

A Magyar Nemzeti Bank rövid klímastressztesztjének módszertani bemutatása

Bach Alexandra – Csorba Norbert – Héjja Borbála – Kim Donát – Monostori Zoltán – Soós Gábor
Dániel – Szentmihályi Szabolcs – Várgedő Bálint

1. Bevezetés

A klímaváltozásból fakadó környezeti kockázatok régóta ismertek, amelyről a legátfogóbb képet az 1988-ban alapított Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) testület jelentései adják (*IPCC 2022*). E kockázatok pontos modellezése és mérése is komoly feladat, amely jelentős fejlődésen ment keresztül az elmúlt években. A globális felmelegedés nyomán növekvő fizikai kockázatok, valamint az ezek tompítására hivatott intézkedésekből eredő átállási kockázatok a gazdaságra is hatással lesznek. Az egyes gazdasági szereplők érintettsége térben és időben ugyanakkor erősen eltérő lesz, amely befolyással lesz az egyes pénzügyi intézmények portfóliójának minőségére is. Jelenleg nemzetközi szinten nincsenek kidolgozott egységes modellek, amelyek segítségével pontos képet tudnánk kapni valamely pénzügyi intézmény környezeti kockázatból fakadó sérülékenységről vagy közvetett károsanyag kibocsátásáról.

Az útkeresésében a klímakockázati stressztesztek ismét kitüntetett figyelmet kaptak, mivel az előrejelzés elengedhetetlen az éghajlatváltozásból fakadó kihívások megértéséhez. Ezért a Financial Stability Board által létrehozott, a klímaváltozással kapcsolatos nyilvánosságra hozatalok esetén irányadó *Task Force on Climate-related Financial Disclosures (2017)* is ajánlasként fogalmazza meg a jelentősebb vállalatok és pénzügyi intézmények számára a stressztesztek alkalmazását.

E tanulmányban a Magyar Nemzeti Bank rövidtávú klímastressztesztjét mutatjuk be, amely segítségével megvizsgálható a hazai hitelintézetek által finanszírozott vállalati szektor átállási kockázata egy potenciális karbonadó kapcsán. A módszertant 2021 tavaszától kezdtük kidolgozni. Ugyanakkor a téma aktualitását fokozzák a napjainkban tapasztalt magas energiaárak miatt bekövetkezett ellátási és gazdasági zavarok. A magas fosszilis energiahordozóknak kitett iparágak sorra kényszerülnek leállásra a megnövekedett költségek miatt.

A tanulmányban röviden bemutatjuk a releváns hazai és nemzetközi szakirodalmat. A harmadik fejezetben áttekintjük az MNB Polaris ökonometria makrogazdasági modelljét, amely segítségével különböző makrogazdasági scenáriók készíthetők. A negyedik fejezetben az ágazati eltérítés modult mutatjuk be, amely alapján az átállási sokk eltérő hatást fejt ki a különböző szektorokban tevékenykedő cégekre. Az ötödik fejezetben részletesen megvizsgáljuk a stresszteszt hitelkockázati modulját. Arra is kitérünk, hogyan épül bele az ágazati eltérítés a modellbe, vagyis hogyan érvényesülnek a klimatikus scenáriók. Végezetül a konklúziók és továbblépési lehetőségek áttekintésével zárul a tanulmány.

2. Irodalmi áttekintés és az MNB felügyeleti stressztesztje

A kockázatkezelési szakmában a stresszteszteknek alapvetően három típusát szokták megkülönböztetni (*GARP 2020*): forgatókönyvelemzés, fordított stresszteszt és érzékenységvizsgálat. A klímakockázati stressztesztek esetében a forgatókönyvelemzés adja azt a keretrendszert, amely a sokkok plauzibilis nagyságával és a stresszteszttől várt átfogó output tekintetében a leginkább megfelel a fenti céloknak.

A forgatókönyvelemzés végrehajtására eltérő gyakorlatok érvényesülnek abból a szempontból, hogy mely szereplő és milyen módszertanok alapján végzi el annak a becslését, hogy valamely kedvezőtlen (környezeti/makrogazdasági/pénzügyi) forgatókönyv milyen hatással van az intézmények eredménykimutatására, mérlegére, tőkeszintjére. Az egyik véglet a teljesen bottom-up stresszteszt, amely során az egyes felügyelt intézményekre van bízva a hatások kiszámítása, és a felügyelet leginkább a banki számítások ellenőrzését végzi. A másik véglet a teljesen top-down stresszteszt, amelynek keretében a felügyelt intézmények csupán alacsony aggregáltsági szintű adatokat adnak meg, és a felügyelet számítja ki az egységes forgatókönyv intézményi hatásait.

Rátérve a globális felmelegedés problémájára, már most érzékelhetőek akut éghajlati anomáliák, mint a hóhullámok és futótűzek számának növekedése. (Jones et al. 2020) Krónikus hatások miatt egyes régiókban jelentősen romlanak az életkörülmények (Chersich et al. 2018, ENSZ 2021). Bizonyos klimatikus változások ugyanakkor hosszabb időtávon bontakoznak ki, így a fizikai hatásuknak modellezéséhez is 20-30 éves időtávot kell felölelni. A 2019-es IPCC riport felhívta a figyelmet: modellezésük alapján a növekvő hőmérséklet tovább gyorsítja jégtakarók és gleccserek olvadását, amely tovább fokozza tengerszint növekedését (IPCC 2019). Ezzel szemben a „hagyományos” felügyeleti stressztesztek 2-3-5 éves időtávon mérték fel az intézmények prudens működését.

Ebből következik, hogy a nemzetközi gyakorlatban is két megközelítés alakult ki a klímastressztesztek vonatkozási idejére vonatkozóan, a rövid és hosszútávú gyakorlat. A rövidtávú stressztesztek, igazodva a felügyelet gyakorlatához, 2-3-5 éves időtávon vizsgálják az intézmények klímakitettséget, jellemzően egy-egy specifikus átállási vagy fizikai kockázaton keresztül. Ezzel szemben a hosszútávú stressztesztek jellemzően 20-30 éves időhorizontú scenáriók mentén számszerűsítik a fizikai és átállási kockázatokat a hitelintézeti szektorban. A hosszútávú stressztesztek alkalmasabbak összetett, a hitelintézetek üzleti modelljének fenntarthatóságának vizsgálatára. Rövid klímastressztesztek esetén kevesebb feltevéssel kell élni és lehetőséget biztosítani az egyes intézmények átállási kockázatának feltárására. Ezért a két megközelítés, bár látszólag azonos, de tekinthető egymás komplementer megközelítésének.

A hosszútávú klímastressztesztek közül fontos megemlíteni a francia felügyelet (*Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution and Banque de France 2021*) és a Bank of England (*Bank of England 2019*) által vizsgált bottom-up típusú gyakorlatokat. Ebben az esetben a piaci szereplők bevonásával készült stressztesztek képesek figyelembe venni az egyes intézmények vezető testületei hipotetikus intézkedéseit is. Emellett az Európai Központi Bank is publikálta úgynevezett top-down, vagyis a saját szakértői által lefejlesztett hosszútávú stressztesztjét (*Alogoskoufis et al. 2021*). Ezeknél a gyakorlatoknál az NGFS (Network for Greening the Financial System) scenárióit vették alapul.

Az osztrák nemzeti bank (Oesterreichische Nationalbank) rövidtávú átállási stresszteszt módszertanát publikálta (*Guth et al. 2021*). A szerzők egy bevezetett karbonadó hatását modellezik az osztrák hitelintézeti szektorban, rendezett és rendezetlen scenárió alapján. A modellezés az ár alapú input output modellből kiindulva, több lépcsőben építi be a karbonárak sokkját a szektorok gazdasági teljesítményébe. Az MNB rövidtávú klímastressztesztje a legtöbb hasonlóságot a De Nederlandsche Bank által vizsgált energiaátállási stressztesztjével (*Vermeulen et al. 2018*) mutatja. A szerzők alapul a NiGEM makromodellt vették, amelyet továbbfejlesztve modellezni tudták a karbonkockázati sokkok ágazati hatását. A holland modellben is nem csupán az egyes szereplők karbonkibocsátását vették alapul, hanem a termelési láncból fakadó teljes karbonársokkot beépítették a modellbe. Mindkét stresszteszt alapján a karbonár-sokkok „jelentős, de kezelhető” veszteségeket okozhatnak a pénzügyi szereplőknek.

A Magyar Nemzeti Bank szakértői eddig is számos módszertannal vizsgálták a hitelintézetek klímakitettségét. *Bokor (2021)* karbonkockázati indexet javasol, amelyben a kitettségeket üvegházhatású gáz (ÜHG) intenzitással súlyozva időben és vertikálisan is mérhető az egyes intézmények átállási kockázata. *Ritter (2022)* a hazai hitelintézeti szektort hasonlította össze az EBA felméréssel üvegházintenzitás és átállási kockázatnak való kitettség alapján (CPRS 1-6 - Carbon Policy Relevant Sectors módszertan). Végezetül a Cambridge Econometrics klímaszcenáriói alapján *Bokor (2022)* a hazai hitelintézetekre vizsgálta a nemteljesítő hitelek arányát nemzetgazdasági ágazatonként 2050-ig. A három legjobban kitett szektor a kereskedelmi ingatlan, fa és papíripar és szálláshely és vendéglátó iparág volt. Fontos tanulság, hogy ha a glóbusz rendezetten áll klímabarát működésre, akkor a hazai gazdaság nettó nyertes lesz, részben a jelentősen csökkenő szénhidrogén-import, és az ezáltal javuló folyó fizetési mérlegnek köszönhetően.

