

TÉZISGYŰJTEMÉNY

Baranyai Eszter

KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A LAKOSSÁGI JELZÁLOGHITELEZŐK

című Ph.D. értekezéshez

Témavezető:

Banai Ádám, Ph.D

Budapest, 2024

Pénzügy Intézet

TÉZISGYŰJTEMÉNY

Baranyai Eszter

**KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A LAKOSSÁGI
JELZÁLOGHITELEZŐK**

című Ph.D. értekezéshez

Témavezető:

Banai Ádám, Ph.D

© Baranyai Eszter

Tartalomjegyzék

Kutatási előzmények és a téma indoklása	1
Elméleti alapok	3
Létező kutatások az éghajlatváltozásról és a hitelezői magatartásról.....	3
Felhasznált módszerek és adatok	5
Hitelelutasítási ráták	6
Kamatláb és futamidő	7
GSE kockázatrüházás.....	9
Az értekezés fő tudományos eredményei	12
1.1 Földterületükhöz, gazdasági jelentőségükhöz és lakosságukhoz képest több jelzáloghitelt folyósítanak-e az USA jövőbeni hőhullámoknak leginkább kitett megyéiben?	13
1.2 Mit tudunk a hitelezési mintázatban a keresleti és kínálati hatásokról?	14
2.1. Magasabbak-e a kamatok és rövidebbek-e a futamidők azokon a területeken, amelyek jobban ki vannak téve a klímaváltozásnak, más változókra kontrollálva?	15
2.2. Beépültek-e további klímaaggodalmak a jelzáloghitelek jellemzőibe szélsőséges jövőbeni hőség szintértékeknel? ..	18
2.3. Bizonyos hitelezők jelzálogkamatai nagyobb mértékben tükrözik-e a klímaaggodalmakat?	18
3.3. Magasabbak-e a GSE továbbértékesítési arányok az éghajlatváltozásnak leginkább kitett területeken?	20
3.2. Változott-e a kapcsolat az elmúlt években?	21
3.3. Vannak-e eltérések a hitelezői magatartásban az éghajlat-kitettségel összefüggésbe hozható GSE továbbértékesítés tekintetében?	22
Főbb hivatkozások.....	23
Saját publikációk jegyzéke	26

Kutatási előzmények és a téma indoklása

Földünk klímája változik: a szélsőséges hőmérsékletek gyakorisága növekszik, és a csapadékminták is lényeges módosulásokon mennek keresztül. Ezek a változások az élet minden területére, beleértve a pénzügyi rendszerekre is hatással vannak. A disszertáció a jelzáloghitelezők éghajlatváltozásra adott reakcióját vizsgálja, ami több okból kifolyólag is különösen fontos kutatási téma.

Pénzügyi stabilitásra és reálgazdasági hitelekre gyakorolt hatás: Az amerikai jelzáloghitelek jelentős szerepet játszanak a pénzügyi ciklusokban (Jordà et al., 2016). Az amerikai jelzálogpiacokon felmerülő problémák gyorsan átterjedhetnek más amerikai hitelpiacokra (Chan et al., 2016), és határokon átnyúló hatásokat is kiválthatnak (Horvath & Rothman, 2021). A kutatások arra engednek következtetni, hogy az amerikai ingatlanpiac még nem árazta be teljesen az éghajlatváltozást (Murfin & Spiegel, 2020). A kockázatok gyors újraértékelése – például természeti katasztrófák következtében – az ingatlanárak esését és a nemteljesítő hitelek számának megugrását vonhatja maga után. Számos hitelező egyszerre kerülhet nehéz helyzetbe, a hitelezők veszteségei pedig átterjedhetnek más piaci szereplőkre és az eszközök piaci értékére is. Az ilyen kockázatok nem megfelelő figyelembevétele növeli tehát a pénzügyi piacok rendellenes mozgásainak és a hitelnyújtás jelentős változásainak valószínűségét.

A társadalmi egyenlőtlenség diskurzusához való hozzájárulás: A helyi éghajlati kilátásokat figyelembe vevő finanszírozási feltételek hatással lehetnek a társadalmi egyenlőtlenségre. A hátrányos helyzetű lakosság gyakran nagyobb mértékben kitett az éghajlatváltozás hatásainak, például ha a klímaváltozásnak jobban kitett lakóhelyen élnek. A

lakáshitel-lehetőségek változásai hozzájárulhatnak a klímagentrifikációhoz, kiszorítva vagy odakötte a kiszolgáltatottabb lakossági réteget.

Közpolitikai és kockázatmegosztási következmények: A hitelezők számára az egyik lehetséges kockázatcsökkentési technika az ún. government sponsored enterprises (GSE-k) felé történő értékpapírosítás. Az éghajlati kockázatok átruházása a GSE-kre viszont állami döntéshozói szempontból mindenképp figyelmet érdemel, különösen ha adófizetők által támogatott módon valósul meg, vagy ha az alacsony és magas éghajlati kockázatú területek közötti keresztfinanszírozásról van szó. Az ilyen kockázatmegosztás szuboptimális ösztönzőkhöz vezethet, támogatva például az árvízveszélyes területeken történő építkezéseket.

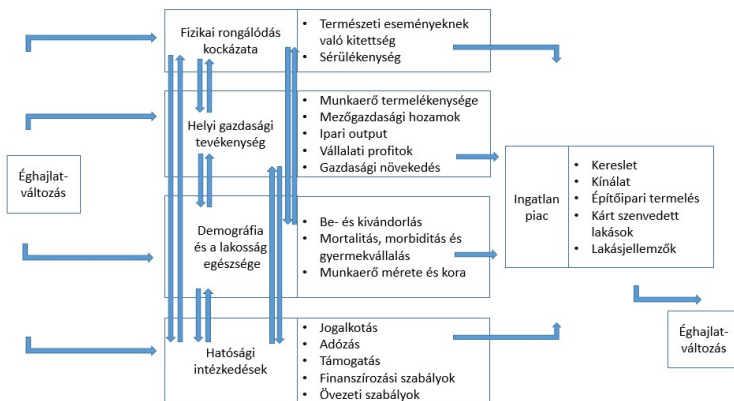
Hatás az éghajlatváltozásra: Finanszírozási tevékenysége révén a pénzügyi szektor közvetett hatást gyakorol az éghajlatváltozásra. Hiányosságok figyelhetőek meg abban, hogy mennyire felelnek meg a jelenleg finanszírozott ingatlanok a jövőbeli éghajlati feltételeknek, kiemelve annak szükségességét, hogy a hitelezők döntéseik során figyelembe vegyék a környezeti hatásokat.

