

A klímaváltozás kockázatai és a hitelintézeti stressztesztek*

Boros Eszter

A klímaváltozás korunk egyik legsúlyosabb, már rövid távon is aktuális kihívása, melynek gazdasági hatásai a pénzügyi intézményeket sem kerülik el. Az esszé a hazai finanszírozási modell meghatározó szereplőire, a bankokra fókuszálva áttekinti, hogyan értékelhetők a stressztesztek keretei között a klímaváltozással összefüggő kockázatok. Ehhez számba veszi a téma legfrissebb, meghatározó szakirodalmát és az elemzői gyakorlatban felmerült szempontokat. A speciális stressztesztelési folyamat egymásra épülő kérdéseinek tárgyalása hozzájárul a hazai banki klímastressztesztek keretrendszerének kidolgozásához, a legfontosabb kihívások azonosításához, és támpontokat nyújt kezelésükhöz. A feltárt nehézségek közül a legkiemelkedőbbnek a klímásokok pontos megragadása és makrogazdasági csatornáik meghatározása bizonyul. Emellett jelentős munkát igényelhet a standard banki kockázati modellek átalakítása is.

Journal of Economic Literature (JEL) kódok: C51, C58, G17, G21, Q56

Kulcsszavak: fenntartható pénzügyek, klímaváltozás, karbonsemleges átállás, stresszteszt, banki kockázatkezelés

1. Bevezetés

Napjainkban a klímaváltozás fontos témává vált a jegybankok, a felügyeleték és a pénzügyi piacok számára is. A Bank of England (BoE), az Európai Központi Bank (EKB), az amerikai Federal Reserve (Fed) és további szervezetek is hangsúlyozzák az emberiséget fenyegető veszély nagyságát és a pénzügyi közvetítőrendszer szerepét a probléma kezelésében. *Christine Lagarde*, a Nemzetközi Valutaalap (IMF) korábbi és az EKB jelenlegi vezetője már a globális klímamozgalom új lendületét megelőzően is felhívta a figyelmet az éghajlatvédelmi lépések halogatásának kockázataira. Szuggesztív szavai szerint „ha nem teszünk lépéseket a klímaváltozás ellen, a jövő generációi megpörkölődnek, megpirítódnak, a grillen és a sütőben végzik” (idézi *Marshall 2014:59*). Hasonló nyilatkozatokat hallhatott a közvélemény az elmúlt években *Mark Carney*, a BoE korábbi kormányzója részéről, aki a klímaváltozást „az

* A jelen kiadványban megjelenő írások a szerzők nézeteit tartalmazzák, ami nem feltétlenül egyezik a Magyar Nemzeti Bank hivatalos álláspontjával.

Boros Eszter a Magyar Nemzeti Bank szakértője. E-mail: borosesz@mnbb.hu

A magyar nyelvű kézirat első változata 2020. május 25-én érkezett szerkesztőségünkbe.

DOI: <http://doi.org/10.25201/HSZ.19.4.107131>

időtáv tragédiájaként” határozta meg. Ezzel utalt arra a gyakori dilemmahelyzetre, amikor a jelen motivációi nincsenek összhangban a hosszú távon optimális társadalmi-gazdasági kimenetekkel.¹ Az éghajlatváltozás ugyanakkor nemcsak a *jövőbeli* katasztrófa lehetőségét jelenti: egyre többen mutatnak rá, hogy *már rövid távon is* komoly hatásokkal jár. A pénzügyi piacokon különösen igaz lehet ez, mivel az érintett eszközök gyorsan átárzódhatnak (*Rudebusch 2019*). Tágabban pedig egyre több olyan jelenséggel találkozunk már napjainkban is, amelyek a karbonalapú, végtelen növekedést célzó gazdasági működésmód „melléktermékei”. Ilyenek az időjárás-i vészhelyzetek, de a nagyipari állattartással és a világméretű turizmussal összefüggő olyan fenyegetések is, mint a globális járványok gyakoribbá válása (vö. *Harari 2015; Staden 2020*).

A meghatározó pénzügyi vezetők nyilatkozatainak legfőbb közös eleme nem véletlenül az időtáv. A klímaváltozás ugyanis olyan komplex folyamat, amelynek értelmezése hosszú periódust kíván, miközben a kockázatok kezelésével már rövid távon számolni kell. Az éghajlati jelenségek évtizedek alatt bontakoznak ki teljes körűen, amiből a jelenben nagy bizonytalanság fakad. Azonban a káros folyamatok megfékezésére tett lépéseket sokan már most is megkésettnek látják, és azonnali drasztikus cselekvésre szólítanak fel az ún. párizsi klímacélok elérése érdekében (lásd *ENSZ², BoE 2019*).

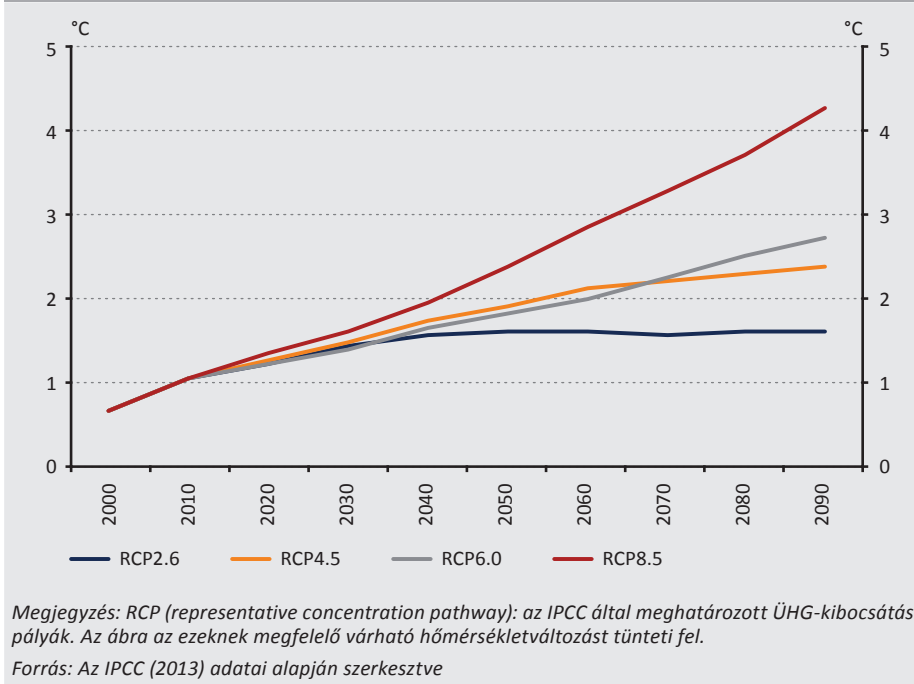
A *Párizsi Klímaegyezmény* (*ENSZ 2015*) azt a célt jelölte ki, hogy a Föld átlaghőmérsékletének emelkedése ne érje el a +2 Celsius-fokot az ipari forradalom előtti hőmérsékleti szintekhez képest. Ennek érdekében a 95 aláíró ország és az Európai Unió jelentős vállalásokat tett az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának korlátozására. Ilyen intézkedések hiányában ugyanis az elkövetkező évtizedek jelentős felmelegedést hozhatnak. Az ENSZ Nemzetközi Klímapaneljének (International Panel on Climate Change, IPCC) scenáriói szerint a megfelelő lépések elmulasztása esetén akár +4 Celsius-fokot meghaladó hőmérséklet-emelkedéssel is számolni kell az évszázad végére (*IPCC 2013*). Az *1. ábrán* az IPCC által felvázolt felmelegedési forgatókönyvek láthatók, amelyek bizonyos ÜHG-kibocsátási pályáknak (representative concentration pathways, RCP) felelnek meg. Az alacsonyabb hőmérsékleti pályák eléréséhez az emberiségnek jelentősen vissza kell fognia CO₂-emisszióját (dekarbonizáció). Ennek hiányában az átlaghőmérséklet megugrása a hőséggel összefüggő halálozások emelkedését, a vegetáció átalakulását és a mezőgazdasági terméstartalagok változását eredményezheti, hogy csak néhány lehetséges következményt említsünk (*Burke et al. 2015; UNEPFI 2018a; Gallic – Vermandel 2019*).

¹ *Breaking the Tragedy of the Horizon – Climate Change and Financial Stability*. A BoE kormányzójának 2015. szeptember 29-i beszéde. <https://www.bankofengland.co.uk/speech/2015/breaking-the-tragedy-of-the-horizon-climate-change-and-financial-stability>. Letöltés ideje: 2020. április 2.

² *Climate Change*. <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/>. Letöltés ideje: 2020. április 2.

1. ábra

A globális felszíni átlaghőmérséklet emelkedésének lehetséges forgatókönyvei (emelkedés az iparosodás előtti hőmérsékleti szintekhez képest)



A dekarbonizációs folyamat a bankokat is érinti, sőt maguk is kulcsszereplői annak. A hitelintézetek³ ugyanis üzleti döntéseikkel közvetetten jelentős mértékben befolyásolják bolygónk állapotát. A finanszírozott vállalatok, beruházások, projektek és ingatlanok környezeti szempontból nagyon eltérő minőségűek lehetnek (UNEPFI 2018b). Különböznek emissziójukban (karbonintenzitásukban) mind saját gazdasági tevékenységük/működésük, mind az őket felölelő ellátási lánc tekintetében. Ezért a bankok könyveiben szereplő kitétségek klímaszempontból is más-más kockázatot hordoznak: a környezeti, környezetpolitikai és technológiai fejleményekre eltérően reagálhatnak. Egyes finanszírozott ügyfelek (például az agrárvállalkozások) sérülékenyebbek lehetnek az időjárási jelenségek szempontjából. Más adókat a karbonsemleges gazdaságra való átállás szabályozási és technológiai folyamata érinthet érzékenyebben (fosszilis erőművek, belső égésű motorok, gépjárművek gyártói stb.). Ügyfeleiken keresztül tehát a bankok is szembesülnek az éghajlatváltozás hatásával, ami – más kockázatokhoz hasonlóan – jövedelmezőségüket, tőkehelyzetüket, így végső soron a pénzügyi közvetítőrendszer stabilitását is veszélyeztetheti (NGFS 2019; Feyen et al. 2020). Ma már világos, hogy a biztonságos banküzem érdekében

³ Az esszében a hitelintézet és bank megnevezéseket felváltva használjuk.

a hitelintézeteknek e tényezőket is figyelembe kell venniük a kockázatkezelésben.⁴ A prudens működés általános elvein túl a klímaváltozás hatásainak mérlegelését már nemzetközi ajánlások is előíranyozzák (*Financial Stability Board, Task Force on Climate Related Financial Disclosures, FSB–TCFD 2017*). Itthon a Nemzeti Energiahatékonysági és Klímatervezési (ITM 2020) által megjelölt intézkedések, valamint a Magyar Nemzeti Bank (MNB) pénzügyi stabilitási fókuszpontjai (*MNB 2019*) is ösztönzik a hitelintézetek felkészülését a dekarbonizáció során jelentkező sérülékenységek azonosítására.