Az MNB a rövidtávú átállási kockázati stressztesztjét alapvetően a Felügyeleti stressztesztjének alapjain futtatja. A stressztesztelési keretrendszert az MNB stábjában egyrészt az ICAAP¹ felülvizsgálatokon a P2G² meghatározására, másrészt számos belső elemzés során is használja. A módszertan a korábban említett top down – bottom-up skála top-downhoz közelebb eső részén található, hiszen legfőképp az intézmények rendszeres felügyeleti adatszolgáltatásaira támaszkodik és saját fejlesztésű, bankszektorszintű adatokon nyugvó statisztikai modellekkel, a szektor különböző szereplőire egységesen számítja ki a stressz hatását. Így a kapott eredmények összehasonlíthatóak az intézmények között. Az MNB ICAAP Kézikönyvével (*MNB 2021*) összhangban itt is cél olyan átfogó képet kapni az intézmények kockázati kitettségeiről és sebezhetőségéről, amely kivételes, ám elképzelhető helyzeteket mutat be, ritka, de számottevő következményekkel járó (környezeti) kockázati események következtében. Ehhez előretekintő jelleggel, átfogó módon, integrált keretben szükséges felmérni az intézmény összes materiálisnak tekintett kockázatát (többek között: hitelezési kockázat, partnerkockázat, piaci kockázat, kamatkockázat, működési és üzletviteli kockázat).

Másik alapvető megközelítés, amelyre eltérő gyakorlatok léteznek, az a stresszteszt alapját nyújtó mérlegfeltevés. A leggyakrabban használt mérlegfeltevések a következők: 1) bruttó statikus, amikor a bruttó eszköz- és forrásállomány változatlan, de a hitelek nemteljesítő aránya nő; 2) nettó statikus, amikor a nettó hitelállomány változatlan, azaz a bank az értékvesztés összegét új folyósítással ellensúlyozza; 3) dinamikus, amikor az egész mérleg változhat.

Az MNB bonyolultabb, de realisztikusabb eredményre vezető dinamikus mérlegfeltevést alkalmaz. Annak során a szegmensekre bontott hitel- és betétállományok alakulását jelzi előre; olyan módon, hogy a legutóbbi pénzügyi válságban megfigyelt hitel- és betétállományok dinamikáját köti össze különböző releváns makrogazdasági változókkal. Ez úgy történik, hogy a szegmensekre bontott állományok előrejelzése megtörténik alap- és stresszpályán is, majd a két pálya dinamikájának különbségét (delta értéket) a modell rávetíti az MNB jelenlegi baseline hitel- és betétpálya előrejelzéseire, ezáltal kiszámolva a stresszben alkalmazandó dinamikát. Az előrejelzett hitel- és a betétoldali változások eltérését az értékpapírállomány egyensúlyozza ki, azaz az értékpapír sor változtatása teszi teljessé a mérlegegyezőséget. A dinamikus mérlegfeltevés egyaránt hat az intézmények eredményére és kockázattal súlyozott eszközértékére, vagyis az RWA-jára, ezért a CET1 rátára kifejtett hatás e kettő eredőjeként jön létre.

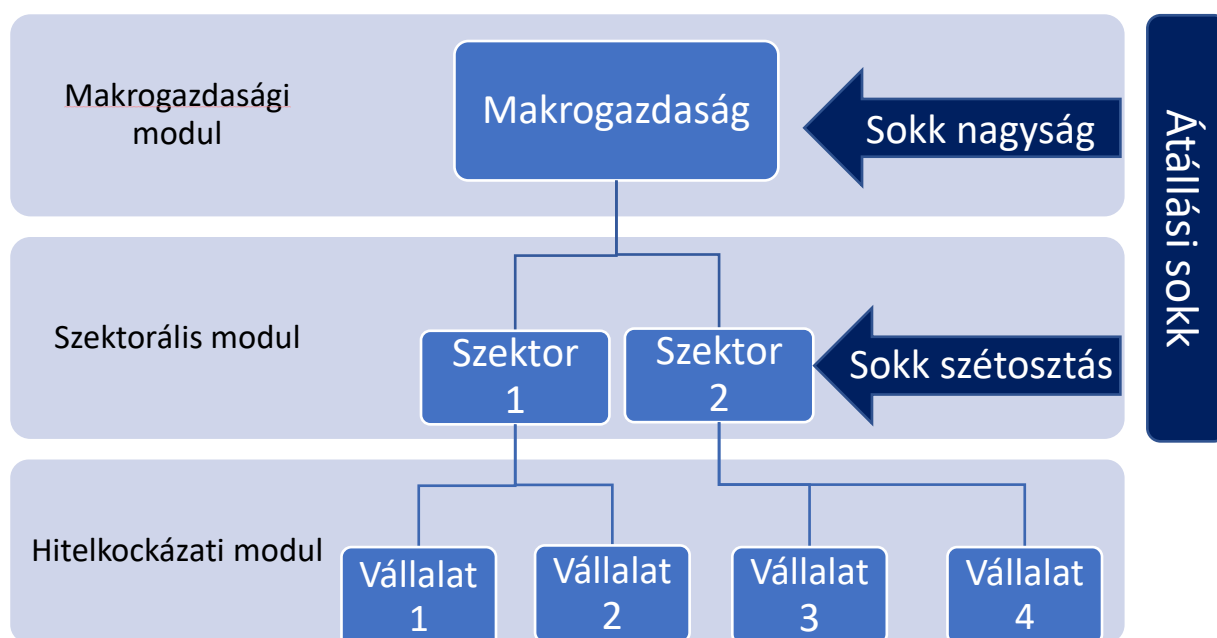
¹ Internal Capital Adequacy Assessment Process, tőkeMegfelelés belső értékelési folyamata.

² Pillar 2 (capital) Guidance, második pilléres tőkeajánlás.

A Felügyeleti stresszteszt két éves időhorizontú, így az intézményspecifikus átállási kockázatok megragadására használható. Az időhorizont és a top-down lebonyolításból adódóan így *Guth et al. 2021* és *Vermeulen et al. 2018* stressztesztjeihez áll közelebb.

A gyakorlat lebonyolítása három modulra osztható. Az első modul átállási sokk hatásait számszerűsíti a makrogazdasági mutatókra. Ez az átállási sokk a fosszilis energiahordozók megnövekedett felhasználási költségét foglalja magában, ami például karbonadó kivetésének közvetlen következménye. A makrogazdasági modul eredményeit a szektorális modul inputként használja fel. Ez a modul osztja szét a teljes gazdaságra kiszámított sokkhatásokat az egyes szektorokra. A harmadik modul a hitelkockázati modul, ami az egyes vállalatokra jellemző, egyedi hitelkockázati faktorok és a makrogazdasági, valamint a szektorális modul eredményei alapján számszerűsíti valamely vállalat kockázati mutatóit.

1. ábra: A stresszteszt menetének sematikus ábrája



Forrás: Saját szerkesztés

A stresszteszt célja annak a bemutatása, hogy az egyes intézmények CET1 tőkéje, RWA-ja és CET1 rátája (standard feltevések mellett³) mekkora mértékben változik stresszpályán a nem stresszelt alappályához képest a két évet felölelő vizsgált időhorizonton.

A továbbiakban elsőképp a makrogazdasági modul számítási módszertanát ismertetjük, kiemelve az átállási sokk beépítésének módját. Ezután a szektorális modul működését ismertetjük, az elsődleges sokkok és a továbbterjedési csatornák számításának menetét. Végül a hitelkockázati modult tárgyaljuk

³ A bankok a vizsgált időszak alatt nem fizetnek osztalékot, nem vásárolnak vissza részvényt, illetve tőkeemelés sem történik.

s bemutatjuk, hogyan hatnak a karbonár-sokkból fakadó gazdasági változók a vállalati és lakossági hitelkockázatra.

3. Polaris modell: az MNB ökonometriai makrogazdasági modellje

A makrogazdasági modellek a valós gazdasági folyamatok leegyszerűsített ábrázolását és konzisztens keretrendszerben történő megjelenítését szolgálják. E megfontolás keretében többféle modellcsalád is rendelkezésre áll, mint lehetséges eszköz makrogazdasági folyamatok leírására, modellezésére, szimulációjára. Az aktuális klíma stressz-szenárióhoz szükséges makrogazdasági számításokat olyan, nagyobb méretű ökonometriai modellel (Polaris modell) végeztük, amelynek az adatokra való illeszkedése magas, és megfelelően széles körű leírását tartalmazza a valós hazai gazdasági folyamatoknak. Ennek megfelelően jól megragadja az aktuális szimulációhoz szükséges komplex hatásmechanizmusokat. A modell részletesen az MNB Füzetekben (Working Papers) megjelent tanulmányban olvasható (Soós *et al.* 2020).

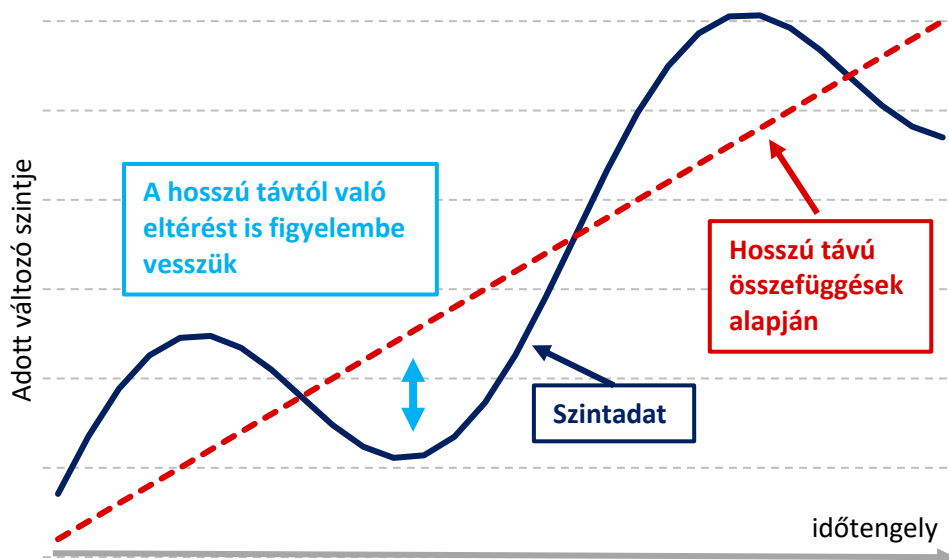
A Polaris modell elsősorban a negyedévente megjelenő Inflációs jelentés belső előrejelzési folyamatainak támogatására, valamint egyedi és komplex gazdaságpolitikai hatások szimulációjára alkalmas. Ez az eszköz lehetőséget nyújt arra, hogy a hazai makrogazdasági folyamatokat minél részletesebben minél jobban és pontosabban vizsgálhassuk, megérthessük, ezáltal konzisztens és minél robusztusabb makrogazdasági helyzetkép felállítása legyen biztosított (Soós *et al.* 2020).

