

# **DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**Neményi Máté Péter**  
**GÖDÖLLŐ**  
**2025**



# **MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM**

## **A BANKMENEDZSMENT DÖNTÉS TÁMOGATÁSA ESZKÖZÖSSZETÉTEL OPTIMALIZÁLÓ MODELL FEJLESZTÉSSEL**

**Neményi Máté Péter  
GÖDÖLLŐ  
2025**

**A doktori iskola**

**Megnevezése:** Gazdaság- és Regionális Tudományi Doktori Iskola

**Tudományága:** Gazdálkodás és Szervezéstudományi

**Vezetője:** **Prof. Dr. Bujdosó Zoltán**

Egyetemi Tanár  
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Agrár-és Élelmiszergazdasági Intézet

**Témavezető(k):** **Prof. Dr. Zéman Zoltán**

Egyetemi Tanár/PhD  
Neumann János Egyetem Gazdálkodás- és  
Szervezéstudományok Doktori Iskola

**Dr. Thalmeiner Gergő**

Egyetemi Adjunktus/PhD  
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető(k) jóváhagyása

## Tartalomjegyzék

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK.....	1
1.1. A kutatás előzménye.....	1
1.2. Kutatási célkitűzés.....	2
2. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	3
2.1. A modell elméleti alapjai.....	4
2.2. A bemeneti adatok és paraméterek leírása.....	7
2.3. A modell matematikai felépítése.....	9
2.4. Szoftveres megvalósítás és technikai háttér.....	10
2.5. A modell belső koherenciájának logikai-matematikai vizsgálata.....	10
2.6. A modell érzékenységi vizsgálatának módszertani leírása.....	11
2.7. Esettanulmány alapú (single case study) modellvalidáció.....	13
3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE.....	15
3.1. A CRR rendelet dokumentumelemzése.....	15
3.2. Kvalitatív interjúk elemzése.....	19
3.3. Kockázati területek és tőkeszerkezeti számítások.....	20
3.4. Szavatolótőke optimalizálási modell logikai kerete.....	21
3.5. Optimalizált portfólió.....	25
3.6. Aktuális és optimalizált portfólió összehasonlítása.....	26
4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK.....	28
4.1. A kutatás kutatási kérdések megválaszolása.....	28
4.2. Tudományos és módszertani hozzájárulások.....	30
4.3. Gyakorlati ajánlások bankmenedzsment számára.....	31
4.4. A kutatás korlátai.....	32
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	34
5.1. Létrehoztam egy általános érvényűen alkalmazható determinisztikus lineáris programozási modellt a szavatoló tőke optimalizálása céljából...34	
5.2. Vezetői és kockázattértékelési preferenciák szigmoid modellje és integrálása a célfüggvénybe.....	35
5.3. A prudenciális korlátok lineáris modellezhetőségének igazolása.....	36

5.4. A determinisztikus lineáris megközelítés gyakorlati előnyeinek bizonyítása.....	36
5.5. Esettanulmányon keresztül bizonyítottam, hogy a modell képes jelentős mértékű tőkepuffer-felszabadításra úgy, hogy közben a bank maradéktalanul megfelel a szigorú szabályozói követelményeknek és nem növeli a kockázatát. ....	37
6. ÖSSZEFOGLALÁS .....	39
7. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK .....	41
8. IRODALOMJEGYZÉK .....	43

# 1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

## 1.1. A kutatás előzménye

A pénzügyi rendszer stabilitásának fenntartása makrogazdasági szinten is alapvető jelentőségű kérdés, amely közvetlenül befolyásolja egy ország növekedési pályáját, pénzügyi ellenállóképességét és társadalmi jólétét. A bankok ebben a közegben kulcsszerepet játszanak, hiszen komplex tevékenységeik révén egyszerre vannak kitéve a hitel-, piaci-, partner- és működési kockázatoknak. A 2008-as globális pénzügyi válság világossá tette, hogy a tőkeelégtelenség rendszerszintű sebezhetőséget eredményezhet, amelynek hatásai túlmutatnak az egyes intézmények szintjén, és az egész gazdaságot destabilizálhatják. A válságot követően a nemzetközi szabályozói keretek, mindenekelőtt a Bázeli III/IV. és annak európai implementációja, a CRR-rendelet, olyan prudenciális előírásokat rögzítettek, amelyek célja a bankok tőkeellátottságának megerősítése és a rendszerkockázatok mérséklése.

A szabályozói megfelelés azonban új dilemmát teremtett. A tőkemegfelelési mutatók szigorú előírásai jelentős szavatolótőke-pufferek fenntartására ösztönözték a bankokat, amelyek ugyan fokozzák a stabilitást, de egyben lekötik a rendelkezésre álló erőforrásokat, csökkentve a jövedelmezőséget és a tőkehatékonyt. A prudenciális mutatók által meghatározott kockázattal súlyozott eszközértékek (RWA) és a tényleges gazdasági kockázati profil között sok esetben eltérés tapasztalható, hiszen a szabályozói számítási logika nem mindenben fedi le a piaci modellek – például a Value-at-Risk – által tükrözött valós kitétségeket. Ez a különbség nem csupán elméleti, hanem gyakorlati jelentőségű, tehát a bankmenedzsment számára a tőkehatékony működés biztosítása egyre inkább stratégiai feladattá vált.

A kutatás aktualitását az adja, hogy a bankoknak napjainkban egyszerre kell megfelelniük a prudenciális előírásoknak és a tulajdonosi hozamelvárásoknak, miközben a globális pénzügyi piacok bizonytalanságai és a makrogazdasági volatilitás folyamatos nyomást gyakorolnak rájuk. A szakirodalom eddig elsősorban két irányból közelítette meg a kérdést: egyrészt a szabályozói megfelelés intézményi-jogi aspektusait vizsgálta, másrészt a tőkekövetelmények kvantitatív modellezésére összpontosított. E két megközelítés azonban ritkán kapcsolódott össze olyan keretben, amely képes lenne a szabályozói előírásokat és a piaci logikát együttesen kezelni,

valamint közvetlen döntéstámogatást nyújtani a banki gyakorlat számára. Ebben az ellentmondásban ragadható meg a kutatás újdonsága és a tudományos rés: hiányzik egy olyan integrált modell, amely egyidejűleg internalizálja a prudenciális korlátokat, figyelembe veszi a kockázati dimenziók gazdasági jelentőségét, és illeszkedik a stratégiai tőkemenedzsment céljaihoz. Kutatásom célja ezért egy olyan determinisztikus, lineáris optimalizációs modell kialakítása, amely a szavatolótőke-allokációt nemcsak szabályozói megfelelésként, hanem stratégiai erőforrás-optimalizációként kezeli. További célom annak bemutatása, hogy a modell empirikus tesztelése révén kimutatható, miként érhető el a prudenciális megfelelés és a tőkehatékonyság közötti optimum, amely a banki gyakorlatban hosszú távon is biztosíthatja az intézmények stabilitását és versenyképességét.

## **1.2. Kutatási célkitűzés**

Milyen feltételek mellett alakítható ki olyan integrált banki szavatolótőke-optimalizációs modell, amely a prudenciális követelmények teljesítése mellett képes kezelni a szabályozói szttenderdekből származtatott kockázati súlyok és a piaci kockázatok közötti eltéréseket?

Azonosítható-e olyan empirikusan megalapozott kvantitatív optimalizációs megközelítés, amely általánosan alkalmazható keretet nyújt a banki tőkeallokáció portfólió-optimalizálási problémáinak kezeléséhez?

Módszertanilag miként építhető fel egy olyan matematikai modell, amely egységesen kezeli a CRR előírásait és a tényleges kockázatok eltéréséből fakadó kihívásokat?

Bizonyítható-e, hogy a kidolgozott optimalizációs modell képes a szabályozási többlettőke felszabadítására anélkül, hogy a banki kockázati szint emelkedne?

Milyen módon határozható meg olyan empirikusan alátámasztott célfüggvény, amely a szavatolótőke minimalizálását biztosítja a piaci és a szabályozói eszköz-kockázatok közötti különbségek figyelembevételével, úgy, hogy a banki portfólió tényleges kockázati profilja változatlan maradjon, ezáltal erősítve a hatékonyságot és a profitabilitást?

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A pénzügyi válságok tapasztalatai és a nyomukban szigorodó prudenciális szabályozás hatására a pénzügyi intézmények működésének középpontjába egyre erőteljesebben a tőkegazdálkodás kérdése került. A szabályozók célja a bankok és egyéb pénzügyi szereplők kockázati profiljának javítása, a pénzügyi stabilitás erősítése, valamint a rendszer szintű sokkokkal szembeni ellenállóképesség növelése. Ez a folyamat azonban jelentős mennyiségű többlettőke azaz szavatolótőke-puffer fenntartására ösztönözte az intézményeket, amely túlzott mértékben lekötötte a bankok rendelkezésre álló erőforrásait, ezáltal negatív hatást gyakorolhat a gazdasági teljesítményükre és jövedelmezőségükre. Ennek következtében egy komoly szakmai dilemma merül fel. Hogyan lehet megtalálni azt az optimális egyensúlyt, amely mellett a szabályozás által elvárt tőkemegfelelési kritériumok maradéktalanul teljesülnek, a kockázati szintek megfelelően alacsonyak maradnak, ugyanakkor nem sérülnek a pénzügyi intézmények stratégiai üzleti céljai sem.

A jelen kutatás alapvető célkitűzése éppen ennek a dilemmának a feloldása. Egy olyan matematikai optimalizációs keretrendszer megalkotása, amely képes összehangolni a szabályozói előírásokat, a kockázatkezelési követelményeket és a banki stratégiai célok különböző gyakran egymásnak ellentmondó szempontjait. A kutatás fókuszában tehát egy olyan új modell létrehozása áll, amely nemcsak külön-külön vizsgálja e három dimenziót, hanem képes azok egyidejű, integrált módon történő értelmezésére és optimalizálására.

Tudományos kutatómódszertani szempontból a kutatás során kvalitatív interjúkat, dokumentum elemzést és az egyedi esettanulmány (single case study) módszertanának kombinációjára épül. Tehát a lineáris optimalizációs modell felépítése kvalitatív interjúkból és dokumentumelemzésből származó információkból és összefüggésekből illetve explicit matematikai eszközökkel történik, amely során a probléma strukturáltan, pontosan definiált feltételrendszerben kerül formalizálásra. Ezáltal a kutatás deduktív, matematikai-logikai jellegű, elméleti modellalkotási módszerként értelmezhető. Ezt követően a modell validációja egy konkrét, valós banki esettanulmány segítségével történik, amely lehetővé teszi a modell gyakorlati relevanciájának ellenőrzését valós üzleti környezetben. Ez a single case study módszertan alkalmazása a modell gyakorlati validitásának megerősítésére szolgál, és lehetőséget nyújt a modell empirikus kontextusba való helyezésére. A módszertanok kombinációja ezért olyan vegyes módszerű (mixed-method) kutatási megközelítést alkot, amely egyrészt biztosítja az empirikus eredmények integrálását és a modell szigorú

matematikai-logikai konzisztenciáját, másrészt pedig alátámasztja annak gyakorlati relevanciáját és validitását.

A gyakorlati alkalmazhatóság tekintetében a kutatás jelentős hozzáadott értékkel bír a pénzügyi intézmények számára. A modell közvetlenül segíti a bankokat abban, hogy hatékonyabban használják fel a rendelkezésre álló szavatolótőkét, minimalizálva a feleslegesen tartott puffereket, ezzel javítva a bankok versenyképességét és profitabilitását. A modell alkalmazásával felszabaduló tőke stratégiaileg irányított újraallokálása révén a bankok jobban ki tudják használni a piac által kínált üzleti lehetőségeket is, erősítve ezzel piaci pozíciójukat. Tudományos szempontból a modell egyértelmű újdonságot jelent a szakirodalomban, hiszen eddig egyetlen módszertan sem integrálta ilyen mélységben és komplexitással a szabályozási megfelelést, a kockázatkezelést és a stratégiai menedzsment szempontjait egyetlen optimalizációs keretrendszerbe. Mindez nemcsak módszertani újítást jelent, hanem empirikus hozzájárulást is, hiszen a kutatás során a modellt egy valódi intézményi környezetben sikeresen teszteltem és validáltam. Az így kapott empirikus eredmények alátámasztják a modell gyakorlati relevanciáját és tudományos jelentőségét egyaránt. Tehát a jelen kutatás az első olyan átfogó modell kidolgozását jelenti, amely az optimalizált tőkeszerkezetet a szabályozás, a kockázat és a portfólió építés illetve alapvető stratégiák egyidejű integrációjával teszi lehetővé, kitöltve ezzel egy fontos módszertani hiányosságot, valamint közvetlen gyakorlati értéket teremtve a pénzügyi intézmények számára. Ezzel pedig a kutatás nem csupán az aktuális szakmai gyakorlatban hasznosítható eredményeket szolgáltat, hanem hosszú távon is irányt mutat a pénzügyi intézmények fenntartható tőkeoptimalizálási stratégiáinak további fejlesztésére.

## **2.1. A modell elméleti alapjai**

A pénzügyi intézmények szavatolótőke-menedzsmentjének kihívásai a szabályozói keretek és a gazdasági racionalitás együttes figyelembevételéből adódnak. A szavatolótőke, amelyet a pénzügyi intézményeknek kötelezően tartaniuk kell a kockázataik fedezésére, kulcsfontosságú szerepet tölt be a prudenciális szabályozásban. Alapvetően három célt szolgál. Egyrészt biztosítja a banki veszteségek fedezetét, másrészt védi a betétesek és befektetők érdekeit, harmadrészt pedig hozzájárul a pénzügyi rendszer stabilitásához. Ugyanakkor a szavatolótőke nem csupán biztonsági, hanem gazdasági kérdés is, hiszen a túlzottan vagy feleslegesen magas tőke költséget jelent, ami csökkenti a bankok profitabilitását és tőkehatékonyágát. Ezen problémakör kezelése során kulcsfontosságúvá válik a szavatolótőke optimális mértékének és szerkezetének meghatározása, amely összetett optimalizációs problémát jelent a bankok menedzsmentje számára. A szakirodalmi feldolgozás során többféle optimalizációs

módszertan is azonosítható, amelyek különböző aspektusait képesek kezelni ennek a komplex döntési helyzetnek. Klasszikusan, a portfólióelmélet alapján a Markowitz-féle megközelítés a kockázat-hozam egyensúlyra koncentrál, azonban ez a modell elsősorban befektetési döntésekre lett kifejlesztve, és nem kezeli expliciten a pénzügyi intézmények szabályozói környezetéből fakadó merev és numerikus korlátokat.