Kutatási hiányosságok és gyakorlati jelentőség: Jelentősége ellenére kevés tanulmány foglalkozik az éghajlatváltozásra adott lakossági jelzőhitelezői reakcióval. A meglévő tanulmányok gyakran a természeti katasztrófák vagy szélsőséges időjárási eseményekre adott válaszokra összpontosítanak, nem pedig a hosszú távú tudományos előrejelzésekre. A disszertáció ezt a hiányosságot pótolja azáltal, hogy a jövőbeli éghajlatváltozási előrejelzéseket közvetlenül összekapcsolja a jelenlegi hitelezői magatartással.

Elméleti alapok

Az éghajlatváltozás hatással lehet a hitelezőkre az ingatlanárak változásain, az adósok viselkedésén és a helyi gazdasági feltételeken keresztül. A szélsőséges hőség például fizikai pusztuláshoz, alacsonyabb munkaerő-kínálathoz, alacsonyabb gazdasági növekedéshez és megnövekedett egészségügyi problémákhoz vezethet – mindezek pedig hatnak a jelzáloghitelek nemteljesítési valószínűségére (PD) és a nemteljesítés esetén várható veszteségre (LGD).

1. Ábra Klímaváltozás és az ingatlanpiac: csatornák és interakciók



Forrás: Szerző

Létező kutatások az éghajlatváltozásról és a hitelezői magatartásról

Kevés tanulmány vizsgálja a hitelezők éghajlatváltozásra adott reakcióit. Ezek az újabb tanulmányok elsősorban azt nézik, hogyan változik a hitelezői magatartás, amikor az éghajlati kockázatok előtérbe kerülnek, például természeti katasztrófák vagy szokatlan időjárási események

következtében. A tanulmányok eltérő eredményekre jutottak. Garbarino és Guin (2021) megállapította, hogy Angliában a súlyos árvizek nem vezettek az ingatlanok értékcsökkenéséhez vagy a jelzálogfeltételek megváltozásához, míg Cortés és Strahan (2017) megnövekedett amerikai jelzáloghitelezést figyelt meg katasztrófa sújtotta területeken. Ouazad és Kahn (2019) megállapította, hogy katasztrófákat követően megnövekedett a GSE értékpapírosítás opcióértéke és több kockázatos hitel halmozódott fel éppen a GSE határértékei alatt (vagyis a GSE értékpapírosítást a hitelezők kockázatcsökkentésre használták). Duan és Li (2019) kimutatták, hogy magas hőmérsékletnél kevesebb jelzáloghitelkérelmet hagynak jóvá és a jóváhagyott összeg is csökken, különösen azokon a területeken, ahol erős a klímaváltozásba vetett hit, vagy magas a tengerszint emelkedésének kockázata. Ezek a tanulmányok azt mutatják, hogy a hitelezői reakciók összetettek, és a helyi feltételek és percepciók befolyásolják őket. Létjogosultsága van tehát az olyan kutatásoknak, amelyek közvetlenül kapcsolják össze az éghajlati előrejelzéseket a hitelezői magatartással, hiszen a jelenlegi előrejelzések a jövőbeli éghajlati hatások területi heterogenitását vetítik előre.

A globális éghajlati modellek USA-ra vonatkozó, részletesebb változata képezi disszertációm sarokkövét. Tudomásom szerint ezeknek a modelleknek a hőmérsékleti és csapadékadatokkal kapcsolatos előrejelzései más pénzügyi tanulmányokban nem jelentek még meg. Bár a disszertációban tárgyalt dilemmák világszerte érvényesek, a rendelkezésre álló adatok az Egyesült Államok összefüggő (kontinentális) területeinek vizsgálatát teszik lehetővé. Ráadásul az ország földrajzi méretei következtében az éghajlatváltozásnak való kitettség széles skálán mozog, és így a hitelezőknek lehetőségük van különbségtételre.

A disszertáción túlmutat az éghajlati jelenségekre való hitelezői reakciók összességének feltérképezése. Ehelyett esettanulmányokon keresztül bizonyítékokat mutatok be az aggregált hitelmennyiség, a hitelelutasítási ráták, a kamatlábak, a hitel futamideje és a GSE-knek történő értékpapírosítás tekintetében. Leginkább hőhullámokat (szélsőséges hőséget) tanulmányozok, de a kockázatot árvizek és aszályok esetében is vizsgálom. A tengerszint emelkedésének kockázata túlmutat a disszertáció keretein.

Felhasznált módszerek és adatok

Az éghajlatváltozás előrejelzéseikhez az Applied Climate Information System (ACIS) adatait használom. Az adatok a globális éghajlati modellek (CMIP5) amerikai, részletesebb változatai – amelyek szerepelnek az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC) jelentéseiben –, és először 2016 második felében váltak elérhetővé (USGS, 2016). Alapesetben a közepes széndioxid-kibocsátási forgatókönyvet (RCP4.5) használom.

A hitelszintű jelzáloghitel-adatok a Kongresszus által létrehozott HMDA-ból származnak, amely az USA jelzáloghiteleinek legátfogóbb, nyilvánosan elérhető adatbázisa. HMDA adatszolgáltatási kötelezettsége bankoknak és nem banki pénzügyi intézményeknek is van, amennyiben jelentős eszközökkel rendelkeznek és megfelelnek bizonyos kritériumoknak. Keenan és Bradt (2020) munkájához hasonlóan kutatásom az "alap jelzáloghitelekre" összpontosít, amelyek hagyományos kölcsönök, amelyeket elsődleges zálogjoggal biztosított, egycsaládos otthonokra (legfeljebb 4 egységig) nyújtottak, nem gyárilag előállítottak, lakásvásárlásra szántak és újonnan kibocsátottak. További adatforrások az alábbi táblázatban találhatóak.

1. Táblázat. További adatforrások

Adat	Forrás
Regionális földterület	US Census Bureau
Regionális népesség	US Census Bureau
Regionális gazdasági teljesítmény	Bureau of Economic Analysis
Regionális munkanélküliség	US Bureau of Labor Statistics
Regionális ingatlanárak	FHFA
FICO hitelpontszámok	Fannie Mae and Freddie Mac
Népszámlálási körzetek irányítószámok szerint	US Department HUD
Klíma vélemény	Yale
Bankok és nem banki pénzüintézetek listája	Buchak et al. (2018)
Tengerparti megyék	NOAA
Természeti katasztrófák	FEMA
Páratartalom adatok	NOAA
GSE határértékek	FHFA
Hitelezői típusok	CFPB
Árvízbiztosítás	NFIP
Lakóegységek	US Census Bureau

Az alábbi fő módszereket alkalmazom – a továbbiak a teljes disszertációban vannak kifejtve.

