

Klímodellek a társadalmi alkalmazkodásban – A sérülékenységvizsgálatok hazai eredményei és tapasztalatai

Uzzoli Annamária

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 prognosztizálása. Ezek az ismeretek pedig a szakpolitikai döntéshozók számára nyújtanak információkat a mitigációs és adaptációs intézkedések meghozatalához, hatékonyabb megvalósításához.

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 az éghajlati rendszer reagál az emberi tevékenységekre és azok változására (Bartholy, Pongrácz 2011). A modellszimulációk 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.

Fejezetünk a globális és regionális éghajlatváltozások hatásainak komplexitásából fakadó alproblémának a bemutatására épül, azaz, hogy a klímaváltozás és a társadalmi-gazdasági folyamatok kapcsolatrendszere multidimenzionális és több-tényezős modelleken keresztül írható le, amelyek ötvözését leghatékonyabban az éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok teszik meg. Célunk felhívni a figyelmet a témában releváns hazai előzményekre és azokra a kutatási tapasztalatokra, amelyek

elméleti kiindulópontot vagy módszertani keretet jelenthetnek a klímaváltozás várható hazai társadalmi-gazdasági hatásainak előrejelzéséhez. Mindezekben kiemelt szerepet fordítunk a hazai hőhullámok egészséghatásaival kapcsolatos kutatási eredmények interpretálására.

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

- fogalmi szempontok: a sérülékenységvizsgálatok fontosabb fogalmainak meghatározása,
- területi szempontok: a nemzetközi kitekintés elsősorban Európára, a Kárpát-medencére és Magyarországra koncentrált, hiszen a magyarországi eredményeket kívánja közvetíteni nemzeti, regionális és lokális szinten,
- ágazati szempontok: a klímaváltozás társadalmi és gazdasági következményei által leginkább érintett és sérülékeny ágazatok értékelése a hazai társadalmi-gazdasági környezetben. Speciális szempont a klímaváltozás egészséghatásainak elemzése a hőhullámokkal összefüggésben.

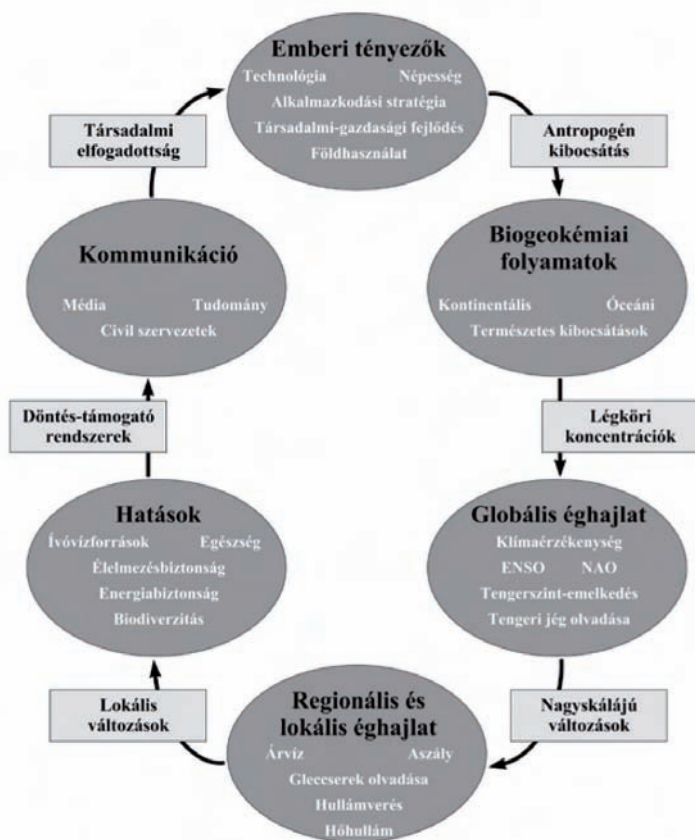
Klímamodellek a társadalmi alkalmazkodásban

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 éghajlatalkító 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 – 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 2011).

A globális klímamodellekben a természetes éghajlatalkító folyamatok mellett figyelembe veszik az antropogén tevékenységek hatását az üvegházgázok légköri koncentrációján keresztül, külső kényszerként (Szépszó 2014).

A klímamodellek feltételelesen szolgáltatnak információt a klímaváltozás társadalmi-gazdasági következményeire, hisz az ezekre vonatkozó előrejelzéseknek számos bizonytalansági tényezője van (Szépszó 2014). Nem veszik figyelembe a népességszám-változásokat, valamint a társadalmi-gazdasági változásokat és azok jövőbeli lehetséges pályáját, a technológiai fejlődés szerepét az üvegházhatású gázok kibocsátásában, a jelenlegi és jövőbeli mitigációs és adaptációs intézkedések hatásait stb. (1. ábra). Szintén nem ismerik a globalizációs folyamatok térhódításának mértékét és sebességét, a megújuló energiahordozók felhasználásának elterjedését, a környezettudatos technológiák fejlődési ütemét, a globális és regionális gazdaságpolitika irányait, a nemzetgazdaságok regionális fejlődési tendenciáit, területi és ágazatonkénti emisszióértékeket (Bartholy et al. 2011).

1. ábra: A globális és regionális éghajlatváltozások hatásainak társadalmi-gazdasági kapcsolatrendszere



Forrás: Bartholy et al. 2011.

A globális és regionális klímamodelleknek közvetlenül nem céljuk a konkrét társadalmi-gazdasági folyamatok előrejelzése (pl. népességnövekedés, technológiai fejlődés, mezőgazdaság térhódítása stb.), mert 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 a CO₂-koncentráció jövőbeli változásáról (Haszpra 2011; Pieczka 2012).

Éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok Magyarországon

Fontos tapasztalat, hogy a globális és regionális klímamodellek felhasználását igénylő jövőbeli forgatókönyvek konkrét társadalmi-gazdasági indikátorokat, társadalmi-gazdasági következményekre való konkrét utalásokat, előrejelzéseket

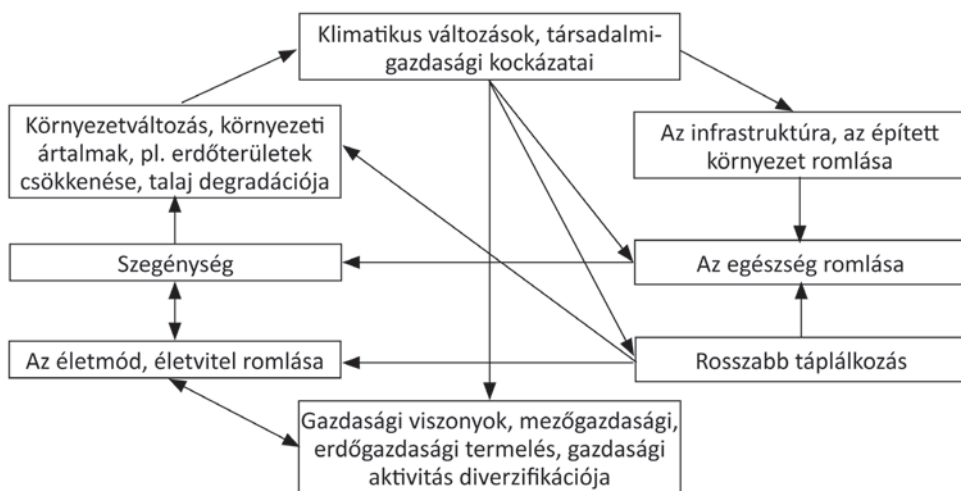
nem tartalmaznak. A klímamodellek alkalmazása tehát közvetetten jelenik meg a társadalmi-gazdasági alkalmazkodásban. Mind a globális (pl. AOGCM), mind a regionális klímamodellek (pl. RegCM) kibocsátási forgatókönyvek alapján szolgáltatnak feltételezéseket a emberi tevékenységek jövőbeli alakulására. Az éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok alkalmasak leginkább arra, hogy információt szolgáltatassanak a klímaváltozás meglévő társadalmi-gazdasági hatásairól, amelyeket így fel lehet használni az összefüggések feltárásában és előrejelzések előkészítésében. 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 sérülékenységvizsgálatok 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 et al. 2011). A sérülékenységvizsgálatok különböző társadalmi-gazdasági indikátorokat integrálnak, főként regionális és lokális szinten.

A klimatikus hatások okozta sérülékenység jelentős társadalmi-gazdasági kockázatot rejt magában, amely felerősítheti a társadalmi 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 többtényezős jellegéből (Kulcsár, Székely 2014).

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 vagy magyarországi mintaterületeket, esettanulmányokat tartalmazott. Ezekről függetlenül Magyarországon is több olyan vizsgálat készült az utóbbi években, amelyek az éghajlatváltozásból eredő sérülékenység hazai jellemzőit és területi különbségeit elemezték. Az alábbiakban ezek rövid értékelő összegzését adjuk, egyrészt fókuszálva a klímaváltozás hazai sajátosságaira, másrészt hangsúlyozva a társadalmi-gazdasági indikátorok szerepét a klímaváltozás következményeinek vizsgálatában.

2. ábra: A társadalmi-gazdasági sérülékenység modellje



Forrás: Malcomb et al. 2014 alapján Kulcsár, Székely 2014.

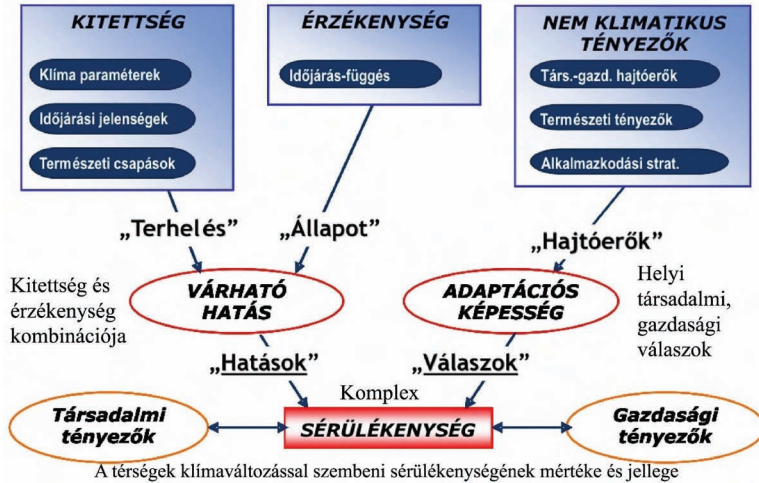
Az éghajlatváltozási sérülékenység komplex mutató, amely integrálja a kitettséget, az éghajlati érzékenységet és az alkalmazkodóképességet (Bartholy et al. 2011). Lényegében a 2000-es évek közepétől jelentek meg az éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok Magyarországon, amelyek kezdetben nemzetközi projektek (pl. CLAVIER) keretében alkalmazott módszertan hazai adaptálására épültek (Pálvölgyi 2008). Pálvölgyi Tamás és kutatócsoportja a CIVAS-modell hazai alkalmazásával megteremtették a feltételeket és a lehetőségeket:

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

A CIVAS-modellben a közvetlen éghajlati hatásokat a klímamutatókban bekövetkező változások adták, amelyek számszerű értékeit a klímamodellek szolgáltatották. A közvetett éghajlati hatások komplex természeti jelenségeken keresztül jelentek meg (pl. hőhullámok), míg a társadalmi-gazdasági következményekre különböző indikátorokat alkalmaztak (3. ábra).