A banki környezetben különösen fontos a prudenciális szabályozási megfelelés, amely explicit korlátok formájában határozza meg a minimálisan tartandó tőkeszinteket (például CET1, TCR, leverage ratio). Ennek megfelelően a szakirodalomban kiemelkedő szerepet kaptak azok a szabályozói optimalizációs modellek, amelyek közvetlenül integrálják a szabályozási korlátokat és azok teljesítését célzó numerikus feltételeket. Ezek a modellek lehetővé teszik, hogy az optimalizációs eredmények azonnal auditálhatóak és átláthatóak legyenek a szabályozó hatóságok és a banki vezetők számára egyaránt. Az alternatív megközelítések közül a sztochasztikus optimalizációs modellek a piaci környezet bizonytalanságait valószínűségi alapokon igyekeznek kezelni. Bár ezek képesek lehetnek időbeli változásokat és kockázati bizonytalanságokat figyelembe venni, komoly hátrányuk, hogy jelentős adatigényűek, számításilag komplexek és ezért nehezebben implementálhatók a banki gyakorlatban. Hasonlóan, a genetikus algoritmusok (GA) és neurális hálózatok is alkalmazhatók lennének, hiszen képesek komplex nemlineáris összefüggések kezelésére, de ezek a módszerek a banki környezetben korlátozottan auditálhatóak, nehezen interpretálhatóak, így kevésbé alkalmasak prudenciális szabályozások közvetlen figyelembevételére.

A jelen kutatás során alkalmazott determinisztikus, statikus lineáris optimalizációs módszertan (Linear Programming – LP), amelyet a PuLP Python-alapú keretrendszer segítségével implementáltam, több szempontból is kiemelkedően illeszkedik a banki szavatolótőke-gazdálkodás sajátos környezetéhez és céljaihoz. Ezt a módszertani választást a kutatás konkrét célkitűzései, a szabályozói környezet jellegzetességei, valamint az eredmények gyakorlati alkalmazhatóságának szempontjai tették indokolttá. A pénzügyi intézmények működését alapvetően meghatározza a prudenciális szabályozás, amely pontos numerikus korlátokat állít fel a szavatolótőke minimális szintjére (például CET1, TCR, leverage ratio), és ezeket a korlátokat kötelező érvénnyel betartatja. Ez a környezet matematikailag lineáris egyenlőtlenségekkel, egyszerű és explicit numerikus feltételekkel jellemezhető, amelyek pontosan illeszkednek a lineáris optimalizációs keretrendszer adottságaihoz. A lineáris programozás egyik legfőbb sajátossága ugyanis éppen az, hogy képes ezeket az explicit szabályozási korlátokat egyszerű és pontos módon, közvetlenül a modell struktúrájába

beépíteni, ezáltal közvetlenül garantálva a szabályozói megfelelést az optimalizált megoldásban. A kutatás célja szempontjából további kiemelkedő fontosságú elem a determinisztikus megközelítés. A determinisztikus modellezés azt jelenti, hogy a modell paramétereit és adatait előre adták, fixek, auditáltak, és nem tartalmaznak valószínűségi változókat vagy bizonytalanságokat. Ez a determinisztikus jelleg különösen fontos a banki környezetben, mivel a szabályozó hatóságok és a pénzügyi intézmények menedzsmentje egyaránt olyan eredményeket várnak el, amelyek pontosan reprodukálhatók, könnyen ellenőrizhetők és auditálhatók. A determinisztikus optimalizációs eredmények teljesen átláthatóak, ezáltal alkalmasak arra, hogy pontosan dokumentált, auditálható döntéstámogatási rendszert hozzanak létre, amely megfelel mind a belső, mind a külső ellenőrzések követelményeinek. Nem determinisztikus korlátként a valós piaci kockázatok megítélése tekinthető egyedül.

A statikus optimalizáció alkalmazása további előnyöket kínál, amelyek szintén illeszkednek a kutatás gyakorlati célkitűzéseivel. A statikus modell azt jelenti, hogy az optimalizáció egy adott időpontra vonatkozó adatokon és információkon alapul, és nem vesz figyelembe időbeli változásokat vagy dinamikus elemeket. Ez a tulajdonság kifejezetten előnyös, mivel a prudenciális szabályozási követelmények jellemzően adott időpontra vonatkoztatva határoznak meg tőkekövetelményeket. Egy dinamikus vagy sztochasztikus modell jelentős többlet komplexitással és számítási igényvel járna, ami nem feltétlenül adna arányosan nagyobb gyakorlati értéket, miközben növelné a modell nehezen kezelhetőségét és nehezen értelmezhetőségét. Ezzel szemben a statikus optimalizáció lehetővé teszi a gyors, világos, és közvetlenül értelmezhető eredmények előállítását. Módszertani szempontból tehát a lineáris programozás alkalmazása pontosan azért illeszkedik kiválóan a kutatási környezethez, mert az optimalizáció során felhasznált feltételek és célok lineáris formában, numerikus korlátokkal és súlyokkal jól leírhatók. Ez a matematikai leírás pontosan megfelel a szabályozási és gyakorlati követelmények struktúrájának. A lineáris programozás révén explicit módon beépíthetők a szabályozói korlátok, lehetővé téve az azonnali ellenőrzést és auditálhatóságot, ami egy pénzügyi intézmény számára kulcsfontosságú. A PuLP-alapú lineáris optimalizáció ráadásul hatékonyan kezeli az adatokkal való munkát, lehetővé teszi a modell egyszerű és gyors futtatását, amely támogatja a banki vezetők gyors döntéshozatalát. Ez a módszertan nem igényel komolyabb számítási infrastruktúrát, gyorsan ad egyértelmű, precíz, auditálható válaszokat. A kutatás során kidolgozott modell ezért teljes mértékben megfelel a banki tőkeoptimalizáció gyakorlati követelményeinek és a prudenciális szabályozás által támasztott auditálhatósági, ellenőrizhetőségi és kommunikálhatósági elvárásoknak. Ezzel egyidejűleg a lineáris

optimalizáció alkalmazása stabil alapot ad későbbi fejlesztésekhez, mint például érzékenységi vizsgálatokhoz, szenárióelemzésekhez, vagy akár további komplexebb elemzési rétegek hozzáadásához. A lineáris programozási módszer kiválasztása tehát olyan döntés volt, amely teljes összhangban áll a kutatás céljaival, valamint a banki környezet szabályozói követelményeivel. A PuLP-alapú LP-módszer révén a bankok számára gyors, egyszerűen implementálható és auditálható optimalizációs megoldások nyerhetők, amelyek közvetlenül integrálják a prudenciális szabályozási követelményeket, támogatják a stratégiai döntéshozatalt, valamint biztosítják a tőkegazdálkodás gazdasági hatékonyságát. Ez a módszertan nemcsak közvetlen gyakorlati előnyökkel jár, hanem szilárd alapot képez további fejlesztésekhez, például érzékenységi elemzésekhez vagy szenárióvizsgálatokhoz, ezzel is gazdagítva a szavatolótőke-menedzsment tudományos és gyakorlati területeit.

## **2.2. A bemeneti adatok és paraméterek leírása**

A pénzügyi intézmények szavatolótőke-optimalizációs modelljének gyakorlati alkalmazhatósága jelentős mértékben függ attól, hogy mennyire pontosan képes leképezni a bankok valós üzleti és szabályozói környezetét. Ebből adódóan a kutatás során felhasznált bemeneti adat- és paramétercsoportok, a szabályozási paraméterek, a piaci kockázati adatok, valamint az intézményi stratégiai célértékek elkülönült, de együttes kezelése kiemelten fontos szerepet tölt be az optimalizációs folyamat során.

A pénzügyi intézmények működésének egyik alapvető feltételét képezi a prudenciális szabályozás által meghatározott szavatolótőke-szintek maradéktalan betartása. A jelen kutatás során alkalmazott szavatolótőke-optimalizációs modell egyik sarokköve éppen ezért a szabályozási paraméterek integrálása, amely biztosítja, hogy a modell pontosan tükrözze azt a szigorú szabályozói környezetet, amelyben a bankok és egyéb pénzügyi szolgáltató intézmények ténylegesen működnek.

A szabályozási paraméterek legfontosabb kiindulópontját az Európai Unió Capital Requirements Regulation (CRR) rendelete jelenti, amely minden tagállamban kötelező érvényű és egyértelmű numerikus előírásokat tartalmaz a pénzügyi intézmények számára. A CRR elsősorban azt határozza meg, hogy a bankok milyen minimális mértékű szavatolótőkét kötelesek fenntartani. Ez a minimális tőkeszükséglet tipikusan a bank kockázattal súlyozott eszközeinek (Risk Weighted Assets – RWA) egy bizonyos, előre meghatározott százalékaként kerül meghatározásra; jelenleg általánosan elfogadott szabályozói sztenderd szerint ez a mérték 8%. A 8%-os tőkekövetelmény tehát egy olyan explicit numerikus korlát, amelynek figyelmen kívül hagyása a bank számára nemcsak szabályozási szempontból

elfogadhatatlan, hanem jelentős jogi következményekkel is járhat, akár pénzügyi büntetés, akár egyéb szankciók formájában. Ez a paraméter tehát egy olyan feltételként jelenik meg a modellben, amely minden optimalizált megoldásban maradéktalanul teljesülni kell, biztosítva ezzel a szabályozási megfelelést. A fejlesztett modellben alkalmazott minimális tőkekövetelmény több részből áll össze, és nemcsak a CRR rendeletből, hanem további szabályozói előírásokból, így például a Magyar Nemzeti Bank (MNB) által meghatározott helyi előírásokból is származik.

A második, kiemelten fontos paramétercsoport, amelyet a jelen kutatás során alkalmazott szavatoló-tőke-optimalizációs modell integrál, a piaci kockázatokkal kapcsolatos adatok köréből származik. A pénzügyi intézmények működésének egyik alapvető sajátossága, hogy a tőkeallokációs döntések mindig jelentős hatással vannak az intézmény piaci kockázati kitettségére. Ennek megfelelően, a modell valóságközeli és gyakorlati alkalmazhatóságához elengedhetetlen, hogy ezek a kockázatok expliciten, numerikusan és részletesen kerüljenek figyelembevételre a döntési folyamatban. A piaci kockázati paraméterek elsősorban a különböző befektetési eszközök kockázati súlyait foglalják magukba. Ezek a súlyok megmutatják, hogy az adott befektetési eszközbe kihelyezett tőke milyen mértékben terheli a bank szavatoló-tőke-szükségletét. Az eszközök kockázati súlyainak pontos meghatározása azért kritikus jelentőségű, mert ez határozza meg azt, hogy a tőkekihelyezési döntések milyen mértékben növelik a bank kockázattal súlyozott eszközeinek (Risk Weighted Assets – RWA) összegét, és ezáltal milyen további tőkét igényelnek a szabályozási megfelelés fenntartásához. A modellben felhasznált kockázati súlyok tehát közvetlenül és expliciten határozzák meg azt, hogy egy adott befektetés milyen mértékű kockázati terhelést jelent, így közvetlenül összekapcsolják a piaci kockázati környezetet a bank szabályozási tőkeigényével, ahogy a jogszabályban is le van írva. A piaci kockázati paraméterek nem csupán a kockázati súlyokat tartalmazzák, hanem a befektetési eszközök várható hozamát és azok volatilitását, vagyis a hozamok ingadozását is. Ez azért kulcsfontosságú, mert a pénzügyi intézményeknek nemcsak a szabályozási követelményeket kell teljesíteniük, hanem egyben gazdasági eredményességre is törekednek. A modell ezért explicit módon figyelembe veszi a hozamokat és azok volatilitását, lehetővé téve, hogy a piaci körülményeket reálisan és gazdasági szempontból is megalapozott módon integrálja a tőkeoptimalizálásba.

A modellben alkalmazott stratégiai paraméterek meghatározásához kvalitatív kutatási módszertant választottam, amely a lineáris optimalizációs modell gyakorlati megalapozottságát erősíti. Ezzel a kutatási lépéssel arra törekedtem, hogy a banki eszköz portfólióra vonatkozó döntéshozatali folyamatok valós jellemzőit, szempontjait és preferenciáit feltárjam, illetve

az eszközök valós piaci kockázatát is, amely eltér a szabályozásban foglaltaknak. Tekintettel arra, hogy a banki intézmények stratégiái, portfólióépítési módszerei és valós piaci kockázat számítási módszerei egyediek, szükség volt egy olyan általános, mégis konceptuálisan jól strukturált keretrendszer kidolgozására, amely bármely bank stratégiai sajátosságait hatékonyan képes integrálni a modellbe. Ennek érdekében nyolc mélyinterjút végeztem el banki menedzserekkel, szakértőkkel és igazgatókkal, akik releváns és közvetlen tapasztalattal rendelkeznek a szavatolókezelet és portfólió építés stratégiai és üzleti aspektusaiban. Az interjúk félig strukturált formában zajlottak: előre meghatározott kérdéssor mentén haladtam, de lehetőséget adtam arra is, hogy az interjúalanyok részletesebben kifejtsek gondolataikat, és újabb szempontokat is behozzanak. A kérdéseket a szakirodalmi háttér (például Saunders et al., 2014; Hull, 2018) és saját szakmai tapasztalataim alapján állítottam össze, ezzel biztosítva azok relevanciáját és szakmai megalapozottságát.

### 2.3. A modell matematikai felépítése

A lineáris programozás (LP) a matematika és a közgazdaságtan egyik fontos optimalizációs eszköze, amely a második világháború idején született. Az amerikai matematikus, George Dantzig 1947-ben publikálta az ún. szimplex algoritmust, amely hatékonyan tudott lineáris függvényeket maximalizálni vagy minimalizálni több lineáris korláttal rendelkező feladatokban. Az LP gyorsan elterjedt a hadigazdaság tervezésétől kezdve a logisztikán át a pénzügyi portfólióig; lényege, hogy adott erőforrásokat (nyersanyag, tőke, idő) optimálisan osszon el ellentmondó célok között.

#### *A lineáris programozási feladat általános alakja*

Célfüggvény: valamely lineáris függvényt (például bevétel vagy hasznosság) kell maximalizálni vagy minimalizálni:

$$\max\{c^T x\} \text{ vagy } \min\{c^T x\}$$

ahol  $c$  a célfüggvény súlyvektora és  $x$  a döntési változók vektora.

Korlátok: a döntési változókra lineáris egyenlőtlenségek és egyenlőségek vonatkoznak (pl. erőforrás korlátok, technológiai kényszerek):

$$Ax \leq b, Gx = h$$

Nemnegativitási feltétel: a változók általában nem lehetnek negatívak ( $x \geq 0$ ). A modell szokásos alakja (standard form) szerint minden korlát egyenlőség (egyenlet), és minden változó nemnegatív. Az LP megoldása történhet analitikusan a szimplex módszerrel vagy numerikus optimalizáló szoftverekkel (például Gurobi, CPLEX, PuLP). A modern szoftverek

lehetővé teszik a vegyes egész lineáris programozást (MILP) is, ahol egyes változókat egészértékűre korlátozunk.