Hitelelutasítási ráták

Az 1. esettanulmányban hitelelutasítási rátákat képezek: egyszerű rátákat és szűrt indexet. Az utóbbi célja, hogy a hitelkérelmek és a hitelezők ismert tulajdonságainak hatását kiszűrjük. A szűrt elutasítási index tehát annak a mérőszáma, hogy az ismert hitelszintű tulajdonságokon túl hogyan alakult a kérelmek elutasítottsága a különböző megyékben és években. Az első esettanulmány magyar

nyelvű publikációként is megjelent, ebben a módszertan is részleteiben megtalálható (Baranyai és Banai, 2022).

Kamatláb és futamidő

A kamathoz az alábbi lineáris regressziós egyenletet használok OLS becsléssel i jóváhagyott hitelre, l hitelezőtől és j megyére (alapspecifikáció):

$$\begin{aligned} \text{Kamatláb-különbözet}_{ijl} &= \alpha + \beta_0 \text{Klíma változó1}_j \\ &+ \beta_1 \text{Klíma változó2}_j + \text{Kontrollok}_{ijl}^T \gamma \\ &+ \epsilon_{ijl} \end{aligned} \tag{2}$$

Ahol a *Kontrollok* egy $k \times 1$ vektor, amelyben $k > 1$, γ pedig egy $k \times 1$ konstansvektor, és k az egyenletben szereplő kontrollváltozók számát jelöli. A *Klíma változó1* az előrejelzett hőségnapok számának növekedését méri. A *Klíma változó2* egy dummy változó azon megyék jelölésére, ahol az előrejelzések szerint szélsőségesen magas számú hőségnap várható. Ezek a megyék felső 1 százalékát jelentik, a jövőben évi legalább 165 hőségnappal. Az egyenlet tehát az éghajlat változására helyezi a hangsúlyt. Azért nem tartalmazza a jövőbeli hőségnapok számát (szintváltozó), mert ez korrelál a jelenlegi forró napok számával (szintváltozó), ami már hatással van a makrogazdasági és demográfiai tényezőkre – ezek pedig nem állnak a tanulmányom fókuszában. A *Klíma változó2*-t azért veszem figyelembe, mert a hőmérséklet szélsőséges értékeknél nemlineáris hatásokkal bír (például Deschenes és Greenstone, 2011). A vizsgált együtthatók a β_0 és β_1 . A kamatláb-különbözet a hitel éves százalékos rátája (APR) mínusz a hasonló tranzakcióra vonatkozó, felmérésen alapuló országos

átlagos prime ajánlati ráta (APOR) a kamatláb megállapításának napján. A kontrollok a szakirodalomban szokásos változókat tartalmazzák – adós, ingatlan, hitelszintű és makrogazdasági változók. Hurst et al. (2016) alapján kontrollálok arra, hogy a hitelező eladja-e a jelzáloghiteleket a GSE-knek, valamint Feng (2018) alapján az ingatlanárak volatilitását felhasználva kontrollálok a hitelezők közötti versenyre és a helyi lakáspiaci kockázatokra. Heteroszkedaszticitáskonzisztens standard hibákat alkalmazok, amelyek megszüntetik a csoportosítást, és minden egyes hitelezőre egy dummy változót használok.

Hasonló egyenletet használok az általánosnál rövidebb futamidő valószínűségének becslésére (függő változó), de lineáris regressziók helyett probit modellt alkalmazok.

A heterogenitást a klímaváltozók és a nem banki dummy közötti interakciós tagokkal vizsgálom. Ezekben a specifikációkban kihagyom az egyéni hitelezői dummykat, mivel ezek multikollinearitási problémákat okoznának. Ehelyett bevezetek egy változót, amely a hitelező általános kamatmeghatározási viselkedését hivatott proxyzni: például egyes hitelezők tipikusan magasabb kamatokat állapíthatnak meg a magasabb fixköltségek miatt, függetlenül az éghajlattól. E célra a hitelező által kibocsátott egyéb jelzáloghitelek átlagos kamatláb-különbözetét – a hitel éves százalékos rátája (APR) mínusz a hasonló tranzakcióra vonatkozó átlagos prime ajánlati ráta (APOR) a kamatláb megállapításának napján – használok. Minden egyéb változó azonos az (2)-es egyenletben használtakkal.

A robusztusság növelése érdekében IV/2SLS megközelítést is alkalmazok, Ambrose és szerzőtársai (2018) alapján.

GSE kockázatrúházás

A fő módszer a különbségek különbsége (difference-in-difference) becslési módszer, amelyet alkalmazva felhasználom a megfigyelhető jellemzőket, és Keys és Mulderhez (2020) hasonlóan kihasználom a 2013-ban bekövetkezett klímakockázati tudatosság trendtörését. 2013 körül az Egyesült Államokban több esemény is az éghajlatváltozásra irányította a közvélemény figyelmét. 2012 végén a Sandy hurrikán sújtotta a keleti partot, az ENSZ IPCC AR5 jelentése sürgős cselekvést szorgalmazott, és a helyi híradásokban is nőtt a klímakockázattal kapcsolatos tudósítások száma (Keys & Mulder, 2020). Disszertáciomban a 2013-at követő értékpapírosítási trendeket vizsgálom, összevetve az éghajlatváltozás által jobban és kevésbé érintett területeket, mindig az alapértékekhez (2007-2012) viszonyítva.

Első lépésben Emrich és Cutter (2011) alapján kategorizálom a megyéket klímakitetségük szerint. $r \in \{\text{szály, árvíz, hőhullám}\}$ kockázati kategóriára és i megyére:

$$\begin{aligned} & \text{Éghajlatváltozási mutató}_{r,i} \\ & = \begin{cases} 3 \text{ (magas)}, & \delta_{ir} \geq \mu_r + \alpha * \sigma \\ 2 \text{ (közepes)}, & \mu_r - \alpha * \sigma < \delta_{ir} < \mu_r + \alpha * \sigma \\ 1 \text{ (alacsony)}, & \delta_{ir} \leq \mu_r - \alpha * \sigma \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

Ahol δ az éves forró/nedves/száraz napok számának előrejelzett növekedését jelenti, összehasonlítva a 2041-2050 közötti előrejelzett átlagokat a legutóbbi (2003-2012) történelmi átlagokkal; μ a δ kockázati kategóriára vonatkozó átlaga, σ a δ kockázati kategóriára vonatkozó szórása, és α egy konstans. Az eredményeket különböző α értékeknél vizsgálom: 0.5 (nagyon mérsékelt küszöbérték), 1 (mérsékelt küszöbérték), 1.5 (szélsőséges

küszöbérték) és 2 (nagyon szélsőséges küszöbérték). Egy többdimenziós pontszám (mindegyik α -ra külön) összeállításához összeadom az éghajlatváltozási mutatókat az egyes kockázati dimenziók mentén, ami potenciálisan maximum 9 ($3*3$) és minimum 3 ($3*1$) lehet. A többdimenziós pontszámot ezután a fenti három osztályos szórás módszerével három kategóriába sorolom, ami egy átfogó (kockázati kategóriákon átívelő) éghajlatváltozási mutatót (CCI) eredményez: magas, közepes és alacsony lehetséges értékekkel. Az aszály, árvíz és forró napok küszöbértékei összhangban állnak a NOAA Climate Explorer weboldalán található értékekkel.