Az aktuálisan bemutatásra kerülő Polaris modell az ökonometriai modellcsaládba tartozó eszköz, melynek nagy előnye a makrogazdasági adatokra való jó illeszkedés mellett, hogy hosszabb és rövidebb távú gazdasági összefüggéseket is figyelembe vesz, illetve dezaggregált felírást alkalmaz. Ez utóbbi pontosabb becslést, hatásosabb eredményeket és részletgazdagabb képet festhet a magyar makrogazdaságról. A modell emellett általános célú makrogazdasági folyamatok vizsgálatára is alkalmas. Ezen tulajdonságok alapján az aktuális stressz-szenárió számításokhoz megfelelő eszközt jelent, hogy a makrogazdasági folyamatokat feltérképezzük a szimuláció során, és mindezek révén a banki stressz-szenárió számításokhoz többlet információt adjon.

A Polaris módszertani szerkezetét tekintve olyan ökonometriai modell, mely ún. hibakorrekciós egyenleteket tartalmaz. Azaz hosszabb és rövidebb távú összefüggéseket is egyaránt megjelenít. Így gazdasági változók esetében tipikusan két egyenlet kerül felírásra, egyik a hosszú távú összefüggéseket (kointegrációt) megragadó, másik pedig a rövid távú gazdasági kapcsolat feltérképezését szolgálja. A hibakorrekciós modellforma lehetővé teszi, hogy a hosszú távú összefüggéseket és a rövid távú folyamatokat igazodási folyamattal összekapcsolja. A modell tehát egyadott változó rövid és hosszú távú alakulását is magyarázza⁴ (1. ábra).

⁴ Erre módszertanilag és empirikus megfigyelések alapján is szükség van. Ugyanis, ha a vizsgált változók kointegráltak, azaz létezik közöttük hosszú távú kapcsolat, akkor pusztán a változók rövid távú alakulására felírt (például kizárólag negyedéves változásokra felírt összefüggéseket tartalmazó) modellel készített becslés téves specifikációjú lenne. Így a kointegrált változók közötti rövid távú kapcsolatokat elemzésénél az adott változó hosszú távú egyensúlyától való előző időszaki eltérés is hatással van. Ezt a tagot nevezzük hibakorrekciós tagnak, az így felírt modelleket pedig hibakorrekciós modelleknek (Soós és szerzőtársai 2020).

2. ábra: Illusztratív példa egy makrogazdasági változó viselkedésére

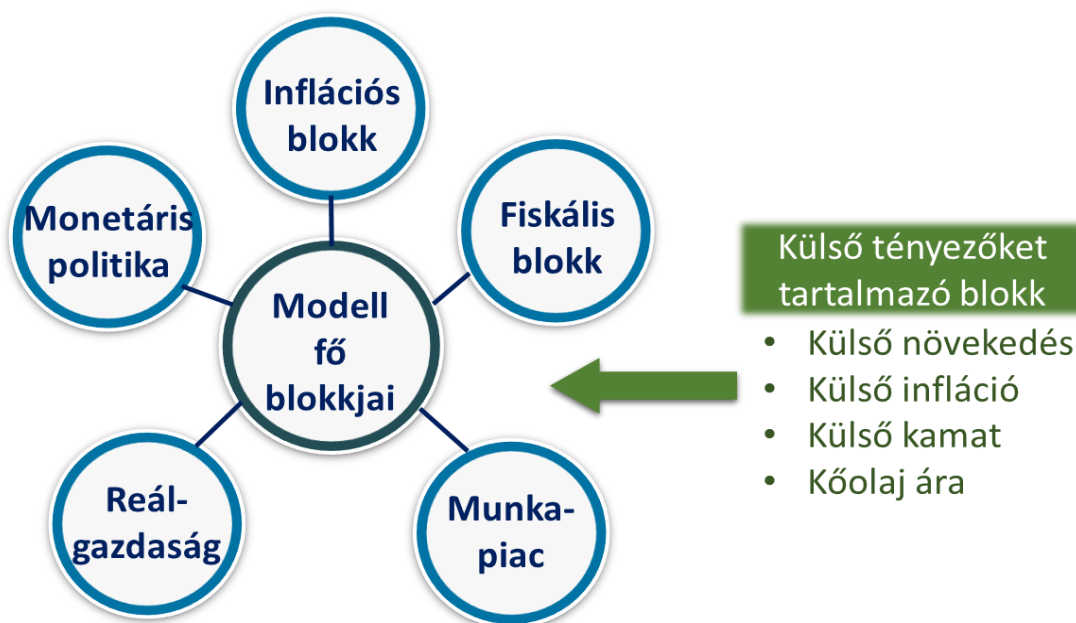


Megjegyzés: A Polarisban a hosszú és rövid távú folyamatokat egyaránt modellezzük.

Forrás: Soós et al. (2020).

A teljes modell kétszáznál is több összefüggést, azonosságot, gazdasági kapcsolatot tartalmaz. A Polaris modellben a gyakorlati alkalmazás során szükséges szerkezeti felépítés valósult meg. A főbb makrogazdasági változók ennek megfelelő mértékben kerültek felbontásra. A modell hazai változókat tartalmazó része alapvető fő blokkjai: inflációs, reálgazdasági, munkaerőpiaci valamint afiskális blokk. A modellben figyelembe vesszük a külső környezetet, ami közvetlenül kapcsolódik a hazai makrogazdasági változókhoz. Ilyen kiemeltebb exogén változó például felvevőpiacaink gazdasági növekedése, illetve fogyasztói árak, valamint a kamatok alakulása, illetve az éppen aktuálisan kiemeltebb változó, a kőolaj világpiaci ára (2. ábra).

3. ábra: A modell fő blokkjai



Forrás: Soós et al. (2020)

A modell reálgazdasági blokkjának felépítése alapvetően a GDP felhasználás oldali megbontására helyezi a hangsúlyt: így a lakossági fogyasztás, a beruházások, az export, import és a kormányzati fogyasztás, valamint e tényezők további dezaggregáltsági szintjei is szerepelnek a modellben. A fogyasztásra alapvetően a háztartások jövedelmi és vagyoni helyzete, valamint a gazdaságban érvényes kamatkondíciók hatnak. A beruházást a vállalati hitelállomány, munkaerőpiaci folyamatok és az export, illetve a kamatkörnyezet alakítja. Az export a külső kereslettől és a reálárfolyamtól függ, míg az import a felhasználási tételek importigényességéből adódik. A munkaerőpiacon a privát szektor béreit alapvetően három tényező határozza meg a mindenkori hatályos minimálbér mellett: a termelékenység, az inflációs várakozások, valamint a munkaerőpiaci kondíciók (munkaerőkereslet kínálat relatív helyzetének) alakulása.

Az inflációs blokk részletesebb felosztást kapott, hogy minél pontosabban azonosítani lehessen az árak alakulására ható különböző tényezők hatását. Az infláció modellezéstechnikai tekintetben alapvetően két fő részre bontható. Azokat újabb lépcsőben tovább dezaggregáljuk: az ún. maginflációs termékkör (szolgáltatások, iparcikkek, feldolgozott élelmiszerek) inflációja, valamint a maginfláción kívüli tételek (pl. üzemanyagár, nem feldolgozott élelmiszerek) árváltozása. A maginflációs tételeket a keresletérzékeny inflációra, illetve a feldolgozott élelmiszerárakra bontjuk, míg a maginfláción kívüli tételek közül a feldolgozatlan élelmiszerárakat, illetve az üzemanyagárakat modellezzük endogén módon. A keresletérzékeny inflációra, a gazdaság ciklikus helyzete mellett az árfolyam, a külső infláció, a fajlagos munkaerőköltség, az inflációs várakozások, valamint maguk a kőolaj/üzemanyagárak is hatnak. A feldolgozatlan és a feldolgozott élelmiszerárakat részben ugyanazok a tényezők befolyásolják. Ugyanakkor eltérő paraméterekkel: alapvetően költségoldali tényezők, a munkaerőköltség, a szállítási költségek okán az üzemanyagárak, az importár-hatások következtében az árfolyam, valamint a nyers élelmiszerek árai. Az üzemanyagárakat alapvetően a kőolaj világpiaci ára és a forint árfolyama határozza meg a modellben.

A Polaris modell ökonometriai megközelítésű. Így alapvetően adatokon becsült modellről van szó. Ugyanakkor bizonyos hatások számszerűsítése esetén más jegybanki elemzésekből származó információkat is felhasználtunk. A becsült modell paramétereit, összefüggéseit a legfrissebb és egyéb kutatásokból rendelkezésre álló információk alapján módosítottuk. Erre azért van szükség, mert míg a becsült modell a makrogazdasági kapcsolatok erősségéről múltbeli átlagos információt tud hordozni, addig az egyes makrogazdasági változók között fennálló hatások mértéküket tekintve időben változtak.

3.1. A modell üzemanyagár blokkja

Az átállási kockázatok vizsgálatánál a legelterjedtebb stresszscenário, ahogy az osztrák és holland példa is mutatja, a karbonár vagy karbonadó emelés hatására kialakuló karbonintenzív iparágakat érintő sokk jelenti. Ezzel egyfajta átállási kockázat modellezhető, amellyel megvizsgálható az alacsony karbon kibocsátású gazdaságra történő átállás.

