-etuuden vvk:t (exchangeable) ovat käteviä yrityksille, jotka omistavat suuren osan jostain toisesta osakeyhtiöstä ja haluavat tulevaisuudessa pienentää omistusosuuttaan. Tällä tavalla yritykset voivat hankkia välimuodon pääomaa laimentamatta omistuksen arvoa. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 51—52) Esimerkiksi Sampo voisi liikkeellelaskea vvk-lainan, jonka kohde-etuutena olisivat Nordean osakkeet.

5.4 Ristikkäisen valuutan vaihtovelkakirjat

Vaihtovelkakirja voi olla liikkeellelaskettu eri valuutassa kuin kohde-etuutena olevan osakkeen valuutta. Esimerkiksi japanilainen yritys, jonka osakkeen arvo määritetään luonnollisesti jeneinä, voi liikkeellelaskea vvk:n Yhdysvaltojen dollareissa. Tällöin sijoittaja tulee päättää ottaako hän vvk:n nimellisarvon dollareina vai osakkeiden muunnosarvon jeneissä. Tämä monimutkaistaa vvk:en hinnoittelua entisestään, sillä hinnoittelussa on otettava muiden muuttujien lisäksi huomioon myös valuuttakurssi. Siten ristikkäisen valuutan vvk:t (cross-currency convertible) sisältävät aina valuuttariskin. Valuuttakurssi vvk:n ja kohdeosakkeen välillä määritellään FX_{sb} . Seuraavaksi lasketaan kuinka paljon vvk:n valuuttaa pitää olla yhden osakkeen ostamiseen (S_b).

$$S_b = \frac{S}{FX_{bs}} = S * FX_{sb}. \quad (5.4.1)$$

Tällöin maksu eräpäivänä on

$$\max(N, Cr * S * FX_{sb}) = \max(N, Cr * S_b). \quad (5.4.2)$$

Osakkeiden muunnosarvo riippuu siten osakekurssin lisäksi valuuttakurssista. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 46—48)

5.5 Käänteiset vaihtovelkakirjat

Tavallisissa vaihtovelkakirjoissa sijoittaja päättää ottaako eräpäivänä vvk:n nimellisarvon vai osakkeiden muunnosarvon, mutta käänteisissä vvk:issa (reverse convertible) tämän päätöksen tekee liikkeellelaskijayritys. Siten maksu eräpäivänä on

$$\min(N, Cr * S) \quad (5.5.1)$$

$$\text{eli } N - \max(0, N - Cr * S)$$

$$\text{eli } Cr * S - \max(0, Cr * S - N).$$

Käänteinen vvk:n position voidaan siten ajatella koostuvan tavallisen yrityslainan pitkästä positiossa ja myyntioption lyhyestä positioista, jonka lunastushinta on tavallisen yrityslainan nimellisarvo. Lyhyestä myyntioptionpositiosta johtuen käänteisen vvk:n arvo on pienempi kuin vastaavan tavallisen velkakirjan arvo. Siten myös sen tuotto on suurempi.

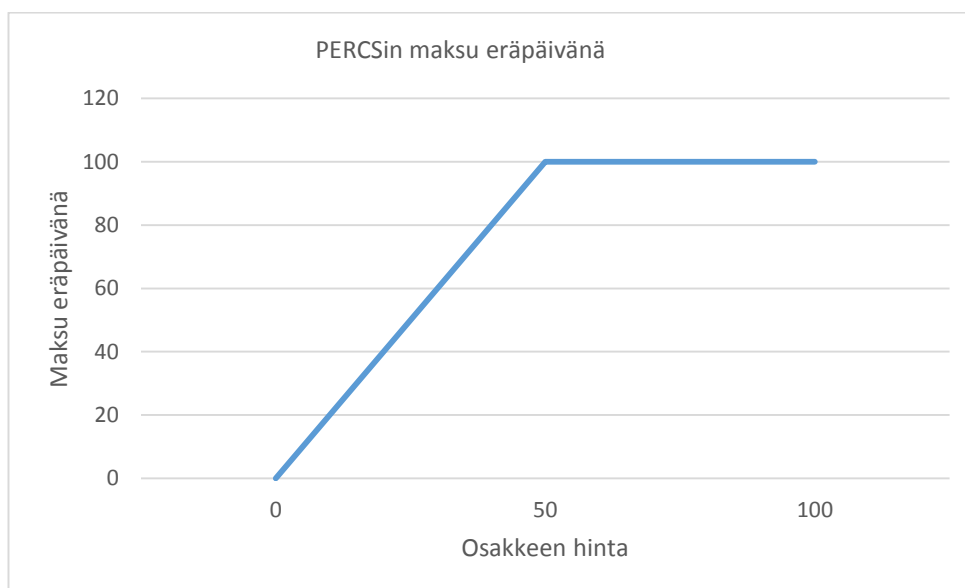
Yleensä vaihtovelkakirjan liikkeellelaskijana on investointipankki ja kohde-etuutena korkean volatiliteetin osakkeet. Mitä korkeampi on osakkeen volatiliteetti, sitä suurempi tulee olla käänteisen vvk:n kuponkikorko, sillä volatiliteetin kasvu lisää myyntioption arvoa. Käänteisiä vaihtovelkakirjoja laskettiin huomattavia määriä liikkeelle vuonna 1998 markkinoiden volatiliteetin nousun johdosta. Käänteiset vvk:t ovat olleet jossain vaiheessa kiellettyjä, piensijoittajien suojelemisen vuoksi. Tämä johtui siitä, että piensijoittajat eivät aina ymmärtäneet mihin sijoittivat rahojaan vaan hämääntyivät suuresta kuponkikorosta. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 45)