Minden magas CCI-jú megyéhez egy alacsony CCI-jú párt rendelek hozzá a szintetikus kontroll módszer segítségével. A párosítás célja, hogy alacsony CCI megyékből egy olyan szintetikus megyét "gyúrjunk" (mindegyik magas klímakitetségű megye számára), amely 2012-ig a lehető legjobban hasonlít a magas klímakitetségű megyéhez, és amelyben az értékpapírosítási trendek hasonló mintát követtek volna 2013-tól, ha az egyik nem magas CCI-jú, míg a megfelelője nem alacsony CCI-jú lett volna (párhuzamos trendek feltételezése). A szintetikus kontroll módszer előnye, hogy kezelt és nem kezelt megfigyelések között szoros egyezések hiányában is megfelelőbb párosítások érhetők el szintetikusan létrehozott megfelelőkkel (Abadie, 2021).

Először minden magas CCI-jú megyéhez egy donor pool-t azonosítok. A donor pool a 150 legközelebbi alacsony CCI-jú megyéből áll, amelyek 2007-2012 közötti átlagos értékpapírosítási arányai a legközelebb állnak a magas CCI-jú megyéjéhez.

Ezután súlyokat keresek, hogy minimalizáljam a különbséget a magas CCI-jú megye és annak a donor poolból szintetikusán létrehozott megfelelője között. A párosítási célokra 10 kovariánst és 3 kimeneti változót használok. Lefedem a makrogazdaságot (munkanélküliségi ráta), a hitelezők kockázatait és piaci környezetét (ingatlanár-volatilitás és egy metrika, amely a hitelezők átlagos földrajzi koncentrációját méri a megyében), az ingatlan típusát (tulajdonos által lakott ingatlanok aránya) és demográfiai jellemzőket (latinok, afroamerikaiak aránya). Felhasználom továbbá a közelmúltbeli katasztrófák számát és a történelmi időjárási változókat (forró, nedves és száraz napok átlagos száma), hogy az eredmények a jövőbeli előrejelzésekre adott reakciókat jelezzék, ne pedig a múltbeli eseményekre vonatkozót. A három kimeneti változó a GSE értékpapírosítás átlagos aránya 2007-2008, 2009-2010 és 2011-2012 évekre vonatkozóan. Mindegyik párosítási folyamat során használt változót normalizálok (Z-érték) a változók skálabeli különbségeinek hatásait kiküszöbölésére.

Az optimalizálási folyamat során nyert súlyok segítségével létrehozom a szintetikus megyéket és kiszámítom azok GSE arányait minden évre vonatkozóan. Ezután, Keys és Mulder (2020) módszeréhez hasonlóan, minden évre kiszámítom a különbségek különbsége módszer kezelési hatásait (treatment effects): ehhez először minden megye GSE arányát a 2007-2012 közötti átlagával osztok, hogy kiszűrjem a megyék közötti, már meglévő GSE szintbeli különbségeket. Ezt a folyamatot minden magas CCI-jú megyére megismételve kiszámítható a megyei szintű átlagos kezelési hatás.

A konfidencia intervallumok kiszámításához Keys és Mulder (2020), valamint Cavallo et al. (2013) módszerét követem. Minden alacsony CCI-jú megyéhez a fent leírt

folyamat segítségével egy szintetikus kontroll megyét hozok létre (más alacsony CCI-jú megyékből). Ezután minden évre kiszámítom a kezelési hatásokat minden alacsony CCI-jú megyére. Majd minden évre ezekből a placebo kezelési hatásokból 10,000 bootstrap mintát készítek, úgy, hogy minden bootstrap minta mérete megegyezzen a magas CCI-jú megyék számával. A konfidencia intervallumok minden évre megmutatják, hogy 95%-os valószínűséggel hol van az átlagos placebo hatás.

A robusztusság növelése érdekében az említett különbségek különbsége becslés mellett a legközelebbi szomszéd módszert is alkalmazom, valamint egy egyszerű, pooled regressziót OLS becsléssel. A legközelebbi szomszédos párosítás során olyan megfelelő megyét keresek a meglévő alacsony CCI-jú megyék közül, amely a lehető legjobban hasonlít a magas klímaváltozású megyére.

Az értekezés fő tudományos eredményei

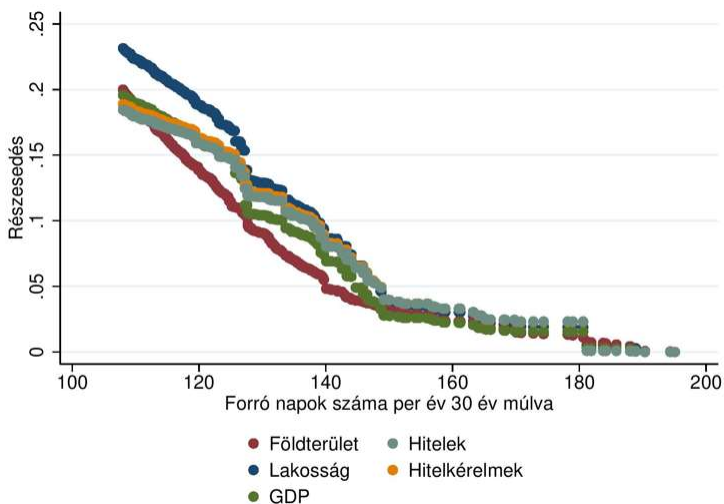
A továbbiakban a három esettanulmány kutatási kérdéseit veszem sorba.

1. Esettanulmány általános megállapításai: A hőségnek a jövőben várhatóan leginkább kitett területekre arányaiban több hitel áramlik. A népesség és a gazdasági teljesítmény relatíve magasabb ezeken a területeken, így a hitelezési döntéseknél a klímakockázati szempont háttérbe szorul. A hitelezők ugyanakkor arányaiban enyhén több hitelkérelmet utasítanak el a várhatóan legmelegebbé váló megyékben. A kutatási kérdésekre a részletes válaszok magyar nyelven a Baranyai és Banai (2022) tanulmányban olvashatóak.

1.1 Földterületükhöz, gazdasági jelentőségükhöz és lakosságukhoz képest több jelzáloghitelt folyósítanak-e az USA jövőbeni hőhullámoknak leginkább kitett megyéiben?

Az éghajlatváltozásnak leginkább kitett területeken arányaiban több hitelt folyósítanak, mint amit a földterület aránya indokolna, de nem többet annál, mint amit a területek gazdasági aktivitása és populációja magyarázna. Ennek oka, hogy a lakosság és az ország gazdasági teljesítményének területi eloszlása egyenlőtlen. Ugyanerre a következtetésre jutok, mind a jövőbeni hőségnapok számát (szint), mind az elkövetkezendő három évtizedben várható hőségnapok számának növekedését alapul véve.