A magyar gazdaságban az üzemanyagok súlya a fogyasztói kosáron belül relatíve magas nemzetközi összehasonlításban, így a kőolaj világpiaci ára közvetlenül nagyobb mértékben befolyásolja a teljes magyar infláció alakulását, mint a fejlettebb nyugat-európai országok esetében. A többi inflációs tételtől némileg eltérő magyarázó változói kör mellett e fenti tulajdonság indokolta, hogy külön kerüljön modellezésre a termékkör áralakulása. Az üzemanyagárakat alapvetően a kőolaj világpiaci ára és a forint árfolyama befolyásolja. Alábbiakban látható a piaci energiaárak blokk hosszú távú (1. egyenlet) és rövid távú egyenlete (2. egyenlet) a modellben.

$$\ln(PFUEL_{st}) = pfuelst_0 + pfuelst_1 \cdot \ln(S) + pfuelst_2 \cdot \ln(P_{OIL}) \quad (1)$$

A $PFUEL_{st}$ az üzemanyagár altételének hosszú távú értékét jelöli, S a nominális árfolyamot, míg a P_{OIL} a kőolajárakat. A $pfuel_{st_0}$ a konstans, $pfuel_{st_1}$ az árfolyam, illetve $pfuel_{st_2}$ a kőolaj együtthatói. Az egyes egyenletek becsléséhez az általános modellezési eljárásoknak megfelelően a változók természetes alapú logaritmusát használjuk.

$$\Delta \ln(PFUEL) = pfuel_0 + pfuel_1 \cdot \Delta \ln(S) + pfuel_2 \cdot \Delta \ln(P_{OIL}) + pfuel_3 \cdot \Delta \ln(PFUEL(-1)) + pfuel_4 \cdot (\ln(PFUEL(-1)) - \ln(pfuel_{st}(-1))) \quad (2)$$

ahol $PFUEL$ az infláció piaci energia altételét jelöli, $PFUEL(-1)$ egy időszaki késleltetését jelent, míg az egyenlet jobb oldalának utolsó tagja maga a hibakorrekciós tag, amely az eredményváltozó és annak hosszú távú egyensúlytól vett előző időszaki eltérése.⁵ A $pfuel_0$, $pfuel_1$, $pfuel_2$, $pfuel_3$ illetve $pfuel_4$ a rövid távú egyenlet megfelelő paraméterei.

3.2. Kőolajár sokk hatásmechanizmusának bemutatása

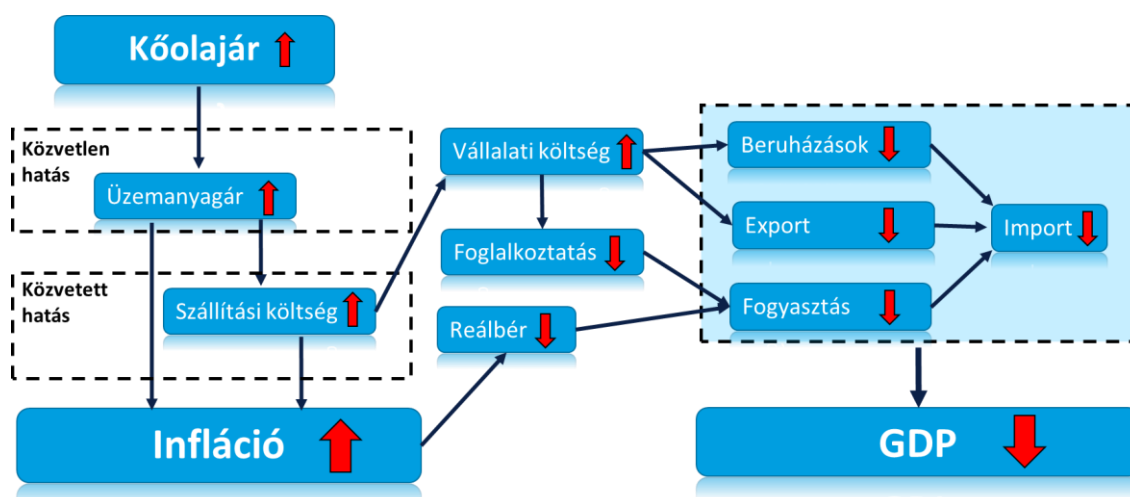
Tartósan magasabban alakuló olajárak közvetlenül (üzemanyagárak emelkedése) illetve közvetett módon is (vállalati költségek emelkedése) emelik a fogyasztói árakat és mérséklék a GDP-t (3. ábra). A közvetlen csatorna gyakorlatilag azonnal kifejti hatását a maginflációs termékkörön kívüli csoportba tartozó üzemanyagárakra, aminek következtében a lakosság tankolási kiadásai emelkednek, így csökken az egyéb termékekre, szolgáltatásokra fordítható jövedelem.⁶ Ezzel szemben a közvetett hatás időben némileg késleltetve jelenik csak meg. A magasabb üzemanyagárak emelik a vállalatok költségeit, aminek kigazdálkodása érdekében a vállalatok többféleképpen reagálhatnak: árai megemelésével, termelésük visszafogásával, illetve beruházásaik elhalasztásával. A szállítási költségek megnövekedése mind az élelmiszerek, mind a keresletérzékeny termékkörbe tartozó termékek árait emeli. Továbbá az importált fogyasztási javak árai is magasabban fognak alakulni annak következtében, hogy azokat az országokat is érintik a magasabb világpiaci olajárak, ahonnan ezeket a termékeket importáljuk. Így annak előállításánál során keletkező szállítási költségek mind beépülnek a termék általunk érzékelt végső árába. Az általános hazai kereslet csökkenése (többek között az alacsonyabb lakossági fogyasztás) nyomán a vállalatoknak ezek kielégítésére kevesebbet kell termelniük, ami alacsonyabb input felhasználással jár.⁷ A lakosság rendelkezésre álló jövedelmének a vásárlóértéke csökken (a magasabb inflációs környezet miatt), ami a lakossági fogyasztás visszaesésével jár. Az export a vállalatok alacsonyabb termelése és drágább szállítási költségek miatt mérséklődik. Az alacsonyabb belső felhasználási tételek miatt az import is visszafogottabban alakul. A GDP az alappályához képest összességében kisebb lesz.

⁵ Δ jelöli az adott változó előző időszakhoz képesti változását: $\Delta X = X_t - X_{t-1}$

⁶ Amennyiben tisztán piaci folyamatok befolyásolják csak az üzemanyagárakat.

⁷ Ugyanakkor a jelenlegi feszes munkaerőpiaci környezetben a vállalatoknak az alkalmazkodásra vélhetően kisebb terük van.

4. ábra: Kőolajár sokk egyszerűsített hatásmechanizmusa a modellben



Forrás: Saját készítés

4. Ágazati eltérítés

A kőolajár emelkedése a magas üvegházhatású gáz kibocsátással járó tevékenységeket fokozottabban fogja terhelni. Ide tartozik például a szénhidrogén alapú áramtermelés vagy az acélgyártás. Ezért elengedhetetlen a sokkra legérzékenyebb gazdasági szektorok beazonosítása és azokat intenzívebben finanszírozó és ezáltal nagyobb átállási kockázatnak kitett hitelintézetek azonosítása. A rövidtávú klímastressztesztünkbe ezt a fajta ágazati heterogenitást az egyéni vállalatok csődvalószínűségébe építjük be. A beépítés PD eltérítéseken keresztül történik, amelyeket ágazatonként határozzunk meg. Így az azonos ágazatban tevékenykedő vállalatok egységes mértékű csődvalószínűség emelkedést (vagy csökkenést) szenvednek el, a makrogazdasági pályák által indukált szinthez képest. A módszertan részletes leírását *Várgedő (2022)* tartalmazza. E fejezet is erre a tanulmányra támaszkodik.

A teljes bankrendszerre vetítve, az ágazati eltérítések nem jelentenek többlet makrogazdasági sokkot, kitettséggel súlyozva az eltérítések összege nulla. Az eltérítések ugyanakkor egyes intézmények szintjén jelentős hatással bírhatnak, a hitelintézetek heterogén portfóliójából adódóan. Ezáltal azonosíthatóak a karbonár növekedésből fakadó átállási kockázatnak jobban kitett bankok.

A karbonár emelés esetén az elsődleges sokk mértéke jól közelíthető az ágazat ÜHG-intenzitásával. Minél magasabb az egységnyi hozzáadott értékre jutó szén-dioxid ekvivalens kibocsátás, annál kitettebb az adott ágazat. Az egyes ágazatok ÜHG intenzitása az Eurostat adatbázisából elérhető, 64 ágazat szerinti bontásban. Értelmszerűen csak a nemzetgazdasági ágak egymáshoz viszonyított aránya hordoz információt. A nemzetgazdasági ágak betűjele és megnevezése a 1. táblázatból olvasható ki. A gazdaság egyes részeit fokozottabban érinti az intézkedés, főképp a villamosenergia és gázellátással is foglalkozó D, valamint a bányászati B és a közműveket üzemeltető E ágak érintettek elsődlegesen magas ÜHG-intenzitásuk miatt.

1. táblázat: Nemzetgazdasági ágak betűjele és megnevezése

A	Mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, halászat
B	Bányászat, kőfejtés

C	Feldolgozóipar
D	Villamosenergia-, gáz-, gőzellátás, légkondicionálás
E	Vízellátás; szennyvíz gyűjtése, kezelése, hulladékgazdálkodás, szennyeződésmentesítés
F	Építőipar
G	Kereskedelem, gépjárműjavítás
H	Szállítás, raktározás
I	Szálláshely-szolgáltatás, vendéglátás
J	Információ, kommunikáció
K	Pénzügyi, biztosítási tevékenység
L	Ingatlanügyletek
M	Szakmai, tudományos, műszaki tevékenység
N	Adminisztratív és szolgáltatást támogató tevékenység
O	Közigazgatás, védelem; kötelező társadalombiztosítás
P	Oktatás
Q	Humán-egészségügyi, szociális ellátás
R	Művészet, szórakoztatás, szabad idő
S	Egyéb szolgáltatás
T	Háztartás munkaadói tevékenysége; termék előállítás, szolgáltatás végzése saját fogyasztásra
U	Területen kívüli szervezet

Forrás: KSH (2019)

Több csatornán keresztül is negatívan hathat valamely vállalat fundamentumaira, ha olyan ágazatban tevékenykedik, amely fő bemeneti anyagfelhasználásának jelentősen emelkedik az ára. Amennyiben a vállalat a megemelkedett költségeket nem képes (közel) teljes mértékben áthárítani a fogyasztókra, erősen romolhat a profitabilitása. Továbbá a kereslet is csökken a megdrágult termék iránt, a jószág árrugalmasságától függően. Így az új egyensúlyban értékesített, alacsonyabb volumen alacsonyabb árbevételt jelent a vállalat számára. A közgazdasági logika szerint mindkét hatás a vállalat csődvalószínűségének növekedésével jár.