A bankok számára azonban nagy kihívást jelent e „szokatlan” kockázati tényezők megragadása, elemzése. Az elmúlt években számos kutatás, banki és jegybanki úttörő munka, kezdeményezés született a klímaváltozás hitelintézetekre gyakorolt hatásainak értékelésére, a szükséges eszköztár kifejlesztésére (pl. *BoE 2018; Vermeulen et al. 2018; MNB 2019*). A téma még így is újnak számít a világ legtöbb pénzügyi intézménye, így a magyar bankok számára is. Az esszé célja, hogy hozzájáruljon a hazai banki klímastressztesztelési gyakorlat kialakításához egy lehetséges keretrendszer átfogó ismertetésével. Ehhez a hitelintézeti stressztesztet széles körben használt szerkezetét veszi alapul, és meghatározza a klímabarát alkalmazása során felmerülő főbb szempontokat, kihívásokat. A cikk felépítése a következő: a 2. fejezet a klímastresszteszteléshez szükséges kulcsfogalmakat, alapvető megfontolásokat tárgyalja, majd felvázolja a stresszteszt átfogó felépítését. A 3. fejezet ennek építőköveire tér ki az éghajlatváltozás beillesztésére fókuszálva. A konklúziókat a 4. fejezet foglalja össze.

2. Banki stressztesztetek és klímaváltozás

A banki stressztesztet összetett kvantitatív elemzés, amellyel felmérhető, hogyan viselnék a hitelintézetek a súlyos gazdasági visszaeséseket, sokkokat (*Quagliariello 2009; Borio et al. 2014*).⁵ Az alkalmazott időhorizonton a stresszteszt segítségével és feltevései mellett szimulálható a banki kitétségek, a jövedelmezőség és a szavatoló tőke adott forgatókönyv szerinti várható pályája.

⁴ A klímaváltozással összefüggő gazdasági folyamatok természetesen üzleti lehetőséget is hordoznak, és a bankok a megfelelő vállalatok kiválasztásával aktívan alakíthatják a portfóliójukat e lehetőségek megragadására. Ezzel pedig tágabb hatást is kifejthetnek: a klímabarát beruházások, vállalatok finanszírozásával maguk is hozzájárulhatnak az éghajlatváltozás mérsékléséhez. E stratégiák, hatások elemzése külön kutatást igényelne – jelen esszé a kockázatok mérését állítja középpontba.

⁵ A stressztesztet lehet makroszintű (a teljes bankrendszerre kiterjedő) vagy vizsgálhat egyetlen bankot is (*Quagliariello 2009*). Az előbbi típusú teszteteket tipikusan jegybankok és rendszerkockázatot értékelő más szervezetek végzik, míg egyedi szintű teszteteket jellemzően felügyeletek és maguk a hitelintézetek folytatnak. A makroszintű tesztet is képesek lehetnek egy-egy bankra is előrejelzést adni. Az esszé szempontjából nem lényeges, ki végzi a stressztesztet, csupán azt kell megjegyezni, hogy egyedi banki hatások számszerűsítésére (is) alkalmas stresszteszteteket veszünk alapul.

Már e rövid meghatározás is tükrözi, miért a stresszteszteket választja az esszé a széles körű kockázatomérési eszköztárból a klímátényezők vizsgálatára. A stressztesztek ugyanis a bank helyzetének komplex elemzését teszik lehetővé, azaz elsősorban keretrendszert, átfogó „apparátust” jelentenek, amelyekbe számos konkrét modell beilleszkedik (vagy beilleszthető). Ezenfelül a módszer éppen különböző jövőbeli forgatókönyvek vizsgálatára született, tehát rendeltetésénél fogva alkalmas lehet a klímaváltozás pályáinak végigkövetésére. Mivel a stressztesztelés a 2007–2008-as válság óta a bankok, valamint a jegybankok és felügyeletük gyakorlatában is elterjedt – sőt a bázei sztenderdeken alapuló szabályozások elő is írják a rendszeres alkalmazását –, az intézményeknek új eszközt sem kell alkotniuk az éghajlati kockázatok értékelésére. Elegendő a meglévő megközelítések módosítása, bár ez nagy kihívást jelent – éppen a klímaváltozás sajátosságai miatt.

Az éghajlatváltozás jelentősen eltér a leggyakrabban modellezett, „hagyományos” sokkaktól. A stressztesztek legtöbbször olyan gazdasági megrázkódtatásokból indulnak ki, amelyekről már rendelkezésre állnak tapasztalatok, adatok. A közgazdászok meg tudják határozni jellemző megjelenési formáikat, csatornáikat, amelyeken keresztül begyűrűznek a gazdaságba. (Ilyen „bevett” sokk lehet például egy olajár-emelkedés, adóemelés, keresleti eltolódás.) Természetesen ezek bekövetkezése és lefutása is csak korlátozottan jelezhető előre (vö. *Taleb 2007*), ám a múltbeli tapasztalatok mégis csökkenthetik a bizonytalanságot: számszerűsíthető kockázattá alakítják azt. Az éghajlatváltozás veszélyeire az egyszerűség kedvéért szintén „kockázatként” hivatkozunk, azonban a jelenség valójában a szokottnál jóval nagyobb bizonytalanságot hordoz. A légköri-környezeti hatások rendkívül összetettek, és az emberi tevékenységekkel igen sokrétű kapcsolatban állnak. A kölcsönhatások ráadásul többnyire csak hosszabb távon bontakoznak ki. Mindezek miatt ma még viszonylag kevés tudással, tapasztalattal rendelkezünk az ökoszisztémák átalakulásáról, illetve problémát jelent, hogyan fordíthatók le a meglévő fizikai-ökológiai ismeretek a gazdaság és a pénzügyek nyelvére. A klímastressztesztekről ezért napjainkban élénk gondolkodás folyik a világ pénzügyi intézményei és érintettjei körében.

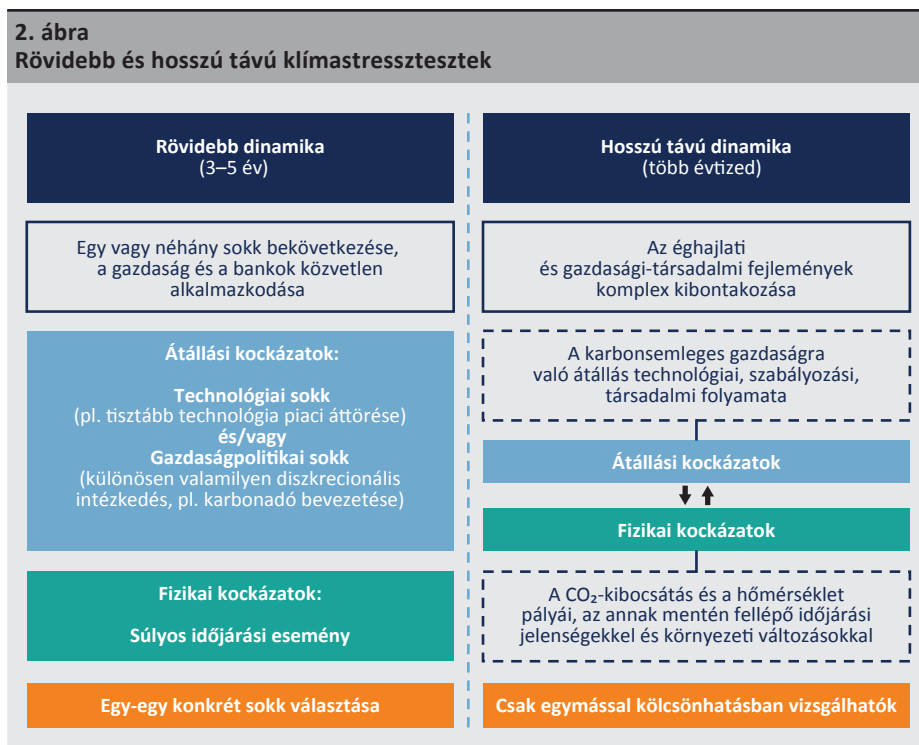
A klímakockázatok megragadását segíti, ha felismerjük, hogy alapvetően két csoportba sorolhatók (*UNEPFI 2018a, 2018b; NGFS 2019*). A fizikai kockázatok magából az alapfolyamatból, a légköri-környezeti átalakulásból fakadnak, tehát az éghajlatváltozáshoz köthető jelenségek (például időjárási katasztrófák) okozta veszteségek kockázatát jelentik. Ezek a bankok létesítményeit, munkavállalóit közvetlenül is sújthatják, de ennél is nagyobb jelentősége van a finanszírozott gazdasági szereplőket érő károknak, amelyek fizetőképességüket veszélyeztetik. Egy földrajzi térség fizikai kockázatainak pontosabb meghatározása elsősorban természettudományos, illetve ágazati (például agrár) szakértelmet igényel.

A klímakockázatok másik nagy csoportját az átállási kockázatok (transition risk) alkotják. Itt nem magáról az éghajlatváltozásról, hanem az annak megelőzésére, mérséklésére tett lépések hatásairól van szó. Az átállási kockázat tehát az alacsony karbonintenzitású gazdaságra való technológiai és szakpolitikai-szabályozási átmenet megrázkódtatásait foglalja magában. A fosszilis gazdaság átalakítása számos olyan kormányzati beavatkozást (adók, támogatások, kormányzati vásárlások stb.) és technológiaváltást igényel, amelyek legalább rövid távon hátrányosan érinthetik a gazdasági szereplők jelentős részét. A legnyilvánvalóbb példák a szénbányák, olajkitermelők, fosszilisenergia-termelők, járműgyártók és a légitársaságok lehetnek, valójában azonban a termékekbe és szolgáltatásokba beépülő CO₂-mennyiség révén a modern gazdaságok egésze érintett a folyamatban. (Éppen ez a CO₂-mennyiség lehet az alapja a sérülékenység meghatározásának a modellezés során, lásd *Black-Rock 2015; Vermeulen et al. 2018.*) A bankok érintettsége mindenekelőtt portfólióik összetételétől függ. Az átállási kockázatok specifikálásához leginkább a régió/ország klímastratégiáinak, fejlesztési terveinek és technológiai trendjeinek ismerete szükséges. A kormányok, cégek már megtett környezeti vállalásai ellenére a dekarbonizációs átállás ugyanakkor nem feltétlenül valósul meg, vagy nem csak rendezetten, kontrolláltan kerülhet rá sor. A megkésett, rendezetlen átállás értelemszerűen jóval kiszámíthatatlanabb, nagyobb megrázkódtatásokkal jár: olyan törésekkel, mint az eszközök pánikszzerű átárakozása, egyes vállalatok piaci kapitalizációjának gyors leépülése vagy akár az államcsődök (*Battiston – Monasterolo 2019*). Az átállási és fizikai kockázatok természetesen kapcsolatban állnak: minél későbbi, rendezetlenebb az átállási próbálkozás, annál nagyobb esély van a kedvezőtlen hőmérsékleti kimenetekre.

