

## **TÉZISGYŰJTEMÉNY**

**Váradi Kata**

**Likviditási kockázat a részvénytőzsdén**

**A Budapesti Likviditási Mérték statisztikai elemzése és felhasználási  
lehetőségei**

című Ph.D. értekezéséhez

**Témavezetők:**

**Dr. Berlinger Edina**  
egyetemi docens, tanszékvezető

**Dr. Lublós Ágnes**  
egyetemi docens

Budapest, 2012

**Befektetések és Vállalati Pénzügy tanszék**

**TÉZISGYŰJTEMÉNY**

**Váradi Kata**

**Likviditási kockázat a részvénypiacokon**

**A Budapesti Likviditási Mérték statisztikai elemzése és felhasználási  
lehetőségei**

című Ph.D. értekezéséhez

**Témavezetők:**

**Dr. Berlinger Edina**  
egyetemi docens, tanszékvezető

**Dr. Lublós Ágnes**  
egyetemi docens

© Váradi Kata

## Tartalomjegyzék

<b>1. Kutatási előzmények és a téma indoklása.....</b>	<b>4</b>
1.1. Értekezés célja.....	4
1.2. Szakirodalmi háttér és hipotézisek.....	6
1.2.1. Ajánlatvezérelt piacok jellemzői.....	6
1.2.2. Piaci likviditással kapcsolatos alapfogalmak.....	7
1.2.3. Likviditással kiegészített kockázatos érték modellek.....	9
1.2.4. Árhatás függvény becslése és elemzése.....	10
<b>2. A felhasznált módszerek.....</b>	<b>13</b>
2.1. A Budapesti Likviditási Mérték statisztikai elemzése.....	13
2.2. Likviditással kiegészített Value-at-Risk modell.....	15
2.3. Virtuális árhatás függvény becslése és idősoros elemzése.....	16
<b>3. Az értekezés eredményei.....</b>	<b>18</b>
3.1. A Budapesti Likviditási Mérték statisztikai elemzése.....	18
3.2. Likviditással kiegészített Value-at-Risk modell.....	20
3.3. Virtuális árhatás függvény becslése és idősoros elemzése.....	21
<b>4. Főbb hivatkozások.....</b>	<b>22</b>
<b>5. Saját publikációk jegyzéke.....</b>	<b>27</b>

## **1. Kutatási előzmények és a téma indoklása**

A likviditás a pénzügyi piacok és a pénzügyi rendszer normális működésének elengedhetetlen feltétele. Csak kellően likvid pénzügyi piacok képesek hatékonyan működni, azaz közvetíteni a megtakarításokat a felhasználókhöz, illetve aggregálni a piaci szereplők várakozásait és az elérhető információkat. A piacok likviditása, pontosabban annak hiánya az egész pénzügyi rendszerre, azon keresztül pedig áttételesen az egész gazdaságra kihathat, akadályozva azok normális, üzemszerű működését. A 2008-as év pénzügyi válsága megmutatta a pénzügyi rendszer likviditásának kiemelt jelentőségét, és egyúttal a figyelem középpontjába is helyezte a kérdést. A piacok végtelen likviditását feltételező sztenderd egyensúlyi és no-arbitrázs modellek felülvizsgálata és/vagy kiegészítése elkerülhetetlenné vált, nyilvánvalóan új árazási modellekre és kockázatkezelési technikák kifejlesztésére van szükség.

### **1.1. Értekezés célja**

Dolgozatomban legfőképpen a pénzügyi piacok likviditásával és ehhez kapcsolódóan a kereskedés kockázatával foglalkozom mind elméleti, mind empirikus megközelítésben. A kutatásaimmal párhuzamosan egy interjúsorozatot készítettünk a Budapesti Értéktőzsde (BÉT) támogatásával, melynek során arról kérdeztünk az értékpapír-kereskedőket és az alapkezelőket, hogy a gyakorlatban hogyan kezelik a likviditási kockázatot (lásd Szücs és Váradi, 2012). Az interjúk során kapott válaszok nagymértékben hozzájárultak kutatási kérdéseim és hipotéziseim megfogalmazásához és pontosításához. Az interjúk folyamán fokozatosan bontakozott ki a kép, miszerint a dinamikus portfólió-optimalizálás illikvid piacokon egy rendkívül komplex probléma, ami egyelőre sem elméleti, sem gyakorlati szempontból nem tekinthető megoldottnak. A piaci szereplők (jobb híján) megpróbálják leegyszerűsíteni a kérdést, egyesek például kizárólag csak a likvid piacokon hajlandók kereskedni; mások eldöntik, hogy milyen portfóliót szeretnének kialakítani, majd megbízást adnak olyan kereskedőknek, akik kifejezetten arra specializálódtak, hogy adott időtávon belül a kívánt méretű tranzakciót úgy hajtsák végre, hogy minimalizálják a tranzakció árhatását. Megint mások egyszerű hüvelykujj-szabályok felállításával próbálják csökkenteni a likviditási kockázatot a portfólió felépítése és/vagy likvidálása során. Dolgozatomban én sem vállalkoztam az optimalizálási feladat precíz felírására és megoldására, inkább csak az odavezető út első lépéseit igyekeztem megtenni azáltal, hogy bemutattam a likviditási kockázat jellegét és kezelésének lehetőségeit.

Illikvid piacokon a kereskedés költsége szignifikánsan nagyobb, mint likvid piacokon, azaz a tranzakciók csak lényegesen nagyobb költség- illetve időráfordítás mellett hajthatók végre. Nem meglepő tehát, hogy a piaci szereplők egyik alapvető igénye az, hogy az egyes értékpapírok likviditása összehasonlítható, a kereskedés költsége pedig számszerűsíthető legyen. Önmagában a likviditás mérése is egy összetett probléma, egyetlen mutatószámmal nehéz kifejezni a likviditás összes vetületét, illetve azt is nehéz megbecsülni, hogy az illikviditás milyen költségeket generál a kereskedés során, hiszen a likviditást különböző dimenziók mentén lehet értelmezni, és ezáltal a likviditás más és más jellemzője kerülhet előtérbe.

Kutatásom során kiemelten foglalkoztam egy olyan likviditási mutató elemzésével, amely a kereskedés tranzakciós költségét számszerűsíti abban a hipotetikus és meglehetősen extrém esetben, ha a vevő/eladó egyáltalán nem hajlandó várni, azaz a tranzakciót késedelem nélkül, azonnal végre szeretné hajtani. Ez a mutató a Budapesti Likviditási Mérték (BLM), mely a Frankfurti Értékpapírtőzsde által elsőként bevezetett és folyamatosan közzétett likviditási mutató (XLM) mintájára készült. Az adatbázist a Budapesti Értéktőzsde bocsájtotta a rendelkezésemre.

A fő célom az volt, hogy hozzájáruljak ahhoz, hogy a likviditás, mint koncepció beépüljön a kockázatkezelés napi gyakorlatába, azaz olyan megoldásokat dolgozzak ki, amelyek a gyakorlatba könnyen átültethetők, és elméleti szempontból is kellően megalapozottak. Az egyértelműen kitűnt az interjúorozatból is, hogy a dinamikus portfólió-optimalizációnak az lenne az előfeltétele, hogy világos képet kapjunk arról, hogy a kockázatos eszközök várható hozama, volatilitása és likviditása hogyan függ össze, vagyis hogy ennek az együttes sztochasztikus folyamatnak melyek a fő jellegzetességei. Ennek megfelelően saját kutatásom során három fő kérdéskörre koncentráltam: (1) megvizsgáltam a BLM idősor kereszt- és hosszmetzeti statisztikai jellemzőit; (2) megmutattam, hogy a mutatót hogyan lehet integrálni egy VaR-alapú kockázatkezelési rendszerbe; (3) levezettem a kapcsolatot a BLM és a szakirodalomban gyakran elemzett árhatás függvény között. Ennek segítségével empirikusan is elemeztem, hogy a magyar részvénytőzsdén hogyan alakult az árhatás függvény 2007 és 2011 között. Ez az időszak azért különösen érdekes, mert magában foglalja egy jelentős likviditási válság kibontakozását és lefutását.