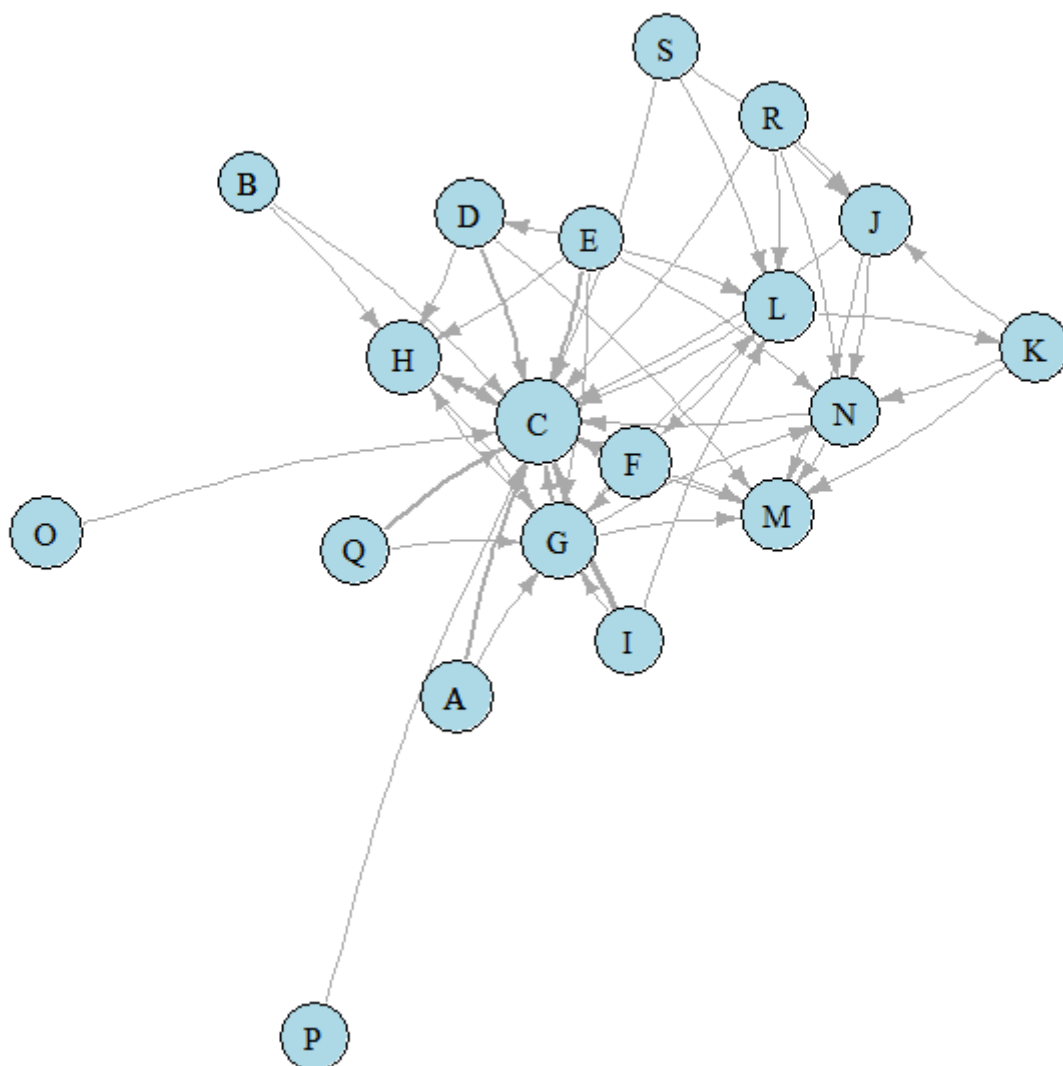
Ahogy a fenti gondolatmenetekből is látszik, az intézkedések által okozott sokkok a termelési lánc összes szereplőjére hatással lehetnek. Ez mind a költség áthárítás, mind a csökkenő kereslet esetén elmondható. Ez szükségessé teszi az ágazatok kapcsolatának modellezését, a gazdasági tevékenységek hálózatának feltárását. Ennek alapjául az Ágazati Kapcsolatok Mérlege szolgálhat, amely a nemzetgazdasági ágazatok termelési kapcsolatait, beszállítói hálózatait írja le. A gazdasági szektorok hálózatának szerepét többen kutatták már az egyes szektorokat ért idioszinkratikus sokkjainak tovább terjedése kapcsán (*Horvath 2000, Acemoğlu et al. 2012*). A módszertan így részben ezekre a tanulmányokra is épül.

A modul módszertana szerint a kezdeti sokkok továbbterjedését szektorális hálózat teríti szét a gazdaság ágazatai között. A hálózatban a különböző szektorok csúcsoikként funkcionálnak. Az ágazatok között fennálló kapcsolatok, amelyeken keresztül a sokkok terjednek pedig a hálózat éleiként jelennek meg. A szektorok között fennálló kapcsolatok kifejezetten heterogének, így a minél pontosabb reprezentáció érdekében érdemes súlyozott élek segítségével dolgozni. Emellett mivel két ágazat kapcsolata nem feltétlenül szimmetrikus, ezért irányított élek alkalmazása lehet célszerű. Az előbbi két kitétel mindegyikének megfelel, ha a sokkok a szektorok között az Ágazati Kapcsolatok Mérlege alapján képzett hálózat alapján terítődnek szét.

Két ágazat kapcsolatának szorosságát, azaz a köztük futó él súlyának nagysága az ún. közvetlen ráfordítások alapján kerül meghatározásra. Ez az egyik ágazat által a termelés során felhasznált, a másik ágazat által kibocsátott javak értéke. Ezeket a közvetlen ráfordításokat normalizálva a szektor bruttó kibocsátásával adódnak a technológiai együtthatók, amelyek pedig a hálózat éleit alkotják. A két ágazat között fennálló élek így értelmezhetőek úgy, mint az egységnyi kibocsátásához szükséges inputok mennyisége a másik ágazat outputjából. Előfordulhat, hogy adott szektor végső kibocsátásának előállításához saját szektorának kibocsátása felhasználásra kerül a termelés során. Ebből fakadóan hurokélek is megjelenhetnek a hálózatban.

Az előzőek szerint létrehozott hálózat reprezentációja az 5. ábrán látható. Csak a relatíve erős kapcsolatokat megjelenítő élek láthatók. A granulásabb ágazati bontás helyett az átláthatóság érdekében a nemzetgazdasági ágak szintjén aggregált hálózat látható az ábrán. A nemzetgazdasági ágak közül a D főképp a C (Feldolgozóipar), illetve a H (Szállítás, raktározás) felé továbbítja a kezdeti sokkokat első lépésében. A B nemzetgazdasági ág, melyet szintén jelentős átállási sokkok érnek kezdetben, erős kapcsolatokkal rendelkezik szintén a H és az M (Szakmai, tudományos, műszaki tevékenység) irányába. A közműveket lefedő E nemzetgazdasági ág a D, C és L (Ingatlanügyletek) csúcsok irányába továbbít sokkokat.

5. ábra: A magyar gazdaság ágazati hálózata



[A magyar nemzetgazdasági ágak technológiai együttthatók alapján képzett hálózatának reprezentációja. A csúcsok az egyes nemzetgazdasági ágakat, az irányított élek a köztük fennálló a technológiai együttthatók nagyságával súlyozottak. A hurokélek, illetve a kisebb, mint 0,03 mértékű technológiai együttthatóval rendelkező élek az ábrán nincsenek feltüntetve. Az egyes csúcsok nagysága az adott nemzetgazdasági ág bruttó kibocsátásával arányosított. A hálózat csúcsainak elhelyezkedése a Fruchterman-Reingold algoritmus szerint került meghatározásra. A technológiai együttthatók számítása a szövegben leírtak szerint zajlott, a KSH 2015-ös szimmetrikus, szervezet-szervezet ÁKM-je alapján készült. Forrás: Várgedő (2022)]

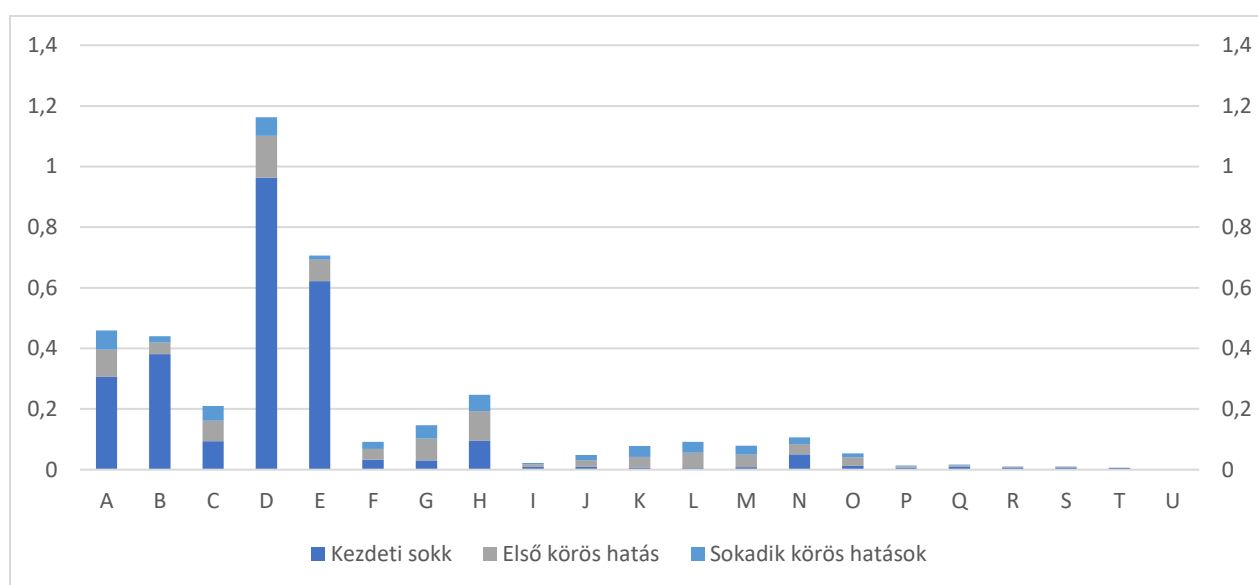
Az így kapott hálózatban alapvetően minél több kifelé mutató kapcsolódása van valamely szektornak, annál jobban terjeszti tovább az őt ért sokkokat a többi ágazat felé. Ezzel együtt minél több befelé irányuló kapcsolata van (felé irányított élek súlyának összege), annál nagyobb mértékben érik el az adott szektort máshonnan eredő sokkhatások. Így egyfajta centralitását mérik a szektoroknak a ki- és befelé irányuló élek értékei. Amennyiben a kezdeti sokkok egyszer továbbterjednek a hálózaton, az első körben terjedt sokkok is érik a kezdeti sokk mellett a szektorokat. Majd, ha ezek az első körben terjedt sokkok szintén továbbterjednek, további terjedés során másodkörössé válnak, amelyek aztán

szintén tovább terjedhetnek. Ez a folyamat pedig egyre kisebb amplitúdóval folytatódik tovább és tovább.