5.6 Pakkomuunnettavat vaihtovelkakirjat

Pakkomuunnettavilla vaihtovelkakirjoilla (mandatory convertible) tarkoitetaan vaihtovelkakirjoja, jotka on pakko muuttaa osakkeiksi. Pakkomuunnettavilla vvk:illa osakkeiden muuntosuhde riippuu aina osakekurssista. Pakkomuunnettavilla vaihtovelkakirjoja on olemassa kahta tyyppiä: PERCS (Preference equity redemption cumulative stock) ja PEPS (participating equity preferred stock). PERCSistä eräpäivänä saatava maksu on

$$\min(N, N/S_1 * S) \quad (5.6.1)$$

Tämä tarkoittaa sitä, että osakkeen hinnan ylittäessä tietyn arvon osakkeiden muuntosuhde mukautuu vvk:n nimellisarvon N suuruiseksi eli osakkeiden muuntosuhteen ja osakekurssin tulo on vvk:n nimellisarvon N suuruinen. PERCS voidaan nähdä muodostuvan osakkeen pitkästä positiosta ja osto-option lyhyestä positiosta, jonka lunastushinta on S_1 . PERCS ei tarjoa suojausta osakkeen hinnan laskua vastaan ja vastaavasti hyöty osakkeen hinnan noususta rajoittuu S_1 . Tästä johtuen PERCSit tarjoavat usein tavallista vaihtovelkakirjaa korkeamman kuponnikoron sijoittajien houkuttelemiseksi. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 48)

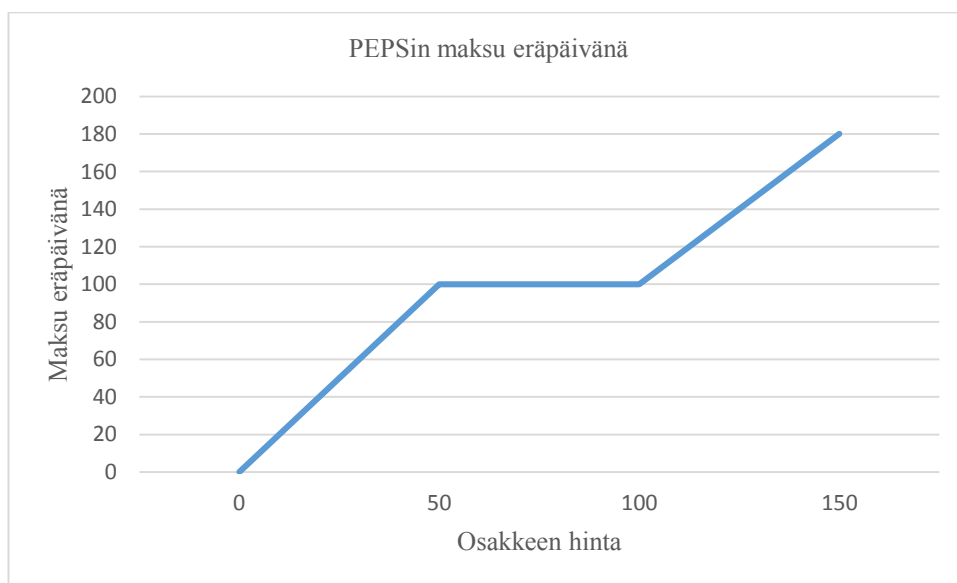


kuvaaja 2. PERCSin maksu eräpäivänä.

PEPSistä saatava maksu eräpäivänä on

$$\text{PEPS} = \begin{cases} C_{r1} \text{ osaketta,} & \text{jos } S < S_1 \\ C \text{ osaketta, ja } C = N/S, & \text{jos } S_1 < S < S_2 \\ C_{r2} \text{ osaketta,} & \text{jos } S > S_2. \end{cases} \quad (5.6.2)$$

Siten PEPSillä on kaksi erilaista muuntosuhdetta $C_{r1}=N/S_1$ ja $C_{r2}= N/S_2$, missä $C_{r1}> C_{r2}$. Osakkeen hinnan ollessa välillä $S_1<S<S_2$, osakkeiden muuntosuhde mukautuu vaihtovelkakirjan nimellisarvon N suuruiseksi. PEPSikään ei tarjoa suojausta osakkeen hinnan laskulta, joten sen kuponkikorko on korkeampi kuin tavallisella vvk:lla. Sen sijaan PEPS poikkeaa PERCSistä siinä, että se tarjoaa hyödyn osakkeen hinnan noususta ilman ylärajaa, tosin hintojen S_1 ja S_2 välillä osakkeen hinnan nousu ei vaikuta mitenkään sijoittajan tuottoon. (Spiegeleer & Schoutens 2011: 48—50)



Kuvaaja 3. PEPSin maksu eräpäivänä.

6 DATA-KUVAUS

Vaihtovelkakirjan hinnan laskemiseksi TF- mallilla tarvitaan neljänlaisia muuttujia. Vaihtovelkakirjan ominaisuuksiin liittyviä muuttujia ovat liikkeellelaskupäivä, kuponkikorko ja sen maksutiheys, vvk:n muuntosuhde, osto- ja myyntimahdollisuudet, luottoluokitus sekä lunastuspäivä ja -hintaa. Nämä muuttujat on hankittu Mergent FIRD tietokannasta. Vastaavasti kohdeyrityksen osakkeeseen liittyviä muuttujia ovat osinkotuotto, osakkeen hinta ja osakkeen hinnan volatilitteetti. Näiden muuttujien arvojen selvittämiseen on käytetty CRSP tietokantaa. Riskittömänä korkokantana on käytetty Yhdysvaltojen valtiolainojen korkotasoa, joka on saatu selvitettyä Fedin kotisivuilta. Lopuksi tarvitaan vielä luottoluokituksen perusteella määräytyvä luottoriskipremio, joka on hankittu Datastream tietokannasta. Luottoriskipremio ja riskitön korkokanta on yhdistetty otokseen päivämäärää ja juoksuaikaa käyttäen. Sekä riskitön korkotaso että luottoriskipremio on määritetty käyttäen kuukausittain määriteltyjä vuosittaisia korkoja. Jotta saataisiin selville TF-mallin hinnoitteluvirhe, Datastream tietokantaa on hyödynnetty myös vaihtovelkakirjan markkinahinnan selvittämisessä.