3. ábra: A klímaváltozás hatásviselői a CIVAS-modellben

A földrajzi hely jellemzője A hatásviselő időjárásfüggő viselkedése



Forrás: Pálvölgyi et al. 2010. alapján, kiegészítésekkel.

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

- az éghajlatváltozással szembeni sérülékenység, illetve a gazdasági érzékenység területi különbségeinek feltárása és térképezése az ESPON-térségben,
- a sérülékenységelemzéshez szükséges alapozó vizsgálatok elvégzése a kitettségről, az érzékenységről és az adaptációs képességről,
- az éghajlatváltozás szempontjából hasonló jellegzetességeket mutató európai makrorégiók lehatárolása,
- javaslattétel a döntéshozatal számára mitigációs és adaptációs intézkedésekre.

A projekt egyik legfontosabb eredménye, hogy a klímaváltozás által érintett európai makrorégiók – „éghajlatváltozási nagyrégiók” – közül Magyarország a Dél-Közép-Európa régióhoz sorolható, ahol 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 vízgyűjtőterületén elvégzett esettanulmány, amelynek üzenete, hogy az egyre szárazabbá váló területen a jövőben bizonytalanná válik a mezőgazdasági termelés, ugyanakkor a gyakoribbá váló villámárvizek tovább növelik ezt a sérülékenységet (Schneller 2012). (További kapcsolódó ESPON kutatási eredményekről lásd Honvári et al. 2015.)

A 2010-es évektől már nemcsak nemzetközi projektek hazai esettanulmányainak keretében készültek sérülékenységvizsgálatok Magyarországon, hanem több kutatócsoport nemzeti támogatások (pl. TÁMOP) révén valósított meg ilyen 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 és kutatócsoportja 2012–2013). Vizsgálati módszertanuk (részletes térbeli felbontású térképek a legfontosabb éghajlati elemekről és időjárási szélsőségek várható eloszlásáról) kritikus sérülékenységtípusú 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 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. a biodiverzitás csökkenése);
- 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 sérülékenységvizsgálatok markáns csoportját alkotják a területi jellemzőket előtérbe helyező kutatások, amelyek adott terület egységeket (régió, megye, kistérség vagy 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 et al. 2015). Az IPCC 4. Jelentése (2007) alapján a klímásérülékenységi index (CVI) ugyan a globális modellezéshez ad ajánlásokat a klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásainak előrejelzéséhez, ugyanakkor a CVI és CCIÁV (a hatás, az alkalmazkodás és a sérülékenység értékelése) 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 (Kulcsár 2010). Kutatásuk arra is jó példa, hogy a sérülékenységvizsgálatok 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 2004 alapján Obádovics et al. 2014):

- kitettség 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 sérülékenységvizsgálatokban 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 Tatabányán az épületek tetősérülékenységét mérték fel a szélviharokkal szemben, amelyben a várható hatások előrejelzésekor a lakosok alkalmazkodóképességét is figyelembe vették, pl. a szociális helyzet és anyagi lehetőségek segítségével (Pálvölgyi, Horváth 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 sérülékenységvizsgálat valósult meg Siófokon a SEERISK-projekt során, amelyben a kockázati térképezés mellett (veszélyességi, hatás- és kockázati szintek elkülönítésével) a lakosok klímatudatosságának felmérése is lezajlott: a legfontosabb eredmény, hogy a szociodemográfiai helyzet az egyik legmeghatározóbb tényező a helyi közösségek veszélyeztetettségének alakulásában (Földi et al. 2014) (seeriskproject.eu). A Balaton-térség társadalmi érzékenységének és klímaváltozással szembeni sérülékenységének kutatása szintén nem kifejezetten a sérülékenységvizsgálat feltételei és módszerei szerint valósult meg, viszont tapasztalatai informatívak a térség sérülékenységére vonatkozóan (Agg, Csapó 2015; Leveleki 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, adaptációs képességének javításában ez az ismeretanyag kevésbé jelenik meg. (A projekt keretében megvalósult kérdőíves vizsgálat eredményeiről lásd Baranyai, Varjú 2015.)

Az éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok társadalmi-gazdasági indikátorai

A nemzetközi és hazai éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok különböző társadalmi-gazdasági indikátorok használnak, amelyek önmagukban is információ-

hordozók a klímaváltozás társadalmi-gazdasági következményeinek értelmezéséhez és előrejelzéséhez. A kockázat – kitettség – várható veszteségek – kockázatkezelési stratégiák – sérülékenység mint komplex problémakör kutatásában megjelenő sérülékenységvizsgálatok eltérő területi szinteken (globális, regionális, lokális) alkalmazzák ezeket a társadalmi és gazdasági indikátorokat (1. táblázat).