A két típusú kockázat elhatárolása segíti az elemzés időhorizontjának megválasztását. Mint már hangsúlyoztuk, a klímaváltozás banki stressztesztekbe való beillesztésének egyik legfőbb kihívását az időtáv jelenti. A banki kockázatkezelésben alkalmazott „szokásos” stressztesztek tipikusan rövidebb (3–5 éves) időszakot vizsgálnak, mivel valamely sokkhatás közvetlen lefolyásáról hivatottak információt nyújtani. Erre az eszköztárra támaszkodva az eddigi klímastressztesztek jelentős része is megmaradt a rövidebb horizontnál (például *Vermeulen et al. 2018; Stamate – Tatarici 2019*). Ugyanakkor egyes, kialakítás alatt lévő megközelítések (*BoE 2019; NGFS 2019*) hosszú távú – akár több évtizedes – horizontot kívánnak figyelembe venni, összhangban az időjárás jelenségek és az átállási folyamat dinamikájával.

A 2. ábra a rövidebb és hosszú táv – mint kétféle elemzési lehetőség – egy lehetséges elhatárolását illusztrálja. A rövidebb horizont esetén a bevett stressztesztelési gyakorlatnak megfelelően egy-egy konkrét sokk hatását modellezhetjük. Ehhez választani kell egy vagy néhány eseményt az átállási/fizikai kockázatok köréből.

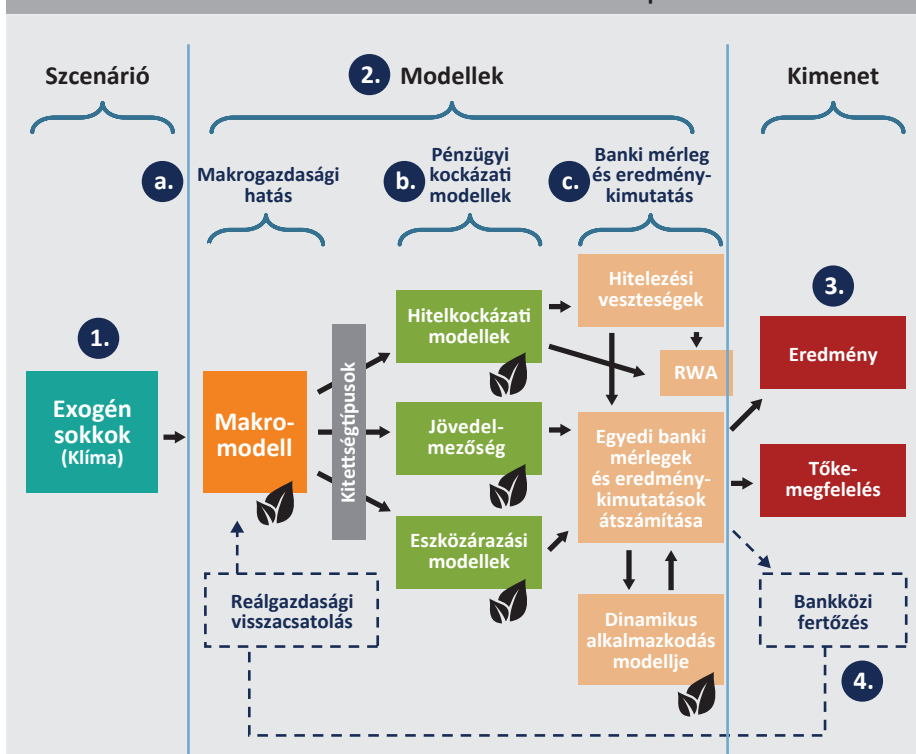
Ezeket a sokkokat viszonylag egyszerűen le lehet fordítani a standard makroökonómia nyelvére (például költségsokk, keresleti sokk, kínálati sokk). (A scenáriókról részletesen a következő fejezetben esik szó.) A rövid távú elemzés könnyebbsége, hogy a választott sokkot elegendő önmagában tekinteni: nem szükséges a klímaváltozás mint komplex jelenség beépítése. A modell alapvetően azt vizsgálja, hogy az esemény – a meghatározott csatornákon keresztül – milyen hatással van a gazdaságra, majd az egyes bankok mérlegére a figyelembe vett rövidebb időszakban. Hosszú távú elemzés esetén viszont már nem tekinthetünk el az éghajlatváltozáshoz köthető folyamatok számos különböző csatornájától és egymásra hatásától. Ekkor már olyan pályákra van szükség, amelyek előretekintve leírják bizonyos kulcsváltozók (például ÜHG-kibocsátás, hőmérséklet, csapadék, energiafelhasználás, policy és társadalmi indikátorok) alakulását. A folyamatokkal kapcsolatos várakozások beépítése szintén fontos követelmény lehet. A forgatókönyvek előállításához vagy külső szolgáltatótól való megvásárlása, felhasználása jelentős szakértelmet és erőforrásokat igényel.



A banki stressztesztek általános szerkezete mindkét időtávon irányadó lehet. E felépítést mutatja be a 3. ábra az EKB módszertani leírása *Henry – Kok (2013)* és *Borio et al. (2014)* nyomán. Az ábra jelöli azokat a fő elemeket, amelyeknél kifejezetten lényegesek a klímazempontú megfontolások. A stresszteszt kiindulópontját a forgatókönyvek (scenáriók) jelentik (1), amelyek a vizsgálni kívánt exogén változásokat (sokkokat) tartalmaznak különböző variációkban. A modellezési szakasz (2) első lépése rendszerint a makrogazdasági és makropénzügyi hatások elemzése, amelyhez a célnak, fókuszának megfelelő makromodell szükséges (2a). A makromodell kimeneteit a választott banki kitétségekre vonatkozó különböző pénzügyi kockázati modellek (2b) képesek egyedi banki, illetve portfóliósintre „lefordítani”. Ezek birtokában a hitelintézet működését jellemző kulcsadatokat (mérleg- és eredménykimutató-tételek) előrejelezhetők az időhorizont egyes pontjaira, szakaszaira a különböző forgatókönyvekben (2c). Lényeges, hogy nem klasszikus értelemben vett általános prognózisról, hanem egyes lehetséges scenáriókban érvényes előrejelzésekről van szó. A fő cél a banki eredmény és azzal összefüggésben a tőkehelyzet (tőke megfelelés) felvázolása (3). Ez ugyanis megmutatja, hogy a különböző forgatókönyvek mentén képes-e a hitelintézet szolvens maradni; tőkeellátottsága meg fog-e felelni a szabályozói minimumkövetelményeknek. A legfejlettebb stressztesztek továbbá a visszacsatolásokat is megragadnak (4), ezek modellezése azonban még jellemzően kevésbé kiforrott a hitelintézeti stressztesztek keretében (*Borio et al. 2014*). Az első körös tőkehatásokig eljutó, rövid időhorizontú klímastressztesztek kialakítása és működtetése már a legjobb gyakorlatnak minősülhet a hazai bankok körében, támaszkodva a meglévő stressztesztelési módszertanokra. (A hosszú távú klímastressztesztek ugyanakkor lényegesen nagyobb kihívást jelentenek nemzetközi szinten is.) Az itt felvázolt keretrendszer elemei szorosan egymásra épülnek, specifikálásuk lehetetlen a teljes modellezési folyamat átgondolása nélkül. Az egyes komponensekkel és a klímazempontok beépítésével a következő fejezet foglalkozik részletesen.⁶

⁶ Az esszé célja nem az egyes építőkövekben való elmélyedés, hanem a stresszteszt egészében meglévő kapcsolódásokat, a komponensek szerepét, kulcskérdéseit és a klímaváltozás sajátosságaiból eredő szempontokat kívánja felvázolni.

3. ábra
A banki stresszteszt szerkezete és a klímakockázatok beépítése



Megjegyzés: A levél ikonok a klímagespecifikus módosításokra, illetve a kapcsolódó szempontok figyelembe vételének szükségességére utalnak.

Forrás: Henry – Kok (2013) és Borio et al. (2014) alapján szerkesztve

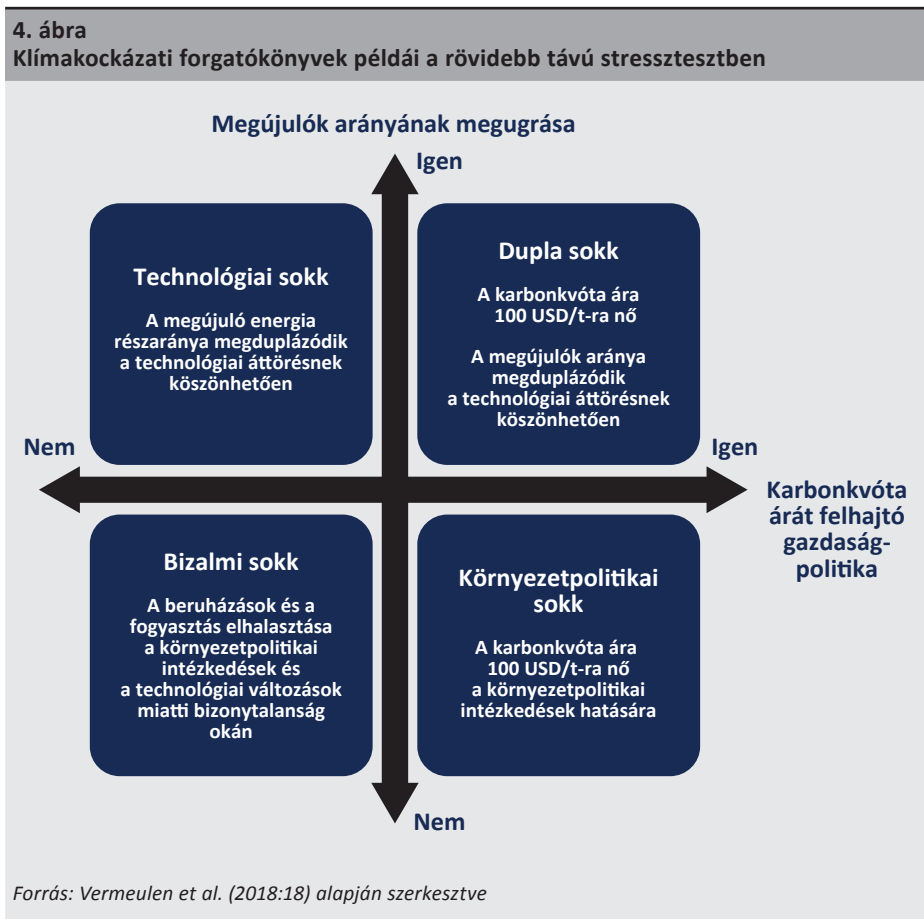
3. A klímastresszteszt építőkövei: sokkok és kockázati modellek