Otokseen on otettu ainoastaan vaihtovelkakirjoja, joiden nimellisarvo on 1000 dollaria, ja jotka eivät ole jakautuneet vuoden 1990 jälkeen. Lisäksi on vaadittu, että vvk:n maksamat kuponkikorot ovat joko kiinteitä tai niitä ei makseta ollenkaan. Otos alkaa lokakuusta 2005 ja loppuu syyskuuhun 2013. Otoksessa oleva data on kuukausidataa ja se sisältää 4277 havaintoa. Otoksessa on vain Yhdysvaltojen markkinoilla liikkeeseen laskettuja vaihtovelkakirjoja. Otos sisältää vain kaikkein tavallisimpia vaihtovelkakirjoja. Se ei siten sisällä resetin omaavia vaihtovelkakirjoja, ristivaluuttavaihtovelkakirjoja, pakkomuunnettavia vaihtovelkakirjoja, käänteisiä vaihtovelkakirjoja eikä toisen kohde-etuuden vaihtovelkakirjoja. Otoksesta on poistettu neljä outlier-havaintoa, joilla vvk:n hinta on laskenut kuukaudessa radikaalista lähelle bondikerroksen tasoa (pahimmillaan jopa 75 %) ilman olennaista muutosta muiden muuttujien arvoissa. Nämä havainnot ovat olleet poikkeuksetta vvk-sarjansa viimeisiä havaintoja. Näyttää todennäköiseltä, että nämä yritykset ovat joutuneet yritysoston kohteeksi, jonka seurauksena vvk:n omistajat ovat menettäneet mahdollisuuden vaihtaa vvk:nsa osakkeiksi, ja siten vvk:n markkina-arvo on pudonnut lähelle bondikerroksen antamaa arvoa. Siten TF-mallin antama hinnoitteluvirhe

nousee näissä tapauksissa liian suureksi, sillä se ei huomioi vvk:n omistajien muuntomahdollisuuden menetystä.

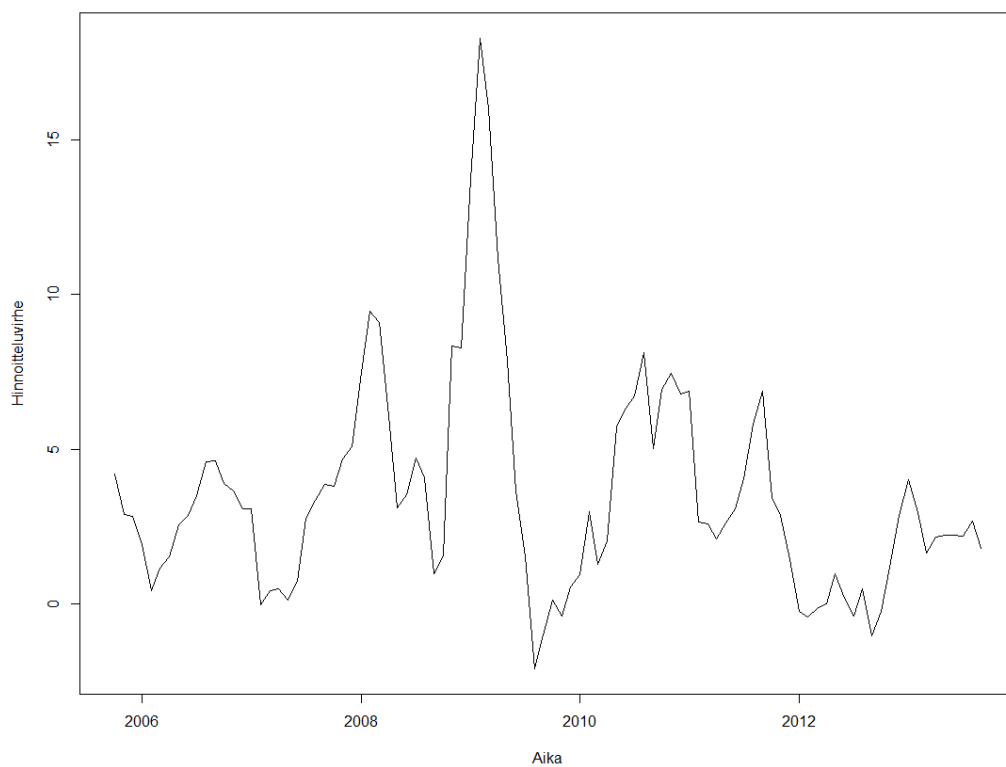
Taulukko 6. Otoskuvaus

Muuttujan nimi	Minimi	alakvartiili	Mediaani	Keskiarvo	yläkvartiili	Maksimi
Kuponkikorko	0.000	0.024	0.030	0.031	0.0375	0.09
Muuntohinta	4.563	16.58	28.20	39.81	50.10	928.2
Muuntosuhde	1.077	19.96	35.46	45.01	60.31	219.2
Luottoluokitus	B-	B	B+		BB	AA-
Juoksuaika	0.085	4.258	14.63	12.14	17.30	29.98
Osakkeen hinta	1.22	11.07	21.53	30.77	37.20	327.0
Volatilitteetti	0.138	0.314	0.393	0.448	0.520	1.543
Osinkotuotto	0.000	0.000	0.000	0.007	0.005	0.147
Luottoriskipreemio	0.006	0.036	0.046	0.050	0.056	0.185
Riskitön korkotaso	0.000	0.020	0.038	0.033	0.046	0.068
Vaihtovelkakirjan hinta	276.2	948.2	1032	1188	1273	4936