Alkalmazott módszer: A jelen munka a portfólió-optimalizációhoz lineáris programozást használ. A célfüggvény egy súlyozott kombináció (hozam-szórás különbség, Sharpe-arány, szigmoid minőségi mutató), amely a változó kitétségek lineáris függvénye. A korlátok lineáris egyenletek és egyenlőtlenségek: költségvetési korlát ( $\sum x_i = B$ ), hitelkockázati RWA-cél ( $\sum r_i x_i = RWA_{target}$ ), hozam- és VaR-korlátok ( $\sum x_i \mu_i \geq H_0, \sum x_i v_i \leq V_0(1 + \gamma)$ ), valamint a diverzifikációs minimum és maximum korlátok ( $m_i \leq x_i/B \leq M_i$ ). A változók mind nemnegatív összegek. Az iterációt addig kell végezni, amíg a szavatolótőke-arány (CAR) kívánt szintje mellett minden korlát teljesülni tud.

## 2.4. Szoftveres megvalósítás és technikai háttér

A kutatás során kidolgozott szavatolótőke-optimalizációs modell szoftveres implementációjához a Python programozási nyelvet használtam, amely széleskörűen alkalmazott matematikai modellezési környezet. Ennek oka elsősorban az volt, hogy a Python nyelv kiváló lehetőségeket kínál nagy mennyiségű numerikus adat egyszerű és strukturált kezelésére, valamint a lineáris optimalizációs feladatok átlátható és precíz megvalósítására. A Python emellett jól dokumentált, nyílt forráskódú könyvtárakat is kínál, amelyek támogatják a lineáris optimalizáció egyszerűen auditálható, könnyen ellenőrizhető végrehajtását. A modell matematikai implementációját a PuLP lineáris programozási könyvtár segítségével valósítottam meg, amely egy kifejezetten lineáris optimalizációra fejlesztett Python-alapú keretrendszer. Ez a keretrendszer lehetőséget biztosít arra, hogy az optimalizációs probléma minden egyes lépése egyértelműen, explicit numerikus formában, algebrai definíciókkal kerüljön meghatározásra. A PuLP előnye, hogy kompatibilis többféle optimalizációs solverrel is, amelyek közül jelen kutatás során a CBC (Coin-or Branch and Cut) solver alkalmazására került sor. Ez a solver numerikus stabilitást, gyorsaságot és megbízhatóságot biztosított a feladat megoldásában, ezzel is garantálva a modell eredményeinek stabilitását és reprodukálhatóságát.

## 2.5. A modell belső koherenciájának logikai-matematikai vizsgálata

A modell validálásának első lépéseként elméleti és logikai-matematikai elemzést végeztem annak érdekében, hogy biztosítsam a modell belső koherenciáját, illetve megvizsgáljam, hogy matematikai struktúrája a lineáris programozás módszertani kritériumainak megfelel-e. Ennek érdekében a lineáris programozási szakirodalomban széles körben elfogadott Hillier és Lieberman (2015), valamint Winston (2003) által megfogalmazott általános

modellalkotási elveket alkalmaztam. A modell belső koherencia-elemzését három fő aspektus mentén végeztem: a döntési változók gazdasági és matematikai értelmezhetősége, a célfüggvény logikai és numerikus relevanciája, valamint a lineáris korlátozó feltételek konzisztenciája és egymással való összhangja. A döntési változók értelmezésének vizsgálata során először ellenőriztem, hogy minden változó egyértelműen definiált és a valós banki környezetben gazdasági értelemben releváns. Külön figyelmet fordítottam arra, hogy a változók nemnegatív tartományban értelmezettek legyenek, hiszen negatív értékek a szavatolótőke-allokáció esetében nem értelmezhetők. Ennek eredményeképpen megállapítottam, hogy a modell döntési változói egyértelműen megfelelnek a lineáris programozás standard követelményeinek, gazdasági és pénzügyi relevanciájuk pedig alátámasztott. Ezt követően a célfüggvény struktúrájának részletes vizsgálata következett. Itt azt ellenőriztem, hogy a célfüggvény megfelelően tükrözi-e a kutatás által meghatározott optimalizációs célt jelen esetben a szavatolótőke-puffer minimalizálását. Vizsgálatom során lépésről lépésre ellenőriztem a célfüggvény lineáris kombinációjában szereplő paramétereket és azok numerikus relevanciáját. Az ellenőrzés során megállapítottam, hogy a célfüggvény elemei valóban alkalmasak a kitűzött optimalizációs cél pontos megfogalmazására, így a célfüggvény logikai és numerikus értelemben is helyesnek bizonyult.

Végül a lineáris korlátozó feltételek matematikai konzisztenciáját és logikai összhangját elemeztem. Itt azt vizsgáltam, hogy a korlátozó feltételek explicit módon és egyértelmű lineáris algebrai formában definiáltak-e, valóban zárt megoldási teret alkotnak-e, és nem tartalmazzak-e redundanciát vagy ellentmondást. Ennek során szisztematikusan átnéztem minden korlátozó feltételt, és igazoltam, hogy azok egyértelmű numerikus paraméterekkel rendelkeznek, a feltételrendszer koherens, logikusan követhető, és a szabályozási követelményekhez közvetlenül illeszkedik. E három elemzési szempont eredményeit összegző mátrix formájában foglaltam össze, amelyben minden kritériumot binárisan (igen/nem) értékeltem, és részletesen dokumentáltam, hogy a modell egyes komponensei mennyiben felelnek meg a lineáris optimalizáció általános metodológiai követelményeinek (Hillier & Lieberman, 2015; Winston, 2003).

## **2.6. A modell érzékenységi vizsgálatának módszertani leírása**

Az optimalizációs modellek validációs folyamata során az egyik legfontosabb vizsgálati eljárás az érzékenységi elemzés (sensitivity analysis), amelyet jelen kutatásban is alkalmaztam a kidolgozott lineáris optimalizációs modell megbízhatóságának és robusztusságának értékelésére. Az érzékenységi vizsgálat azt hivatott feltárni, hogy a modell kimeneti

eredményei, különösen az optimalizált döntési értékek és a célfüggvény eredménye, milyen mértékben függenek a bemeneti paraméterek kisebb-nagyobb mértékű változásaitól (Saltelli et al., 2008; Hillier & Lieberman, 2015).

Az érzékenységi elemzés módszertani folyamata strukturált lépésekből állt. Első lépésként meghatároztam azokat a kritikus bemeneti paramétereket, amelyek jelentősen befolyásolhatják a modell eredményeit. Ezek között kiemelten szerepeltek a prudenciális szabályozásból származó explicit paraméterek, mint például a CET1 minimális aránya, valamint az intézmény által alkalmazott piaci kockázati mutatók (Sharpe-mutató, sigmoid indikátor), továbbá a stratégiai célértékek (például a saját tőkére vetített hozam - ROE). E paraméterek kiválasztása a szakirodalmi áttekintésre (például Saunders et al., 2014; Berger & Bouwman, 2013), valamint az előző kvalitatív interjúk eredményeire alapozva történt, biztosítva a módszertani megalapozottságot. A következő lépésben a kijelölt paramétereket szisztematikusan módosítottam, egyenként, három különböző mértékben ( $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  és  $\pm 15\%$ -kal), miközben minden más paraméter értékét változatlanul tartottam. Minden egyes módosítás után az optimalizációs modellt újrafuttattam, majd megvizsgáltam, hogy ezek a változások milyen módon és milyen mértékben befolyásolják a modell kimeneteleit. Ez a szisztematikus eljárás lehetőséget biztosított arra, hogy átfogó képet kapjak arról, mely paraméterek módosítása esetén reagál érzékenyebben a modell, illetve melyek azok a paraméterek, amelyek esetében az érzékenység alacsonyabb szintű.

Az érzékenységi elemzés numerikus és statisztikai értékelése során a következő kulcsfontosságú mutatókat alkalmaztam, amelyek széleskörben elfogadottak a lineáris optimalizáció érzékenységi vizsgálataiban (Saltelli et al., 2008; Winston, 2003):

- **Célfüggvény változásának abszolút és relatív mértéke:** Arra vonatkozóan vizsgáltam, hogy a paraméterek módosítására hogyan változik a modell célfüggvényének értéke abszolút értékben, illetve a kiindulási állapothoz viszonyított relatív százalékos mértékben. Ez a mutató alapvető fontosságú annak értékelésére, hogy a modell mennyire érzékeny vagy stabil a célfüggvény optimalizálására vonatkozóan.
- **Döntési változók értékeinek szórása (standard deviációja):** A döntési változók érzékenységét úgy mértem, hogy a változók optimális értékeinek szórását kiszámítottam az egyes bemeneti paraméterek változtatása után. Alacsony szórás arra utal, hogy a modell robusztus, míg magas szórás a változó értékének jelentős érzékenységét mutatja az adott paraméterváltozásra.

- Optimális tőkestruktúrában jelentkező változások százalékos mértéke: A bemeneti paraméterek módosításának hatását vizsgáltam arra, hogy a modell által meghatározott optimális tőkeallokáció milyen mértékben változik százalékosan az eredeti optimális megoldáshoz képest. Ez a mutató közvetlenül mutatja meg, hogy az egyes paraméterek milyen mértékben befolyásolják a banki intézmény javasolt döntéseit.

Az érzékenységi elemzés eredményeit mátrixos formában dokumentáltam, ahol minden elemzett paraméterhez hozzárendeltem a fenti mutatókat. Ezen mátrix révén átfogóan értékelhetővé vált a modell érzékenysége és robusztussága.

### **2.7. Esettanulmány alapú (single case study) modellvalidáció**

A modell harmadik validációs lépéseként egy empirikus esettanulmány (single case study) módszerét alkalmaztam annak érdekében, hogy a kidolgozott lineáris optimalizációs modell gyakorlati relevanciáját, alkalmazhatóságát és érvényességét valós környezetben ellenőrizzem. Ennek során egy, az Belga működő pénzügyi intézmény által rendelkezésre bocsátott valós banki adatokat használtam fel, amelyeket az érintett intézmény üzleti titokként kezel. Ennek megfelelően sem az intézmény neve, sem az adatok konkrét részletei nem kerülnek nyilvánosságra, kizárólag összegzett formában használhatók fel a modell validációjára. Az esettanulmány alkalmazásának célja az volt, hogy a kidolgozott modell eredményeit konkrét intézményi környezetben, valós pénzügyi adatokon teszteljem, ezáltal megvizsgálva azt, hogy a modell gyakorlati helyzetben is releváns, szabályozási szempontból érvényes, valamint gazdasági és stratégiai értelemben értelmezhető eredményeket szolgáltat-e. A valós banki adatokkal végrehajtott modellteszt során az intézmény aktuális tőkeszerkezeti paramétereit, szabályozási követelményeit, piaci kockázati adatait, valamint az általam korábban kvalitatív kutatás során feltárt stratégiai célértékeket alkalmaztam. Ezek az input-adatok közvetlenül a bank valós üzleti környezetéből származtak, biztosítva ezzel a modell eredményeinek empirikus relevanciáját.

Az esettanulmány elvégzése során először a bank adatait strukturáltan feldolgoztam és az optimalizációs modellbe integráltam. Ezután lefuttattam az optimalizációs számításokat, majd részletesen kielemeztem a kapott eredményeket, különös tekintettel arra, hogy a modell által javasolt optimális tőkeallokációs döntések valóban teljesítették-e a CRR szabályozási követelményeit, különösen a minimális tőkekövetelményeket, valamint összhangban álltak-e az intézmény által kitűzött gazdasági és stratégiai célértékekkel, például a ROE-célértékekkel. Az elemzés során azt is

értékeltem, hogy a modell által javasolt megoldás hogyan viszonyul a bank korábbi, ténylegesen alkalmazott tőkeszerkezeti döntéseihez, valamint hogy a modell eredményei milyen javulást vagy változást jelentenének a bank számára szabályozási, gazdasági vagy stratégiai értelemben. Az esettanulmány eredményei egyértelműen megerősítették a modell gyakorlati relevanciáját: az optimalizált megoldás minden szabályozási követelménynek megfelelt, és a bank számára gazdaságilag is releváns, stratégiaileg pedig előnyösnek tekinthető eredményt adott.

Az empirikus esettanulmány módszertani alkalmazása, amely Yin (2014), illetve Eisenhardt (1989) kutatómódszertani munkáira alapozva történt, lehetőséget adott arra, hogy a modell eredményeit valós gazdasági és intézményi környezetben validáljam. Ezáltal biztosítottam, hogy a kidolgozott lineáris optimalizációs modell valóban alkalmazható, releváns és a banki gyakorlat számára közvetlenül hasznosítható döntéstámogatási eszközzé váljon.

### 3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

A kutatás során három fő módszertani lépést alkalmazok a szavatolótőke optimalizálásának érdekében. Első lépésként dokumentumelemzésre kerül sor, amely során részletesen áttekintem a CRR 575/2013/EU rendelet. Ezt követően kvalitatív interjúkat végzek iparági szakértőkkel és vezetőkkel, annak érdekében, hogy részletesebb információkat szerezhessenek a működési kihívásokról, szabályozási megfelelésről, valamint a kockázatkezelési preferenciákról. Végül az így nyert információk alapján egy matematikai optimalizációs modellt alkotok, amely lehetővé teszi a szavatolótőke mértékének jogszabály szerinti optimalizálást.

#### 3.1. A CRR rendelet dokumentumelemzése

A CRR (Capital Requirements Regulation) 575/2013/EU rendelet célja a hitelintézetek és befektetési vállalkozások prudenciális követelményeinek meghatározása az Európai Unióban. A szabályozás a Bázeli III keretrendszer alapján készült és célja a pénzügyi rendszer stabilitásának fenntartása, valamint az intézmények kockázatainak megfelelő kezelése. A következőkben dokumentumelemzés során feldolgozom a rendelet szavatoló tőkére vonatkozó részeit, amelyek a modellalkotásom szempontjából jelentősek.

A rendelet az alábbi fő területekre terjed ki:

- Szavatoló tőke és tőkekövetelmények
- Kockázatok súlyozása és tőkekövetelmény-számítási módszerek
- Likviditási követelmények
- Tőkeáttételi mutató és egyéb prudenciális szabályok

A rendelet értelmezése szerint a hitelintézetek saját tőkéje (szavatolótőke) két nagy komponensből áll: az alapvető tőkére (Tier 1) és a járulékos (Tier 2) tőkére. Az alapvető tőke pedig két részösszezből áll: elsődleges alapvető tőke (Common Equity Tier 1, CET1) és kiegészítő alapvető tőke (Additional Tier 1).