## **1.2. Szakirodalmi háttér és hipotézisek**

A kutatási kérdéseknek megfelelően a kutatási előzményeket is három nagy részre bontottam a dolgozatomban, annak megfelelően, hogy melyik kutatási kérdéshez kapcsolódnak. Ezen felül érdeemesnek tartottam azonban egy fejezet erejéig ismertetni azokat a kutatásokat is, melyek a likviditás szerepét hangsúlyozzák a tőzsdei kereskedésben. Összességében tehát négy nagy részre bontható a kutatási előzmények ismertetése, melyeket a dolgozatban tárgyalt fejezetek sorrendjében mutatok be.

### **1.2.1. Ajánlatvezérelt piacok jellemzői**

Az I. fejezetben bemutattam a tőzsdék működését, az árjegyzői és az ajánlatvezérelt piacok főbb jellemzőit. Ezen felül részletesen kitértem arra, hogy az ajánlatvezérelt piacokon alkalmazott ajánlati könyv milyen statisztikai tulajdonságokkal rendelkezik az eddigi empirikus kutatások eredményei alapján. A kutatások ugyanis az elmúlt időszakban kezdtek el érdemben foglalkozni azzal, hogy az ajánlati könyv statisztikai tulajdonságait is elemezzék, mivel az ajánlati könyv változásának következménye a piacokon az árfolyamok változása, így a beadott megbízások tekinthetők az áralakulás legelemibb részeinek.

Az ajánlati könyv tulajdonságaival foglalkozó tudományos cikkek egy része inkább elméleti oldalról közelíti meg az ajánlati könyv vizsgálatát. Az ilyen kutatások közé tartoznak többek között a következő cikkek: Bouchaud et al. (2002), Bak et al. (1997), Chan et al. (2001), Luckock (2001), Slanina (2001), Daniels et al. (2002), Challet és Stinchcombe (2001), Willmann et al. (2003), Maslov (2000) és Maslov és Mills (2001) munkái.

Az ajánlati könyvet statisztikailag is elemezték számos szempontból. Ilyen kutatásokat végeztek: Bouchaud és Potters (2002), Zovko és Farmer (2002), Bouchaud et al. (2008), Maslov és Mills (2001), Lillo és Farmer (2004), Mike és Farmer (2008), Gopikrishnan et al. (2000), Gabaix et al. (2003), Margitai (2009), Plerou et al. (2002), Bouchaud et al. (2004), Chordia és Subrahmanyam (2002).

Ezen kutatások azért lényegesek a dolgozatomban szempontjából, mert rávilágítanak arra, hogy milyen nagy jelentősége van a piacon a likviditásnak. Ugyanis a kutatások legfőbb eredményei, hogy a megbízások iránya, valamint az ajánlat mennyisége is egy előrejelezhető, hosszú memóriájú folyamat, valamint a kereslet-kínálat alakulásából rövid távon előre lehet jelezni a hozamokat. Ez pedig nem egyeztethető össze azzal a gyakran megfigyelhető ténnyel, hogy végső soron a hozamokat, és ezáltal az árfolyamokat mégsem lehet előre jelezni és véletlen bolyongással tudjuk csak jellemezni az árfolyam alakulási folyamatot. A megoldást a

problémára a piaci likviditás nyújtja: ez biztosítja a piac számára, hogy hatékonyan működjön, és ne lehessen a piaci árakat előre jelezni. Farmer et al. (2006) azt állítják ugyanis, hogy a vételi és eladási oldal egyensúlytalansága együtt mozog a két oldal likviditásának egyensúlytalanságával, vagyis azzal, hogy a vételi és az eladási oldalon eltérő árhatással lehet venni vagy eladni egy adott mennyiséget. Ezt az állításukat Bouchaud et al. (2004), valamint Lillo és Farmer (2004) eredményeire alapozták, akik ugyancsak hasonló következtetésre jutottak.

Az ajánlati könyv részletes bemutatását azonban egy másik okból kifolyólag is indokoltnak éreztem, ugyanis a BLM adatbázis az ajánlati könyvön alapszik, vagyis lényegében az ajánlati könyvben található információkat sűríti egy speciális transzformáció révén.

### **1.2.2. Piaci likviditással kapcsolatos alapfogalmak**

A II. fejezetben ismertettem a piaci likviditással kapcsolatos alapfogalmakat és kutatásokat, melyek alapját képezik dolgozatom ezen fejezetének. A következő felsorolás mutatja meg, hogy mely témakörökre térek ki részletesebben, és mely szerzők kutatásai azok, amelyekre a leginkább építek.

- Likviditás definíciója: BIS (1999), Csávás és Erhart (2005).
- Likviditás dimenziói: Kyle (1985), Harris (1990), Kutas és Végh (2005).
- Likviditási mutatók: vonWyss (2004), Csávás és Erhart (2005), Berlinger et al. (2011).
- Xetra Liquidity Measure: Gomber és Schweikert (2002), Kutas és Végh (2005).
- BÉT-n végzett eddigi kutatások: Kutas és Végh (2005), Michaletzky (2010).
- Likviditás és volatilitás kapcsolatának elemzése magyar kutatások alapján: Csávás és Erhart (2005), Michaletzky (2010).

Kutatásom során mind a nemzetközi, mind a hazai szakirodalomra azonos hangsúlyt helyeztem, azonban a kutatási kérdéseim és a hipotéziseim kialakítása során azokat a kérdéseket vizsgáltam, melyeket az elmúlt években született hazai kutatások megválaszolatlanul hagytak.

Az eddigi magyar kutatások és a készített interjúsorozat alapján a két leggyakrabban elemzett likviditási mutatóval – a bid-ask spreaddel, és a forgalommal – hasonlítottam össze a BLM-et. Megvizsgáltam, hogy mennyiben ad ez a három (vagyis a bid-ask spread, a forgalom és a BLM) likviditási mutató azonos eredményt likviditás tekintetében, valamint, hogy milyen piaci körülmények között lehet félrevezető csak a bid-ask spread, illetve a forgalom használata a likviditásra vonatkozóan.

Ezen felül megvizsgáltam azt is, hogy a volatilitásnak és a likviditásnak milyen kapcsolata van, ugyanis a szakirodalom alapján (Csávás és Erhart, 2005; Michaletzky, 2010) azt állapíthatjuk meg, hogy erős pozitív kapcsolat van a két változó között. Ezt a vizsgálatot annak érdekében végeztem el, hogy igazoljam Csávás és Erhart (2005) állítását, miszerint a bid-ask spread növekedésébe, ezáltal a likviditás csökkenésébe az új információk volatilitás növelő hatása épül be, ugyanis a várt volatilitás már eleve tükröződik a bid-ask spread értékében. Továbbá az eredmény alapján azt a következtetést is le tudtam vonni, hogy ténylegesen likviditási válság is volt-e a 2007/2008-as válság, vagy csak a volatilitás növekedésével egy „természetes” likviditás csökkenés járt együtt.

A fő kérdések, melyeket a fejezet során vizsgáltam, a következők voltak:

- Milyen átlagos értéket vesz fel a BLM az öt kötési szinten különböző részvények esetében a vizsgált időszak során?
- Milyen a viszonya a BLM-nek két olyan likviditási mutatóval, melyeket a leggyakrabban alkalmaznak piaci szereplők (bid-ask spread, forgalom)?
- Milyen erős kapcsolat van egy adott eszköz likviditása és volatilitása között?