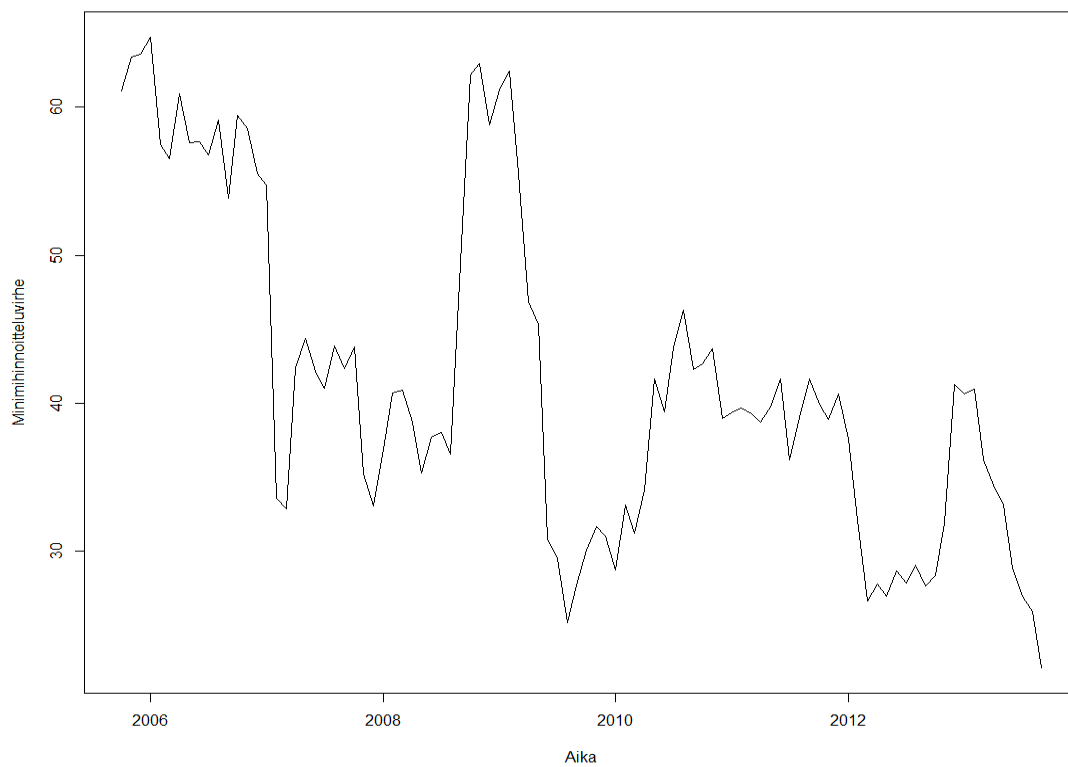
7 TULOKSET

Havaintoperiodilla 2005–2013 TF-malli on keskimäärin ylihinnoitellut vaihtovelkakirjat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Keskimääräinen vvk:en ylihinnoittelu havaintoperiodilla on ollut 3,6 %. Havaitsemani 3,6 % ylihinnoittelu poikkeaa merkittävästi Loncarskin, Ter Horstin ja Veldin (2006) Kanadan vvk-markkinoilla ajanjaksolla 1998–2004 havaitsemasta 10 %:n alihinnoittelusta tai Ammannin, Kindin ja Wildin (2003) Ranskan vvk-markkinoilla aikaperiodilla 1999–2000 havaitsemasta 3 % alihinnoittelusta. Tämän perusteella voidaan sanoa ylihinnoittelun olleen poikkeuksellisen suurta Yhdysvaltojen vvk-markkinoilla vuosina 2005–2013. Erityisen huomionarvoisen havaitsemastani 3,6 % ylihinnoittelusta tekee se, että aikaisempien tutkimusten perusteella vvk:t ovat olleet Yhdysvaltojen markkinoilla merkittävästä alihinnoiteltuja. Esimerkiksi Chen ja Chan (2007) havaitsivat vvk:en olleen 9,4 % alihinnoiteltuja Yhdysvaltojen markkinoilla aikaperiodilla 1999–2003.

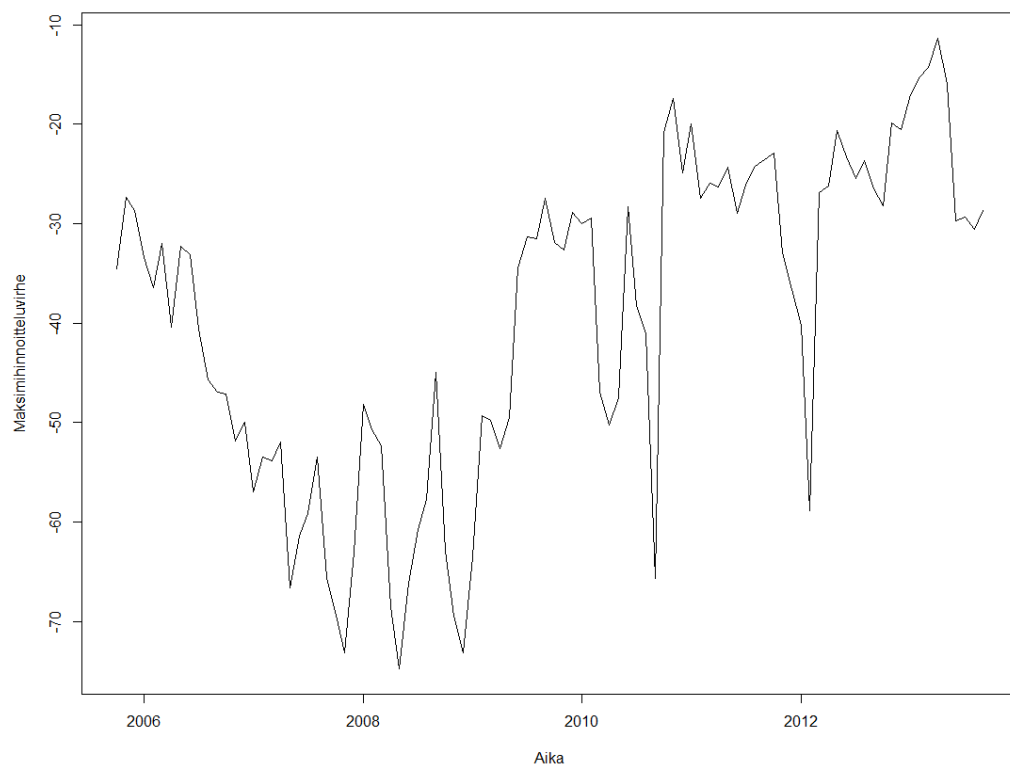
Ylihinnoittelu näyttää olleen suurinta finanssikriisin vuonna 2009 lähes 15 %, kuten kuvaaja 4 osoittaa. On myös tärkeää huomata, että äärimmäiset hinnoittelupoikkeamat molempiin suuntiin eli vvk:en maksimaalinen alihinnoittelu ja ylihinnoittelu ovat olleet myös suurimmillaan finanssikriisissä, kuten kuvaajista 5 ja 6 havaitaan. Kuvaajien perusteella voidaan siten päätellä, että sijoittajilla oli mahdollisuus tehdä vaihtovelkakirjoilla epätavallisen suuria voittoja finanssikriisin aikana. Vaihtovelkakirjojen ylihinnoittelun kasvaessa finanssikriisissä myös niiden luottoriskipreemiot ja volatilitetit kasvoivat jyrkästi. Tutkimuksessani käyttämäni TF-malli sisältää vakiovolatiliteetti- ja vakioluottoriskipremio-oletuksen, mikä kuvaajien 7 ja 8 perusteella näyttää ongelmalliselta finanssikriisin aikana.