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

Térségi szint	A klímaváltozás hatásai által érintett terület	Társadalmi indikátorok	Gazdasági indikátorok
Globális	Kontinensek Globális nagyrégiók Országcsoporthok	A népességnövekedés üteme Népsűrűség Körösszetétel Human Development Index	GDP/GNI Globális versenyképességi index Szén-dioxid-kvóta Megélhetési sérülékenységi irindex
Regionális	Országok Makrorégiók/ nagyterületek NUTS3 szint	Nemek szerinti megoszlás Körösszetétel Várható élettartam Településtípusokban élő népesség aránya Vándorlási egyenleg Zöldterületek aránya	Kritikus infrastruktúra Energiatermelés és -fogyasztás Ipari termelés Szolgáltatások Települések Erőforráskészlet Téli és nyári turizmus
Lokális	Kistérség, járás Település Kisközösség (lakótömb)	Népesség, népsűrűség Demográfiai tényezők (nemek, kor, öregségi index, eltartottsági ráta) Iskolai végzettség Depriváció Egészségi állapot, életmód A népesség aránya kitettség alapján Adózó jövedelem Népesség megoszlása város-vidék között Humán infrastruktúra	Épületállomány összetétele Energiafelhasználás Gazdasági szektorok Káresemények száma Foglalkozási szerkezet Jövedelem és jövedelmi szerkezet Vállalkozások száma és szerkezete Elérhetőségek Technológia Globalizációs hatások Anyagi támogatások (állam szerepe)

Forrás: Bartholy et al. 2011; ESPON Climate 2013; Farkas et al. 2015; Kulcsár 2014; Obádovics et al. 2014; Pálvölgyi et al. 2011; Pappné Vancsó et al. 2014 alapján saját szerkesztés.

A sérülékenységvizsgálatokban globálisan elsősorban a társadalomban és a gazdasági életben tapasztalható egyenlőtlenségek mérésére szolgáló életszínvonal- és életminőség-mutatók jelennek meg. Minél inkább a lokális szint felé haladunk a sérülékenységvizsgálatokban, annál inkább lehetőség van a gazdasági és társadalmi folyamatok finomhangolású elemzésére, például az életmódbeli szokásokra vonatkozó indikátorokkal. A regionális és lokális szinten megvalósított sérülékenységvizsgálatok indikátoraiban jelentős különbségek nincsenek, viszont

a településeken elvégzett ilyen jellegű vizsgálatok akár épületekre vagy háztartásokra vonatkozó indikátorok használatára is lehetőséget adnak. A klímaváltozással összefüggésbe hozható szélsőséges időjárási helyzetek okozta gazdasági károk és emberi sérülések pénzben kifejezett értékét kisebb területegységre bontva lehet nagyobb pontossággal kiszámítani. Minél nagyobb területi szinten valósul meg a sérülékenységvizsgálat, annál 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 széles körű elterjedését szolgálhatják vagy éppen akadályozhatják. A szociodemográfiai (pl. háztartások jövedelme) és szociokulturális helyzet (pl. fogyasztási szokások) elsődleges információhordozók az adott közösség klímaváltozással kapcsolatos tudásáról, felkészültségéről és alkalmazkodási hajlandóságáról. Nemcsak a népesség összetétele, hanem a népesedési viszonyok (intenzív népességnövekedés versus népességfogyás) is meghatározhatják az 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 gyermekkoriak, az idősek, a depriváltak, a krónikus betegek. (A kutatáshoz kapcsolódó deprivációs előreszámítás eredményeiről lásd Koós 2015.)

A sérülékenységvizsgálatokban alkalmazott gazdasági indikátorok elsődlegesen a gazdasági termelés és a társadalom működése során megjelenő energiahasználat, fogyasztás, munkaerő-felhasználás és technológiai alkalmazások mérésére, 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 rendszerváltás gazdasági hatásainak figyelembevétele (pl. energiatermelés csökkenése, globalizációs hatások érvényesülése). (A projektben végzett gazdasági előreszámításról lásd Zsibók, Sebestyén 2015.)

A klímaváltozás várható hazai egészséghatásai, különös tekintettel a hőhullámokra

Magyarországon a klímaváltozásból eredő várható éghajlatváltozások egyike a *hőhullámok számának növekedése és időbeli elhúzódása* (Pálvölgyi et al. 2011). Ennek révén a valószínűsíthető egészséghatásokat elsődlegesen a hőhullámok által teremtett veszélyhelyzetekkel kapcsolatban szükséges vizsgálni.

Pálvölgyi Tamás és kutatócsoportja bizonyította, hogy a hőhullámok jelentik az ország legnagyobb területén jelentkező egyik kockázatot. A kiemelten és fokozottan sérülékeny területek az ország területének 52%-át fedik le, amelyen a lakosság 37%-a él (Pálvölgyi et al. 2011). Területileg sérülékeny az ország középső, keleti és délkeleti része, kistérségi/járási szinten pedig megfigyelhető, hogy északnyugatról délkelet felé nő a sérülékenység (Pálvölgyi 2013). A klímaváltozás regionális hatásaiból eredő hőhullámokkal szemben legsérülékenyebb a déli országrész: pl. a napsütéses órák és a hőhullámos napok nagy száma miatt magas szintű a kitettség. Sok helyen a hátrányos helyzetű csoportokkal, a vidéken élő időskorúakkal és a rosszabb egészségi állapottal összefüggésben nagyobb a társadalmi érzékenység, míg az alacsonyabb iskolai végzettség és a kedvezőtlenebb jövedelmi helyzet az alacsonyabb szintű alkalmazkodóképességgel jár együtt.