E kérdések vizsgálatát mindenekelőtt három okból tartottam fontosnak. Egyrészt azért, mert ezen kérdések megválaszolásával meg tudjuk állapítani, hogy a három vizsgált likviditási mutató közül mely likviditási mutatót érdemes használni, melyik szolgáltatja a legbiztosabb eredményt a likviditásra vonatkozóan. Másrészt azért tartottam fontosnak, mert ezzel alapot szeretnék nyújtani ahhoz, hogy a jövőben a likviditással, mint termékkel kereskedni lehessen a piacokon – akár egy olyan mutató segítségével, mint a BLM –, és derivatív termékek alaptermékéül szolgálhasson. Ezáltal lehetővé téve azt, hogy a likviditásból származó kockázat fedezhetővé váljon. Ehhez azonban elengedhetetlen a volatilitás és a likviditás kapcsolatának ismerete. Harmadrészt pedig azért tartottam fontosnak, mert amikor a piaci szereplők dinamikus portfólió optimalizálást hajtanak végre a piacon, akkor nem elégséges a hozam-volatilitás dimenzió mentén dönteni, a likviditást is bele kell venni a döntési mechanizmusba, hiszen a piaci kockázat nemcsak az ár-kockázatból, azaz a középár elmozdulásából, hanem a likviditási kockázatból is áll.

A kutatási kérdések alapján a következő hipotéziseket vizsgáltam:

**H1: A BLM, valamint a gyakorlatban használt likviditási mutatók (bid-ask spread, forgalom) eltérő sorrendet adnak likviditás szempontjából az egyes részvények esetében:**



**H1/a: nyugodt időszak során, illetve**

**H1/b: válság idején.**

**H1/c: likvid, illetve**

**H1/d: illikvid részvény esetében.**

**H2: A volatilitás (szórás, tényleges ársáv) és a BLM között pozitív kapcsolat van.**

### **1.2.3. Likviditással kiegészített kockázatos érték modellek**

A III. fejezetben olyan modelleket, kutatási előzményeket mutattam be, melyek alkalmazásával a BLM mutató egyszerűen integrálható a piaci kockázat kezelését célzó, kockázatos érték (*value at risk, VaR*) alapú rendszerekbe. Itt az az alapgondolat, hogy illikvid piacokon egy eszköz értéke nem egyezik meg annak legutolsó piaci árával. A vételi/eladás tranzakció ugyanis visszahat az árra és ellenséges irányba mozdítja el azt. Ebben a helyzetben célszerű tehát a hozamot úgy meghatározni, hogy figyelembe vesszük a várható ellenséges árhatást is. Részletesen bemutattam először a szakirodalomban fellelhető, likviditással kiegészített (*liquidity adjusted value at risk - LAVaR*) modelleket, majd a fejezet második részében a saját elméleti modelletem ismerttettem. Ez utóbbit tekintem egyik legfontosabb új eredményemnek. Az elmúlt években számos LAVaR modellt alkottak a kutatók, amelyben a likviditási kockázatot próbálták számszerűsíteni, és a hagyományos VaR keretrendszerbe beleilleszteni. Ezen modellek két nagy csoportra bonthatóak:

1) Ajánlati könyv adatain alapuló modellek:

- Exogén likviditási kockázatot figyelembe vevő modellek (pl: Bangia et al., 1998; Radnai és Vonnák, 2009),
- Endogén likviditási kockázatot is figyelembe vevő modellek (pl: Goit és Gramming, 2005; Stange és Kaserer, 2009a),
- Tranzakciókon vagy mennyiségen alapuló modellek (pl: Berkowitz, 2000).

2) Optimális végrehajtáson alapuló modellek:

- Sztochasztikus időhorizonton alapuló modellek (pl: Lawrence és Robinson, 1997),
- Árhatás függvények modellezésén alapuló modellek (pl: Jarrow és Subrahmanyam, 1997, 2001).

A dolgozatomban részletesebben csak az első csoport modelljeit mutattam be, ugyanis a dolgozatomban empirikus részében a LAVaR számítását egy endogén likviditási kockázatot figyelembe vevő modell alapján készítettem el. Azért emellett döntöttem, mert az ajánlati könyv adatain alapuló LAVaR modellek legnagyobb előnye, hogy alkalmazásuk egyszerű, mivel nem szükséges olyan sok paraméter becslése, mint az optimális végrehajtáson alapuló

modellek esetében (Stange és Kaserer, 2009b). A számos ajánlati könyv alapú modell közül pedig azért egy endogén likviditási kockázaton alapuló modellt választottam, mert Ernst et al. (2009) készített egy összehasonlító tanulmányt, mely alapján azt az eredményt kapták a szerzők, hogy az XLM típusú tranzakciós költséget számszerűsítő likviditási mutatóra épülő VaR számítás adja a legbiztosabb eredményt likviditási kockázat kezelése szempontjából. A doktori értekezésem empirikus részében bemutatott vizsgálatnak így a Giot és Gramming (2005), valamint Stange és Kaserer (2009a) által alkotott modellek voltak az alapjai, azzal a különbséggel, hogy magyar adatbázison alkalmaztam napi adatokon egyedi részvényekre, illetve részvényportfóliókra, valamint levezetem pontosan, hogy miként kell a likviditással korrigált hozamot kiszámolni egyedi részvényeknél, valamint mennyiség- és értéksúlyozású portfólió esetén.

Ezek alapján a következő hipotéziseket állítottam fel:

**H3: A likvid kategóriába tartozó részvények esetében a likviditási költségek figyelmen kívül hagyása, a piaci kockázat minimum 5%-os alulbecslését okozhatja már a legkisebb, 20.000 EUR-s kötési szinten is.**

**H4: Részvényportfóliók esetében nemcsak az árkockázatból eredő kockázat, hanem az illikviditásból eredő kockázatok is diverzifikálhatók.**

#### 1.2.4. Árhatás függvény becslése és elemzése

A IV. fejezetben ismertettem a piaci likviditás témakörének egyik központi fogalmát, az úgynevezett árhatás függvényt, mely azt mutatja, hogy egy adott értékű megbízás várhatóan mekkora relatív árelmozdulást okoz (Bouchaud et al., 2008). Az árhatás függvény viselkedési jellemzőinek ismerete a piaci szereplők számára kiemelt jelentőségű, hiszen ennek segítségével tudják előre jelezni a jövőben benyújtandó ajánlataikhoz kapcsolódó várható árhatást, vagyis az árelmozdulásból eredő várható többletköltséget. Ebben a fejezetben ismertettem a virtuális és a tényleges árhatás függvények közötti különbséget, valamint bemutattam, hogy a Budapesti Likviditási Mérték segítségével hogyan lehet árhatás függvényt becsülni. A becslés során fontos feltételezés volt, hogy a  $BLM(q)$  függvény lineáris, ami azt eredményezte a becslés során, hogy a virtuális árhatás függvény is lineáris lett. A szakirodalomban számos kutatás előzte meg a vizsgálataimat, melyek a tényleges, illetve a virtuális árhatás függvényeket vizsgálták. Azonban a tényleges árhatás függvény alakjával kapcsolatos vizsgálatok sokkal széleskörűbbek, mint a virtuális árhatás függvények alakjára vonatkozó kutatások. Összesen négy kutatást találtam, ami a virtuális árhatás függvény

elemzésével foglalkozik: Challet és Stinchcombe, 2001; Maslov és Mills, 2001; Smith et al., 2008; Weber és Rosenow, 2005. Véleményem szerint ez annak tudható be, hogy a kutatások nagy része arra irányul, hogy megtalálják az okát a nagy árelmozdulásnak, vagyis azt, hogy a nagy árelmozdulást vajon a nagy megbízások okozzák-e, vagy a likviditáshiányból keletkezik inkább. Összességében a kutatások azt találták, hogy az árhatás függvények jellemzően hatvány- vagy gyökfüggvénnyel felírható konkáv függvények (pl: Gabaix et al., 2003, 2006; Plerou et al., 2002; Farmer és Lillo, 2004; Margitai, 2009), vagy lineáris függvények. Az eredmények alapján a dolgozatom során azt választottam, hogy lineárisnak feltételezem a virtuális árhatás függvényt.