2. Ábra. Jelzáloghitelezés a területen 30 év múlva várható hőségnapok számának függvényében



Megjegyzés: Az ábra azt mutatja, hogy 2019-ben az ország folyósított hiteleinek, népességének, GDP-jének, hitelkérelmeinek és földterületeinek mekkora részét tették ki azok a megyék, ahol 30 év múlva (2041–2050-es átlag) x, vagy annál több hőségnap (>90°F) várható. Csak a legmagasabb x-ek szerepelnek az ábrán. Forrás: ACIS, HMDA, US Census Bureau, BEA.

1.2 Mit tudunk a hitelezési mintázatban a keresleti és kínálati hatásokról?

Az egyszerű és szűrt hitelelutasítási rátákat vizsgálva azt látjuk, hogy a hitelezők hitelezési hajlandósága valamivel alacsonyabb a klímaváltozásnak leginkább kitett helyeken, mind a jövőbeli hőségnapok számát (2. táblázat), mind az elkövetkezendő három évtizedben várható hőségnapok számának növekedését tekintve (disszertációban). Több hitelkérelmet utasítanak el azokon a területeken, ahol például több mint 150 hőségnap várható 30 év múlva. Minden 100 dollárnyi hitelkérelemből 2-5 dollárral többet utasítanak el a jövőbeli hőségnek leginkább kitett területeken – más tényezők kiszűrése után.

2. Táblázat. Szűrt hitelelutasítási index klímakitettség alapján

Hőségnapok száma 30 év múlva					
Teszt	Csoport	Megfigyelés	Átlag	Szt. hiba	Prob (T<t)
1. >=130	0	8,621	0.178	0.001	
	1	576	0.210	0.004	
	Diff (0-1)	9,197	-0.032***	0.004	0.000
2. >=140	0	8,945	0.179	0.001	
	1	252	0.223	0.006	
	Diff (0-1)	9,197	-0.044***	0.006	0.000
3. >=150	0	9,043	0.179	0.001	
	1	154	0.232	0.009	
	Diff (0-1)	9,197	-0.053***	0.009	0.000

Megjegyzés: Kétmintás t-teszt különböző szórást feltételezve. A vizsgált változó a szűrt hitelelutasítási index. Az 1-es csoport jelöli a szélsőséges hőségnek kitett megyéket a jövőbeli hőségnapok száma alapján (1., 2. és 3. teszt: 130, 140, illetve 150 hőségnaptól). A Prob (T<t) azt mutatja, hogy mekkora szignifikanciaszint mellett vehetjük el a nullhipotézist, miszerint az átlag megegyezik a két csoportban, és fogadhatjuk el azt az alternatív hipotézist, hogy az 1-es csoport átlaga meghaladja a 0-s csoport átlagát. A statisztikailag szignifikáns különbségeket csillagokkal is jelöltük: ***1 százalékon szignifikáns. Forrás: ACIS, HMDA

2. Esettanulmány általános megállapításai: Számos tényezőre kontrollálva, azt találom, hogy a következő évtizedekben várhatóan emelkedő hőségnapok száma ma magasabb kamatokkal és a tipikusnál (30 év) rövidebb futamidő megnövekedett valószínűségével jár együtt. Azokban a megyékben, ahol szélsőségesen sok hőségnapot prognosztizálnak, még magasabb mind a kamatláb-különbözet, mind a rövid futamidő valószínűsége. A klímaváltozást inkább a nem-banki pénzügyi intézmények, mintsem a bankok veszik ezeknél a hitelparamétereknél figyelembe.

2.1. Magasabbak-e a kamatok és rövidebbek-e a futamidők azokon a területeken, amelyek jobban ki vannak téve a klímaváltozásnak, más változókra kontrollálva?

A jelzáloghitelek kamatai magasabbak azokban a megyékben, ahol nagyobb növekedés várható a hőségnapok számában (2048-re előretekintve és számos tényezőt figyelembe véve). Az eredmények statisztikailag szignifikánsak. Ez a hatás önmagában 2 bázispontnyi különbséget jelent ($0,06 \cdot 32$) egy olyan területnél, ahol az átlagos 32 napnyi növekedés várható, szemben egy olyan területtel, ahol nem várható a hőségnapok számában változás. Egy 100 000 dolláros jelzáloghitel esetén az előbbi terület jelzáloghitelének éves többletköltsége 20 dollárt tesz ki ($100,000 \cdot 0,02\%$). Az eredmények robusztusak a hőségnap definíciójára (90°F vagy 95°F küszöb: 1. és 3. specifikáció) és a kibocsátási scenárióra (közepes vagy magas: 1. és 2. specifikáció) is.

3. Táblázat. Éghajlati előrejelzések hatása a kamatláb-különbözetre - alapregresszió

	(1)	(2)	(3)	(4)
Hőségnap- változás 2048-ig, Közepes kibocsátás, °90F (napok)	.0578**			.0722***
	(.0287)			(.0234)
Hőségnap- változás 2048-ig, Magas kibocsátás, °90F (napok)		.0501**		
		(.0234)		
Hőségnap- változás 2048-ig, Közepes kibocsátás, °95F (napok)			.096***	
			(.0248)	
Szélsőséges számú hőségnap dummy				8.3784***
				(2.1632)
Kontrollok		Lásd megjegyzések		
Megfigyelések	1994036	1994036	1994036	1994036
R-négyzet	.4077	.4077	.4078	.4083
Hitelező dummyk	Igen	Igen	Igen	Igen

Megjegyzések: A kamatláb-különbözetet a hitel éves százalékos aránya (APR) és a hasonló tranzakcióra vonatkozó átlagos prime ajánlati kamat (APOR) közötti különbségként határozzuk meg az adott kamatláb megállapításának időpontjában. Az első három éghajlati változót a küszöbérték feletti hőmérsékletet elérő napok számának várható növekedéseként határozzuk meg, összehasonlítva 2048-at a 2003-2012 közötti átlaggal. A szélsőséges számú hőségnap dummy változó a 2048-ban a legforróbb 1 százalékban lévő megyéket jelöli, ami legalább 165 napot jelent 90°F feletti maximális hőmérséklettel. A regresszióban szerepelnek még a kontroll változók (DTI arány, kérelmező idős kora, kérelmező etnikuma, neme, kombinált hitelfedezeti mutató, hitelösszeg, futamidő, másodlagos lakhely dummy, hitelezők jelzáloggal kapcsolatos tevékenysége, munkanélküliség, átlagos heti bér, ingatlanár volatilitás, helyi verseny) és a konstans. A helyi ingatlanár volatilitását a megyei szintű FHFA lakásárindex maximuma és minimuma

közötti különbségként mérjük, inflációval kiigazítva, 2000 és 2017 között. A helyi versenyt a 10 legnagyobb hitelező részesedéseként mérjük, megyék szintjén. A zárójelben szereplő heteroszkedaszticitás-konzisztens standard hibák megyei szinten csoportosítva vannak. *** p<.01, ** p<.05, * p<.1.

