



**MAGYARORSZÁG HOSSZÚ TÁVÚ TÁRSADALMI ÉS
GAZDASÁGI FEJLŐDÉSI PÁLYÁJÁNAK ELŐREJELZÉSE**

WP2 Szakirodalmi áttekintés

D2.3

A klímamodellek felhasználása a társadalmi-gazdasági alkalmazkodásban



MTA Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont

Regionális Kutatások Intézete

2015

Készítette:

Uzzoli Annamária

MTA KRTK RKI KÉTO

<http://nater.rkk.hu>

A jelen tanulmány kiadása Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-n keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával valósult meg. A jelen dokumentum tartalmáért az MTA KRTK felelős.

A Projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósul meg.

A szerződés azonosítószáma: EEA-C12-11



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

Tartalomjegyzék

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bevezetés..... | 4 |
| Problémafelvetés, a téma jelentősége | 4 |
| Célok | 4 |
| Módszerek | 5 |
| A témakör elméleti háttere | 6 |
| Történeti áttekintés – Éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok Magyarországon | 10 |
| A magyarországi sérülékenység-vizsgálatok legfontosabb eredményei | 16 |
| Az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok társadalmi-gazdasági indikátorai..... | 16 |
| A klímaváltozás pénzben kifejezett hatásai..... | 18 |
| Következtetések és javaslatok a társadalmi-gazdasági indikátorok kiválasztásához | 22 |
| Irodalom | 13 |

Bevezetés

A klímamodellezés eredményeinek gyakorlati felhasználhatósága elsősorban a társadalmi-gazdasági folyamatok előrejelzésében körvonalazódik. Az utóbbi két évtizedben felerősödtek azok a törekvések a természettudományi – elsősorban meteorológiai és éghajlattani - kutatásokban, amelyek a klímaváltozás társadalomra és gazdaságra gyakorolt hatását vizsgálják. Az ok-okozati összefüggések értelmezésén és a bonyolult, komplex mechanizmusok feltárásán túl egyre inkább prioritást élvez a jövőbeli folyamatok, tendenciák prognosztizálása. Ezek az ismeretek pedig a szakpolitikai döntéshozók számára nyújtanak információkat a mitigációs és adaptációs intézkedések meghozatalához, és hatékonyabb megvalósításához.

Problémafelvetés, a téma jelentősége

Az emberi tevékenységek és azok hatásainak mérése közvetlenül és áttételesen is beépül a klímamodellekbe. Ugyanakkor a klímamodelleknek nem elsődleges célja az antropogén folyamatok társadalmi-gazdasági következményeinek definiálása és előrejelzése. Lényegében a különböző klimatikus modellek arra a szimulációs helyzetre épülnek, hogy maga az éghajlati rendszer reagál az emberi tevékenységekre, és azok változására (Bartholy, J. és mtsai 2011). A modell-szimulációk révén kidolgozott klímaszcenáriók egyrésztől figyelembe veszik az antropogén tevékenységek éghajlati rendszerekre gyakorolt hatását, másrésztől alapvetően nem feladatuk meghatározni a pozitív és negatív visszacsatolási mechanizmusok révén a társadalmi és gazdasági folyamatok jövőbeli alakulását a klímaváltozással összefüggésben.

A tanulmány annak az alapproblémának a bemutatására épül, hogy a globális és regionális éghajlatváltozások hatásainak komplexitásából fakad az, hogy a klímaváltozás és a társadalmi-gazdasági folyamatok kapcsolatrendszere multidimenzionális és multifaktorális modelleken keresztül írható le. A vizsgálati téma szakirodalmi feldolgozásának jelentősége tehát az összefüggések definiálására vonatkozó koncepcionális és metodikai kihívások, és azok részbeni megoldásának megismerésére vonatkozik.

Célok

A jelen szakirodalmi elemzés célja felhívni a figyelmet a témában releváns előzményekre, és azokra a kutatási eredményekre, tapasztalatokra, amelyek elméleti kiindulópontot és/vagy módszertani keretet jelenthetnek a modellalkotás folyamatában kiválasztandó társadalmi-gazdasági indikátorokhoz. A szakirodalmi elemzés kitér arra, hogy a klímamodellek milyen társadalmi-gazdasági indikátorokat integrálnak – ha egyáltalán integrálnak –, és ezek hogyan segítik a

klímaváltozás hosszú távú társadalmi-gazdasági következményeinek megértését és megismerését.

A tanulmány alapja a következő részfeladatok megvalósítása:

- azoknak a regionális klímamodelleknek az áttekintése, amelyek foglalkoznak a klímaváltozás társadalmi-gazdasági következményeivel és előrejelzéseket adnak,
- a sérülékenység szempontjából érintett szektorok (pl. mezőgazdaság, erdészet, élelmiszeripar, turizmus, egészségügy, közlekedés stb.) bemutatása a társadalmi-gazdasági hatásokat leíró indikátorokon keresztül,
- az eddigi főbb hazai kutatások – leginkább a sérülékenységi-vizsgálatok – értékelése és összegzése,
- az időjárási jelenségek okozta károk felmérésére irányuló módszertani törekvések összefoglalása,
- a klímaérzékenység többtényezős értelmezése Magyarországon gazdasági, társadalmi, ágazati és területi szempontok alapján.

Módszerek

A tanulmány elsődlegesen a kvalitatív vizsgálati módszerekre épül: a szakirodalmi feldolgozásra és a tartalomelemzésre. A szakirodalmi háttér és fontosabb előzmények értékelése a következő szempontok alapján történt:

- Fogalmi szempontok: témához kötődő fontosabb fogalmak meghatározása (Lásd részletesebben a Fogalomtárban).
- Területi szempontok: a nemzetközi kitekintés (pl. globális scenáriók) mellett szükséges a regionális vizsgálatokban elsősorban Európára és a Kárpát-medencére figyelni, de elsődleges feladat Magyarországon a nemzeti, regionális (ország, régió, megye) és lokális szintű (kistérség/járás, település) eredmények interpretálása. A területi vizsgálatok fókuszja tehát Magyarország, beágyazottan a Kárpát-medencébe.
- Ágazati szempontok: a klímaváltozás társadalmi és gazdasági következményei által leginkább érintett és sérülékeny ágazatok értékelése a hazai társadalmi-gazdasági környezetben. Speciális szempont a klímaváltozás pénzben kifejezett hatásainak vizsgálata a szakirodalmi előzmények feldolgozásával.

A tanulmány elkészítése során feldolgozott szakirodalmi források többségében tudományos közlemények (pl. Klímaváltozás 2011, Magyarország 2025), kutatási

jelentések (pl. VAHAVA), IPCC Jelentések, fejlesztésorientált szakpolitikai dokumentumok (pl. NÉS1, NÉS2, HDÚ, Local Agenda), ismeretterjesztő és tájékoztató anyagok (pl. Klíma 21 Füzetek). A sérülékenység-vizsgálatok bemutatása során több olyan szerző (Bartholy J. és mtsai, Farkas J. és mtsai, Kulcsár L. és mtsai, Pálvölgyi T. és mtsai stb.), kutatócsoport és intézmény (pl. MTA TKI Alkalmazkodás a Klímaváltozáshoz Kutatócsoport stb.) vizsgálati eredményeinek feldolgozása történt meg, amelyek jelentős szerepet töltenek be a sérülékenység-vizsgálatok hazai adaptálásában.

A témakör elméleti háttere

Az emberi tevékenységek (pl. gazdasági termelés, közlekedés, mezőgazdaság, felszínformálás stb.) számottevően módosíthatják az éghajlati rendszereket. Ezeknek a tevékenységeknek az időbeli lefolyása és intenzitása befolyásolhatja az éghajlatalakító hatások mértékét és sebességét (met.hu). Minél inkább felerősödnek az antropogén tevékenységek, annál inkább biztos, hogy hatással lesznek az időjárási és éghajlati folyamatokra. Az ember éghajlatmódosító szerepe az üvegházhatású gázok (ÜHG) – pl. CO₂ – kibocsátásán, az aeroszol részecskék és egyéb szennyező anyagok légkörbe juttatásán, valamint a földfelszín átalakításával az albedó – sugárzás-visszaverő képesség – megváltoztatásán keresztül azonosítható (Torma Cs. 2011).