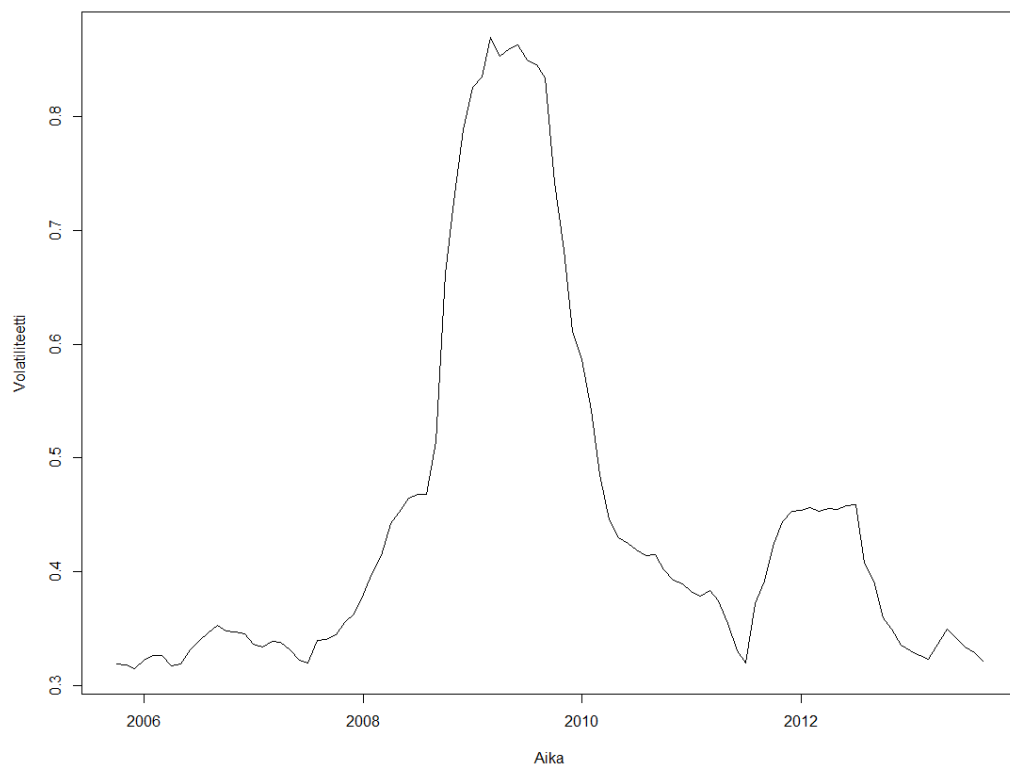
Kuvaaja 4. Keskimääräinen hinnoitteluvirhe (ylihinnoittelu)



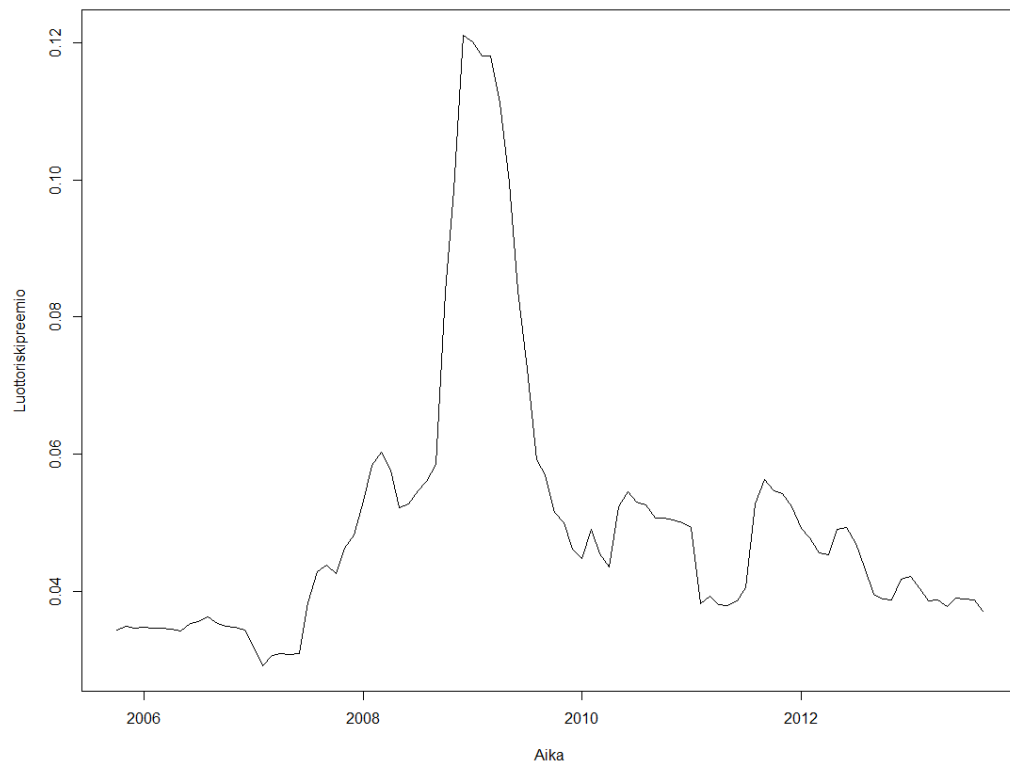
Kuvaaja 5. Minimihinnitteluvirhe eli maksimaalinen alihinnoittelu