A 4. táblázat a klímaelőrejelzések probit regressziós eredményeit mutatja be annak valószínűségére vonatkozóan, hogy a jelzáloghitel futamideje rövidebb, mint a tipikus 30 év. Az első klímaváltozó pozitív együtthatója úgy értelmezhető, hogy minél nagyobb a hőségnapok várható növekedése, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a hitel futamideje kevesebb, mint 30 év, kontrollálva a többi változóra. A tipikusnál rövidebb futamidő valószínűsége 4,5% azokban a megyékben, ahol a hőségnapok számának várható növekedése 24,5 nap (25. percentilis) és minden más változó értéke átlagos, míg azokban a megyékben, ahol a hőségnapok számának várható növekedése 40,4 nap (75. percentilis), ez a valószínűség 5,4% (nincs a táblázatban feltüntetve).

4. Táblázat. Probit regresszió eredménye: <30 év futamidő valószínűsége

	Koeff.	Futamidő < 30 év	
		Szt. hiba	Szign.
Hőségnap-változás 2048-ig, Közepes kibocsátás, °90F (napok)	.00580	.00043	***
Szélsőséges számú hőségnap dummy	.17994	.02622	***
Kontrollok		Lásd megjegyzések	
Megfigyelések		1981643	
McFadden's Pseudo R2		0.1869	
Hitelező dummyk		Igen	

Megjegyzések: Az első éghajlati változó a 90°F feletti hőmérsékletet elérő napok számának várható növekedését méri, összehasonlítva 2048-at a 2003-2012 közötti átlaggal. A szélsőséges számú hőségnap dummy változó a 2048-ban a legforróbb 1 százalékban lévő megyéket jelöli, ami legalább 165 napot

jelent 90°F feletti maximális hőmérséklettel. A regresszióban szerepelnek még a kontroll változók (DTI arány, kérelmező idős kora, kérelmező etnikuma, neme, kombinált hitelfedezeti mutató, hitelösszeg, kamatláb-különbözet, másodlagos lakhely dummy, hitelezők jelzáloggal kapcsolatos tevékenysége, munkanélküliség, átlagos heti bér, ingatlanár volatilitás, helyi verseny) és a konstans. A zárójelben szereplő heteroszkedaszticitás-konzisztens standard hibák megyei szinten csoportosítva vannak. *** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$.

2.2. Beépültek-e további klímaaggódmak a jelzáloghitelek jellemzőibe szélsőséges jövőbeni hőség szintértékeknél?

A hőségnapok várható növekedésének hatásán túl, a kamatláb-különbözetek átlagosan 8 bázisponttal magasabbak azokban a megyékben, ahol szélsőségesen sok hőségnapot várnak, ismét számos tényezőre kontrollálva (3. táblázat, 4. specifikáció). A szélsőségesen sok hőségnapra vonatkozó előrejelzés 2 százalékponttal növeli a tipikusanál rövidebb futamidő valószínűségét, feltételezve, hogy minden változó értéke átlagos. A szélsőséges számú hőségnap változónak az együtthatója (szintén) statisztikailag szignifikáns. Lineáris regressziók OLS becsléssel hasonló eredményeket hoznak.

2.3. Bizonyos hitelezők jelzálogkamatai nagyobb mértékben tükrözik-e a klímaaggódmakat?

A mintámban a nem banki hitelezők általában alacsonyabb kamatlábakat alkalmaznak, mint a bankok (5. táblázat). Azokon a területeken, ahol nem várható a hőségnapok számának növekedése, a nem banki pénzügyi intézmények kamatai átlagosan 10 bázisponttal alacsonyabbak, mint a banki kamatok. Ez évi 100 dollárnak felel meg egy 100 000 dolláros jelzáloghitel esetében. A nem banki kamatok azonban tükrözik a hőségnapok várható növekedését. Azokon a területeken, ahol az átlagos 32 napos hőségnap-növekedés várható, a nem banki hitelek kamatlába csak

5,5 bázisponttal alacsonyabb $(-10+0,14*32)$, mint a banki hiteleké. Ez évi 55 dollárnak felel meg egy 100 000 dolláros jelzáloghitel esetén. A különbség mindössze 2 bázispontra zsugorodik azokon a területeken, ahol 59 napos hőségnap-növekedés várható (ami a hőségnap-előrejelzések 99. percentilisének felel meg). A szélsőséges hőségre vonatkozó előrejelzések további 10 bázisponttal magasabb kamatláb-hatást jelentenek a nem banki hiteleknél a banki hitelekhez képest (5. táblázat).

5. Táblázat Regresszió: Nem bank hitelezők és klímaelőrejelzések hatása a kamatláb-különbözetre

	Koef.	Szt.Hiba	Szig
Hőségnap-változás (napok)	.0069	.0319	
Hőségnap-változás (napok) * Nem-bank	.1398	.0263	***
Szélsőséges számú hőségnap	3.7144	1.179	***
Szélsőséges sz. hőségnap * Nem-bank	10.0425	2.1743	***
Nem-bank	-10.2861	1.0946	***
Hitelező átlagos kamatláb-különbözete	.779	.0177	***
Kontrollok	Lásd megjegyzések		
Megfigyelések	837560		
R-négyzet	0.3909		

Megjegyzések: A kamatláb-különbözetet a hitel éves százalékos aránya (APR) és a hasonló tranzakcióra vonatkozó átlagos prime ajánlati kamat (APOR) közötti különbségként határozzuk meg az adott kamatláb megállapításának időpontjában. Az első éghajlati változó a 90°F feletti hőmérsékletet elérő napok számának várható növekedését méri, összehasonlítva 2048-at a 2003-2012 közötti átlaggal. A szélsőséges számú hőségnap dummy változó a 2048-ban a legforróbb 1 százalékban lévő megyéket jelöli, ami legalább 165 napot jelent 90°F feletti maximális hőmérséklettel. Buchak et al. (2018) banki és nem banki hitelezői listáját használom, mely a nagyobb intézményeket tartalmazza. Mintámban a lista a hitelek 45% (40%)-át fedi le volumen (darabszám) alapon. A regresszióban szerepelnek még a kontroll változók (DTI arány, kérelmező idős kora, kérelmező etnikuma, neme, kombinált hitelfedezeti mutató, hitelösszeg, futamidő, másodlagos lakhely dummy,