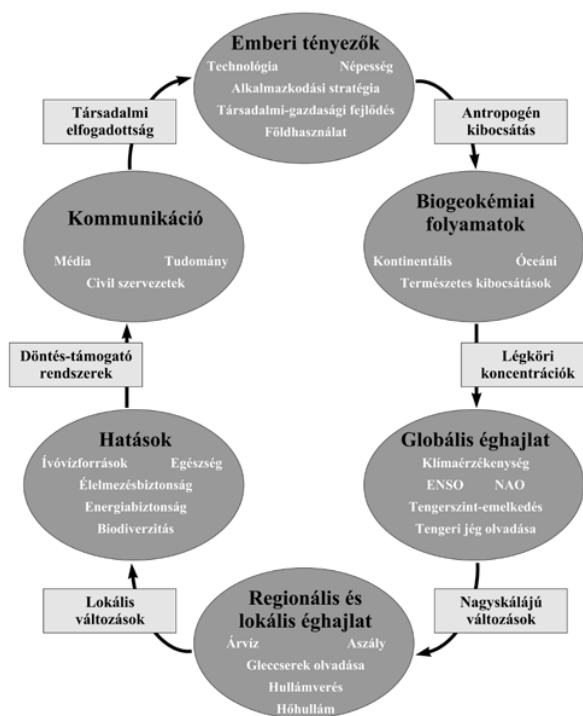
A globális klímamodellekben a természetes éghajlatalakító folyamatok mellett figyelembe veszik az antropogén tevékenységek hatását az üvegházgázok légköri koncentrációján keresztül, külső kényszerként (Szépszó G. 2014). A modell-szimulációk tehát az alábbi hipotetikus alapkérdésekre keresik a választ a várható ÜHG-koncentrációra vonatkozó statisztikai számítások, matematikai modellezések segítségével (Bartholy J. – Pongrácz R. 2011):

- Hogyan reagál az éghajlati rendszer az emberi tevékenységek alakulására?
- Hogyan reagál az éghajlati rendszer a feltételezett külső kényszerre?
- Hogyan reagál az éghajlati rendszer az antropogén eredetű szennyezőanyagok megnövekedett koncentrációjára?

A klímamodellek tehát feltételesen szolgáltatnak információt a klímaváltozás társadalmi-gazdasági következményeire, hisz éppen az ezekre vonatkozó előrejelzéseknek számos bizonytalansági tényezője van (Szépszó G. 2014). Nem veszik figyelembe a népességszám-változásokat, valamint a társadalmi-gazdasági változásokat és azok jövőbeli lehetséges pályáját (pl. válságokat), nem értelmezik a technológiai fejlődés szerepét az üvegházhatású gázok kibocsátásában (pl. környezetbarát technológiák), nem veszik számításba a jelenlegi és jövőbeli mitigációs és adaptációs intézkedések hatásait stb. (1. ábra). Szintén nem ismerik a jövőre nézve a globalizációs folyamatok

térhódításának mértékét és sebességét, a megújuló energiahordozók felhasználásának elterjedését, a környezettudatos technológiák fejlődési ütemét, globális és regionális gazdaságpolitika irányait, nemzetgazdaságok regionális fejlődési tendenciáit, területi és ágazatonkénti emisszió-értékeket (Bartholy J. és mtsai 2011).

1. ábra: A globális és regionális éghajlat-változások hatásainak társadalmi-gazdasági kapcsolatrendszer



Forrás: Bartholy J. és mtsai 2011. p. 83. (nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf)

A globális és regionális klímamodelleknek tehát nem céljuk a társadalmi-gazdasági folyamatok előrejelzése, mert eleve a jövőbeli társadalmi-gazdasági folyamatokra nézve sok a korlátozó és a bizonytalansági tényezőjük. A klímamodell-szimulációk feltételesen vonatkoznak az emberi tevékenységek alakulására, ezért az antropogén tevékenységek eltérő fejlődési lehetőségeit megjelenítő különböző kibocsátási forgatókönyveket, ún. kibocsátási szcenáriókat (projekciók, másodfajú prognózisok) tartalmaznak (Piecza I. 2012).

Klímamodell-alapú szcenáriókba az emberi tevékenységekkel összefüggő fizikai törvényszerűségek be vannak építve az alkalmazott modellbe, ahol a legfontosabb input az ÜHG-koncentráció jövőbeli változása. Az 1990-es évek végén több mint 400 forgatókönyv létezett, de ezek lényegében négy lehetséges fejlődési jövőkép felvázolására épültek. Az IPCC Jelentések (pl. 2001-es, 2007-es) ajánlásai alapján lettek ezek a forgatókönyvek továbbfejlesztve. A négy

jövőkép, illetve scenáriópár (A1, B1 és A2, B2) közös nevezője, hogy mindegyik a 2100-ig tartó folyamatos gazdasági növekedésre épül. Az A1 scenárión belül 3 alszenárió létezik. Az IPCC ún. SRES-forgatókönyvei és forgatókönyv-családjai az antropogén kibocsátás következtében várható CO₂ koncentráció-változásokat adja meg a globális klímamodellekben (IPCC, 2001, 2007).

Az A1 és A2 forgatókönyv a gyors gazdasági növekedést, míg a B1 és B2 forgatókönyv a lassúbb, környezettudatosabb növekedést prognosztizálja. Jellemzőik a következők (Haszpra L. 2011):

- A1 (legpesszimistább forgatókönyv): nagyon gyors gazdasági növekedés, a népesség növekedése a XXI. század közepéig tart, majd utána csökken, az új és hatékony technológiák gyorsan elterjednek, az egyes régiók között csökkennek a fejlettségi és jövedelmi különbségek, a társadalmi és kulturális hatások fokozottan érvényesülnek majd. Alszenáriói:
 - A1FI: fosszilis energiahordozók intenzív felhasználása jellemzi
 - A1T: megújuló energiaforrások elterjedése jellemzi
 - A1B: fosszilis és megújuló energiaforrások kiegyenlített használata jellemzi
- A2 forgatókönyv: folyamatosan növekvő népesség, lassúbb gazdasági növekedés, gazdasági növekedés térben differenciált, technológiai változások lassabban jelennek meg és a térben nem egyenletesen, jelentős különbségek régiók között, heterogén világkép, helyi önkormányzatok és önszerveződések hangsúlyosabb működése.
- B1 (legoptimistább forgatókönyv): a népesség növekedése a XXI. század közepéig tart, majd utána csökken, globális egyenlőtlenségek kiegyenlítődnek, szolgáltatási és információs ágazatok túlsúlya a gazdasági szerkezetben, környezetbarát és energia-hatékony technológiák bevezetése, globális megoldások a társadalmi, gazdasági és környezeti problémákra.
- B2 forgatókönyv: társadalmi, gazdasági és környezeti problémák lokális szintű kezelése, folyamatosan lassuló globális népességnövekedés, közepes mértékű gazdasági fejlődés, lassúbb folyamatok térben differenciált megjelenése.

A SRES-kibocsátási forgatókönyvek legnagyobb korlátja, hogy 50-100 évre előre nem ismerik az ÜHG-emisszió és -koncentráció pontos értékeit. A regionális klímamodellek (pl. ALADIN, PRECIS, RegCM, REMO) általában három forgatókönyvet vesznek figyelembe: B2 optimista; A2 pesszimista; A1B középértékes (Nakicenovic, N. et al. 2000).

Az IPCC 2012-es ajánlásában a jövőbeli forgatókönyvekhez az ÜHG koncentrációja időbeli menetének becslését nevezi meg alapul. Ezek az ún. RCP-típusú forgatókönyvek, amelyek a koncentrációnövekedésből eredő sugárzási kényszer változására utalnak, egyben alkalmasak 2100-ig, ill. 2300-ig projekciók generálására (IPCC, 2012): RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5 scenáriók. Az egyes RCP-forgatókönyvek megadják, hogy adott forgatókönyv szerint 2100-ra milyen mértékű sugárzási kényszerbeli változás várható W/m^2 egységben kifejezve. Ebből kiindulva a SRES-szenáriók kiterjesztése történt meg: SRES B1 = RCP4.5; SRES A2 = RCP8.5. Az IPCC legutóbbi jelentése (IPCC 5th Report, 2014) már csak az RCP forgatókönyveket használja: RCP 8.5; RCP 6.0; RCP 4.5; RCP 2.6 (ipcc.ch/report/ar5/wg2/).

A klímaváltozás társadalmi-gazdasági következményeinek előrejelzéséhez szolgáló modellalkotásban felhasznált regionális klímamodellek SRES-forgatókönyveket használnak, például a RegCM és az ALADIN-CLIMATE az A1B (középtértékes) forgatókönyvet integrálja.