3.1. Sokkok (forgatókönyvek)

A stresszteszt attól válik klímastressztesztté, hogy az alapul vett forgatókönyvek – a gazdaságban bekövetkező elmozdulások variációi – az éghajlatváltozáshoz kapcsolódnak. Rendeltetésükből adódóan a stresszteszt elsősorban megrázkódtatásokat vizsgálnak, ám ez nem zárja ki, hogy egyes ágazatokban vagy idővel a gazdaság egészében pozitív hatások jelentkezzenek. A választott sokkoknak jelentős méretűeknek, ám hihetőnek kell lenniük (Quagliariello 2009). Tehát a forgatókönyveket úgy kell meghatározni, hogy bekövetkezésük reálisan elképzelhető legyen. Amennyiben rövidebb távú, egy-egy konkrét sokkra vonatkozó elemzést végzünk (2. ábra), támpontként rendelkezésre állnak az egyes kormányok éghajlatvédelmi stratégiái, kibocsátáscsökkentési vállalásai, intézkedési tervei, amelyekből a közeljövőben

várható környezet- és gazdaságpolitikai beavatkozások azonosíthatók. Magyarországon ilyen dokumentum jelenleg a már említett *NEKT (2020)*, amely elsősorban energiahatékonysági és zéró emissziós technológiába történő beruházásokat, támogatásokat, adó- és szabályozási változásokat vetít előre. Technológiai sokkot pedig mindenekelőtt a dekarbonizációs megoldások (például a megújuló energiaforrások) fajlagos költségeinek változásából származtathatunk, ami befolyásolja elterjedésüket. E sokkok azonnali hatásukat tekintve *diszruptívak*, tehát gyökeresen átalakítják a gazdaságot működtető energiatermelést és számos piaci szereplő pozícióit (vö. *Di Silvestre 2018*).

A rövidebb távú forgatókönyvek példaként érdemes megfigyelni, hogy a holland jegybank öt éves stressztesztje (*Vermeulen et al. 2018*) egy gazdaságpolitikai és egy technológiai változás eseteit kombinálja, így négy scenáriót alkot (4. ábra).



A gazdaságpolitikai beavatkozást olyan szigorú intézkedések bevezetése jelenti, amelyek következtében az ÜHG-kibocsátás költségei megugranak (például a globális emissziót befolyásoló kereskedett karbonkvóta piaci ára 100 USD/tonnára emelkedik). A technológiai változás pedig a karbonsemleges, minimális kibocsátású megoldások (megújuló energiaforrások) áttörése. A „dupla sokknál” (jobb felső eset) mind a kvótaár, mind a megújulók aránya felível. A klímaváltozás megfékezése szempontjából kétségtelenül ez a legkedvezőbb forgatókönyv, ám jelentős gazdasági megrázkódtatást vetít előre. A két sokk külön-külön is vizsgálható (bal felső és jobb alsó eset). Végül a globális felmelegedés szempontjából legkevésbé kecsegtető scenáriót a környezetpolitikai intézkedések és a technológiai áttörés elmaradása jelentik (bal alsó sarok), amit a szerzők „bizalmi sokknak” neveznek. A gazdasági szereplők bizalomvesztése a klímaváltozás megállíttatásához szükséges lépések elmulasztása miatt jelentkezik. Jelentős bizonytalanságot vált ki ugyanis, hogy a jövőbeli katasztrófa esélyének emelkedésével nő a rendezetlen átállás (a késői, kapkodó beavatkozás) veszélye is. Ez a beruházások és a fogyasztás elhalasztását, a gazdaság visszaesését eredményezi már a vizsgált rövidebb horizonton is.

A forgatókönyvek mellett viszonyítási alapként mindig szükséges alappálya (ún. *baseline* scenárió) is, amely a sokkok elmaradása esetén érvényes előrejelzést adja meg. Ez támaszkodhat a nemzetközi vagy hazai szervezetek hivatalos prognózisaira vagy a bank saját modelljeinek megfelelő várakozásokra is. Már a holland példa „bizalmi sokkja” is sejteti azonban, hogy a klímaváltozás kapcsán csak korlátozottan lehet a „gazdaság szokásos működésének” megfelelő alappályát alkalmazni. Különösen igaz ez a hosszabb távú elemzésekben. A globális felmelegedés – a tudományos konszenzus szerint – ugyanis a Földön napjainkban is zajló folyamat, amelyről megfelelő intézkedések hiányában nem tudunk eltekinteni. Így az alapscenáriót valójában a káros éghajlati-időjárás folyamatok kibontakozása – ha úgy tetszik, az *1. ábrán* látható, 2090-ig bekövetkezhető +4 Celsius-fokos hőmérséklet-emelkedés – adja.

Ez a megközelítés meg is jelenik a hosszú horizontú klímastressztesztelési törekvésekben. A világ meghatározó jegybankjait és felügyeleti hatóságait tömörítő NGFS⁷ alapszenárióinak sorában feltűnik a kontrollálatlan éghajlati katasztrófának megfelelő forgatókönyv (*5. ábra*; „túl kevés, túl későn”). A hosszú távú elemzéshez jó kiindulást biztosít e négyes felosztás, mivel a fizikai és átállási kockázatok kibontakozását együtt, egymással összefüggésben kezeli. A „túl kevés, túl későn” esetben a pánikszerű, elkésett intézkedések további gazdasági megrázkódtatást okoznak, miközben már nem tudják kivédeni a káros fizikai hatásokat. *Hyne et al. (2019)* szerint ez a scenárió érdemi a legtöbb figyelmet, mivel a stressztesztelés célja mindelelőtt a reálisan legrosszabb eshetőség értékelése. Az Európai Rendszerkockázati Testület (ESRB) szintén rámutatott arra, hogy e forgatókönyv bekövetkezése az idő előrehaladtával és a kibocsátásnövekedés folytatódásával egyre lényegesebbé válik

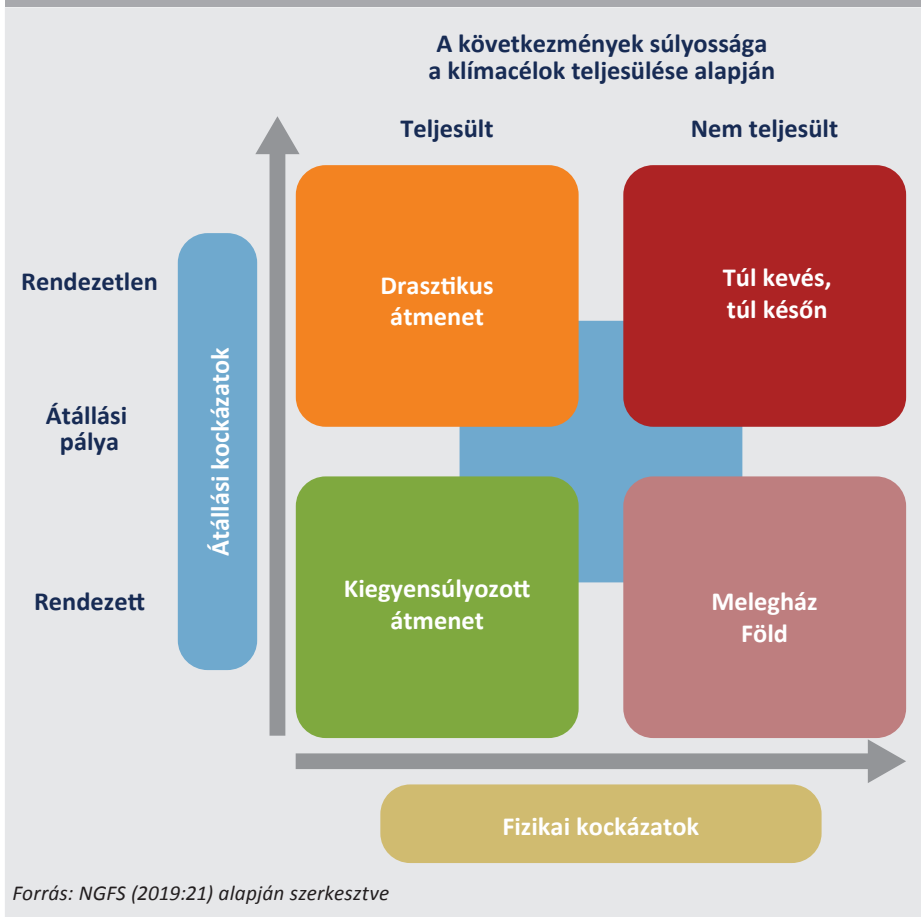
⁷ Network for Greening the Financial System

pénzügyi rendszerkockázati szempontból is (ESRB 2016). Az 5. ábra többi scenáriója a kapkodó, elvétett alkalmazkodásnál kevésbé drasztikus kimeneteket tartalmaz, noha ezek között is szerepel még a „melegház Föld”. Ez környezeti szempontból ugyanúgy romboló, hiszen a káros felmelegedés megtörténik, „csupán” a gazdaságot nem érik törésszerű intézkedések. Ekkor ugyanis a nemzetközi közösség tartósan megragad a jelenlegi vállalások szintjén, a világ nem tér el jelentősen a fosszilis működésmódtól, így az éghajlatváltozás végül kibontakozik. E forgatókönyv tipikusan az áldozatoktól való visszariadást tükrözi, ami miatt nem kerül sor további, ambiciózus intézkedésekre. Jelenleg több jel mutat arra, hogy ezen a pályán mozgunk: világszerte születnek kibocsátáscsökkentési vállalások és lépések, ám ezeket sokan nem tartják elégségesnek a súlyos felmelegedés megfékezésére.⁸ A klímacélokat teljesítő forgatókönyvek (drasztikus és kiegyensúlyozott átmenet) ezzel szemben kedvezőbbek, bár itt is van különbség: a késői, rendezetlen átállás komoly gazdasági megrendülést vetít előre.