Az általam kidolgozott módszer révén a piaci szereplők a teljes ajánlati könyv ismerete nélkül egyszerűen és gyorsan tudnak virtuális árhatás függvényt becsülni. Virtuális árhatás függvényt becsülését a BLM mutató segítségével hajtottam végre, melyet még senki sem tett meg előttem, ugyanis a szakirodalomban jellemzően a tényleges árhatás függvény becsülésével, és modellezésével foglalkoznak. Mivel a tényleges árhatás függvény becsülése csak egy meghatározott hosszabb időszak kereskedési adatainak az átlagán alapszik, így idősoros elemzést nem lehet rajta elvégezni. Ezért én egy másik megközelítésben tekintettem az árhatás függvényekre, mert véleményem szerint a kereskedés során fontos annak ismerete, hogy ez az árhatás függvény miképpen alakul időben, ugyanis egy kereskedő a kereskedési stratégiáját erre fogja építeni. Az árhatás függvény időbeli viselkedésének ismerete segíti a piaci szereplőket abban, hogy időzíteni tudják a megbízásaikat. Amikor a piaci szereplők arról döntenek, hogy egy tranzakciót későbbre halasszanak, annak érdekében, hogy kisebb árelmozdító hatást érjenek el a piacon, akkor rendelkezniük kell egy elképzeléssel arra vonatkozóan, hogy miképp alakul az árhatás függvény időben. Az időbeli alakulás vizsgálata azonban csak a virtuális árhatás függvényen végezhető el, mert ebben az esetben áll elegendő adat a rendelkezésükre. Ebből kifolyólag az árhatás függvény becsülését követően, idősorosan elemeztem a függvényt, melyet ugyancsak még senki nem tett meg előttem a szakirodalomban. Az elemzés során a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. Milyen alapvető statisztikai tulajdonságokkal rendelkezik a virtuális árhatás függvény (átlag, szórás, minimum, maximum, ferdeség, csúcsosság, eloszlás)?
2. Van-e trend az adatsorban?
3. Hogyan alakul az adatok időbeni volatilitása?
4. Vannak-e kiugró értékek az adatsorban, illetve van-e strukturális törés?
5. Átlaghoz visszahúzó folyamatként lehet-e jellemezni az idősort?

A kutatási kérdéseimre alapozva a hipotézisem pedig a következő volt:

**H5**: Az árhatás függvény időbeli viselkedésében az alábbi jellegzetességek tapasztalhatók:

**H5/a: szimmetria,**

**H5/b: trend,**

**H5/c: ciklikusság,**

**H5/d: átlaghoz való visszahúzás,**

**H5/e: sokkok perzisztenciája.**

## 2. A felhasznált módszerek

A három kutatási kérdés eltért az alkalmazott módszertan tekintetében is: (1) elsősorban hagyományos leíró statisztikai elemzést végeztem a BLM adatbázison; (2) másodsorban egy elméleti modellt építettem, melyet a kockázatkezelés területén lehet használni; (3) harmadsorban idősoros elemzést végeztem a becsült árhatás függvény idősoron.

### 2.1. A Budapesti Likviditási Mérték statisztikai elemzése

A BLM statisztikai elemzése három nagy részre bontható:

1. Először bemutattam, hogy miként néz ki a BLM adatsor, mekkorák az átlagos értékek 2007. január 1. és 2010. július 16. között. A kutatásnak ebben a részében keresztmetszeti elemzést végeztem.
2. Másodsor meghatároztam az átlagos BLM, bid-ask spread és forgalmi adatokat különböző időszakokra – teljes idősorra, illetve válság előtt, alatt és után. Ezek után megnéztem, hogy az egyes időszakokban mennyiben ad más sorrendet a három mutató, melyet két rangkorrelációs módszerrel, a Spearman-féle rangkorrelációs módszerrel, illetve a Kendall-féle rangmódszerrel teszteltem. Ezt követően meghatároztam az egyes mutatóknak az egymással vett korrelációját, illetve lineáris regresszió segítségével megnéztem, hogy milyen magyarázóereje van a bid-ask spread-nek és a forgalomnak a BLM-re vonatkozóan. Valamint azt is megvizsgáltam, hogy a bid-ask spread és a forgalom megváltozása milyen kapcsolatban van a BLM megváltozásával.
3. Harmadszor pedig megállapítottam, hogy a likviditásnak – amit a BLM fog számszerűsített – milyen kapcsolata van a volatilitással. A kapcsolatot lineáris regresszióval vizsgáltam. A volatilitás azonban többféleképpen is meghatározható, így kutatásom több módon is meghatározta a volatilitás értékét. Az egyes volatilitás értelmezések pedig a következők:
  - a. Loghozam szórása;
  - b. GARCH modellből becsült szórás;
  - c. Napi maximális és minimális árfolyam szintje közötti százalékos eltérés;
  - d. Tényleges ársáv (*true range* – *TR*).

Mivel a BLM és a volatilitás közötti kapcsolatot lineáris regresszió segítségével néztem meg, elengedhetetlen volt, hogy minden egyes kereskedési napra rendelkezésemre álljanak a volatilitás adatok. Adatok hiányában a loghozam szórása nem vizsgálható: ehhez ismerni kéne a napon belüli árfolyam adatokat, amik viszont nem álltak a rendelkezésemre. Helyette GARCH modell segítségével becsültem meg a szórásokat minden egyes napra. Ebben az esetben azzal az implicit feltételezéssel éltem, hogy az általam vizsgált hozamok abból az eloszlásból származnak, amit a GARCH modell a szórás becslése során feltételez, jelen esetben Student-féle  $t$  eloszlásból.

A szórás becslését a következő AR(1)-GARCH(1,1) modell segítségével tettem meg (részletesebben lásd Bollerslev, 1986; Tulassay, 2009):

$$r_t = c + \phi r_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t \eta_t \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = a_0 + a_1 \varepsilon_{t-1}^2 + b_1 \sigma_{t-1}^2, \quad (3)$$

ahol az  $r_t / r_{t-1}$  az adott/előző napi loghozamot, az  $\varepsilon_t$  a reziduum értéket, a  $\sigma_t / \sigma_{t-1}$  a szórást,  $\eta_t$  egy FAE(0,1) valószínűségi változó jelöl, míg a többi változó becslési paraméter.

A GARCH modell által megállapított szórás értékeken felül azonban még elemeztem más volatilitás mutatót is, a tényleges ársávot. Azért ezt a mutatót alkalmaztam a napi maximális és minimális árfolyam szintje közötti százalékos eltérés helyett, mert a tényleges ársáv mutatja a legjobban a volatilitást a piacon, valamint ez az a mutató, melyet a technikai elemzők a leggyakrabban alkalmaznak a volatilitás számszerűsítésére (Makara, 2004). Az alkalmazott képlet pedig a következő:

$$TR = \frac{\max(P_t^H; P_{t-1}^C) - \min(P_t^L; P_{t-1}^C)}{P_t^M}, \quad (4)$$

ahol  $P_t^H / P_t^L$  az időszak során tapasztalt legmagasabb/legacsonyabb ár, míg  $P_{t-1}^C$  az előző időszak végi záróár, míg a  $P_t^M$  az aznapi átlagos napi árfolyamot mutatja (Wilder, 1978).

## 2.2. Likviditással kiegészített Value-at-Risk modell

A kockázatkezelés során gyakran használt eszköz, a kockázatos érték, vagyis a VaR (*value at risk*) számítás, annak egyszerűsége, és könnyű érthetősége következtében. A VaR azt adja meg, hogy egy adott szignifikancia szint ( $\alpha$ ) és egy adott időtáv ( $T$ ) mellett mekkora egy adott pozíción elszenvedhető maximális veszteség akár forintban, akár százalékosan (Jorion, 2007).