Részben a klímaváltozás következményeire, részben a környezeti állapot alakulására vonatkozó előrejelzések meghatározó csoportját alkotják az UNEP-kiadványok (GEO-1, GEO-2, GEO-3, GEO-4 Jelentések) (unep.org/geo/geo5.asp). Ezek a jelentések lényegében globális és regionális társadalmi-gazdasági forgatókönyvek, amelyek a termelés, fogyasztás, erőforrás-gazdálkodás környezeti szempontú hatáselemzésére épülnek, és általában 2020-ig, 2050-ig, részben 2100-ig adnak meg lehetséges forgatókönyveket (Pomázi I. – Szabó E. 2006). A legutóbbi 2012-es GEO-4 jelentés négy forgatókönyvet adott meg 2050-ig terjedő kitekintéssel, lényegében a GEO-3 és GEO-4 Jelentésekben használt forgatókönyveket alapul véve (Vág A. 2011):

1. forgatókönyv: piac prioritására épülő scenárió – a piac mindenható globális szerepét hangsúlyozza, és kiemeli, hogy a fejlődő országok is az iparilag fejlett országok fejlődési pályáját járják be a jövőben.
2. forgatókönyv: politika prioritására épülő scenárió – lényege, hogy a szociális és környezeti célok elérése érdekében a nemzeti kormányok hozzák meg a legfőbb döntéseket.
3. forgatókönyv: biztonság prioritására épülő scenárió – azzal számol, hogy a jövőben a problémák fokozódásával párhuzamosan a hatalmon lévők és a gazdasági elit biztonságuk és önvédelmük érdekében fokozatosan elszigetelődnek.
4. forgatókönyv: fenntarthatóság prioritására épülő scenárió – a fenntarthatóság kihívásaira környezeti és fejlesztési paradigmaváltás a

válasz, amely megteremti a lehetőséget új értékrendszer és intézmények létrehozásához.

A négyféle forgatókönyvet a következő mozgatóerők alakulására és változására építette a jelentés: intézményi és társadalmi-politikai keretek, demográfia, gazdasági kereslet, piacok és kereskedelem, tudományos és technológiai innovációk, érték-rendszerek (Vág A. 2011).

A GEO-4 Jelentés módszertanának és tapasztalatainak felhasználásával szubregionális forgatókönyvek is születtek 2007-ben. Ezek közül az egyik a Kárpátok térségére vázol fel három lehetséges forgatókönyvet 2020-ig (Pomázi I.- Szabó E. 2008, Vág A. 2011). A három az UNEP GEO-4 és GEO-5 Jelentés a politikai, a piaci és a fenntarthatósági prioritásokra épülő forgatókönyvek kárpáti térségre vonatkoztatható elemeit tartalmazza.

Az UNEP-kiadványok GEO Jelentései tehát olyan forgatókönyveket tartalmaznak, amelyek széles körben értelmezik és használják a környezeti változásokra, így az éghajlatváltozásra adható társadalmi válaszlehetőségeket, egyben információhordozók a globális klímaváltozás hosszú távú társadalmi-gazdasági következményeire.

Történeti áttekintés – Éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok Magyarországon

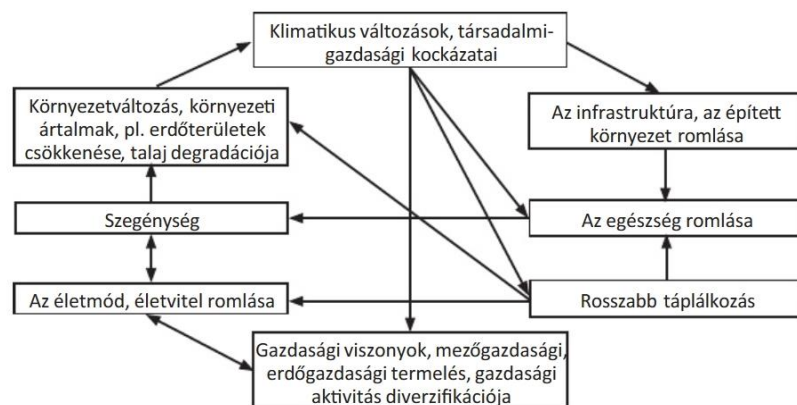
A szakirodalmi feldolgozás egyik fontos tapasztalata, hogy a különféle globális és regionális klímamodellek felhasználását igénylő jövőbeli forgatókönyvek konkrét társadalmi-gazdasági indikátorokat nem tartalmaznak. A klímamodellek alkalmazása tehát közvetetten jelenik meg a társadalmi-gazdasági alkalmazkodásban. Mind a globális (pl. AOGCM), mind pedig a regionális klímamodellek (pl. RegCM) kibocsátási forgatókönyvek alapján szolgáltatnak feltételezéseket a emberi tevékenységek jövőbeli alakulására. Az ún. éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok alkalmasak arra, hogy az előrejelzésekhez szükséges, és a modellalkotásban alkalmazható társadalmi-gazdasági mutatókat, indikátorokat értelmezzük. Ráadásul ezek a vizsgálatok a kitettség felméréséhez alkalmazzák a klímamodellek szimulációs előrejelzéseit, tehát közvetlenül is információt szolgáltatnak a klímamodellek alkalmazhatósági lehetőségeire a társadalmi-gazdasági alkalmazkodásban.

Az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok célja az egyes térségek és/vagy ágazatok klímaváltozással szembeni veszélyeztetettségének feltárása, valamint a kutatási hipotézisek vizsgálatához leginkább megfelelő komplex módszertan kidolgozása. A tudományos célkitűzések megvalósítása egyben szolgálja azt a

gyakorlatias célt is, hogy információkat szolgáltatson a döntéshozatal számára a helyi alkalmazkodási stratégiák megfogalmazásához (Pálvölgyi T. és mtsai 2011). A sérülékenység-vizsgálatok különböző társadalmi-gazdasági indikátorokat integrálnak regionális és lokális szinten.

A klimatikus hatások okozta sérülékenység jelentős társadalmi-gazdasági kockázatot rejt magában, amely felerősítheti a társadalmi-gazdasági egyenlőtlenségeket, és ezzel közvetlenül a területi egyenlőtlenségek fokozódásához járulhat hozzá. A társadalom és a gazdaság természeti kockázatoknak és veszélyeknek való kitettsége komplex módon jelenti a sérülékenységet. Tehát, a társadalom és a gazdaság klimatikus sérülékenysége különböző kölcsönhatások révén azonosítható (2. ábra). A sérülékenység társadalmi-gazdasági szempontból igen összetett jelenség, ami fakad magának a társadalmi-gazdasági helyzetnek a multifaktoriális modelljéből (Kulcsár L. – Székely Cs. 2014).

2. ábra: Társadalmi-gazdasági sérülékenység modellje



Forrás: Malcomb, D. et al. 2014 alapján Kulcsár L. – Székely Cs. 2014. p. 10.

(academia.edu/11185023/A_klimav%C3%ADmav%C3%A1ltoz%C3%A1s_t%C3%A1rsadalmigazdas%C3%A1gi_hat%C3%A1sai_a_vid%C3%A9ki_Magyarorsz%C3%A1gon)

Európában számos olyan projekt (pl. ESPON Climate 2013, ENSURE, CLAVIER) megvalósult az elmúlt években, amelyek NUTS3 szinten vagy NUTS3 területi szint alatt, például LAU1 és LAU2 szinten vizsgálták az éghajlatváltozással összefüggésben a kitettséget, érzékenységet, adaptációs képességet, és mindezek együtteseként a sérülékenységet. Ezeknek a kutatásoknak egy része kárpát-medencei és/vagy magyarországi mintaterületeket/esettanulmányokat is tartalmazott. Ezekről függetlenül Magyarországon is több olyan vizsgálatra került sor az utóbbi években, amelyek az éghajlatváltozásból eredő sérülékenység hazai jellemzőit és területi különbségeit elemezték. Az alábbiakban ezek rövid értékelő összegzése történik meg, egyrészt fókuszálva a klímaváltozás hazai