- Elsődleges alapvető tőke (Common Equity Tier 1, CET1): ez tartalmazza a részvényeket, ársiót, eredménytartalékot és egyéb tartalékokat, és korlátlanul képes veszteségek fedezésére.
- Kiegészítő alapvető tőke (Additional Tier 1, AT1): ezek a veszteség esetén elsőként leírható vagy CET1-re konvertálható instrumentumok, amelyek az alapvető tőke második rétegét alkotják.
- Járulékos tőke (Tier 2): ezt a rendelet külön kezeli, a teljes szavatolótőke az alapvető tőke (CET1 + AT1) és a járulékos tőke összege.

A CRR és CRD (Capital Requirements Directive) a tőkeszámításon túl a rendelet a kockázatok mérését is egységesíti. A hitelintézetek hitelkockázati tőkekövetelményének meghatározására a CRR két fő módszert foglal magába: a standardizált (sztenderd) módszert (SA) és a belső minősítésen alapuló módszert (IRB).

A rendelet azon túlmenően, hogy meghatározza a szavatoló tőke három fő kategóriáját, részletes leírást ad azok összetételéről:

Elsődleges alapvető tőke (CET1):

- CET 1 feltételeknek megfelelő instrumentumok és kapcsolódó árszió
- Eredménytartalék és auditált évközi eredmény a várt osztalékkal csökkentve
- Halmozott egyéb átfogó jövedelem
- Egyéb tartalékok
- Általános banki kockázatok fedezetére képzett tartalékok

Kiegészítő alapvető tőke (AT1):

- AT1 feltételeknek megfelelő instrumentumok (hibrid tőkeelemek) és kapcsolódó árszió
- Levonások, korrekciók

Járulékos tőke (T2):

- T2 feltételeknek megfelelő instrumentumok (alárendelt kölcsöntőke) és kapcsolódó árszió
- Általános hitelkockázati értékvesztések, céltartalékok -adóhatásokkal csökkentve hitelkockázati kockázattal súlyozott kitétségek értékének (RWA) 1,25%-áig
- Egyedi, általános hitelkockázati értékvesztés, céltartalékok IRB módszerrel számított várható veszteség hitelkockázati RWA 0,6%-ig
- Levonások, korrekciók

A rendeletben megfogalmazott módszertant alapvetően négy fő részre oszthatjuk, attól függően, hogy a szabályozói tőkeszükséglet milyen jellegű kockázatokat fedez. Ezek a következők:

Hitelkockázat (Credit Risk): A rendelet (CRR) 116-134. cikkei szerinti standardizált hitelkockázati megközelítés a kitétségeket kategóriákba sorolja és mindegyik kategóriához a kockázat relatív szintjét tükröző kockázati súlyokat rendel. Az egyes kitétségi osztályok (pl. szuverén állam, közszektorbeli intézmény, hitelintézet, vállalat, lakossági, ingatlanfedezetű kitétség, fedezett kötvény stb.) súlyai jellemzően fix vagy külső hitelminősítés által meghatározott értékek. A legjobb hitelminősítésű (magas hitelképességű) szuverén kitétségek akár 0%-os kockázati súlyt kaphatnak

(különösen, ha az adott állam saját pénznemében fennálló követelésekről van szó az EU-n belül) Míg az alacsonyabb minősítésű vagy nem minősített kitettségekre ennél nagyobb, a kockázat szintjével arányos súly alkalmazandó. A standardizált megközelítés lényege, hogy a tőkekövetelmények egységes és a kockázatokhoz igazodó módon kerülnek meghatározásra az egyes kitettségi kategóriákban. A leggyakrabban alkalmazott eszközök: banki kihelyezések, vállalati és lakossági hitelek, értékpapírok és egyéb kitettségek hitelkockázatának fedezése.

Partnerkockázat (Counterparty Credit Risk): Átfogóan szabályozásra került a partnerkockázati kitettségek kezelése is. A rendelet előírja, hogy a hitelintézetek a származtatott ügyletekből, repo- és értékpapír-kölcsönzési műveletekből fakadó kitettségeiket a meghatározott módszerek valamelyikével, például a standardizált partnerkockázati módszerrel (SA-CCR), vagy megfelelő engedély birtokában belső modellel (IMM) számítsák. Ezzel összhangban a 381-384. cikkek bevezetik a hitelértékelési korrekciós (CVA) kockázat fogalmát és tőkekövetelményét az OTC derivatív ügyleteknél, mely a partner hitelképesség-romlás miatti piaci értékvesztés kockázatát méri. A CVA-kockázatra a bankok méretétől és engedélyeitől függően két számítási módszer alkalmazható. Anagyobb, megfelelő belső modellezési (IMM) és VaR-engedéllyel rendelkező intézményeknek az haladó (advanced) CVA-modellt kell használni, minden más esetben pedig a standardizált CVA módszert, amely a partner külső hitelminősítésén alapuló súlyokat rendel a kitettséghez.

Piaci kockázat (Market Risk): A rendelet 325-361. cikkei a piaci kockázatok, azaz a kereskedési könyvben szereplő pozíciókhoz kapcsolódó kockázatok, tőkekövetelményeit szabályozzák. A szabályozás célja annak biztosítása, hogy a bankok elegendő tőkét tartsanak a piaci árfolyamok, kamatok, devizaárfolyamok, részvényárak, árupiaci árak és opciós értékek kedvezőtlen változásaiból eredő veszteségek fedezetére. A rendelet különbséget tesz általános és speciális kamatláb-kockázat között, a kereskedési könyvi állampapírok, vállalati kötvények és más kamatozó eszközök esetében, továbbá figyelembe veszi a részvénypozíciók, deviza- és árupiaci pozíciók, valamint opciók kockázatait is. A tőkekövetelmények kiszámítására két fő módszert engedélyez. A standardizált megközelítést (STA), amely előre rögzített kockázati súlyok és aggregálási szabályok alkalmazásán alapul, illetve a felügyeleti engedéllyel működő belső modell alapú megközelítést (IMA), amely a bank saját kockázati modelljein (pl. VaR vagy szenzitivitásalapú megközelítések) alapul. A szabályozás előírja, hogy a kereskedési könyv és a banki könyv pozícióit világosan el kell különíteni és csak a kereskedési könyvben szereplő, aktív piaci árazással rendelkező pozíciók esnek a piaci kockázati tőkekövetelmény alá. A szabályozási cél az,

hogy az intézmények a portfóliójukban rejlő piaci kockázatokat konzervatív és átlátható módszerekkel kezeljék és ehhez megfelelő tőketartalékot képezzenek.

Működési kockázat (Operational Risk): A CRR rendelet 315-317. cikkei alapján a bankoknak tartaléktőkét kell képezniük az opciókból fakadó kockázatokra, figyelembe véve az alapvető ármozgásokból eredő kockázatokat (delta-kockázat), illetve az olyan további tényezőket, mint például a piaci volatilitás vagy az idő múlása (gamma- és vega-kockázatok). Az opciókat mindig a mögöttes termékük alapján, annak árváltozásaira való érzékenységük szerint kell kezelni, amihez a delta-értéket használják. A rendelet lehetőséget ad arra is, hogy az opciós pozíciók kockázatát csökkentsék azokkal az ellenirányú pozíciókkal, amelyek fedezetként szolgálnak. Emellett a szabályozás figyelmet fordít a belső folyamatok, emberi hibák, technikai meghibásodások és jogi problémák okozta kockázatok kezelésére is. Ez azt jelenti, hogy a bankoknak külön tőkét kell elkülöníteniük azokra a veszteségekre, amelyek például hibás belső működésből, technikai problémákból vagy jogi vitákból eredhetnek. A szabályozás célja tehát, hogy átfogó és megfelelő fedezetet biztosítson mind a pénzügyi piaci (például opciókból származó), mind a belső működésből eredő kockázatok kezelésére.

A szabályozás értelmében a tőkemegfelelési mutatót tekinthetjük az egyik elrendő indikátornak, mely (CAR) a szavatolótőke és a teljes kockázati kitettség százalékos aránya, amely az alábbi képlettel írható fel:

$$\text{CAR} = \frac{\text{Szavatoló tőke}}{\text{Teljes kockázati kitettség}} \times 100$$

Annak érdekében, hogy ezt a mutatót tényezőkre bontsuk, első sorban meg kell határoznunk azokat az összetevőket, amelyek befolyásolják annak értékét, valamint a számítási módszereket, amelyekkel az egyes komponensek hozzájárulását értékelhetjük.

A nevezőben lévő kockázattal súlyozott kitettséérték (Risk-Weighted Assets, RWA) kiszámítása során az egyes eszközökhöz és kitettségekhez meghatározott kockázati súlyokat kell alkalmazni. A szabályozás előírásai szerint minden kitettséget egy adott kockázati osztályba kell sorolni, amely meghatározza a rá vonatkozó súlyt. Ez a besorolás figyelembe veszi az eszköz típusát, a hitelkockázatot, a partner minőségét, valamint az esetleges biztosítékokat.

### 3.2. Kvalitatív interjúk elemzése

Kvalitatív interjúk rávilágítottak arra, hogy a banki tőkeallokációs döntésekben mind a négy alapvető kockázati dimenzió (hitel-, partner-, piaci és működési kockázat) fontos, de eltérő súllyal jelenik meg. A hitelkockázat dominálja a tőkekövetelményeket, ezért a modell célfüggvényének első két komponense erre épül. A partnerkockázat és a piaci kockázat inkább korlátozó jellegű: bár stratégiai szempontból lényegesek (például a derivatív ügyletek nettósítása csökkenti a tőkeigényt, illetve a VaR-limitrendszer és a stressztesztek jelzik a potenciális veszteségeket), a napi tőkeallokációban kisebb súllyal szerepelnek. Ennek megfelelően a modell ezeket exogén korlátként veszi figyelembe (a partnerkockázati tőkeigényt külső paraméterként, a piaci kockázatot pedig előre becsült százalékos korrekcióval építi be). A működési kockázatot valamennyi szakértő nem optimalizálható, külső tényezőnek tartotta, így annak tőketerhét a modell fix költségelemként kezeli.

Az interjúalanyok egyöntetűen hangsúlyozták, hogy a banki vezetés számára a saját tőkére vetített hozam (ROE) az egyik legfontosabb mutató, mivel egyszerre tükrözi a nyereségességet és a tőke felhasználásának hatékonyságát. A ROE stratégiai jelentőségű: befolyásolja az osztalékpolitikát, az újrabefektetési és allokációs döntéseket, és egyúttal hatással van a részvényesi elvárásokra, valamint a menedzsment teljesítményének megítélésére is. Ugyanakkor a ROE megítélése mindig a kockázati profil figyelembevételével történik – egy kiugróan magas ROE mögött állhat túlzott tőkeáttétel vagy alulszabályozottság. A modell célfüggvényében a ROE ezért nem külön öncélként, hanem implicit preferenciaként jelenik meg, amely a döntési súlyok kialakítását orientálja. A növekedési célokat illetően megoszlottak a vélemények: néhány nyugat-európai vezető a tőkepuffer fenntartását emelte ki a tartós növekedés feltételeként, míg magyar szakértők szerint a növekedés önmagában csak eszköz a piaci pozíciók megőrzésére. Ugyanakkor egyetértés volt abban, hogy a modellnek nemcsak a szabályozói korlátokat, hanem a bank stratégiai expanziós szándékait is integrálnia kell. Ennek megfelelően a kialakított modell a statikus megfelelés helyett a jövőorientált, stratégiai tőkeallokációt támogatja.

A szakértői interjúk a modell célfüggvényének súlyarányait is megalapozták. A válaszadók szerint a hozam volatilitását mérő stabilitási szempont körülbelül 30%-os súlyt érdemel: bár nem ez a domináns tényező, a portfóliók kiszámíthatósága és a tőkekövetelmények teljesíthetősége miatt lényeges. Teljes egyetértés volt abban, hogy a kockázattal korrigált teljesítmény (Sharpe-mutató jellegű mérőszám) kapja a legnagyobb, mintegy 40%-os súlyt, mert ez segít az eszközök hatékonysági rangsorolásában.

Harmadik elemként a döntési logikában megjelent egy nehezen számszerűsíthető, de fontos minőségi tényező is (például reputációs kockázat, ügyfélkapcsolatok, ESG-szemponatok); ezt a modellt egy normalizált „puha” mutatóval 30%-os súllyal veszi figyelembe. Mivel ennek a minőségi tényezőnek nincs egységes skálája, a modell szigmoid transzformációval 0–1 közé normalizálja ezt a komponenst, biztosítva, hogy a nem pénzügyi preferenciák kiegyensúlyozottan hassanak a döntésre. Végül az interjúk rámutattak az eszközkoncentráció kockázatára is: a túlzott kitettségek elkerülése érdekében a modell korlátozza, hogy bármely eszközcsoport részaránya legfeljebb 35% legyen a portfólióban. Ez garantálja a diversifikált, kiegyensúlyozott portfóliót, alkalmazkodva az adott bank stratégiai profiljához.

### 3.3. Kockázati területek és tőkeszerkezeti számítások

Dolgozatomban a banktól gyűjtött adatokkal számolva számítom ki a CRR rendeletben meghatározott módszerek alapján a kockázati területek értékét. Az optimalizált portfólió hatékonyságának bemutatása érdekében a kiinduló helyzetként ismertetett jelenállapot és az optimalizált állapot kerül majd összehasonlításra. A banki adatok alapján összeállítottam a bank eszköz és forrás szerkezetét, amelyet az 1. táblázat szemléltet.