Magyarországon a klímaváltozás egészségkárosító hatásaival a 2000-es évek legeleje óta rendszeresen foglalkoznak. A Nemzeti Környezet-egészségügyi Akcióprogram (1997–2002) volt az első ilyen jellegű nagyobb kutatási projekt. Az egészség-hatás-becslések minden esetben statisztikai számításokon alapulnak, amelyekben általában demográfiai (pl. korcsoportok), mortalitási (pl. okspecifikus halálozások), morbiditási (pl. egészségügyi szolgáltatások igénybevétele) és társadalmi (pl. jövedelemszint) indikátorokat alkalmaznak. Fontos megemlíteni, hogy napjainkban a regionális és lokális szinten megvalósított éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok ugyan nem minden esetben elemzik a hőhullámok egészséghatásait, mégis sok esetben valamilyen egészségindikátort (pl. várható élettartam, mentőhívások) használnak a társadalom klímaváltozással szembeni sérülékenységének mérésére (Farkas et al. 2015; Obádovics et al. 2014).

Leginkább az átlaghőmérséklet növekedésével együtt járó hőhullámok egészségkockázatainak felmérése alapos és részletes a hazai szakirodalomban, amelyek a nyári időszakban a hőhullámokkal kapcsolatos halálozási és megbetegedési valószínűségek növekedésére hívják fel a figyelmet (pl. hőstressz, szív- és érrendszeri betegségek és halálozások, légzőszervi panaszok, bőrkiütések, fertőzések), amelyek különösen veszélyesek a kisgyerekekre, idősekre, krónikus betegekre, a komplex értelemben vett hátrányos helyzetű lakosokra. Mindezek növelik az egészségügyi szolgáltatások igénybe vételét, amely az egészségügyi ellátórendszer minden ellátási szintjén a betegforgalom és az ellátási terhek növekedésével jár együtt. (Egy hazai, a projekt keretében végzett modellszámításról lásd Király 2015.)

A klímaváltozás hazai várható egészséghatásainak vizsgálatában néhány intézmény és kutatócsoport kiemelkedő szerepet vállalt. Az Országos Meteorológiai Szolgálat, az ÁNTSz, az Országos Közegészségügyi Központ és az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság különböző kutatásaiból megismerhetők az éghajlatváltozás hazai egészségkárosodási rizikótényezői (Bobvos, Páldy 2014; Páldy et al. 2004; Pálvölgyi et al. 2011).

- Az átlaghőmérséklet emelkedése: a hideg okozta halálozások csökkenése, de az enyhe telek miatt a kullancs okozta Lyme-kór és encephalitis (agyvelőgyulladás) gyakoriságának növekedése prognosztizálható, amelyek veszélyesek a hosszabb ideig természeti környezetben tartózkodókra (pl. sportolók, kirándulók, erdészek), valamint az allergén növények pollenterhelése miatt az allergiás betegekre.
- Üvegházhatású gázok emissziójának és koncentrációjának növekedése: a légszennyezésből eredő nyári szmog miatt nyálkahártya-irritáció, asztmás és allergiás betegségek, obstruktív tüdőbetegségek, gyulladások nagyobb arányú megjelenése, amelyek a krónikus betegeket, allergiásokat, gyerekeket veszélyeztetik.
- A sztratoszférikus ózonréteg csökkenése: az UV-B sugárzás fokozódása a melanóma (bőrdaganat), a zöldhályog, a különböző bőrelváltozások és szembetegségek, illetve a fényérzékenység kockázatát növeli, főleg a gyerekeknél, időseknél, vagy nyáron a szabadban hosszabb ideig tartózkodóknál.
- A csapadékmennyiség és –eloszlás szezonális ingadozása: a vízjárás szélsőséges ingadozásából (szárazság, extrém árvizek, villámárvizek) következően az árvizek és viharok utáni fertőzések (gyomor- és bélbetegségek), sérülések, halálozások kockázatának növekedése, valamint a szárazság miatt a mezőgazdasági termelés feltételeinek, az ivóvíz- és élelmiszer-ellátás biztonságának romlása (mikrobiális fertőzések) feltételezhető, amelyek nemcsak a katasztrófahelyzeteknek kitett népséget (pl. árterületen élők), hanem az egész társadalmat veszélyeztethetik.

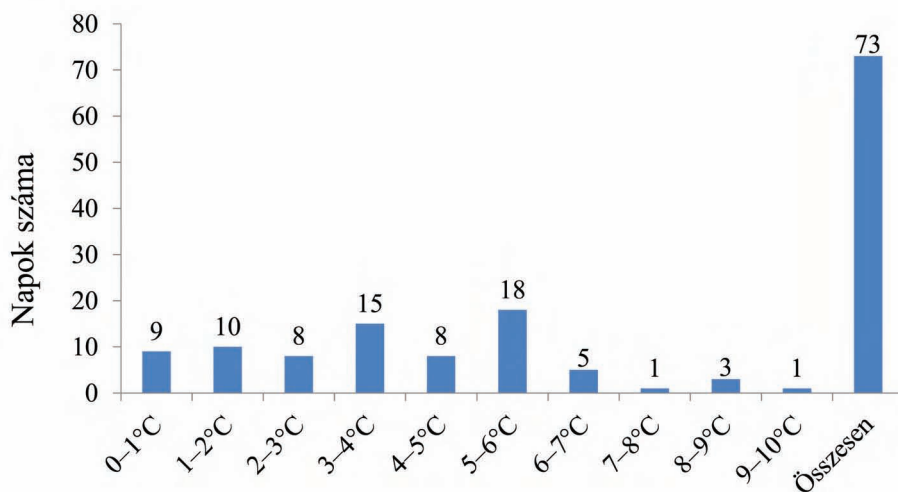
Magyarországon a legtöbb vizsgálat a hóhullámok, részben pedig az UV-B sugárzás egészség hatásainak felmérésére irányult az elmúlt másfél évtizedben, de előrejelzések csak a hóhullámokkal kapcsolatban születtek. Hazánkban a hőségriadós napok – ha három egymást követő napon a napi átlaghőmérséklet meghaladja a 25°C-ot – gyakorisága az éghajlati forgatókönyvek alapján 2021–2050 között az ország egész területén 20-70%-os növekedést fog mutatni (4. ábra) (Bartholy et al. 2010; Páldy, Bobvos 2011).