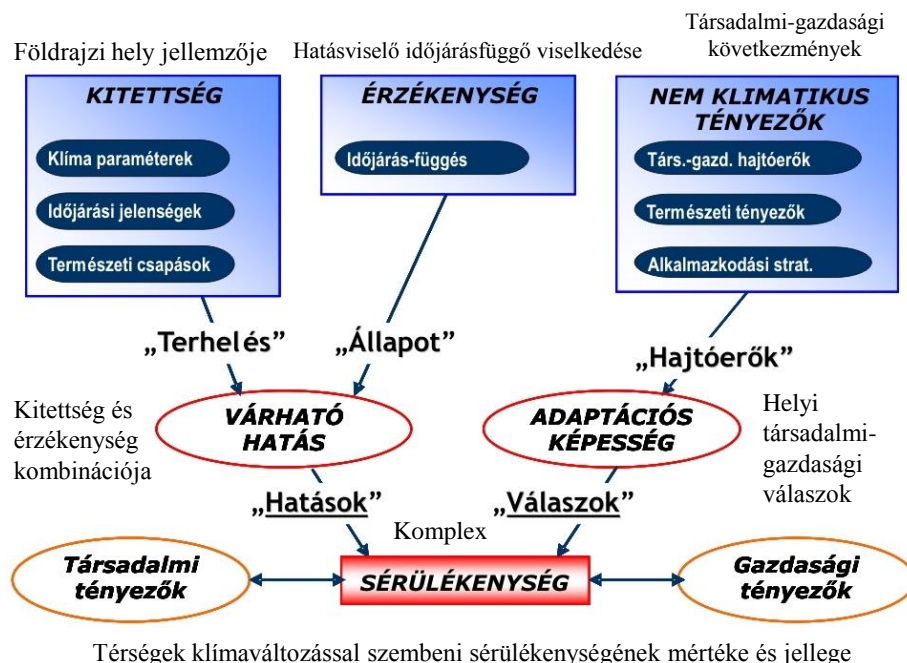
sajátosságaira, másrészt hangsúlyozva a társadalmi-gazdasági indikátorok szerepét a klímaváltozás következményeinek vizsgálatában.

Lényegében a 2000-es évek közepétől jelentek meg az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok Magyarországon, amelyek kezdetben nemzetközi projektek (pl. CLAVIER) keretében alkalmazott módszertan hazai adaptálására épültek (Pálvölgyi T. 2008). Pálvölgyi Tamás és kutatócsoportja az ún. CIVAS-modell hazai alkalmazásával megteremtették a feltételeket és a lehetőségeket:

1. a klímaváltozás hazai várható hatásainak megismeréséhez,
2. a kvantitatív éghajlati hatásvizsgálat kistérségi szintű használatához,
3. a komplex sérülékenység relatív szintjének vizsgálatához (többek között társadalmi-gazdasági indikátorok segítségével).

A CIVAS-modellben a közvetlen éghajlati hatások a klímamutatókban bekövetkező változásokban realizálódtak, amelyek számszerű értékeit a klímamodellek szolgáltatták. A közvetett éghajlati hatások komplex természeti jelenségeken keresztül jelentek meg (pl. hőhullámok), míg a társadalmi-gazdasági következmények különböző indikátorok alkalmazásával valósultak meg (3. ábra).

3. ábra: A klímaváltozás hatásviselői a CIVAS-modellben



Forrás: Pálvölgyi T. és mtsai 2010. p. 91.

Az ESPON 2013 Program „Klímaváltozás hatása a régiókra és a gazdaságra” c. projekt 2008-2012 között NUTS3 szinten a következő célkitűzéseket valósította meg (espon.eu):

- éghajlatváltozással szembeni sérülékenység, ill. gazdasági érzékenység területi különbségeinek feltárása és térképezése az ESPON térségben,
- sérülékenység-elemzéshez szükséges alapozó vizsgálatok elvégzése kitettség, érzékenység és adaptációs képesség vonatkozásában,
- éghajlatváltozás szempontjából hasonló jellegzetességeket mutató európai makrorégiók lehatárolása.
- javaslatétel döntéshozatal számára mitigációs és adaptációs intézkedésekre.

A projekt egyik legfontosabb eredménye, hogy a klímaváltozás által érintett európai makrorégiók – „éghajlatváltozási nagyrégiók” – közül Magyarország az ún. Dél-Közép-Európa régióhoz sorolható, ahol a jelentős növekedés tapasztalható az évi középhőmérsékletben és a nyári napok középhőmérsékletében, míg szintén nagymértékű csökkenés figyelhető meg a fagyos téli napok számában és a nyári időszak átlagos csapadékmennyiségében (espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_AppliedResearch/climate.html). A projekt másik fontos eredménye a Tisza vízgyűjtőterületen elvégzett esettanulmány, amelynek üzenete az, hogy az egyre szárazabbá váló területen a jövőben bizonytalanra válik a mezőgazdasági termelés, ugyanakkor a gyakoribbá váló villámárvizek is tovább növelik ezt a sérülékenységet (Schneller K. 2012).

A 2010-es évektől már nemcsak nemzetközi projektek hazai esettanulmányainak keretében készültek hasonló sérülékenység-vizsgálatok Magyarországon, hanem több kutatócsoport például nemzeti támogatások (pl. TÁMOP) révén valósított meg ilyen jellegű kutatásokat. A FuturICT Hungary által koordinált projekt a klímaváltozás gazdasági és társadalmi hatásainak feltérképezésével, a klímaadatokra épülő, társadalmi és gazdasági változásokat előrejelző modellek megalkotásával foglalkozott (Bozó L. és kutatócsoportja 2012–2013). Vizsgálati módszertanuk (részletes térbeli felbontású térképek legfontosabb éghajlati elemekre, és időjárási szélsőségek várható eloszlására vonatkozóan) kritikus sérülékenységgel bíró területek meghatározására és elemzésére fókuszált (m.futurict.szte.hu/#panelItem4). Az MTA TKI Alkalmazkodás a Klímaváltozáshoz Kutatócsoport célja 2010-től egyrészt egy klímaváltozási alkalmazkodás-gazdaságtani modell kidolgozása volt, másrészt olyan információk megadása és javaslatok megfogalmazása, amelyek a helyi klímastratégiák feltételrendszerének javítását szolgálják (Csete M. és kutatócsoportja 2010) (climate.univet.hu/?p=88#more-88). Kutatási eredményeikkel tipizálták a klímaváltozásból eredő károkat, amelyek segítenek a károk megállapítására szolgáló elemző, értékelő módszerek kidolgozásában:

- pénzben ki nem fejezhető, nem monetarizálható károk (pl. biodiverzitás pusztulása);

- időben elhúzódó, később jelentkező károk (pl. megbetegedések kezelése);
- közvetett károk (pl. gyümölcsösök pusztulása miatti exportkiesés, piacvesztés);
- közvetlen károk (pl. különböző időjárási szélsőségek okozta anyagi károk).

A gazdasági-társadalmi szempontú éghajlati sérülékenység-vizsgálatok markáns csoportját alkotják a területi jellemzőket előtérbe helyező kutatások, amelyek elsősorban adott területi egységek (régió, megye, kistérség/járás település) esetében értelmezik a lokalitás szerepét a klímaváltozással szembeni sérülékenységben. Farkas Jenő és szerzőtársai a Dél-Alföldön településkategóriák szerint elemezték a sérülékenységet: legfontosabb megállapításaik, hogy egyrészt a komplex, rendszerszemléletű megközelítések hiányoznak a hazai klímaváltozás kutatásából, másrészt pedig a térség klimatikus hatásokkal szembeni sérülékenynek mutató „forró pontjai” a Duna-Tisza köze egyes részein körvonalazódnak (Farkas J. és mtsai. 2015). Az IPCC 4. Jelentése (2007) alapján az ún. Klímasérülékenységi Index (CVI) ugyan a globális modellezéshez ad ajánlásokat a klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásainak előrejelzéséhez, ugyanakkor a CVI és CCIÁV (hatás – alkalmazkodás – sérülékenység értékelés) módszerének alkalmazása eléggé gyakori a regionális és lokális vizsgálatokban. Kulcsár László és szerzőtársai elemezték a klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásait az erdészeti és agrárszektorban zalai kistérségek példáján keresztül (Kulcsár L. szerk. 2010). Kutatásuk arra is jó példa, hogy a sérülékenység-vizsgálatok nem feltétlenül csak kvantitatív úton értékelik az összefüggéseket, hanem komplex szemléletükkel lehetőséget teremtenek a kvalitatív technikák (pl. kérdőíves felmérés, interjú) útján történő információszerezéshez is. A társadalmi sérülékenységet meghatározó indikátorokat három csoportba sorolták (Vincent, K. 2004 alapján Obádovics Cs. és mtsai 2014):

- Kitettségi indikátorok: pl. természeti erőforrásoktól való függőség (vidéki népesség aránya, zöldterület nagysága, agrárfoglalkoztatottak)
- Érzékenységi indikátorok: pl. demográfiai korszerkezet (gyermek-, fiatal és időskorúak, aktív korúak)
- Alkalmazkodóképesség indikátorok: pl. gazdasági jóllét és stabilitás (városi népesség aránya, HDI, iskolai végzettség, várható élettartam, jövedelem)

A területi szempontokat hangsúlyozó sérülékenység-vizsgálatokban külön csoportba sorolhatók azok, amelyek települési szint alatt (pl. lakótömbök, utcák) értékelik a klímaváltozás helyi következményeit és hatásait a társadalmi-gazdasági élettérben. A CLAVIER-projekt keretében a CIVAS-modell használatával történt meg Tatabányán az épületek tetősérülékenységének

felmérése a szélviharokkal szemben, amelyben a várható hatások előrejelzésekor a lakosok alkalmazkodóképességét is figyelembe vették, pl. a szociális helyzet és anyagi lehetőségek segítségével (Pálvölgyi T. – Horváth E. 2011). A kutatásban az épületek széllel szembeni állékonyságát vizsgálták, egyben megállapították, hogy a város lakosságának 25 %-a a legsérülékenyebb épülettípusokban él vagy dolgozik, ráadásul viharok idején nemcsak az épületek, hanem azok szomszédságában lévő vezetékek és egyéb utcai berendezések (pl. jelzőlámpák) is sérülnek.