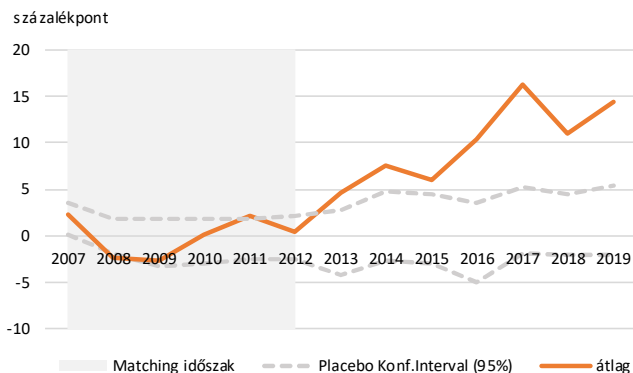
hitelezők jelzáloggal kapcsolatos tevékenysége, munkanélküliség, átlagos heti bér, ingatlanár volatilitás, helyi verseny) és a konstans. A hitelező átlagos kamatláb-különbözete a hitelező hatékonyságát és haszonkulcsát hivatott proxyzni: ugyanazon hitelező által nyújtott egyéb hitelek átlagos kamatláb-különbözeteiként számolom. A zárójelben szereplő heteroszkedaszticitás-konzisztens standard hibák megyei szinten csoportosítva vannak. *** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$.

3. Esettanulmány általános megállapításai: Mind a bankok, mind a független jelzáloghitel-társaságok arányosan több hitelt értékesítettek a GSE-knek azokon a területeken, amelyek a leginkább ki vannak téve az éghajlatváltozásnak – éghajlatváltozási mutatóm magában foglalja a szélsőséges hőség, az aszály és az árvíz kockázatait. A megfigyelt kapcsolat 2013-ig nyúlik vissza, de a részletes éghajlatváltozási előrejelzések nyilvánossá válásának idejétől (2016) nagyobb a hatás. A nagyon kitett területeken megfigyelhető, hogy a GSE értékpapírosítási ráták fordítottan arányosak az árvízbiztosítás lefedettségével, ami helyettesítést jelezhet.

3.3. Magasabbak-e a GSE továbbértékesítési arányok az éghajlatváltozásnak leginkább kitett területeken?

A GSE továbbértékesítési arányok azt mérik, hogy a GSE limitek alatti hitelek hány százalékát értékesítették GSE-knek. Az alapspecifikáció azt mutatja, hogy az utóbbi években a GSE továbbértékesítési arányok a magas CCI (Climate Change Indicator) megyékben meghaladták a szintetikus kontroll megyékben megfigyelhető arányokat (más változókra kontrollálva) (3. ábra).

3. Ábra Szintetikus kontroll módszer átfogó éghajlatváltozás-indikátor és szélsőséges cutoff mellett (1.5 SD)



A 3. ábra a szintetikus kontroll módszer alkalmazásával kapott GSE továbbértékesítési arányra vonatkozó (magas CCI és alacsony CCI közötti) kezelési hatást mutatja be az átfogó éghajlatváltozási mutató alkalmazásával – amely magában foglalja a hőség, árvíz és aszály kockázatát. Egy háromosztályos szórás módszer alkalmazásával kategorizálom a megyéket magas, alacsony és közepes CCI csoportokba, ahol a küszöbérték 1,5 (-1,5) szórás. A szintetikus kontrollmegyéket az alacsony CCI donor poolból 13 változó alapján állítom elő. A placebo konfidencia intervallumot úgy számolom ki, hogy az alacsony CCI megyéknek képezek egyéb alacsony CCI megyékből szintetikus kontrollt, ugyanazzal a módszertannal, mint a magas CCI esetében, majd 10 000 bootstrap mintát készítek a placebo kezelési hatásokból.

3.2. Változott-e a kapcsolat az elmúlt években?

Míg 2013-tól megfigyelhető némi különbség a magas és alacsony CCI megyék GSE rátáiban, ez 2016-tól jelentősen növekszik. 2016 és 2019 között a GSE-knek eladott hitelek aránya a magas CCI megyékben (a megye 2007-2012-es átlagának arányában kifejezve) 10-16 százalékponttal meghaladta a szintetikus kontroll megyékben megfigyelhető értékeket. A kezelési hatások 2013-tól minden évben meghaladják a placebo 95%-os

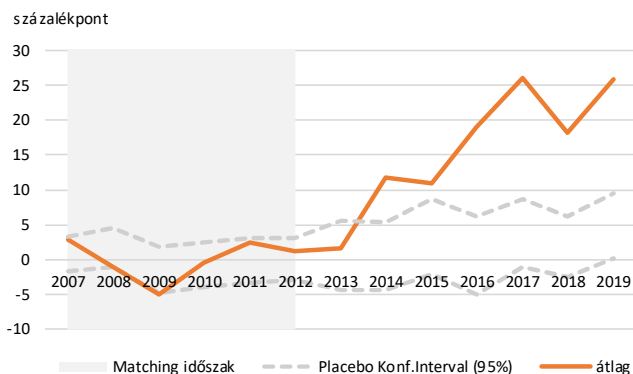
megbízhatóságú konfidenciaintervallumát, ami statisztikai szignifikanciaként értelmezhető.

3.3. Vannak-e eltérések a hitelezői magatartásban az éghajlat-kitettséggel összefüggésbe hozható GSE továbbértékesítés tekintetében?

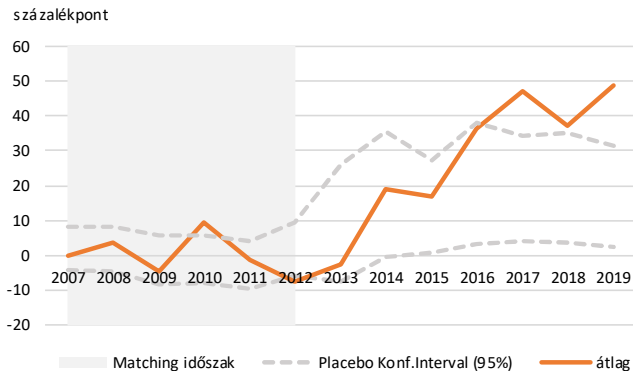
Mind a bankok, mind a független jelzáloghitel-társaságok hitelezése esetében azt mutatják az eredmények, hogy magasabbak a GSE továbbértékesítési arányok a magas CCI megyékben az alacsony CCI megyékhez képest, számos tényezőre kontrollálva (4. ábra).