Egy LAVaR modell alapja a hagyományos kockázatos érték (VaR) számítás. A VaR számítás a következő képlet alapján végezhető el a hozamokra (5-ös képlet), illetve az árfolyamokra (6-os képlet):

$$\text{VaR}_{\text{return}}^{\alpha, \Delta t} = r_t^{\alpha, \Delta t} = \mu_{t+\Delta t} + \sigma_{t+\Delta t} q_{1-\alpha}, \quad (5)$$

ahol a hozamokat folytonos időhorizonton tekintjük, így  $r_t^{\Delta t} = \ln\left(\frac{P_{\text{mid}}^{t+\Delta t}}{P_{\text{mid}}^t}\right)$ ,  $\mu_{t+\Delta t}$  a  $\Delta t$  időre előre jelzett hozam várható értéke,  $\sigma_{t+\Delta t}$  az előrejelzés szórása, a  $q_{1-\alpha}$  pedig valamilyen választott eloszlásból származó  $1 - \alpha$ -dik kvantilis.

$$\text{VaR}^{\alpha, \Delta t} = \frac{P_{\text{mid}}^t - P_{\text{mid}}^t * \exp(r_t^{\alpha, \Delta t})}{P_{\text{mid}}^t} = 1 - \exp(r_t^{\alpha, \Delta t}), \quad (6)$$

ahol  $P_{\text{mid}}^t$  a középárfolyamot jelzi a  $t$ -dik időpontban, míg  $P_{\text{mid}}^{t+\Delta t} = P_{\text{mid}}^t * \exp(r_t^{\Delta t})$ . Ha például a  $\text{VaR}^{95\%, 1\text{nap}} = 5\%$ , akkor az azt jelenti, hogy 95%-os valószínűséggel 1 nap alatt nem lesz 5%-nál nagyobb a veszteség a középárfolyam megváltozása miatt (Jorion, 2007).

A modell építése során Giot és Gramming (2005), valamint Stange és Kaserer (2009a) munkái adták a kiindulási alapot, akik az XLM adatbázisra alapozva készítettek egy LAVaR modellt.

A modellezésem során a technikai megvalósítás ugyanaz volt, mind az egyedi részvények, mind a portfólió esetében. A különbség annyi, hogy portfóliók esetében nem elég ismerni a BLM értékét az öt kötési szinten (20ezer, 40ezer, 100ezer, 200 ezer, 500 ezer euró), mert ebben az esetben nem az érték az állandó, hanem a portfólióban az egyes részvények darabszáma. Ennek megfelelően a portfólió értéke időszakra időszakra változik, így meg kell tudni mondani a BLM értékét minden „q” érték esetére. Első megközelítésben ez a következő

két egyszerű közelítés alkalmazásával oldható meg: 1) a rendelkezésre álló BLM adatokat lineárisan interpolálni minden napra, vagy 2) a rendelkezésre álló BLM adatokra lineáris regressziót illeszteni minden napra.

A dolgozatomban a 2) lehetőséget alkalmaztam, ugyanis ezen értékekre szükségem volt a dolgozat IV. részében az árhatás függvények becslésénél is. A lineáris regresszió illesztése nyilván jelentős egyszerűsítés, ugyanakkor a rendelkezésre álló adatok alapján, első megközelítésnek mindenképpen alkalmas. A lineáris regresszió egy praktikus, könnyen alkalmazható módszer, amellyel kvalitatív vizsgálódásokat tudok mindenképpen tenni. Továbbá a BLM értékek napi szinten egyenessel viszonylag jól közelíthetőek.

Dolgozatomban mind a hagyományos, mind a likviditással kiegészített VaR-t is meghatároztam, annak érdekében, hogy össze lehessen hasonlítani a LAVaR modell eredményeit a hagyományos VaR értékekkel.

Annak érdekében, hogy a hozamok és a nettó hozamok klasztereződő volatilitását is megfelelően figyelembe vegyem, az idősorokra AR(1)-GARCH(1,1) modellt illesztettem. A konkrét esetekben Giot és Gramming (2005), valamint Stange és Kaserer (2009a) nyomán normális,  $t$  és empirikus eloszlást lehet alkalmazni a becslés során. A VaR modellem építése során egységesen a  $t$ -eloszlásos modellt használtam.

A modellt az első két és fél évből (2007.01.02-2009.07.15.) kiindulva becsültem, az utolsó egy évet (2009.07.16-2010.07.16) használtam kontroll időszaknak. Az egy napos, 95% és 99%-os dinamikus VaR értékeket a GARCH modellből vett előrejelzésekkel számolom ki. A GARCH modellt a két és fél éves ablak csúsztatásával folyamatosan újrabecsülve, azaz az első két és félelvnyi mintából becsült modellel jeleztem előre egy napot, majd az egy megfigyeléssel elcsúsztatott mintából becsült új modellel a következő napot, és így tovább.

### **2.3. Virtuális árhatás függvény becslése és idősoros elemzése**

A likviditási mértékek, mint például a BLM önmagában nem egy árhatás függvény, hiszen a BLM értéke nem azt mutatja, hogy egy adott tranzakció után mekkora lesz az új középárfolyam a piacon, vagy, hogy mi volt az átlagár, amin teljesült a tranzakció. A BLM a tranzakció azon implicit költségét méri, amely a likviditás hiányának következtében lép fel. Mivel azonban a BLM az ajánlati könyv adatai alapján került kiszámításra, így alkalmas arra, hogy segítségével először marginális keresleti-kínálati görbét (Acerbi, 2010), majd virtuális árhatás függvényt becsüljek.

Az árhatás függvény elemzéséhez első lépésben szükség volt arra, hogy az árhatás függvényt minden napra meghatározzam a BLM(q) függvényből. Ehhez arra volt szükség,



hogy a BLM(q) függvényt is megbecsüljem. Ezt lineáris regresszió segítségével tettem meg minden egyes kereskedési napra, melyet már a LAVaR számításnál elvégeztem, így az ott kapott eredményeket használtam fel.

Az árhatás függvény becslését követően a függvény időbeli alakulásának és alapvető statisztikai tulajdonságainak vizsgálatát végeztem el, mely révén képet kaptam a likviditás hiányában fellépő tranzakciós költség múltbeli viselkedéséről. Az egyes kérdésekhez tartozó főbb módszertani eszközöket a következő felsorolás tartalmazza:

- Leíró statisztikai elemzéseket végeztem: átlag, szórás, medián, minimum, maximum, ferdeség, csúcsosság.
- Trendelemzést polinomiális trend illesztésének segítségével, illetve mozgóátlag számításának módszerével végeztem.
- Az árhatás vételi és eladási oldalának szimmetrikusságát a két oldal egymással vett korrelációjával elemeztem.
- A sokkok perzisztenciájának vizsgálata során azt néztem meg, hogy van-e autokorreláció az adatsorban. Ennek elemzésére a Breusch-Godfrey LM teszt (Breusch, 1979; Godfrey, 1978) alkalmas.
- A kiugró értékeket boxplot ábrával vizsgáltam, míg a strukturális törések vizsgálatát Chow teszttel (Chow, 1960), illetve Quandt-Andrews teszttel (Andrews, 1993) végeztem el.
- Az átlaghoz való visszahúzást pedig a kibővített Dickey-Fuller teszt (Dickey és Fuller, 1979) segítségével végeztem el.

### 3. Az értekezés eredményei

#### 3.1. A Budapesti Likviditási Mérték statisztikai elemzése

##### Likviditási mutatók által adott sorrend vizsgálata:

- Közepesen likvid és illikvid részvények esetében sem a bid-ask spread, sem a forgalom nem ad azonos sorrendet a BLM-mel, azonban szignifikáns eltérés nincs.
- A forgalom esetében a likvid részvényeknél is eltérés van a sorrendben, ami szinten nem tekinthető szignifikánsnak.
- Nyugodt időszakban, vagyis válság előtt és után a rangsor a forgalom alapján kevésbé tér el a BLM által nyújtott rangsortól, mint a bid-ask spread alapján, míg válság során ez megfordul.
- Válság során csökkent a rangkorreláció a BLM és a spread, valamint a BLM és a forgalom között.
- Közepesen likvid, illetve illikvid részvények esetében érdemes lenne a BLM-et is figyelembe venni, mint likviditási mutatót, mert az ő esetükben jelentősebb a rossz sorrend alkotása. Ezen részvényeknél rámutattam az elemzésem során arra is, hogy létezik olyan, amikor rossz likviditási kategóriába soroljuk a részvényt.

##### Likviditási mutatók változása a válság következtében:

- A likvid részvények esetében a BLM és a bid-ask spread értékei visszaálltak a válság előtti szintre, míg forgalom esetében csak az OTP és az MTelekom esetében volt ez megfigyelhető.
- A közepesen likvid és az illikvid részvények esetében viszont az figyelhető meg, hogy a likviditás a részvények egy részénél nem állt vissza a válság előtti szintre a BLM és a bid-ask spread alapján, míg a forgalom alapján egyik részvény esetében sem következett ez be.