Hasonlóan komplex, bár kifejezetten nem sérülékenység-vizsgálat valósult meg Siófokon a SEERISK-projekt során, amelyben a kockázati térképezés mellett (veszélyesség, hatás és kockázati szintek elkülönítésével) a lakosok klímatudatosságának felmérése is lezajlott: legfontosabb eredmény, hogy a szocio-demográfiai helyzet az egyik legmeghatározóbb tényező a helyi közösségek veszélyeztetettségének alakulásában (Földi Zs. és mtsai 2014) (seeriskproject.eu). A siófoki esettanulmányhoz hasonló koncepció és vizsgálati módszer alkalmazásával a Balaton térség társadalmi érzékenységének és klímaváltozással szembeni sérülékenységének kutatása valósult meg, igaz, nem kifejezetten a sérülékenység-vizsgálat feltételei és módszerei szerint (Agg Z. – Csapó D. 2015, Leveleki M. 2015). A projekteredmények főképpen a kvalitatív vizsgálati technikák hatékony használatára jó példák a környezeti attitűdök értelmezésén keresztül. Többek között kérdőíves felméréssel és interjúkkal mutattak rá arra, hogy a lakosság bár ismeri a klímaváltozás jelenségét, mégis adaptációs képességének javításában ez a tudás kevésbé jelenik meg.

Az előbbieken bemutatott projektek az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatokban regionális klímamodelleket alkalmaztak. Többségük a PRECIS, a RegCM, az ALADIN-Climate és a REMO klímamodelleket alkalmazta: a scenáriók 2021-2050 és 2071-2100 időszakra vonatkoztak, 10-25 km felbontásban, és a referencia időszak 1961-1990 volt. Mindegyik alkalmazott klímamodell a középértékes A1B forgatókönyvet integrálta, míg a PRECIS az A2 pesszimista (magasértékű ÜHG-kibocsátás) és a B2 optimista (alacsonyértékű ÜHG-kibocsátás) scenáriókat is tartalmazta. Mindezek mellett a CLAVIER-projekt a RACMO regionális klímamodellt, az ESPON Climate-projekt pedig a COSMO klímamodellt is figyelembe vette.

A magyarországi sérülékenység-vizsgálatok legfontosabb eredményei

Az előzőekben bemutatott klímamodellekkel és sérülékenység-vizsgálatokkal kapcsolatos fontosabb hazai kutatási eredmények két fő szempont szerint kerülnek összegzésre és értékelésre ebben a fejezetben:

1. Milyen társadalmi-gazdasági indikátorok jelennek meg az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatokban? Vagyis, ezek hogyan járulnak hozzá a társadalmi érzékenység és adaptációs képesség értelmezéséhez, ill. milyen területi szinteken alkalmazhatók?
2. A klímaváltozás hatásai pénzben, illetve pénzügyi vonatkozásaiban hogyan fejezhetők ki? Egyáltalán milyen nemzetközi és hazai eredmények születtek ezzel kapcsolatban?

Az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok társadalmi-gazdasági indikátorai

A nemzetközi és hazai éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok társadalmi-gazdasági indikátorok használatára vonatkozó módszertani tapasztalatait öszegzi az 1. táblázat. A táblázat összeállításának legfontosabb elve az volt, hogy a különböző területi szinteken (globális, regionális, lokális) megjelenő sérülékenység-vizsgálatok milyen társadalmi-gazdasági indikátorokat alkalmaztak a kockázat – kitettség– várható veszteségek – kockázatkezelési stratégiák – sérülékenység mint komplex problémakör értelmezésében.

1. táblázat: Az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatokban alkalmazott fontosabb társadalmi-gazdasági indikátorok

| Térségi szint | Klímaváltozás hatásai által érintett terület | Társadalmi indikátorok | Gazdasági indikátorok |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Globálisan | - Kontinensek - Globális nagyrégiók - Országcsoportok | Népességnövekedés üteme Népsűrűség Korösszetétel Human Development Index | GDP/GNI Gglobális Versenyképesség Index Szén-dioxid kvóta Mégélhetési Sérülékenység Index |
| Regionálisan | - Országok - Makrorégiók/nagyterületek - NUTS3 szint | Nemek szerinti megoszlás Korösszetétel Várható élettartam Településtípusokban élő népesség aránya Vándorlási egyenleg Zöldterületek aránya | Kritikus infrastruktúra Energiatermelés és –fogyasztás Ipari termelés Szolgáltatások Települések Erőforrás-készlet Téli és nyári turizmus |
| Lokálisan | - Kistérség/járás - Település - Kisközösség (lakótömb) | Népesség, népsűrűség Demográfiai tényezők (nemek, kor, öregségi index, eltartottsági ráta) Iskolai végzettség Depriváció Egészségi állapot, életmód Népesség aránya kitettség alapján Adózó jövedelem Népesség megoszlása város-vidék között Humán infrastruktúra | Épületállomány összetétele Energia-felhasználás Gazdasági szektorok Káresemények száma Foglalkozási szerkezet Jövedelem és jövedelmi szerkezet Vállalkozások száma és szerkezete Elérhetőségek Technológia Globalizációs hatások Anyagi támogatások (állam szerepe) |

Forrás: pl. ESPON Climate 2013; Farkas J. és mtsai 2015; Kulcsár L. szerk 2014; Obádovics Cs. és mtsai 2014; Pálvölgyi T. és mtsai 2011; Pappné Vancsó J. és mtsai 2014 alapján saját szerkesztés

A sérülékenység-vizsgálatokban globálisan elsősorban a társadalomban és a gazdasági életben tapasztalható egyenlőtlenségek mérésére szolgáló életszínvonal- és/vagy életminőség-mutatók jelennek meg. Minél inkább a lokális szint felé haladunk a sérülékenység-vizsgálatokban, annál inkább a gazdasági és társadalmi folyamatok finomhangolású elemzésére nyílik lehetőség, például az életmódbeli szokásokra vonatkozó indikátorok alkalmazásával. A regionális és lokális szinten megvalósított sérülékenység-vizsgálatok indikátoraiban jelentős különbségek nincsenek, viszont a településeken elvégzett ilyen jellegű vizsgálatok akár épületekre és/vagy háztartásokra vonatkozó indikátorok használatára is adnak lehetőséget. A klímaváltozással összefüggésbe hozható szélsőséges időjárási helyzetek okozta gazdasági károk és/vagy emberi sérülések pénzben kifejezett értékét kisebb területi egységre (régió vagy még kisebb területi egység) bontva lehet nagyobb pontossággal kiszámítani. Minél inkább nagyobb területi egységen valósul meg a sérülékenység-vizsgálat, annál inkább több a bizonytalansági tényező a klímaváltozás társadalmi-gazdasági következményeinek értelmezésében.

A legtöbb demográfiai jellemző (életkor, iskolai végzettség, lakóhely) alapvetően befolyásolja a klímaváltozás gazdasági következményeit: például az iskolai végzettség és képzettség szintje hatással van az adaptációs képességekre, amelyek a gazdasági folyamatokban a környezetbarát technológiai eljárások széleskörű elterjedését szolgálhatja vagy éppen akadályozhatja. A szocio-demográfiai (pl. háztartások jövedelme) és szocio-kulturális helyzet (pl. fogyasztási szokások) elsődleges információhordozó adott közösség klímaváltozással kapcsolatos tudásáról, felkészültségéről és alkalmazkodási hajlandóságáról. Nemcsak a népesség összetétele, hanem a népesedési viszonyok (intenzív népességnövekedés versus népességfogyás) is meghatározhatják adott társadalom vagy helyi közösség klímaváltozással szembeni sérülékenységét: például a népsűrűség vagy a korszerkezet egyenlőtlen alakulása a klímaváltozás hatásaival szemben leginkább érzékeny és sérülékeny társadalmi csoportokra hívja fel a figyelmet. A klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásaival összefüggésben a leginkább veszélyeztetett és sérülékeny társadalmi csoportok a gyermekkorúak, az idősek, a depriváltak, a krónikus betegek.