1. táblázat: Banki adatok

<b>Eszközök</b>	<b>Összeg (MrdFt)</b>	<b>Források és saját tőke</b>	<b>Összeg (MrdFt)</b>
Készpénz és Jegybanki Tartalékok	2097	Kormány és bankközi követelések	1250
Készpénz a fiókokban	454	Betétek	11530
Központi banknál elhelyezett tartalék	1339	Látra szóló betétek	4692
Bankoknál elhelyezett betétek	304	Lekötött betétek	6838
Lakossági Hitelek	4991	Bankközi kötelezettségek	1600
Lakáshitelek	3243	Kibocsátott értékpapírok	400
Személyi és fogyasztási hitelek	1748	Derivatívák	1109
Vállalati Hitelek	4435	Részvények	439
Forgóeszközhitel	4435	Egyéb kötelezettségek	1450
Befektetések és Értékpapírok	3638	Halasztott adók	250
Állampapírok	2167	Egyéb tartozások	1200
Egyéb kötvények	1471	Céltartalékok	1500
Derivatívák	1790	Saját tőke	2050

Részvények	2008	Jegyzett tőke	1400
Tárgyi eszközök	1134	Tartalékok és visszatartott nyereség	650
Immateriális javak és goodwill	232		
Egyéb eszközök	1003		
Összes Eszköz	21328	Összes Forrás és Saját Tőke	21328

*Forrás: Esettanulmány banki adatok alapján*

A rendelet előírásainak megfelelően minden jelentős kockázati területre külön-külön meghatároztam a kockázattal súlyozott eszközértékeket. A hitelkockázat mellett azonban a másik három kockázati terület, partner, piaci és működési kockázat esetében csak részleges adatok állnak rendelkezésemre, ezért ezeknél külön-külön nem lehet meghatározni a bank által alkalmazott szavatoló tőke értéket. Ezért összesítve, a teljes kockázati portfólióra határoztam meg a szükséges tőkekövetelményt. Az elemzett bank esetében a négy kockázati terület együttesen számított kockázattal súlyozott eszközértéke összesen 15 198,81 MrdFt, amely szavatoló tőke számítás módszer szerint 14,59%-os szavatoló tőke-aránynak felel meg. Ez alapján az elemzett bank összesen 2218 MrdFt-nyi tőkepuffert tart fennt (2. táblázat).

2. táblázat: Kockázati kitettségek összegzése

Kitettség	Kockázattal súlyozott eszközérték (RWA, MrdFt)	Szavatoló tőke (14,59%)
Hitelkockázati kitettség	12311,30	
Partnerkockázati kitettség	270,01	
Piaci kockázati kitettség	1875,00	
Működési kockázati kitettség	742,50	
RWA összesen	15198,81	2218

*Forrás: az EU 575/2013-as rendelet előírásai alapján*

### 3.4. Szavatoló tőke optimalizálási modell logikai kerete

A bankoknak jogszabályi előírás alapján legalább 8%-os szavatoló tőke-megfelelési rátát kell biztosítaniuk, amelyet a kockázattal súlyozott eszközök (RWA) összegéhez viszonyítva számítanak. Az RWA értékét a különböző kockázattípusok alapján kell meghatározni, ezek közül egyesekhez közvetlen, másokhoz közvetett számítási szabályok társulnak. A ténylegesen rendelkezésre álló, szabadon allokálható tőke, amely meghaladja a kötelező minimumot - optimalizálható, így a felszabaduló extra tőke más, bevételtermelő célokra is allokálható. A szavatoló tőke számítása alapján az alábbi célfüggvény definiálható:

$$\min (RWA_{hitel} + RWA_{partner} + RWA_{piaci} + RWA_{m\u00fck\u00f6d\u00e9si})$$

azzal a felt\u00e9tellel, hogy:

$$(T1 + T2 - D) / (RWA_{hitel} + RWA_{partner} + RWA_{piaci} + RWA_{m\u00fck\u00f6d\u00e9si}) \geq 8\%$$

- $T1$  = Tier 1 t\u00f3ke (jegyzett t\u00f3ke + visszatartott nyeres\u00e9g)
- $T2$  = Tier 2 t\u00f3ke (al\u00e1rendelt k\u00f6tv\u00e9nyek)
- $D$  = levon\u00e1sok (immateri\u00e1lis javak stb.)
- $RWA_{hitel}$  = hitelkock\u00e1zati RWA
- $RWA_{partner}$  = partnerkock\u00e1zati RWA
- $RWA_{piaci}$  = piaci kock\u00e1zati RWA
- $RWA_{m\u00fck\u00f6d\u00e9si}$  = m\u00fck\u00f6d\u00e9si kock\u00e1zati RWA

A lehets\u00e9ges t\u00f6bbletk\u00f6vetelm\u00e9nyeket (m\u00fck\u00f6d\u00e9si kock\u00e1zatpuffer, rendszerkock\u00e1zati puffer stb.) a modell \u00e1ltal\u00e1nos jellege miatt nem veszem figyelembe. A t\u00f3kek\u00f6vetelm\u00e9nyek \u00e9s kock\u00e1zatok modellez\u00e9se sor\u00e1n figyelembe kell venni, hogy azok számos v\u00e1ltoz\u00f3n (pl. term\u00e9kt\u00edpus, devizanem, partnermin\u00f3s\u00edt\u00e9si kateg\u00f3ria) kereszt\u00fcl \u00f6sszefon\u00f3dnak \u00e9s egyszerre t\u00f6bb kock\u00e1zati kateg\u00f3ri\u00e1ra is hat\u00e1ssal lehetnek.

### Optimaliz\u00e1ci\u00f3s f\u00fcggv\u00e9ny

A fejlesztett modell line\u00e1ris programoz\u00e1s keret\u00e9ben optimaliz\u00e1lja a portf\u00f3li\u00f3 összet\u00e9tel\u00e9t, egyszerre biztos\u00edtva a szab\u00e1lyoz\u00f3i megfelel\u00f6s\u00e9get, a kock\u00e1zatkezel\u00e9si k\u00f6vetelm\u00e9nyeket, valamint a hozam \u00e9s szavatol\u00f3 t\u00f3ke c\u00e9lok teljes\u00fcl\u00e9s\u00e9t. Az al\u00e1bbiakban r\u00e9szletesen ismertetem a c\u00e9lf\u00fcggv\u00e9ny összet\u00e9tel\u00e9t, a figyelembe vett korl\u00e1tokat, valamint a megold\u00e1si elj\u00e1r\u00e1s f\u00f6bb l\u00e9p\u00e9seit.

A portf\u00f3li\u00f3-optimaliz\u00e1ci\u00f3s feladat matematikai le\u00edr\u00e1sa k\u00f6vetkez\u0151 elemekb\u0151l \u00e1ll. Legyen adott egy  $N$  eszk\u00f6zoszt\u00e1lyb\u00f3l \u00e1ll\u00f3 portf\u00f3li\u00f3, ahol

- $x_i \geq 0$  az  $i$ -edik eszk\u00f6zoszt\u00e1lyba fektetett \u00f3sszeg (MrdFt-ban);
- $\mu_i$  az  $i$ -edik eszk\u00f6zoszt\u00e1ly v\u00e1rhat\u00f3 hozama;
- $\sigma_i$  annak sz\u00f3r\u00e1sa (volatilit\u00e1sa);
- $r_i$  a Basel szerinti kock\u00e1zati s\u00fal\u00fd (credit risk weight);
- $v_i$  a VaR-h\u00e1nyados (pl. 1 napos 99 %-os VaR egys\u00e9gnyire vet\u00edtve);
- $q_i$  a szigmoid min\u00f3s\u00e9gi mut\u00e1t\u00f3, amely 0 \u00e9s 1 k\u00f6z\u00f6tti sk\u00e1l\u00e1n \u00e9rt\u00e9keli a min\u00f3s\u00e9get.

A bank teljes kock\u00e1zattal s\u00fal\u00fdozott eszk\u00f6z\u00e1llom\u00e1nya  $R_{tot}$  hitelkock\u00e1zati r\u00e9szb\u0151l \u00e9s egy tov\u00e1bbi r\u00e9szb\u0151l \u00e1ll (partner-, piaci- \u00e9s m\u00fck\u00f6d\u00e9si kock\u00e1zat, ezt

jelölje  $R_{oth}$ ). A hitelkockázati rész a döntési változókból és a rögzített tételekből tevődik össze:

$$R_{credit} = \sum_{i=1}^N r_i x_i + R_{fix}$$

ahol  $R_{fix}$  a tárgyi és egyéb eszközök, illetve a jegybanki betét kockázati hozzájárulása. A Basel-szabályok szerint a Tier 2 tőke a hitelkockázati RWA 1,25%-a, ezért a bank szabályozói tőkéje:

$$C(R_{credit}) = T_1 + 0,0125 \times R_{credit}$$

ahol  $T_1$  a Tier 1 tőke. A tőkemegfelelési mutató

$$CAR = \frac{C(R_{credit})}{R_{credit} + R_{oth}}$$

Ha egy adott  $c$  értékhez (például 8 %) szeretnénk igazítani a CAR-t, a fenti képlet átrendezésével megkapjuk a hitelkockázati RWA-célértéket:

$$R_{credit,target}(c) = \frac{T_1 - c R_{oth}}{c - 0,0125} - R_{fix}$$

Ez az az érték, amit a döntési változókból elő kell állítani ahhoz, hogy a teljes RWA mellett a CAR éppen  $c$  legyen.

### Célfüggvény

A döntési változókra egy többtényezős hasznossági függvényt maximalizálunk, amely a hozamot, a volatilitást és a szavatoló tőke arányt egyaránt figyelembe veszi. A feltöltött kutatási anyagban ez a következő súlyozott összegként szerepel:

$$Z(x) = w_1 \sum_{i=1}^N x_i (\mu_i - \sigma_i) + w_2 \sum_{i=1}^N x_i \frac{\mu_i}{\sigma_i} + w_3 \sum_{i=1}^N x_i q_i$$

ahol  $w_1=0,30$ ,  $w_2= 0,40$ ,  $w_3 = 0,30$ . Az első tag a hozam-szórás különbség (jutalmazza a magas hozamot és bünteti a volatilitást), a második a normalizált Sharpe-mutató, a harmadik pedig a szigmoid minőségi indikátor súlyozott átlaga.

### Korlátok

A változókra az alábbi lineáris korlátokat írjuk elő:

1. Költségvetés:  $\sum_{i=1}^N x_i = B$ , ahol  $B$  a befektetendő összeg

2. RWA-cél:  $\sum_{i=1}^N r_i x_i = R_{credit,target}(c)$ . Ez biztosítja, hogy a hitelkockázati rész pontosan annyi legyen, ami az  $c$  CAR-hez szükséges.
3. Hozam-korlát:  $\sum_{i=1}^N x_i q_i \geq H_0$ , ahol  $H_0$  a kiinduló portfólió várható hozama (vagy annak egy célnál nem kisebb értéke).
4. Var-korlát:  $\sum_{i=1}^N x_i v_i \leq V_0(1 + \gamma)$ , ahol  $V_0$  a kiinduló portfólió VaR-ja és  $\gamma$  a megengedett relatív növekedés (például 0,05 a maximum 5%-os növekedés engedélyezéshez).
5. Diverzifikációs plafon és minimum: minden  $i$ -re

$$m_i \leq \frac{x_i}{B} \leq M_i$$

ahol  $m_i=5\%$  a minimális,  $M_i=40\%$  pedig a maximális portfólióarány.

6. Egyéb strukturális korlátok: fix kitettségek tárgyi és egyéb eszközök beépítése
7. Partnerenkénti 25%-os limit, rendelet szerinti előírás alapján

$$\sum_{i \in P_j} x_i \leq 0,25 \times \sum_{i=1}^n x_i \times \omega_i \quad \forall j \in \{1, \dots, m\}$$

ahol:

$x_i$ : az  $i$ -edik eszközbe kihelyezett összeg (döntési változó)

$\omega_i$ : az  $i$ -edik eszköz kockázati súlya

$m$ : a partnerek száma

$n$ : eszközök száma

### Megoldási eljárás

Mivel a hitelkockázati RWA-t a CAR-céltől függően kell beállítani, érdemes a probléma megoldását lépésenként végezni:

1. Céltérték meghatározása: induljunk az 8%-os tőke megfelelési küszöbnél ( $c = 0,08$ ). Számítsuk ki  $R_{credit,target}(c)$  a fenti formulával, majd oldjuk meg a fenti optimalizációs feladatot. Ha létezik megoldás (azaz a modell „feasible”), akkor ez a legkisebb CAR, amely még teljesíti a VaR-, hozam- és diverzifikációs korlátokat.
2. Iteráció: ha  $c = 0,08$  mellett a feladat nem megoldható, emeljük a célt 8,1%-ra, 8,2%-ra és így tovább 0,1 százalékpontos lépésekben. Minden lépésnél újra kiszámoljuk az RWA-célt, majd megoldjuk az optimalizációs modellt. Az első olyan  $c$  érték, amely mellett van megoldás, lesz a „legkisebb” megvalósítható tőke megfelelési arány.

Ha sem 8-9% között, sem 9% körül nem találunk megoldást, akkor 10%-ra vagy még magasabb értékre kell emelnünk a célt.

3. Az objektív függvény optimalizálása: minden  $c$  értéknél, ha a lineáris korlátok alapján van megoldás, a többtényezős célfüggvény maximalizálásával választjuk ki a számunkra legkedvezőbb portfóliót. A lexikografikus szemlélet szerint először a tőkemegfelelés (CAR) és a VaR-limit teljesítésére koncentrálnak; ha ez sikerül, akkor maximalizáljuk a súlyozott célfüggvényt.

Partnerkockázati korlát: A partnerkockázati kitettség ( $R_{partner}$ ) a portfólió partnereként súlyozott kockázati értékeinek összegeként értelmezhető. A modellben figyelembe vett partnerkockázat révén, a CAR (tőkemegfelelési mutató) célszintjének ( $c$ ) eléréséhez szükséges korlát a következőképpen írható fel:

$$R_{credit} + R_{partner} + R_{oth} \leq \frac{T_1 + 0,0125 \times (R_{credit} + R_{partner})}{c}$$

Átrendezve, a modell optimalizációjához közvetlenül használható lineáris alakot kapunk:

$$(1 - 0,0125/c) \times (R_{credit} + R_{partner}) + R_{oth} \leq \frac{T_1}{c}$$

### 3.5. Optimalizált portfólió

A fejlesztett optimalizációs modell alkalmazásával egy olyan portfólió-összetételt alakítottam ki, amely megfelel a kutatásban kitűzött fő célnak: a portfólió teljesíti a rendeletileg előírt minimális, 8%-os szavatolótőkekövetelményt, miközben minimalizálja a szavatolótőkében lekötött tőke mennyiségét. A cél az volt, hogy a felszabadított tőkét a bank további befektetésekre vagy kihelyezésekre fordíthassa, ezáltal javítva a portfólió jövedelmezőségét. A modellépítés során meghatározó kritériumként kezeltem, hogy az optimalizált portfólió piaci kockázata, amelyet a bank adatai alapján VaR 95%-os mutatójával mértem, érdemben ne változzon az eredeti értékhez képest. Ennek érdekében az optimalizáció során legfeljebb  $\pm 5\%$ -os eltérést engedélyeztem a kiinduló kockázati szinttől. Az eltérés engedélyezésére azért volt szükség, mert a piaci kockázatok becslése tipikusan belső modellek segítségével történik, amelyek eredményei jelentősen különbözhetnek egymástól, továbbá az éves átlaggal történő számítás torzíthatja a napi szinten megjelenő tényleges kockázati változásokat. Az optimalizált portfólió a négy vizsgált kockázati területe közül kettő esetében, hitelkockázat és piaci kockázat, mutatott változást. A partner és működési kockázat a példamban változatlan maradt.