##### Likviditási mutatók közötti kapcsolat:

- A bid-ask spread és a BLM közötti korreláció erősen pozitívnak tekinthető, míg a BLM forgalommal vett korrelációja gyenge negatív kapcsolatot mutat.
- Minél kevésbé likvid egy részvény, annál kisebb a korreláció a likviditási mutatók között.
- A bid-ask spread változása erős magyarázó erővel bír a BLM változására vonatkozóan likvid részvény esetében, míg közepesen likvid részvények esetében már nem jelentős

a magyarázó erő. Illikvid részvény esetében alig van magyarázó ereje a bid-ask spread változásának, ami válság előtt nem is tekinthető szignifikánsnak.

- A forgalom megváltozása nem képes magyarázni a BLM változását likvid és illikvid részvény esetében, míg közepesen likvid esetében is csak alacsony magyarázó ereje van.
- Napon belül nem mozog együtt a forgalom és a likviditás, például nap elején a forgalom akár nagy, akár kicsi, a likviditás minden esetben alacsony.
- A részvények egymáshoz viszonyított likviditása jelentősen eltérhet a különböző likviditási mutatók esetében.

#### Likviditás és volatilitás kapcsolata:

- A Budapesti Értéktőzsde vizsgált részvényeinek a piacán is beigazolódott, hogy a BLM és a volatilitásmutatók között pozitív a kapcsolat, vagyis a volatilisabb piacokon eleve nagyobb az árhatás miatt várható többletköltség.
- Minél kevésbé likvid egy részvény, jellemzően annál kisebb a korreláció a volatilitás és a likviditás között.
- Válság előtt és válság alatt a tényleges ársáv és a likviditás között szorosabb volt a kapcsolat, mint a szórás és a likviditás között. Válságot követően azonban ez megfordult.
- A 2008-as válság likviditási válságnak tekinthető a volatilitásból becsült likviditás alapján, ugyanis a becsült BLM érték alacsonyabb, mint a tényleges BLM érték.
- Válságot követően a becsült BLM érték jellemzően magasabb, mint a tényleges érték, vagyis a likviditás magasabb a válságot követően, mint amit vártunk volna.

Összességében tehát a legfőbb eredményeim a BLM vizsgálata során azok voltak, hogy rámutattam arra, hogy a piaci szereplők által alkalmazott hüvelykujj-szabályok nem minden esetben vezetnek megfelelő befektetési döntéshez likviditás tekintetében. Megmutattam ugyanis, hogy a BLM egy olyan likviditási mutató, mely több dimenzió mentén képes mérni a tőzsdén kereskedett termékek likviditását, így megbízhatóbb képet ad a piac aktuális likviditási helyzetéről, mintha csak a forgalmi adatok, vagy csak a bid-ask spread alapján döntenénk. Közepesen likvid, illetve illikvid részvények esetében lényeges lenne a BLM-et is figyelembe venni, mint likviditási mutatót, mert az esetükben jelentősebb az, hogy a bid-ask spread, illetve a forgalom alapján eltérően sorolnánk be a részvényt likviditási kategóriákba. Továbbá ezen részvények esetében a korreláció az egyes likviditási mutatók között nem mondható szorosnak, ami válság idején még tovább csökken. Vagyis a BLM

olyan befektetők számára lehet fontos, akik nem likvid részvényekkel kereskednek, illetve akik napon belül kereskednek. Azonban válság idején a likvid részvények esetében is érdemes figyelni a mutató értékalakulását.

Az eredmények alapján az is megállapítható a volatilitás és a likviditás kapcsolatának vizsgálata alapján, hogy a 2007/2008-as válság likviditási válságnak is tekinthető, azaz a megnövekedett implicit kereskedési költségek nem kizárólagosan a volatilitás növekedésének tudhatók be. Az eredmények igazolják Csávás és Erhart (2005) azon állítását is, miszerint a likviditás csökkenésében tükröződik a nem várt volatilitás emelkedése.

A megfigyelések alapján arra a következtetésre jutottam, hogy elutasítom azt a H1 hipotézist, hogy eltérő sorrendet adnak a likviditás tekintetében az egyes likviditási mutatók, bár van eltérés a sorrendek között, melyet érdemes figyelembe venni befektetési döntés során. A H2 hipotézist azonban nem tudom elutasítani, vagyis pozitív kapcsolat van a likviditás és a volatilitás között.

### **3.2. Likviditással kiegészített Value-at-Risk modell**

- Levezettem, hogy miként módosul a hozamszámítás a likviditáshiány miatti tranzakciós költség figyelembevételével, melyet mind egyedi részvényekre, mind mennyiség- és értéksúlyozású portfóliókra levezettem.
- A likviditás figyelembe vétele szignifikáns kockázat növekedést jelent még a leglikvidebb részvények esetében is, mind egyedi részvény, mind portfólió szinten. Nem szabad tehát figyelmen kívül hagyni.
- Portfóliók esetében a likviditási kockázat diverzifikáció által csökkenthető, így érdemes többféle részvényt tartani egy portfólióban, mert így nemcsak az árkockázat, hanem a likviditási kockázat is csökken. Ez alapján a H4 hipotézist is el tudtam fogadni.

A BLM és az annak segítségével bemutatott módszer egyszerű és gyors módját adja, hogy a likviditást megjelenítsük a tőkekövetelményben. A mutató hiányosságait és számítási problémáit szem előtt tartva, az eredményeket megfelelő óvatossággal kell kezelni, azonban a lényegi empirikus megfigyeléseket, (pl. az OTP a leglikvidebb részvény) a bemutatott modell jól vissza tudja adni, így mindenképpen javaslom a kockázatkezelési rendszerekbe való beépítést. Az eredmények alapján összességében a H3-as hipotézist nem tudom elutasítani.

### 3.3. Virtuális árhatás függvény becslése és idősoros elemzése

- Virtuális árhatás függvény becslése a BLM adatbázis segítségével.
- A vételi oldali árhatás alapvető statisztikai értékei, mint például az átlag, a medián vagy a szórás, minden esetben magasabb értéket mutattak, mint az eladási oldali értékek. A jelenséget azzal magyaráztam, hogy az árhatásban tükröződik az, hogy az egyes piaci szereplők részvényvásárlásai elszórtan történnek a piacon, míg eladás során, egy esetleges pánik hangulat következtében sokkal koncentráltabbak a tranzakciók. A jelenséget tehát végeredményben a „csorda” hatással magyaráztam.
- A virtuális árhatás függvény idősoros adatai nem tartalmaznak trendet, viszont egy negyedévenkénti ciklikusság felfedezhető az adatokban. A ciklusok során az árhatás érték a negyedéves jelentések idejében érik el a minimális értéküket, míg a maximális értéküket két negyedéves jelentés között félúton.
- A kiugró értékek vizsgálata révén 52 turbulens napot azonosítottam. A turbulens napok mind a 2008-as válság idejére esnek, hiszen 2008. október 17 és 2009. április 3-a közötti időszakban találhatók.
- Az idősorban formalizált statisztikai tesztek segítségével strukturális törést is azonosítottam.
- Jelentős autokorreláció van az adatsorban, amiből arra következtetek, hogy egy esetleges sokk hatása hosszabb távon érződik a piaci adatokban.
- Amikor az ajánlati könyv egyik oldalán a likviditás megszűnik, akkor a könyv másik oldalán is kisebb lesz a likviditás, vagyis nagyon magas a vételi és eladási oldal árhatása közötti korreláció.
- Az átlaghoz való visszahúzás vizsgálata során azt tapasztaltam, hogy az árhatás átlaghoz való visszahúzó folyamatként jellemezhető.

A megállapítások alapján a H5 egyes állításainak az elfogadása a következő:

H5/a: nem tudom elutasítani azt a hipotézist, hogy szimmetrikus az árhatás a vételi és eladási oldalon.

H5/b: elutasítom azt a hipotézist, hogy van trend az adatsorban.