A 4. és 5. ábrán szemléltetett két (rövid és hosszú távú) forgatókönyvtípust a stressztesztet végző intézmény tölti meg tartalommal figyelembe véve saját működési környezetét, üzleti stratégiáját és kitétségeit is. A klímaváltozás a hitelintézetek számára ugyanakkor ismeretlen „terep”, kívül esik a rendszeresen elemzett gazdasági, pénzügyi kockázatok körén, ezért már a rövidebb időhorizontnál is szükség lehet (külső) szakértői támogatásra. Napjainkban számos tudományos intézet, szerveződés és tanácsadó cég (a továbbiakban együtt: scenáriószolgáltató) kínál megoldásokat, emellett kedvező fejlemény, hogy a jegybankok, felügyeletok és nemzetközi szervezetek is törekszenek egységes, hozzáférhető scenáriókészletek megalkotására (például 2° *Investing Initiative 2018*; *BoE 2019*). A jövőben ezek a bankoknak átadott, egységes scenáriók lehetnek a klímastressztesztok alapjai, ám ekkor is fontos, hogy a hitelintézetek saját maguk is felmérjék a számukra leglényegesebb fizikai és átállási kockázatok körét.

⁸ A jövő természetesen tartogathat gyors, drámai intézkedéseket, ezzel pedig akár a „túl kevés, túl későn” forgatókönyvbe is átjuthatunk. Az elmúlt időszak nemzetközi csúcstalálkozóin ugyanakkor a világszinten jóváhagyott, nagymértékű beavatkozással kapcsolatban kétségeket ébresztenek.

5. ábra
A klímaváltozás és emberi beavatkozás alapvető forgatókönyvei a hosszú távú stressztesztekben



A forgatókönyvek kialakításánál kritikus szempont, hogy az információkat a rendelkezésre álló makrogazdasági modell (3. ábra 2a) képes legyen befogadni. Általánosabban fogalmazva, a scenáriókat és a makromodellt együttesen, egymásra tekintettel szükséges megválasztani. (Ahogyan már arra utaltunk, a folyamat minden eleme szorosan összefügg.) A forgatókönyvek és a makromodell kapcsolatában a transzmissziós csatornák megadása a döntő pont, ami akár a teljes klímastressztesztelés legnagyobb kihívásává válhat. A hitelintézetnek meg kell határoznia, hogy a vizsgálni kívánt fizikai és/vagy átállási események a gazdaság mely szeletét (szereplőit, szektorait stb.) érintik elsődlegesen és hogyan nyilvánul meg ez a kezdeti hatás. Rövidebb távú elemzésnél, amikor egy vagy néhány konkrét sokk lefutása áll fókuszban, ezek az információk valamelyest egyszerűbben körülhatárolhatók és lefordíthatók a makroökonómia (modellezés) nyelvére.

A makromodellel való összekapcsolást azonban még ilyenkor is nehezíti, hogy a kiinduló hatások nagyságának meghatározásához jellemzően nem állnak rendelkezésre azonos múltbeli események, helyzetek adatai. Ez a probléma hasonló sokk azonosításával, szakirodalmi adatok, feltételezések átvételével, szakértői becsléssel részben feloldható. (Ugyanakkor a múltbeli adatok alkalmazhatósága korlátozott, mivel a hatások jövőbeli nagyságrendje az eddigi tapasztalatoktól természetesen jelentősen eltérhet.) A scenáriószolgáltatók forgatókönyvei magukban foglalják a kapcsolódó feltételezéseket, sőt gyakori, hogy a szolgáltató a makrogazdasági modellezést is elvégzi. Amennyiben az éghajlati és gazdasági-társadalmi pályák hosszú távú komplex elemzéséről van szó, úgy még inkább szükséges a scenárióalkotás és a makromodellezés szoros összefüggésének, egységes keretének megteremtése.

3.2. Makrogazdasági modell

Bár tehát a makrogazdasági hatások sok esetben a forgatókönyvek részeként jelennek meg, külön is érdemes foglalkozni az ezeket előállító modellekkel (3. *ábra 2a*). *Blanchard (2018)* rendeltetésük alapján a makromodellek öt általános típusát különbözteti meg: elméleti alapmodellek, dinamikus sztochasztikus általános egyensúlyi (DSGE) modellek, policy modellek, „játékmodellek” (a legegyszerűbb makroökonómiai szemléltetés eszközei) és előrejelző modellek. Ezek közül a policy és az előrejelző modellek állnak legközelebb a klímastressztesztek céljaihoz. A policy modellek konkrét gazdaságpolitikai problémák elemzését, a beavatkozási alternatívák dinamikus hatásmérését szolgálják, legfőbb céljuk a mintázatok feltárása.⁹ Az előrejelző modellek értelemszerűen egyetlen célt tartanak szem előtt: a legjobb előrejelzések előállítását. Ezek mindenekelőtt statisztikai-ökonometriai modellek és fő kérdéseik az illesztéshez kapcsolódnak. Az egyes modelltypusok között természetesen nincs éles határ, de a csoportosítás segíti a klímastresszteszthez szükséges eszközök behatárolását, így különösen a hitelintézeti belső makromodellek alkalmasságának felmérését. Az éghajlati stressztesztekben – különösen hosszabb időtávon – a policy típusú és az előrejelző modellmegközelítés kombinálása adhatja a leghasználatóbb eredményeket.

A scenáriószolgáltatók által gyakran alkalmazott modellcsaládok egyike az integrált értékelési modellek (Integrated Assessment Models, IAM) nevet viseli. Ezek nem is kifejezetten makrogazdasági modellek, hanem az energiafelhasználás, a légkör/környezet, a demográfia és a gazdasági tevékenységek összefüggéseit ragadják meg (*IPCC 2013; Farmer et al. 2015; Hare et al. 2018*). A beépülő közgazdasági elemek rendszerint az általános egyensúly és a hatékony piacok elvein alapulnak. Ennek oka, hogy az IAM-modellek a figyelembe vett szférák egyszerűsített modelljeit kapcsolják össze, és mindenekelőtt az interakciók megteremtésére törekuszenek. A három fő

⁹ Ezek a modellek is lehetnek DSGE-alapúak, „de az elméleti szerkezetük szükségszerűen lazább a DSGE-hez képest”, így „sokkal komplexebb átfogó dinamikához vezetnek, mint amit egy szigorú elméleti modelltől remélhetnénk” (*Blanchard 2018:53*).

komponens (energia, klíma, gazdasági-társadalmi rendszer) közül inkább csak az elsőt – a globális és regionális energiarendszereket – bontják ki részletesebben. Az átfogó cél a különböző klímapolitikák következményeinek, kimeneteinek előrejelzése. *Farmer és szerzőtársai (2015)* ugyanakkor rámutatnak, hogy az IAM-modellek számos kritikával illelhetők: nem kezelik megfelelően az éghajlatváltozás jelentős bizonytalanságát; nagyfokú egyszerűsítésekkel élnek (reprezentatív háztartás, vállalat); a környezeti károkat meghatározó függvényeik erősen stilizáltak; valamint kevésbé képesek a technológiai haladás komplex megragadására. E kritikák főként az IAM-ek közgazdasági tartalmára vonatkoznak, ami befolyásolja a modellek által nyújtott energiafelhasználási, kibocsátási, környezeti pályák realitását is. Ezért – és a makrogazdasági outputok szűk köre miatt – az IAM-modellek leginkább „közvetítő”, köztes szerepet játszhatnak a klímaszcenáriók és a fő makromodell között, például az utóbbihoz szükséges egyes inputpályák előállításában.

Az IAM-ek gazdasági komponensében és más klímamodelllezési alkalmazásokban is gyakran az ún. számszerűsített általános egyensúlyi modellek (Computable General Equilibrium Models, CGE) jelennek meg. Ezek – az előbbiek szerint – mikroszintű optimalizáló viselkedésből indulnak ki. Jellemzően statikusak, a piactisztító ár és mennyiség meghatározását célozzák, így komparatív statikai (egyensúlyi helyzetek összehasonlítására irányuló) elemzéseket tesznek lehetővé.¹⁰ A CGE-modellek pénzügyi rendszerre vonatkozó feltételezései rendszerint nem valóságűiek (*Pollitt – Mercure 2018*). A hivatkozott szerzők kiemelik, hogy a CGE hagyományos megközelítésében a klímavédelmi politikák szinte minden esetben negatív gazdasági következményekkel (GDP-csökkenéssel) járnak. A zöld beruházások ugyanis kizorító hatást gyakorolnak a gazdaság más szektoraiban.

Pollitt és Mercure (2018) a CGE-vel szemben a nem egyensúlyi, empirikus (makroökonometriai) modellek előnyeit hangsúlyozzák. E modellek régóta bevett eszközei a gazdasági előrejelzésnek, és elméleti alapokon nyugvó, valamint adatvezérelt összefüggéseket egyaránt kombinálnak.¹¹ Nem feltételezik a gazdasági szereplők optimalizáló magatartását, tökéletes racionalitását, ehelyett az adatokból ökonometriai eszközökkel „kiolvasott” viselkedési egyenleteket használnak. Szintén nem alapvetés a gazdaság hosszú távú egyensúlya. Az utóbbi évtizedekben már klímaváltozásra fókuszáló makroökonometriai modellek is születtek. Ezek közé tartozik az E3ME-modell, melynek nevében a 3E a gazdaság (Economy), energiarendszerek (Energy systems) és a környezet (Environment) szférák kapcsolatára utal. A modell

¹⁰ A CGE-modelleknek a *Blanchard (2018)* által külön kategóriaként kezelt DSGE-modellekkel számos közös tulajdonságuk van. Az utóbbiak dinamikusak (leírják a gazdasági ingadozásokat), ugyanakkor a CGE-modellekhez képest jellemzően sokkal aggregáltabb szinten modellezik a gazdaságot (lásd *Computable General Equilibrium Modelling: Introduction*. Chief Economist Directorate, Scottish Government, published on 6 January 2016. <https://www.gov.scot/publications/cge-modelling-introduction/>. Letöltés ideje: 2020. április 21.).