A hálózat szomszédság mátrixának segítségével felgöngyölíthető ez a folyamat. Végül adódik, hogy a teljesen tovább terjedt sokk – ami egyensúlyi sokknak is felfogható- a kezdeti sokk és a szomszédsági mátrix Leontyev-inverzének szorzataként áll elő. Utóbbi az input-output modellezésekből lehet ismert, interpretációja, hogy valamely ágazatot érintő keresleti sokk – a sokk tovább terjedése után – hogyan érinti a teljes gazdaság kibocsátását.

A 3. ábrán az eddigiekben tárgyalt sokkok láthatóak, a nemzetgazdasági ágakat érő kezdeti sokkok, majd a kezdeti sokk első- és további körös terjedései a hálózaton. Látható, a hálózaton szétterjedt sokkok jobban eloszanak az ágak között, mint a kezdeti sokkok, melyek kifejezetten heterogénen érintik az egyes ágakat.

6. ábra: Sokk terjedés eredménye az ágazati hálózaton



Kiegészítés: Kék színnel a kezdeti sokk, pirossal az első körös terjedés, sárgával pedig a sokadik körös terjedés látható, nemzetgazdasági bontásban. A sokkok egymáshoz viszonyított nagysága bír információ tartalommal.
Forrás: Várgedő (2022)

Az eddigi számítások dimenzió nélküliek voltak, azaz csak az egyes szektorok egymáshoz mért relatív érintettségét lehetséges meghatározni a szektorális modul számításai alapján. Az átállási sokkok abszolút mértékét a makrogazdasági modul eredményei határozzák meg, a szektorális modul ezek allokálásért felel. Az ágazati hatások beépítése a vállalati PD-k szektor specifikus módosításainak segítségével történik, a 0 alfejezet alapján.

5. A hitelkockázati modul

Az intézményi stresszteszt egyik legfőbb komponense a hitelkockázat, amelynek alakulása meghatározza a bank értékvesztés szükségletét, az eredménykimutatáson keresztül pedig az alappályán és a stresszpályán elért pénzügyi eredmények közti különbséget is. Hatással van a szabad tőkére a hitelkockázati RWA alakulása is, amely szintén jelentősen eltér a különböző scenáriók között. A hitelkockázati RWA előrejelzése során azzal a feltételezéssel élünk, hogy a bank által alkalmazott tényidőszaki Pillér 1-es kockázati súlyok változatlanok maradnak mind a stressz-, mind az alappálya során. A sztenderd hitelkockázati RWA-t a kockázati súlyokon kívül a bruttó kitettség, az értékvesztés

sztintje és a nem teljesítő kategóriába történő migráció határozza meg. A hitelkockázati RWA értékek szegmensenként kerülnek kiszámításra majd aggregálásra.

5.1. Vállalati hitelkockázati modell

A stresszhelyzeti makroökonómiai állapotok bekövetkezésének vállalati hitelportfóliókra gyakorolt hatását az MNB vállalati csőd- és stage-átmenetvalószínűségeket előrejelző modelljével, illetve értékvesztés-számítási módszertanával számszerűsítjük. A vállalati PD-és stage-modell részletesen bemutatásra kerül *Horváth (2021)* cikkében, így jelen tanulmányban csak a modell sarokköveit foglaljuk össze.

A vállalati csőd- és átmenetvalószínűség-modell a hazai bankszektor több szereplőjét magában foglaló, ügyfélszintű, teljes gazdasági ciklust lefedő default-adatbázison megbecsült modell, amelynek diszkriminációs ereje a visszamérések alapján megfelelő, ezáltal alkalmas a magyar bankrendszer szereplőinek stresszhelyzetben elszenvedett hitelezési veszteségeinek előrevetítésére. A modell széleskörű makrogazdasági és ügyfélszintű változóhalmazra épül. Utóbbiak közül a munkaerőpiac állapota és a háztartási szektor jövedelmi helyzete bizonyult a leginkább meghatározónak. A végső modell az alábbi változókat tartalmazza:

2. táblázat: A vállalati PD modell változói

Makrogazdasági változók	Ügyfélszintű pénzügyi változók	Ügyfélszintű nem pénzügyi változók
Foglalkoztatottság	Megtérülés	Tulajdonos nem állami-e
Háztartások rendelkezésre álló jövedelme	Tőkeellátottság	Tulajdonos külföldi-e
Árfolyam	Árbevétel-arányos jövedelem	Szegmens mikro/kisvállalati-e
Átlagkereset a versenyszférában	Adósságfedezet	Ágazat közepes kockázatú-e
Infláció, valamint annak egy évvel késleltetett értéke	Rövid likviditás	Ágazat magas kockázatú-e
Foglalkoztatottság egy évvel késleltetett értéke	Hosszú likviditás	
Háztartások rendelkezésre álló jövedelmének egy évvel késleltetett értéke		
Import egy évvel késleltetett értéke		

Forrás: *Horváth (2021)*

A fenti változókat tartalmazó binomiális logit modell szignifikáns makrogazdasági változóinak átlagos parciális valószínűségi együtthatóinak felhasználásával kerül megbecslésre a vállalatok alap- és a stresszelt makropályákon várható átlagos PD szintjei közötti különbség, az érintett makrogazdasági változók alap- és stresszelt értékei közötti különbségek és a változók együtthatóinak szorzatösszegeként. Az így számolt átlagos PD hatást az alábbi, szektorális modul módszertan segítségével terítjük szét a bankok, illetve ügyleteik között, a hitelezett ügyletek nemzetgazdasági ágazatok közötti megoszlása alapján.

5.2. A szektorális modul beillesztése a vállalati nemteljesítési modellbe

A szektorális modul beillesztése során a minél nagyobb összhangra törekedtünk már meglévő stressztesztelési módszertannal, *Várgedő (2022)* alapján. Ezt a következő két kikötés biztosította számunkra:

- Makrogazdasági koherencia: a stressz scenáriók makrogazdasági pályái által indikált szinten az átlagos PD a gazdaságban
- Szektorális koherencia: S teljes sokk relatív nagysága határozza meg, hogy i ágazat j ágazathoz képest mekkora PD növekményt szenved el az alappályához viszonyítva a stressz scenárió során

A fenti koherencia kikötések segítségével már mind az egyes ágazatokat érő PD hatások, mind a PD eltérések számszerűsíthetők, felhasználva, hogy makrogazdasági pályák mind a stressz scenáriókra, mind az alappályára készülnek. Minden stresszpálya esetén az adott szektor PD hatása (dPD^i) a pályára vonatkozó makrogazdasági stressz hatás (dPD_{makro}) és a szektorspecifikus hatás ($dPD_{elterit}^i$) összegeként áll elő.

$$\forall i \text{ szektorra: } dPD_{makro} + dPD_{elterit}^i = dPD^i \quad (3)$$

A makrogazdasági stresszhatás az alappálya és a stresszpálya között fennálló PD különbséggel becsülhető, az eltérés összege pedig a két kikötés és a dPD_{makro} érték ismeretében már adódik (Várgedő (2022)). Bevezetve a w^i jelölést az i ágazat hitelezési súlyára, a két megkötés a következő alakot veszi fel:

$$\text{Makrogazdasági koherencia: } \sum_i w_i dPD_{elterit}^i = 0$$

$$\text{Szektorális koherencia: } \forall i \text{ szektorra: } \frac{dPD^i}{dPD^1} = \frac{dPD_{makro} + dPD_{elterit}^i}{dPD_{makro} + dPD_{elterit}^1} = \frac{S_i}{S_1}$$

Az egyenletrendszer megoldása:

$$\forall i \text{ szektorra: } dPD_{elterit}^i = dPD_{makro} \left(\frac{S_i}{\sum_j w_j S_j} - 1 \right) \quad (4)$$

Adott szektor PD eltérése interpretálható úgy, hogy az ágazatot érő teljes sokk és az átlagos szektort érő teljes sokk arányától függ, az eltérés nagyságát pedig a makrogazdasági PD hatás határozza meg. A teljes sokk egymáshoz viszonyított értéke analóg a Vermeulen et al. 2018 stressztesztjében használt átállási sérülékenység faktorról.

A makrogazdasági PD sokk becsülhető a makrogazdasági mutatók eltéréseinek és a stressztesztben használt point-in-time PD modell segítségével. Horváth (2021) PD modelljében szereplő, legnagyobb hatású – szignifikáns – makrogazdasági változói a háztartások rendelkezésre álló jövedelme, az infláció és a foglalkoztatottság és ezek késleltetései. A makrogazdasági PD hatás lineárisan közelíthető ezen makrogazdasági változók átlagos parciális hatások (β_j) segítségével. A dPD_{makro} kifejezetten a makrogazdasági környezetéből adódó PD hatás nagyságát kívánja megfogni, így az alappálya és a stresszpálya közötti makrogazdasági változók eltérése segítségével állítható elő.

$$dPD_{makro} = \beta_1(X_1^{stress} - X_1^{base}) + \dots + \beta_k(X_k^{stress} - X_k^{base}) \quad (5)$$

Így tehát a makrogazdasági PD hatás és a teljes sokk, valamint a hitelkihelyezések ágaztai eloszlásának eredményeképp előállíthatók a szektorális PD eltérések. Ezek segítségével így mind a makrogazdasági, mind az ágazat, mind a vállalat helyzete tükröződik a végleges PD számokban.