Ebből a feltételezésből kiindulva Páldy Anna és kutatócsoportja vizsgálta Budapesten 1970–2000 között a napi halálozási és meteorológiai adatok összevetésével a hőmérséklet és a napi összes, illetve okspecifikus halálozás kapcsolatát a nyári időszakban. Megállapították, hogy a napi átlaghőmérséklet 5°C-os növekedése szignifikánsan, 6%-kal növeli az összes halálozás kockázatát, a legnagyobb mértékben pedig – mintegy 10%-kal – a szív- és érrendszeri betegségek miatti halálozás kockázatát emeli (Páldy et al. 2004a; 2004b). Vizsgálataikkal szintén bizonyították, hogy a napi átlaghőmérséklet 10°C-os növekedése

- 6%-kal növeli nyáron a szív- és érrendszeri betegségek miatti mentőhívások kockázatát a középkorú korcsoportban és a teljes lakosságban,
- minden korcsoportban kb. 30%-os kockázattöbbletet tapasztalható a rosszul-
létekben,

- minden korcsoportban növeli a balesetek relatív kockázatát, 40%-kal az 5–9 évesek között, míg a 25 év feletti korosztályban 17%-kal (Páldy et al. 2004; Kishonti et al. 2007).

4. ábra: Többlet hőhullámos napok száma Magyarországon 2021–2050 között a referencia-időszakhoz képest (1961–1990)



Forrás: Bartholy et al. 2010; Páldy, Bobvos 2011.

Magyarországon 2003-ban 3 hőhullám összesen 17 napig tartott: a becült többlethalálozás 276 eset volt (Páldy et al. 2006). A klímaszcenárió alapján ezeket az összefüggéseket a Páldy–Bobvos szerzőpáros a 2007. évi budapesti lakosságra vonatkoztatta, és arra az eredményre jutott, hogy „a 2021–2050 közötti időszakban a klímaváltozás okozta hőhullámos napok gyakoriságának növekedése 44,8%-kal növeli a többlethalálozást, ami évente átlagosan 24,9 többlethalálestet jelent a referencia-időszakban tapasztalt évi 55,8 többletesethez képest” (Páldy, Bobvos 2011). Mivel 2007 nyári időszakában (május 1. és szeptember 30. között) 54 777 halálest történt Magyarországon, ezért a klímaváltozásnak tulajdonítható többlethalálozás ugyanolyan százalékos növekedését feltételezve 2021–2050 között évente átlagosan 150 többlethalálest várható hazánkban (Páldy, Bobvos 2011).

A hőhullámos napokon várható többlethalálozás leginkább az időskorú, 65 év feletti lakosságot érinti, ezért hőségriasztás idején kiemelt figyelmet kell fordítani az időskorú krónikus betegekre, akik a leginkább veszélyeztetettek, mint a klímaváltozás által érintett egyik legsérülékenyebb társadalmi csoport (Páldy, Bobvos 2014).

Az IPCC 5. Jelentése alapján a klímaváltozás a 21. század legnagyobb környezetegészségügyi veszélye, amely egyaránt érinti a világ országait és a helyi közösségeket (IPCC 2014). Magyarországon a klímaváltozás forgatókönyvei alapján az egészséghatások fokozódása várható közép- és hosszú távon.

Összefoglalás

A stabilitás vagy sérülékenység problematikája determinálja, hogy a társadalmi sérülékenységet klímaváltozástól független társadalmi-gazdasági folyamatok is 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.

Magyarország a klímaváltozás társadalmi-gazdasági kockázatainak előrejelzése több okból is rendkívül aktuális. Egyrészt a Kárpát-medence fajgazdagságát veszélyezteti az évszázad közepére becsült 1,4-2,6°C-os átlaghőmérséklet-növekedés, másrészt pedig hazánk klímaváltozásnak való kitettsége jelentős mértékű, elsősorban a középhőmérséklet emelkedése és a csapadékmennyiség jelentős időbeli változásai miatt. A hazai szakpolitikák számára különösen fontos a klímaváltozás megelőzése mellett a következményekhez való alkalmazkodás feltételeinek megteremtése és a lehetőségek kiaknázása.

A Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2014–2025, kitekintéssel 2050-re című szakpolitikai dokumentum vitaanyaga külön fejezetben foglalkozik a klímaváltozás emberi egészséget érintő hatásaival (NÉS2 2013). Felhívja a figyelmet arra, hogy közegészségügyi szempontból kiemelt fontosságú Magyarországon a hőhullámok gyakoriságának növekedése. Prioritásként kezeli a hőhullámok elleni védekezés, azaz az alkalmazkodás egyéni és közösségi lehetőségeinek megerősítését, valamint a klíma-egészségügyi hálózat fejlesztését. Ez utóbbi magába foglalja az egészségügyi ellátórendszer minőségi és mennyiségi fejlesztését – összefüggésben a klímaváltozásból eredő fokozott igénybevétellel (pl. mentőriasztások és kórházi ellátás növekedése hőhullámok idején) –, valamint a gyors és hatékony beavatkozás megszervezését (pl. hőségriadók, lakosok felkészítése). Mindezek mellett a jövőben szükséges lenne kidolgozni egy országos egészségtervet kifejezetten a hőség-hullámok veszélyeivel összefüggésben, amelynek alapját képezheti a klíma-egészségügyi hálózat fejlesztése (2. táblázat). A szociális ellátás infrastruktúra-fejlesztésében pedig a jövőben figyelmet kell fordítani a korstruktúra időskorúak irányába történő elmozdulására.