H5/c: nem tudom elutasítani azt a hipotézist, hogy van ciklikusság az adatokban.

H5/d: nem tudom elutasítani azt a hipotézist, hogy van átlaghoz való visszahúzás.

H5/e: elfogadom azt a hipotézist, hogy a sokkok hosszabb távon hatással vannak az árhatásra.

#### 4. Főbb hivatkozások

- Acerbi, C. [2010]: The value of liquidity – Can it be measured? RBC Dexia Investor Services
- Andrews, D.W.K. [1993]: Tests for Parameter Instability and Structural Change with Unknown Change Point. *Econometrica*, Vol. 61, No. 4, pp. 821-56.
- Bak, P., Paczuski, M. & Shubik, M. [1997]: Price variations in a stock market with various agents. *Physica A*, Vol. 246, pp. 430-453.
- Bangia, A., Diebold, F.X., Schuermann, T. & Stroughair, J.D. [1998]: Modeling Liquidity Risk With Implications for Traditional Market Risk Measurement and Management. Working paper, Financial Institutions Center at The Wharton School
- Bank for International Settlements [1999]: Market Liquidity: Research Findings and Selected Policy Implications. Committee on the Global Financial System, Publications, No. 11.
- Barra, I. [2008]: Analysis of market liquidity based on transaction durations. Szakdolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Bélyácz, I. [2009]: *Befektetési döntések megalapozása*. Aula Kiadó Kft., Budapest
- Bélyácz, I. [2011]: Kockázat, bizonytalanság, valószínűség. *Hitelintézetek Szemle*, X. évfolyam, 4. szám, pp. 289-313.
- Berkowitz, J. [2000]: Incorporating liquidity risk into value at risk models. Working paper, University of California, Irvine
- Berlinger, E., Michaletzky, M. & Szenes, M. [2011]: A fedezetlen bankközi forintpiac hálózati dinamikájának vizsgálata a likviditási válság előtt és után. *Közgazdasági Szemle*, LVIII. évfolyam, pp. 229-252.
- Bollerslev, T. [1986]: Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, Vol. 31, No. 3, pp. 307-327.
- Bouchaud, J-P. [2010a]: *Price impact*, In: Encyclopedia of Quantitative Finance, Wiley Online Library.
- Bouchaud, J-P., Gefen, Y., Potters, M. & Wyart, M. [2004]: Fluctuations and response in financial markets: The subtle nature of „random” price changes. *Quantitative Finance*, Vol. 4, No. 2, pp. 176-190.
- Bouchaud, J-P. & Potters, M. [2002]: More statistical properties of order books and price impact. *Physica A*, 324, pp. 133-140.
- Bouchaud, J-P., Farmer, J.D. & Lillo, F. [2008]: How Markets Slowly Digest Changes in Supply and Demand, In: T. Hens & K. Schenk-Hoppe, eds, '*Handbook of Financial Markets: Dynamics and Evolution*', Elsevier: Academic Press.

- Bouchaud, J-P., Mezard, M. & Potters, M. [2002]: Statistical properties of stock order books: empirical results and models. *Quantitative Finance*, Vol. 2, No. 4, pp. 251-256.
- Breusch, T.S. [1979]: Testing for Autocorrelation in Dynamic Linear Models. *Australian Economic Papers*, 17, pp. 334–355.
- Challet, D. & Stinchcombe, R. [2001]: Analyzing and modeling 1+1d markets. *Physica A*, Vol. 300, pp. 285-299.
- Chan, K., Ahn, H. & Bae, K. [2001]: Limit orders, depth, and volatility: Evidence from the stock exchange of Hong Kong. *Journal of Finance*, Vol. 56, No. 2, pp. 767-788.
- Chordia, T. & Subrahmanyam, A. [2002]: Order imbalance and individual stock returns: theory and evidence. *Journal of Financial Economics*, Vol. 72, pp. 485-518.
- Chow, G.C. [1960]: Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions. *Econometrica*, Vol. 28, No. 3, pp. 591-605.
- Csávás, Cs. & Erhart, Sz. [2005]: Likvideke-a magyar pénzügyi piacok? – A deviza- és állampapír-piaci likviditás elméletben és gyakorlatban. MNB tanulmányok 44.
- Daniels, M.G., Farmer, J.D., Iori, G. & Smith, E. [2002]: How storing supply and demand affects price diffusion, preprint cond-mat/0112422.
- Darvas, Zs. [2004]: Bevezetés az idősorlemezés fogalmaiba. Jegyzet. Budapesti Corvinus Egyetem.
- Dickey, D.A. & W.A. Fuller [1979]: Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74, pp. 427-431.
- Dömötör, B. [2011]: A kockázat megjelenése a származtatott pénzügyi termékekben. *Hitelintézeti Szemle*, X. évfolyam, 4. szám, pp. 360–369.
- Dömötör, B. & Marossy Z. [2010]: A likviditási mutatószámok struktúrája. *Hitelintézeti szemle*, IX. évfolyam, 6. szám, pp. 581-603.
- Ernst, C., Stange, S. & Kaserer, C. [2009]: Measuring market liquidity risk – Which model works best? CEFS working paper 2009 No. 01, available at: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1328480](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1328480)
- Farmer, J.D., Gerig, A., Lillo, F. & Mike, S. [2006]: Market efficiency and the long-memory of supply and demand: Is price impact variable and permanent or fixed and temporary? [http://arxiv.org/PS\\_cache/physics/pdf/0602/0602015v1.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0602/0602015v1.pdf)
- Gabaix, X., Gopikrishnan, P., Plerou, V. & Stanley, H.E. [2003]: A theory of power-law distributions in financial market fluctuations. *Nature*, Vol. 423, pp. 267-270.
- Gabaix, X., Gopikrishnan, P., Plerou, V. & Stanley, H.E. [2006]: Institutional investors and stock market volatility. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 121, pp. 461-504.

- Giot, P. & Gramming, J. [2005]: How large is liquidity risk in an automated auction market? *Empirical Economics*, Vol. 30, No. 4, pp. 867-887.
- Godfrey, L.G. [1978]: Testing Against General Autoregressive and Moving Average Error Models when the Regressors Include Lagged Dependent Variables. *Econometrica*, 46, pp. 1293–1302.
- Gomber, P. & Shcweikert, U. [2002]: The Market Impact – Liquidity Measure in Electronic Securities Trading. *Die Bank*, 7/2002.
- Gyarmati, Á., Michaletzky, M. & Váradi, K. [2010a]: A likviditás alakulása a Budapesti Értéktőzsdén 2007-2010 között. *Hitelintézeti Szemle*, IX. évfolyam, 6. szám, pp. 497-520.
- Gyarmati, Á., Michaletzky, M. & Váradi, K. [2010b]: A Budapesti Likviditási Mérték és felhasználása – Likviditáskockázat VaR-mutatókban. *Hitelintézeti Szemle*, IX. évfolyam 6. szám, pp. 521-538.
- Harris, L. [1990]: Statistical properties of the Roll serial covariance bid/ask spread estimator. *Journal of Finance*, Vol. 45, pp. 568-579.
- Jarrow, R. & Subrahmanyam, A. [1997]: Mopping up liquidity. *Risk*, Vol. 10, No. 12, pp. 170–173.
- Jarrow, R. & Subrahmanyam, A. [2001]: The liquidity discount. *Mathematical Finance*, Vol. 11, No. 4, pp. 447-474.
- Jorion, P. [2007]: *Value at Risk: The Benchmark of Controlling Market Risk*, 3.ed., McGraw-Hill Publishing Co.
- Kerékgyártó, Gy. & Mundruczó, Gy. [1995]: *Statisztikai módszerek a gazdasági elemzésben*. Aula kiadó, Budapest
- Király, J. [2008]: Likviditás válságban (Lehman előtt – Lehman után). *Hitelintézeti Szemle*. VII. évfolyam, 6. szám, pp. 598-611.
- Kovács, E. [2011] A kockázat, mint látens fogalom. *Hitelintézeti Szemle*, X. évfolyam, 4. szám, pp. 349–359.
- Kutas, G. & Végh, R. [2005]: A Budapesti Likviditási Mérték bevezetéséről. *Közgazdasági Szemle*, LII. Évfolyam, pp. 686-711.
- Kyle, A. [1985]: Continuous auctions and insider trading. *Econometrica*, Vol. 53. No. 6. pp. 1315-1335.
- Lawrence, C. & Robinson, G. [1997]: Liquidity Measures. *Risk*, pp. 52-55.
- Lillo, F. & Farmer, J.D. [2004]: The long memory of the efficient market. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, Vol. 8, No. 3, pp. 1.