Kuvaaja 6. Maksimihinnotteluvirhe eli maksimaalinen ylihinnottelu



Kuvaaja 7. Vaihtovelkakirjojen volatiliteetti



Kuvaaja 8. Vaihtovelkakirjojen luottoriskipremio

Taulukko 7. Hinnoitteluvirhe yrityslainan kaltaisilla ja osakkeen kaltaisilla vaihtovelkakirjoilla.

del1 = 0, jos yrityslainan kaltainen = 1, jos osakkeen kaltainen	Hinnoitteluvirhe (positiivinen ylihinnoittelu, negatiivinen alihinnoittelu)
0	3,84
1	3,56

Taulukko 8. Hinnoitteluvirhe roskalainaluokituksen ja investointiluokituksen vaihtovelkakirjoilla.

crdummy = 0, jos roskalainaluokassa = 1, jos investointiluokassa	Hinnoitteluvirhe (positiivinen ylihinnoittelu, negatiivinen alihinnoittelu)
0	4,13
1	-3,63

Taulukko 9. Hinnoitteluvirhe lyhyillä ja pitkällä vaihtovelkakirjoilla.

ttm1 = 0, jos lainan juoksuaika < 10 vuotta = 1, jos lainan juoksuaika > 10 vuotta	Hinnoitteluvirhe (positiivinen ylihinnoittelu, negatiivinen alihinnoittelu)
0	-3,52
1	8,60

Taulukko 10. Vaihtovelkakirjojen hinnoitteluvirhe del1 ja ttm1 suhteen.

	del1	
	0	1
ttm1	0	-1,07
	1	19,43
		-5,16
		7,49

Taulukko 11. Vaihtovelkakirjojen hinnoitteluvirhettä pe selittävät regressiomallit.

Regressiomalli	a	b	c	d	R ²
1. $pe = a + b \cdot dell$	3,84 (7,18)	-0,28 (-0,47)			0,000
2. $pe = a + b \cdot crdummy$	4,13 (15,96)	-7,76 (-7,77)			0,014
3. $pe = a + b \cdot crdummy + c \cdot dell$	4,67 (8,61)	-7,85 (-7,76)	-0,68 (-1,13)		0,014
4. $pe = a + b \cdot ttm1$	-3,52 (-9,60)	12,12 (25,39)			0,131
5. $pe = a + b \cdot ttm1 + c \cdot crdummy + d \cdot dell$	1,18 (2,30)	14,19 (28,22)	-8,09 (-8,71)	-6,92 (-11,58)	0,169

suluissa estimaattien T-arvot

- dell = (0, jos yrityslainan kaltainen (estimoitu delta < 0,5))
= 1, jos osakkeen kaltainen (estimoitu delta ≥ 0,5))
- crdummy = (0, jos roskalainaluokassa
= 1, jos investointiluokassa)
- ttm1 = (0, jos lainan juoksuaika < 10 vuotta
= 1, jos lainan juoksuaika > 10 vuotta)

Seuraavaksi vertaan hinnoitteluvirhettä osakkeen kaltaisten vaihtovelkakirjojen ja tavallisen yrityslainan kaltaisten vaihtovelkakirjojen välillä. Tämän selvittämiseksi olen muodostanut dummy-muuttujan dell, joka saa arvon yksi, kun vvk on osakkeen kaltainen ja arvon nolla, kun vvk on tavallisen yrityslainan kaltainen. Osakkeen kaltaisten vvk:en hinnat korreloivat voimakkaasti kohdeosakkeen hinnan kanssa, mutta yrityslainan kaltaisilla vvk:illa korrelaatio on vähäistä. Omassa tutkimuksessani olen jakanut vvk:t estimoimani deltan perusteella, siten että osakkeen kaltaisilla vvk:illa delta ≥ 0,5 ja tavallisen yrityslainan kaltaisilla vvk:illa delta < 0,5. Aikaisemmin vastaavanlaista jaottelua ovat käyttäneet Loncarsk, Ter Horst ja Veld (2006). Taulukosta 7 näemme, että vvk:en ylihinnointelu on hieman vähäisempää osakkeen kaltaisilla vvk:illa kuin tavallisen yrityslainan kaltaisilla vvk:illa. Ero on kuitenkin vain 0,28 prosenttiyksikköä. Regressio 1 (taulukko 11) havaitaankin, että dummy-muuttujan dell kerroin ei ole tilastollisesti merkittävä. Tämän perusteella näyttää siltä, että osakkeen kaltaisten ja tavallisen velkakirjan kaltaisten vvk:en hinnoitteluvirheet ovat yhtä suuria, siten että kummankin ylihinnointelu on keskimäärin hieman alle 4 %.

Seuraavaksi tutkin hinnoitteluvirheen eroa investointiluokituksen omaavien ja roskalaina luokkaan kuuluvien vvk:en välillä dummy-muuttujan $crdummy$ avulla. $crdummy$ saa arvon yksi, kun vvk kuuluu investointiluokkaan ja arvon nolla, kun vvk kuuluu roskalainaluokkaan. Taulukosta 8 havaitaan, että roskalainaluokkaan kuuluvat vvk:t ovat keskimäärin 4,1 % ylihinnoiteltuja ja investointiluokituksen omaavat vvk:t 3,6 % alihinnoiteltuja. Näiden vvk:en välinen hinnoittelupoikkeama on siten lähes 8 %-yksikköä. Regressiosta 2 näemme myös, että $crdummy$ n kertoimen olevan tilastollisesti merkitsevä. Tulokset ovat samanlaisia myös kahden selittävän muuttujan regressiossa 3, jossa toisena selittäjänä on $dell$. Vaihtovelkakirjan nousu roskalainaluokasta investointiluokkaan laskee siten sen hintaa keskimäärin 8 %-yksikköä suhteessa kyseisen vvk:n teoreettiseen hintaan. Saamani tulos luottoluokituksen vaikutuksesta hinnoitteluvirheeseen on päinvastainen Chanin ja Chenin vuonna 2007 tekemään tutkimukseen verrattuna, jossa he havaitsivat vvk:en alihinnoittelun kasvavan luottoluokituksen heikentymisen seurauksena.