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. Szintén jövőbeli kutatási lehetőség egyrészt definiálni a hőség-hullámok idején az egészség szempontjából legfontosabb rizikótényezőket, másrészt értelmezni a társadalmi-gazdasági tényezők és a klímaadaptációs képességek közötti összefüggéseket a területi folyamatok függvényében, harmadrészt pedig járasi szinten elemezni a hőség-hullámokból eredő többlethalalozások alakulását és területi különbségeit, valamint mindezekre vonatkozóan közép- és hosszú távú előrejelzéseket tenni.

2. táblázat: Nemzeti és helyi szintű beavatkozási lehetőségek a hőhullámok okozta sérülékenység csökkentésére

Kockázatok hőhullámok idején	Akciótervi beavatkozási lehetőségek	
	Nemzeti szinten	Helyi szinten
1. A hőhullámok gyakoriságának növekedése	<ul style="list-style-type: none"> - hőhullámok egészségkockázataira vonatkozó egészségterv készítése, - időjárás-egészségi hatáselőrejelző rendszer kidolgozása, - hőségriasztás rendszerének kidolgozása és működtetése, - hőségriadó idején szabadban rendezett események, rendezvények időpontjának rugalmas átszervezése 	<ul style="list-style-type: none"> - a helyben található klimatizált közösségi tereket bemutató térkép nyilvánossá tétele, - helyi szabadtéri rendezvényhelyszínek ideiglenes árnyékolása (pl. ernyők, sátrak stb.), - palackos vagy zacskós vízosztás a lakosoknak
2. Zavarok a kommunikációban	<ul style="list-style-type: none"> - nemzeti kommunikációs hálózat létrehozása, - segélyhívó rendszer létrehozása és működtetése 	<ul style="list-style-type: none"> - lakosok folyamatos tájékoztatása a hőhullámok egészségkockázatairól és az alkalmazkodás egyéni lehetőségeiről a helyi kommunikációs eszközökkel, csatornákon
3. A szociális ellátás növekvő igénybevétele	<ul style="list-style-type: none"> - sürgősségi ellátás biztosítása a megfelelő képzettséggel rendelkező személyzettel, - megfelelő képzettséggel rendelkező személyzet biztosítása, akik tájékoztatják a helyi önkormányzatokat a hőhullámok várható szociális hatásairól, 	<ul style="list-style-type: none"> - az időskorú, intézetben élő népesség hűvösebb éghajlatú térségekbe szállítása, - megfelelő ellátás biztosítása a legsérülékenyebb társadalmi csoportok számára - a legsérülékenyebb társadalmi csoportok azonosítása: pl. 65 év feletti, 5 év alattiak, nők, egyedül élők, krónikus betegek (pl. szív- és érrendszeri, magas vérnyomás, cukorbetegség stb.), gyógyszerfogyasztók, fogyatékkal élők, szenvedélybetegek, hajléktalanok, - a házi ellátás feltételeinek biztosítása
4. Az egészségügyi ellátás növekvő igénybevétele	<ul style="list-style-type: none"> - a sürgősségi ellátás biztosítása a megfelelő képzettséggel rendelkező személyzettel, - mentőellátás biztosítása, 	<ul style="list-style-type: none"> - a helyi egészségügyi ellátás feltételeinek javítása
	<ul style="list-style-type: none"> - megfelelő képzettséggel rendelkező személyzet biztosítása, akik tájékoztatják a helyi önkormányzatokat a hőhullámok várható egészségkockázatairól 	

Forrás: Heatwave Plan for England 2015; Páldy et al. 2006; NÉSZ 2013 alapján saját szerkesztés.

Irodalom

- Agg. Z., Csapó D. (2015): Mennyire vagyunk „képben” az éghajlatváltozás kérdéseiben? *Comitatus*, tavasz, 36–44. (Letöltés: 2015. augusztus 7.)
- Baranyai N., Varjú V. (2015): *A lakosság klímaváltozással kapcsolatos attitűdjének empirikus vizsgálata*. Jelen kötetben.
- Bartholy J., Pongrácz R., Torma Cs. (2010): A Kárpát-medencében 2021–2050-re várható regionális éghajlatváltozás a RegCM-szimulációk alapján. *Klíma-21 Füzetek*, 60., 3–13.
- 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. május 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. augusztus 6.)
- Farkas J. Zs., Rakonczai J., Hoyk E. (2015): Környezeti, gazdasági és társadalmi éghajlati sérülékenység: esettanulmány a Dél-Alföldről. *Tér és Társadalom*, 1., 149–174.
- 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.
- Haszpra L. (2011): Emisszió szcenáriók. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): *Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. MTA, ELTE, Budapest, 92–98. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> (Letöltés: 2015. május 29.)
- Heatwave Plan for England* (2015). PHE-NHS, London <https://www.gov.uk/government/publications/heatwave-plan-for-england> (Letöltés: 2015. október 5.)
- Honvári P., Jóna L., Lados M., Monostori Á., Schuchmann J., Szörényiné Kukorelli I., Tóth M. (2015): *Európai tapasztalatok a társadalmi-gazdasági modellezésben*. Jelen kötetben.
- 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. július 20.)
- Király G. (2015): *A magyarországi népesség „status quo” morbiditási és mortalitási jövőképe 2016 és 2051 között*. Jelen kötetben.
- Kishonti K., Bobvos J., Páldy A. (2007): A hőhullámok egészségre gyakorolt káros hatásainak ismerete Magyarországon a városi lakosság körében. *Klíma-21 Füzetek*, 50., 12–27.
- Koós B. (2015): *A deprivációs folyamatok területi képe Magyarországon*. Jelen kötetben.
- 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. július 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. július 27.)