¹¹ Az elméleti összefüggéseknél jellemző a posztkeynesi háttér, melynek fő elemei a hatékony kereslet és az endogén pénz elmélete, a bizonytalanság és a várakozások kitüntetett szerepe, a jövedelemelosztás és intézmények figyelembe vétele (*Horváth 2003*).

nem egyensúlyi jellege – a kihasználatlan kapacitás fennmaradásának lehetősége – biztosítja, hogy a klímasemleges átállás lépései akár pozitív GDP-fejleményekkel is járhassanak (*Cambridge Econometrics 2019*). Az E3ME-hez hasonló makroökonometriai modellek hátránya lehet, hogy rendkívül adatigényesek, megbízható és hosszú idősorokat követelnek meg számos gazdasági, környezeti változó tekintetében.¹²

A stresszteszt következő fázisa – a banki kockázati számítások – szempontjából a makromodell két lényeges tulajdonságát kell kiemelni. Egyrészt fontos, hogy a modell minél több makrováltozó pályáját képes legyen kimenetként megadni. A legalapvetőbbek természetesen a GDP és annak felhasználási kategóriái (fogyasztás, beruházás, nettó export), a vállalatok és háztartások mutatói külön-külön (háztartások rendelkezésre álló jövedelme, aktivitási ráta, munkanélküliség stb.), valamint az infláció. Ugyanakkor nemcsak makrogazdasági, hanem makropénzügyi változókra is szükség van, elsősorban különböző kamatlábak alakulására (a hozamgörbék pontjaira) és a devizaárfolyamokra. Ezen felül szerencsés, ha a pénzügyi állományokról és áramlásokról is informál a modell: említhetők különösen a háztartások pénzügyi megtakarítása, hitelfelvétele vagy nettó pénzügyi vagyona, a vállalati hitelfelvétel/-állomány és/vagy a bankrendszer különböző összevont mutatói. Ez is jelzi annak a jelentőségét, hogy a pénzügyi közvetítőrendszernek meg kell jelennie a modellben, kellően reális feltételezések mellett (például endogén pénzteremtés). Nagy valószínűséggel azonban az elérhető megoldások csak szűkebb körben fognak pénzügyi változókat előállítani. (Ez alól kivételek lehetnek a hitelintézetek saját belső makromodelljei.)

Másrészt a stressztesztelés következő fázisai megkívánják, hogy a makrokimenetek megfelelő iparági bontásban is rendelkezésre álljanak (*Allen et al. 2020*). Iparágak alatt a gazdaság tevékenységi ágazatai értendők. Az ágazati pályák ugyanis fontos információt hordoznak a finanszírozott vállalatok egyes scenáriókban fellépő sérülékenységéről, kockázatairól. Az éghajlatváltozással összefüggő sokkok máshogy és más mértékben csapódhatnak le például a járműgyártásban, a bányászatban vagy a számviteli-tanácsadasi szolgáltatásoknál. Kifejezetten részletes felosztást mégsem várhatunk ezektől a modellektől, mivel nem az iparági elemzés az alapvető rendeltetésük. Emiatt adott esetben hasznos lehet több, iparág-specifikus modell (kiegészítő) használata. További klímaszempontrú elhatárolások pedig a stressztesztelés következő fázisában iktathatók be.

3.3. Pénzügyi kockázati modellek

A makrogazdasági és iparági hatások birtokában megkezdődhet egy-egy bank sajátos helyzetének vizsgálata (3. ábra 2b és 2c komponensei). Ehhez mindenképp döntést kell hozni arról, mely banki kitétségeket vonjuk be a stressztesztbe. Ideális esetben a teszt a bank teljes működési körére, minden kitétségére kiterjed, hiszen

¹² Természetesen számos más modellezési megközelítés is létezik, ezekre az esszé keretében nem térek ki.

csak így számszerűsíthetők teljeskörűen, konzisztensen a várható eredmény- és tőkehatások. Szükség szerint és a rendelkezésre álló eszköztártól függően ugyanakkor részleges elemzés is elképzelhető: a hazai kereskedelmi bankok esetén mindenekelőtt a hitelkitettségek (banki könyv) kiemelése jöhet számításba. Ekkor a 2b komponens szűkebb eszközkészletre támaszkodhat. Az esszé a kitettségek széles körének kérdéseit áttekinti.

A banki működés egészének, valamennyi kitettségének feltérképezése számos kockázati modellt, összefüggést és feltételezést igényel. Ezek a „normál” stressztesztekhez – legalábbis azok szokásos időtávjához – már a hitelintézetek rendelkezésére állnak. A hitelkockázat, piaci kockázat, működési kockázatok és a jövedelmezőség (kisebb mértékben a likviditási kockázat) mérésének, elemzésének eszköztárára kell itt gondolni, amelynek éghajlati szempontú alkalmazása ugyanakkor számos kérdést, módosítási igényt felvet.¹³

A hitelkockázat a banki adósok nem vagy nem szerződészerű teljesítésének kockázata. A hitelkockázat modelljei a várható hitelezési veszteség (Expected Loss, EL) felmérésére irányulnak. Ehhez szükséges az ügyfelek nemfizetési valószínűségének (Probability of Default, PD), a nemfizetéskor fennálló kitettségértéknek (Exposure at Default, EAD) és az ügyleten várható veszteséghányadnak (Loss Given Default, LGD) a meghatározása, amelyek szorzataként előáll az EL. A számítási megközelítés jelentősen különbözik a tömeges sztenderd (lakossági, kisvállalati), valamint a nagyobb, egyedileg mérlegelt (nagyvállalati, projekt-) hitelek esetén. Típustól függetlenül ugyanakkor a klímastressztesztelés két jelentős kihívást biztosan támaszt az EL komponenseinek modellezése során. Az egyik az éghajlatváltozási sebezhetőség direkt megjelenítése a PD-ben, a másik a fedezetek klímaszempontú átértékelése az LGD-számítások során.

A PD-kalkuláció a nemfizetéssel statisztikai kapcsolatban álló faktorok (az adós, az ügylet sajátosságainak) összegyűjtésén alapul. Mint már utaltunk rá, az egyes vállalati ügyfelek PD-jét klímaszempontból jelentősen befolyásolja az iparághoz tartozásuk. A PD faktorai közé így célszerű beépíteni az iparági bontású makrováltozókat. Granulált adatok birtokában érdemes az iparágakon belül is különbséget tenni az ügyfelek között sebezhetőségük alapján. Így például az energiaszektorban *ceteris paribus* magasabb PD jelenhet meg – az adott forgatókönyvvel összhangban – a fosszilis erőmű-

¹³ A likviditás értékelésére a hitelintézetek rendszerint külön likviditási stresszteszteket végeznek. A tőke megfelelésre koncentrált stressztesztekben a likviditás számos aspektusa (például napi likviditás, devizalikviditás) nem áll fókuszban, és különösen igaz ez a hosszú távú hatások értékelését célzó komplex éghajlati stressztesztekre. A likviditási kockázatra ezért az esszé nem tér ki. A banki kockázatok és alapvető fogalmi elemeik meghatározása a továbbiakban *Walter (2016)* alapján történik.

veknél, míg alacsonyabb a naperőműveknél.¹⁴ Az ENSZ Környezetvédelmi Programja és 16 közreműködő nagybank által kialakított megközelítés (*UNEPFI 2018b*) éppen erre irányul: az egyes iparágak szereplőit rangsorolja a scenáriókban szereplő fő kockázati tényezők szerint (alacsonytól magas kockázatúig), majd a besorolás alapján téríti el a vállalatok PD-it. A sebezhetőségi besorolás alapja lehet például az iparági alcsoportokra jellemző karbonintenzitás (egységnyi outputba beépülő CO₂-mennyiség) és/vagy egyes nagyvállalati stratégiák ismerete. Természetesen az iparági bontású makrováltozók PD-modellbe illesztéséhez (szignifikancia, együtthatók stb.) és az ágazaton belüli PD-eltéréts meghatározásához múltbeli adatok nem vagy kevéssé állnak rendelkezésre, ezért elsősorban szakirodalmi-szakértői becslésekre és egyes nagy ügyfelekről rendelkezésre álló belső információkra támaszkodhat a kalibráció. Ez – a kiinduló hatásmechanizmusok mellett – a klímastressztesztelés másik komoly kihívását jelenti.

A lakossági szektorban az éghajlatváltozás és a karbonsemleges átállás legkritikusabb „célpontjai” az ingatlanok, amelyek fedezetként megjelenve mérséklék a bankok várható hitelezési veszteségeit. A gyenge energiahatékonyságú, csak fosszilis fűtésű vagy akár a szélsőséges időjárás következményeinek jobban kitett ingatlanok jelentősen veszíthetnek értékükből a klímaváltozás egyes forgatókönyveiben. Ezeket a rejtett kockázatokat azonban a fedezetértékelési gyakorlat jelenleg még kevéssé tükrözi. A vállalati hitelek mögötti ingatlan- vagy más állóeszköz-fedezetek szintén óriási átértékelődésnek (értékzuhanásnak) nézhetnek elébe, mivel használatuk gyorsan, idő előtt ellehetetlenülhet magas ÜHG-kibocsátásuk, karbonfüggőségük okán. A szakirodalom óriási része foglalkozik ezekkel az ún. „*meg nem térülő eszközökkel*” (stranded assets), amelyek sorában a fosszilis energiaforrások bányái, készletei, az ezeket felhasználó gyáregységek, nagy termelőgépek egyaránt megtalálhatók (*Caldecott et al. 2014; Weyzig et al. 2014*). A fedezetek értékelésének kérdései nagyban befolyásolják az LGD-számításokat.

A „meg nem térülő eszközök” által képviselt jelenség az értékpapírcsoporthoz is jelen van, így nem hagyható figyelmen kívül egyrészt az értékpapír-fedezetek, másrészt a bankok kereskedési könyveiben szereplő kitettségek szempontjából sem. A piaci kockázat éppen e pozíciók átértékelődésének (árfolyam-elmozdulásának) kockázatát foglalja magában, nemcsak az értékpapírokat, hanem a devizákat és árukat is beleértve. A gyakran emlegetett „szénbuborék” (carbon bubble) problémája szerint ezeknél az eszközöknél a piac jellemzően még nem árazta be a klímaváltozás és az azzal összefüggő gazdasági-társadalmi átállás kockázatait. Így számos érintett eszköz jelenleg túlértékelt, azonban a befektetői felismerés pillanatában a buborék kipuk-

¹⁴ A különbségtétel igénye többek között azért is felmerül, mert a makromodellezéshez rendelkezésre álló iparági bontások nagy valószínűséggel nem hordoznak elegendő klíma-információt. A leggyakrabban használt osztályozásokat (NACE, TEÁOR) ugyanis nem ebből a szempontból, nem ezzel a céllal alakították ki (*Battiston et al. 2017*). Ráadásul még az éghajlati szempontú besorolásoknál is problémát jelentene a vegyes profilú/stratégiájú vállalatok elhelyezése (például fosszilis és elektromos járműveket is gyártó cég).

kanhat (Weyzig et al. 2014; Griffin et al. 2015). A piaci kockázati modellek alapjául legtöbbször az előrejelzett pénzáramok szolgálnak, így a klímaváltozással összefüggő módosítások is elsősorban a *cash flow-előrejelzések* felülvizsgálatát követelhetik meg (lásd például Hayne et al. 2019). A működési kockázatok tág köréből érdemes kiemelni a jogi és reputációs kockázatokat – különösen az ún. felelősségi kockázatot (liability risk) –, amelyek mindenekelőtt a szennyező, környezeti normákat sértő gazdasági tevékenységek finanszírozása miatt hárulhatnak a hitelintézetre. Az efféle kockázatok számszerűsítése azonban csak korlátozottan lehetséges.