5.3. A vállalati hitelezési veszteség becslése a PD modellek segítségével

Miután a fenti módszerrel szétosztottuk a globális PD-hatást a bankok, illetve ügyleteik között, újra a csőd- és átmenetvalószínűség-modellt használjuk fel, ezúttal az ügyletek IFRS9-stage-ek közötti migrációjának megbecslésére. A stage-ek közti átmenetvalószínűségek a PD-modelltől eltérően nem

binomiális, hanem multinomiális logisztikus regresszió alapulnak, ami biztosítja, hogy az átmenetvalószínűségek konzisztensek legyenek egymással, vagyis a lehetséges kimenetekhez tartozó egyedi valószínűségek összege 1 legyen. A stresszteszt-eljárás során, az EBA (2019) módszertanának megfelelően, konzervatív módon nem megengedett a gyógyulás, a stage3–1 és stage3–2 átmenetkategóriák bekövetkezésének valószínűségét 0-nak tekintjük. A modellek az átmenetvalószínűségeknek a referenciakategóriákhoz (stage(1–1) és stage(2–2)) viszonyított értékét adják meg az alábbi változók alapján:

3. táblázat: A vállalati stage-átmenet modellek változói

Stage(1–2) és Stage(1-3) multinomiális logit modell	Stage(2–1) és Stage(2–3) multinomiális logit modell
Makrogazdasági változók	Makrogazdasági változók
Munkanélküliségi ráta	Foglalkoztatottság
Háztartások rendelkezésre álló jövedelme, valamint annak egy évvel késleltetett értéke	Háztartások rendelkezésre álló jövedelme
Árfolyam, valamint annak egy évvel késleltetett értéke	Foglalkoztatottság egy évvel késleltetett értéke
Infláció	
Foglalkoztatottság egy évvel késleltetett értéke	
Ügyfélszintű pénzügyi változók	Ügyfélszintű pénzügyi változók
Ugyanaz, mint a default modellben	Ugyanaz, mint a default modellben
Ügyfélszintű nem pénzügyi változók	Ügyfélszintű nem pénzügyi változók
Ugyanaz, mint a default modellben	Ugyanaz, mint a default modellben

Forrás: Saját szerkesztés

Az ügyfélszintű PD meghatározásához a fenti módon előállított default valószínűségek (vagyis a stage1-3 és stage 2-3 átmenetvalószínűségek) kerülnek módosításra az ügyfelek szegmensének megfelelő PD eltérítés mértékével, amely eltérítés lehet pozitív és negatív irányú is. Mivel az IFRS9 szabályainak megfelelően az értékvesztés szintjének meghatározásához a stage 2-es kitettségekre lifetime várható veszteséget kell számszerűsíteni, a stage-átmenetvalószínűségeket negyedévesítjük és végigfuttatjuk a hitel teljes hátralevő futamidején, így megkapva minden egyes hátralevő negyedévre az ügyletek egyes stage-ekbe tartozásának valószínűségét, és az adott negyedév default valószínűségét.

Az eltérített default valószínűségek és a stage migrációs valószínűségek birtokában még a nemteljesítéskori veszteségrátának (LGD), valamint a kitettség (EAD) alakulásának becslése szükséges ahhoz, hogy az alappálya és a stresszhelyzet megfelelő értékvesztés-szintje közötti különbséget az ügyletek szintjén számszerűsíteni tudjuk. A nemteljesítés esetén várható veszteségeket kétféle sokkal téríti el az értékvesztés-modellünk: az egyik a devizában denominált hitelek esetén alkalmazott FX sokk, a másik az ingatlanl fedezett hiteleket érintő ingatlanpiaci sokk. Az FX sokk mértéke a PD- és átmenetvalószínűségek meghatározásához is használt makroökonómiai stressz-előrejelzéssel megegyező mértékű. Az ingatlanpiaci sokk pedig a hitelkamatok változásán és a behajtási idők hosszabbodásán alapul. A hitelek ingatlanl és likvid fedezetekkel nem biztosított részén szakértői becslés révén megállapított fedezetlen LGD-növekedést feltételezünk.

A kitettségek alakulásnak előrejelzésekor a már korábban említett dinamikus mérlegfeltevést alkalmazzuk. A mérleg feltételezett alakulása az elmúlt időszakban, valamint a legutóbbi válságban megfigyelt állományváltozási trendeket ötvözi (intézményenként egyedi várakozásokkal), az új eszközök pedig a kifutó állományok tulajdonságait tükrözik. A stresszpályán a hitelkockázat számszerűsítésébe bevont mérlegen kívüli kitettségek arányát (CCF) is múltban megfigyelt folyamatoknak megfelelően alakítjuk.

Amennyiben a hitel hátralevő futamideje meghaladja a stresszpálya kétéves hosszát, úgy a modell azzal a feltételezéssel él, hogy a gazdasági és hitelkockázati paraméterek a stresszt követő hat évben fokozatosan, lineárisan visszahúznak az alappálya értékeihez, majd a lejáratig tartják azokat. Ez alól a kivételt a stage 3-as kitettségek hitelkockázati paraméterei képeznek, mivel azok megmaradnak a stressz szcenárió végén felvett LGD értéküknél.

Utolsó lépés a hitelkockázati paraméterek számszerűsítése után a várható hitelezési veszteségek kiszámítása az ügyletekre, stage-ek közötti megoszlástól függően egy éves, vagy az élettartam alatti időhorizonton. A stage 3-as (defaultos) ügyletekre az élettartam alatt várható hitelkockázati költség az ezen ügyletekre vonatkozó LGD értéke lesz, mivel a PD esetükben 100%. A teljesítő stage 2-es hitelekre az élettartamra vonatkozó hitelkockázati költség az aktuális kitettség, valamint a marginális PD és az LGD szorzataként számolódik. A stage 1-es hitelek értékvesztése az éves PD és az LGD szorzata.

5.4. Lakossági hitelkockázati modell

A jelzáloghitelek hitelkockázati modellje makro- és mikroszemléletű adatok felhasználása mellett képest megbecsülni a potenciális hitelkockázati veszteségeket a háztartásoknak nyújtott lakáscélú és szabad felhasználású jelzáloghitelekre vonatkozóan, amelyet részletesen ismertet *Szabó (2022)* tanulmánya.

A modell több hazai hitelintézet 2004-2018-as időszakot felölelő, ügyletszintű adatbázisán került kifejlesztésre. Első lépésként a hitelügyletek ügylet- és ügyféltulajdonságokra épülő, homogén csoportokba lettek besorolva kockázati alapon. A 10 kiválasztott ügylet- és ügyféltulajdonság tesztelésére olyan logisztikus regressziót alkalmaztak, amely eredményváltozója a csődesemény. Az eredményváltozó kétféle értéket vehet fel: 0 vagy 1. A változó értéke 1, amennyiben az időszak elején még teljesítő ügyfél a következő egy évben bármikor legalább 90 napot késik a törlesztőrészlet fizetésével.

A modellbe bevont mind a 10 magyarázóváltozó⁸ szignifikánsnak bizonyult. Azonban a köztük fennálló erős korreláció kiküszöbölése végett főkomponens-elemzéssel 4 transzformált változó került kialakításra belőlük. A főkomponensekkel elvégzett klaszteranalízis eredménye 4 különböző kockázati csoport kialakítását irányozta elő, azonban 2 klaszter összevonásra került, mivel a múltbeli csődvalószínűségekre hasonló eloszlást mutattak. A 3 klaszter átlagos csődvalószínűségei idősoros modellezés keretei között lineáris regresszió segítségével kerültek összekötésre makrogazdasági változókkal.

A kockázati csoportok felállítása tette lehetővé, hogy különböző makrogazdasági változók eltérő mértékben hassanak a heterogén kockázatú klaszterekre. A visszatesztelt backward szelekciós eljárással meghatározott többváltozós lineáris regressziók eredményeit az alábbi táblázat tartalmazza (*Szabó 2022*):

⁸A bevont magyarázó változók a felvett hitelösszeg, ügyfél iskolai végzettsége, ügyfél kora, hitelfelvétel óta eltelt idő, futamidő, adóstárs megléte, jövedelemarányos törlesztőrészlet mutató, hitelfedezeti mutató, termék típusa, termék devizaneme voltak.

4. táblázat: A backward szelekciós eljárással meghatározott többváltozós lineáris regressziók eredményei

	Klaszterek		
	1	2	3
Eredményváltozó / Magyarázó változók	d_DR_y	d_DR_y	d_DR_y
d_Foglalkoztatottság versenyszférában ^a	−0,05367**(0,0260)	−0,14823**(0,0619)	0,28462*** (0,0886)
d_Export	−0,01632**(0,0067)		
l1_d_GDP	−0,00028**(0,0001)		
d_Benchmark hozamgörbe_gov10y	0,00044**(0,0002)		
d_BUBOR 3 hónap	0,00145*** (0,0003)	0,00229**(0,0009)	0,00549*** (0,0012)
d_Háztartások nettó pénzügyi vagyona		−0,05383**(0,0226)	−0,08171** (0,0323)
l3_d_Benchmark hozamgörbe_gov1y		0,00193*** (0,0006)	
l1_d_BUX-index		−0,01027* (0,0055)	
l3_d_Háztartások rendelkezésre álló jövedelme			−0,08444** (0,0330)
Megjegyzés: *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01, zárójelben a standard hibák. A „d” a változó éves változását, az „l” a negyedéves késleltetés mértékét jelöli, míg az „y” az éves mivoltát jelzi a csődvalószínűségnek.			

Forrás: Szabó (2022)

Az IFRS9 számviteli sztenderdnek megfelelő hitelkockázati költségek számszerűsítéséhez a csődvalószínűségek előrejelzését átmenetvalószínűségekre kellett átalakítani. Ehhez az IFRS9-nek megfelelő stage besorolások a késedelmes napszámot figyelembe véve lettek kialakítva. A „stage 1a” elnevezésű csoportba kerültek azok az ügyletek, amelyek indulásuk óta soha nem estek 30 napnál nagyobb késedelembe. A „stage 1b” csoport azokat a valaha 30 napon túli késedelembe esett ügyleteket tartalmazza, melyeket a megfigyeléskor nem jellemzi késés vagy 30 napot meghaladó késedelem. A 31-90 napja késő fizetés az ügyleteket a „stage 2” kategóriába irányítja, míg a 90 napos késedelmén túli ügyletek a „stage 3”-ba kerülnek. A valaha „stage 3”-ba kerülő ügyletek esetében nem lehetséges a gyógyulás, vagyis az átmenet másik stage-be.