A sérülékenység-vizsgálatokban alkalmazott gazdasági indikátorok elsődlegesen a gazdasági termelés és a társadalom működése során megjelenő energiahasználat, fogyasztás, munkaerő-felhasználás és technológiai alkalmazások mérésére és azok következményeinek értelmezésére épülnek. Mindezek mellett a gazdasági indikátorok információhordozók adott területi egység fejlettségi szintjéről is, valamint bizonyos adatok alacsonyabb térségi szintre való dezaggregálásával az egymással szomszédos területi egységek fejlettségéről is (szomszédsági hatás). A gazdasági indikátorok referencia-

időszakának kiválasztásában fontos szempont – mind Kelet-Közép-Európában, mind pedig Magyarországon – a rendszerváltozás gazdasági hatásainak figyelembe vétele (pl. energiatermelés csökkenése, globalizációs hatások).

A klímaváltozás pénzben kifejezett hatásai

A klímaváltozás által érzékenyen érintett gazdasági ágazatokban a klímaváltozás következményei, vagyis a szélsőséges időjárási helyzetek révén jelentős károk keletkezhetnek, amelyeknek komoly pénzügyi vonatkozásaik is vannak. A termeléskiesés, a csökkenő hatékonyság, az amortizáció, a többlet ráfordítás mértéke, a megelőzés és elhárítás, ill. a keletkező károk után a visszaállítás növekvő terhei tetemes költségekkel járnak együtt, amelyek fokozódása várható a jövőben. A jövőbeli hatások és azok pénzügyi vonatkozásai régióként és országokként mozaikosak, vagyis alakulásukban érvényesül a területi folyamatok és fejlettségbeli különbségek szerepe.

A közgazdaságtani számítások egyik feladata mérhetővé tenni és kvantifikálni a klímaváltozás hatásaiból várható károkat. Ennek egyik globálisan meghatározó tudományos bizonyítéka az ún. Stern-jelentés, amely 700 oldalas tanulmány 2006 őszén került napvilágra. Ebben a gazdasági számítások legfőbb üzenete az volt, hogy a jövőben a gazdasági növekedés az ÜHG-koncentráció stabilizálásával is fenntartható (Stern Review, 2006; mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf).

A dezaggregált elemzések, az integrált becslési modellek, valamint a különböző kockázati és valószínűségi modellek a globális GDP várható csökkenéséről számolnak be a kétszeres CO₂-kibocsátásból kiindulva (ezekben a számításokban általában a viszonyítás a preindusztrializációs időszak) (Farkas és mtsai 2015). Ugyanakkor a GDP csökkenésben a gazdasági fejlettség makroszintű egyenlőtlenségei alapján markáns területi különbségek várható kontinensek és térségek szerint: például a legnagyobb visszaesés Afrikában várható, ezt követi a Közel-Kelet, a Pacifikus térség, és Latin-Amerika (Tol, R. 1998). Fankhauser, S. és Tol, R. (2005) 3 °C-os hőmérséklet-növekedés mellett átlagban 5 %-os GDP-csökkenést valószínűsít, amelytől azonban országoként nagy eltérések lehetségesek (Fankhauser, S. – Tol, R. 2005, Farkas és mtsai 2015). Más modellek ugyanakkor a 3 °C-os emelkedéshez tartozó GDP-csökkenést 1–15 % közé teszik az elkövetkező 20–30 évben (Farkas J. és mtsai 2015; Tol, R. et al. 2004). Más számítások pedig a klímaváltozásból eredő konkrét időjárási események együttes hatására jelentkező pénzügyi károokra adnak becsléseket: például ezek 2007-ben a mező- és erdőgazdaságban elérték a 150 milliárd Ft-ot Magyarországon (Gaál M. és mtsai 2009).

A Stern-jelentés az éghajlatváltozás hatásai következtében felmerülő gazdasági költségeket a következő módszerek alkalmazásával értékelte (wwf.se/source.php/1169157/Stern%20Report_Exec%20Summary.pdf):

1. Lebontott módszerek: céljuk az éghajlatváltozásnak a gazdaságra, az emberi életre és a környezetre gyakorolt fizikai hatásainak felmérése, valamint az üvegházgáz-kibocsátás csökkentésére alkalmazott különböző technológiák és stratégiák erőforrás-költségeinek vizsgálata.
2. Közgazdasági modellek (pl. integrált értékelési modellek, makrogazdasági modellek): az éghajlatváltozás gazdasági hatásait becsülik meg, valamint az alacsony ÜHG-kibocsátású energiarendszerekre való áttérés költségeit és hatásait jelenítik meg.
3. Ún. „üvegházgáz-kibocsátás társadalmi költsége”-módszer: egységnyi pótlólagos ÜHG-kibocsátás hatásainak költségét jelenti az ÜHG-koncentráció jelenlegi szintjének és jövőbeni alakulásának, valamint az elhárítási határköltségét figyelembe véve.

A Stern-jelentés néhány fontosabb megállapítása (Stern-jelentés Összefoglaló, 2008):

- A jelenlegi tendencia szerint a globális átlaghőmérséklet 2–3 °C-kal nő az elkövetkezendő mintegy 50 éven belül. A Föld több fokkal nagyobb felmelegedés elé néz, ha a kibocsátások mennyisége tovább növekszik.
- A hatékony beavatkozás és globális cselekvés költsége kb. a globális GDP évi 1 %-a.
- A globális GDP 1 %-át is kiteheti a klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak mérséklésére fordított költség: ha ez elmarad, a legrosszabb esetben a globális GDP akár 20 %-kal is csökkenhet.
- A jövőbeli klímaváltozás következményeinek megelőzésére a jelenleg megtehető költséges lépések tízszer ekkora későbbi költségeket előznek meg.
- Jelenleg a GDP 1-1,5 %-át lehetne a CO₂-kibocsátás csökkentésére fordítani, ezzel későbbi akár 10-15 %-os veszteségek lennének elkerülhetők.
- A tudományos eredmények a jelenlegi gazdasági fejlődés változatlan továbbfolytatódását (business-as-usual, BAU) feltételező üvegházgáz-kibocsátási scenárió és az ennek következtében fellépő éghajlatváltozás nagyon súlyos és visszafordíthatatlan következményeinek egyre növekvő kockázatára mutatnak rá.

- A CO₂-kibocsátás jelenlegi tendenciáit figyelembe véve a légkörben lévő üvegházgáz-készlet 2050-re elérheti az ipari forradalom előtti szint kétszeresét, de a kibocsátások éves mennyisége rohamosan nő. Ez azt jelenti, hogy már 2035-ben bekövetkezhet az, hogy CO₂-szint eléri az industrializációs előtti szint kétszeresét (550 ppm CO₂). A klímamodellek szerint pedig legalább 77 %-os esély van arra, hogy a globális átlagos hőmérséklet-növekedés meghaladja 2050-re a 2 °C-t.
- Az éghajlatváltozás hatásai nem egyenletesen oszlanak el, a legszegényebb országok és emberek fogják a legkorábban és legjobban érzékelni azokat. A kevésbé fejlett országok többsége eleve trópusi és szubtrópusi, tehát melegebb és szárazabb földrajzi területeken található. Így a további felmelegedés számukra magasabb kiadásokat és kevesebb hasznot fog eredményezni. Az alacsony és közepes jövedelmű országok nagyobb része erősen függ a mezőgazdasági termelés lehetőségeitől, amely szektor pedig egyike a klímaváltozással szemben érzékeny szektoroknak. Ráadásul ezekben az országokban a humán infrastruktúra (pl. egészségügyi és szociális ellátás) hiányos és elmaradott. Alacsony szintű gazdasági termelékenységük és bevételeik tovább növelik sérülékenységüket, amelyek együttesen különösen megnehezítik számukra az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást.
- A globális klímamodellekben 2050-ig 2-3 °C átlagos hőmérséklet-emelkedéssel számolnak a kibocsátási forgatókönyvek: emiatt a költségek növekedése a globális össztermelést alapul véve kb. 0-3 %-os veszteségnek felelnek meg. Ez pedig a fejlett országok gazdasági életére is kihat: például az éghajlatváltozás miatt egyre gyakoribbá és intenzívebbé váló szélsőséges időjárási eseményekkel kapcsolatos kiadások növekednek, egyben a globális pénzügyi piacok is bizonytalanabbá válnak (biztosítási költségek ingadozása).
- A globális forgatókönyvek szerint 2100 után akár 5-6 °C-os hőmérséklet-növekedés is bekövetkezhet. Ez átlagosan 5-10 %-kal csökkentheti majd a globális GDP értékét, de a szegény országokban több mint 10 %-kal.
- Közép- és hosszú távon a tiszta energia-, hő- és közlekedési-szállítási technológiák széles körű bevezetése szükséges a radikális kibocsátás-csökkentéshez. Az energiaszektorban világszerte legalább 60 %-os mértékben üvegházgáz-mentesnek kell lennie 2050-re ahhoz, hogy az 550 ppm CO₂-szinten, vagy az alatt bekövetkezzen a stabilizáció az erőforrás-gazdálkodásban.
- Az 50 ppm CO₂-szinten történő stabilizációhoz vezető fejlődési pályára való átálláshoz tartozó optimális kibocsátás-csökkentés várható éves

költségének felső határa a 2050-ig terjedő időszakban átlagosan a globális GDP 1 %-a körül lesz.