A 3. ábra szerint az egyes kiemelt kockázati modelleken túl szükséges még a banki jövedelmezőség összefüggéseinek számbavétele, amelyekre a banki működés állományainak, áramlásainak konkrét projekciója (2c) támaszkodhat. Ilyen összefüggésekkel kell rendelkezni – legalább feltételezések, stratégiai célszámok formájában – a banki árazás (kamatmarzsok, díjak és jutalékok), a kereskedési eredmény, a működési költségarány stb. alakulására. Ezeknél az éghajlatváltozás mint keret főként két módon érvényesül. Egyrészt jelentős részük a klímaforgatókönyveket feldolgozó makromodell egyes kimeneti pályáin alapul (például hozamgörbék). Másrészt a hitelintézet a „normál” feltevéseket módosíthatja (például a drasztikus átmenet miatt magasabb költségarányt vetít előre a problémás hitelek kezelésének növekvő erőforrásigénye nyomán).

3.4. Banki beszámolók (pénzügyi kimutatások)

A teljes eszköztár birtokában történik a hitelintézet különböző pénzügyi tételeinek szisztematikus átszámítása az egyes forgatókönyvekben az elemzési horizontot egyes időpontjaira/időszakaira (2c). Ehhez a kiinduló (cut-off) dátumnak megfelelő beszámolók, kimutatások szükségesek (mérleg, eredménykimutatás, analitikák stb.). A hitelkivettségek esetén a hitelezési veszteségek (EL) számítására kerül sor az előző lépésben kialakított PD-, LGD-modellek felhasználásával. A piaci kockázatot hordozó tételek átárazása szintén hozzájárul az eredményhatások számszerűsítéséhez és a jövőbeli kivettségértékek meghatározásához. A megfelelő súlyok alkalmazásával előrevetíthető a bank kockázattal súlyozott eszközértékének (Risk-Weighted Assets, RWA) alakulása, ami a tőkeellátottság (tőke megfelelési mutató) (3) megadásának szintén feltétele.

Mindennek során kritikus kérdés a mérlegfőösszeg változására vonatkozó feltételezés. Rövidebb távon elfogadható lehet, ha a mérlegfőösszeget változatlanak tekintjük (ún. *bruttó statikus mérlegfeltevés*).¹⁵ Ez azonban kevésbé realisztikus eredményekhez vezet, mivel nem teszi lehetővé a scenárióhoz való alkalmazkodást (Resti 2018). Az éghajlati stressztesztek ugyanakkor – különösen hosszabb

¹⁵ Ennek értelmében azokat a banki eszközöket és kötelezettségeket, amelyeknek lejáratát a stresszteszt időhorizontján belül esik, lejáratkor azonos típusú, devizanemű, futamidejű és hitelminőségű tételekkel helyettesítjük. Ennek következtében nemcsak a mérlegfőösszeg nagysága, hanem összetétele is változatlan marad (Resti 2018).

időhorizonton – elengedhetetlenné tesznek bizonyos dinamikus elemeket, amelyek lehetőséget nyithatnak a bank számára az ügyfelek klímaszempontú értékelésére és szelekciójára. Ez jelenthet egyfajta egyszerű érzékenységvizsgálatot is, amely adott forgatókönyv mellett feltárja a jobb környezeti teljesítményű ügyfelek előnyben részesítésének következményeit.

3.5. Tőke megfelelés mint kimenet és a tovagyrúzó hatások figyelembe vétele

Mint már rögzítettük, a klímastressztesztek célja a hitelintézeti eredmény és ezzel összefüggésben a tőkeellátottság (tőke megfelelés) alakulásának felmérése az egyes forgatókönyvekben (3. ábra 3). A legfejlettebb stressztesztek akár a bankrendszeri tovagyrúzések, „fertőzések” felmérésére is képesek lehetnek (4). (Egy lehetséges modellezési megközelítést mutat be *Haldane – May 2011*). A második körös hatások a reálgazdasági visszacsatolásokat is magukban foglalhatják: ha a klímaselemes átállás rövidebb távon gazdasági visszaesést és hitelbedőlést hoz, a bankok válaszul visszafoghatják a teljes hitelezést vagy egyes iparágak finanszírozását.

4. Konklúziók

Az esszé a hitelintézeti klímastressztesztek alapkérdéseit, lehetséges szerkezetét és fő kihívásait tekintette át azzal a céllal, hogy átfogó keretet vázoljon fel a hazai banki éghajlati stressztesztek elvégzéséhez az érintettek (piaci szereplők, makro- és mikroprudenciális politika) számára.

A klímaváltozás jelentős hőmérséklet-emelkedéssel és nyomában környezeti károkkal járhat (fizikai kockázat). Ennek megakadályozására – a kevesebb mint +2 Celsius-fokos párizsi klímacél elérésére – az emberiségnek jelentősen csökkentenie kell ÜHG-kibocsátását, és a gazdaságot karbonsemleges pályára kell átállítania technológiaváltással és gazdaságpolitikai beavatkozással (átállási kockázat). E folyamatok mindenekelőtt ügyfeleiken, a finanszírozott szereplőkön keresztül érintik a hitelintézeteket. A sérülékenységek azonosítása fontos a prudens működéshez és a kapcsolódó ajánlásoknak való megfeleléshez, ugyanakkor nagy kihívást jelent a bankok számára. A bizonytalanság szintje jóval nagyobb a „szokásosnál”, ami elsősorban a múltbeli adatok hiányából, valamint az éghajlatváltozás kibontakozásának hosszú időtávjáról és számos kölcsönhatásából fakad. A kockázatmérés számára alapvetően két lehetőség kínálkozik: egy vagy néhány konkrét sokk azonosítása és a gazdaság közvetlen, rövidebb távú (3–5 éves) alkalmazkodásának vizsgálata, vagy az időjárási jelenségek és a dekarbonizációs folyamat komplex dinamikájának hosszú horizontú elemzése. Az előbbi közelebb áll a „normál” banki stressztesztekhez és annak meglévő eszköztárával könnyebben kezelhető. Az utóbbi – amely sokkal átfogóbb képet nyújthat a bank számára a stratégiaalkotáshoz is – jóval több kihívást tartogat, amelyekről jelenleg is élénk gondolkodás folyik a világ pénzügyi szervezetei körében.

A stressztesztek általános felépítése mindkét időtávon irányadó lehet. Az elemzés a klímaváltozáshoz köthető exogén sokkok forgatókönyveiből indul. A scenáriók meghatározása, a hatásmechanizmusok azonosítása alighanem az éghajlati stressztesztelés legnagyobb próbatétele. A sokkokat, a kulcstényezők pályáit úgy kell megadni, hogy azokat a makrogazdasági modell képes legyen befogadni, feldolgozni. A reálgazdasági és makropénzügyi hatások leírása ezért megkívánja, hogy a forgatókönyveket és a makromodellt együttesen, egymásra tekintettel válasszuk meg. Ehhez – különösen hosszú távú komplex elemzésnél – elkerülhetetlen lehet külső szakértők bevonása. Az elemzési gyakorlatban számos jel mutat arra, hogy a klímastressztesztek céljaira a statisztikai-ökonometriai alapú, empirikus viselkedési egyenleteken nyugvó makromodellek a legalkalmasabbak, amelyek magukba foglalják a légkör és környezet, az energiateljesítmény és a gazdaság kapcsolódási pontjait, kölcsönhatásait. A makromodelllel szemben fontos elvárás még az iparági bontás és a pénzügyi rendszer realisztikus kezelése, egyes rendszerszintű pénzügyi változók előállításának. A makromodell kimeneti pályáinak illeszkedniük kell az egyedi banki számításokat megalapozó kockázati modellek igényeihez. A klímásokok több speciális kérdésének kezelése, a hatások „finomhangolása” csak a meglévő banki kockázati modellek, összefüggések és feltételezések átgondolásával lehetséges. Ez a szakasz a klímastressztesztelés másik nagy kihívását jelenti. Olyan kérdésekre kell választ találni, hogyan téríthetők el egymáshoz képest az egy ágazaton belüli szereplők PD-i emissziós teljesítményük és stratégiáik alapján, vagy például miként vehetők figyelembe a „meg nem térülő eszközök” árazásában rejlő kockázatok. A megfelelő modellek, összefüggések és feltételezések birtokában történik a hitelintézet fő pénzügyi tételeinek szisztematikus átszámítása az egyes forgatókönyvekben az időhorizont pontjaira, szakaszaira. E fázisban a fő kérdést a nettó statikus mérlegfeltevések meghaladásának lehetőségei jelentik. A kihívások leküzdésével a hitelintézet eljut a fő kimenethez, az eredmény és a tőkeellátottság egyes forgatókönyvek szerinti várható pályáihoz. Az elemzést még teljesebbé teheti a bank helyzetéből adódó pénzügyi rendszeri hatások és a makrogazdasági tovagyrűzések feltérképezése (visszacsatolás). A folyamat átfogó konklúziója, hogy az építőkövek szorosan összefüggenek és csak az elemzés egészének fényében „optimalizálhatók”.

A felmerülő kihívások bármelyikének megoldása – kis túlzással – könyvtárnyi szakirodalom áttekintését és számos szakértői munkaóra ráfordítását igényli. A keretrendszer előzetes áttekintése, meghatározása mindazonáltal jelentősen megkönnyíti a hitelintézetek dolgát, irányítóként szolgál, és végső soron fontosabb is annál, mennyire sikerül elmélyíteni a részleteket. Az egyszerűbb feltevések is kifejezetten célravezetőek lehetnek, ha jól áttekinthetőek és az eredményekre gyakorolt hatásuk nyomon követhető. A klímastressztesztek minél előbbi elvégzése a bankok, a jegybankok és felügyelet, sőt a gazdasági szereplők széles körének is érdeke – nemcsak a sebezhetőségek kezelése, hanem a dekarbonizáció nyújtotta lehetőségek kiaknázása céljából is.