Lopuksi vertaan pitkien ja lyhyiden vvk:en hinnoitteluvirheiden välistä eroa dummy-muuttujan $ttm1$ avulla. $ttm1$ saa arvon yksi, kun vvk:n juoksu-aika on yli 10 vuotta ja arvon nolla, kun vvk:n juoksu-aika on alle 10 vuotta. Taulukosta 9 havaitaan, että pitkät vvk:t ovat ylihinnoiteltuja ja lyhyet alihinnoiteltuja. Hinnoittelueron pitkien ja lyhyiden vvk:en välillä on peräti 12 %-yksikköä. Regressiosta 4 havaitaan, hinnoittelueron olevan tilastollisesti merkitsevä. Tämä tarkoittaa pitkän vaihtovelkakirjan hinnan olevan 12 %-yksikköä vastaavaa lyhyttä vaihtovelkakirjaa suurempi suhteessa sen teoreettiseen hintaan. Valitettavasti aikaisemmissa tutkimuksissa samankaltaisia vertailua vvk:en hinnoitteluvirheeseen niiden juoksuajan suhteen ei juuri ole tehty, joten saamalleni tulokselle ei ole relevantteja vertailukohteita.

Regressiosta 5 havaitaan, että lyhyillä tavallisen yrityslainan kaltaisilla roskalainoilla hinnoitteluvirhettä ei juuri ole (kaikkien muuttujien arvot tällöin nolli). Aikaisemmissa regressioissa (regressiot 1 ja 3) $dell$ ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta regressiossa 5 se saa tilastollisesti merkitsevän kertoimen ja $dell$:n kerroin on huomattavasti aikaisempia regressioita suurempi. Regressiossa 5 $dell$ vaikutus vvk:en hinnoitteluvirheeseen on jopa 7 %-yksikköä. Sen sijaan $crdummy$ ja $ttm1$ kertoimet säilyvät eri regressioissa suhteellisen muuttumattomina. Havaitaan myös, että kaikkia kertoimien estimaatteja selittää jossain määrin luottoriskipreemion raju nousu vuonna

2009 ja TF-malliin liittyvä vakioluottoriskipreemio oletus. Tämä johtuu siitä, että liian suuri luottoriskipreemio alentaa enemmän pitkien roskalainaluokkaan kuuluvien tavallisten yrityslainan kaltaisten vvk:en teoreettista hintaa kuin lyhyiden investointiluokituksen omaavien osakkeen kaltaisten vvk:en teoreettista hintaa.

Taulukosta 10 huomataan, että dell näyttää olevan selityskykyä vvk:en hinnoitteluvirheeseen, mikäli vvk:t jaetaan ensin juoksuajan suhteen pitkiin ja lyhyisiin vaihtovelkakirjoihin. Erityisen suuri dell vaikutus hinnoitteluvirheessä näyttää olevan pitkillä vvk:illa. Pitkillä osakkeenkaltaisilla vvk:illa ylihinnottelu on 7,5 % ja tavallisen yrityslainan kaltaisilla vvk:illa 19,4 %. Aikaisemmin hinnoittelueroa osakkeen kaltaisten vvk:en ja tavallisten yrityslainan kaltaisten vvk:en välillä tutkineet Loncarsk, Ter Horst ja Veld (2006) havaitsivat, että hinnoitteluvirheen erotus oli peräti 19.8 %-yksikköä vvk:n liikkeellelaskupäivänä Kanadan markkinoilla ajanjaksolla 1998–2004 , mutta eron laskevan puolen vuoden jälkeen 12.2 %-yksikköön. Täten dell liittyvät tulokseni tukevat jossain määrin heidän havaintoaan yrityslainan kaltaisten ja osakkeen kaltaisten vvk:en hinnoittelueron pitkäaikaisesta säilymisestä.

8 JOHTOPÄÄTÖSET

Vaihtovelkakirjojen hinnoitteluvirhe oli suurimmillaan finanssikriisissä vuonna 2009, jolloin vvk:t olivat ylihinnoiteltuja keskimäärin noin 15 %. Finanssikriisin aikaan myös äärimmäiset hinnoittelupoikkeamat saavuttivat maksiminsa molempiin suuntiin. Siis sekä maksimaalinen ali- ja ylihinnoittelu olivat suurimmillaan finanssikriisissä. Hinnoitteluvirheiden kasvaminen on mahdollisesti selitettävissä luottoriskipreemion ja volatilitietin räjähdysmäisellä kasvulla finanssikriisissä. TF-malli oletus vakiovolatilitietistä ja vakioluottoriskipreemiosta voi siten olla ongelmallinen poikkeuksellisessa tilanteessa. Tutkimuksessani tekemäni havainto ylihinnoittelusta on poikkeuksellinen aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna, sillä useimmat tutkimukset ovat todenneet vvk:en olleen alihinnoiteltuja.

Omassa tutkimuksessa selvitin vvk:en hinnoitteluvirhettä kolmen tekijän suhteen. Näistä tekijöistä vvk:en juoksuajalla näytti olevan suurin vaikutus hinnoitteluvirheeseen. Pitkien yli 10 vuoden juoksuajan omaavien vvk:en ylihinnoittelu oli yli 12 %-yksikköä suurempaa kuin lyhyiden vvk:en. Toinen merkittävä havainto tuloksista oli se, että investointiluokituksen omaavat vvk:t olivat herkemmin alihinnoiteltuja kuin roskalainaluokkaan kuuluvat vvk:t. Ero näiden vvk:en hinnoitteluvirheessä oli 7,8 %-yksikköä, siten että investointiluokituksen omaavat vvk:t olivat 3,6 % alihinnoiteltuja ja roskalainaluokituksen omaavat vvk:t 4,1 % ylihinnoiteltuja. Erilaiseen tulokseen päätyivät Chan ja Chen (2007), jotka havaitsivat vvk:en alihinnoittelun kasvavan luottoluokituksen heikentymisen seurauksena.