A 3. táblázatban összefoglalásra került a négy kockázati terület kockázattal súlyozott eszközértéke (RWA) A táblázat adatai alapján kiszámítható a tőkemegfelelési mutató. A számítás menete a következőt: először meghatároztam a bank elsődleges (Tier 1) tőkéjét, amely a saját tőke és visszatartott eredmény összege (2 050 MrdFt), de ebből szabályozói előírás szerint le kellett vonni a goodwillt és egyéb immateriális javakat. Így a Tier 1 tőke 1 818 MrdFt lett. A kiegészítő (Tier 2) tőke elemeit az alárendelt kötvények adják, amelyből 400 MrdFt áll rendelkezésre. Ezután összegeztem a hitel-, partner-, piaci és működési kitétségekhez tartozó kockázati súlyozott eszközértékeket, ezek összesítve 27 714,51 MrdFt. Ezzel szemben áll a 2 218 MrdFt-os szavatolótőke (1 818 milliárd Tier 1 + 400 milliárd Tier 2), ami az RWA értékéhez viszonyítva éppen 8 %-os tőkemegfelelési mutatót eredményez. Ezzel az optimalizált portfóliónk megfelel a Basel-szabályokban rögzített kötelező minimumnak.

3. táblázat: Optimalizált portfólió kockázati kitétségek összegzése

Kitétség	Kockázattal súlyozott eszközérték (RWA, MrdFt)	Szavatoló tőke (8%)
Hitelkockázati kitétség	24 401,00	
Partnerkockázati kitétség	270,01	
Piaci kockázati kitétség	2 301,00	
Működési kockázati kitétség	742,50	
RWA összesen	27 714,51	2 218,00

*Forrás: Saját szerkesztés, 2025*

### 3.6. Aktuális és optimalizált portfólió összehasonlítása

A 4. táblázatban az aktuális és az optimalizált portfólió főbb pénzügyi mutatóit foglaltam össze. A táblázat adataiból jól látszik, hogy mindkét esetben a teljes hitel-, készpénz-, befektetési és egyéb kitétségek összege változatlan, 18 605 MrdFt volt. Ez az érték az optimalizáció során tehát nem változott, a modell mindössze az eszközök összetételét módosította. A kockázattal súlyozott eszközérték (RWA) ugyanakkor jelentős mértékben, 15 198,81 MrdFt-ról 27 714,51 MrdFt-ra növekedett az optimalizáció eredményeként. Ez a 12 515,7 MrdFt-os abszolút növekedés (körülbelül 82,3%-os relatív emelkedés) tükrözi, hogy a portfólió átrendeződése során nagyobb kockázati súlyú eszközök kerültek bevonásra a portfólióba. A szavatolótőke abszolút értéke mindkét portfólió esetében változatlanul 2 218 MrdFt maradt. Ezzel szemben, mivel a kockázattal súlyozott eszközérték jelentősen növekedett, a szavatolótőke-mutató (tőkemegfelelési ráta) számottevően csökkent. A kiinduló állapotban 14,59%-ról az optimalizált portfólióban pontosan a rendeleti minimumként meghatározott 8%-ra esett vissza. Ezáltal jelentős mértékű tőkepuffer felszabadítása történt meg,

lehetőséget biztosítva a bank számára további kihelyezések és befektetések megvalósítására. Az éves átlagos hozamot tekintve kedvező változás tapasztalható, a kezdeti 788,20 MrdFt-os szintről az optimalizált portfólióban 1 084,872 MrdFt-ra növekedett a várható hozam. Ez a 296,672 MrdFt-os abszolút növekedés mintegy 37,6%-os relatív emelkedést jelent. Végül a piaci kockázat alakulását vizsgálva látható, hogy az 1 éves időtávon számított, 95%-os biztonsági szinten becsült VaR értéke mérsékelten, 1 370 MrdFt-ról 1 434 MrdFt-ra növekedett. Ez az abszolút értelemben vett 64 MrdFt-os növekedés a teljes kitettség arányában mindössze 0,33 százalékpontos relatív emelkedést jelent (7,37%-ról 7,70%-ra), amely így az előzetesen meghatározott, maximum 5%-os megengedett növekedési plafonon belül maradt. Ez azt mutatja, hogy az optimalizáció során a modell az eredeti portfólió piaci kockázatához képest csak csekély mértékben tért el, összhangban a kitűzött kockázatkezelési kritériummal.

4. táblázat: Aktuális és optimalizált portfólió összehasonlítása

Mutatók	Aktuális portfólió	Optimalizált portfólió
Mérleg szerinti érték (MrdFt)	21 328	21 328
Kockázattal súlyozott eszközérték (RWA, MrdFt)	15 198,81	27 714,51
Szavatoló tőke érték (MrdFT)	2 218	2 218
Szavatoló tőke százalék	14,59%	8%
Átlagos hozam	788,20	1084,872
VaR 95% (1 év) (MrdFT)	1 370	1 434

*Forrás: Saját szerkesztés, 2025*

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK

A következő fejezetben összegzem a disszertáció legfontosabb eredményeit, értékelem, hogy mennyiben sikerült megválaszolni az eredetileg felvetett kutatási kérdéseket és rámutatok azokra a területekre, ahol a kutatás leginkább hozzájárul a meglévő tudományos és módszertani ismeretek bővítéséhez. Külön alfejezetekben tárgyalom a dolgozat által kínált gyakorlati javaslatokat, amelyek a banki döntéshozók számára közvetlenül alkalmazható iránymutatásokat nyújtanak, valamint a pénzügyi szabályozók számára megfogalmazott ajánlásokat, amelyek segíthetik a prudenciális szabályozás hatékonyabbá tételét. Ezt követően részletesen bemutatom a kutatás során tapasztalt korlátokat, amelyek befolyásolhatták az eredmények általánosíthatóságát és ezeket figyelembe véve olyan további kutatási irányokat vázlok fel, amelyek révén a téma még mélyebben feltárható. A fejezet zárásaként röviden összegzem a kutatás legfontosabb tanulságait, kiemelve ezek jelentőségét a tudományos közösség és a gyakorlati szakemberek számára egyaránt

### 4.1. A kutatás kutatási kérdések megválaszolása

A kutatás központi célja egy olyan szavatolótőke-optimalizációs modell kidolgozása és empirikus validálása volt, amely determinisztikus lineáris programozás révén támogatja a bankok tőkemenedzsmentjét. A modell nem a kockázattal súlyozott eszközérték (RWA) minimalizálására összpontosított, hanem kifejezetten arra, hogy minimalizálja a szabályozási megfelelésből adódó többlettőkét, miközben a bank tényleges gazdasági kockázati profilját változatlanul hagyja. A modell biztosítja, hogy a bank teljesítse a CRR prudenciális előírásait, és megfelelően fedezze a hitel-, piaci, partner- és működési kockázati kitétségeit a tőkeallokációban. A modell validációját egy szintetikus adatokkal reprezentált, közepes méretű, belga székhelyű bank esettanulmánya biztosította, amely kvalitatív interjúkon alapuló egyedi esetelemzési megközelítést alkalmazott.

Az esettanulmány eredményei szerint a bank a jelenlegi szabályozási minimum feletti tőkepufferének jelentős részét felszabadíthatja a kidolgozott modell segítségével. A vizsgált intézmény prudenciális mutatói már eredetileg is teljesítették a minimális szabályozói követelményeket, azonban indokolatlanul magas többlettőke állt rendelkezésre. A lineáris programozási modell optimális megoldása alapján megállapítható, hogy a szabályozási megfelelésből adódó többlettőke jelentős mértékben, mintegy 12,5157 milliárd forinttal mérsékelhető. Ez a felszabadítás a bank tőkemegfelelési mutatóját az eredeti 14,59%-os szintről a rendeletileg előírt minimális 8%-os szintre csökkentette, ugyanakkor semmilyen prudenciális mutató teljesítését nem veszélyeztette. Az optimalizált portfólió révén felszabaduló többlettőke

lehetőséget teremt arra, hogy a bank újabb kihelyezéseket és befektetéseket valósítson meg, így javítva eredményességét anélkül, hogy lényegesen megnövelné piaci kockázatát.

Kulcsfontosságú megállapítás, hogy a modell által elért tőkeoptimalizáció nem növeli a tényleges gazdasági kockázatokat, és nem rontja a bank kockázati profilját. A modell optimális megoldása minden releváns prudenciális előírásnak megfelelt, biztosítva a szabályozási megfelelést a hitel-, piaci-, partner- és működési kockázatok vonatkozásában. Különösen hangsúlyozható, hogy a piaci kockázati fedezettség változatlan maradt, ezáltal a bank kereskedési könyvi és egyéb piaci kitettségei sem váltak sérülékenyebbé. Az eredmények alapján a szabályozási keretek adta mozgástér kihasználásával javítható a tőkeallokáció hatékonysága anélkül, hogy veszélybe kerülne a pénzügyi stabilitás.

A fentiek alapján megválaszolásra kerültek a kutatás aktualizált kérdései:

- Kialakításra került egy integrált szavatolótőke-optimalizációs modell, amely a prudenciális előírások mellett képes figyelembe venni a szabályozási és valós kockázatok eltéréseit.
- A kidolgozott empirikusan megalapozott kvantitatív modell általánosan érvényes portfólió-optimalizálási keretet biztosít, amely alkalmazható banki tőkeallokációban.
- A modell matematikai felépítése egységesen kezeli a CRR előírásokat és a valós gazdasági kockázatokból eredő kihívásokat, transzparens, auditálható módszertani keretet nyújtva.
- Az esettanulmány szerint a modell jelentősen csökkentheti a szabályozási többlettőke mértékét, anélkül, hogy növekedne a bank tényleges kockázati szintje.
- A kidolgozott célfüggvény empirikusan megalapozott módon biztosítja a szavatolótőke minimalizálását, figyelembe véve a szabályozási és valós piaci kockázatok közötti különbségeket, így növelve a banki tőkehatékonyságot és profitabilitást.

Az eredmények alátámasztják a fő hipotézist, miszerint determinisztikus modellezéssel kimutatható a banki tőkepufferek racionalizálási potenciálja. Fontos hangsúlyozni, hogy a modell által feltárt optimalizációs potenciál az adott bank specifikus helyzetére érvényes, ugyanakkor a módszertan más intézmények sajátosságaihoz is adaptálható.

Az interjúk során kapott kvalitatív visszajelzések is megerősítették, hogy a banki portfólió tudatos átstrukturálásával, például fedezetpolitika módosításával, illetve belső kockázati paraméterek (PD, LGD) finomhangolásával, jelentősen csökkenthető a szabályozási többlettőke, amely közvetlenül tükröződik az RWA alakulásában.

## 4.2. Tudományos és módszertani hozzájárulások

A disszertáció több fontos tudományos és módszertani hozzájárulást tesz a banki tőkemenedzsment és pénzügyi optimalizáció szakirodalmához.

A kutatás során kifejlesztésre került egy innovatív determinisztikus lineáris programozási modell, amely integrált módon kezeli a banki kockázati kitétségeket és a prudenciális tőkekövetelményeket. A modell jelentős újdonsága, hogy a szabályozási megfelelésekből eredő többlettőkét minimalizálja, miközben változatlanul hagyja a bank tényleges gazdasági kockázati profilját. Ez a holisztikus megközelítés újszerű perspektívát kínál a tudományos diskurzus számára, igazolva, hogy a klasszikus tőkeallokációs kihívások egzakt optimalizációs módszerekkel kezelhetőek.

A dolgozat empirikus esettanulmánya bizonyítékot szolgáltat arra, hogy egy tipikus európai közepes méretű bank számára jelentős tőkefelszabadítás valósítható meg anélkül, hogy ez bármilyen prudenciális mutató romlását okozná. Eredményeim rávilágítanak, hogy a bank által tartott túlzott tőkepuffer egy része racionálisan átcsoportosítható, amivel egyszerre teljesíthetők a prudenciális előírások és javítható a bank profitabilitása.

Módszertani szempontból a disszertáció kombinálja a kvantitatív modellezést és a kvalitatív esettanulmányt. A lineáris programozás precizitását kiegészítik a szakértői interjúk révén szerzett gyakorlati tapasztalatok, ami a pénzügyi modellezés területén ritka, innovatív kombináció. Ez a metodikai hozzájárulás bemutatja, hogyan lehet a szakértői véleményeket a modell kialakításába és az eredmények értelmezésébe integrálni. Ezáltal a kutatás hidat képez az elméleti optimalizációs megközelítés és a banki gyakorlat között.

A kifejlesztett modell gyakorlati relevanciával is bír, mivel transzparens, auditálható döntéstámogatási eszközt kínál a banki menedzsment számára. A modell outputjai egyértelműen azonosítják a túlzottan tőkeigényes portfólióelemeket, és konkrét iránymutatásokat adnak a tőkehatékonyság javításához. A modell egyszerűsége és számítási hatékonysága lehetővé teszi szélesebb körű alkalmazását akár kisebb pénzügyintézetek esetében is.

A kutatás eredményei a prudenciális szabályozásról szóló vitákhoz is hozzájárulnak, hangsúlyozva, hogy a szabályozási keretrendszerek adta mozgástér kihasználásával növelhető a bankok ellenállóképessége. A modell által javasolt optimalizált tőkeelosztás elősegítheti a hatékonyabb makrogazdasági forrásallokációt is. E megközelítés révén a dolgozat új perspektívákat kínálhat a szabályozók számára a tőkekövetelmények finomhangolásához, ösztönözve a bankokat a kockázatarányos tőkeallokáció és hatékonyabb kockázatkezelési gyakorlatok alkalmazására.

### 4.3. Gyakorlati ajánlások bankmenedzsment számára

A kutatás eredményei alapján több konkrét pénzügyi és stratégiai ajánlás fogalmazható meg a banki menedzsment számára, amelyek támogatják a szavatolótőke hatékonyabb kezelését, ezáltal jelentősen növelve a bank jövedelmezőségét. Elsőként kiemelendő, hogy célszerű egy folyamatos, rendszeres tőkeallokáció-felülvizsgálati folyamatot kialakítani, amelyben a kutatás során kifejlesztett optimalizációs modell logikája rendszeresen alkalmazásra kerül. A modell eredményei szerint a bank jelentős tőkefelszabadítást érhet el, amelynek következtében akár több milliárd forintnyi többletjövedelmet is realizálhat évente anélkül, hogy a prudenciális tőkekövetelményeket megsértené.