Felhasznált irodalom

- 2° Investing Initiative (2018): *2° Scenario Analysis*. Background Information on the “Paris Agreement Capital Transition Assessment” (PACTA) Scenario Analysis Tool. <https://www.transitionmonitor.com/wp-content/uploads/2018/08/Scenario-Analysis-Background-Information.pdf>. Letöltés ideje: 2020. április 2.
- Allen, T. – Dees, S. – Boissinot, J. – Caicedo Graciano, C.M. – Chouard, V. – Clerc, L. – de Gaye, A. – Devulder, A. – Diot, S. – Lisack, N. – Pegoraro, F. – Rabaté, M. – Svartzman, R. – Vernet, L. (2020): *Climate-Related Scenarios for Financial Stability Assessment: an Application to France*. Working Paper, No. 774, Banque de France, July. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3653131>
- Battiston, S. – Mandel, A. – Monasterolo, I. – Schütze, F. – Visentin, G. (2017): *A Climate Stress-Test of the Financial System*. *Nature Climate Change*, 7: 283–288. <https://doi.org/10.1038/nclimate3255>
- Battiston, S. – Monasterolo, I. (2019): *A Climate Risk Assessment of Sovereign Bonds’ Portfolio*. Paper, WU Vienna University of Economics and Business. <https://epub.wu.ac.at/7261/>. Letöltés ideje: 2020. március 19.
- BlackRock (2015): *The Price of Climate Change. Global Warming’s Impact on Portfolios*. <https://www.blackrock.com/corporate/literature/whitepaper/bii-pricing-climate-risk-international.pdf>. Letöltés ideje: 2019. január 7.
- Blanchard, O. (2018): *On the Future of Macroeconomic Models*. *Oxford Review of Economic Policy*, 34(1–2): 43–54. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grx045>
- BoE (2018): *Transition in Thinking: The Impact of Climate Change on the UK Banking Sector*. Prudential Regulation Authority, Bank of England, September. <https://www.bankofengland.co.uk/prudential-regulation/publication/2018/transition-in-thinking-the-impact-of-climate-change-on-the-uk-banking-sector>. Letöltés ideje: 2018.11.20.
- BoE (2019): *The 2021 Biennial Exploratory Scenario on the Financial Risks from Climate Change*. Discussion Paper, Bank of England, December. <https://www.bankofengland.co.uk/paper/2019/biennial-exploratory-scenario-climate-change-discussion-paper>. Letöltés ideje: 2020. január 8.
- Borio, C. – Drehmann, M. – Tsatsaronis, K. (2014): *Stress-Testing Macro Stress Testing: Does it Live up to Expectations?* *Journal of Financial Stability*, 12(June): 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2013.06.001>
- Burke, M. – Hsiang, S.M. – Miguel, E. (2015): *Global Non-Linear Effect of Temperature on Economic Production*. *Nature* 527: 235–239. <https://doi.org/10.1038/nature15725>

- Caldecott, B. – Tilbury, J. – Carey, C. (2014): *Stranded Assets and Scenarios*. Discussion Paper, Smith School of Enterprise and the Environment, University of Oxford.
- Cambridge Econometrics (2019): *E3ME Technical Manual v6.1*. <https://www.e3me.com/wp-content/uploads/2019/09/E3ME-Technical-Manual-v6.1-onlineSML.pdf>. Letöltés ideje: 2020. március 31.
- Di Silvestre, M. L. – Favuzza, S. – Sanseverino, E.R. – Zizzo, G. (2018): *How Decarbonization, Digitalization and Decentralization Are Changing Key Power Infrastructures*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93(October): 483–498. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.068>
- ENSZ (2015): *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change, 12 December. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf. Letöltés ideje: 2020. április 2.
- ESRB (2016): *Too Late, Too Sudden: Transition to a Low-Carbon Economy and Systemic Risk*. Reports of the Advisory Scientific Committee, No. 6, European Systemic Risk Board. https://www.esrb.europa.eu/pub/pdf/asc/Reports_ASC_6_1602.pdf. Letöltés ideje: 2019. január 15.
- Farmer, J.D. – Hepburn, C. – Mealy, P. – Teytelboym, A. (2015): *A Third Wave in the Economics of Climate Change*. *Environmental and Resource Economics*, 62(2): 329–357. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9965-2>
- Feyen, E. – Utz, R. – Huertas, I.Z. – Bogdan, O. – Moon, J. (2020): *Macro-Financial Aspects of Climate Change. Policy Research Working Paper*, No. 9109, World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-9109>
- FSB–TCFD (2017): *Recommendations of the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures. Final Report*. Financial Stability Board – Task Force of Climate-Related Financial Disclosures, June. <https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-TCFD-Report-062817.pdf>. Letöltés ideje: 2020. április 14.
- Gallic, E. – Vermandel, G. (2019): *Weather Shocks*. HAL Archive Ouverte en Sciences de l’Homme et de la Société, 13 May. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02127846>. Letöltés ideje: 2020. március 18.
- Griffin, P.A. – Myers Jaffe, A. – Lont, D.H. – Dominguez-Faus, R. (2015): *Science and the Stock Market: Investors’ Recognition of Unburnable Carbon*. *Energy Economics*, 52: 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.08.028>
- Haldane, A.G. – May, R.M. (2011): *Systemic Risk in Banking Ecosystems*. *Nature*, 469(January): 351–353. <https://doi.org/10.1038/nature09659>
- Harari, Y.N. (2015): *Sapiens. Az emberiség rövid története*. Animus Kiadó, Budapest.

- Hare, B. – Brecha, R. – Schaeffer, M. (2018): *Integrated Assessment Models: What Are They and How They Arrive at Their Conclusions?* Climate Analytics, October. https://climateanalytics.org/media/climate_analytics_iam_briefing_oct2018.pdf. Letöltés ideje: 2020. április 20.
- Hayne, M. – Ralite, S. – Thomä, J. – Koopman, D. (2019): *Factoring Transition Risks into Regulatory Stress-Tests: The Case for a Standardized Framework for Climate Stress Testing and Measuring Impact Tolerance to Late & Sudden Economic Decarbonization*. 2° Investing Initiative. EBA 8th Policy Research Workshop, European Banking Authority, 27–28 November. <https://doi.org/10.35944/jofrp.2019.8.1.013>
- Henry, J. – Kok, C. (ed.) (2013): *A Macro Stress Testing Framework for Assessing Systemic Risks in the Banking Sector*. *ECB Occasional Paper Series*, No. 152, European Central Bank. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpops/ecbocp152.pdf>
- Horváth László (2003): *A post-keynesi szemlélet és elosztásméleti alkalmazása*. PhD értekezés, Makroökonómia Tanszék, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem.
- IPCC (2013): *Climate Change 2013. The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group 1, Contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ITM (2020): *Nemzeti Energia- és Klímaterv*. Innovációs és Technológiai Minisztérium. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/hu_final_necp_main_hu.pdf. Letöltés ideje: 2020. április 14.
- Marshall, G. (2014): *Don't Even Think About It. Why Our Brains Are Wired to Ignore Climate Change*. Bloomsbury USA, New York.
- MNB (2019): *Zöld pénzügyek Magyarországon*. Konzultációs dokumentum, Magyar Nemzeti Bank, július 3. <https://www.mnb.hu/letoltes/zold-penzugyek-konzultacios-dokumentum-2.pdf>. Letöltés ideje: 2020. április 14.
- NGFS (2019): *A Call for Action. Climate Change as a Source of Financial Risk*. First Comprehensive Report, Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System, April. https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_first_comprehensive_report_-_17042019_0.pdf. Letöltés ideje: 2020. április 16.
- Pollitt, H. – Mercure, J.-F. (2018): *The Role of Money and the Financial Sector in Energy-Economy Models Used for Assessing Climate and Energy Policy*. *Climate Policy*, 18(2): 184–197. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1277685>
- Quagliariello, M. (ed.) (2009): *Stress-Testing the Banking System. Methodologies and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511635618>

- Resti, A. (2018): *How Demanding and Consistent Is the 2018 Stress Test Design in Comparison to Previous Exercises?* Banking Union Scrutiny, In-Depth Analysis Requested by the ECON Committee, European Parliament, June. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2018/614511/IPOL_IDA\(2018\)614511_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2018/614511/IPOL_IDA(2018)614511_EN.pdf). Letöltés ideje: 2020. április 23.
- Rudebusch, G.D. (2019): *Climate Change and the Federal Reserve*. FRBSF Economic Letter, 2019–9, Federal Reserve Bank of San Francisco. <https://www.frbsf.org/economic-research/files/el2019-09.pdf>. Letöltés ideje: 2020. április 2.
- Staden, C. van (2020): *COVID-19 and the Crisis of National Development*. Nature Human Behaviour, 4: 443–444. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0852-7>
- Stamate, A. – Tatarici, L. (2019): *Climate Risks. Implications for the Financial Sector*. National Bank of Romania, 13th Edition of the Seminar on Financial Stability Issues, Bucharest, 13 September. <https://www.bnr.ro/DocumentInformation.aspx?idDocument=32455&directLink=1>. Letöltés ideje: 2020. január 6.
- Taleb, N.N. (2007): *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. Penguin Random House, New York.
- UNEPFI (2018a): *Navigating a New Climate*. United Nations Environment – Financial Initiative & Acclimatise Group Ltd. <https://www.unepfi.org/publications/banking-publications/navigating-a-new-climate-assessing-credit-risk-and-opportunity-in-a-changing-climate/>. Letöltés ideje: 2018. augusztus 8.
- UNEPFI (2018b): *Extending our Horizons*. United Nations Environment – Financial Initiative & Oliver Wyman. <https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2018/04/EXTENDING-OUR-HORIZONS.pdf>. Letöltés ideje: 2018. augusztus 8.
- Vermeulen, R. – Schets, E. – Lohuis, M. – Kölbl, B. – Jansen, D.-J. – Heeringa, W. (2018): *An Energy Transition Risk Stress Test for the Financial System of the Netherlands. Occasional Studies*, Vol. 16/7, De Nederlandsche Bank.
- Walter György (2016): *Kereskedelmi banki ismeretek*. Alinea Kiadó, Budapest.
- Weyzig, F. – Kuepper, B. – Gelder, J.W. van – Tilburg, R. van (2014): *The Price of Doing Too Little Too Late. The Impact of the Carbon Bubble on the EU Financial System*. A report prepared for the Greens/EFA Group – European Parliament. Green New Deal Series, Vol. 11, February. https://gef.eu/wp-content/uploads/2017/01/The_Price_of_Doing_Too_Little_Too_Late_.pdf. Letöltés ideje: 2019. január 3.