- Leveleki M. (2015): A környezeti tudat és a környezettudatosság néhány demográfiai változó függvényében a Balaton térség népessége körében. *Comitatus*, tavasz, 15–25.
- Malcomb, D. W, Weaver, E. A., Krakowka, A. R. (2014): Vulnerability modeling for sub-Saharan Africa: An operationalized approach in Malawi. *Applied Geography*, 48., 17–30.
- NÉES2 (2013): *Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2014-2025, kitekintéssel 2050*. Szakpolitikai vitaanyag. nih.gov.hu/download.php?docID=28333 (Letöltés: 2015. június 2.)
- 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%A1lltoz%C3%A1s_t%C3%A1rsadalmigazdas%C3%A1gi_hat%C3%A1sai_a_vid%C3%A9ki_Magyarorsz%C3%A1gon (Letöltés: 2015. július 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%A1lltoz%C3%A1s_t%C3%A1rsadalmigazdas%C3%A1gi_hat%C3%A1sai_a_vid%C3%A9ki_Magyarorsz%C3%A1gon (Letöltés: 2015. július 27.)
- Páldy A., Erdei E., Bobvos J., Ferenczi E., Nádor G., Szabó J. (2004a): A klímaváltozás egészségi hatásai. *Egészségtudomány*, 2–3., 220–236.
- Páldy A., Bobvos J., Nádor G., Erdei E., Kishonti K. (2004b): *A klímaváltozás egészségi hatásainak vizsgálata: nemzeti egészségügyi hatásbecslés*. http://mta.hu/mta_hirei/a-klimavaltozas-egeszsegi-hatasai-felkeszules-a-nyari-hosegre-3251/ (Letöltés: 2015. július 27.)
- Páldy A., Kishonti K., Molnár K., Vámos A., Szedresi I., Gramantik P., Csaba K., Bobvos J., Gorove L., Buránszky S. M. (2006): A hőségriasztás hazai tapasztalatai. *Budapest Népegészségügy*, 3.
- Páldy A., Bobvos J. (2011): A klímaváltozás egészségi hatásai. Sebezhetőség – alkalmazkodóképesség. In: Tamás P., Bulla M. (szerk.) (2011): *Sebezhetőség és adaptáció – A reziliencia esélyei*. MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest, 97–114.
- Páldy A., Bobvos J. (2014): Health impacts of climate change in Hungary – A review of results and possibilities to help adaption. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 1–2., 1–67.
- 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*, 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): *Klimaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. MTA, ELTE, Budapest, 236–256. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> (Letöltés: 2015. május 29.)
- Pálvölgyi T., Horváth E. (2011): A klímaváltozás várható hatásai az épített környezetre. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): *Klimaváltozás – 2011. Klímaszcená-*

- riók a Kárpát-medence térségére. MTA, ELTE, Budapest, 257–261. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> (Letöltés: 2015. május 29.)
- Pálvölgyi T. (2013): *A sérülékenység vizsgálatok a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiában*. Konferencia-előadás. http://nak.mfgi.hu/sites/default/files/files/NES_Muhelyvita_2013_11_13_Palvolgyi_Tamas.pdf (Letöltés: 2015. szeptember 17.)
- Pieczka I. (2012): *A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati szcenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamodell felhasználásával*. Doktori értekezés. ELTE, Budapest
- Schneller K. (2012): *A térségi éghajlati sérülékenység európai vizsgálata az ESPON 2013 Program keretében*. Konferencia-előadás. http://www.emk.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/emk/evgi/TajokologiaiKonferencia2012/Eloadasok/III._szekci%C3%B3/ESPOKlima_ta_jokologiaikonferencia0831v%C3%A9gs%C5%91.pdf (Letöltés: 2015. július 21.)
- Szépszó G. (2014): *A REMO regionális éghajlati modellen alapuló klímadinamikai vizsgálatok a Kárpát-medence éghajlatának jellemzésére*. Doktori értekezés. ELTE, Budapest
- Torma Cs. (2011): *Átlagos és szélsőséges hőmérsékleti és csapadék viszonyok modellezése a Kárpát-medencére a XXI. századra a RegCM regionális klímamodell alkalmazásával*. Doktori értekezés. ELTE, Budapest
- Vincent, K. (2004): *Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa*. Tyndall Centre Working Paper, 56. Tyndall Centre for Climate Change Research and School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich
- Zsibók Zs., Sebestyén T. (2015): *A magyar gazdaság forgatókönyvei 2016 és 2050 között – a klímaváltozás figyelembevételének lehetőségei*. Jelen kötetben.

Internetes források

- <http://climate.univet.hu/?p=88#more-88> (Letöltés: 2015. május 28.)
- [http://m.futurict.szte.hu/#panelItem4\(információk\)](http://m.futurict.szte.hu/#panelItem4(információk)) (Letöltés: 2015. május 21.)
- <http://www.espon.eu> (Letöltés: 2015. július 2.)
- http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_AppliedResearch/climate.html (Letöltés: 2015. július 2.)
- <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> (Letöltés: 2015. június 29.)
- <http://www.met.hu> (Letöltés: 2015. június 24.)
- <http://www.seeriskproject.eu> (Letöltés: 2015. szeptember 17.)