A modell segítségével konkrétan azonosíthatók azok az eszközportfólióelemek, amelyek alacsonyabb hatékonysággal vagy túlzottan nagy tőkeigénnyel működnek, így ezek átrendezésével az intézmény csökkenteni tudja kockázattal súlyozott eszközértékét (RWA). Stratégiai szinten javasolt növelni az alacsonyabb kockázati súlyú, megfelelően fedezett eszközök, mint például a lakáshitelek és állampapírok arányát, és csökkenteni a magas tőkeigényű, fedezetlen vállalati hitelek és egyéb kockázatos eszközök arányát. Az optimalizált eszközstruktúra révén felszabaduló többlettőke produktív befektetésekre fordítható, ami közvetlenül hozzájárul a bank profitabilitásának növekedéséhez.

Emellett hangsúlyos ajánlasként jelenik meg a bank fedezetpolitikájának aktív és célzott felülvizsgálata is. A kutatás eredményei egyértelműen kimutatták, hogy a magasabb minőségű vagy nagyobb értékű fedezetek alkalmazásával csökkenthető a kockázati súly, javítva ezzel a tőkemegfelelési mutatókat, és növelve a tőke megtérülési rátáját. Ezzel párhuzamosan a szakmai kompetenciák és technológiai infrastruktúra fejlesztése is fontos prioritásként szerepel, beleértve szakértői továbbképzéseket, valamint modern fintech megoldások bevezetését a bank napi működésébe.

Bár a modell technikailag minimalizálja a szavatolótőkét, körültekintően kell eljárni annak gyakorlati alkalmazása során. Nem ajánlott a teljes tőkepuffer felszámolása, hanem célszerű egy optimalizált, stressztesztekkel validált tartalék fenntartása. Így a bank képes minimalizálni a tőkelekötést normál működés közben, miközben megőrzi rugalmasságát és pénzügyi stabilitását esetleges váratlan piaci sokkok esetén is.

Az ajánlások következetes alkalmazásával a modell szerint elért hatékonyabb tőkeallokáció évente akár több milliárd forintos többletprofit realizálását teszi lehetővé, stratégiai versenyelőnyként javítva a bank működési hatékonyságát és hosszú távú pénzügyi teljesítményét.

#### 4.4. A kutatás korlátai

A dolgozat fő empirikus alapja egy egyedi esettanulmány, amely egy közepes méretű belga bank adataira épül. Ez a fókusz lehetővé tette a modell részletes bemutatását és a koncepció mélyreható vizsgálatát, ugyanakkor korlátozza az eredmények általánosíthatóságát. Nem biztos, hogy a levont következtetések egy az egyben alkalmazhatók minden bankra, például egy globális nagybank vagy egy specializált pénzügyintézet (pl. jelzálogbank) esetében eltérő lehet a tőkestruktúra és a mozgástér. A kutatás tehát inkább demonstratív jellegű és a bemutatott modell teljesítményét más környezetekben is tesztelni kell ahhoz, hogy általános érvényű következtetéseket tehesünk. Továbbá a felhasznált adatok korlátozott mértékben álltak rendelkezésre és anonimizáltak voltak. Bár az adatkészletet igyekeztem valószerűen kalibrálni, előfordulhatnak olyan reális anomáliák vagy összefüggések, amelyeket nem sikerült megfelelően feltárni. Ez a körülmény korlátozza a modell validációját, a bemutatott eredmények elsősorban a modell belső logikájának helytállóságát demonstrálják, de további tesztelés kell, hogy éles, más banki adatokon is ugyanez a hatás jelentkezne. A modell pontosságát és gyakorlati megbízhatóságát érdemes további adatokkal is ellenőrizni a jövőben.

Determinista és statikus megközelítésből is számos korlát adódik. A modellezés során egy determinista, statikus keretrendszert alkalmaztam. Ez azt jelenti, hogy a modell nem veszi figyelembe a jövőbeni bizonytalanságokat, a makrogazdasági változókat vagy a banki viselkedés dinamikáját. A lineáris programozás adott időpillanatra optimalizálja a tőkeszerkezetet, feltételezve, hogy minden bemenő paraméter fix. A valóságban azonban a kockázati paraméterek (pl. hitelportfólió minősége, piaci volatilitás) időben változnak és a banki tőkeszint tervezése egy dinamikus probléma. A determinisztikus modell nem tudja közvetlenül kezelni például a stresszhelyzeteket vagy a ciklikus hatásokat, az anticiklikus tőkepuffer működése, a recessziók alatti veszteségnövekedés kívül esnek a modell keretein. Ez a korlát arra utal, hogy a jelenlegi modell inkább rövid távú, taktikai optimalizációra alkalmas, és nem váltja ki a hosszú távú stratégiai tervezést vagy a stressztesztek szükségességét. Ezen kívül számos egyszerűsítést alkalmaztam a modell építés során. A lineáris programozási modell megalkotása során bizonyos egyszerűsítő feltételezéseket kellett tenni. Feltételeztem például a különböző kockázati tényezők lineáris additivitását a tőkeszükséglet szempontjából, valamint azt, hogy a portfólió-átrendezés közvetlenül és költségmentesen megvalósítható. A valóságban lehetnek nemlineáris hatások (pl. méretgazdaságosság, portfólió-diverzifikációs határhaszon) és tranzakciós költségek vagy piaci hatások (egy nagy eszközadás lenyomhatja az árakat) is, amelyeket a modell nem

kezel. Továbbá a modell a szabályozói tőkekövetelményekre koncentrált és nem integrálta expliciten a profitabilitási szempontokat (bár közvetve a hozam/kockázat arány megjelent). Ezek az egyszerűsítések a modell áttekinthetőségét és számítási kezelhetőségét növelték, de egyúttal korlátozzák a realizmusát. Ezt szem előtt kell tartani az eredmények értelmezésekor.

A kutatás egyik erőssége a kvalitatív interjúk bevonása volt, ugyanakkor ezeket az interjúkat főként a háttér megértésére és a modell kialakításának támogatására használtam, nem pedig formális hipotézisek tesztelésére. A kvalitatív megállapítások és a kvantitatív eredmények összevetése leíró jellegű volt, nem pedig statisztikailag alátámasztott. Ebből adódóan a különböző súlyértékek nem statisztikailag igazoltak, viszont modellépítésként elfogadható. A dolgozat nem vizsgálta például, hogy a menedzsment valószínűleg hogyan reagálna a modell javaslataira, vagy milyen szervezeti tényezők befolyásolják a tőkeoptimalizáció gyakorlati megvalósítását. Ez a korlát azt jelenti, hogy a modell által mutatott elvi lehetőség és a gyakorlati implementáció között lehetnek további kihívások (pl. kockázati kultúra, informatikai rendszerek, szabályozói jóváhagyás), amelyek a jelen kutatásban nem kerültek feltárára. A kidolgozott optimalizációs modell alkalmas a banki stratégiai szempontok figyelembevételére, azonban ezen szempontok maradéktalan integrálásához a modell feltételrendszerének és korlátozó tényezőinek további átgondolása és finomhangolása szükséges. A stratégiai szempontokat a jelenlegi fejlesztési fázisban még nem építettem be, ugyanakkor ezek tesztelésével a modell tovább pontosítható és gyakorlati alkalmazhatósága is jelentős mértékben javítható lenne. Ezen kívül az RWA számítás mellé számos egyéb piaci kockázatot mérő pénzügyi-matematikai mutatószám bevonható lenne, sőt az RWA-nak a pontosítása módszertani szempontból ezáltal csökkentve a mutatószám által gyakorolt szubjektív hatást. Kutatásom egyik legfőbb korlátja a banki egyedi stratégiák beépítése a rendszerbe, de ezen beépítés már egy egyszerűen megoldható elméleti matematikai kihívást jelent csak.

## 5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az értekezés keretében öt kiemelkedő, új tudományos eredményt értem el a banki tőkeallokáció optimalizálása terén. Ezek az eredmények egymással összefüggő módon járulnak hozzá a pénzügyi intézmények szavatolótőke-menedzsmentjének fejlesztéséhez, integrálva a szabályozói, kockázati és stratégiai szempontokat. Az alábbiakban részletesen bemutatom mind az öt fő eredményt, hangsúlyozva azok újszerű hozzájárulását és gyakorlati jelentőségét.

### **5.1. Létrehoztam egy általános érvényűen alkalmazható determinisztikus lineáris programozási modellt a szavatoló tőke optimalizálása céljából**

A kidolgozott determinisztikus lineáris programozási modell egyik kulcsfontosságú újdonsága, hogy képes hatékonyan kezelni a valós piaci kockázatokat tükröző VaR-alapú mérőszámok és a Basel-szabályok szerint kalkulált RWA-alapú kockázati súlyok közötti különbségből fakadó hozam-maximalizálási problémát. Ez a megközelítés lehetővé teszi a bankok számára, hogy optimálisan kihasználják a tényleges piaci kockázataik és a szabályozói kockázati értékek közötti eltéréseket, ezzel jelentősen növelve jövedelmezőségüket anélkül, hogy veszélyeztetnék a prudenciális megfelelést. A modell keretrendszerében a négy fő kockázati típus – hitel-, piaci-, partner- és működési kockázat – integrált módon kerül kezelésre, amely biztosítja, hogy a bank vállalati szintű tőkeallokációja optimálisan reflektáljon a tényleges kockázati profiljára. A modell explicit lineáris korlátozó feltételei közvetlenül tartalmazzák a CRR szabályozás előírásait, mint például a minimálisan szükséges CET1 rátát, teljes tőkemutatót, tőkeáttételi mutatót, valamint egyéb prudenciális limiteket, így biztosítva, hogy minden optimalizált megoldás automatikusan megfeleljen a szabályozói követelményeknek.

A célfüggvény konstrukciója kifejezetten a hozam-kockázat egyensúly maximalizálására irányul, amely figyelembe veszi a bank pénzügyi teljesítményének mutatóit (például a várható hozam, szórás, Sharpe-mutató), a szabályozói megfelelési kötelezettségeket (például a tőkekövetelmények nem teljesítésének implicit költségeit), valamint a bank stratégiai prioritásait is. Az egyes kockázati típusok tőkeszükséglete numerikusan becsülhető a CRR által előírt módszertanok szerint, és ezek explicit módon épülnek be a modell korlátozó feltételeibe. A kidolgozott modell tudományos szempontból jelentős előrelépést jelent, mivel korábban nem állt rendelkezésre olyan átfogó lineáris optimalizációs eszköz, amely komplex módon kezelné a bankok különböző kockázati elemeit, és amely egyúttal képes lenne kiaknázni a VaR és az RWA-alapú megközelítések közötti

különbségekben rejlő profitabilitási potenciált. A bemutatott módszertani keret ezért nem csupán új tudományos eredmény, hanem közvetlen gyakorlati alkalmazhatósággal is bír a banki tőkeallokáció hatékonyságának javításában, biztosítva a prudenciális szabályozói megfelelést és a rendelkezésre álló tőke maximális kihasználását.

## **5.2. Vezetői és kockázatértékelési preferenciák szigmoid modellje és integrálása a célfüggvénybe**

A kutatás során feltárt vezetői preferenciák és kvalitatív kockázatértékelési szempontok matematikai modellezésére egy normalizált szigmoid függvényt alkalmaztam, amely lehetővé teszi a döntéshozók nemlineáris értékelési mechanizmusainak pontos leképezését. A kvalitatív interjúk során gyűjtött információk rámutattak, hogy bizonyos minőségi kritériumok – például befektetési döntések stratégiai illeszkedése, reputációs kockázatok, vagy partnerek megbízhatósága – jelentősen befolyásolják a banki döntéseket, ám ezek a tényezők nem lineárisan, hanem bizonyos érzékenységi küszöbökkel és telítődési pontokkal jellemezhetők.

Mivel ezen szempontoknak nincs egyértelmű numerikus skálája, hagyományos lineáris súlyozásuk torzításokat vagy információvesztést eredményezne. Ennek a problémának a megoldására a szigmoid transzformáció segítségével normalizáltam ezeket a minőségi kritériumokat, skálájukat 0 és 1 közé szorítva, ami lehetővé tette az értékek finom differenciálását, különösen a középértékek tartományában. A szigmoid függvény meredeksége jól tükrözi, hogy egy adott kritérium bizonyos küszöbértékek felett vagy alatt hogyan módosítja drasztikusan a döntéshozói preferenciákat.

Ezt a nemlineáris elemet integráltam a modell célfüggvényébe, amely így egy többkomponensű értékelési függvényre alakult. A kvalitatív szigmoid transzformált indikátor mintegy 30%-os súllyal szerepel a célfüggvényben, tükrözve az interjúk során meghatározott jelentőségét, míg a fennmaradó részt a hagyományos pénzügyi mutatók (például hozam- és kockázati mérőszámok) alkotják. Ezáltal a modell újszerű módon képes összekapcsolni a kvalitatív szakértői ítéleteket a kvantitatív optimalizációval, hatékonyan kezelve a döntési preferenciák nemlineáris jellemzőit.

A szigmoid függvény alkalmazásával a modell pontosan reprezentálja a preferenciák változását, így a döntéshozói magatartást hitelesebben képezi le. A döntéshozók értékelési küszöbeit és telítődési pontjait strukturált formában integráltam a célfüggvénybe, megteremtve a lineáris optimalizáció és a kvalitatív szempontok közötti kapcsolatot. Ez a megoldás jelentős tudományos és módszertani hozzájárulás, mivel a hagyományos tőkeallokációs modellek nem alkalmaznak hasonló, matematikailag

megalapozott formában kvalitatív elemeket. A szigmoid-alapú célfüggvény így elősegíti, hogy a banki tőkeallokáció a gyakorlatban is pontosabban és érzékenyebben tükrözze a valódi vezetői döntéshozatalt.

### **5.3. A prudenciális korlátok lineáris modellezhetőségének igazolása**

A kutatás során részletesen bemutattam, hogy a banki prudenciális szabályozás szigorú előírásai, beleértve a CRR és a Basel III/IV keretrendszer által meghatározott tőkekövetelményeket, olyan szűk és jól körülhatárolt döntési teret hoznak létre, amely determinisztikus lineáris programozási modell keretében pontosan és teljes körűen kezelhető. Az olyan előírások, mint a minimális tőkemegfelelési mutatók, a különböző tőkeszint-korlátok, a likviditási követelmények és a nagy kitétségi limitek, mind matematikailag lineáris egyenlőtlenségként fejezhetők ki, ami lehetővé teszi, hogy a banki tőkeallokáció optimalizációját egyszerű, de rendkívül hatékony módszertani keretben oldjuk meg.