Vaikeimmin selvitettävä tekijä oli tavallisen yrityslainan kaltaisen ja osakkeen kaltaisen vvk:en hinnoitteluvirheen ero. Regressioiden 1 ja 3 perusteella näyttää, ettei eroa olisi, mutta regressio 5 vastaavasti antaa dell:lle suuren tilastollisesti merkitsevän kertoimen arvon. Lopulta taulukosta 7 saadaan selville, että dell:n vaikutus vvk:en hinnoitteluvirheeseen näyttää olevan erityisen suuri pitkän juoksuajan omaavilla vvk:illa lähes 12 %-yksikköä. Sen sijaan lyhyillä vvk:illa vaikutus näyttää jäävän vain noin 4 %-yksikköön. Saamani tulos tukee jossain määrin Loncarskin, Ter Horstin ja Veldin (2006) tekemää havaintoa yrityslainan kaltaisten ja osakkeen kaltaisten vaihtovelkakirjojen hinnoittelueron pitkäaikaisesta säilymisestä.

LÄHTEET

- Vikas Agarwal, William Fung, Yee Cheng Loon & Narayan Y. Naik. (2004). Risks in hedge fund strategies: Case of convertible arbitrage. Working Paper. Georgia State University and London Business School, London.
- Manuel Ammann, Axel Kind & Christian Wilde. (2003). Are convertible bonds underpriced? An analysis of the French market. *Journal of Banking & Finance* 27(4), 635–653.
- Clifford S. Asness, Adam Berger & Christopher Palazzolo. (2009). The limits of convertible bond arbitrage: Evidence from the recent crash. Teoksessa: Laurence B. Siegel (toim.). *Insights into the Global Financial Crisis*. New York: Research Foundation of CFA Institute, 110–123.
- E. Ayache, P. A. Fortsyth & K. R. Vetzal. (2003). The valuation of convertible bonds with credit risk. *Journal of Derivatives* 11(1), 9–29.
- Franck Bancel, Usha R. Mittoo & Zhou Zhang. (2009). The geography of European convertible bonds: Why firms issue convertibles? Working Paper, ESCP European Business School Berlin, University of Manitoba, University of Regina, Regina.
- Michael J. Brennan & Eduardo S. Schwartz. (1977). Convertible bonds: Valuation and optimal strategies for call and conversion. *Journal of Finance* 32(5), 1699–1715.
- Michael J. Brennan & Eduardo S. Schwartz. (1980). Analysing convertible bonds. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 15(4), 907–29.
- Stephen J. Brown, Bruce D. Grundy, Craig M. Lewis & Patrick Verwijmejer. (2012). Convertibles and Hedge Funds as Distributors of Equity Exposure. *The Review of Financial Studies* 25(10): 3077–3112.
- Alex W. H. Chan & Nai-fu Chen. (2007). Convertible bond underpricing: Renegotiable covenants, seasoning, and convergence. *Management Science* 53(11), 1793-1814.
- Moorad Choudhry. (2001). *Bond and Money Markets Strategy Trading Analysis*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Larry Y. Dann & Wayne H. Mikkelson. (1984). Convertible debt issuance, capital structure change and financing-related information: Some new evidence. *Journal of Financial Economics* 13(2), 157–186
- Frank J. Fabozzi. (2005). *The Handbook of Fixed Income Securities* (7. painos). New York: McGraw-Hill.
- Frank J. Fabozzi. (2008). *Handbook of Finance*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

- Goldman Sachs. (1994). Valuing convertible bonds as derivatives. Quantitative Strategies Research Notes. Goldman Sachs.
- Russell Grimwood & Stewart Hodges. (2002). The valuation of convertible bonds: A study of alternative pricing models. Working Paper. University of Warwick, Coventry.
- J. Ingersoll. (1977). A contingent-claims valuation of convertible securities, *Journal of Financial Economics* 4(3), 289–322.
- Kaija Ahtela. (2014). Sipilä: Kasvurahasto on ymmärretty väärin. *Kauppalehti* 29.12.2014.
- Coenraad C. A. Labuschagne & Theresa M. Offwood. (2011). Pricing convertible bonds. *International Journal of Intelligent Technologies and Applied Statistics* 4(4), 467–488.
- Igor Loncarski, Jenke Ter Horst & Chris Veld. (2006). The convertible arbitrage strategy analyzed. CentER Discussion Paper Vol. 2006-98. Finance, Tilburg.
- Francis A. Longstaff & Eduardo S. Schwartz (1995). A simple approach to valuing risky fixed and floating rate debt. *The Journal of Finance* 50(3), 789–819.
- Jan De Spiegeleer & Wim Schoutens. (2011). *The Handbook of Convertible Bonds Pricing, Strategies and Risk Management*. Chichester: John Wiley & Sons Inc.
- Akihiko Takahashi, Takao Kobayashi & Naruhisa Nakagawa. (2001). Pricing convertible bond with default risk: A Duffie-Singleton approach. CIRJE-F-140. The University of Tokyo, Tokyo.
- Kostas Tsiveriotis & Chris Fernandes. (1998). Valuing convertible bonds with credit risk. *The Journal of Fixed Income* 8(2), 95–102.
- Paul Wilmott. (2007). *Introduces Quantitative Finance* (2. painos). Chichester: John Wiley & Sons Inc.
- Yuriy Zabolotnyuk, Robert Jones, & Chris Veld. (2010). An empirical comparison of convertible bond valuation models. *Financial Management* 39(2), 675–706.
- Ariel Zadikov. (2010). Methods of pricing convertible bonds. Pro Gradu -tutkielma. University of Cape Town, Cape Town.