A nemteljesítő kategóriába történő átmenetvalószínűségeket a kiindulási valószínűségek és a szimulált PD értékek modellezett kapcsolata adja meg. A nemteljesítési kategóriába vándorlás valószínűségéből pedig lineáris regresszió segítségével megadható a stage 1 – stage 2 és a stage2 – stage 1 migrációs valószínűség is. (MNB 2021)

A hitelkockázati költség előrejelzéséhez használt LGD stresszelése a lakossági jelzáloghitelek esetében a hitelfedezeti mutatón keresztül történik. A devizában denominált hitelek esetében FX sokkot alkalmaztak a hitelfedezeti mutató számlálójában és a fedezet értékét érintő ingatlanpiaci sokkot a mutató nevezőjében. A stresszpályán elvártnak tekinthető értékvesztés szint a migrációs valószínűségek változásaiból kinyert PD-k, a külön stresszelt LGD-k, valamint az adott ügylet lejáratí idejének és effektív kamatlábának felhasználásával kerül kiszámításra, a hitelkockázati költség pedig e szintek különbségéből adódik. (MNB 2021)

A szintén a lakossági szegmensbe tartozó fogyasztási hitelek hitelkockázati modellezése eltérő karakterisztikájuk miatt nem a jelzáloghitel modellel történik. A fedezetlen lakossági hitelek regressziókön alapuló PD-modellje portfóliósintű, szemben az ügyletsintű jelzáloghitel modellel, azonban maga a hitelkockázati költség számítása azonos módszertan alapján valósul meg.

Habár legnagyobb mértékben a hitelkockázati költségek alakulása magyarázza az alappályán és a stresszpályán a bankok által elért pénzügyi eredmények közti különbséget, a gyakorlat során a banki CET1 tőkeakkumulációs különbözet és azon keresztül a CET1 ráta sokk számszerűsítésének érdekében stresszelés alá kerülnek a hitelkockázati költségek mellett más főbb eredménykategóriák is, mint például a nettó kamateredmény, a nettó díj- és jutalékeredmény, a kereskedési tevékenység és ártértékelődés nettó eredménye és a működési költségek.

6. Konklúzió

A rövid klímastresszteszt remek példája a Magyar Nemzeti Bank területek közötti együttműködésének. Komplex kihívás, hisz az átállási sokkot makrogazdasági modell, a Polaris segítségével a Közgazdasági Modellezési Főosztály modellezi. A makrogazdasági scenáriók egyedi ágazati hatásait és az érintettségeit a Fenntartható Pénzügyek Főosztály számszerűsíti. Végezetül ezek hatását a banki mérlegekre és saját tőke szintekre a Prudenciális Modellezési Főosztály vizsgálja és értékeli ki.

A nemzetközi folyamatok függvényében sokat fejlődhetnek ezen módszertanok. Azokat az MNB szakértői kiemelten nyomon követik. A stresszteszt továbbfejlesztésében nagy lehetőség az egyedi vállalati adatok magasabb fokú felhasználása. Ezt irányozza elő a Hitel Regiszter bővítése a taxonómiához és energiahatékonysághoz kapcsolódó kérdéskörökkel. Az első jelentett adatok 2023 nyarán várhatóak. A vállalati karbonársokk mellett a tervben szerepel további átállási kockázatok azonosítása és beépítése a modellezési keretrendszerbe, továbbá a lakossági kockázatok feltárása is. Utóbbi esetén kiemelten fontos a jelzáloghitelek esetén az energiahatékonyság vizsgálata.

A hosszútávú stresszteszttől eltérően az eredmények könnyen megérthetőek és egyedi banki szinten vizsgálhatóak. Az ágazati modulból adódóan azonosíthatóak azok a hitelintézetek is, amelyek az átállási kockázattal sújtott ágazatokban fokozottabb kitettséggel és sérülékenyebb állománnyal rendelkeznek. Mivel jellemzően a magasabb átállási kockázatokkal rendelkező vállalatok finanszírozási igénye magasabb, így e vállalatok finanszírozásának befagyasztása nem javasolt. Ugyanakkor fontos a potenciálisan érintett cégeknél az alacsony karbonkibocsátásra átálló tervek számonkérése és a hosszútávú működést biztosító zöld beruházások kikényszerítése.

Felhasznált irodalom

Acemoglu, D., - Carvalho, V. M., - Ozdaglar, A. - Tahbaz-Salehi, A. (2012b): *The Network Origins of Aggregate Fluctuations*, Econometrica, 80 (5): 1977-2016 <https://doi.org/10.3982/ECTA9623>

Alogoskoufis, S. – Dunz, N. – Emambakhsh, T. – Hennig, T. – Kaijser, M. – Kouratzoglou, C. – Muñoz, M. A. – Parisi, L. – Salleo, C. (2021): *ECB economy-wide climate stress test*, ECB Occasional Paper Series No. 281

Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution and Banque de France (2021): *A first assessment of financial risks stemming from climate change: The main results of the 2020 climate pilot exercise*, Analyses et synthèses, No 122/2021, Paris, April

Bank of England (2019): *The 2021 biennial exploratory scenario on the financial risks from climate change*, Bank of England discussion paper, London, December

Bokor László (2021): *Bank carbon risk index – a simple indicator of climate-related transition risks of lending activity*, MNB Occasional Paper 141

Bokor László (2022): *Climate stress test of the Hungarian banking system*, Kézirat

Chersich, M. F. – Wright, C. Y. – Venter, F. – Rees, H. – Scorgie, F. – Erasmus, B. (2018) *Impacts of Climate Change on Health and Wellbeing in South Africa*. International Journal of Environmental Research and Public Health 15, no. 9: 1884. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091884>

ENSZ (2021): *Human Rights Climate Change and Migration in the Sahel* <https://www.ohchr.org/sites/default/files/2021-11/HR-climate-change-migration-Sahel.pdf> Letöltés ideje: 2022. október 03.

GARP (2020): *Stress Testing: A Practical Guide* <https://www.garp.org/risk-intelligence/credit/stress-testing-a-practical-guide> Letöltés ideje: 2022. szeptember 03.

Guth, M. – Hesse, J. – Königswieser, Cs. – Krenn, G. – Lipp, C. – Neudorfer, B. – Schneider, M. – Weiss, P. (2021): *OeNB climate risk stress test – modeling a carbon price shock for the Austrian banking sector*, [Financial Stability Report](#), Oesterreichische Nationalbank (Austrian Central Bank), issue 42.

Horváth Gergő (2021): *Vállalatok hitelkockázati modellezése a Magyar Nemzeti Bank felügyeleti stressztesztjében*. Hitelintézeti Szemle, 20(1): 43–73. <https://doi.org/10.25201/HSZ.20.1.4373>

Horvath, M. (2000): *Sectoral shocks and aggregate fluctuations*. Journal of Monetary Economics, 45 (1), pp. 69-106, 10.1016/S0304-3932(99)00044-6

IPCC (2019): *Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*, www.ipcc.ch/srocc/

IPCC (2022): *Sixth Assessment Report* <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/> Letöltés ideje: 2022. június 11.

Jones, M. - Smith, A. - Betts, R. - Canadell, J. -Prentice, I. – Quéré, C. L. (2020): *Climate change increases risk of wild-fires*, ScienceBrief Review, January, sciencebrief.org/briefs/wildfires

KSH (2019): *Szimmetrikus ÁKM (szervezet x szervezet) tábla, alapján, folyó áron TEÁOR 08 (ESA2010)* <https://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haDetails.jsp?query=kshquery&lang=hu> Letöltés ideje: 2022. október 10.

MNB (2021): *ICAAP-ILAAP-BMA kézikönyv 2021. december, V.3 Stressztesztek* <https://www.mnb.hu/felugyelet/szabalyozas/felugyeleti-szabalyozo-eszkozok/modszertani-kezikonyvek/icaap-ilaap-bma-felugyeleti-felulvizsgalatok> Letöltés ideje: 2022. szeptember 03.

Ritter Renátó (2022): *Banki klímakitettségek – A magyarországi vállalati hitelállományban felépült átállási kockázatok helyzetkép*, Hitelintézeti Szemle, 21 (1). pp. 32-55. <https://doi.org/10.25201/HSZ.21.1.32>

Soós Gábor Dániel – Kelemen József – Horváth Milán (2020): *Polaris, új eszköz a jegybanki előrejelzésekhez*. MNB füzetek: Working Papers 2020/1, <https://www.mnb.hu/kiadvanyok/elemzesek-tanulmanyok-statisztikak/mnb-fuzetek/wp-2020-1-soos-gabor-daniel-kelemen-jozsef-horvath-milan-polaris-uj-eszkoz-a-jegybanki-elorejelzesekhez>

Szabó András Viktor (2022): *Jelzáloghitelek hitelkockázati modellezése a Magyar Nemzeti Bank felügyeleti stressztesztjében*, Hitelintézeti Szemle, 21. évf. (1). pp. 56-94. <https://hitelintezetiszemle.mnb.hu/letoltes/hsz-21-1-t3-szabo.pdf>

Task Force on Climate-related Financial Disclosures (2017): *The Use of Scenario Analysis in Disclosure of Climate-Related Risks and Opportunities*. <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/03/FINAL-TCFD-Technical-Supplement-062917.pdf> Letöltés ideje: 2022.07.21.

Várgedő Bálint (2022): *Ágazati bontású vállalati klímakockázati stresszteszt: egy átállási sokk csődvalószínűség hatása a magyar bankrendszerben*, Kézirat

Vermeulen, R. – Schets, E. – Lohuis, M. – Kolbl, B. – Jansen, D-J. - Heeringa, W. (2018): *An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands*. DNB Occasional Studies 1607, Netherlands Central Bank, Research Department.

„A cikk a [METU tanulmánykötetében](#) jelent meg 2024. január 30-án.”