A Stern-jelentés legfontosabb következtetése, hogy az éghajlatváltozással kapcsolatos hosszú távú célok alapja kollektív intézkedés-rendszer kiépítése és fenntartása, például az együttműködést szolgáló hatékony intézmények kiépítésén, a résztvevők számára és a kölcsönös bizalom megteremtésén keresztül. A cselekvésnek globális, regionális és lokális szinten a mitigációt (az elhárítást), az innovációt (a megújítást) és az adaptációt (az alkalmazkodást) egyaránt tartalmaznia kell (nefmi.gov.hu/letolt/felsoo/stern_jelentes_2006_081030.pdf).

A klímaváltozás hatásainak pénzben való kifejezésére egy lehetséges mód a környezeti számlák alkalmazása. A környezeti számlákban olyan társadalmi-gazdasági indikátorok jelennek meg, amelyek alkalmasak a környezetvédelmi és társadalmi problémák értelmezésére, ill. az ezek alapján képzett mutatók rávilágítanak a környezet és a jóllét kapcsolatára. Így közvetlenül is alkalmasak olyan szakpolitikai döntések meghozatalához, amelyek a fenntartható fejlődést, az éghajlatváltozás káros hatásainak mérséklését, a környezetvédelmi szempontok előtérbe helyezését, a környezetszennyezés csökkentését, a megfelelő erőforrás-gazdálkodást és a földhasználatot szolgálják. A környezeti-gazdasági számlák rendszere konzisztens a nemzeti számlák rendszerével, de a környezeti-gazdasági számlák kötelezően a következő területeket fedik le (Bóday P. – Szilágyi G. 2013):

- anyagok és energia fizikai áramlása a gazdaságon belül, illetve a gazdaság és a környezet között,
- természeti erőforrások állománya és készletváltozása,
- a környezethez kapcsolódó gazdasági tevékenységek és tranzakciók.

A környezeti-gazdasági számlákból megfelelő aggregáltságú indikátorok képezhetők, amelyek vagy közvetlenül, vagy áttételesen alkalmasak a klímaváltozás hatásainak értékelésére és elemzésére. Például a környezetvédelmi tevékenységekhez köthető termelés, munkaerő, ráfordítás (a környezettel kapcsolatos tevékenységek GDP-hez viszonyított aránya, a kormányzat környezetvédelmi kiadásai) révén lehet olyan indikátorokat képezni, amelyek a környezet és gazdaság kapcsolatát írják le (Bóday P. – Szilágyi G. 2013).

Következtetések és javaslatok a társadalmi-gazdasági indikátorok kiválasztásához

A klímamodellek felhasználásának lehetőségei a társadalmi-gazdasági alkalmazkodásban áttételesek, ugyanis közvetlenül nem alkalmaznak társadalmi-gazdasági indikátorokat. A globális és regionális klímamodellek előre beépítetten, szimulációs modelleken alapuló kibocsátási forgatókönyvek segítségével adnak projekciókat a jövőre nézve az emberi tevékenységekkel összefüggő üvegházhatású gázok emissziójára és légköri koncentrációjára. Számos korlátozó és bizonytalansági tényező miatt tehát közvetlenül nem nyújtanak információkat a klímaváltozás társadalmi-gazdasági következményeinek jövőbeli alakulására.

A klímaváltozással összefüggésben a társadalmi-gazdasági folyamatok előrejelzésére vonatkozó modellalkotás folyamatát leginkább a klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásait értelmező indikátorok megadásával lehet támogatni. Ehhez elsődlegesen az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok módszertanát lehet segítségül hívni, amelyek viszonylag újak tekinthetők, és egyre nagyobb számban alkalmazzák őket Magyarországon is a klímaváltozás hatásainak értékelésében. Az ilyen jellegű kutatások főként természeti veszélyhelyzetekhez és azok lokális következményeihez kötik az összefüggések feltárását, egyben lehetőséget adnak multifaktorális és multidimenzionális modellekre épülő komplex módszertan használatára is.

Az éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatok tapasztalatainak összegzése után a következő társadalmi-gazdasági indikátorok használata javasolt a jelen projekt modellalkotásában:

1. Demográfiai-társadalmi indikátorok: népességszám, népsűrűség, élveszületések, halálozások, születéskor várható átlagos élettartam, nemek és korcsoportok szerinti megoszlás, iskolai végzettség, vándorlási egyenleg.
2. Gazdasági indikátorok: GDP, tőkeállomány, foglalkoztatottság és inaktivitás, fogyasztás, technológia, állami támogatások.
3. Földhasználati indikátorok: földterület nagysága, földhasználati kategóriák, védelem alatt álló területek, zöldterületek, mezőgazdasági kibocsátás, talajminőség.

A stabilitás-sérülékenység problematika determinálja, hogy a társadalmi sérülékenységet klímaváltozástól független társadalmi-gazdasági folyamatok is meghatározzák, befolyásolják. Szintén megállapítható, hogy a társadalmi-gazdasági folyamatok a klímaváltozástól függetlenül is értelmezhetők, változásuk és átalakulásuk időben és térben jellemző egyenlőtlenségekre utal. Ugyanakkor

vannak olyan gazdasági szektorok – pl. mezőgazdaság, erdészet, energiatermelés, egészségügy, turizmus stb. –, amelyek érzékenyebben reagálnak a klímaváltozás helyi következményeire.

A jövőre nézve további kutatási irány annak értékelése és elemzése, hogy a helyi társadalmak klímaváltozással szembeni sérülékenysége mitől függ leginkább: a kitettségtől, az érzékenységtől, az alkalmazkodóképességtől, vagy mindezek együttesen dominálnak a sérülékenység alakulásában és változásában.

Irodalom

Agg. Z., Csapó D. (2015): Mennyire vagyunk „képben” az éghajlatváltozás kérdéseiben? *Comitatus*, 2015. tavasz, 36–44.
http://www.mrtt.hu/files/comitatus/comitatus_2015_tavasz.pdf Letöltés: 2015. aug. 7.

Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): *Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. MTA – ELTE, Budapest
<http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> Letöltés: 2015. máj. 29.

Bartholy J., Pongrácz R. (2011): *Regionális éghajlatváltozás – Modelleredmények elemzése a Kárpát-medence térségére*.
<http://nimbus.elte.hu/oktatas/metfuzet/EMF024/PDF/01-Bartholy-Pongracz-EMF24.pdf> Letöltés: 2015. aug. 6.

Bóday P., Szilágyi G. (2013): A környezeti számlák szerepe a fenntarthatóság mérésében. *Statisztikai Szemle*, 8-9.,
http://www.ksh.hu/statszemle_archive/2013/2013_08-09/2013_08-09_870.pdf
Letöltés: 2015. jún. 19.

Farkas J. Zs., Rakonczai J., Hoyk E. (2015): Környezeti, gazdasági és társadalmi éghajlati sérülékenység: esettanulmány a Dél-Alföldről. *Tér és Társadalom*, 1.,
<http://tet.rkk.hu/index.php/TeT/article/view/2675> Letöltés: 2015. júl. 21.

Fankhauser, S., Tol, R. (2005): On climate change and economic growth. *Resource and Energy Economics*, 1., 1–17.

Földi Zs., Uzzoli A., Sik A., Perge K., Horváth A., Czikorné Balázs E., László P. (2014): Klímaváltozáshoz kapcsolódó természeti kockázatok helyi léptékű elemzése és a társadalmi felkészültség vizsgálata Közép- és Délkelet-Európában - Egy transznacionális projekt eredményei. *Tér és Társadalom*, 4., 40–62.