4. ábra. Szintetikus kontroll: bankok és független jelzáloghitel-társaságok

A panel: Bankok



B panel: Független jelzáloghitel-társaságok



A 4. ábra a szintetikus kontroll módszer alkalmazásával kapott GSE továbbértékesítési arányra vonatkozó (magas CCI és alacsony CCI közötti) kezelési hatást mutatja be az átfogó éghajlatváltozási mutató alkalmazásával – amely magában foglalja a hőség, árvíz és aszály kockázatát. Egy háromosztályos szórásmódszer alkalmazásával kategorizálom a megyéket magas, alacsony és közepes CCI csoportokba, ahol a küszöbérték 1,5 (-1,5) szórás. A szintetikus kontrollmegyéket az alacsony CCI donor poolból 13 változó alapján állítom elő. A placebo konfidencia intervallumot úgy számolom ki, hogy az alacsony CCI megyéknek képezek egyéb alacsony CCI megyékből szintetikus kontrollt, ugyanazzal a módszertannal, mint a magas CCI esetében, majd 10 000 bootstrap mintát készítek a placebo kezelési hatásokból. A számításokhoz az A (B) panelben csak bankok (független jelzáloghitel-társaságok) hiteleit használom fel.

Főbb hivatkozások

Ambrose, B., Shafer, M. and Yildirim, Y. (2018). The impact of tenant diversification on spreads and default rates for mortgages on retail properties. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 56(1), pp.1-32. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11146-016-9579-7>

Baranyai, E. és Banai, Á. (2022). Forrószodó jelzáloghitelezés és jegybanki lehetőségek. *Hitelintézeti Szemle*, 21(1), pp. 5-31.

Buchak, G., Matvos, G., Piskorski, T. and others. (2018). Fintech, regulatory arbitrage, and the rise of shadow banks. *Journal of Financial Economics*, 130(3), pp. 453-483. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2018.03.011>

Cavallo, E., Galiani, S., Noy, I. and Pantano, J. (2013). Catastrophic natural disasters and economic growth. *Review of Economics and Statistics*, 95, pp.1549-1561. Available at: https://doi.org/10.1162/REST_a_00413

Chan, S., Haughwout, A., Hazashi, A. et al. (2016). Determinants of mortgage default and consumer credit use: The effects of foreclosure laws and foreclosure delays. *Journal of Money, Credit and Banking*, 48, pp.393-413. Available at: <https://doi.org/10.1111/jmcb.12304>

Cortés, K.R. and Strahan, P.E. (2017). Tracing out capital flows: How financially integrated banks respond to natural disasters. *Journal of Financial Economics*, 125, pp.182-199. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2017.04.011>

Deschenes, O. and Greenstone, M. (2011). Climate change, mortality, and adaptation: Evidence from annual fluctuations in weather in the US. *American Economic Journal: Applied Economics*, 3(4), pp.152-185. Available at: <https://doi.org/10.1257/app.3.4.152>

Duan, T. and Li, F.W. (2019). Climate change concerns and mortgage lending. *Working Paper*. Available at: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3449696>

Emrich, C.T. and Cutter, S.L. (2011). Social vulnerability to climate-sensitive hazards in the southern United

States. *Weather, Climate, and Society*, 3, pp.193-208.
Available at: <https://doi.org/10.1175/2011WCAS1092.1>

Feng, A.X. (2018). Bank competition, risk taking, and their consequences: Evidence from the US mortgage and labor markets. *IMF Working Paper* No. 18/157.

Fuster, A., Plosser, M., Schnabl, P. and others. (2019). The role of technology in mortgage lending. *The Review of Financial Studies*, 32(5), pp. 1854–1899. Available at: <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz018>

Garbarino, N. and Guin, B. (2021). High water, no markets? Biased lending after extreme weather. *Journal of Financial Stability*, 54, p.100874. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2021.100874>

Horvath, J. and Rothman, P. (2021). Mortgage spreads, asset prices, and business cycles in emerging countries. *Journal of International Money and Finance*, p.102370. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2021.102370>

Hurst, E., Keys, B.J., Seru, A. and Vavra, J. (2016). Regional redistribution through the US mortgage market. *American Economic Review*, 106(10), pp.2982-3028. Available at: <https://doi.org/10.1257/aer.20151052>

Jordà, Ò., Schularick, M. and Taylor, A.M. (2016). The great mortgaging: Housing finance, crises and business cycles. *Economic Policy*, 31(85), pp.107-152. Available at: <https://doi.org/10.1093/epolic/eiv017>

Keenan, J.M. and Bradt, J.T. (2020). Underwriting: From theory to empiricism in regional mortgage markets in the

U.S. *Climatic Change*, 162, pp.273-284. Available at:
<https://doi.org/10.1007/s10584-020-02734-1>

Keys, B.J. and Mulder, P. (2020). Neglected no more: Housing markets, mortgage lending, and sea level rise. *NBER Working Paper* No. 27930.

Lux, M. and Greene, R. (2015). What's behind the non-bank mortgage boom? *M-RCBG Associate Working Paper Series* No. 42.

Murfin, J. and Spiegel, M. (2020). Is the risk of sea level rise capitalized in residential real estate? *The Review of Financial Studies*, 33(3), pp.1217-1255. Available at:
<https://doi.org/10.1093/rfs/hhz134>

Ouazad, A. and Kahn, M.E. (2019). Mortgage finance in the face of rising climate risk. *NBER Working Paper* No. 36322.

Seru, A. (2019). Regulating banks in the era of fintech shadow banks. Lecture at the BIS 89th Annual General Meeting, 30 June 2019, Basel, Switzerland. Available at:
https://www.bis.org/events/agm2019/agm2019_speech_seru.pdf

Saját publikációk jegyzéke

Értekezéshez szorosan kapcsolódik:

Baranyai, E. and Banai, Á. (2022). Heat projections and mortgage characteristics: Evidence from the USA. *Climatic Change*, 175, p. 14. (Q1 Journal)

Baranyai, E. (2023). Are mortgage lenders offloading climate exposure to government-sponsored enterprises? *Working Paper*.

Baranyai, E. and Banai, Á. (2022). Feeling the heat: Mortgage lending and central bank options. *Financial and Economic Review*, 21(1), pp. 5-31.

Egyéb Q1-es publikációk:

Baranyai, E., Kolozsi, P.P., Neszveda, G., Lehmann, K. and Banai, A. (2024). The impact of the green direction in central banking on the general public's trust. *International Review of Financial Analysis: Minor revision*. (Q1 Journal)

Baranyai, E. (2023). The socio-economic status of neighbourhoods and access to early childhood education. *Child Indicators Research*, 16(3), pp.1019-1048. (Q1 Journal)

Kovacs, B.B., Neszveda, G., Baranyai, E. and Zaremba, A. (2024). ESG unpacked: Environmental, social, and governance pillars and the stock price reaction to the invasion of Ukraine. *Eurasian Business Review*, pp.1-23. (Q1 Journal)

Baranyai, E. (2019). Open-ended real estate funds: from flows to property. *Journal of Property Investment & Finance*, 37(6), pp.555-569. (Q1 Journal)