A célfüggvény ebben a modellben a bank teljesítményének mérhető komponenseit fogja össze, így a hozamok, kockázati mutatók és tőkekövetelmények lineáris kombinációjaként írható fel. Ez a megközelítés biztosítja, hogy az optimalizáció eredménye ne csak elméleti szinten, hanem a gyakorlatban is jól értelmezhető legyen. Nincs szükség bonyolult sztochasztikus vagy nemlineáris optimalizációs eljárásokra ahhoz, hogy a modell megfeleljen a valós banki működés elvárásainak. Tudományos újdonságként sikerült igazolni, hogy a determinisztikus lineáris keretek teljes mértékben elegendőek a prudenciális megfelelés biztosításához, miközben lehetőséget adnak az optimális megoldások szisztematikus feltárására. Ez a felismerés fontos lépést jelent a banki tőkeallokáció matematikai megalapozásában, mivel megmutatja, hogy a szabályozói előírások által teremtett szűk mozgástér nem korlátot, hanem egyben lehetőséget is jelent a modellezés pontosabbá tételére.

### **5.4. A determinisztikus lineáris megközelítés gyakorlati előnyeinek bizonyítása**

A determinisztikus lineáris programozás nem csupán a leegyszerűsítés eszköze, hanem olyan tudatosan megválasztott és célszerű módszertan, amely számos gyakorlati előnnyel jár. A lineáris modellek alkalmazásának egyik legnagyobb értéke abban rejlik, hogy átláthatóak, auditálhatóak és könnyen interpretálhatóak. Ezáltal olyan döntéstámogató keretet biztosítanak, amelyet a bank belső ellenőrzése, a felügyeleti hatóságok és a felsővezetés egyaránt képes közvetlenül hasznosítani. A lineáris modell által előállított eredmények gyorsan futtathatók, reprodukálhatóak és stabilan beépíthetők a vezetőségi döntéshozatal folyamatába, ami jelentős előnyt

biztosít a banki működésben. Az optimalizáció eredményei transzparenssek, nyomon követhetők, és minden érintett számára világosan kommunikálhatók, ezáltal erősítik a bank működésének hitelességét és ellenőrizhetőségét. A kutatás eredményei egyértelműen rávilágítanak arra, hogy a pénzügyi optimalizációs problémák esetében sokszor nem a legösszetettebb, hanem éppen az egyszerűbb, determinisztikus keretek vezetnek megbízhatóbb, értelmezhetőbb és gyakorlatban is alkalmazhatóbb eredményekhez. Ez a felismerés jelentős módszertani és gyakorlati hozzájárulást jelent a banki tőkeallokációs modellezésben. A determinisztikus lineáris optimalizáció lehetővé teszi, hogy a banki döntéshozatal gyors, pontos és szabályozói szempontból is megfelelő eredményekre épüljön. Tudományos bizonyítékkal szolgál arra, hogy a prudenciális szabályozói korlátok mellett alkalmazott lineáris programozás képes kellően precíz és döntéstámogató megoldásokat nyújtani, miközben erősíti a banki gyakorlat átláthatóságát és megbízhatóságát. Ezáltal a modell nemcsak elméleti eszközként, hanem valódi menedzsmenttámogató rendszerként is értelmezhető, amely hosszú távon hozzájárulhat a pénzügyi stabilitás fenntartásához és a banki versenyképesség növeléséhez.

### **5.5. Esettanulmányon keresztül bizonyítottam, hogy a modell képes jelentős mértékű tőkepuffer-felszabadításra úgy, hogy közben a bank maradéktalanul megfelel a szigorú szabályozói követelményeknek és nem növeli a kockázatát.**

A disszertáció során egy belga bank adataira épülő esettanulmány segítségével empirikusan validáltam a kidolgozott modellt, igazolva annak gyakorlati alkalmazhatóságát és hatékonyságát. Az esettanulmány során bebizonyítottam, hogy a modell képes jelentős mértékű tőkepuffer-felszabadításra úgy, hogy közben a bank maradéktalanul megfelel a szigorú szabályozói követelményeknek és nem növeli a valós kockázatát. Az esettanulmány során bemutatott konkrét számítások szerint a modell által optimalizált portfólió mellett a bank tőkemegfelelési mutatói javultak vagy változatlanul a szabályozói előírások felett maradtak, miközben jelentős mennyiségű tőkét sikerült felszabadítani a kezdeti állapothoz képest. Ez a gyakorlatban két fontos előnyt eredményezett: egyrészt a felszabadult tőke hatékonyabb, jövedelmezőbb üzleti tevékenységekbe történő átcsoportosítása révén javult a bank profitabilitása, másrészt kiegyensúlyozottabb lett a bank kockázati profilja, mivel a modell optimalizált kockázatmegosztást alakított ki a különböző üzletágak között.

Fontos kiemelni, hogy az optimalizáció teljes mértékben megfelel a Basel III/IV és a CRR előírásoknak, így nemcsak a szabályozói megfelelés biztosított, hanem a felügyeleti elvárásoknak is teljes mértékben megfelel. Ez a negyedik fő eredmény egyértelműen igazolja, hogy a kidolgozott

módszer működőképes és valódi pénzügyi intézményeknél is jelentős értéket képes teremteni. A modell alkalmazásával optimalizált tőkeszerkezet növeli a bank hatékonyságát anélkül, hogy veszélyeztetné annak stabilitását.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A bankrendszer működése napjainkban egyszerre függ a globális pénzügyi stabilitást biztosító szabályozói keretektől és a piaci versenyképességet meghatározó hatékonysági követelményektől. A válságok tapasztalatai nyomán megszilárdult prudenciális előírások, különösen a CRR-rendeletben meghatározott tőke megfelelési normák, minden hitelintézet számára kötelezően kijelölik a működés minimális biztonsági feltételeit. Ezzel párhuzamosan azonban a pénzügyi piacok globalizálódása és a hozamelvárások folyamatos emelkedése olyan nyomást gyakorol, amely a tőkeforrások hatékonyabb felhasználását követeli meg. Ezen kettős kihívás miatt tartottam szükségesnek egy olyan kutatás megvalósítását, amely a szavatolótőkét nemcsak szabályozói kötelezettségként, hanem stratégiai erőforrásként kezeli. Ezen kérdés megoldása érdekében egy determinisztikus, lineáris optimalizációs modellt dolgoztam ki, amely képes egyszerre figyelembe venni a szabályozói megfelelés, a kockázati kitettségek és a banki stratégiai célok szempontjait. A modell megalapozásához részletesen elemeztem a prudenciális szabályozást, és nyolc félig strukturált interjút készítettem banki vezetőkkel és kockázatkezelőkkel. Az így nyert tapasztalatokat beépítettem a modell célfüggvényébe és korlátrendszerébe, hogy a szabályozói normák és a piaci logika által kijelölt szempontok koherens módon integrálódjanak.

A gyakorlati alkalmazhatóság vizsgálatára egy európai, közepes méretű bank adatain történő tesztelést választottam. A kiinduló állapotban a teljes kockázattal súlyozott eszközérték 15 198,81 milliárd forint volt, amely 2 218 milliárd forintos szavatolótökével 14,59 százalékos tőke megfelelési mutatót eredményezett. Ez a szint a szabályozói minimum felett helyezkedett el, jelezve a túlméretezett tőkepuffert. A modell segítségével olyan optimális portfólió-összetételt azonosítottam, amely a tőke megfelelési mutatót pontosan a rendeleti minimumhoz közelítette, miközben a kockázattal súlyozott eszközérték 27 714,51 milliárd forintra nőtt. Ezzel párhuzamosan az éves várható hozam 788,20 milliárd forintról 1 084,87 milliárd forintra emelkedett, míg a VaR95% csak mérsékelten változott, 1 370 milliárd forintról 1 434 milliárd forintra. Ezek az eredmények azt mutatták, hogy a szabályozás által meghatározott biztonsági küszöbök megtartása mellett is lehetséges jelentős hozamnövekedést elérni a tőkehatékonyabb portfólió-összetétel révén.

A modell érvényességét többlépcsős vizsgálattal ellenőriztem. A korlátrendszer matematikai konzisztenciája biztosította a belső koherenciát, érzékenységvizsgálatok mutatták ki a kulcsparaméterek robusztusságát, az esettanulmány pedig empirikusan igazolta, hogy a döntési változók mögött

tényleges pénzügyi folyamatok állnak. Mindez megerősített abban, hogy a modell stabil, reprodukálható és a gyakorlatban is alkalmazható.

Végül arra a következtetésre jutottam, hogy a szavatolótőke nem kizárólag a szabályozói megfelelés biztosítója, hanem olyan stratégiai erőforrás, amelynek célszerű allokációja a bank hosszú távú stabilitásának és versenyképességének záloga. Kutatásom hozzájárulása abban ragadható meg, hogy hidat teremt a prudenciális szabályozás és a piaci teljesítménykövetelmények között, miközben gyakorlati döntéstámogató keretet kínál a banki gyakorlat számára. Úgy vélem, a modell továbbfejlesztésének legfontosabb iránya a dinamikus, stressz-szenáriókon alapuló validáció lehet, amely még inkább megerősítheti a pénzügyi intézmények alkalmazkodóképességét a jövőbeli kihívásokkal szemben.

## 7. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

### *Folyóirat Cikk*

1. NEMÉNYI, M. – BOUKHCIM, R. – SZABÓ, T. – THALMEINER, G. (2025) Solvency capital and its theoretical impact on investment bank operations. In: *Controller Info* (megjelenés alatt)
2. NEMÉNYI, M. – THALMEINER, G. – ZÉMAN Z. (2025) Innovative quality management approaches to increase bank capital efficiency In: *Magyar Minőség* (megjelenés alatt)
3. SZABÓ, T. – GÁSPÁR, B. – NEMÉNYI, M. – GÁSPÁR, S. (2024) Lean controlling rendszer vizsgálata egy multinacionális szolgáltató vállalat működésében In: *Controller Info* 17-21., 5 p.
4. SUHAJDA, Á. – NEMÉNYI, M. – TÓTH, M. (2020) Challenges and application opportunities of optical character recognition using multilayer perceptron models in the accounting domain In: *Economics & Working Capital* 2–7., 6 p.
5. CZIRKUS, L. – NEMÉNYI, M. (2020) The power requirement of the Bitcoin network In: *Economics & Working Capital* 58–61., 4 p.
6. SUHAJDA, Á. – TÓTH, M. – NEMÉNYI, M. (2020) Mesterséges neurális hálók alkalmazása magas frekvenciás audit fókuszú szakértői rendszerekben In: *Controller Info* 2–5., 4 p.
7. NEMÉNYI, M. (2005) A beszerzés megítélése a magyar vállalati gyakorlatban. Budapest, Magyarország: Budapesti Corvinus Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet, 31 p.
8. NEMÉNYI, M. (2005) Közbeszerzés – számokban In: Tátrai, T. (szerk.) *A közbeszerzés gyakorlata. Szakértők útmutatói ajánlatkérőknek és ajánlattevőknek* Paper: III/1, 28 p.
9. TÁTRAI, T. – CSÁKI, A. – NEMÉNYI, M. (2005) E-beszerzés, versenyképesség kutatás: munkaanyag.
10. TÁTRAI, T. – NEMÉNYI, M. (2005) Új trendek a közbeszerzésben. Budapest, Magyarország: Budapesti Corvinus Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet, 29 p.

### *Konferencia kiadvány vagy konferenciaközlemény*

1. SZABÓ, T. – NEMÉNYI, M. – BENCE, V. – THALMEINER, G. (2025) A szavatoló tőke mértékének meghatározási lehetőségei a modern bank gyakorlatban. In: *Koncz, I.; Szova, I. (szerk.) A jövő felé vezető újabb tudományos lépcsőfokok: A PEME XXIX. Nemzetközi PhD-konferencia előadásai. Budapest, Professzorok az Európai Magyarországiért Egyesület* 313–322., 10 p.

2. **NEMÉNYI, M.** – BOUKHCIM, R. – THALMEINER, G. – ZÉMAN, Z. (2025) Theoretical approach of capital adequacy in investment bank: regulation, risk and management. In: *Žufan, P. (ed.) 13th International Conference on Management: Circular & Digital – Managing for a Sustainable Future*. Brno: Mendel University in Brno 96–98., 3 p.
3. **NEMÉNYI, M.** (2020) A digitalizáció várható hatása a magyar bankszektor munkaerő igényére In: *Közgazdász Doktoranduszok és Kutatók VI. Nemzetközi Téli Konferenciája: Konferenciakötet* 259–266., 8 p.
4. **NEMÉNYI, M.** (2020) Expectations regarding the effects of the digitalization on the Hungarian banking sector In: *VI. International Winter Conference of Economics PhD Students and Researchers: Conference Proceedings* 158–164., 7 p.
5. **NEMÉNYI, M.** – CZIRKUS, L. – GÁSPÁR, S. (2019) Fintech companies and banks – encounter of two different market structures in Hungary In: *Economics & Working Capital* 13–22., 10 p.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

1. BERGER, A. N., & BOUWMAN, C. H. S. (2013). How does capital affect bank performance during financial crises? *Journal of Financial Economics*, 109(1), 146-176.
2. BÖHNKE, P., DÜLLMANN, K., & ZIGRAIOVA, D. (2023). Back to the roots of internal credit risk models: Does risk explain why banks' risk-weighted asset levels converge over time? *Journal of Banking & Finance*, 156, 106748.
3. EISENHARDT, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550.
4. EURÓPAI PARLAMENT ÉS TANÁCS. (2013). Az Európai Parlament és a Tanács 575/2013/EU rendelete (2013. június 26.) a hitelintézetekre és befektetési vállalkozásokra vonatkozó prudenciális követelményekről és a 648/2012/EU rendelet módosításáról (egységes szerkezetbe foglalt változat: 2025.01.01.).
5. FERRI, G., & PESIC, V. (2017). Bank regulatory arbitrage via risk-weighted assets dispersion. *Journal of Financial Stability*, 33, 331-345.
6. HILLIER, F. S., & LIEBERMAN, G. J. (2015). *Introduction to Operations Research*. 10th ed., McGraw-Hill Education.
7. SALTELLI, A., RATTO, M., ANDRES, T., CAMPOLONGO, F., CARIBONI, J., GATELLI, D., ... & TARANTOLA, S. (2008). *Global Sensitivity Analysis: The Primer*. John Wiley & Sons.
8. SAUNDERS, A., CORNETT, M. M., & ERHEMAMTS, O. (2014). *Financial Institutions Management: A Risk Management Approach*. 8th ed., McGraw-Hill Education.
9. WINSTON, W. L. (2003). *Operations Research: Applications and Algorithms*. 4th ed., Cengage Learning.
10. YIN, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*. 5th ed., SAGE Publications.