- Lillo, F., Mike, S. & Farmer, J. [2005]: Theory for long memory in supply and demand. *Physical Review E*, Vol. 71, No. 6, 66122.
- Luckock, H. [2001]: *A statistical model of a limit order market*, Sidney University preprint
- Makara, T. [2004]: Maximum és minimum árfolyamok időbeli eloszlása. *Hitelintézet Szemle*, III. évfolyam, 2. szám, pp. 82-91.
- Margitai, I. [2009]: Piaci likviditás és mikrostruktúra. Szakdolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Maslov, S. & Mills, M. [2001]: Price fluctuation from the order book perspective – empirical facts and a simple model. *Physica A*, Vol. 299, pp. 234- 246.
- Maslov, S. [2000]: Simple model of a limit order-driven market. *Physica A*, Vol. 278, pp. 571-578.
- Medvegyev, P. & Száz, J. [2010]: *Meglepetések jellege a pénzügyi piacokon*. GT-Print Kft, Budapest
- Michaletzky, M. [2010]: A pénzügyi piacok likviditása. Ph.D. értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem
- Mike, S. & Farmer, J.D. [2008]: An empirical behavioral model of liquidity and volatility. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 32, No.1, pp. 200-234.
- Öcsi, B. [2007]: Kockázatok mérése, kezelése, szabályozása. Kockázatok mérése és kezelése előadás, 2007. szeptember 13. kézirat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Plerou, V., Gopikrishnan, P., Gabaix, X. & Stanley, H.E. [2002]: Quantifying Stock Price Response to Demand Fluctuations. *Physical Review E*, 66, pp.1-4.
- Radnai, M. & Vonnák, Dzs. [2009]: Likviditási kockázat az Európai Tőkeemfelelési Direktíva tervezett módosításában. *Hitelintézet Szemle*, VIII. évfolyam, 3. szám, pp. 248-256.
- Slanina, F. [2001]: Mean-field approximation for a limit order driven market model, preprint <http://xxx.lanl.gov/cond-mat/0104547>
- Smith, E., Farmer, D., Gillemot, L. & Krisnamurthy, S. [2008]: Statistical theory of the continuous double auction. <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0210475.pdf> Letöltve: 2011. november 11.
- Stange, S. & Kaserer, C. [2009a]: Why and how to integrate liquidity risk into VaR-framework. CEFS working paper: <http://ssrn.com/abstract=1292289>
- Stange, S. & Kaserer, C. [2009b]: Market liquidity risk – An overview. Working Paper Series, Center for Entrepreneurial and Financial Studies
- Száz, J. [2009]: *Pénzügyi termékek áralakulása*. Jet Set Tipográfiai Műhely Kft., Budapest

- Szűcs, B.Á. & Váradi, K. [2012]: Measuring and managing liquidity risk in practice. *Pénzügyi Szemle*, elfogadott pályázati anyag.
- Tulassay, Zs. [2009]: A pénzügyi piacok stilizált tényei. Empirikus pénzügyek előadás, 2009. szeptember 15. kézirat, Budapesti Corvinus Egyetem
- Von Wyss, R. [2004]: Measuring and predicting liquidity in the stock market. Universität St. Gallen, Ph.D. értekezés.
- Weber, P. & Rosenow, B. [2005]: Order book approach to price impact. *Quantitative Finance*, Vol. 5, No. 4, pp. 357-364.
- Wilder, J.W. [1978]: *New Concepts in Technical Trading Systems*. Trend Research (Greensboro, N.C.)
- Willmann R.D., Schuetz, G.M. & Challet, D. [2003]: Exact Hurst exponent and crossover behavior in a limit order market model. *Physica A*, Vol. 316, pp. 430-440.
- Zovko, I. & Farmer J.D. [2002]: The power of patience: A behavioral regularity in limit order placement. *Quantitative Finance*, Vol. 2, No. 5, pp. 387-392.

## 5. Saját publikációk jegyzéke

### Magyar nyelvű publikációk az értekezés témájában:

#### Referált folyóirat:

- Várad, Kata [2012]: Az ajánlati könyv statisztikai tulajdonságai. *Hitelintézeti Szemle*, közlésre elfogadva.
- Várad, Kata, Gyarmati, Ákos & Lubló, Ágnes [2012]: Virtuális árhatás a Budapesti Értéktőzsdén. *Közgazdasági Szemle*, LIX. évfolyam, pp. 508-539.
- Gyarmati, Ákos, Michaletzky, Márton & Várad, Kata [2010]: A likviditás alakulása a Budapesti Értéktőzsdén 2007-2010 között. *Hitelintézeti szemle*, IX. évfolyam 6. szám, pp. 497-520.
- Gyarmati, Ákos, Michaletzky, Márton & Várad, Kata [2010]: A Budapesti Likviditási Mérték és felhasználása – Likviditáskockázat VaR-mutatókban. *Hitelintézeti szemle*, IX. évfolyam 6. szám, pp. 521-538.

### Angol nyelvű publikációk az értekezés témájában:

#### Referált folyóirat:

- Szűcs, Balázs Árpád & Várad, Kata [2012]: Measuring and managing liquidity risk in practice. *Pénzügyi Szemle*, elfogadott pályázati anyag.

#### Műhelytanulmány:

- Gyarmati, Ákos, Michaletzky, Márton & Várad, Kata [2010]: Liquidity on the Budapest Stock Exchange 2007-2010. Budapesti Értéktőzsde, working paper. Elérhető: <http://ssrn.com/abstract=1784324>
- Gyarmati, Ákos, Michaletzky, Márton & Várad, Kata [2010]: The Budapest Liquidity Measure and its application – Liquidity risk in VaR measure. Budapesti Értéktőzsde, working paper. Elérhető: <http://ssrn.com/abstract=1784348>

#### Konferenciakötetben megjelenő teljes cikk:

- Várad, Kata, Gyarmati, Ákos & Lubló, Ágnes [2012]: The Budapest Liquidity Measure and the price impact function. Crisis Aftermath Conference, 2012. március 8-9., Szeged, pp. 128-140.

#### Konferenciakötetben megjelenő absztrakt:

- Várad, Kata [2011]: Estimation and time series analysis of price impact functions, Financial Market Liquidity Conference 2011, 2011. november 10-11. Budapest, pp. 13.
- Várad, Kata [2010]: Introduction and analysis of the Budapest Liquidity Measure, Financial Market Liquidity Conference 2010, 2010. október 21-22. Budapest, pp. 12.

**Egyéb témában megjelent publikációk angol nyelven:**

Referált folyóirat:

Várad, Kata [2011]: Relationship between industry and capital structure from an asymmetric information perspective, *International Journal of Management Cases*, Vol. 13. Issue 3. pp. 304-314.

Konferenciakötetben megjelenő teljes cikk:

Várad, Kata [2011]: The determinants of capital structure of Hungarian firms based on the work of Hungarian researchers, Tavasz, Szél DOSZ konferencia, 2011. április 15-17., Piliscsaba, pp. 439-444.

Várad, Kata [2010]: Iparág és tőkeszerkezet kapcsolatának vizsgálata, Hitel, Világ, Stádium konferencia, 2010. november 3., Sopron

Várad, Kata [2010]: Relationship between industry and capital structure, Tavasz, Szél DOSZ konferencia, 2010. március 25-27., Pécs, pp. 598-602.

Konferenciakötetben megjelenő absztrakt:

Várad, Kata [2011]: Relationship between industry and capital structure from an asymmetric information perspective, 8th Circle Conference, 2011. április 27-29., Dubrovnik, Horvátország, pp. 132.