Gaál M., Ladányi M., Szenteleki K., Hegedüs A. (2009): A kertészeti ágazatok klimatikus kockázatainak vizsgálati-módszertani áttekintése. „*Klíma-21*” Füzetek. *Klíma*változás – Hatások – Válaszok, 58., 72–81.

Haszpra L. (2011): Emisszió scenáriók. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): *Klíma*változás – 2011. *Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. MTA – ELTE, Budapest, 92–98. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> Letöltés: 2015. máj. 29.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014): Climate Change 2014 – Synthesis Report. *Summary for Policymakers*. 5th Report. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf Letöltés: 2015. júl. 20.

Kulcsár L. (szerk.) (2014): *A klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásai a vidéki Magyarországon*. Kutatási zárójelentés. Nyugat-magyarországi, Egyetem, Sopron, http://www.academia.edu/11185023/A_kl%C3%ADmav%C3%A1ltoz%C3%A1s_t%C3%A1rsadalmi-gazdas%C3%A1gi_hat%C3%A1sai_a_vid%C3%A9ki_Magyarorsz%C3%A1gon Letöltés: 2015. júl. 27.

Kulcsár L., Székely Cs. (2014): Bevezető tanulmány. In: Kulcsár L. (szerk.) (2014): *A klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásai a vidéki Magyarországon*. Kutatási zárójelentés. Nyugat-magyarországi, Egyetem, Sopron, 8–13. http://www.academia.edu/11185023/A_kl%C3%ADmav%C3%A1ltoz%C3%A1s_t%C3%A1rsadalmi-gazdas%C3%A1gi_hat%C3%A1sai_a_vid%C3%A9ki_Magyarorsz%C3%A1gon Letöltés: 2015. júl. 27.

Leveleki M. (2015): A környezeti tudat és a környezettudatosság néhány demográfiai változó függvényében a Balaton térség népessége körében. *Comitatus*, 2015. tavasz, 15–25. http://www.mrtt.hu/files/comitatus/comitatus_2015_tavasz.pdf Letöltés: 2015. aug. 7.

Malcomb, D. W, Weaver, E. A., Amy Richmond Krakowka, A. M. (2014): Vulnerability modeling for sub-Saharan Africa: An operationalized approach in Malawi. *Applied Geography*, 48., 17–30.

Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Jung, T.Y., Kram, T., La Rovere, E.L., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Raihi, K., Roehrl, A., Rogner, H. H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N., Dadi, Z. (2000): IPCC special report on emissions scenarios. Cambridge University Press, Cambridge.

Obádovics, Cs., Hoschek M., Pappné Vancsó J. (2014): A társadalom klímaváltozással szembeni sérülékenysége: A társadalom sebezhetőségének komplex vizsgálata a zalai kistérségekben. In: Kulcsár L. (szerk.) (2014): *A klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásai a vidéki Magyarországon*. Kutatási zárójelentés. Nyugat-magyarországi, Egyetem, Sopron, 25–44. http://www.academia.edu/11185023/A_kl%C3%ADmav%C3%A1ltoz%C3%A1s_t%C3%A1rsadalmi-gazdas%C3%A1gi_hat%C3%A1sai_a_vid%C3%A9ki_Magyarorsz%C3%A1gon Letöltés: 2015. júl. 27.

Pappné Vancsó J., Obádovics Cs., Hoschek M. (2014): A társadalom klímaváltozással szembeni sérülékenysége: A sérülékenység-vizsgálatok fejlődése a kezdeti lépésektől a „Climate Vulnerability Index” kialakulásáig. In: Kulcsár L. (szerk.) (2014): *A klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásai a vidéki Magyarországon*. Kutatási zárójelentés. Nyugat-magyarországi, Egyetem, Sopron, 45–56. http://www.academia.edu/11185023/A_kl%C3%ADmav%C3%A1ltoz%C3%A1s_t%C3%A1rsadalmi-gazdas%C3%A1gi_hat%C3%A1sai_a_vid%C3%A9ki_Magyarorsz%C3%A1gon Letöltés: 2015. júl. 27.

Pálvölgyi T. (2008): Az éghajlatváltozás hatásai az épített környezetre és az infrastruktúrára. In: Fodor I. – Suvák A. (szerk.): *A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében*. MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs, 111–119.

Pálvölgyi T., Czira T., Dobozi E., Rideg A. Schneller K. (2010): A kistérségi szintű éghajlat-változási sérülékenységvizsgálat módszere és eredményei. *„Klíma-21” Füzetek. Klímaváltozás – Hatások – Válaszok*, 62., 88–102.

Pálvölgyi T., Czira T., Bartholy J., Pongrácz R. (2011): Éghajlati sérülékenység a hazai kistérségek szintjén. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): *Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. MTA – ELTE, Budapest, 236–256. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> Letöltés: 2015. máj. 29.

Pálvölgyi T., Horváth E. (2011): A klímaváltozás várható hatásai az épített környezetre. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): *Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. MTA – ELTE, Budapest, 257–261. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> Letöltés: 2015. máj. 29.

Pieczka I. (2012): *A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati szcenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamodell felhasználásával*. Ph.D. értekezés. ELTE, Budapest

Pomázi I., Szabó E. (2006): A környezeti mutatók alkalmazásának nemzetközi és hazai tapasztalatai. *Statisztikai Szemle*, 10-11., http://www.ksh.hu/statszemle_archive/2006/2006_10-11/2006_10-11_996.pdf
Letöltés: 2015. jún. 12.

Pomázi I., Szabó E. (2008): Környezeti jövőképek és előrejelzések nemzetközi és hazai tapasztalatainak áttekintése. *Statisztikai Szemle*, 2., http://www.ksh.hu/statszemle_archive/2008/2008_02/2008_02_138.pdf
Letöltés: 2015. jún. 17.

Stern Review (2006): The Economics of Climate Change. London, 662 p. (http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf) Letöltés: 2015. jún. 18.

Schneller K. (2012): *A térségi éghajlati sérülékenység európai vizsgálata az ESPON 2013 Program keretében.* Konferencia prezentáció. http://www.emk.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/emk/evgi/TajokologiaiKonferencia2012/Eloadasok/III._szekci%C3%B3/ESPONKlima_tajokologiaikonferencia0831v%C3%A9gs%C5%91.pdf Letöltés: 2015. júl. 21.

Szépszó G. (2014): *A REMO regionális éghajlati modellen alapuló klímadinamikai vizsgálatok a Kárpát-medence éghajlatának jellemzésére.* Ph.D. értekezés. ELTE, Budapest

Tol, R. (1998): Estimating socio-economic impacts of climate change. *Studies in Environmental Science*, 72., 199–221.

Tol, R., Downing, T., Kuik, O. Smith, J. (2004): Distributional aspects of climate change impacts. *Global Environmental Change*, 3., 259–272.

Torma Cs. (2011): *Átlagos és szélsőséges hőmérsékleti és csapadék viszonyok modellezése a Kárpát-medencére a XXI. századra a RegCM regionális klímamodell alkalmazásával.* Ph.D. értekezés. ELTE, Budapest

Vág András (2011): *Az Európa számára releváns környezeti migráció forgatókönyvei.* Ph.D. értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő

Vincent, K. (2004): *Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa.* Tyndall Centre for Climate Change Research and School of Environmental Sciences, University of East Anglia Norwich NR4 7TJ. Tyndall Centre Working Paper No. 56 August 2004.

Internetes források:

www.espon.eu (kutatási jelentések) Letöltés: 2015. júl. 2.

http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_AppliedResearch/climate.html (kutatási összefoglaló) Letöltés: 2015. júl. 2.

<http://m.futurict.szte.hu/#panelItem4> (információk) Letöltés: 2015. máj. 21.

<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> (publikációk és adatok) Letöltés: 2015. jún. 29.

www.met.hu (ismeret-tár) Letöltés: 2015. jún. 24.

http://www.nefmi.gov.hu/letolt/felsoo/stern_jelentes_2006_081030.pdf (Stren-jelentés) Letöltés: 2015. jún. 18.

http://www.wwf.se/source.php/1169157/Stern%20Report_Exec%20Summary.pdf (összefoglaló) Letöltés: 2015. jún. 18.

www.seeriskproject.eu (adatok) Letöltés: 2015. szept. 17.

<http://www.unep.org/geo/geo5.asp> (publikációk) Letöltés: 2015. júl. 3.

<http://climate.univet.hu/?p=88#more-88> (kutatócsoport, publikációk) Letöltés: 2015. máj. 28.